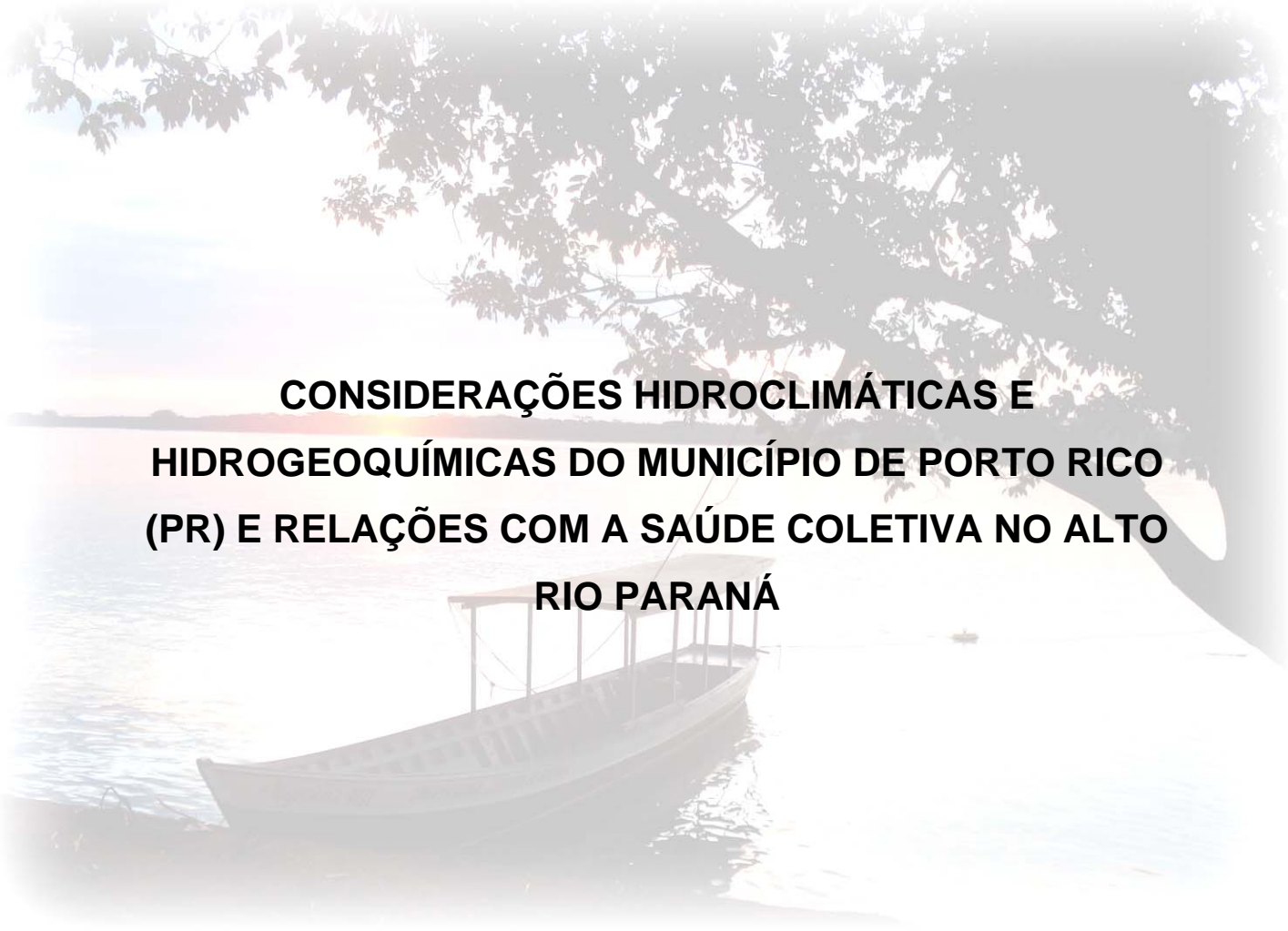




UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

KENIA ZANETTI



**CONSIDERAÇÕES HIDROCLIMÁTICAS E
HIDROGEOQUÍMICAS DO MUNICÍPIO DE PORTO RICO
(PR) E RELAÇÕES COM A SAÚDE COLETIVA NO ALTO
RIO PARANÁ**

Londrina
2009

KENIA ZANETTI

**CONSIDERAÇÕES HIDROCLIMÁTICAS E
HIDROGEOQUÍMICAS DO MUNICÍPIO DE PORTO RICO
(PR) E RELAÇÕES COM A SAÚDE COLETIVA NO ALTO
RIO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial ao título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento

Orientador: Prof. Dr. José Paulo P. Pinese
Co-orientador: Prof. Dr. Valmir de França

Londrina
2009

KENIA ZANETTI

**CONSIDERAÇÕES HIDROCLIMÁTICAS E HIDROGEOQUÍMICAS DO
MUNICÍPIO DE PORTO RICO (PR) E RELAÇÕES COM A SAÚDE
COLETIVA NO ALTO RIO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial ao título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Paulo P. Pinese

Prof. Dr. Geraldo T. Correa

Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho

Londrina, 15 de dezembro de 2009.

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria e profunda gratidão que deixo aqui registrado meus agradecimentos a tantas pessoas que me ofereceram amizade e prestaram valioso apoio neste período, de modo muito especial:

Ao meu orientador, professor Dr. José Paulo P. Pinese que aceitou gentilmente me orientar, a dedicação, colaboração, paciência, incentivo e, sobretudo amizade.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Valmir de França, que gentilmente ajudou em todo trabalho, agradeço também pela atenção, paciência, e sobretudo a disposição e amizade.

Aos meus pais (Paulo e Cleidina) e irmãos (Michel e Keila) pelo apoio e incentivo;

Aos amigos: Renata, Jaqueline, Rodrigo, Eduardo e Amaral pela ajuda prestada em coletar e preparar as amostras e outros dados do trabalho, e também pela amizade.

Ao Grupo M. E. Gonçalves Indústria de Móveis pelo apoio, incentivo e compreensão demonstrados durante a realização deste trabalho.

A Universidade Estadual de Londrina e aos professores do Departamento de Geociências pelos valiosos ensinamentos;

Ao professor Dr. Geraldo T. Correa, pelas explicações e companhia nos trabalhos de campo;

A professora Dra. Suely Mayumi Obara Doi e ao técnico Nelson Janeiro Rodriguez do Departamento de Bioquímica e Biotecnologia pela orientação e atenção no trabalho de filtragem e pré concentração de algumas amostras;

A professora Dra. Sônia Barreto do Departamento de Química, pela colaboração em explicar a metodologia e interpretação da análise dos metais;

Ao Dr. Adilson Roberto Fontanetti do laboratório de Geoquímica do Departamento de Petrologia, e Metalogia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) pela disposição, atenção mostrada e agilidade nas análises em ICP – AES das amostras de água.

Ao NUPELIA – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura da Universidade Estadual de Maringá – UEM/PR pela logística de alojamentos e a Fundação Araucária do Estado do Paraná, Brasil, pelo suporte financeiro através dos projetos 9527/06 e 13015/2008.

Aos queridos amigos: William, Bruno e Diego pelo carinho, paciência e que de forma direta ou indireta me ajudaram na finalização deste trabalho.

*Os rios que eu encontro
Vão seguindo comigo.
Rios são de água pouca,
em que a água sempre está por um
fio.
Cortados no verão
Que faz secar todos os rios.
Rios todos com nome
e que abraço como a amigos.
Uns com nome de gente,
outros com nome de bicho,
uns com nome de santo,
muitos só com apelido.
Mas todos como a gente
Que por aqui tenho visto:
a gente cuja vida
se interrompe quando os rios.*

João Cabral - o Rio

ZANETTI, Kenia. **Considerações hidroclimáticas e hidrogeoquímicas do município de porto rico (PR) e relações com a saúde coletiva no alto Rio Paraná.** 2009, 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RESUMO

O presente trabalho objetiva verificar os aspectos hidrogeoquímicos das Ilhas Mutum e Porto Rico bem como seu entorno no alto rio Paraná, à jusante das barragens de Porto Primavera e Rosana, pois estes reservatórios devem ter influenciado na qualidade da água e na dinâmica fluvial. Algumas amostras do canal do rio Paraná e do rio Baía foram coletadas, assim como algumas lagoas internas das ilhas Mutum e Porto Rico. As amostragens ocorreram no período de águas baixas, mês de agosto de 2008 e no período de cheias, março de 2009. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, temperatura da água, condutividade elétrica, potássio (K), sódio (Na), silício (Si), magnésio (mg), manganês (Mn), cálcio (Ca), estrôncio (Sr), níquel (Ni), ferro (Fe), zinco (Zn), chumbo (Pb), cádmio (Cd), fósforo (P), cromo (Cr), alumínio (Al), bário (Ba), cobalto (Co) e cobre (Cu). O pH, condutividade e temperatura da água foram analisados “in situ” através de equipamentos específicos como (pHâmetro, condutivímetro e termômetro digital). Os elementos potássio (K) e sódio (Na) foram analisados por Espectrofotometria de Absorção Atômica (FAAS), enquanto silício (Si), magnésio (mg), manganês (Mn), cálcio (Ca), estrôncio (Sr), níquel (Ni), ferro (Fe), zinco (Zn), chumbo (Pb), cádmio (Cd), fósforo (P), cromo (Cr), alumínio (Al), bário (Ba), cobalto (Co) e cobre (Cu) foram analisados em Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo (ICP-AES). As concentrações máximas de alguns elementos no período de águas baixas foram: 11,267 mg/L de ferro, 2,717mg/L de magnésio, 6,42 mg/L de cálcio, 1,28 mg/L de manganês, 0,427 mg/L de zinco, 0,137 mg/L de chumbo, 7,22 mg/L de alumínio, 0,173 de bário, 0,011 mg/L de cobalto e 0,007mg/L de cobre. Os elementos alumínio, chumbo, zinco e cádmio encontram-se acima do estipulado pela Resolução 357 do CONAMA para rios de classe 2, indicando uma contaminação relacionada com atividade antrópica, possivelmente pelo uso de agroquímicos ou pelo lançamento de efluentes sanitários da região. Para o período de cheias as concentrações dos metais foram inferiores ao período de águas baixas, exceto sódio e potássio que apresentaram concentrações maiores com valores máximos de 12,1 mg/L para o sódio e 10,1 mg/L para o potássio. O níquel também apresentou valor acima da Resolução 357 do CONAMA, 0,138 mg/L, que também pode se relacionar com agroquímicos. Os menores valores de pH encontrados situam-se em lagoas isoladas. Entretanto, os altos índices hidrogeoquímicos anormais podem ser os responsáveis por algumas doenças infecciosas, intestinais e respiratórias apontada na UBS do município de Porto Rico, pois alguns elementos químicos incluindo metais como Al, Zn, Cr e Pb causam doenças no sistema respiratório (doenças crônicas das vias aéreas inferiores, pulmonar obstrutiva crônica e pneumonias) e outros como Mn, Pb, Co, Ar e Hg causam problemas gastrointestinais (gastroenterite).

Palavras Chave: Porto Rico. Alto rio Paraná. Hidrogeoquímica. Hidroclimas. Geografia da Saúde.

ZANETTI, Kenia. **Hidroclimático and hidrogeochemical considerations in the region of porto rico (PR) and relationship with the coletive health in the high Paraná River.** 2009, 160 f. Dissertation (Masters in Geography, Environment and Development) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ABSTRACT

This work objective to verify aspects of hydrogeochemical Mutum Islands and Porto Rico and its surroundings in the upper Paraná River, downstream of the dams of Porto Primavera and Rosana, because these tanks must have influenced the water quality and river dynamics. Some samples of the river channel and river Paraná were collected, as well as some ponds internal Mutum Islands and Porto Rico. Sampling occurred in low water period, the month of August 2008 and during the flood, March 2009. We analyzed the following parameters: pH, water temperature, electrical conductivity, potassium (K), sodium (Na), silicon (Si), magnesium (mg), manganese (Mn), calcium (Ca), strontium (Sr), Nickel (Ni), iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), phosphorus (P), chromium (Cr), aluminum (Al), barium (Ba), cobalt (Co) and Copper (Cu). The pH, conductivity and water temperature were analyzed in situ via specific equipment such as (pHâmetro, conductivity and digital). The elements potassium (K) and sodium (Na) were analyzed by atomic absorption spectrometry (FAAS), while silicon (Si), magnesium (mg), manganese (Mn), calcium (Ca), strontium (Sr), nickel (Ni), iron (Fe), zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), phosphorus (P), chromium (Cr), aluminum (Al), barium (Ba), cobalt (Co) and copper (Cu) were analyzed in Emission Spectrometry with Power Inductive Coupled Plasma (ICP-AES). The concentrations of some elements in the low water period were: 11.267 mg / L of iron, 2.717 mg / L of magnesium, 6.42 mg / L calcium, 1.28 mg / L of manganese, 0.427 mg / L of zinc, 0.137 mg / L of lead, 7.22 mg / L of aluminum, barium 0.173, 0.011 mg / L of cobalt and 0.007 mg / L of copper. The elements aluminum, lead, zinc and cadmium are higher than stipulated by Resolution 357 of CONAMA rivers to class 2, indicating a contamination related to human activities, possibly by the use of chemicals or by the release of wastewater in the region. For the period of flooding the metal concentrations were below the low water period, except for sodium and potassium with higher concentrations with maximum values of 12.1 mg / L for sodium and 10.1 mg / L for potassium. The nickel also had higher than CONAMA Resolution 357, 0.138 mg / L, which can also be related to pesticides. The lowest pH values found are located in isolated ponds. However, high rates hydrogeochemical abnormal may be responsible for some infectious diseases, intestinal and respiratory UBS pointed out in the municipality of Puerto Rico, since some chemicals including metals such as Al, Zn, Cr and Pb cause diseases of the respiratory system (chronic lower airway, chronic obstructive pulmonary disease and pneumonia) and others such as Mn, Pb, Co, Ar and Hg cause gastrointestinal problems (gastroenteritis).

Keywords: Porto Rico. Upper Paraná river. Hydrogeochemical. Hydroclimate. Geography of Health

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Regimes principais de umidade	54
Quadro 02 – Faixa etária dos professores investigados	55
Quadro 03 – Situação profissional dos professores investigados.....	55
Quadro 04 – Subtipos em função da eficácia térmica (relação entre a evaporação de junho, julho, e agosto com total anual em %).....	55
Quadro 05 – Principais tipos climáticos baseados em temperatura	56
Quadro 06 – Distribuição sazonal e precipitação.....	56
Quadro 07 – Características adicionais de temperatura	57
Quadro 08 – Ocorrência dos fenômenos El Nino e La Nina referente ao período de 1982 a 2007	83
Quadro 09 – Cálculo de áreas (km ²)/Características do uso do solo na região de Porto Rico. Imagem LANDSAT, data de passagem 18/11/1999.....	86
Quadro 10 – Análise das amostras classificadas – Matriz de confusão. Imagem LANDSAT, passagem 18/11/1999.	87
Quadro 11 – Enfermidades Hospitalares por local de internação - Porto Rico (PR) - Período:Jan-Dez/2001-2008.	94
Quadro 12 – Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nos pontos de coleta no período de águas baixas alto rio Paraná (Porto Rico, Pr).....	98
Quadro 13 – Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nos pontos de coleta no período de cheias do alto rio Paraná (Porto Rico, Pr).....	99

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** — Benefícios e malefícios dos elementos essenciais e não essenciais em função da dosagem.....14
- Figura 02**— Localização da cidade de Porto Rico e das ilhas Mutum e Porto Rico, divisa com os Estados: Paraná e Mato Grosso do Sul.....41
- Figura03**— Mapa Geológico da parte oriental da Bacia Bauru, que inclui o Grupo Caiuá onde se destaca a Formação Rio Paraná44
- Figura 04** – Grupo Caiuá: A) Formação Rio Paraná; B) Formação Goio Erê; C) Formação Santo Anastácio45
- Figura 05** – Limite basal da Formação Rio Paraná em contato com o basalto subjacente46
- Figura 06** – Afluentes da margem esquerda e direita na seção das ilhas Mutum e Porto Rico no alto rio Paraná59
- Figura07** – Anomalia de precipitação de agosto de 2008. A) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 31/08/2008; B) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 15/08/2008; C) anomalias de precipitação (mm) do período de 16 a 31/08/2008.72
- Figura 08** – Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento em 250hPa de agosto de 2008. A) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 31/08/2008; B) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 15/08/2008; C) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 16 a 31/08/200874
- Figura 09** – A) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 31/03/2009; B) anomalias de precipitação (mm) do período

	de 01 a 15/03/2009; C) anomalias de precipitação (mm) do período de 16 a 31/03/2009	75
Figura10	– Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento em 250hPa de março de 2009. A) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 31/03/2009; B) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 15/03/2009; C) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 16 a 31/03/2009	76
Figura 11	– Gráfico da média da variação mensal da Estação de Porto São José de 1985 a 2009	77
Figura 12	– Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2007 a set/2008 com média histórica. Estação de Porto São José.....	78
Figura 13	– Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2008 a set/2009 com média histórica. Estação de Porto São José.....	78
Figura 14	– Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2007 a set/2008 e out/2008 a set/2009 com média histórica. Estação de Porto São José	79
Figura15	– Gráfico dos eventos pluviométricos extremos. Estação de Porto São Jose (1985-2009).....	80
Figura16	– Variação interanual do total de precipitação da Estação pluviométrica Porto São José no período de 1985 a 2009	81
Figura 17	– Regime hidrológico de cotas e vazão referente ao ano hidrológico da Estação de Porto São Jose (1985-2009).....	82
Figura 18	– Gráfico da variação interanual de vazão e cotas. Estação de Porto São Jose (1985-2009).....	83
Figura 19	– Eventos fluviométricos extremos. Estação de Porto São Jose (1985-2009).....	84
Figura 20	– Curva de permanência da Estação de Porto São José no período de 1985-2007.....	85
Figura 21	– Uso e ocupação do solo na região de Porto Rico (Pr), incluindo ilhas Porto Rico e Mutum.....	89

Figura 22 – Fotografia aérea do ano de 1953 da ilha Mutum no alto rio Paraná	90
Figura 23 – Fotografia aérea do ano de 1953 da ilha Porto Rico e Mutum no alto rio Paraná.....	90
Figura 24 – Localização dos pontos em período de águas baixas no alto rio Paraná, da região de Porto Rico (PR)	95
Figura 25 – Localização dos pontos em período de cheias no alto rio Paraná, da região de Porto Rico (PR)	96
Figura 26 – Correlações lineares positivas para: A) Fe e Mn; B) Mg e Mn; C) Mg e Sr; D) Mg e Ca; e negativas para E) Fe e Co; F) Mg e Co.....	101
Figura27 – Correlações lineares positivas para: A) Mg e Ca; B) Mg e Ba; C) Mg e Fe; D) Mn e P; e negativas para: E) Mg e Ni; F) Ni e P.....	102
Figura 28 – Distribuição da Temperatura da água nos dois períodos de coletas no alto rio Paraná, região de Porto	104
Figura29a – Temperatura da água no período de águas baixas do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	104
Figura29b – Temperatura da água no período de cheias do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	105
Figura30a – Potencial Hidrogeniônico da água no período de águas baixas do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.....	107
Figura30b – Potencial Hidrogeniônico da água no período de cheias do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.....	107
Figura 31 – Distribuição do pH da água nos dois períodos de coleta no alto rio Paraná.....	108
Figura 32 – Distribuição da condutividade elétrica no período de cheias do alto rio Paraná.....	109
Figura 33 – Condutividade elétrica da água no período de cheias no alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	109

Figura34a – Teores de Ferro no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	111
Figura34b – Teores de Ferro no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	112
Figura 35 – Distribuição do Ferro Total nas amostras analisadas do alto rio Paraná	112
Figura 36a – Teores de manganês do período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	114
Figura 36b – Teores de manganês do período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	115
Figura 37 – Distribuição do manganês total nas amostras analisadas do alto rio Paraná.....	115
Figura 38 – Distribuição do Alumínio nas amostras analisadas do alto rio Paraná	117
Figura39a – Teores de Alumínio do período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	117
Figura39b – Teores de Alumínio do período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	118
Figura 40 – Distribuição de Fósforo total nas amostras analisadas do alto rio Paraná.....	119
Figura 41a – Teores de Fósforo no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	120
Figura 41b – Teores de Fósforo no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.....	120
Figura 42 – Distribuição de Bário nas amostras analisadas do alto rio Paraná	122
Figura 43a – Teores de Bário no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	122
Figura43b – Teores de Bário no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.....	123
Figura 44 – Distribuição de Sódio total nas amostras analisadas do alto rio Paraná.	124

Figura 45a – Teores de Sódio total no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	125
Figura 45b – Teores de Sódio total no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	125
Figura 46 – Distribuição de Potássio nas amostras analisadas do alto rio Paraná.	127
Figura 47a – Teores de Potássio no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	127
Figura 47b – Teores de Potássio no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	128
Figura 48 – Distribuição de silício nas amostras analisadas do alto rio Paraná.	129
Figura 49a – Teores de silício no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	130
Figura 49b – Teores de silício no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	130
Figura 50 – Distribuição de Magnésio nas amostras analisadas no alto rio Paraná.	131
Figura 51a – Teores de Magnésio no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	132
Figura 51b – Teores de Magnésio no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	132
Figura 52 – Distribuição de Cálcio nas amostras analisadas no alto rio Paraná.	133
Figura 53a – Teores de Cálcio do período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	134
Figura 53b – Teores de Cálcio do período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	134
Figura 54 – Distribuição do zinco nas amostras analisadas no alto rio Paraná	136
Figura 55a – Teores de zinco no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	136
Figura 55b – Teores de zinco no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	137

Figura56a – Teores de chumbo no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	139
Figura56b – Teores de chumbo no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	139
Figura 57 – Distribuição do chumbo total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.....	140
Figura 58 – Distribuição do cobre total nas amostras analisadas no alto rio Paraná	141
Figura 59 – Distribuição do cobalto total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.	142
Figura 60 – Distribuição do cádmio total nas amostras analisadas no alto rio Paraná	143
Figura 61 – Distribuição do estrôncio total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.....	144
Figura 62a – Teores de estrôncio total no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.	144
Figura 62b – Teores de estrôncio total no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária	145
Figura 63 – Distribuição do cromo total nas amostras de cheias no alto rio Paraná	146
Figura 64 – Distribuição do níquel total nas amostras de cheias no alto rio Paraná	147

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	OS ELEMENTOS QUÍMICOS E A SAÚDE HUMANA	13
3.1.1	Ferro	17
3.1.2	Manganês	18
3.1.3	Alumínio	20
3.1.4	Bário	21
3.1.5	Sódio	22
3.1.6	Potássio	23
3.1.7	Magnésio	23
3.1.8	Cálcio	24
3.1.9	Zinco	25
3.1.10	Chumbo	26
3.1.11	Cobre	27
3.1.12	Cobalto	28
3.1.13	Cádmio	29
3.1.14	Estrôncio	30
3.1.15	Cromo	30
3.1.16	Níquel	32
3.1.17	Fósforo	33
3.1.18	Sílica e Silício	33
3.2	GEOINDICADORES	35
3.2.1	Qualidade das Águas Superficiais	36
3.2.1.1	Temperatura da água	36
3.2.1.2	Potencial hidrogeniônico (pH)	37
3.2.1.3	Condutividade elétrica	38
3.2.1.4	Metais pesados	38
3.3	CONTRIBUIÇÕES DA GEOLOGIA MÉDICA E GEOGRAFIA DA SAÚDE	38

4 CONTEXTO GEOGRÁFICO E DO MEIO FÍSICO	41
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA INVESTIGADA	41
4.2 ASPECTOS REGIONAIS	43
4.2.1 Geologia	43
4.2.2 Geomorfologia	47
4.2.3 Solos.....	49
4.2.4 Caracterização Hidroclimática	51
4.2.4.1 Clima.....	51
4.2.4.2 Classificação climática.....	53
4.2.5 Hidrografia	58
4.2.5.1 Áreas inundadas	59
4.2.6 Vegetação	61
5 MATERIAIS E MÉTODOS	63
5.1 MATERIAIS	63
5.1.1 Imagens e Referências.....	63
5.1.2 Programa de Tratamento de Imagens.....	63
5.1.3 Materiais de Laboratório	64
5.1.4 Dados Hidrometeorológicos	64
5.2 METODOLOGIA	65
5.2.1 Planejamento da Amostragem	65
5.2.2 Procedimentos de Campo	65
5.3 METODOLOGIA ANALÍTICA.....	66
5.3.1 Preparação das amostras.....	66
5.3.2 Procedimentos Analíticos	67
5.4 CONSTITUIÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA.....	68
5.4.1 Mapeamento do Uso do Solo	68
5.5 ANÁLISE DOS DADOS	70
5.5.1 Dados Hidroclimáticos.....	70
5.5.2 Tratamento Estatístico.....	71
6 RESULTADOS DA PESQUISA	72
6.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	72
6.1 Variações Pluviométricas Interanuais	80

6.1.2	Características Hidrológicas	81
6.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	85
6.3	QUALIDADE DE VIDA E SAÚDE DO MUNICÍPIO DE PORTO RICO	91
6.4	HIDROGEOQUÍMICA	95
6.4.1	Análise dos componentes Principais	96
6.4.2	Principais Parâmetros Físicos	103
6.4.2.1	Temperatura da Água	103
6.4.2.2	Potencial hidrogeniônico (pH)	105
6.4.2.3	Condutividade elétrica	108
6.4.3	Comportamento dos Elementos Químicos	110
6.4.3.1	Ferro	110
6.4.3.2	Manganês	113
6.4.3.3	Alumínio	116
6.4.3.4	Fósforo	118
6.4.3.5	Bário	121
6.4.3.6	Sódio	123
6.4.3.7	Potássio	126
6.4.3.8	Silício	128
6.4.3.9	Magnésio	131
6.4.3.10	Cálcio	133
6.4.3.11	Zinco	135
6.4.3.12	Chumbo	137
6.4.3.13	Cobre e Cobalto	140
6.4.3.14	Cádmio e Estrôncio	142
6.4.3.15	Cromo	145
6.4.3.16	Níquel	146
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
	REFERÊNCIAS.....	151

1 INTRODUÇÃO

A qualidade das águas superficiais depende dos ambientes de onde se originam, circulam e percolam, quer seja um ambiente natural ou um ambiente contaminado pelo homem, ou seja, tecnogênico.

A presença de certos elementos químicos na natureza em alguns casos, não é decorrente da ação humana, se dá naturalmente, como o intemperismo das rochas e erosão dos solos e a presença desses elementos potencialmente tóxicos, prejudicam o ambiente assim como a saúde dos seres vivos. O intemperismo químico é responsável pelas reações de hidratação, hidrólise, oxidação e dissolução. Entretanto, a presença da água, dos gases e dos sólidos dissolvidos são os principais fatores no intemperismo químico, pois todos minerais são mais ou menos insolúveis (LICHT, 1995).

Os componentes iônicos das águas naturais são mais reativos, pois os íons estão livres para reagir e formar precipitados ou participar de reações de troca iônica na superfície das partículas sólidas e eletricamente carregadas. Outros componentes das águas naturais são menos reativos como os gases dissolvidos, matéria orgânica e inorgânica solúvel bem como material coloidal disperso nos sedimentos (LICHT, 1995).

Em águas naturais, diversas fontes são responsáveis pela sua composição química. Durante a passagem da água pelo ciclo hidrológico, a água acumula constituintes dissolvidos e particulados através do contato com gases, líquidos e sólidos. Os processos biológicos também influenciam a composição físico-química das águas, pois muitos organismos aquáticos e terrestres retiram substâncias químicas do ambiente, assim como as repõe, afetando a composição química das águas naturais (BARRETO, 2001).

Os metais em águas superficiais existem na forma dissolvida, coloidal ou em suspensão. As concentrações variam de acordo com as propriedades do metal e as características físicas e químicas das águas (pH, potencial redox, agentes orgânicos e inorgânicos). São considerados tóxicos na forma iônica livre (WHO, 1998). Alguns metais são importantes para as funções fisiológicas dos organismos vivos e regulam diversos processos bioquímicos. Entretanto, em

maiores concentrações oriundos de atividades industriais, ou agrícolas, ou mineração, ou urbanas, tem efeito tóxico no ambiente a ao ser humano.

A concentração dos elementos no ambiente é quem determina o grau de poluição. Dependendo da quantidade de metal ingerido (uso contínuo e constância da exposição do organismo) pode distribuir-se por todo organismo afetando vários órgãos e alguns processos bioquímicos das células. A toxicidade de uma água não depende somente da interação de uma espécie química, mas também da interação de diferentes condições e espécies químicas e físicas que podem resultar em reduzir ou acentuar os efeitos tóxicos (BRANCO,1999).

A proposição deste trabalho envolveu um levantamento geoquímico baseado no conhecimento de alguns elementos tóxicos presentes em águas superficiais dos rios Paraná e Baía, no entorno da ilhas Mutum e Porto Rico. Além disso, buscou-se relacionar estes indicadores com a saúde da população ribeirinha, grande parte desta residente no município de Porto Rico (Pr).

2 OBJETIVOS

Geral

Avaliar o risco ambiental e os possíveis impactos na saúde humana da população do município de Porto Rico (Pr), assim como na saúde dos ilhéus, através da caracterização geoquímica das águas superficiais da planície de inundação, dos paleocanais e entorno do rio Paraná, no interno e ao redor das ilhas Mutum e Porto Rico, bem como no levantamento de dados da Geografia da Saúde.

Específicos

- Mensurar os parâmetros de qualidade das águas superficiais (elementos químicos incluindo os metais pesados) e correlacionar as possíveis fontes de contaminação com fontes naturais ou atividades antropogênicas;

-

- Verificar as possíveis relações entre os elementos químicos que incluem os metais e fatores abióticos disponíveis nas águas dos rios Paraná e Baía e algumas lagoas situadas na planície de inundação;

- Avaliar o efeito da sazonalidade nas concentrações e distribuição desses elementos químicos;

- Determinar as características hidroclimáticas e uso do solo da área de estudo e relacionar com a qualidade da água;

- Correlacionar os elementos químicos encontrados nas águas superficiais com possíveis casos de anomalias na saúde da população ribeirinha;

- Caracterizar aspectos da Geografia da Saúde no local investigado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 OS ELEMENTOS QUÍMICOS E A SAÚDE HUMANA

Os elementos químicos ocorrem naturalmente, são distribuídos de maneira desigual na superfície terrestre. Apresentam-se em algum nível de concentração no organismo humano e animal, nos vegetais e minerais. Dependendo dos teores dos elementos químicos formadores das rochas e dos solos, identificam-se riscos à saúde humana. Muitos elementos são essenciais para nossa saúde, no entanto, em baixas concentrações causam deficiências e, em altas concentrações, são tóxicos (SELINUS, 2006) [figura 01].

O comportamento dos elementos no solo é fortemente influenciado pela argila (minerais com estrutura Al_2SiO_2), ou pelo grau de alteração de rochas primárias. Entre as argilas, os minerais do grupo esmectita, formado no início do processo de alteração de rochas, tendem a se degradar ao longo do tempo. Assim, os solos são enriquecidos com esses elementos, incluindo os denominados metais pesados. Os nutrientes na esmectita estão facilmente disponíveis para as plantas, e isso, obviamente, controla a fertilidade dos solos. A disponibilidade dos elementos é reduzida com a presença de Fe, Mn, Al e hidróxidos, pois estes são capazes de absorver nutrientes essenciais, bem como aqueles indesejados ou não-essenciais. Desse modo, nos solos de tipo laterita, ou seja, ricos em hidróxidos de Al e Fe, a disponibilidade desses elementos essenciais é baixa, com efeitos negativos para as culturas, mas é importante na saúde humana e animal (CORTECCI, 2003).

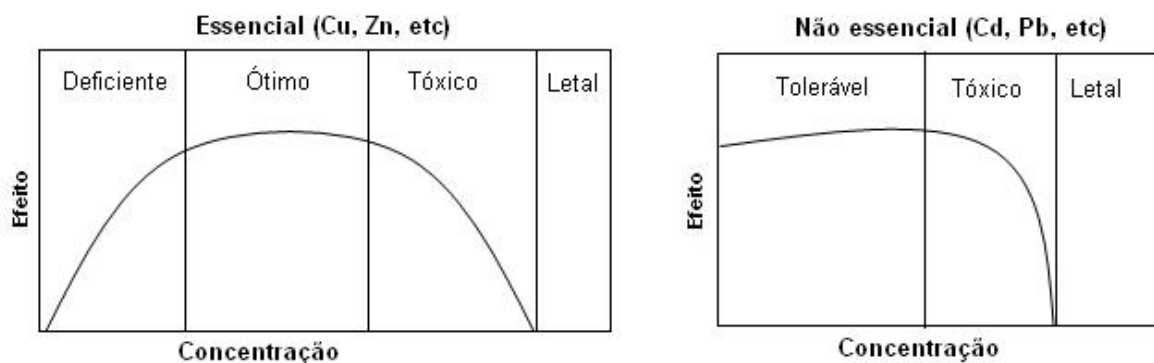


Figura 01 — Benefícios e malefícios dos elementos essenciais e não essenciais em função da dosagem.

Fonte: Cortecchi, 2003.

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Os elementos químicos se distribuem por toda litosfera e ocorrem de diferentes formas químicas. Podem apresentar-se nos organismos humanos, nos vegetais e nos minerais. Entretanto, de todos os elementos químicos encontrados no planeta Terra, as rochas são suas fontes naturais. Através do processo de intemperismo¹, as rochas formam os solos e disponibilizam concentrados químicos naturais, ou seja, são geodisponibilizados. Através do ciclo hidrológico, as águas permeiam as rochas e solos e através dos processos geológicos, grandes quantidades de poeira e gases que contêm substâncias químicas são enviadas para atmosfera. Assim sendo, a maior parte dos elementos químicos ingressa no nosso corpo através da alimentação, água e ar, passando a restarem como biodisponíveis. A biodisponibilidade depende de fatores ambientais como o pH, temperatura e umidade. Por exemplo, zinco, chumbo e cádmio são biodisponíveis em condições ácidas, mas com o aumento do pH a biodisponibilidade diminui. O tipo de solo também é um fator importante, pois o conteúdo de argila, areia, propriedades físicas e os organismos presentes afetam a mobilidade, transporte e a biodisponibilidade dos metais (SELINUS, 2006).

Os elementos essenciais são mais importantes para a vida e devem estar presentes em concentrações relativamente reduzidas. O corpo humano

¹ MARTINS JR & PINESE, 2003: "Processo de intemperismo é o desgaste das rochas por conta dos elementos atmosféricos. Depois os elementos podem ser recristalizados em minerais neoformados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxidos-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos, e quando solubilizados passam ao solo e são levados a águas de subsuperfície, ou então transportados pela drenagem."

necessita de 25 elementos para o seu funcionamento adequado, que são aqueles reconhecidos como essenciais. O elemento principal é o carbono (C), que é a base estrutural de milhares de diferentes compostos que constituem as células, tais como os carboidratos, as proteínas e o DNA, responsáveis pelas diferentes formas de vida. O oxigênio (O₂) e o hidrogênio (H⁺) também são fundamentais, pois nosso organismo é constituído por mais de 60% de água (H₂O). O oxigênio supera qualquer outro elemento em quantidade no corpo humano (61% da massa corpórea) por sua participação também na estrutura óssea na forma de fosfato de cálcio. Também o nitrogênio (N) é um elemento essencial, pois, juntamente com o oxigênio, carbono e hidrogênio constituem parte da estrutura que compõe as proteínas e o DNA. Os outros elementos essenciais são divididos em macronutrientes e micronutrientes.

Os macronutrientes participam em concentrações maiores que 0,1% da massa corporal, são estes: Ca, Cl, P, K, Na e S. Os micronutrientes participam com concentrações corpóreas abaixo de 0,1%, são: Mg, Si, Fe, F, Zn, Cu, Mn, Sn, I, Se, Ni, Mo, V, Cr e Co (SILVA; et al., 2006). Estes são conhecidos como elementos-traço² essenciais, pois exercem diferentes funções biológicas no organismo. Por outro lado, o excesso desses elementos pode causar intoxicação.³ Outros elementos como As, Cd, Pb e Hg não possuem função biológica definida e geralmente são tóxicos (SELINUS, 2006), podendo intoxicar principalmente o sistema nervoso e renal.

As águas superficiais e subterrâneas são os veículos mais importantes na ligação entre a geoquímica das rochas e solos com a fisiologia humana. A distribuição das substâncias químicas nas águas são importantes para a saúde nos países em desenvolvimento, onde a água potável é uma necessidade. Obviamente, os efeitos sobre a saúde humana decorrentes da distribuição dos elementos geoquímicos nessas regiões são muito fortes, uma vez que as populações vivem em contato direto com a natureza (CORTECCI, 2003).

Frizzo (2006) cita alguns exemplos de casos de intoxicação por metais pesados registrados no mundo, onde, por exemplo, o arsênio presente na água consumida pela população chinesa, indiana, mexicana, chilena e argentina,

² Os elementos traço são aqueles que ocorrem em concentrações pequenas (mg/Kg ou ppm).

³ Segundo Frizzo (2006) ..."*geralmente a intoxicação acontece por ingestão continuada durante longo tempo (exposição crônica), ou indiretamente, pelo consumo de organismos que já tinham tais constituintes.*"

atingiu a saúde de milhares de pessoas. O consumo de peixes contaminados por mercúrio (metil mercúrio) liberado pelos catalisadores industriais e despejados na baía de Minamata, envenenou toda a aldeia de pescadores do litoral japonês. Na China o consumo de arroz irrigado com águas do rio Shentong ricas em cádmio, por passar em áreas de mineração de zinco, causou a intoxicação dos habitantes de Fungang.

Licht (2006) comenta que no Paraná investigações sobre mercúrio merecem atenção, pois a busca pelo ouro aluvionar no litoral paranaense fez com que surgissem os primeiros garimpos nesta região com a utilização freqüente de mercúrio para a recuperação do ouro, gerando passivos ambientais nos sedimentos de fundo das baías de Antonina e Paranaguá. Na região urbana de Curitiba, este autor verificou uma anomalia de mercúrio oriunda de diversas atividades antrópicas como consultórios odontológicos e lâmpadas utilizadas para iluminação pública que contêm vapor de mercúrio. Ainda Licht (2006) apresentou, através de um levantamento geoquímico de baixa densidade, uma anomalia hidrogeoquímica de flúor na região de Itambaracá – Pr com teores elevados em fluoretos nas águas subterrâneas da região, atingindo 2,2 mg/L F⁻. Esta anomalia tem sido indicada como responsável pela fluorose dentária em crianças em idade escolar. No norte do estado do Paraná, doenças cancerígenas possivelmente relacionadas a brometos e cloretos em solos, podem ter origem da aplicação de agrotóxicos, fruto das atividades agrícolas.

O caso da fluorose dentária na região norte do estado do Paraná também foi estudada por Pires (2008), que constatou, no período investigado, a anomalia em relação ao flúor somente nas águas subterrâneas do aquífero Serra Geral.

Cortecci (2003) cita diversas doenças relacionadas ao excesso ou deficiência de minerais, inclusive elementos-traço, como doenças cardiovasculares, hipertensão e alguns tipos de câncer.

Neste contexto, são necessários apontamentos sobre a obtenção de uma dieta adequada, com a ingestão diária de alguns elementos químicos. Deste modo, discorre-se a seguir sobre a origem de alguns elementos químicos, que incluem os metais pesados (referente aos parâmetros analisados) na natureza, distribuição, dose diária recomendada segundo Cortecci (2003), o papel biológico

para a saúde e a toxicidade desses elementos com seu efeito no organismo humano.

3.1.1 Ferro

O Ferro é um elemento que compõe 30% da massa total no planeta, é o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre e, juntamente com o alumínio, é considerado o metal mais importante. Encontra-se a maior parte do Ferro na forma combinada com oxigênio, silício ou enxofre. Quase todas as rochas contêm Ferro, ou pelo menos alguns traços. A maior parte do ferro encontrado na natureza encontra-se na forma Fe^{+2} , porém, é rapidamente oxidado a Fe^{+3} na superfície da Terra e de forma insolúvel na água. É liberado para a atmosfera na forma de material particulado e é removido por sedimentação ou pela água da chuva. Na água pode ocorrer na forma iônica ou complexada (como íon di ou tri valente, em estado coloidal ou disperso). Se a água estiver livre de oxigênio ou em pH abaixo de 3, o ferro ocorre na forma iônica $Fe(II)$, entretanto se na água conter oxigênio, os íons ferrosos são convertidos a íons férricos que formam hidróxidos de ferro insolúveis. A quantidade de ferro no solo dependerá de sua proximidade com rochas naturais e com o grau de intemperismo. Os metais se encontram na forma solúvel, ligadas nos minerais do solo ou matéria orgânica, na biomassa e precipitada com outros componentes. A solubilidade dos elementos metálicos aumenta devido à presença de substâncias húmicas no solo. Estas substâncias sofrem degradação química e biológica que produz substâncias químicas de estruturas complexas e bem mais estáveis do que aquelas que as originaram. Os íons metálicos se reduzem se houver os grupamentos funcionais carboxílicos e fenólicos nas substâncias húmicas (LIMA, 2003).

O ferro é essencial para o organismo, é componente da hemoglobina e responsável pelo transporte de oxigênio no sangue e reserva desse elemento nos músculos. Necessários para a produção de energia no nível celular e para a integridade do sistema imunológico. A quantidade média no corpo é de 10-15 mg (CORTECCI, 2003; SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006). Porém, óxidos de ferro na forma de poeira e fumos podem causar uma pigmentação no pulmão

denominada siderose (é considerada uma pneumoconiose benigna) e conseqüentemente alguns problemas respiratórios. Os sais solúveis de ferro quando inalados são irritantes para a pele e sistema respiratório. Um dos compostos de maior toxicidade dentre aqueles que contêm carbonila, é o ferro pentacarbonil - Fe (CO)₅, utilizado como antidetonante da gasolina e é um composto inflamável (LIMA, 2003).

Segundo RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17/03/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, estabelece a concentração máxima de 0,3 mg/L de ferro dissolvido em rios de classe 01 e 02. A Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 que estabelece padrões da água para consumo humano, institui a concentração de 0,3 mg/L de ferro como padrão de aceitação.

3.1.2 Manganês

O manganês é um metal pesado bem distribuído na crosta terrestre. Encontra-se sempre ligado a óxidos (como a pirolusita, manganita, e hausmanita), sulfeto, carbonato, silicato de manganês, minérios, rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Ocorre em quase todos os solos, na forma divalente ou tetravalente.

Concentrações baixas do manganês no solo (<500mg/Kg) estão associadas a baixos níveis do metal em plantas. Quando os materiais orgânicos aumentam o pH podem produzir complexos orgânicos do Mn bivalente que são absorvidos em pequenas proporções por algumas plantas. Entretanto, com o pH reduzido, a absorção do manganês pelas plantas é maior. Na água, é derivado do solo e das rochas. Encontra-se tanto na forma solúvel como na forma suspensa. Sofre oxidação de acordo com o pH, potencial redox e atividade microbiana. A solubilidade dos compostos presentes na água é responsável por seu transporte e solubilidade. A forma Mn (II) predomina em pH 4-7, a forma Mn (IV) encontra-se em águas mais profundas, com baixo nível de oxigênio, mas pode ser reduzido quimicamente por bactérias a Mn (II). A principal forma do manganês na água é Mn²⁺. Seu transporte nos rios acontece por meio de adsorção nos sedimentos suspensos que é favorecido pelas variações de pH. Circula na forma livre em meio ácido e se precipita em meio básico podendo atingir águas subterrâneas. A erosão

do solo é uma das mais importantes fontes de manganês. As concentrações de manganês no solo e seu estado de oxidação variam de acordo com a atividade microbiana (que podem alterar o pH), transformações ambientais dos compostos de manganês naturalmente presentes e com a incorporação pelas plantas. Uma das causas de maiores concentrações encontradas nos rios pode ser a ressuspensão do material no seu leito (MARTINS, 2003).

Para o organismo, o manganês é ativador de algumas enzimas como hidrolase, cinases, descarboxilases e transferases. Participa de reações enzimáticas e da atividade da vitamina B1 em quantidades mínimas. Promove o crescimento, desenvolvimento e funções celulares. É uma parte integrante dos ossos e cartilagens. É um cofator essencial em muitas reações enzimáticas envolvidas no metabolismo protéico, lipídeos e carboidratos. A quantidade média no corpo é de 2 a 5mg (CORTECCI, 2003; SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

A toxicidade no organismo acontece primeiramente nos pulmões e o sistema nervoso central. A toxicidade oral e dérmica ocasiona inflamação nos pulmões (pneumonia química). Óxidos de Mn causam tosse seca, náuseas, dores de cabeça e fadiga. Sulfato de Mn líquido causa dores abdominais e sonolência. O permanganato de potássio é um poderoso agente oxidante e produz uma necrose tipo coagulação. A ingestão em altas doses causa pancreatite e pode ser fatal. Também pode causar perturbações gastrointestinais, perda de cabelo, diminuição da concentração e fasciculação muscular (MARTINS, 2003). A ingestão de grandes quantidades de manganês oral ou por inalação resulta na diminuição do crescimento, apetite, metabolismo de ferro e função cerebral alterada (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1998).

Centeno et al (2005) relatam que a toxicidade pelo manganês traz problemas neurológicos como distúrbios psiquiátricos conhecida como loucura mangânica.

Tanto a RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17/03/2005, quanto a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabelecem a concentração de 0,1 mg/L de manganês total em águas naturais e de consumo humano.

3.1.3 Alumínio

O alumínio é um metal que ocorre na crosta terrestre combinado com oxigênio, flúor e silício e outros componentes. Encontra-se na forma de silicatos (feldspato e a mica), complexados com sódio e fluoreto (criolita e a bauxita). Não é encontrado livre devido a sua reatividade, pois seu único estado de oxidação é Al^{+3} . Assim, o transporte e a distribuição no ambiente dependem da constituição química, vias de fluxos hidrológicos, fatores espaciais e temporais relacionados com a interação solo-água e a composição dos materiais geológicos. Na água é possível encontrar o alumínio na forma dissolvida. Em pH abaixo de 4,0 predomina o complexo aquoso $Al(H_2O)_6^{3+}$. Em pH abaixo de 5,5 a concentração molar do alumínio predominante é nas concentrações de fluoreto e forma complexos pouco ligantes. Pode ocorrer também ligações com sulfatos, mas as ligações ocorrem somente em altas concentrações de sulfatos e em pH baixo. Em pH maior que 7,0 predomina o complexo $AlOH$ e são pouco dissolvidos em matéria orgânica e silicatos. Teores de alumínio adsorvido em partículas suspensas não são descartados. Porém este depende de sua relação com o pH da água, pois a solubilidade do Al e a presença de partículas suspensas dependem extremamente deste pH (SANTOS, 2003).

O alumínio é um agente neurotóxico potencial em seres humano (WHO, 1997). Os seres humanos têm eficientes barreiras naturais para limitar as concentrações de alumínio no sistema nervoso central, exceto em condições específicas, tais como insuficiência renal.

Existe pouca indicação de que o alumínio é tóxico em exposição oral, porém está presente de forma generalizada em alimentos, bebidas, água e muitos antiácidos. Embora a exposição humana ao alumínio é generalizada, a apenas alguns casos, existem relatos de hipersensibilidade. Diversos estudos relacionam os efeitos do alumínio no organismo com algumas doenças como asma, bronquite crônica, sistema nervoso central e doença de Alzheimer. Entretanto, há muita deficiência na base de dados o que torna os estudos duvidosos. Não há indicações de que níveis de alumínio de água potável traz efeitos adversos para a saúde. As informações disponíveis são insuficientes para classificar o risco

carcinogênico para o ser humano submetido a exposição ao alumínio e seus compostos (WHO, 1997).

Centeno et al (2005) também citam o tanto o alumínio como o ferro como indutores das doenças de Alzheimer e Parkinson.

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, estabelece que para rios a concentração máxima de alumínio dissolvido é de 0,1 mg/L, e a Portaria 518 do Ministério da Saúde estabelece a concentração de 0,2 mg/L de alumínio como padrão para consumo humano.

3.1.4 Bário

O Bário é um metal alcalino que ocorre naturalmente no estado combinado. É um metal fortemente eletropositivo, combina com amônia, oxigênio, hidrogênio, halogênios e sulfatos. Encontra-se no mineral barita (sulfato de bário) e pequenas quantidades em rochas ígneas, feldspatos e micas. Composto de Bário como acetatos, nitratos, e cloretos são solúveis em água, enquanto os sais de Bário (fluoretos, carbonatos, cromatos, fosfato e sulfato) possuem baixas solubilidades, com exceção do sulfato de Bário cuja solubilidade aumenta com a diminuição do pH. O transporte do Bário no ambiente acontece através do ar, água e solos. O transporte na água está sujeito a interações com outros íons. Em solução aquosa, este metal pode combinar com agentes quelantes orgânicos para formar complexos biológicos (WHO, 1995).

A concentração de bário em água de poços depende do conteúdo lixiviável das rochas. A água potável contém 10-1.000 mg/L, embora em certas regiões da E.U.A. contêm concentrações acima de 10.000 mg/L. Os seres humanos raramente ingerem plantas que contêm bário. As castanheiras são uma exceção e mostram concentrações de 1500-3000 mg/g de bário. Tomate, soja e feijão também são conhecidos por concentrar bário no solo. Em geral, o bário não acumula nas plantas quantidades suficientes para ser tóxico para os animais. No entanto, observa-se que as grandes quantidades de bário (acima de 1260 mg/Kg), acumulam-se em leguminosas, alfafa, soja e poderia causar problemas nos bovinos (WHO, 1995).

A ingestão de altos níveis de bário 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 (LICHT, 2006). Doses acima de 0,2 – 0,5 mg/Kg geralmente resulta em ingestão de cloreto ou carbonato de bário no qual causa efeitos tóxicos aos humanos como efeitos gastrintestinais e paralisia muscular. Estudos sobre a relação deste metal em água potável com mortes cardiovasculares são realizados. O aumento da pressão sanguínea, doenças no coração e rim foram observadas em populações expostas a altas concentrações de bário (WHO, 1995).

Tanto a RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17/03/2005, quanto a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabelecem a concentração de 0,7 mg/L de bário em águas naturais. Contudo, de acordo com a Portaria 518 do MS, o bário é uma substância que apresenta risco a saúde humana.

3.1.5 Sódio

O sódio é um metal alcalino que é incorporado nas rochas principalmente nos feldspatos e assim como o alumínio, forma silicatos. Está presente em rochas ricas em silício competindo com o cálcio. O sódio dissolvido permanece na forma iônica, é removido para o mar e contribuirá para o aumento da salinidade. Com a evaporação da água, ocorre formações de depósitos de sais principalmente o NaCl cloreto de sódio (MINEROPAR, 2001).

O sódio serve para a manutenção do equilíbrio hidroeletrolítico permanecendo sempre fora das células, participando da contração muscular e condução nervosa e transporte de metabólitos. A quantidade média de sódio no corpo é de 500 a 2400 mg (CORTECCI, 2003; SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

O sódio é um elemento essencial à vida e não possui restrição quanto aos teores máximos em água. Entretanto, pessoas hipertensas devem ter uma dieta balanceada de sais, principalmente sódio e potássio.

A Portaria 518 do M.S estabelece a concentração de 200 mg/L de sódio para água de consumo humano.

3.1.6 Potássio

O potássio é um metal alcalino que não é encontrado livre na natureza. Está presente nos minerais silicatos e é incorporado principalmente no retículo dos feldspatos e micas. Pode ser substituído pelo rubídio, céσιο, bário, chumbo e tálio. Por isso, afeta o comportamento geoquímico geral dos mesmos. É o sexto elemento mais abundante na crosta terrestre. O potássio é adsorvido das soluções pelos colóides e enriquece as argilas (MINEROPAR, 2001).

O potássio é essencial para os seres vivos, pois é o cátion mais importante nos fluídos intracelulares, ativa as reações enzimáticas, participa nas funções celulares e é essencial para o sistema nervoso e funções cardíacas. Entretanto, concentrações elevadas podem prejudicar pessoas com hipertensão (MINEROPAR, 2001).

No organismo, o potássio serve para a manutenção do equilíbrio dos fluidos em nível intracelular participando da contração muscular e condução nervosa. A quantidade total de potássio no organismo é de 2000 a 3500 mg. (SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006). Assim como o sódio, o potássio não possui restrição quanto aos teores máximos em águas naturais.

3.1.7 Magnésio

O magnésio é um metal alcalino terroso comum nas rochas ultramáficas e manto. Constitui muitos minerais e pode encontrá-lo nos silicatos, óxidos e nos carbonatos. O magnésio influencia o comportamento geoquímico do ferro, níquel, cobalto, escândio, zinco e lítio, pois é comum a substituição do magnésio por estes elementos (MINEROPAR, 2001).

O Magnésio atua na manutenção da estrutura dos ossos do organismo humano, regula a passagem de substâncias através das membranas celulares, participa como co-fator de mais de 100 enzimas e na fabricação de proteínas, sendo importantíssimo no processo de crescimento e desenvolvimento

normal. A quantidade total de magnésio no organismo é de 280 a 350 mg (SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

O magnésio é um elemento importante para a vida, pois é responsável pela ativação de algumas enzimas. Normalmente, os compostos de magnésio não são tóxicos, mas os minerais magnesianos são cancerígenos por apresentarem forma fibrosa e não pela sua composição química (MINEROPAR, 2001).

O magnésio não possui restrição quanto aos teores máximos em águas naturais.

3.1.8 Cálcio

O cálcio é um metal alcalino encontrado nas rochas da crosta continental. É responsável pela formação de muitos silicatos, carbonatos e fosfatos e é um constituinte dos plagioclásios, anfibólios e piroxênios. O comportamento geoquímico do cálcio controla a ocorrência de vários elementos-traço nas rochas, pois o mesmo é parcialmente substituído por sódio, manganês, estrôncio e ítrio nas redes cristalinas. Alterações de baixa temperatura podem mobilizar o cálcio e formar minerais secundários como a calcita, dolomita e granadas (MINEROPAR, 2001).

Na água, juntamente com o íon Magnésio, está relacionado com a dureza. Níveis acima de 250 mg/L desses íons causam problemas em tubulações metálicas, pois estes íons se ligam aos íons metálicos causando incrustações nas tubulações e posteriormente corrosão. Em nível nutricional este elemento é considerado essencial aos seres vivos, pois possui função bioquímica da coagulação sanguínea e ajuda na constituição das paredes celulares, fluídos corporais e ósseo (MINEROPAR, 2005). É o metal mais abundante no corpo humano na forma de fosfato de cálcio, necessário para a formação dos ossos e dentes. É essencial na regulação da atividade de membranas celulares, especialmente na contração muscular e na condução dos estímulos nervosos. Participa da coagulação sanguínea, divisão celular, liberação de hormônios, regulação da permeabilidade celular e da transmissão dos impulsos nervosos. A quantidade de cálcio no organismo é de 800 a 1200 mg. Com relação aos agravos à

saúde humana, estão mais relacionados com a inalação dos particulados sólidos em suspensão, especialmente nas proximidades de estações de britagem e moagem de mineradoras, do que com impactos geoquímicos. A deficiência de cálcio causa osteoporose e raquitismo. O excesso causa fraqueza, dores musculares, insuficiência renal e prejudica a captação de alguns minerais (CORTECCI, 2003; SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

O cálcio também não possui restrição quanto aos teores máximos em águas naturais. Por outro lado, Centeno et al, (2005) cita que há estudos na Inglaterra e em Escandinávia sobre a associação do cálcio com doenças no miocárdio, porém, na Finlândia há estudos do efeito protetor de altos níveis de cálcio na água para consumo no combate contra o infarto do miocárdio em mulheres na menopausa.

3.1.9 Zinco

É um elemento que se encontra na crosta terrestre distribuído na água, no solo, no ar e naturalmente nos alimentos. Ocorre no ambiente principalmente no estado de oxidação (+2), podendo combinar-se com cloro, oxigênio e enxofre formando cloreto de zinco, óxido de zinco, sulfato e sulfeto de zinco. Grande parte do zinco encontrado no solo está complexado e não se dissolve na água, mas dependendo das características do solo pode alcançar águas subterrâneas. O nível de zinco dissolvido na água pode aumentar com a acidez da água e alguns peixes podem bioacumulá-lo. É distribuído nos sedimentos por adsorção com o ferro e óxidos de manganês, argila mineral e materiais orgânicos (SILVA, 2003; ATSDR, 2005).

O zinco ocorre em todos os tecidos, principalmente em ossos, músculos e pele; atua no sistema imunológico; regula crescimento corpóreo, protege o fígado de danos químicos. A deficiência reduz crescimento corpóreo. A quantidade de zinco no organismo é de 12 a 15 mg (CORTECCI, 2003; SILVA; FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006). Porém, altas concentrações de zinco resulta em morte (33.000 mg/m³) como o utilizado em bombas de fumaça. Fumos metálicos de óxidos de zinco causam problemas hematológicos como anemia, problemas respiratórios,

tosse, secura na garganta, inflamação, dano de tecido no pulmão, problemas gastrointestinais, neurológicos, imunológicos, dérmicos e oculares (SILVA, 2003).

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, estabelece que para rios a concentração máxima de zinco total é de 0,18 mg/L, e a Portaria 518 do Ministério da Saúde estabelece a concentração de 5 mg/L de zinco como padrão para consumo humano.

3.1.10 Chumbo

O chumbo é depositado nos lagos, rios e oceanos através de escoamento superficial do solo ou pelo material particulado presente no ar. Este é adsorvido nos sólidos suspensos e sedimentos. Dependendo do pH, dos sais dissolvidos e dos agentes complexantes orgânicos, o chumbo é dissolvido. O valor de chumbo presente nas águas superficiais naturais é em torno de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ (WHO,1995).

Baird (2002) relatou que compostos de chumbo tetravalente foram usados como aditivos em gasolina como o tetrametilchumbo $[\text{Pb}(\text{CH}_3)_4]$ e o tetraetilchumbo $[\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4]$ que são removidos do motor e liberados para a atmosfera no estado gasoso. Com a influência da luz solar, estes compostos formam óxidos de chumbo (PbO) que permanecem na atmosfera sob forma de aerossol, depositando-se mais tarde nos vegetais ou em campos, como as pastagens, por exemplo.

O chumbo na forma de elemento livre condensado não é tóxico. As formas insolúveis passam pelo organismo humano sem causar grandes danos. Sua ação tóxica é por meio da forte afinidade dos cátions pelo enxofre. As importantes enzimas controladoras da velocidade de reações metabólicas possuem grupos sulfidrilas que se ligam rapidamente com tal metal, afetando assim seu funcionamento e causando sérios riscos a saúde humana. Altas concentrações de chumbo inorgânico (Pb^{+2}) são consideradas veneno metabólico geral (BAIRD, 2002).

O chumbo absorvido por qualquer via, seja pela respiração ou oral em decorrência a exposição, entra na circulação sanguínea e sua concentração no

organismo depende do tipo de exposição ao metal. Este metal pode causar problemas:

- Gastrointestinal: dor abdominal, constipação, câimbras, náuseas, vômitos, anorexia e perda de peso;
- Hematológicos: afeta diversas reações enzimáticas críticas na síntese da heme, causando concentrações anormais dos precursores no sangue e na urina;
- Renal: em exposição aguda em alta dose resulta em insuficiência renal crônica;
- Endócrino: decréscimo da tiroxina T4, inibição sobre a conversão da vitamina D que provoca a diminuição na velocidade de crescimento celular e retarda o desenvolvimento dos dentes e ossos em crianças;
- Neurológicos: encefalopatia, convulsões, alterações do sono e da memória;
- Imunológico: mal estar, esquecimento, irritabilidade, dor de cabeça, fadiga, impotência, fraqueza, distúrbio nas funções motoras ocular;
- Desenvolvimento: retardo no crescimento, prejuízo no desenvolvimento mental, motor em crianças (PAOLIELLO; CAPITANI, 2003).

Tanto a RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17/03/2005, quanto a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabelecem a concentração de 0,01 mg/L de chumbo total em águas naturais e de consumo humano. Contudo, de acordo com a Portaria 518 do MS, o chumbo é uma substância que apresenta risco a saúde humana.

3.1.11 Cobre

O cobre é distribuído no seu estado elementar como sulfetos, arsenitos, cloretos e carbonatos. Na água pode ser encontrado dissolvido ou associado a colóides ou material particulado. Vários processos influenciam sua biodisponibilidade, como a complexação a ligantes orgânicos e inorgânicos,

adsorção a óxidos metálicos, argila e material particulado em suspensão e troca entre sedimento e água (PEDROZO, 2003).

No organismo é constituinte de uma dezena de enzimas importantes no metabolismo humano como as enzimas oxidativas, envolvida no controle de radicais livres. Estão envolvidas também na síntese de compostos essenciais como proteínas complexas de tecidos conjuntivos do esqueleto e vaso sanguíneo e na função do sistema nervoso. Necessário para a síntese de hemoglobina, a neuro-cerebral, pigmentação da pele e cabelo. A concentração de cobre no organismo é de 1,55 a 3 mg (OMS, 1998; CORTECCI, 2003).

A ingestão do sulfato de cobre em concentração de 0,4 a 100 mg pode causar vômitos, diarreia, sensação de ardência epigástrico, anemia hemolítica aguda, dano renal e hepático, neurotoxicidade, aumento da pressão sanguínea e frequência respiratória. A exposição a poeiras de cobre pode irritar os olhos, nariz e garganta, provocando tosse, espirros, sangramentos nasais, úlceras e perfuração do septo nasal (PEDROSO, 2003).

Segundo a Portaria 518 do MS, o cobre, se presente na água para consumo, apresenta risco para saúde humana, contudo a concentração máxima é de 2 mg/L. A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, estabelece a concentração de 0,009 mg/L de cobre dissolvido em águas naturais.

3.1.12 Cobalto

O cobalto tende a acompanhar o Fe e Mn nas rochas sedimentares. É enriquecido mais nas rochas básicas, desempenha propriedades calcófilas, pode estar associado ao sulfeto de ferro como pirita e pirrotita, e a óxidos como a magnetita. Minerais como quartzo, feldspato, e carbonato de cálcio puro apresentam concentrações de cobalto muito pequenas, ou seja, menor que 2ppm. Em condições ácidas, minerais como sulfetos e sulfoarsenietos de cobalto liberam Co^{2+} durante o intemperismo, e o tamanho das plumas de dispersão do cobalto depende do teor de argila no sedimento e da presença e valência do Fe e Mn (MINEROPAR, 2001).

O cobalto é essencial no organismo, é constituinte da vitamina B12 envolvida na manutenção da integridade do sistema nervoso e na produção de

glóbulos vermelhos (SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006). Contudo, a deficiência provoca emagrecimento, cansaço e anemia. Altas concentrações de cobalto são tóxicos, causam falhas cardíacas e são considerados cancerígenos (FIGUEIREDO, 2000).

A toxicidade por cobalto pode ocasionar, esporadicamente, dilatação do coração. Pode ocorrer aumento da cardíaca, vulnerabilidade dos radicais livres de oxigênio e pode ser realçado em pacientes com deficiência dietética (CENTENO et al, 2005).

A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, estabelece a concentração de 0,05 mg/L de cobalto total em águas naturais.

3.1.13 Cádmio

O cádmio é encontrado em pequena quantidade na natureza associados a minérios de zinco e também na forma de sulfetos. Encontra-se em maiores quantidades nos sedimentos rochosos. Atividades vulcânicas é a forma natural de emissão de cádmio na atmosfera. Apresenta algumas propriedades físicas e químicas muito parecidas com as do zinco, e isso explica a ocorrência dos mesmos na natureza. Na água pode ocorrer através de diversos fatores: intemperismo, erosão do solo, vazamentos de aterros e locais contaminados com o uso de fertilizantes agrícolas. O alto teor de material orgânico presente em lagoas e rios faz com que mais da metade do cádmio esteja na forma de complexos orgânicos. Alguns compostos como sulfito, carbonatos e óxidos de cádmio, são insolúveis em água, porém, pela interação com ácidos ou luz e oxigênio, podem ser transformados em sais solúveis (CHASIN; CARDOSO, 2003).

Os humanos recebem apenas uma pequena parcela do nível de cádmio por ingestão direta de água ou inalação do ar. No entanto, os fumantes estão mais expostos a este metal, pois ingerem aproximadamente o dobro de cádmio. Porém, os seres humanos contêm uma proteína rica em grupos sulfidril que se complexa com quase todo Cd^{+2} ingerido, o qual mais tarde será eliminado pela urina (BAIRD, 2002).

O cádmio é considerado tóxico para o organismo humano. Trabalhos realizados por ATSDR (2004) apontam que humanos expostos a cádmio e chumbo, demonstraram através de exames de sangue e urina, lesões renais correlacionadas a esse elemento. Também é significativa a proporção de mortes resultante de doenças cardiovasculares. Em outros estudos realizados por ATSDR (2004), demonstram que cádmio, chumbo e arsênio foram inversamente correlacionados com a função cognitiva e chumbo-alumínio e alumínio foram inversamente correlacionadas com a performance visual motora

Segundo a Portaria 518 do MS, o cádmio, se presente na água para consumo, apresenta risco para saúde humana, contudo a concentração máxima é de 0,005 mg/L. A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, estabelece a concentração de 0,001 mg/L de cádmio total em águas naturais.

3.1.14 Estrôncio

O estrôncio é um metal alcalino terroso que substitui o cálcio em minerais formadores das rochas como o plagioclásio, apatita e carbonato de cálcio. Pelo fato dos carbonatos se desintegrarem facilmente, a maioria do estrôncio dissolvido na água origina-se de sedimentos e rochas sedimentares. Desse modo, na forma dissolvida o estrôncio movimenta-se lentamente em comparação ao cálcio e mais rápido que o bário. Por isso, o estrôncio está presente em águas naturais em quantidades variáveis. No Brasil, não existe um parâmetro estabelecido para o estrôncio, pois não é um elemento considerado tóxico para os seres humanos, uma vez que o estrôncio pode substituir o cálcio nos processos biológicos em vista de sua semelhança química com o mesmo (MINEROPAR, 2001).

3.1.15 Cromo

O cromo é um metal que não é encontrado livre na natureza. Localiza-se naturalmente em rochas, plantas, solos, animais, poeiras e névoa

vulcânicas. É um elemento geralmente abundante na crosta terrestre. Na atmosfera, apresenta-se na forma particulada e é emitido através de processos de combustão, industriais incêndios florestais e erupções vulcânicas. Sob condições normais, o cromo (III) e o metal cromo são reativos na atmosfera, mas o cromo (VI) pode reagir com materiais particulados ou poluentes gasosos para formar o cromo (III). As chuvas são responsáveis pelo depósito na terra e nas águas por sedimentação. Nas águas superficiais está presente na forma de material particulado ou depositado nos sedimentos. A matéria orgânica presente na água pode reduzir o cromo (VI) a cromo (III) o qual pode ser adsorvido ao material particulado de baixa solubilidade, permanecendo em suspensão na forma coloidal precipitando-se e tornando-se parte dos sedimentos dos rios e lagos. No solo o cromo encontra-se na forma de óxido insolúvel e com baixa mobilidade, tornando-se assim dificilmente lixiviado, podendo, porém, formar complexos com a matéria orgânica. A mobilidade dessas formas depende das características de adsorção do solo como teor de argila, de matéria orgânica e de Fe_2O_3 . Normalmente, a forma de Cr (III) está presente nos solos e tem pouca mobilidade, a não ser quando existe Cr (VI) presente, pois ele é absorvido em solo argiloso e em partículas de materiais orgânicos, e pode-se mobilizar e complexar com moléculas orgânicas (SILVA, 2003).

O cromo é essencial para o metabolismo da glicose. É um nutriente essencial que potencializa a ação da insulina influenciando no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas. A quantidade no organismo é de 0,05 a 0,2 mg (OMS, 1998).

Através das vias respiratórias são introduzidos os contaminantes no nosso organismo. O cromo (VI) atravessa mais facilmente as membranas celulares do que o cromo (III). O cromo (VI) está classificado como o 16º lugar das substâncias perigosas, pois pode provocar efeitos na pele como lesões cutâneas, vias respiratórias como perfurações do septo nasal, ulcerações nas mãos e dedos, rins e até mesmo câncer pulmonar. O efeito carcinogênico pode se dar pelos radicais livres, cromo (IV) e (V) formado através da redução do cromo (VI), pois esses produtos podem interferir na estrutura do DNA causando danos estruturais e funcionais como quebra de fita, mutagênese, seqüestro de DNA polimerase, RNA polimerase e alteração na expressão gênica (SILVA, 2003).

O cromo também é um elemento químico que apresenta risco para saúde humana. Segundo a Portaria 518 do MS, a concentração máxima é de 0,05

mg/L. A RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, também estabelece esta mesma concentração de cromo em águas naturais.

3.1.16 Níquel

O níquel é um metal pesado encontrado no solo, água, ar e biosfera. A maior parte ocorre com o ferro, magnésio, minerais de rochas metamórficas e ígneas. Está presente em vários tipos de rochas e pelo intemperismo das mesmas é disponibilizado no meio ambiente. As concentrações em mananciais são geralmente valores baixos, menores que 2 µg/L. No ar, dependendo da composição do solo, é liberado a partir das plantas em crescimento e em diferentes níveis. O pH do solo afeta a solubilidade do metal na água e, conseqüentemente, a biodisponibilidade para as plantas. Embora a maior parte do metal existente seja insolúvel, como o hidróxido de níquel em pH maior que 6,7, a maioria dos compostos de níquel são solúveis em pH menor que 6,5 (WHO, 1991)

Who (1991) indica que em rios, o níquel é transportado principalmente na forma precipitada e em associação com a matéria orgânica e em lagoas predomina a forma iônica e também a associada com a matéria orgânica.

O níquel é considerado essencial e ligado ao controle do crescimento, mas pouco conhecido quanto aos seus mecanismos de ação no metabolismo normal (SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

A intoxicação ocorre por inalação acidental do composto orgânico de níquel. Os sintomas são: edema, hemorragia, congestão capilar, degeneração alveolar e inflamação. A exposição ocupacional causa alergias, rinite e sinusite, câncer das cavidades nasais e pulmão. Os efeitos genotóxicos do níquel podem levar a mutações e a troca de cromátides irmãs. Os íons de níquel se ligam com as bases nitrogenadas, que pode ser responsável pela quebra da fita de DNA. A exposição ao metal também pode causar dermatite de contato, que pode ser eczematosa ou atópica (OLIVEIRA, 2003).

A Resolução do CONAMA 357 estabelece que para os rios, a concentração máxima de níquel de 0,025 mg/L.

3.1.17 Fósforo

O fósforo é um elemento não metálico, formadores de inúmeros minerais, está presente principalmente na forma de apatita, monazitas, xenotímio e ocorre em outros tipos de rochas como os carbonatitos. Os sedimentos ricos em matéria orgânica removem o fósforo dissolvido das soluções, pode ocorrer também a precipitação através do cálcio ou magnésio. Os minérios mais importantes de fósforo contêm fosforita que são formados pela precipitação do fosfato de cálcio da água do mar junto com o material sedimentar e restos de organismos (MINEROPAR, 2005).

É constituinte dos ossos e dentes na forma de fosfato de cálcio. É essencial o processo de produção química de energia através de moléculas orgânicas do tipo ATP (trifosfato de adenosina), além de fazer parte da molécula de DNA. Participa em todas as reações químicas do organismo (CORTECCI, 2003; SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006). Porém, o fósforo elementar é considerado tóxico, pois ésteres fosfatados agredem o sistema nervoso central, contudo, fosfatos inorgânicos são poucos perigosos. A ingestão de fósforo branco por via oral em seres humanos é considerada como letal na faixa de 100 mg (MINEROPAR, 2005).

3.1.18 Sílica e Silício

O termo sílica refere-se aos compostos de dióxido de silício, SiO_2 , nas suas várias formas incluindo sílicas cristalinas, sílicas vítreas e sílicas amorfas. O dióxido de silício, SiO_2 , é o composto binário de oxigênio e silício mais comum, sendo inclusive composto dos dois elementos mais abundantes na crosta da Terra. Os principais componentes de diversos tipos de rochas são os silicatos. As exceções são rochas como calcários, dolomitas e as metamórficas, que são compostos de cálcio e carbonato de magnésio. Outras exceções incluem rochas sedimentares que contêm fosfatos e carbonatos de ferro. A repartição de silicatos e aluminossilicatos, devido ao intemperismo leva à formação de uma ampla gama de minerais de argila, que abrigam uma grande variedade de cátions além de silício

e/ou alumínio. A mica e o argilomineral com maior capacidade de suporte de substituição com cátions metálicos são geralmente aquelas que empregam ferro e magnésio em sítios intercados. Em contraste, caulinita e gibsita contém apenas alumínio e silício, respectivamente. Durante o intemperismo os minerais ferromagnesianos e alumínio são instáveis e quebram-se em formas mais hidratadas, por exemplo, os filossilicatos, óxidos e hidróxidos e resíduos de sílica (Quartzo). Durante este processo os oligoelementos presentes nas rochas são liberados, alguns são removidos em solução como o escoamento das águas subterrâneas e em outros são incorporados em novos minerais ou adsorvidos pela matéria orgânica. Certas formas de sílica, tais como cristobalita e tridimita, ocorrem em lava vulcânica e podem formar-se quando a sílica amorfa ou quartzo é aquecido a altas temperaturas (GARRETT, 2005).

A inalação de partículas finas de sílica, incluindo o quartzo, é uma causa de ambas as reações inflamatórias agudas e crônicas nos tecidos do pulmão. Se grande quantidade de sílica é inalada durante um curto período, a exposição pode resultar no aparecimento de células inflamatórias. Se a exposição à sílica é prolongada, as partículas podem provocar uma reação inflamatória crônica que se repete até que o tecido pulmonar mostre sinais de fibrose (reparação de tecidos com fibras de colágeno). Em fase crônica da silicose, há formação de nódulos pulmonares, que são massas das fibras de colágeno concêntricas com uma borda de poeira de silicone e glóbulos brancos, contendo preso partículas de sílica (GARRETT, 2005).

O silício é um não metal que apresenta um efeito controlador do comportamento geoquímico da maioria dos elementos. A crosta terrestre é composta por silicatos que agregam os metais em estruturas aluminossilicáticas. O silício não é encontrado livre na natureza, ocorre principalmente como óxidos na forma de quartzo, ágata, jaspe, opala e outros silicatos como os hornblendas, asbestos, feldspatos, micas e argilominerais. É o mineral mais resistente nos solos e ocorre também na forma criptocristalina, a opala. A unidade estrutural fundamental de todos os minerais silicáticos é o tetraedro (SiO_4). Em certas condições, pode ser dissolvido e transportado principalmente em fases coloidais. A concentração de silício em soluções de solos e em águas de drenagem é altamente dependente do solo e de muitos fatores climáticos. O pH tem um forte efeito nas concentrações de

Si em solução, contudo a mobilidade do elemento não depende somente do valor de pH (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005).

O silício é essencial e ligado ao processo de crescimento ósseo. Entretanto os fatores que governam a disponibilidade biológica do silício ainda não foram corretamente definidos (SILVA, FIGUEIREDO; CAPTANI, 2006).

3.2 GEOINDICADORES

Os geoindicadores são ferramentas importantes utilizadas para avaliar, identificar e mensurar as mudanças decorrentes no sistema terrestre, com objetivo de conhecer processos geológicos significantes na superfície planetária em: magnitude, freqüência, tendências, taxas, em períodos de 100 anos ou mais. Estes indicadores medem eventos dentro de um período de vida humano e podem fornecer registros de causas naturais por período de tempo. A partir disso, diferentes metodologias de investigação, monitoramento e análises ambientais, com o intuito de verificar se estas mudanças são decorrentes de atividades humanas, podem ser utilizadas.

A União Internacional de Ciências Geológicas (IUGS), grupo que criou tais indicadores, desenvolveu técnicas padronizadas usadas em diversas áreas das Ciências da Terra. Porém, em alguns casos, é impossível diferenciar quais indicadores produzem mudanças em sistemas inorgânicos. Isso ocorre porque o enfoque é dado para as análises de componentes abióticos dos ecossistemas e formas terrestres. No entanto, há diversos indicadores ligados a determinados sistemas biológicos, tanto no tempo como no espaço, o que gera dúvidas (IUGS, 2008). Estes indicadores são divididos em 27 grupos com temas que abordam diversos aspectos do ambiente. O utilizado neste trabalho será: Qualidade das águas superficiais.

3.2.1 Qualidade das Águas Superficiais

Diversas atividades humanas são responsáveis por afetar a qualidade das águas superficiais, tais como: atividades agrícolas, urbanas e industriais. Com base nisso, este indicador possui metodologias para analisar e monitorar a qualidade das águas superficiais (rios, lagos, córregos, etc). Entretanto, a qualidade destas águas varia em função de diversos processos geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos. Diversos parâmetros químicos, físicos e biológicos são importantes para o monitoramento das águas. A seleção de tais variáveis dependerá do objetivo e da disponibilidade do monitoramento.

A Resolução do CONAMA, 357 de 2005 estabelece padrões de qualidade aos corpos de água usados diretamente ou indiretamente pelos humanos, com vistas à saúde dos seres humanos e à qualidade do ecossistema. Os parâmetros sugeridos são os químicos (inorgânicos e orgânicos), físicos e microbiológicos.

Neste trabalho serão analisados alguns parâmetros físicos e químicos que são fatores importantes para a qualidade das águas superficiais. São eles:

3.2.1.1 Temperatura da água

A água possui diversas propriedades térmicas características que combinadas minimizam as variações de temperatura, assim as trocas de calor ocorrem mais lentamente na água do que no ar. Isso ocorre devido a menor amplitude térmica. A temperatura da água é um fator importante de análise em águas naturais, pois na maioria dos casos, os organismos aquáticos tem pequenas tolerâncias as suas oscilações, por outro lado, as mudanças de temperatura produzem padrões específicos de circulação e estratificação e isso influencia na vida aquáticas (ODUM, 2004).

A temperatura da água e a pluviosidade também contribuem para a sazonalidade dos fatores ecológicos dos ambientes aquáticos da planície de inundação do alto rio Paraná (VAZZOLER; LIZAMA; INADA, 1997).

As substâncias das águas também são influenciadas pela variação de temperatura. Barreto (2001) estudou os parâmetros físico-químicos da lagoa do Ipê no alto rio Paraná no período de jun/1999 a jun/2000. Constatou que naquele local a temperatura da água relaciona-se positivamente com o pH e alcalinidade, e negativamente com a concentração de sulfato total dissolvido, indicando que para o sistema S-SO₄⁻² a variação de temperatura e potencial redox foram fatores importantes no processo de oxiredução entre estas espécies.

3.2.1.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

pH é a expressão numérica da quantidade de íons H⁺ e OH⁻ de um sistema aquoso e estes são inversamente proporcionais, ou seja, maior quantidade de íons H⁺, menor de OH⁻ e o meio é ácido, maior quantidade de íons OH⁻, menor de H⁺ e o meio é alcalino. Sendo assim, para saber se o meio é ácido ou básico, utiliza-se a escala de pH que varia de 0 a 14, levando-se em conta a quantidade de íons H⁺ presentes no meio.

Muitos elementos metálicos são solúveis em condições ácidas e em condições alcalinas se precipitam como hidróxidos ou sais básicos. Este valor de pH que precipita os elementos é denominado pH de hidrólise. Este é importante na mobilidade dos elementos, pois o pH de hidrólise apresenta um valor acima do qual o elemento não é mais encontrado como forma móvel, precipitando como hidróxidos ou carbonatos. Sendo assim, o pH é um fator importante na mobilidade dos elementos em solução, pois explica os mecanismos de acumulação de elementos traço em sedimentos de drenagem e porque alguns elementos são mais lentos em ambientes alcalinos em comparação com os ambientes ácidos (LICHT, 1998).

3.2.1.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica está relacionada com a capacidade da água em transmitir corrente elétrica. É determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, carregadas eletricamente. Pode variar de acordo com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas e com a temperatura.

Este parâmetro de análise é importante porque pode contribuir para reconhecimentos de possíveis impactos ambientais, visto que a probabilidade de maior poluição está relacionada com a maior carga de íons presentes no ambiente (MINEROPAR, 2001).

3.2.1.4 Metais pesados

Os metais pesados são um dos principais parâmetros de avaliação para o controle de qualidade das águas. As concentrações dos elementos no ambiente variam de acordo com o grau de poluição. O local pode ser não poluído como pode chegar a níveis que são perigosos a saúde humana (BRANCO, 1999).

A qualidade da biota aquática depende dos íons metálicos livres presentes, sendo assim os elementos biodisponíveis em águas e sedimentos são importantes, pois em baixas concentrações alguns elementos podem atuar como micronutrientes, outros podem bioacumular-se em organismos aquáticos e também produzir efeitos maléficos para o homem (NOGAMI; NOZAKI, 2001).

3.3 CONTRIBUIÇÕES DA GEOLOGIA MÉDICA E GEOGRAFIA DA SAÚDE

A Geologia Médica é definida como a “ciência que estuda a influência de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais e a ciência que visa entender a influência de

fatores ambientais ordinários na distribuição geográfica de tais problemas de saúde” (SELINUS, 2006).

A Geografia da Saúde surgiu através de debates para identificar a direção da Geografia, que surgiu no passado e foi qualificada “como uma antiga perspectiva e uma nova especialização” que se ocupa com a aplicação do conhecimento em saúde e na perspectiva de prevenção de enfermidades (ROJAS, 1998).

A união proporcionada pela Saúde Coletiva entre pesquisadores de outras áreas como médicos, geógrafos, geólogos, odontólogos, veterinários e biólogos foi importante para a integração e desenvolvimento de pesquisas que possam reduzir as ameaças ambientais para a saúde dos humanos e animais. A contribuição interdisciplinar é essencial, pois as “questões associadas à saúde geralmente se referem a seres humanos e outras criaturas vivas, ao passo que o foco da geologia é sobre o inanimado e o passado distante”. Assim, a combinação dos conhecimentos das ciências da terra com aqueles da medicina e das ciências da vida, faz com que sejam desenvolvidas diversas oportunidades, aplicações e possibilidades para a solução de questões relacionadas à saúde. Essa combinação pode auxiliar nas estratégias de abordagem, definição e localização de fontes de água que são realmente potáveis e no desenvolvimento de soluções econômicas baseadas em princípios geológicos/ geográficos que podem ajudar a minimizar e principalmente prevenir doenças. Assim, é preciso ter em vista que o ar que respiramos, a água que bebemos e os nutrientes que consumimos dependem do ambiente geológico/ geográfico, este que somente de forma parcial pode ser controlado (SILVA; et al., 2006). Portanto, é necessário entender a natureza e a grandeza das fontes geológicas/geográficas para desenvolver pesquisas e, desse modo, poder avaliar o risco que os elementos químicos causam no meio ambiente (SELINUS, 2006).

A Geografia é uma ciência que estuda o meio ambiente e seus componentes naturais ou antrópicos e a relação entre eles. A ciência geográfica e a ciência da Saúde se associam principalmente quando o estudo da saúde do organismo humano pretende expor as interações ou interferências com o meio ambiente (CARVALHO; ZEQUIM; IWAKURA, 2003). A Geografia contribui fortemente não apenas no conhecimento de ambientes sociais, econômicos, culturais e outros, mas também para o conhecimento dos processos de saúde e

doenças, direcionando alternativas ao combate de diversos problemas que atingem a humanidade (SOUZA; SANT'ANNA NETO, 2008). Desse modo, a Geografia tem muito a oferecer em estudos relacionados à saúde e ao meio ambiente. Pires (2008) destaca que a Geografia da Saúde no Brasil, além de buscar entender as relações entre ambiente e saúde, atua no processo de gestão dos sistemas de saúde. Assim, é possível determinar padrões da situação de saúde de uma área, constatar as disparidades espaciais e delimitar áreas de risco. Através do mapeamento de acidentes de trabalho, indicadores básicos de saúde, mortalidade, as doenças podem ser analisadas, de modo a proporcionar o planejamento e a programação de atividades de prevenção e controle segundo determinado risco (ARAÚJO, 2006).

4 CONTEXTO GEOGRÁFICO E DO MEIO FÍSICO

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA INVESTIGADA

A cidade de Porto Rico está situada no alto rio Paraná, noroeste do Estado do Paraná limitando-se a oeste com o Estado do Mato Grosso do Sul (MS) e ao norte com o Estado de São Paulo (SP), conforme mostra a figura 02. As coordenadas geográficas são: 22º 46' 17" S e 53º 16' 12" W , limitando-se com as cidades de Loanda, São Pedro do Paraná, Santa Cruz de Monte Castelo, Querência do Norte e da outra margem do rio Paraná, com o município de Bataiporã, no Estado do Mato Grosso do Sul. O complexo fluvial situa-se entre a foz do rio Parapanema e a foz do rio Ivinheima, sendo a parte central constituída pelo rio Baía na bacia hidrográfica do alto rio Paraná.

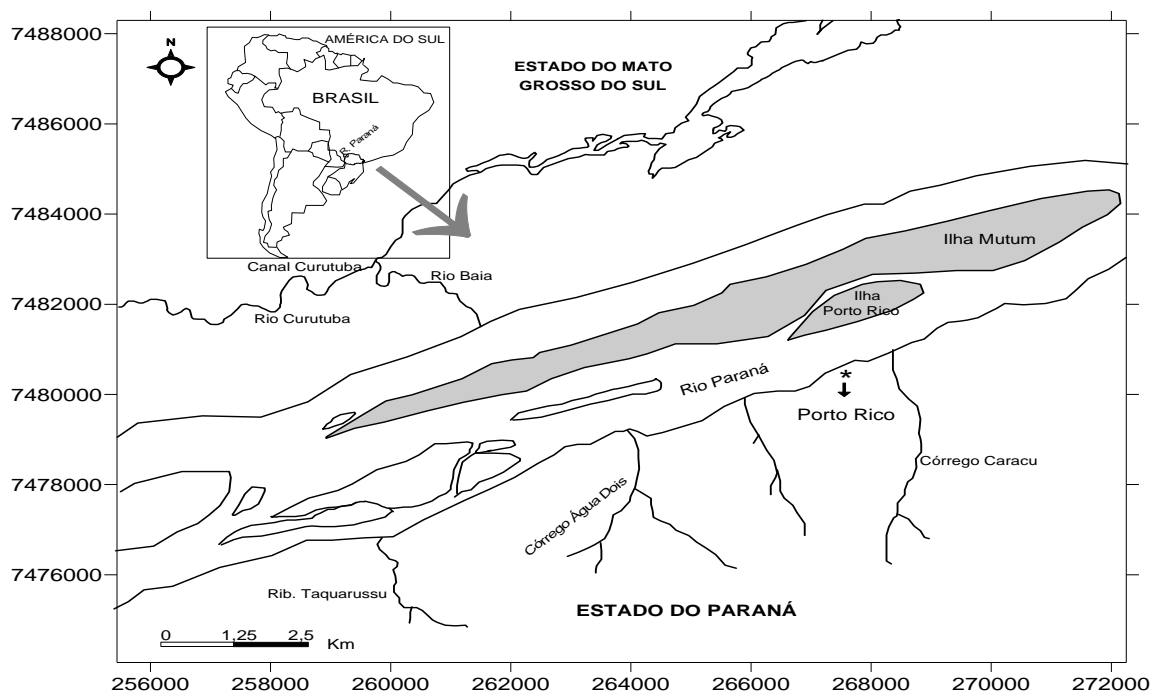


Figura 02– Localização da cidade de Porto Rico e das ilhas Mutum e Porto Rico, divisa com os Estados: Paraná e Mato Grosso do Sul.

O rio Paraná é o principal rio da bacia do Prata, é o décimo maior do mundo em descarga de água e é responsável pela drenagem de todo o centro-sul da América do Sul, desde as encostas dos Andes até a Serra do Mar, próximo a costa atlântica (AGOSTINHO et al, 2004). Este rio demarca as divisas dos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo e serve também como marco divisório entre o Brasil e a República do Paraguai. No rio Paraná, ao sul do rio Paranapanema, ocorre um complexo arquipélago fluvial a jusante que subdivide o canal em dois braços principais e canais de menor ordem, acompanhados por amplos campos de inundação (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

A bacia do rio Paraná alcança aproximadamente 10% do território nacional, drenando uma área de 891.000 Km², tem acentuado gradiente que o caracteriza como um potencial recurso hidroenergético, havendo barragens de diversas hidrelétricas que inserem características específicas para esse meio. O trecho não represado apresenta um amplo canal com declividade reduzida. Possui uma extensa planície aluvial com grande acúmulo de sedimentos dando origem a pequenas ilhas, assim como possui uma planície alagável mais restrita e com grandes ilhas (AGOSTINHO, 1996).

A área de estudo abrange o alto rio Paraná, à jusante da barragem de Porto Primavera e à montante do reservatório de Itaipu. Nesta região localizam-se as ilhas Mutum e Porto Rico (figura 02). A ilha Mutum apresenta aproximadamente 14 km de extensão longitudinal e a ilha Porto Rico apresenta aproximadamente 2,5 km de extensão. As superfícies das ilhas localizam-se entre dois e cinco metros acima do nível médio do rio, sendo que são inundadas na ocorrência de grandes períodos de cheias (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

4.2 ASPECTOS REGIONAIS

4.2.1 Geologia

A formação geológica predominante do noroeste paranaense, sudoeste paulista e do sudeste do Mato Grosso do Sul é a Formação Caiuá, do Grupo Bauru.

Atualmente Fernandes (1998). divide a bacia Bauru em dois grupos: o Grupo Caiuá e o Grupo Bauru. O Grupo Bauru engloba as formações: Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília incluindo Taiúva. O Grupo Caiuá desenvolveu-se na parte sudoeste da bacia Bauru, com características desérticas, ou seja, apresenta uma extensa área arenosa, cerca de 100.000 Km² com clima predominantemente quente e seco. Este grupo é subdividido em três formações: Santo Anastácio, Goio-Erê e Rio Paraná (figura 03). Os sedimentos arenosos desta região incluem depósitos de lençóis de areia seca (Formação Santo Anastácio); depósitos de dunas de tamanho médio e interdunas úmidas na zona periférica do deserto arenoso (Formação Goio Erê) e depósitos de complexo de grandes dunas eólicas correspondendo a parte central do deserto arenoso (Formação Rio Paraná), figura 03. A Formação Santo Anastácio (figura 04)

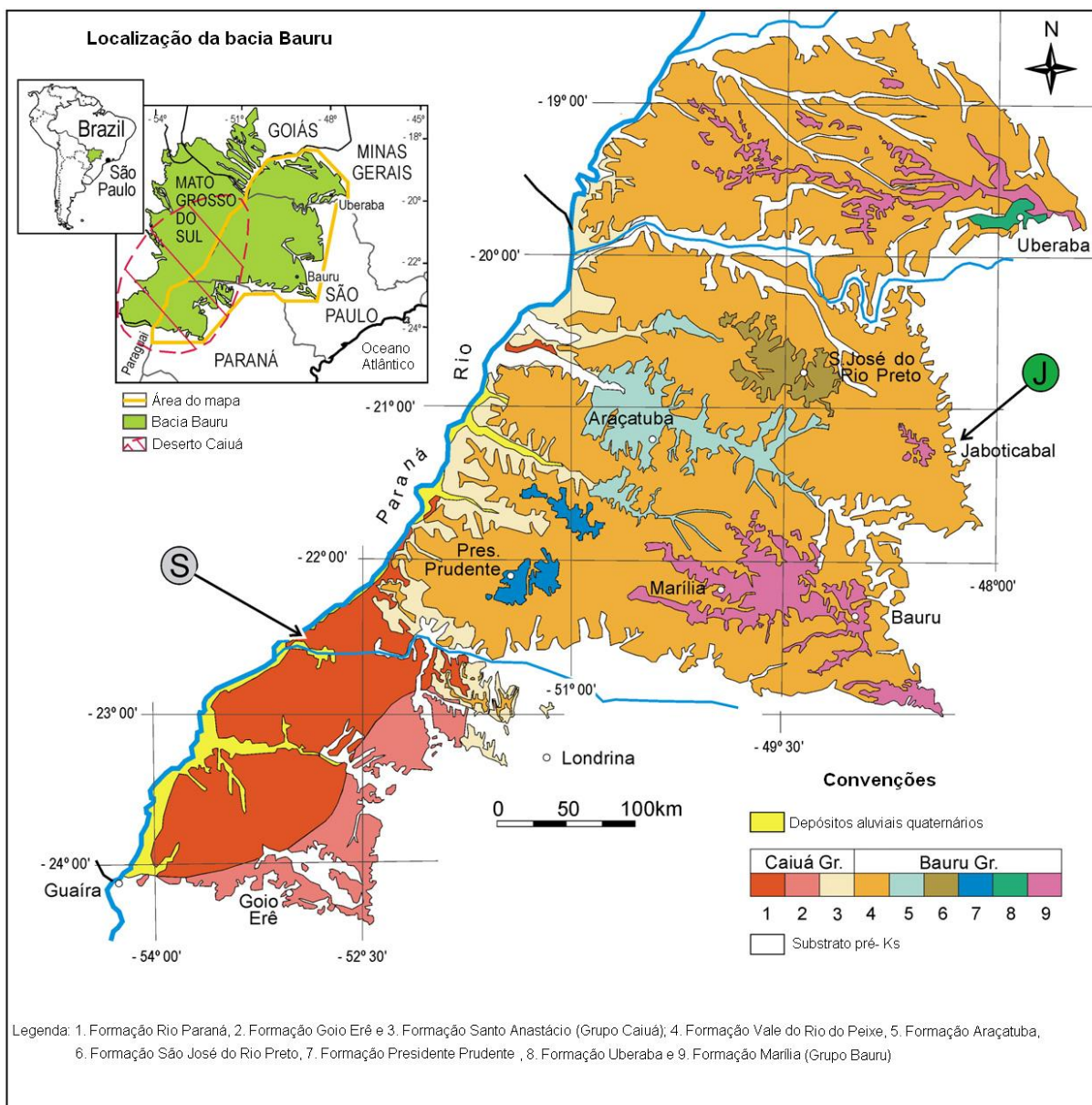
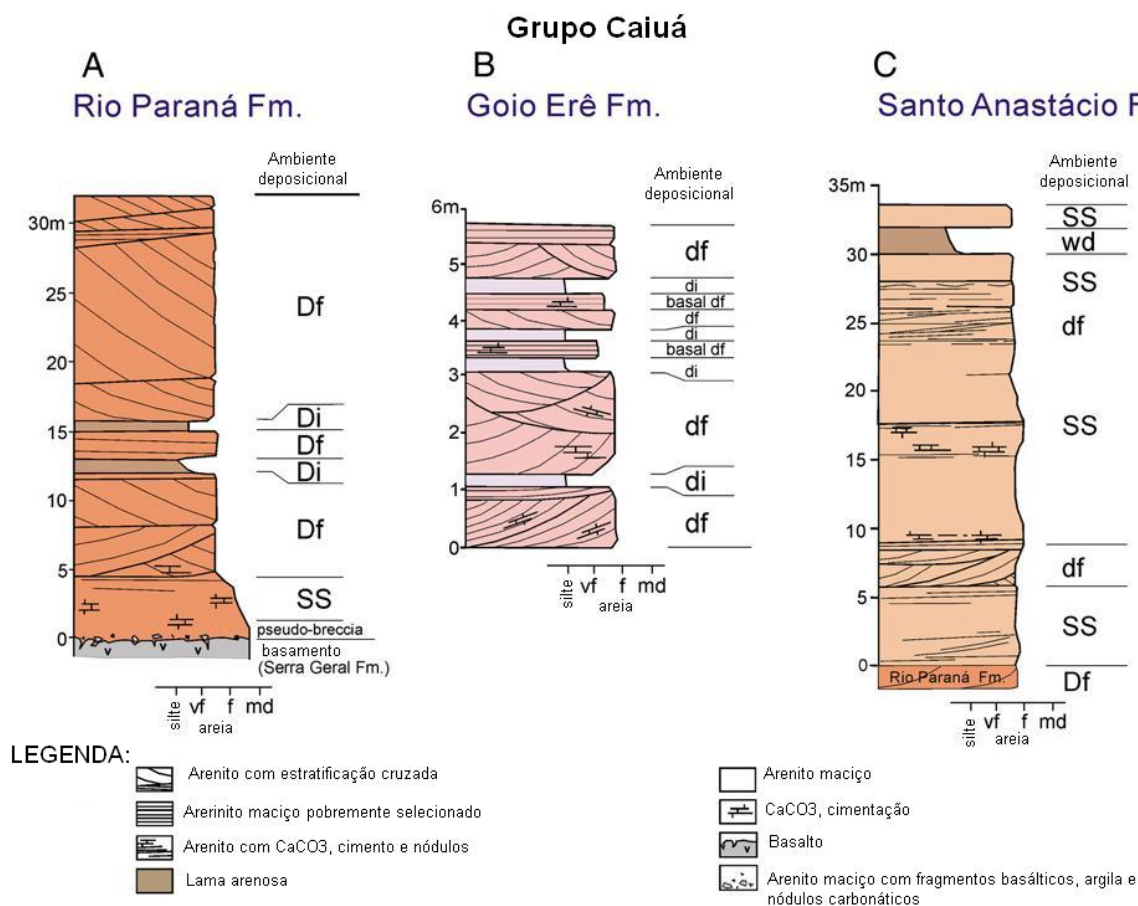


Figura 03– Mapa Geológico da parte oriental da Bacia Bauru, que inclui o Grupo Caiuá onde se destaca a Formação Rio Paraná.

Fonte: Fernandes, Castro; Basili, 2007.

é constituída por arenitos marrom-arroxeados claro com granulometria muito fina e fração síltica subordinada. Os arenitos apresentam a estratificação plano-paralela ou cruzada de baixa inclinação e mal definidas. A Formação Goio-Erê (figura 04) é constituída por arenitos de baixa maturidade, além de possuírem espessura média e estratificação cruzada de médio porte. A unidade Rio Paraná (figura 04) é constituída por arenitos quartzosos finos que apresentam uma coloração marrom-avermelhada para arroxeadada, com característica de estratificação cruzada de médio a grande porte; diferem entre si pelo tipo e

geometria das litofáceis eólicas e pela disposição geográfica na bacia. Em geral, os arenitos apresentam laminação formada pela alternância de estratos de espessuras finas e de boa seleção interna (FERNANDES, 1998; FERNANDES et al., 2007).



DF, df= frentes de dunas (foresets); DI, di= interdunas; SS= depósitos de areias em camadas; wd= wadi

Figura 04 – Grupo Caiuá: A) Formação Rio Paraná; B) Formação Goio Erê; C) Formação Santo Anastácio.

Fonte: Fernandes; Castro; Basilici, 2007.

Na região de Porto Rico, na margem esquerda do rio Paraná, encontra-se a Formação Rio Paraná, conforme destaca FERNANDES et al., (2007).

Segundo Souza Filho e Stevaux (1997), o substrato geológico do alto curso do rio Paraná é constituído por basaltos da Formação Serra Geral e arenitos do Grupo Bauru, como mencionado por Fernandes et al (2007). Contudo, estes são recobertos por terraços quaternários trabalhados pela dinâmica fluvial do rio Paraná (figura 05). Tratam-se de cinco unidades geológicas desses terraços que ocorrem em quatro faixas distintas, ou seja, na planície de inundação, terraço baixo,

médio e alto, cada uma em um nível altimétrico. Os referidos terraços tratam-se de grupos de estruturas sedimentares que estão assentados sobre a Formação Rio Paraná. O primeiro terraço assentado sobre esta formação geológica é chamado de Rio Ivinheima e sua faixa de abrangência é a planície de inundação. Ocorre em uma grande faixa, principalmente a margem direita do rio Paraná, possui vários quilômetros de largura e sustenta diversas extensões de ilhas que dividem seu canal. É constituída por cinco associações faciológicas distintas do tipo sedimentar, definidas através de perfis geológicos. O próximo terraço é denominado Córrego do Baile e corresponde ao terraço baixo. Sua ocorrência é generalizada junto à ruptura de declive entre os terraços baixo e médio, principalmente nos locais em que há cursos d'água. Esta associação apresenta forma em cunha do corte transversal, e

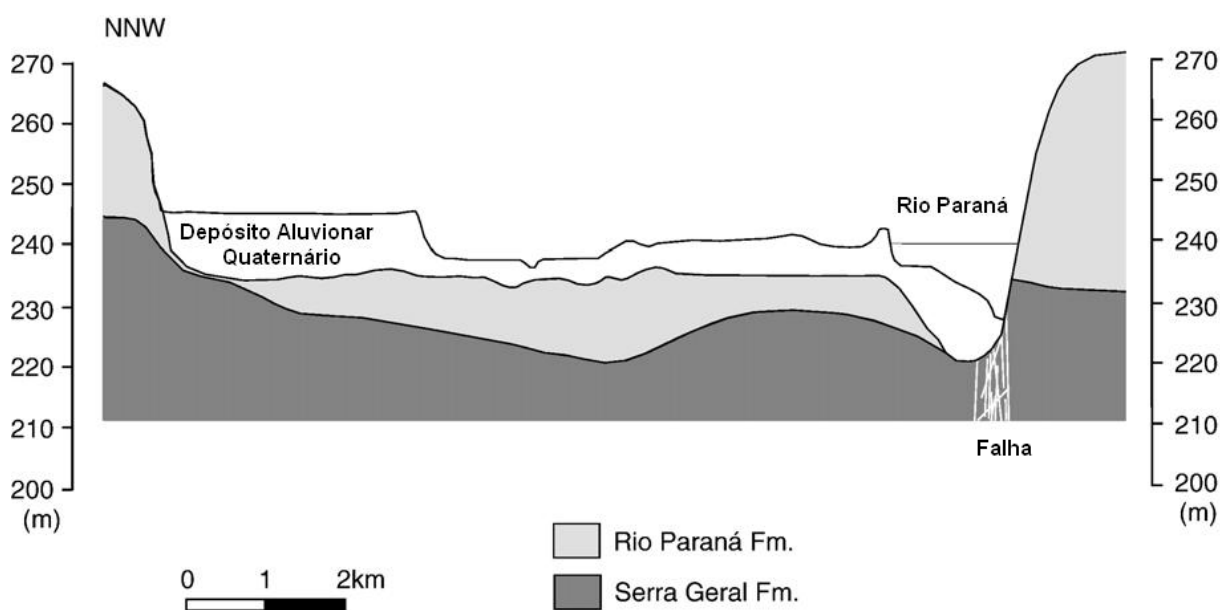


Figura 05 – Limite basal da Formação Rio Paraná em contato com o basalto subjacente.
Fonte: Maranesi et al, 1983 *appud* Fernandes, Castro; Basilici, 2007.

e uma sucessão de superfícies ligeiramente convexas em corte longitudinal. Apresenta até 4 m de areia fina a média, maciça, branca ou amarelada, com níveis de seixos com distribuição caótica, nas partes próximas ao declive que dá início ao terraço médio. Sobre este terraço encontra-se a Unidade Porto Peroba que ocupa os níveis médios da calha fluvial, ocorrem em altitudes que variam de 235m a 245m, assentadas sobre a Formação Rio Paraná. Compreende os

depósitos atribuídos ao terraço aluvial ou terraço fluvial. Os sedimentos desse depósito formam uma associação faciológica única com espessura de até 4m. A estratificação cruzada tabular com areia fina é a litologia mais comum, a qual se encontra intercalada com lentes de areia grossa a média e estratificação cruzada acanalada e corpos acanalados de argila arenosa maciça de cores cinza, amarelo e vermelha. Por fim, há dois tipos de terraço alto, um dentro da calha fluvial e outro fora da calha fluvial. O terraço que encontra-se dentro da calha fluvial é a Unidade Taquaruçú que possui sedimentos no nível rebaixado da zona de acumulação torrencial. Os depósitos também situam-se assentados sobre a Formação Rio Paraná com espessura máxima de 15m e pode ser dividido em três associações faciológicas: inferior, média e superior. A Unidade Taquaruçú ocorre em níveis entre 240 e 260m, na região do rio Ivinheima, 230 a 240m nas proximidades dos rios Ivaí e Amambaí. O terraço que ocupa a posição mais alta fora da calha fluvial é chamado de Unidade Nova Andradina. Os sedimentos pertencentes a esse terraço ocorrem em níveis mais elevados, entre 250 a 300m de altitude, possuem espessura superior a 15m e estão assentados sobre a Formação Rio Paraná, área designada por Stevaux e Souza Filho (1993) como Unidade Geomorfológica Porto Rico. Esses depósitos possuem duas associações faciológicas: inferior, onde encontra-se níveis seixosos e areia, e superior, onde observa-se areia maciça (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2000).

4.2.2 Geomorfologia

Segundo Souza Filho e Stevaux (2000), o relevo da região possui diferentes níveis topográficos, distintos entre si, apresentando maior variabilidade em secções transversais. As partes altas encontram-se 4m acima da média da planície e o fundo dos canais até 6m abaixo. Apresentam também, um relevo acidentado na parte leste e sudeste devido a rochas cristalinas, sendo que nas outras áreas formas tabular onduladas com inclinação suave em direção ao rio Paraná são dominantes. Na margem esquerda são encontradas colinas de topos convexos que descem de 500m de altitude para 250m. Os afluentes são pequenos, com declividade alta (10m/Km). A margem do rio apresenta paredões com rochas

expostas. A calha fluvial mantém a assimetria observada nas vertentes, pois a planície fluvial do rio Paraná ocupa a porção à direita do canal principal. Os afluentes são longos e com menor declividade (2 a 3 m/Km). A altitude do patamar mais elevado encontra-se entre 450 e 300m com uma distância de 15 a 25 Km do rio. Os demais patamares correspondem às unidades Nova Andradina (terraço alto), Taquaruçu (terraço médio), Fazenda Boa Vista (terraço baixo) e Rio Paraná (planície fluvial). A área alta possui topografia plana com ocorrência de lagoas circulares, espaçadas e amplas. Os sedimentos do seu leito foram “depositados por um rio entrelaçado seixoso e cobertos por areia de origem pedimentar com coloração vermelha”. A parte média possui topografia marcada por alta densidade de lagoas, veredas e ocasionais leques aluviais. Os depósitos da sua parte basal são seixos arenosos, ricos em calcedônia e ágata. A parte baixa é composta por diques marginais em forma de leques. O processo de formação desses leques aluviais indica o início do processo de afundamento do seu leito. A planície fluvial apresenta altitude entre 237 e 240 m nas partes altas, e 231 e 235 m nas partes baixas. Sua principal área de ocorrência é a margem direita, onde ocupa uma faixa que varia entre três e sete quilômetros de largura. A superfície é plana, nas partes altas encontra-se vegetação e nas partes mais baixas encontram-se corpos de água (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004).

Atualmente, pesquisas desenvolvidas por Oka-Fiori (2006) mostram que:

...os depósitos posteriores aos derrames de lava pertencentes ao Cretáceo e Terciário indicam, que a evolução estrutural não foi interrompida. Refletem o gradual soerguimento da região costeira, no sudeste do Brasil, além de movimentações verticais ao longo de elementos tectônicos de direção NW (zonas de falha Curitiba-Maringá e Guapiara) e EW (lineamento de São Sebastião). Houve uma subsidência da parte da bacia localizada a norte da zona de falha Curitiba-Maringá, em relação à porção meridional, tendo sido ali acumulada, praticamente, a totalidade dos sedimentos do Grupo Bauru durante o Cretáceo. A geometria da distribuição do Grupo Bauru, com suas formações Caiuá, Santo Anastásio e Adamantina, é fortemente afetada pela zona de falha de Guapiara, em São Paulo, e pelo lineamento de São Sebastião, no Paraná. Sobre esta grande unidade morfoestrutural, no território paranaense, pode-se distinguir duas subunidades morfoesculturais: a Zona de Denudação Periférica e a Zona de Capeamento Basáltico-Arenítico. A Zona de Denudação Periférica tem seus limites entre a escarpa Devoniana, a leste, onde as altitudes médias de cimeira estão entre 1100 a 1200m e, a oeste, com a escarpa arenito-basáltica (Serra Geral ou da Esperança) onde, em suas proximidades, as altitudes variam entre 350 e 560 metros

s.n.m. A Zona de Capeamento Arenito-Basáltico corresponde ao grande derrame mesozóico de rochas eruptivas básicas que, no território paranaense, apresenta-se como o Terceiro Planalto Paranaense, ou Planalto Arenito-Basáltico e abrange cerca de 2/3 do território paranaense. Esta unidade desenvolve-se como um conjunto de relevos planálticos, com inclinação geral para oeste-noroeste e subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná, atingindo altitudes médias de cimeira de 1100 a 1250m, na Serra da Esperança, declinando para altitudes entre 220 e 300 metros na calha do rio Paraná⁴

A área investigada encontra-se na sub-unidade morfoescultural denominada Planalto de Paranavaí, situada no Terceiro Planalto Paranaense, ocupa uma área de 1.383,27 km² e apresenta dissecação baixa. Em uma área de 907,92 km² a declividade predominante é menor que 6%. O relevo apresenta um gradiente de 240 metros com altitudes variando entre 260 e 500 m em relação ao nível do mar. As formas predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto (OKA-FIORI, 2006).

4.2.3 Solos

Na planície do alto rio Paraná principalmente na vertente esquerda e ilhas, encontra-se solos do tipo Argissolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos (BHERING; SANTOS, 2006).

Nas partes mais baixas, ou seja, inferior às vertentes (áreas com lagoas), ocorre os solos do tipo argissolo vermelho. De acordo com o sistema brasileiro de classificação dos solos da EMBRAPA (2005), os referidos argissolos vermelhos são solos constituídos com alto teor de argila, são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas. A textura varia de arenosa a argilosa. Possuem material mineral com atividade baixa de argila.

Os latossolos vermelhos apresentam saturação por base baixa e alta, teores de óxidos de ferro (entre 18 a 36%). Apresentam variação de drenagem - fortemente a bem drenados, drenagem moderada ou imperfeitamente drenados. São solos profundos com espessura inferior a 1m. A fertilidade é média, pedregosidade é

⁴ OKA-FIORI, Chisato. Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná, 2006. Pág.18.

<1%, apresentam risco de inundação de 3 a 5% e erosão laminar ligeira (EMBRAPA, 2005).

Nas áreas de baixadas, fundos de vale e nas ilhas, predominam os neossolos flúvicos. Ocorrem também ao longo das cabeceiras de vertentes, acompanhando os canais de drenagem. Segundo Bhering e Santos (2006) as ilhas Mutum e Porto Rico também possuem solos do tipo neossolos flúvicos distróficos. São solos derivados de sedimentos aluviais constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si. Apresentam distribuição irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, dentro de 150cm da superfície do solo; e/ou camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo, dentro de 150cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2005).

Estudos realizados na planície de inundação por Amaral, et al., 2005 indicam que na vertente direita mormente, nos diques marginais encontra-se solos do tipo Cambissolo com horizonte A moderado, silto-argiloso álico, na planície, Gleissolo pouco úmido com horizonte A moderado, silto-argiloso álico e eutrófico e no dique marginal próximo ao terraço encontra-se Gleissolo húmico com horizonte A moderado, eutrófico. A classe dos Gleissolos tem uma série de limitações ao uso devido ao risco de inundação ou freqüentes alagamentos.

De acordo com o sistema brasileiro de classificação dos solos da EMBRAPA (2005), os referidos cambissolos são classes que comportam desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou Bruno - amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal. Alguns solos desta classe possuem características morfológicas similares às dos solos da classe dos Latossolos, mas distinguem-se destes por apresentar uma ou mais características não compatíveis com solos muito evoluídos. Contudo, os Gleissolos são permanente ou periodicamente saturados por água. A água de saturação ou permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície do mesmo. São solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais, as cores variam de cinzentas até pretas, espessura normalmente entre 10 e 50 cm e teores médios a altos de carbono orgânico.

4.2.4 Caracterização Hidroclimática

4.2.4.1 Clima

Segundo Ayoade (1991), o clima refere-se às características da atmosfera a partir de conclusões feitas por observações contínuas por um longo período de tempo que abrange muitos dados como considerações dos desvios em relação às médias, condições extremas e as possíveis ocorrências de determinada condição do tempo. O processo de circulação atmosférica geral determina os tipos de clima do planeta. Os movimentos de ar sobre a superfície do planeta são divididos em movimento vertical e horizontal.

O movimento horizontal do ar próximo a superfície terrestre é controlada pelos seguintes fatores:

- Força do gradiente de pressão: é a força motivadora para a movimentação do ar em áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão;

- Força de Coriolis: é uma força que se deve à rotação da Terra que causa um aparente desvio dos objetos, inclusive o ar, para a direita de sua movimentação no hemisfério Norte e para esquerda, no hemisfério Sul;

- Aceleração centrípeta: é a aceleração em direção ao centro de rotação de um corpo durante o movimento de uma trajetória curva ou força centrífuga;

- Força de fricção: é uma força que ajuda a controlar a velocidade e a direção do movimento aéreo horizontal. Atua contra o vento e reduz sua velocidade.

Os movimentos verticais são divididos em larga escala e pequena escala. Em larga escala ocorre em grandes áreas de vários quilômetros quadrados. Em pequena escala ocorre em pequenas áreas, em poucas centenas de quilômetros quadrados.

Os sistemas de circulação acompanhados por padrões e tipos característicos de tempo são os sistemas produtores de tempo. Os sistemas mais importantes são os ciclones e anticiclones.

O ciclone pode ser extratropical (depressão), tropical e tufões. A maior parte das depressões são de origem frontal que se desenvolveram onde massas de ar⁵ de diferentes propriedades existem para estimular a formação de frentes⁶. Frente quente é a zona onde há uma passagem rápida do ar quente menos denso sobre o ar frio mais denso. A frente fria é a zona onde ocorre uma elevação do ar frio sobre o ar quente. Na frente quente a massa de ar quente substitui o ar frio, deixando as temperaturas mais altas. Na frente fria predomina o ar frio, diminuindo as temperaturas. As frentes são responsáveis pelos sistemas atmosféricos atuantes no planeta.

As massas de ar se originam em locais onde ocorre condições para o desenvolvimento de corpos de ar uniformes e horizontais. Algumas fontes produtoras de massas de ar são importantes como as planícies árticas, da América do Norte, Europa e Ásia, oceanos tropicais e subtropicais, deserto do Saara e dentro dos continentes da Ásia, Europa e América do Norte. Sendo assim, as massas de ar são importantes porque influenciam diretamente a área que predomina. O conteúdo de umidade na massa de ar determinará a capacidade dessa massa produzir precipitação.

Pode-se compreender o processo de geração do clima do Paraná através de mecanismos da circulação atmosférica na América do Sul, que são orientadas pelo relevo e produzem três grandes correntes de perturbação ou de grandes descontinuidades que atravessam a região. A massa tropical atlântica, pela ação do anticiclone oceânico, tem ação importante no decorrer do ano todo.

Este anticiclone produz oscilações latitudinais e longitudinais que percorre a região em correntes de leste e, mais comumente, de nordeste. O centro de baixa pressão do Chaco associado as ondulações da frente polar, através do corredor de planícies interiores, em correntes do noroeste, atraem as massas de ar equatorial e tropical continental atuantes na região. A primeira massa de ar é responsável pelo aquecimento da região. Durante o verão, é seguida da penetração da segunda massa de ar que produz o aumento da umidade e pluviosidade, além do calor. O avanço da massa polar atlântica quer pelas modificações de propriedades

⁵ AYOADE, J.O. Introdução à climatologia para trópicos, 1991, p.99: "Grande corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical quanto polar".

⁶ *Idem*. "Frentes são zonas limites que separam massas de ar de propriedades diferentes".

que se produzem na sua trajetória, quer especialmente pelos mecanismos de desenvolvimento frontal que interagem com as massas intertropicais, conferem às correntes do sul o caráter de mais importante descontinuidade que atravessa, não só a Região Sul, mas inclusive o território brasileiro (MONTEIRO, 1968 apud BALDO, 2006).

“Outros mecanismos que influenciam na formação da pluviosidade são os complexos convectivos de meso escalas e a formação de ciclones extratropicais” (BALDO, 2006).

Maack (1968) observou que as estações refletem a posição do sol e o ângulo de incidência da irradiação solar, segundo o ritmo das épocas do ano. A altitude e latitude nem sempre são responsáveis pela temperatura média anual. Topografia, nuvens, ventos, distribuição das precipitações determinam o grau de temperatura dentro das diversas estações. Quatro fatores principais determinam o clima da região do Paraná:

- 1) A oscilação ou migração rítmica das massas de ar da zona atlântica equatorial e tropical de baixa pressão no semestre de outubro a março orientado para o sul;
- 2) No semestre de abril a setembro, a orientação dos anticiclones do Atlântico Sul para o norte provoca infiltração de massas de ar frio da frente polar;
- 3) O alísio SE segundo sua força e desvio, a extensão da região atlântica tropical de baixa pressão em direção ao sul ou o avanço dos anticiclones no Atlântico Sul, com infiltração de massas de ar frio da frente polar em direção ao norte;
- 4) A ação da corrente marítima quente do Brasil, que influencia grandemente as temperaturas da costa leste da América do Sul, fazendo avançar o caráter climático tropical quente e úmido para muito além dos 26º de latitude sul. O elevado grau de saturação da umidade do ar.⁷

4.2.4.2 Classificação climática

“A classificação climática surge da necessidade de sintetizar e agrupar elementos climáticos similares em tipos climáticos a partir dos quais as regiões climáticas são mapeadas” (AYOADE, 1991). Para a realização da

⁷ MAACK, Reinhard. Geografia física do Estado do Paraná, pág. 90, 1968.

classificação climática, alguns modelos são sugeridos, sendo que os mais utilizados são:

Classificação de Thornthwaite

Thornthwaite propôs a classificação através de dados climáticos baseado com conceitos de evapotranspiração potencial, balanço hídrico e índice de umidade (GARCIA, 1996).

Segundo Garcia (1996), Thornthwaite definiu os critérios para classificação do clima a partir de três índices - índice de umidade (I_h), índice de aridez (I_a) e índice hídrico anual (I_m). A partir destes índices, diferencia-se os tipos de climas em função do regime de umidade e a eficácia térmica anual e estacional conforme os quadros 01, 02, 03 e 04.

Classe	Nominação	Valor de I_m
A	superúmido	superior a 100
B4	úmido	entre 100 e 80
B3	úmido	entre 80 e 60
B2	úmido	entre 60 e 40
B1	úmido	entre 40 e 20
C2	subúmido	entre 20 e 0
C1	seco subúmido	entre 0 e -20
D	semiárido	entre -20 e -40
E	árido	inferior a -40

Quadro 01 – Regimes principais de umidade

Fonte: García, 1996.

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classe	Nominação	Valor de I_h e I_a
r	Chuvoso	I_a inferior a 16,7 (A,B,C ₂)
d	Seco	I_h inferior a 10 (C ₁ ,D,E)
s	Verão subseco	I_a entre 16,7 a 33,3 (A,B ₁ ,C ₂)
w	Inverno subseco	I_a entre 16,7 a 33,3 (A, B ₁ ,C ₂)
s	Verão subseco	I_h entre 10 a 20 (C ₁ ,D,E)
w	Inverno subseco	I_h entre 10 a 20 (C ₁ ,D,E)
S ₂	Verão muito seco	I_a superior a 33,3 (A,B ₋₁ ,C ₂)
W ₂	Inverno muito seco	I_a superior a 33,3 (A,B ₋₁ ,C ₂)
S ₂	Verão muito seco	I_h superior a 20 (C ₁ ,D,E)
W ₂	Inverno muito seco	I_h superior a 20 (C ₁ ,D,E)

Quadro 02 – Subtipos de umidade

Fonte: García, 1996

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classe	Nominação	ETP anual (mm)
A'	megatérmico	superior a 1140
B'4	mesotérmico	entre 1140 e 997
B'3	mesotérmico	entre 997 e 855
B'2	mesotérmico	entre 885 e 712
B'1	mesotérmico	entre 712 e 570
C'2	microtérmico	entre 570 e 427
C'1	microtérmico	entre 427 e 285
D'	clima de Tundra	entre 285 e 142
E'	clima gacial	inferior a 142

Quadro 03 – Tipos principais de eficácia térmica anual

Fonte: García, 1996.

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classe	% estimativa anual (mm)
a'	inferior a 48%
b' ₄	entre 48% e 51,9%
b' ₃	entre 51,9% e 56,3%
b' ₂	entre 56,3% e 61,6%
b' ₁	entre 61,6% e 76,3%
c' ₂	entre 68% e 76,3%
c' ₁	entre 76,3% e 88%
d'	superior a 88%

Quadro 04 – Subtipos em função da eficácia térmica (relação entre a evaporação de junho, julho, e agosto com total anual em %).

Fonte: García, 1996

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classificação de Köppen

O modelo de Köppen baseia-se em clima associada a vegetação.

Segundo Cuadrat e Pita (2006), esta classificação parte do princípio de que a vegetação natural constitui um indicador do clima e algumas categorias se apóiam precisamente nos limites climáticos de certas formações vegetais. Os climas são definidos por valores médios anuais e mensais das temperaturas e precipitação. Com estes critérios, têm-se cinco tipos climáticos principais com características baseadas na temperatura (quadro 05). Os quadros 06 e 07 mostram a subdivisão destes grupos com referência a distribuição sazonal e precipitação e a características adicionais de temperatura.

Classe	Nominação	Descrição
A	Clima tropical chuvoso	Todos os meses a temperatura média é superior a 18°C. Não existe inverno e há muita precipitação.
B	Climas secos	A evaporação é superior a precipitação e não há excedente hídrico.
C	Climas temperados e úmidos	Em meses frio a temperatura média é de 18 a -3°C, em meses quentes a temperatura média é superior a 10°C.
D	Clima temperado de inverno frio	Em meses frios a temperatura média é inferior a -3°C e em meses quentes é acima de 10°C.
E	Climas polares	Não há estação quente e as temperaturas são sempre inferiores a 10°C.

Quadro 05 – Principais tipos climáticos baseados em temperatura

Fonte: García, 1996

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classe	Nominação
f	chuvoso no ano todo e ausência de período seco
s	estação seca no verão
w	estação seca no inverno
m	precipitação do tipo monzónico (de monção) com breve estação seca e com chuvas intensas durante o resto do ano.

Quadro 06 – Distribuição sazonal e precipitação

Fonte: García, 1996

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Classe	Nominação
a	verão quente, temperatura média do mês mais quentes superior a 22°C
b	verão moderadamente quente, temperatura média de mês mais quentes inferior a 22 °C, com temperaturas acima de 10 °C em pelo menos 4 meses
c	verão breve e moderadamente frio, temperatura média superior de 10 °C em menos quatro meses
d	inverno muito frio, temperaturas abaixo de -38 °C em meses frios
h	temperatura média anual superior a 18 °C
k	temperatura média anual inferior a 18 °C.

Quadro 07 – Características adicionais de temperatura

Fonte: García, 1996

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

Rolim et al (2007) determinou os tipos climáticos, tanto pelo método de Köppen, como de Thornthwaite. Segundo estes autores, o método de Köppen não deve ser utilizado em estudos agroclimáticos regionais como na determinação de zonas agrometeorológicas, pois este sistema de classificação foi eficiente somente para a macroescala e, com baixa capacidade de separação de tipos de climas levando-se em consideração a temperatura do ar, a precipitação pluvial e elementos resultantes do balanço hídrico. Entretanto, o sistema de Thornthwaite demonstrou capacidade para determinação de zonas agroclimáticas e neste sistema foi possível separar eficientemente os climas no Estado de São Paulo na topoescala, pois resumiu eficientemente as informações geradas por balanços hídricos normais. Sendo assim, o método de Thornthwaite é o melhor e mais indicado para o zoneamento climático em áreas rurais.

Em geral, a região investigada apresenta clima tropical-subtropical, com temperaturas médias mensais superiores a 15°C e precipitações acima de 1500 mm (THOMAZ et al, 1997). França (1998) determinou o clima da região pelo método de Thornthwaite como C2 rs B'4a' S – sub-úmido chuvoso, mesotérmico, com precipitação anual que varia 1.300 a 1.400 mm. O regime pluviométrico apresenta características tropicais, iniciando o período de excedente hídrico no mês de outubro e indo até abril. Julho e agosto são meses secos, marcados pela deficiência hídrica.

4.2.5 Hidrografia

O rio Paraná é formado pela junção dos rios Parnaíba e Grande, no centro Sul do Brasil e deságua no rio da Prata, no norte da Argentina. Possui 4.695 Km de extensão, com área de drenagem de $2,8 \cdot 10^6$ Km², sendo o décimo rio mais longo e o quinto maior sistema de drenagem do planeta. Esta bacia é responsável por mais de 70% da energia elétrica produzida no país, assim, cinco grandes reservatórios ocupam uma grande parte do rio Paraná em território brasileiro que em sua maioria, são considerados como rios de planalto responsável pelo elevado potencial hidráulico. Fato este, responsável pela alteração da fisiografia e ecossistema do rio Paraná, principalmente na biota aquática que atua na interconectividade rio-planície (AGOSTINHO; GOMES, 2005). A figura 06 mostra alguns afluentes no contexto do alto rio Paraná.

Segundo Souza Filho e Stevaux, (1997), a rede de drenagem da região é constituída pelos afluentes, canal do rio Paraná e canais secundários. O principal contribuinte, na margem esquerda, é o rio Paranapanema, por outro lado, pela direita, os principais afluentes são: rio Ivinheima, rio Samambaia, ribeirão Esperança e córrego Baile, embora o rio Ivinheima seja o mais importante deles. Todos os afluentes da margem direita deságuam no baixo curso do rio Ivinheima, em canais secundários, formados pelo rio Baía e pelo canal Curutuba que são subparalelos ao rio Paraná e com diversas ligações com o mesmo. O rio Ivinheima encontra-se perpendicularmente ao rio Paraná até sua entrada na planície.

Os afluentes da margem direita do alto rio Paraná nascem na área de domínio de rochas da bacia sedimentar do Paraná, nas serras Maracaçu e Caiapó. Os afluentes da margem esquerda são mais longos, possuindo nascentes em rochas cristalinas que afloram na Serra do Mar. Entretanto, grande parte da rede hidrográfica da bacia é controlada por barramentos, em especial o rio Grande, e alguns afluentes da margem esquerda. A jusante do alto curso do rio Paraná encontra-se barrado pela usina hidrelétrica de Itaipu, a montante pela usina hidrelétrica de Porto Primavera e no rio Paranapanema a usina hidrelétrica de Rosana. O único trecho livre é o segmento entre a foz do rio Paranapanema e a cidade de Guaíra. "Todos os afluentes são rios consequentes ou ressequentes por correr em sentido do mergulho das calhas litológicas". O rio Paraná apresenta canal

único, com talvegue principal. Porém, encontra-se dividido por diversos arquipélagos até as proximidades da segunda foz do rio Ivinheima e ao longo das ilhas possui dois canais principais, sendo que o esquerdo é o maior e mais profundo (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

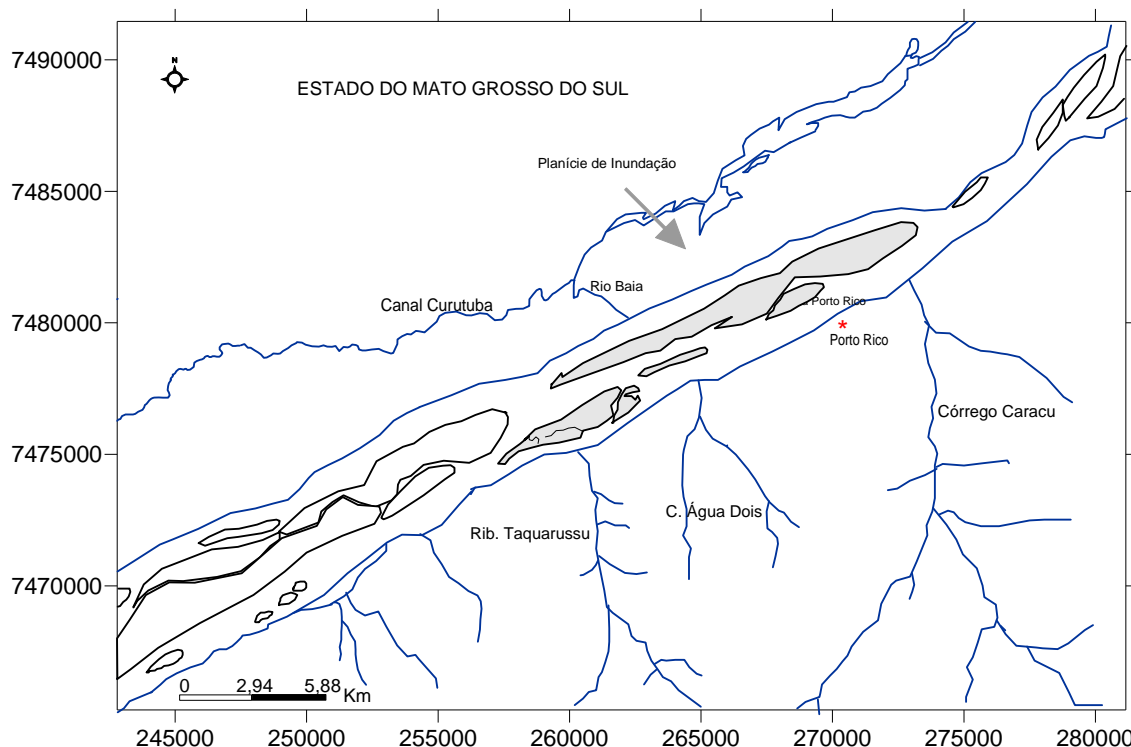


Figura 06 – Afluentes da margem esquerda e direita na seção das ilhas Mutum e Porto Rico no alto rio Paraná.

4.2.5.1 Áreas inundadas

As áreas inundadas situam-se nas partes baixas que compreendem canais ativos e lagoas, associados a paleocanais, sendo que em quase todas as cheias, o rio Paraná é quem abastece tais áreas ou o aquífero freático. No trecho superior do rio Paraná existe um conjunto à jusante de áreas associadas à bacia de inundação, além de ocorrências locais de lagos alongados com linhas emersas nos diques marginais. Em todo segmento do rio Paraná, registram-se diversos padrões

de canal. Durante os períodos de cheias, oscilações nos níveis hidrométricos podem provocar vários pulsos de inundação durante um mesmo ciclo hidrológico. A ocorrência desses pulsos de cheias não permitem delimitar com precisão as fases de enchente e vazante do rio Paraná. Oscilações em curto período de tempo, com intervalos semanais e até mesmo diários, são freqüentes durante os períodos de baixa, que ocorrem normalmente durante o inverno, devido as oscilações das usinas hidrelétricas de Porto Primavera, Rosana e Itaipu que serve como um controlador, assim se têm os menores valores de temperatura e os menores índices pluviométricos (THOMAZ; ROBERTO; BINI, 1997).

Assinalam-se *habitats* aquáticos e terrestres variáveis, com grande diversidade de espécies, sendo os pulsos de inundação a principal função de força que regula a estrutura das comunidades e o funcionamento deste tipo de sistema (AGOSTINHO et al, 2004).

No trecho a montante da planície de inundação, o canal passa de estreito e profundo com margens estáveis, para largo e raso, com mudança marginal localizada, sempre com poucas ilhas e com barras compostas semisubmersas. Em sua parte média, o tamanho das ilhas aumenta para jusante, subdividindo o canal em dois braços, e o canal de menor ordem, enquanto as barras fluviais são maiores e mais freqüentes. O trecho inferior possui dois canais bem definidos, separados por largas ilhas, ao longo da ilha Grande o braço direito é o principal, e sua profundidade pode ultrapassar 20m, enquanto que o braço esquerdo mantém profundidade próxima a 5m, as barras são muito extensas e complexas.⁸

As lagoas da planície são determinadas por processos regionais (influxo da água do rio Paraná, por exemplo) e processos locais (precipitação pluviométrica, ventos, etc) e se diferem quanto as suas características limnológicas. Durante as águas baixas, as lagoas temporárias (geralmente situadas dentro das ilhas) podem se segmentar e no período de cheias, recebem influência de íons totais a partir da calha principal do rio Paraná (AGOSTINHO et al, 2004).

⁸ SOUZA FILHO, Edvard; STEVAUX, José C. **O componente Físico da Planície Alagável do Alto Rio Paraná**. Maringá, 2000.

4.2.6 Vegetação

Na área de estudo, a vegetação é semidecidual, com região de domínio de cerrado a oeste. Em áreas altas a vegetação é arbórea, enquanto em áreas médias encontra-se arbustos, nas partes baixas observa-se campos e hidrófilas em baixios (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004). Este tipo de vegetação aparece nesta região devido às condições climáticas que caracterizam o tipo.

Existem quatro formações de floresta delimitadas no Brasil, mas somente duas ocorrem na área investigada: a floresta estacional semidecidual aluvial e a floresta estacional submontanhosa. A floresta estacional semidecidual apresenta diversos tipos de agrupamentos. Os agrupamentos situados em solos altamente hidromórficos apresentam vegetação muito aberta, constituída de poucas espécies. As espécies neste tipo de ambiente são: *Calophyllum brasiliense* (jacareúba, guanandi ou landinho), formando gregarismos, principalmente nos terrenos mais sujeitos as inundações, *Tapirira guianensis* (peito-de-pomba ou tatapiririca) e *Talauma ovatta* (bagaçu ou pinheiro-do-brejo), *Ingá sp* (ingá), *Cedrela lilloi*, *Ficus sp* (figueira), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Cróton urucurana* (sangra-d'água), *Triplaris americana* (formigueiro), *Nectandra falsifolia* (canelinha), *Celtis iguanaea* (sarã), *Zygia cauliflora* (amarelinho), *Sloanea garekeana* (pó-de-mico) e *Ocotea diospyrifolia* (canela). Nos agrupamentos em áreas mais enxutas e melhor drenadas, as espécies presentes são: *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Unonopsis lindmanii*, *Peltophorum dubium* (canafistula), *Coussarea platyphylla*, *Trichilia pálida*, *Protium heptaphyllum* (almécega), *Guazuma ulmifolia* (mutambo) e *Gallesia integrifolia* (pau-d'alho). Nos agrupamentos situados em áreas sobre diques aluviais as espécies presentes são: *Sloanea guianensis* (pateiro), *Guarea macrophylla*, *Unonopsis lindmanii*, *Piper tuberculatum*, *Peltophorum dubium* (canafístula), *Eugenia florida* e *Zygia cailliflora* (amarelinho). A floresta estacional submontanha apresenta as seguintes espécies: *Lonchocarpus guilleminianus*, *Peschiera australis* (leiteiro), *Ficus obtosiuscula* (figueira), *Triplaris americana* (formigueiro, pau-de-novato), *Zygia cauliflora* (amarelinho), *Ingás affinis* (ingá), *Piper tuberculatum*, *Gallesia intergrifolia* (pau-d'alho) e *Acrocomia aculeata* (CAMPOS; SOUZA, 1997).

As florestas pioneiras, ou seja, vegetação de primeira ocupação, são tipicamente campestre de características hidromórficas. “Em áreas inundadas, instalam-se comunidades vegetais que vão desde as pantanosas herbáceas (hidrófitas) até as arbustivas”. Estas florestas ocorrem ao longo da “planície aluvial e ao redor das depressões aluvionares (pântanos, lagunas e lagoas), frequentemente em terrenos instáveis cobertos de vegetação”.⁹

Em terrenos permanentemente alagados encontram-se macrófitas aquáticas flutuantes livres como: *Eichhornia crassipes* (aguapé), *Salvinia auriculata*, *Pistia stratioides* (alface-d'água), *Hydrocotyle umbellata* (parasol), *P. stelligerum* (lixa), *P. ferrugineum* (erva-de-bico), *Paspalum repens* (canarana), dentre outras. Em terrenos com inundações periódicas há predominância de graminóides, com predominâncias em: *Panicum prionitis* (capim-santa-fé), *P. mertensii*, *P. maximum*, *Paspalum conspersum* e *Setaria geniculata* (capim-rabo-de-raposa) [CAMPOS; SOUZA, 1997].

⁹ Campos, João B; Souza, Maria C. A planície de inundação do Alto Rio Paraná. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Cap II.11, p. 333-338, Maringá, 1997.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Imagens e Referências

As imagens do LANDSAT 7TM foram adquiridas do INPE com ponto de órbita 223_076 e data da Passagem: 18/11/1999.

Utilizou-se também inúmeros livros, artigos, mapas e cartas topográficas.

5.1.2 Programa de Tratamento de Imagens

O software utilizado para a elaboração do banco de dados, georeferenciamento, classificação e edição de imagens, processamento de dados, análise espacial de informações e confecção da cartografia foi o Spring (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) na versão utilizado foi a 5.0 beta de 17/01/2008.

Para o tratamento gráfico dos dados hidrogeoquímicos utilizou-se o pacote Statistica 6.0 de 2005 e o aplicativo Excel do pacote Microsoft Office 2000 e o software Surfer versão 8.0 desenvolvido pela Goldes Software Inc., para a análise espacial de dados regionalizados. Neste software é possível trabalhar com dados geoestatísticos usando-se da Krigagem ordinária como padrão de análise.

5.1.3 Materiais de Laboratório

- pHâmetro digital marca Thermo Electron Corporation modelo Russell RL 060P com compensação automática de temperatura e calibração;
- Condutivímetro digital marca Thermo Electron Corporation modelo Russell RL 060C com escala de medição de 0 a 1999 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com resolução de 0 a 50°C.
- Termômetro digital tipo Espeto de escala: -50°C + 300°C / -58°F +572°F, com haste de inox;
- Frascos de polietileno previamente lavados com HCl 20% (v/v);
- Filtros de papel comum;
- Funil com placa porosa;
- Kitasato de 1000 mL;
- Câmara de vácuo
- Becker 500 ml;
- Chapa aquecedora;
- Balão volumétrico 50 ml

5.1.4 Materiais de Campo

- Camionete,
- Barco;
- Máquina digital;
- GPS

5.1.4 Dados Hidrometeorológicos

Obteve-se o banco de dados de pluviometria e fluviometria pelo site da ANA (Agência Nacional de águas): www.ana.gov.br e pela SUDERHSA

(Superintendência de Recursos Hídricos). As estações que forneceram os dados são:

- Estação Fluviométrica Porto São José – Jusante
Código: 64575003/ANA
Área de drenagem: 670.000 km²
- Estação Pluviométrica Porto São José - Jusante
Código: 02253016/ANA
- Estação Pluviométrica Porto Rico
Código: 02253002/ANA

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Planejamento da Amostragem

O plano de amostragem foi estabelecido através de pontos pré-estabelecidos na imagem de satélite LANDSAT 7 TM, de 1999, no rio Paraná, afluentes da margem esquerda do rio Paraná, ao redor e interior das ilhas Mutum e Porto Rico, planície de inundação do rio Paraná margem direita, e rio Baía, totalizando 34 amostras, tanto para período de chuvas como o de seca.

5.2.2 Procedimentos de Campo

Os trabalhos de campo realizaram-se com o objetivo de se obter as reais coordenadas geográficas da área de estudo e dos pontos de coleta. Utilizou-se as imagens de satélites para a percepção da paisagem, rede hidrográfica (curso d'água e principais afluentes), uso do solo e urbanização com o intuito de levantamento preliminar. As coordenadas geográficas foram obtidas através de

aparelho GPS de navegação marca: Garmin, GPSMAP 60CSX (sistema de posicionamento global).

Com o trabalho de campo identificou-se o levantamento das áreas de degradação. Demarcou-se as coordenadas geográficas dessas áreas e também das áreas de vegetação, campos, agricultura e área urbana para posterior comparação nas imagens de satélite classificadas. Esses dados possibilitaram a interpretação de como o uso do solo pode interferir na qualidade da água.

As áreas definidas para coleta de água foram devidamente georeferenciadas para posterior inclusão dos dados nos mapeamentos. A primeira coleta de amostras realizou-se entre 11 a 15 de agosto de 2008, período de seca e águas baixas, enquanto a segunda, entre os dias 18 a 21 de março de 2009, período chuvoso e de cheias. Os mesmos padrões de amostragem foram seguidos em ambas as coletas.

As amostras foram coletadas em frascos apropriados, previamente enxaguadas várias vezes com a água do rio e mantidas em caixa de isopor com gelo até a chegada ao laboratório. As medidas de pH, temperatura da água e condutividade elétrica foram realizadas no local da coleta (“in situ”).

As informações sobre a saúde foram coletadas junto às Unidades Básicas de Saúde (UBS) e no Hospital do município de Porto Rico, através de entrevistas e coleta de dados informatizados, na mesma época da execução do trabalho de campo com coleta. Essas informações foram úteis para se estabelecer as possíveis relações entre a saúde da população ribeirinha de Porto Rico (Pr) e ilhéus, com resultados hidrogeoquímicos obtidos.

5.3 METODOLOGIA ANALÍTICA

5.3.1 Preparação das Amostras

Após a coleta, as amostras foram acidificadas com HNO₃ 1% e transportadas para o laboratório de Bioquímica da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Neste laboratório, as amostras inicialmente foram filtradas em

câmara de vácuo, com filtros comuns de funil em placa porosa, colocadas em um Becker de 500ml e evaporadas a 60°C em uma chapa aquecedora, até atingirem o volume de aproximadamente 30ml. Posteriormente, transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 50 ml e completou-se o volume com água deionizada. Finalizando a referida preparação, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Geoquímica do Departamento de Petrologia e Metalogenia da Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus Rio Claro, para a determinação analítica. Neste laboratório, as amostras foram registradas e novamente filtradas para retirada de possíveis sedimentos.

5.3.2 Procedimentos Analíticos

Os dados analíticos da qualidade da água foram realizados em ICP – AES (Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo). O ICP – AES é um equipamento que dispõe de um espectrômetro seqüencial ARL 3410. Esta técnica analítica é capaz de identificar e quantificar mais de quarenta elementos químicos em faixa de concentrações na ordem de partes por bilhão (ppb).

Todas as leituras foram antecipadas pela calibração do equipamento, utilizando-se de padrões internacionais.

Os parâmetros analisados no ICP-AES foram: Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Manganês (Mn^{2+}), Fósforo (PO_4^{3-}), Ferro (Fe^{2+}), Silício (SiO_4^{4-}), Estrôncio (Sr^{2+}), Níquel (Ni^{2+}), Zinco (Zn^{2+}), Chumbo (Pb^{2+}), Cádmio (Cd^{2+}), Cromo (Cr^{2+}), Alumínio (Al^{2+}), Bário (Ba^{2+}), Cobalto (Co^{2+}) e Cobre (Cu^{2+}). Somente as amostras do período de chuvas e de cheias que foram analisadas com o nebulizador ultrassônico, o que ampliou a capacidade de detectar concentrações muito baixas.

Os elementos Sódio (Na^+) e Potássio (K^+) foram analisados pela técnica Espectrometria de Absorção Atômica (FAAS) através de um equipamento que também é utilizado para a determinação de elementos químicos (metais) em solos, água e minérios. Contêm um espectrofotômetro GBC 608, com lâmpadas de Li, Na, K, Rb, Mg, Sr, Ba, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Na, Al, Sn e Pb. Cada amostra é obtida por média aritmética simples de três leituras sequenciais. As leituras foram

registradas em planilhas e como as amostras estavam concentradas, fez-se a conversão dos resultados dividindo-se os o valor obtido por 30 (valor ppm/30) para posteriormente aplicar-se nos resultados o tratamento estatístico com geração de gráficos.

As análises hidrogeoquímicas seguiram orientações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19ª edição, 1995.

5.4 CONSTITUIÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Confeccionou-se a base cartográfica no *software* “Spring” fazendo-se uso da imagem LANDSAT. Inicialmente converte-se a imagem para o formato GRIB, retirando-a do formato TIFF. A seguir definiu-se o projeto que envolve esta imagem convertida na categoria de modelo imagem. Tal modelo foi georeferenciado e utilizado para registrar o banco de dados obtidos em campo e em laboratório.

5.4.1 Mapeamento do Uso do Solo

Dados da imagem

A imagem de satélite utilizada pertence a cena do sistema Lansat 7 TM base 223 ponto 76, formato tiff, data da passagem 18/11/1999, recorte x1:577, x2:3089, y1:1082 e y2:3145.

O tratamento da imagem com o programa SPRING, versão 5.0 beta obedeceu os seguintes procedimentos relacionados com a preparação e interpretação:

- Georeferenciamento;
- Definição das tipologias de mapeamento;
- Descrição dos elementos que constituem as tipologias para posterior refinamento;

- Definição de pontos de amostragem em campo.

Registro de imagens

Georeferenciou-se as entidades gráficas no sistema coordenadas geográficas. As imagens para o georeferenciamento no Spring 5.0 foram em tela, utilizando-se pontos da própria imagem pré-definidos anteriormente, precisos e de fácil identificação, como cruzamento entre rios, ponta de ilhas e lagoas.

Classificação de imagens

Segundo INPE (2005) o processo de classificação se dá pela extração de informação para reconhecer padrões e objetos homogêneos. “Os Classificadores "pixel a pixel" utilizam apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem digital que constitui um mapa de "pixels" classificados, representados por símbolos gráficos ou cores”.

Antes de classificar a imagem, realizou-se a Análise dos Componentes Principais (ACP). Este é um procedimento estatístico que serve para “limpar” eventuais vapores d’água, ruídos, reflectância e poeiras na busca de uma classificação mais precisa. Na seqüência obteve-se as amostras da banda 7 das seguintes classes: água, solo nu, agricultura, vegetação e campos. Após a classificação, realizou-se o mapeamento das classes para posteriormente criar o mapa temático.

Utilizou-se o módulo *Scarta* para a confecção de mapas temáticos como produto final (figura 21). Neste módulo, princípios da cartografia temática e da visualização cartográfica para a elaboração dos mapas finais são usados. Através do módulo ILOT, realiza-se a impressão do produto final gerado pelo *Scarta*, este porém pode gerar arquivos em outros formatos como as extensões BITMAP e JPEG.

5.5 ANÁLISE DOS DADOS

O tratamento dos dados geoquímicos utilizou-se de estimadores estatísticos (média aritmética, desvio padrão), mapas de distribuição dos elementos e parâmetros físico- químicos analisados. Expressou-se o produto da análise dos dados do trabalho na forma de tabelas, gráficos e mapas geoquímicos que permitiram a ilustração mais clara dos resultados obtidos.

A avaliação dos resultados das análises baseou-se em parâmetros determinados pela legislação ambiental e sanitária em vigor, CONAMA (2005).

A confecção dos mapas geoquímicos foi realizada no software *Surfer* utilizando-se um mapa base igual para todos os parâmetros analisados diferenciando-se somente pelo mapa *grid* confeccionado para cada elemento químico.

5.5.1 Dados Hidroclimáticos

Os dados sobre vazão, pluviosidade, fluviosidade, cotas e estações pluviométricas e fluviométricas foram obtidos através do programa HIDRO (Sistema de Informações Hidrográficas), versão 1.0, da Agência Nacional de Águas (ANA). Este programa serve para o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológicos armazenados num banco central, cálculo de funções hidrometeorológicas básicas e visualização de gráficos, imagens etc.

Os dados de pluviosidade representam o acumulado mensal, com exceção da média histórica o qual é representada por médias. Os dados de vazão e cotas são representados por médias mensais. Após obter-se esses dados organizou os mesmos em planilhas e confeccionou-se gráficos.

5.5.2 Tratamento Estatístico

Aplicou-se a técnica da estatística multivariada quando apresentaram-se diversas variáveis em uma única amostra. A análise dos componentes principais (PCA), é uma técnica da estatística multivariada que tem como objetivo principal o comportamento de um processo descrito com diversas variáveis, em um número muito menor de fatores que resumem as características fundamentais dos dados. A redução do número de dimensões de uma matriz que contenha os dados analíticos é feita através da correlação entre as variáveis do sistema que resulta na informação contida nesses dados. Cada componente é resumo da variância agrupada de diversas variáveis, expressa por equações matemáticas em que cada termo, é a proporção com que cada variável contribui para a componente. Assim, calcula-se para cada estação de amostragem um valor que resume a informação da componente naquele ponto e quando todos os pontos estiverem calculados, é possível cartografar e conjugar esses resultados em um modelo matemático, com a realidade geológica da área para posterior interpretação (LICHT, 1995).

A correlação é a medida da similaridade entre duas variáveis. Se estas duas variáveis crescem em conjunto existe uma correlação positiva. Contudo, se diminuem registram-se uma correlação negativa. Mas também pode ocorrer que alguns dados não tenham qualquer relação. Quando o coeficiente for próximo ou igual a 1,0, indica que há um relacionamento linear entre as duas variáveis, enquanto que próximo de zero, não ocorre relacionamento linear. Essa correlação linear é baseada na suposição de que as variáveis tenham uma distribuição normal (LICHT, 1995).

Para a análise multivariada dos dados geoquímicos utilizou-se o programa STATÍSTICA versão 6.0.

6 RESULTADOS DA PESQUISA

6.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Observa-se na Figura 07 as anomalias de precipitação do mês de agosto de 2008. O ano de 2008 foi um dos mais atípicos do ponto de vista Climático, no alto curso do rio Paraná, nesse sentido, é nítido um predomínio de anomalias positivas que ficaram restritas ao Paraná, São Paulo, centro-sul de Mato Grosso do Sul, extremo sul do Rio Grande do Sul, bem como em algumas localidades do norte e leste da Região Nordeste, principalmente entre o leste de Pernambuco e o interior do Rio Grande do Norte e em pontos isolados do norte de Roraima e do Amazonas.

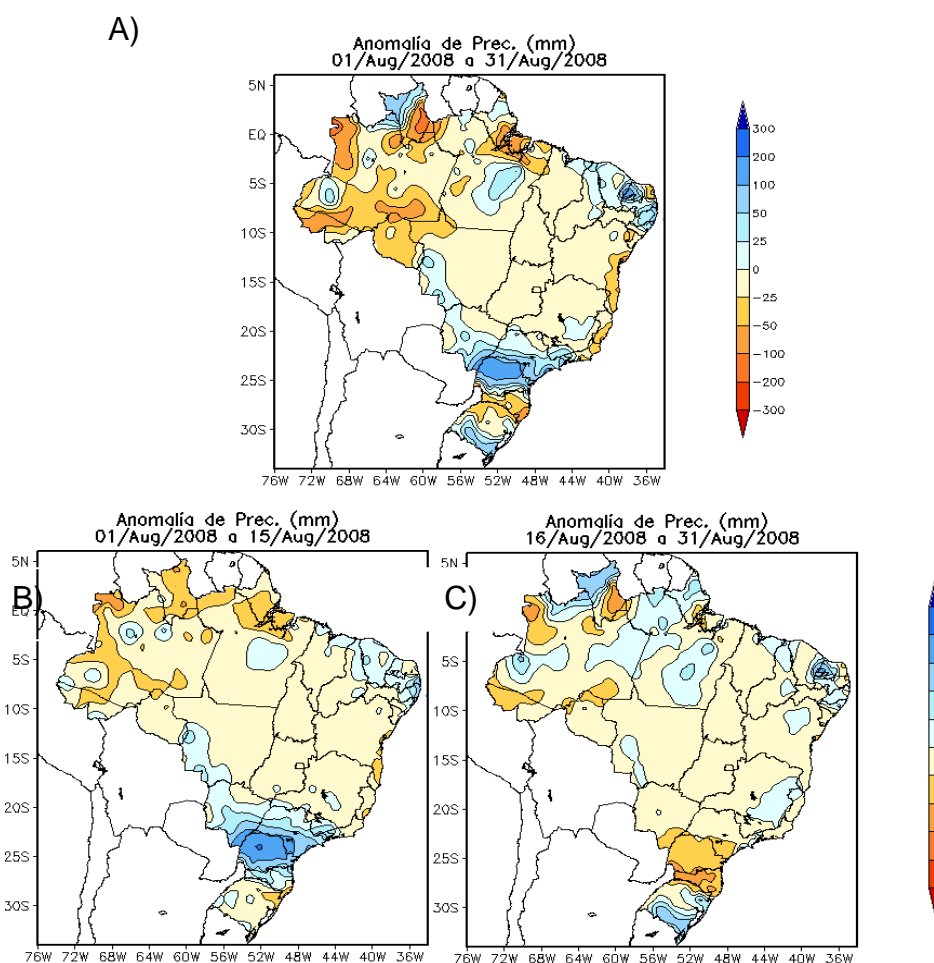


Figura 07 – Anomalia de precipitação de agosto de 2008. A) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 31/08/2008; B) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 15/08/2008; C) anomalias de precipitação (mm) do período de 16 a 31/08/2008.

Fonte de Dados: INPE, 2008.

Na figura 08, observam-se as anomalias do vento zonal e destaca-se a presença de anomalia positiva indicando o posicionamento médio do Jato Subtropical, como também do ramo norte do Jato Polar que atua mais significativamente sobre o Pacífico em posicionamento bastante zonal. Este padrão indica que os sistemas frontais atuaram de forma mais significativa em latitudes mais altas.

Esta condição sinótica é mais nítida na segunda quinzena de agosto. Na primeira quinzena nota-se a presença de um cavado bastante amplificado e a presença dos máximos de vento (JST e JPN) mais a norte, posicionados entre São Paulo e o Rio Grande do Sul. Sendo assim, a presença destes máximos de vento pode ter contribuído para a anomalia positiva de precipitação verificada neste período no Sul do Brasil (INPE, 2008).

Em março de 2009 as anomalias positivas de precipitação foram mais significativas concentrando-se sobre parte das Regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, principalmente nos Estados do Pará, Amapá, Acre, Mato grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia (figura 09). As anomalias positivas de precipitação prevaleceram ao longo do mês todo sobre os Estados do Norte, enquanto as demais áreas, as anomalias positivas ocorreram durante a segunda quinzena. Isso se deve ao episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul durante os dias 12 e 16, indicando que ao longo deste período houve um predomínio de uma zona de convergência de umidade, que ajudou a intensificar as chuvas sobre grande parte de MG e do ES, sul e oeste da BA e sobre parte dos Estados de GO e MT. Durante a primeira quinzena, (figura 09B) as chuvas anômalas se concentraram basicamente sobre parte do Pará, do Acre e do Amapá. Anomalias negativas de precipitação concentraram-se principalmente sobre grande parte das Regiões Sul e Nordeste, SP, RO centro-norte de MT e no TO. Neste mesmo período, este comportamento foi mais abrangente se estendendo para grande parte da Região Sudeste do Brasil.

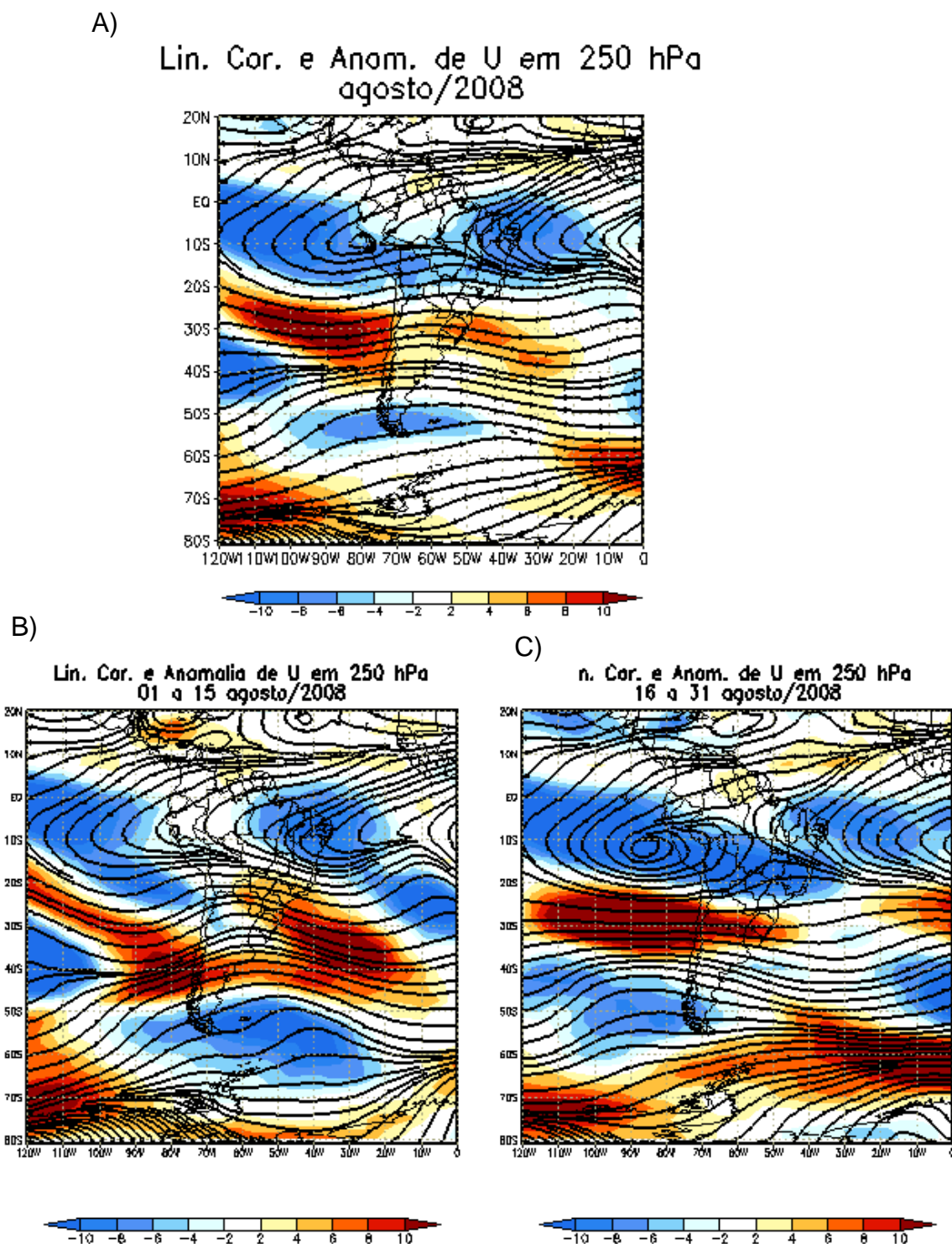


Figura 08 – Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento em 250hPa de agosto de 2008. A) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 31/08/2008; B) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 15/08/2008; C) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 16 a 31/08/2008

Fonte de Dados: INPE, 2008.

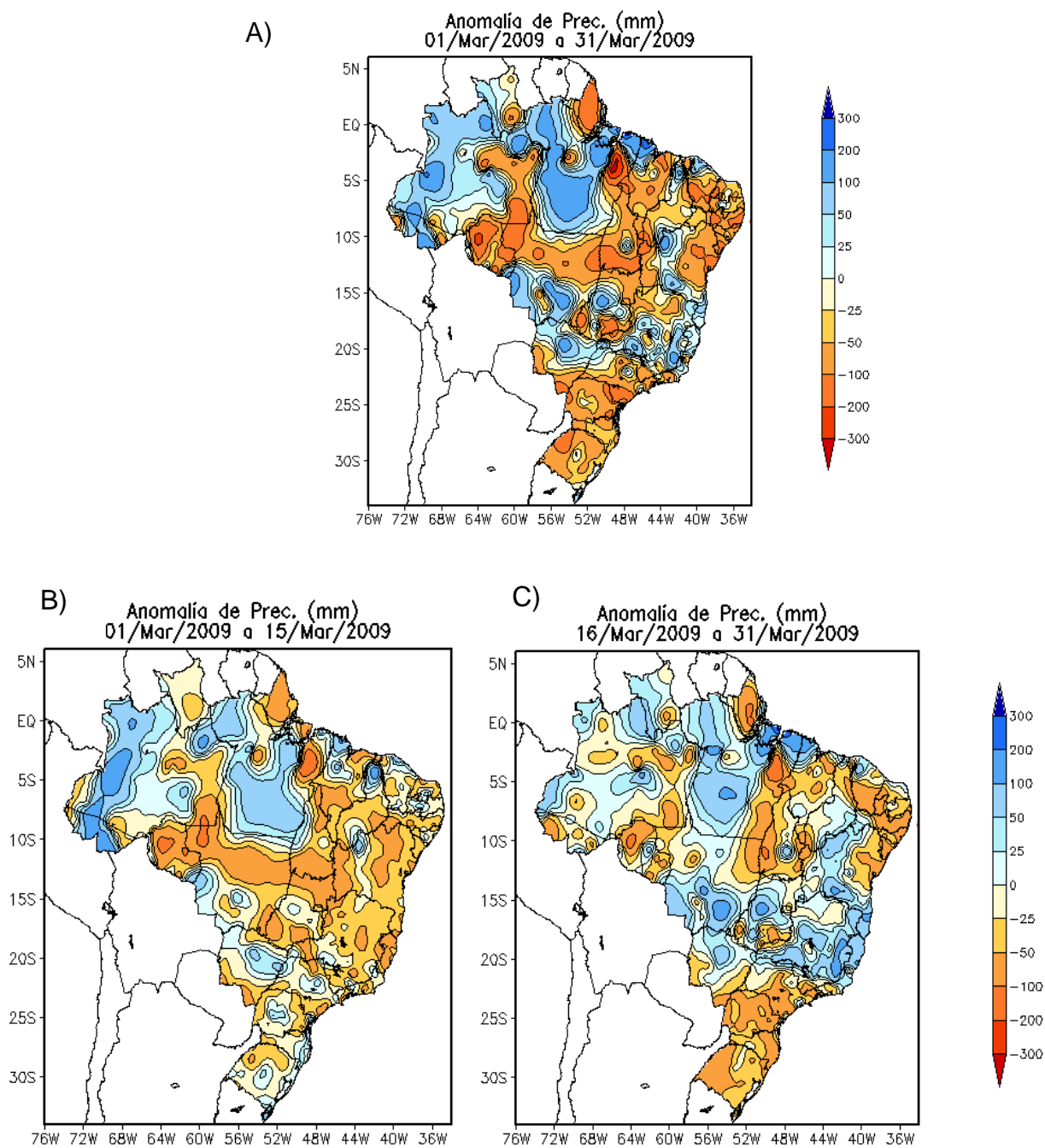


Figura 09 – A) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 31/03/2009; B) anomalias de precipitação (mm) do período de 01 a 15/03/2009; C) anomalias de precipitação (mm) do período de 16 a 31/03/2009.

Fonte de Dados: INPE, 2009.

A figura 10 mostra a circulação atmosférica em 250 hPa, predominante ao longo do mês de março. Observa-se a presença de uma ampla área anticiclônica cobrindo uma parte do centro-norte do continente sul-americano. O núcleo anticiclônico mais importante aparece centrado sobre parte do Sudeste e

Centro-Oeste do Brasil, este contribui com a inibição das chuvas sobre parte destas Regiões. Este comportamento foi marcante durante a primeira quinzena do mês, período onde as chuvas ficaram abaixo da média (figura 10B).

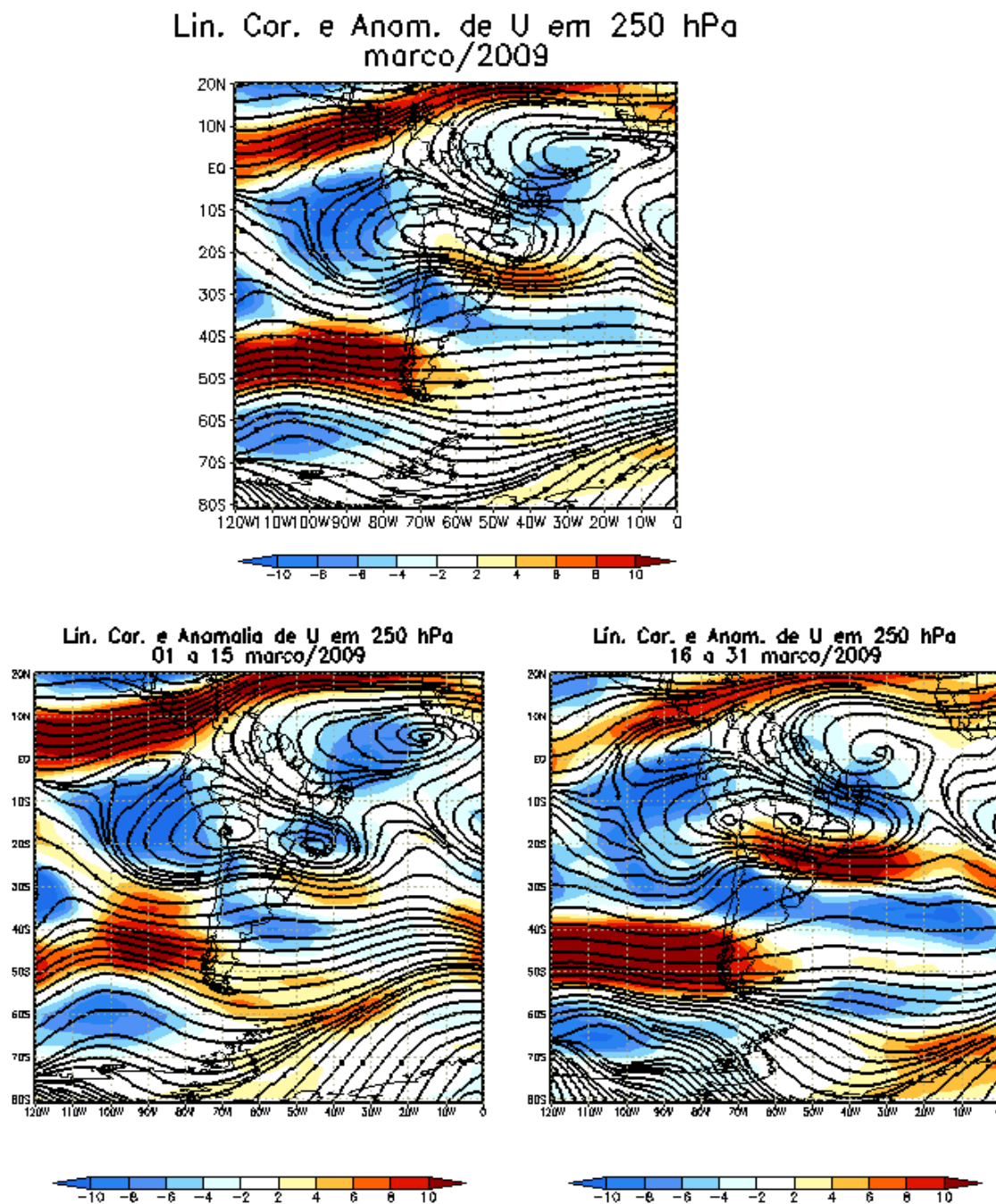


Figura 10 – Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento em 250hPa de março de 2009. A) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 31/03/2009; B) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 01 a 15/03/2009; C) Linha de Corrente e anomalia da componente zonal do vento do período de 16 a 31/03/2009.

Fonte de Dados: INPE, 2009.

O regime pluviométrico da região tem apresentado características tropicais. Os meses de junho, julho e agosto do período de 1985 a 2008, são períodos marcados por precipitações mais baixas (meses mais secos) em todo intervalo investigado. Na figura 11 observa-se que o mês de julho foi o que apresentou menor valor de precipitação (39,5 mm). No mês de dezembro inicia-se os maiores períodos de precipitações, de acordo com a série histórica que culmina em fevereiro. As maiores médias históricas são os meses de dezembro (131,9 mm) e janeiro (165,7 mm).

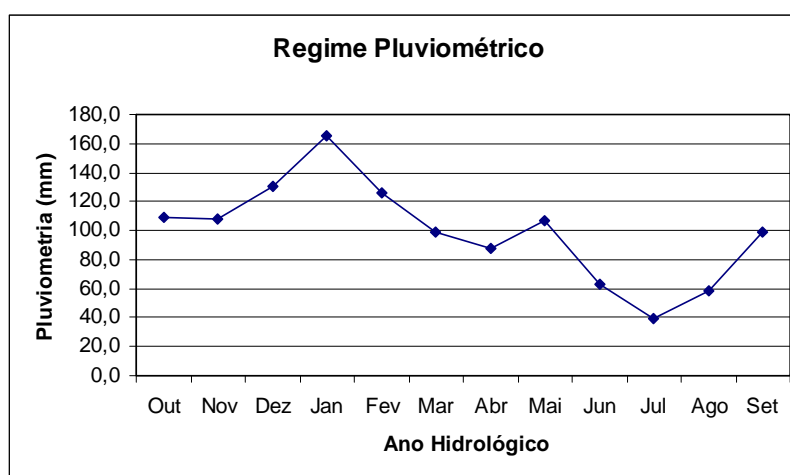


Figura 11 – Gráfico da média da variação mensal da Estação de Porto São José de 1985 a 2009.

Fonte de dados: ANA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

As figuras 12 e 13 mostram a comparação dos registros pluviométricos do ano hidrológico (outubro de 2007 a setembro de 2008 e outubro de 2008 a setembro de 2009) com a média histórica da estação de Porto São José (1985-2009). A figura 14 mostra a comparação dos dois últimos anos hidrológicos com a média histórica, referente ao mesmo período. Observa-se que no período de março a julho de 2008 foram meses típicos, pois a curva está dentro da média histórica. Alguns meses se destacam como atípicos, pois estão muito distante dos valores de precipitação em relação a tal média. Os meses de out/2007 a jan/2008 e ago/2008 são exemplos de atipicidade, com destaque nos meses de nov/2007, jan/2008 e ago/2008. Segundo a média histórica, no mês de janeiro o acumulado de chuvas somou-se 165,1mm (uma característica de região tropical, com chuvas de

dezembro até março), porém o acumulado de chuvas em dezembro/2007 foi de 86,3 mm e 67mm em janeiro/2008. Em agosto/2008 o total registrado de precipitação atingiu 152,4mm, enquanto na média histórica, 58,5mm (figura 12).

Vale ressaltar que, nesta ocasião realizaram-se coletas das amostras de água do rio e em lagoas da planície. Dias que antecederam a coleta (01-10/08/2008) registraram 79,6mm enquanto nos dias da coleta o registro indicou 15 mm, seguido por 65,2mm após o trabalho de campo (15-31/08/2008). Este evento atípico deve estar relacionado a entrada de uma frente fria na região, caracterizada pelo sistema atmosférico de Instabilidade Tropical ou Linhas de Instabilidade.

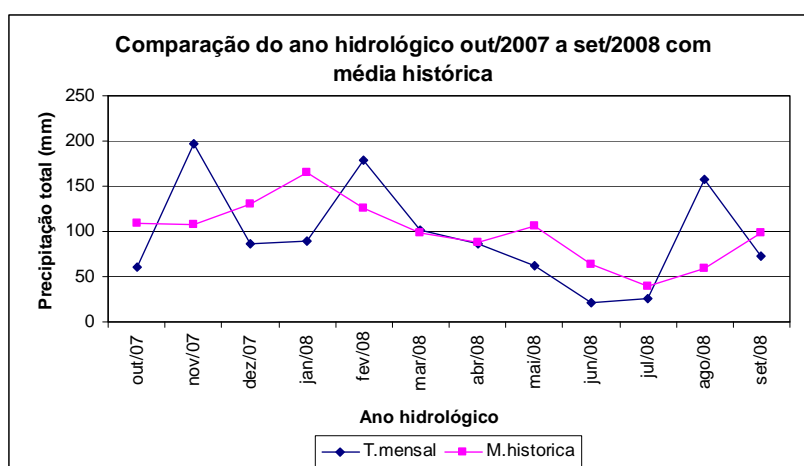


Figura 12 – Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2007 a set/2008 com média histórica. Estação de Porto São José.

Fonte de dados: SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

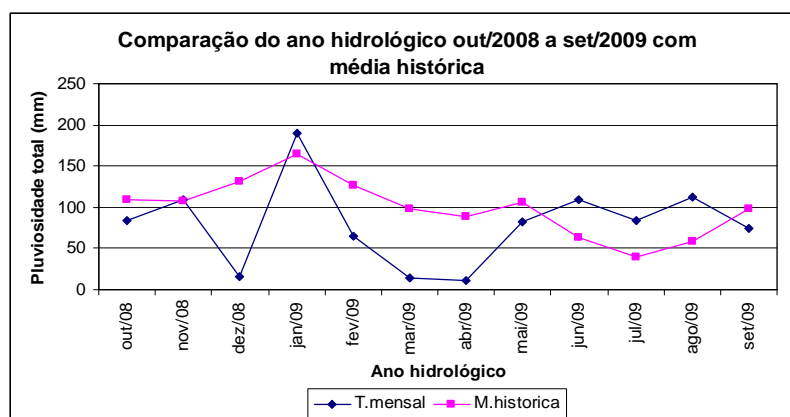


Figura 13 – Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2008 a set/2009 com média histórica. Estação de Porto São José.

Fonte de dados: SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

Sendo assim, os dias de maior precipitação na região no período que antecedeu a coleta, pode ter gerado interferências nas concentrações das substâncias das águas, principalmente no curso do rio. A segunda fase de coleta das amostras aconteceu em março de 2009, cujos registros indicam precipitação de 12,5mm poucos dias antes da coleta.

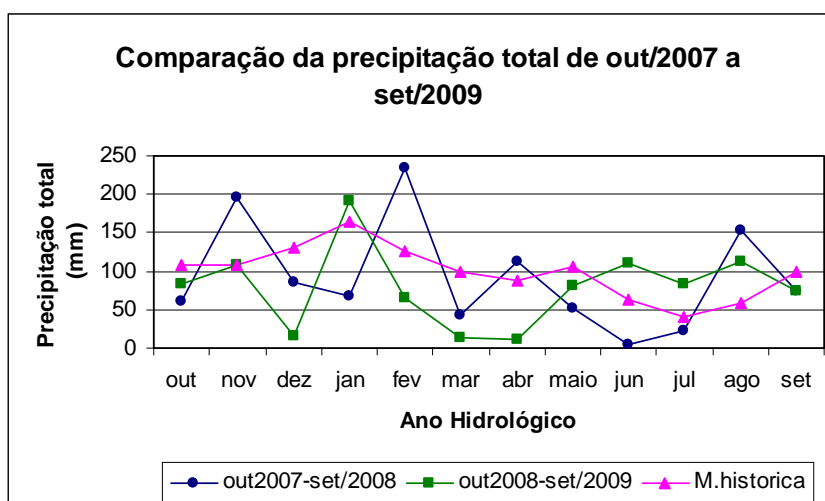


Figura 14 – Gráfico da Comparação do total de chuvas mensais de out/2007 a set/2008 e out/2008 a set/2009 com média histórica. Estação de Porto São José.

Fonte de dados: SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

Em dezembro/2008, fevereiro/2009, março/2009 e abril/2009 também foram meses atípicos sendo que, em dez/2008 choveu 15,1mm enquanto na média o total é de 130,8mm. Em fevereiro o total de precipitação atingiu 64,5mm com média histórica de 126,2mm, enquanto em março aponta para 14mm e na média histórica 98,8mm (figura 13). Isso mostra que na região Sul esses meses foram de extrema estiagem, enquanto o Norte e Nordeste caracterizaram-se por chuvas intensas. Estas atipicidades pode se relacionar com a influência do fenômeno “La Nina”. O fenômeno encontra-se de maneira fraca de dezembro/2008 a fevereiro/2009 e de junho/2009 a agosto/2009 (INPE/CPTEC, 2009).

6.1.1 Variações Pluviométricas Interanuais

Entre os anos de 1985 ao primeiro semestre de 2009, ocorreram muitos eventos extremos, com intensas chuvas e estiagens. Dentre os chuvosos destacam-se: 1989, 1992 e 1997. O ano de 1989 foi o de maior acumulado registrado, 1693 mm. Nos períodos de estiagens destacam-se os de 1988 e 1999, cujos valores de precipitação total anual foram 805 mm e 658 mm, respectivamente. Os meses de fevereiro, março, abril e maio de 2009, também foram períodos de estiagens (figuras 15 e 16).

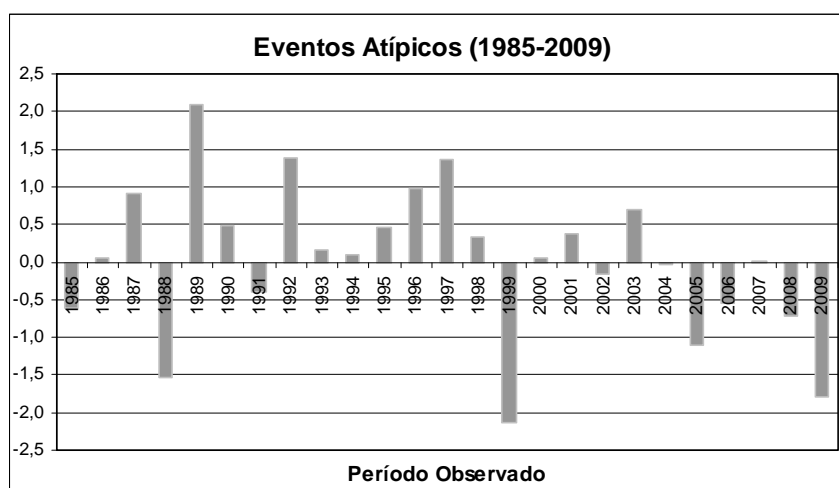


Figura 15 – Gráfico dos eventos pluviométricos extremos. Estação de Porto São Jose (1985-2009).

Fonte de dados: ANA E SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

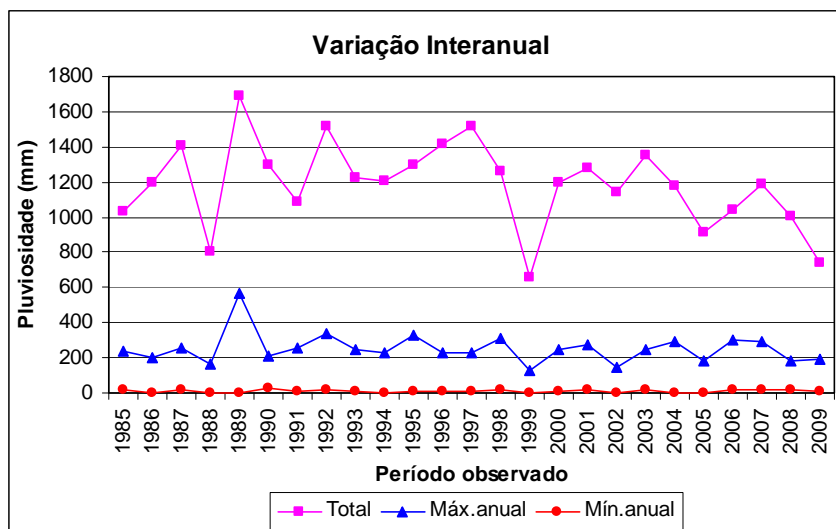


Figura 16 – Variação interanual do total de precipitação da Estação pluviométrica Porto São José no período de 1985 a 2009.

Fonte de dados: ANA E SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

6.1.2 Características Hidrológicas

Segundo França (1998), “as análises das características hidrológicas, dos registros sobre as alterações da vazão, bem como das variações dos níveis da lâmina d’água, oferecerem subsídios para os estudos sobre a interconectividade entre a planície e o rio.” As médias mensais de vazão e cotas da estação hidrológica de Porto São José do período registrado, mostram um regime hidrológico tropical típico, com maiores valores de vazão em períodos que variam de outubro a janeiro (potamofase) e menores valores de vazão (limnofase) de abril a junho (Figura 17).

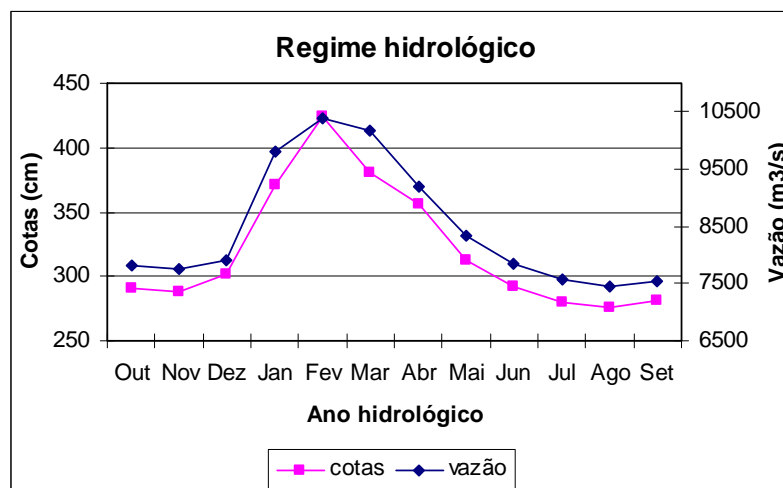


Figura 17 – Regime hidrológico de cotas e vazão referente ao ano hidrológico da Estação de Porto São Jose (1985-2009).

Fonte de dados: ANA E SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

O comportamento dos valores absolutos ao longo do período encontra-se representado na figura 18. Observa-se uma grande variação nos valores máximos, com destaque nos anos de 1986, 1990, 1997 e 2005. O valor máximo de vazão da média histórica foi de $16.687 \text{ m}^3/\text{s}$, mas no ano de 1986 o valor máximo foi de $9.625 \text{ m}^3/\text{s}$, muito abaixo da média histórica ($20.000 \text{ m}^3/\text{s}$). Contudo, os anos de 1990, 1997 e 2005 apresentaram valores de vazão e cotas superiores a média histórica. A comparação dos valores mínimos e médios destacam-se os anos de 1992 e 2001, as quais se encontram acima da média histórica. Observa-se que os anos de 1990, 1997 e 2005 sofreram influência do fenômeno “ENOS” ou “El Nino” Oscilação Sul¹⁰ (quadro 08). Na região Sul, o “El Nino” é responsável pela ocorrência de intensas precipitações, enquanto “La Nina” secas extremas (figura 19). Na primeira etapa da coleta das amostras (período águas baixas) a vazão do rio Paraná estava em média $8.183 \text{ m}^3/\text{s}$. Na segunda etapa (período de cheias) a vazão do rio Paraná estava em média $8300 \text{ m}^3/\text{s}$, lembrando que este valor de vazão do rio Paraná não é natural, pois é influenciada pelas UHE de Rosana e Porto Primavera.

¹⁰ INPE/CPTEC, 2008. “El Nino” e “La Nina”. “ENOS” é um fenômeno de intencção atmosférica – oceano associado as alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar e dos ventos alísios na região Pacífico Equatorial entre a Costa Peruana e Pacífico oeste próximo à Austrália. Representa também a diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico do Oeste (Darwin/Austrália). Esse índice está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos, consequência do aquecimento/resfriamento das águas superficiais na região. Valores negativos e positivos do índice de oscilação Sul (IOS) são indicadores da ocorrência do El Nino e La Nina.

Gueter (1998) analisou a associação do fenômeno “El Nino” com a vazão do rio Paraná em Itaipu no período de 1950 a 1996. Identificou anomalias positivas de vazão em 1957, 1972, 1982, 1983 e 1992¹¹.

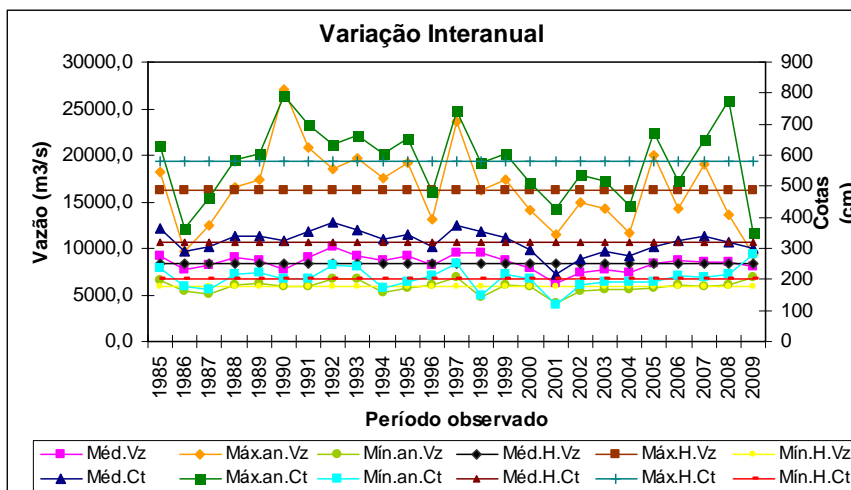


Figura 18 – Gráfico da variação interanual de vazão e cotas. Estação de Porto São Jose (1985-2009).

Fonte de dados: SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

EL NINO (INÍCIO/FIM)	LA NINA (INÍCIO/FIM)
1982 - 1983***	1970 - 1971**
1986 - 1988**	1973 - 1976***
1990 - 1993***	1983 - 1984*
1994 - 1995**	1984 - 1985*
1997 - 1998***	1988 - 1989***
2002 - 2003**	1995 - 1996*
2004 - 2005*	1998 - 2001**
2006 - 2007*	-
*Fraco, ** Moderado e ***Forte	

Quadro 08 – Ocorrência dos fenômenos El Nino e La Nina referente ao período de 1982 a 2007.

Fonte: INPE/CPTEC, 2008

Organização e adaptação: Zanetti, 2008.

¹¹ FRANÇA, Valmir de. Análise das Influências dos Pulsos das Inundações no Geossistema da Subbacia do Alto Curso do Rio Paraná, região de Porto Rico (PR) e Taquaruçu (MS). Pág 74,75. "O regime das cheias determina a dinâmica entre a interconectividade da planície com o rio. Cheias sazonais de verão, aliadas aos eventos atípicos resultam em cota elevadas dos pulsos de cheias".

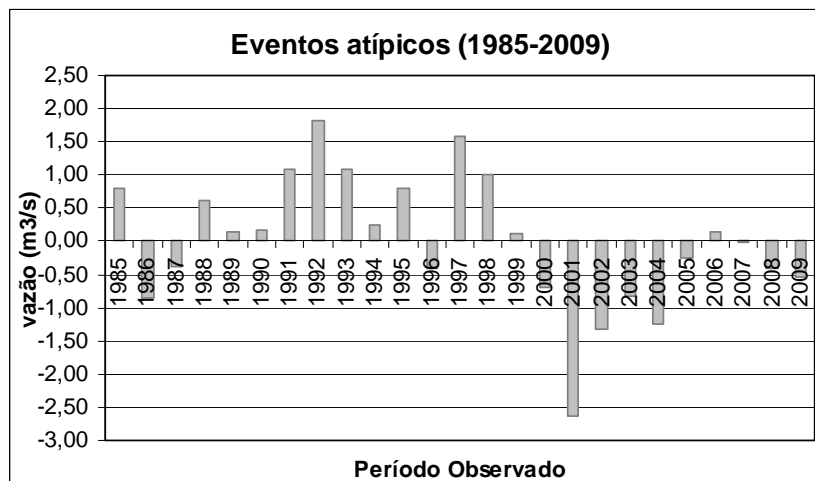


Figura 19 – Eventos fluviométricos extremos. Estação de Porto São Jose (1985-2009).
Fonte de dados: SUDERHSA, 2009.

Organização e adaptação: Zanetti, 2009.

Os parâmetros fluviométricos foram determinados a partir de médias simples da Estação de Porto São José (Tabela 01). A cota linimétrica (altitude do local que corresponde a 300m) acima de 604 cm, corresponde ao nível de estado de alerta para a Defesa Civil iniciarem os procedimentos de prevenção em áreas de risco (FRANÇA, 1998). No período observado, foram registrados treze eventos acima do nível de alerta, ou seja, acima de 600 cm, como demonstrado na figura 18. Os eventos fluviométricos atípicos da estação de Porto São José são observados na figura 19 com destaque para os anos 1992 e 1997 quando ocorreu transbordamento. Estes anos foram marcados pela ocorrência do fenômeno “El Nino” classificados como muito forte (quadro 08).

Tabela 01 – Médias fluviométricas da Estação de Porto São José. Período de 1985 a 2009.

Parâmetros Pluviométricos	Vazão (m³/s)	Cotas (cm)	
		Linimétricas	Altimétricas
Média anual	8462	320,0	551,8
Máxima anual	16293	580,0	811,8
Mínima anual	5890	200,0	431,8

Segundo França (1998), o nível da lâmina d'água na cota 236,65 m corresponde historicamente a frequência de 5% de dias de permanência neste nível (figura 20), e isto indica que este nível da lâmina d'água serve para delimitar os limites das margens plenas e do leito maior. Conforme a frequência dos pulsos de cheia, haverá interconectividade do rio com a planície de inundação, pois cada lagoa situa-se em uma altitude e a curva de permanência indica a frequência (em porcentagens) em que cota o rio invade a lagoa. Este fato é de extrema importância para controlar a biota, pois o rio carrega e retira nutrientes.

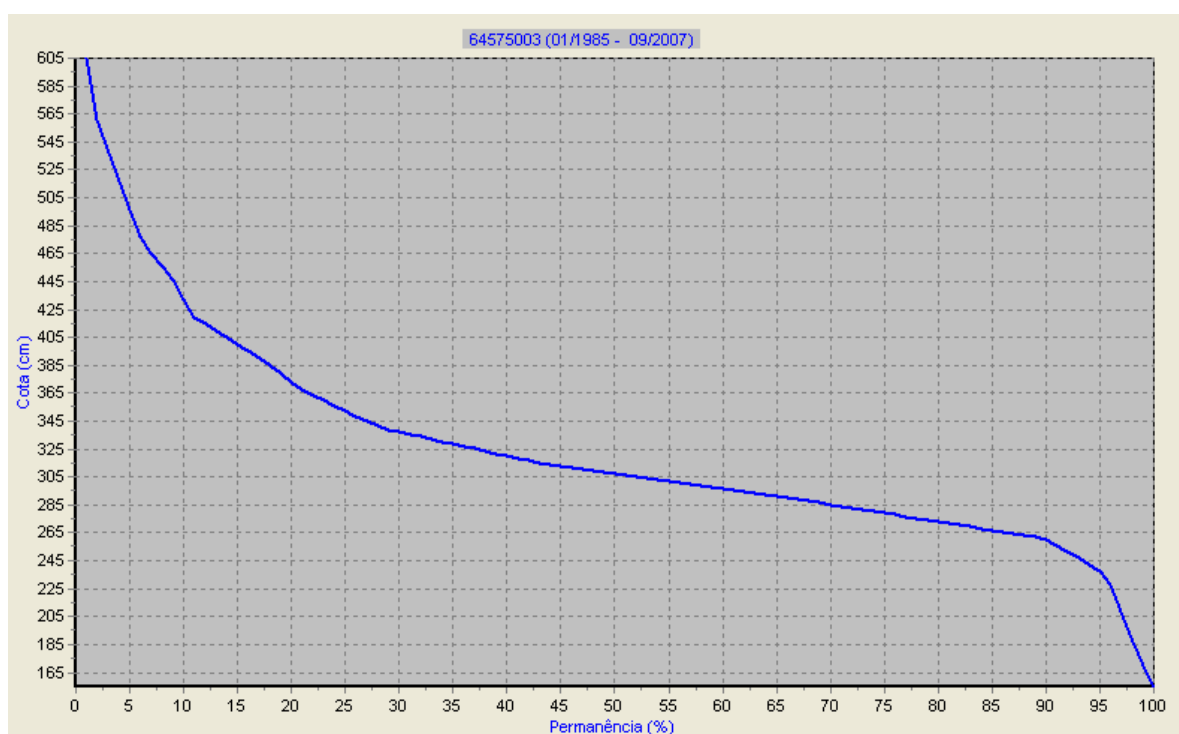


Figura 20 – Curva de permanência da Estação de Porto São José no período de 1985-2007.

Fonte de dados: ANA, 2008.

6.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A análise de uso e ocupação do solo que resulta no mapeamento temático depende de algumas características do ambiente como ondulações do terreno, época do ano (períodos de colheita, floração, etc) e variações sazonais, pois estas características proporcionam a identificação de algumas classes temáticas. A

imagem trabalhada data de 18/11/1999, identificando a passagem do satélite. Todavia, o trabalho de campo nunca deve ser descartado, favorecendo a classificação de toda área. Verifica-se que as maiores áreas são compostas basicamente por campos, vegetação e agricultura (quadro 09).

CLASSE	ÁREA (Km ²)	%
Água	100,562	9,37
Solo_nu	22,191	2,08
Vegetação Primária	158,925	14,81
Campos	597,378	55,66
Agricultura	194,084	18,08
Área total das classes	1073,14	100
Área total não classificada	0	0
Área total do Plano de Informação	1073,14	100

Quadro 09 – Cálculo de áreas (km²)/Características do uso do solo na região de Porto Rico. Imagem LANDSAT, data de passagem 18/11/1999.

Fonte: Dados da pesquisa

Na imagem de 1999 (figura 21), a classificação das áreas consideradas como campos e agricultura, encontra-se distorcida (ou seja, houve confusão entre as classes porque o sistema confundiu uma classe com a outra) provavelmente por causa da resolução espectral da imagem, pois a banda do LANDSAT adquire faixas muito grandes. Um outro fator que pode ter gerado a distorção entre as classes, reside no princípio de classificação que é o mesmo para campos e agricultura, pois são considerados vegetação, alterando-se apenas a variação da quantidade de água, de clorofila, idade da planta, espécie, tipo de solo e assim por diante. Desse modo, estima-se um erro de classificação menor que 2% para a área agricultável e maior que 5% para área de campos. As perdas e os ganhos em campos tiveram suas porcentagens um pouco diluídas, por causa da resolução espectral da imagem.

Em sensoriamento remoto a matriz de confusão é o mesmo que reduzir a sobreposição entre as distribuições de probabilidades das classes. Uma matriz de classificação ideal deve apresentar os valores da diagonal principal próximos a 100%, indicando que não houve confusão entre as classes. Entretanto, é

difícil obtê-la em imagens com alvos de características espectrais semelhantes. No trabalho desenvolvido, o desempenho médio foi de 98,08% e a confusão média foi de 1,92%. O grau de confusão é previsível principalmente com a vegetação e área urbana. Desse modo, esta confusão na classificação não influenciou o resultado no trabalho (quadro 10). A área de agricultura sazonal mais a área de solo nu provocam assoreamento no rio Paraná.

	AGUA	VEGETAÇÃO	SOLO NU	AGRICULTURA	CAMPOS
Água	100%	0%	0%	0%	0%
Vegetação Primária	0%	100%	0%	0%	0%
Solo Nu	0%	0%	100%	0%	0%
Agricultura	0%	0%	0%	98,71%	1,29%
Campos	0%	0,42%	0%	7,95%	91,63%

Quadro 10 – Análise das amostras classificadas – Matriz de confusão. Imagem LANDSAT, passagem 18/11/1999.

Fonte: dados da pesquisa

Na figura 21 que mostra o uso e a ocupação do solo da área de estudo, observa-se que nas Ilhas Mutum e Porto Rico predominam os campos representado pelas gramíneas, arbustos, bosques e sub-bosque.

A vegetação existente na margem do Estado do Mato Grosso do Sul é um pouco mais acentuada do que a do Estado do Paraná, onde apenas alguns fragmentos de vegetação aparecem, sendo que a maior parte está representada por agricultura e campos. Assim, os 500m da margem para área de preservação ambiental exigido pela Resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002, não são respeitados. O mesmo caso pode ser assinalado para os afluentes do rio Paraná, que não apresentam vegetação nas margens.

As figuras 22 e 23 representam fotografias aéreas com escalas 1/30.000 a 1/60.000, aproximadamente e mostram como eram as ilhas Mutum e Porto Rico na década de 1950. Observa-se que as ilhas apresentavam maior quantidade da vegetação original, assim como o leito do rio Paraná e Baía.

A devastação na região noroeste do Estado do Paraná iniciou-se em 1952, aproximadamente, com a extração de madeira e estabelecimento de fazendas. Posseiros e grileiros invadiram a região, nesse período, derrubaram grandes quantidades de matas e abriram novos caminhos para o Mato Grosso.

Graças as características arenosas do solo da região, o café não se estabeleceu por muito tempo, e muitas áreas foram transformadas em pastagens (ROSA, 1997). Na década de 1970 um grande número de habitantes, (quase 500 famílias) residiam nas ilhas do rio Paraná, principalmente na ilha Mutum. Neste período, destaca-se a intensa devastação das matas nativas, uma vez que se ampliou as atividades agrícolas para consumo e comercialização. Segundo Agostinho e Zalewski (1996), em épocas de seca as ilhas eram utilizadas para criação de gado, pois os fazendeiros da região encontravam dificuldades na manutenção de suas pastagens.

Segundo Rosa (1997), a produção agrícola era composta especificamente por café, algodão, milho, feijão e mandioca. Havia também a pecuária com pastagens, rebanho e capineiras.

Algumas práticas inadequadas referente a produção agrícola são apontadas:

- Falta de controle do escoamento superficial da água, perdendo nutrientes para as partes baixas;
- Uso incorreto de insumos;
- Adubação de plantio sem critérios técnicos;
- Uso incorreto e indiscriminado de agrotóxicos;
- Lavouras plantadas em quadras, facilitando a erosão.

Ações listadas são decorrentes do mau uso do solo na região, o que causa erosão principalmente em áreas ocupadas por café, lavouras anuais, pastagens e, geram conseqüentemente, a poluição do rio Paraná devido ao uso incorreto de agrotóxicos.

As ilhas situadas no rio Paraná como a Mutum e Porto Rico, atualmente constituem parte do Parque Nacional da Ilha Grande. Através da lei nº 9985 de 18/07/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza, este parque é uma unidade de “posse e domínio público, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas”. Assim, muitas famílias que residiam nas ilhas foram obrigadas a abandoná-las, mas alguns moradores ainda permanecem com os clubes de pesca com finalidades turísticas, pois obtiveram concessão de uso (por tempo limitado) pela Marinha do Brasil. Esta apresenta-se circunda por municípios com extensas atividades agrícolas e aglomerados urbanos, que contribuem direta ou indiretamente na geração de impactos ambientais nas ilhas.

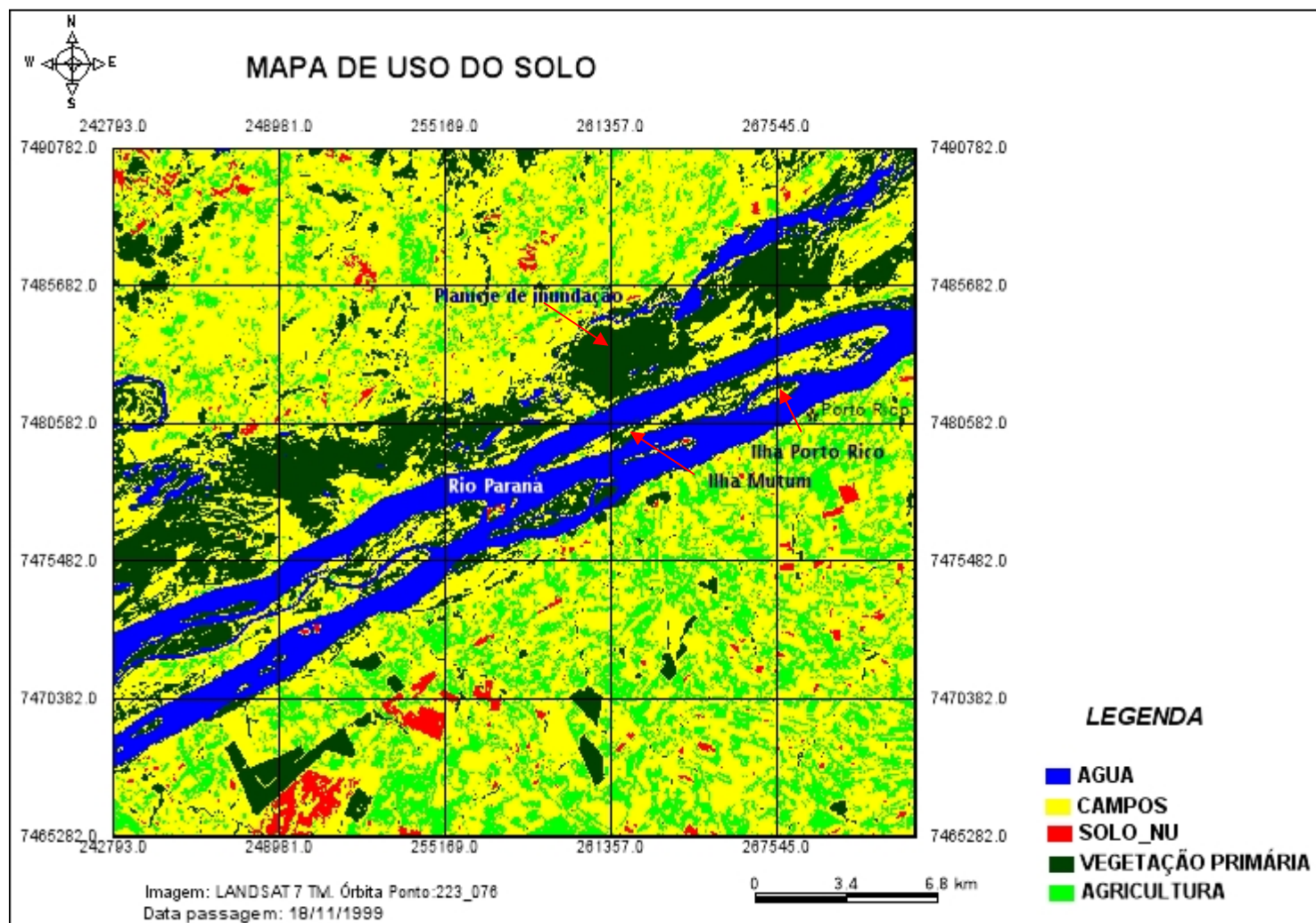


Figura 21 – Uso e ocupação do solo na região de Porto Rico (Pr), incluindo ilhas Porto Rico e Mutum.



Figura 22 – Fotografia aérea do ano de 1953 da ilha Mutum no alto rio Paraná.
Fonte: GEMA/DGEO/UEM, 2008.



Figura 23 - Fotografia aérea do ano de 1953 da ilha Porto Rico e Mutum no alto rio Paraná. Fonte: GEMA/DGEO/UEM, 2008.

6.3 QUALIDADE DE VIDA E SAÚDE DO MUNICÍPIO DE PORTO RICO

Informações sobre a saúde e qualidade de vida da população ribeirinha do município de Porto Rico são importantes, pois algumas anomalias ambientais podem ser decorrentes da implantação das barragens das usinas hidroelétricas situadas a montante e a jusante do município. É importante ressaltar que tais anomalias podem ser a fonte de impactos a saúde da população local.

O abastecimento de água na cidade e zona rural ocorre por meio de poços em geral, em propriedades particulares ou não. A rede pertence à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) que trata a água retirada de poços e distribui para a população. Assim, parte da população de Porto Rico faz o uso de água tratada e parte não, como propriedades particulares, população ribeirinha e ilhéus que tem contato direto da água do rio Paraná.

O quadro 11 demonstra o percentual de internações na cidade de Porto Rico, bem como as causas de internamentos mais comuns referentes aos anos de 2001 a 2008 em pessoas de todas as idades. Do total de internamentos, mais de 18% são oriundos de doenças respiratórias (Doença pulmonar obstrutiva crônica, pneumonias e estado de mal asmático), 10% de problemas intestinais (Diarréia e gastroenterite origem infecciosa presumível), 6% com problemas nos rins (tratamento de calculose renal), 7% infecção nas vias urinárias (tratamento de pielonefrite) e quase 5% apresentaram insuficiência cardíaca.

Somente o ano de 2008, 25,71% dos internamentos são oriundos de problemas intestinais (Diarréia e gastroenterite origem infecciosa presumível) e 13,57% são devidos a problemas pulmonares (pneumonias ou influenza). Entretanto, dos jovens e adultos, 8,57% apresentaram problemas renais e 8,57% apresentaram infecção nas vias urinárias.

Observa-se que, no caso dos internamentos de 2001 a 2008, a enfermidade principal está relacionada ao tratamento de doenças do aparelho respiratório seguido de doenças infecciosas ou intestinais (Diarréia e gastroenterite). Os dados obtidos no *site* do Datasus para o município de Porto Rico, também indicam que em 2006, 13,7% das causas de internamentos são relacionadas a doenças no aparelho respiratório, circulatório e genitúrio e 12,7% a problemas digestivos. Em 2007, 15,4% do total de internamentos são relacionados a problemas respiratórios, 14,2% no aparelho genitúrio e

13,4% no aparelho circulatório. Assim, observa-se que as maiores causas dos internamentos do município de Porto Rico, nos últimos três anos reside nas enfermidades dos aparelhos respiratórios, circulatório e doenças infecciosas (na maior parte gastroenterite).

No Brasil as maiores causas de doenças de 1995 a 2005 foram relacionadas ao aparelho respiratório (13,7%) em todas as regiões, seguida de doenças do aparelho circulatório (10,3%) e doenças do aparelho digestivo (8,5%) (REDE, 2008). Observa-se que a nível local os internamentos ocorridos devido a problemas no sistema digestivo se encontram acima da média nacional para o período de 2001 a 2008 e merecem atenção especial na investigação da origem e a influência da água e na suas características geoquímicas.

Canesso (2009) também observou que os maiores motivos dos internamentos, referente ao ano de 2001 a 2007 se destacam doenças do aparelho respiratório, digestivo e circulatório.

Tomanik e Bercini (2000) também verificaram as causas das internações em 1999, no município de Porto Rico, tratam-se de doenças do aparelho respiratório, as quais foram responsáveis por quase a metade das hospitalizações de indivíduos do sexo masculino, seguidas pelas doenças do aparelho circulatório. Dentre as mulheres, 33,3% foram internadas por motivos de doenças do aparelho geniturinário, 34,6% por doenças do aparelho circulatório e digestivo e 14,7% por doenças do aparelho respiratório. Nas crianças foram constatadas doenças infecciosas e parasitárias. Dos 40 a 59 anos, as doenças do aparelho circulatório somadas às do aparelho geniturinário foram responsáveis por 70,0% do total das hospitalizações. Entre os indivíduos com 60 anos ou mais, as doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório causaram juntas 82,6% das internações.

Desse modo, alguns casos de doenças como problemas nos rins, hipertensão arterial, diarreia e gastroenterite merecem maior atenção, pois os elementos químicos presentes em maiores concentrações como chumbo, manganês, cádmio, alumínio e bário (analisados neste trabalho) podem ser responsáveis, ou apresentam alguma relação com estas doenças apontadas nas UBS do município de Porto Rico, Pr. Por outro lado as enfermidades relacionadas a gastroenterite relaciona-se fortemente a falta de saneamento básico e higiene pessoal.

Portanto, a região local não é a única afetada, porque a contribuição local pode também afetar. Contudo, há um equilíbrio entre os períodos de seca e chuva, assim

pode haver uma variação local, porém, a zona de contribuição pode interferir na área de estudo. Desta forma, seria necessário maiores investigações (o qual não é escopo deste trabalho).

Enfermidades/Internamentos Porto Rico - PR	Total por Ano									Total	Percentual
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			
Aborto espontâneo	2	1	3	0	1	3	0	1	11	0,96%	
Acid vascular cerebral (isquêmico ou hemorrágico)	4	1	3	1	4	3	0	3	19	1,66%	
Ameaça de aborto	0	0	0	0	2	0	0	3	5	0,44%	
Apendicite aguda	3	1	1	0	4	1	1	0	11	0,96%	
Cefaléia	1	1	0	2	2	2	0	0	8	0,70%	
Cirurgia Colpoperineoplastia	19	0	0	1	0	2	0	0	22	1,93%	
Cirurgia Hemorróida (hemorroidectomia)	3	1	1	0	0	0	0	0	5	0,44%	
Cirurgia Perinioplastia	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0,44%	
Cirurgia remoção de cisto	2	0	0	0	1	1	0	0	4	0,35%	
Colescistite calculose	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,26%	
Colescistectomia (Calculose da visícula biliar sem	2	1	3	3	0	5	1	1	16	1,40%	
Cólica biliar	2	0	6	0	0	0	0	0	8	0,70%	
Depressão grave	0	1	0	0	4	0	0	0	5	0,44%	
Desnutrição	0	0	0	0	2	0	1	1	4	0,35%	
Diabetes mellitus	1	0	1	0	2	0	1	2	7	0,61%	
Diarréia e gastroenterite origem infec. presumível	28	0	19	5	22	3	0	36	113	9,89%	
Dores torácicas	2	7	0	0	0	13	1	0	23	2,01%	
DPOC (doença pulmonar obst. crônica)	34	0	6	1	0	0	7	0	48	4,20%	
Efeito tóxico de veneno de serpente	0	12	0	0	1	0	0	1	14	1,23%	
Encefalopatia hipertensivo	4	0	0	0	0	1	1	0	6	0,53%	
Entero infecção	15	0	2	0	0	0	0	0	17	1,49%	
Envenenamento por drogas e substâncias biológicas	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,18%	
Epilepsia e síndrome epil.idiop.def.por local (focal)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,09%	
Hemorragia digestiva	26	0	9	0	1	2	0	0	38	3,33%	
Hérnia inguinal unilateral ou ã espec.	14	3	6	0	12	0	0	3	38	3,33%	
Histerectomia total	0	4	3	0	5	10	1	5	28	2,45%	
Hipertensão arterial	14	0	3	3	1	2	0	4	27	2,36%	
Insuficiência cardíaca	30	0	12	0	2	0	4	5	53	4,64%	
Intoxicação aguda	0	2	0	0	2	1	4	2	11	0,96%	
Intoxicação alimentar	1	15	0	0	5	6	0	0	27	2,36%	
IRA (Infecção respirat.aguda)	3	0	1	1	0	5	0	0	10	0,88%	
Litíase	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%	
Parto Cesariana	10	2	9	0	1	0	1	0	23	2,01%	
Parto Espontâneo (normal)	80	0	30	2	26	7	4	13	162	14,19%	
Pneumonia bacteriana	41	10	2	1	15	9	1	0	79	6,92%	
Pneumonia do lar D	7	1	6	1	5	0	1	0	21	1,84%	
Tratamento de pielonefrite (pielonefrite obstrutiva)	9	1	3	1	14	11	6	12	57	4,99%	
Trabalho de parto precipitado	0	4	0	0	2	2	3	3	14	1,23%	
Trat. doenças crônicas vias aéreas inferiores (esta	43	11	9	1	0	9	3	5	81	7,09%	
Tratamento de calculose renal	30	4	4	0	14	4	1	12	69	6,04%	
Tratamento de pneumunias ou influenza (gripe)	0	0	2	4	5	4	0	19	34	2,98%	
Úlcera duodenal - crônica ou ã espec. com hem. (f	0	0	0	4	4	4	0	1	13	1,14%	
Total Geral	435	84	144	31	162	110	42	134	1142	100,00%	

Quadro 11 – Enfermidades Hospitalares por local de internação - Porto Rico (PR) - Período:Jan Dez/2001-2008.

Fonte: Hospital Minicipal Nossa Senhora dos Navegantes

6.4 HIDROGEOQUÍMICA

A precipitação local interfere diretamente no ciclo hidrológico de chuvas e provoca escoamento superficial, subsuperficial e variação na vazão do rio. Ou seja, também as amostras coletadas podem ter sofrido interferências a depender do regime climático.

Os resultados hidrogeoquímicos das análises da área de estudo foram confrontados com a Resolução CONAMA 357 (2005) para verificar se o rio Paraná se enquadra dentro dos parâmetros de qualidade de água exigidos para rios de classe 2, conforme esta resolução. É importante conhecer os processos químicos que ocorrem em águas naturais, para poder inferir corretamente qual anomalia hidrogeoquímica observada resulte de ação natural ou de agentes antrópicos. Sendo assim, os indicadores hidrogeoquímicos podem contribuir na avaliação da relação entre água e saúde, e por conseqüência na qualidade ambiental da planície de inundação do rio Paraná.

As figuras 24 e 25 mostram a localização dos 34 pontos de coleta realizados na área de estudo.

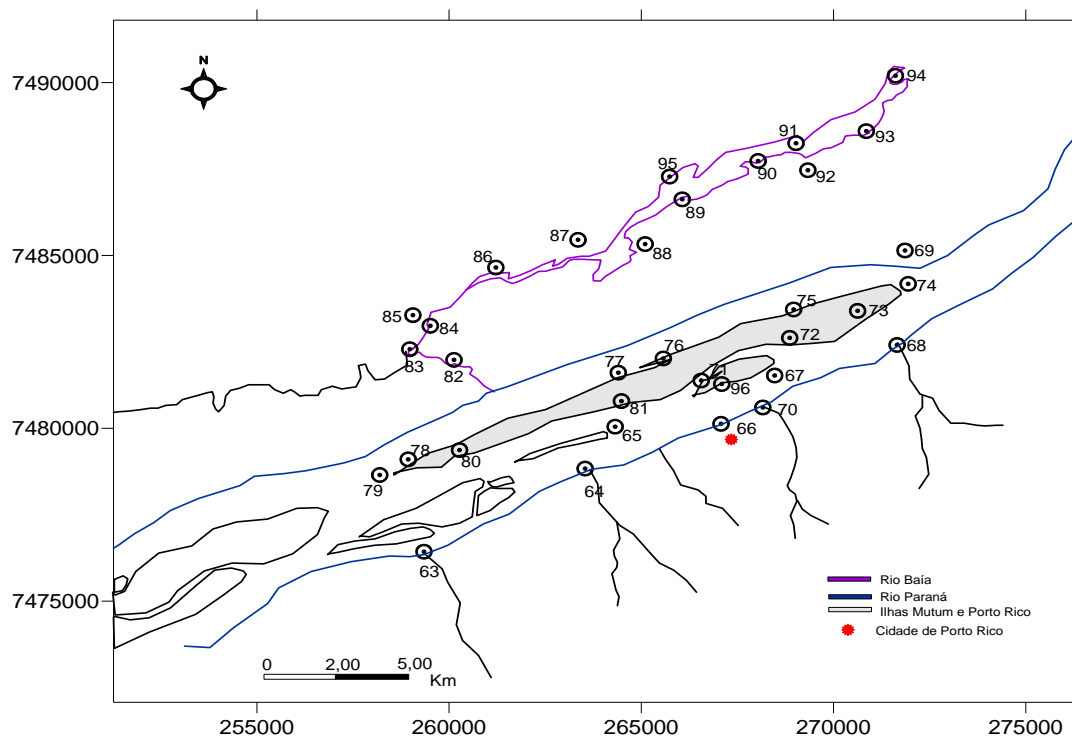


Figura 24 – Localização dos pontos em período de águas baixas no alto rio Paraná, da região de Porto Rico (PR).

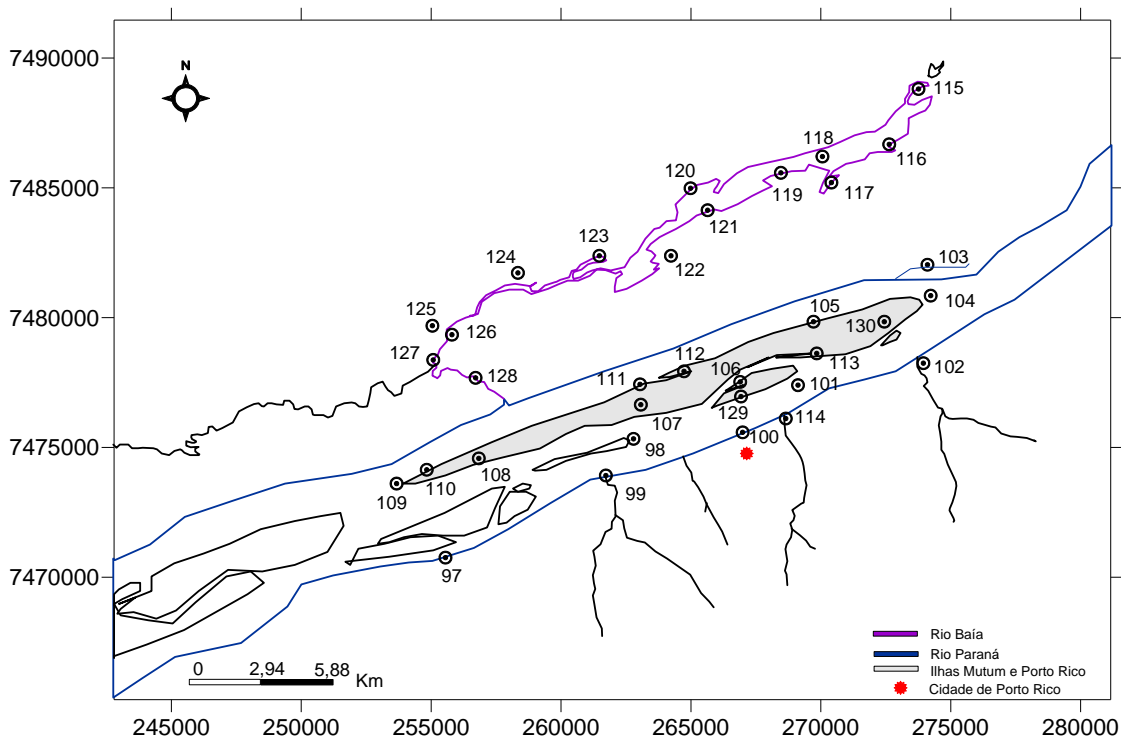


Figura 25 – Localização dos pontos em período de cheias no alto rio Paraná, da região de Porto Rico (PR).

A primeira amostragem representa o período de águas baixas (agosto de 2008) com identificação das amostras entre 63 a 97. A segunda representa o período de cheias (março de 2009) e as amostras foram identificadas entre 97 a 130. Os quadros 12 e 13 demonstram os resultados analíticos dos 34 pontos de coleta no período de águas baixas e no período de cheias.

6.4.1 Análise dos Componentes Principais

A tabela 02 apresenta as correlações entre as variáveis hidrogeoquímicas identificadas no local de estudo.

Assim, observa-se na tabela 02 (amostras do período de águas baixas) as correlações positivas para as substâncias: ferro, magnésio e cálcio. O ferro correlacionou-se positivamente com o manganês ($r=0,90$), o magnésio correlacionou-se positivamente com o estrôncio ($r=0,91$), cálcio ($r=0,83$) e manganês ($r=0,73$) e o cálcio correlacionou-se com o estrôncio ($r=0,92$). O ferro ($r= -0,72$), manganês ($r= -0,65$) e o magnésio ($r= -0,8$) se

correlacionaram negativamente com o cobalto, ou seja a correlação foi inversamente proporcional.

Na tabela 03 observa-se as correlações das amostras no período de cheias. Neste período, diversas substâncias tiveram correlações positivas, como o magnésio que correlacionou-se com o cálcio ($r=0,99$), manganês com o ferro ($r=0,99$) e o ferro com o zinco ($r=0,95$). Esta correlação indica que as amostras que apresentarem magnésio, mais de 90% de certeza que contenha o Ca, Zn e Ba, e mais de 80% de certeza que contenha o Mn, Fe, Pb, Cd, P e Cu. Porém, o magnésio se correlacionou negativamente com o níquel ($r= -0,62$) e o níquel correlacionou-se negativamente com o Pb, Cd, P, Al, Ba, Co e Cu.

A distribuição gráfica para todas as correlações, contudo, demonstra através das figuras 26 e 27 algumas correlações positivas e negativas de ambos os períodos de coleta. Para os valores positivos, quanto mais próximo os pontos, maior a linearidade e maior correlação.

Amostras	Coordenadas		Parâmetros Físicos		Parâmetros Hidrogeoquímicos (mg/L)																	
	UTM N-S	UTM L-O	PH	Temperatura	Fe	Na	K	Si	Mg	Ca	Sr	Ni	Mn	Zn	Pb	Cd	P	Cr	Al	Ba	Co	Cu
63	259314	7476414	7,2	20,5	0,343	1,853	4,293	0,357	1,25	3,283	0,024	ND	0,173	0,057	ND	ND	0,007	ND	0,12	0,043	ND	ND
64	263516	7478868	7,1	21,5	0,453	1,3	3,357	9,457	0,943	1,617	0,017	ND	0,053	0,033	0,137	ND	0,02	ND	0,12	0,133	ND	0,007
65	264227	7480021	7,6	22,5	0,1	3,397	1,637	5,807	1,047	3,237	0,024	ND	0,002	0,103	ND	ND	0,017	ND	0,117	0,03	ND	ND
66	267035	7480182	7,6	22,5	0,19	3,683	1,657	7,107	1,343	3,877	0,028	ND	0,003	0,067	ND	ND	0,01	ND	0,163	0,033	ND	ND
67	268495	7481528	7,5	22,5	0,05	3,467	1,48	0,2	1,06	3,267	0,026	ND	0,001	0,03	ND	ND	ND	ND	0,067	0,03	ND	ND
68	271675	7482463	7	21,5	0,697	1,447	3,373	12,213	1,043	1,627	0,019	ND	0,04	0,063	ND	ND	0,023	ND	0,173	0,157	ND	ND
69	271842	7485227	7,1	23,5	0,933	3,013	1,617	6,17	1,013	3,033	0,024	ND	0,017	0,113	ND	ND	0,03	ND	0,793	0,037	ND	ND
70	268170	7480649	7	21	0,517	3,297	4,253	18,06	1,263	1,837	0,024	ND	0,087	0,08	ND	ND	0,03	ND	0,103	0,173	ND	ND
71	267019	7481655	6,7	22	0,43	3,34	1,837	5,507	0,967	3,283	0,026	ND	0,017	0,297	ND	ND	0,013	ND	0,187	0,117	ND	ND
72	268885	7482605	6,4	22,5	1,69	3,293	2,363	5,677	0,957	3,403	0,025	ND	0,047	0,013	ND	ND	0,037	ND	0,133	0,037	ND	ND
73	270658	7483424	6,3	21	7,66	3,117	0,547	5,863	1,267	3,003	0,024	ND	0,26	0,05	0,01	ND	0,133	ND	3,767	0,047	ND	ND
74	271938	7484225	6,3	22	0,073	3,23	1,583	5,923	0,92	2,973	0,023	ND	0,001	0,05	ND	ND	0,003	ND	0,083	0,027	ND	ND
75	268926	7483535	7,4	22,5	0,11	3,203	1,63	5,297	0,93	3,103	0,023	ND	0,003	0,04	ND	ND	0,01	ND	0,087	0,027	ND	ND
76	265515	7482021	6,8	24	0,44	3,027	1,42	4,63	0,79	2,617	0,02	ND	0,01	0,003	ND	ND	0,02	ND	0,143	0,027	ND	ND
77	264282	7481628	7,4	22	0,277	3,11	1,643	5,547	1,09	3,473	0,025	ND	0,007	0,007	ND	ND	0,007	ND	0,077	0,03	ND	ND
78	258893	7479046	6,9	23	0,177	3,137	1,537	0,787	1,01	3,123	0,025	ND	0,007	0,023	ND	ND	0,007	ND	0,083	0,037	ND	ND
79	258104	7478618	7,6	22	0,093	3,273	1,56	5,617	1,037	3,233	0,025	ND	0,001	0,08	ND	ND	0,007	ND	0,093	0,06	ND	ND
80	260211	7479535	7,5	22	0,12	3,673	1,633	6,087	1,073	3,36	0,026	ND	0,002	0,16	ND	ND	0,007	ND	0,117	0,147	ND	ND
81	264439	7480852	7	24,5	0,163	3,373	1,47	5,807	0,97	3,197	0,024	ND	0,003	0,427	ND	ND	0,013	ND	0,093	0,093	ND	ND
82	260093	7482010	7,4	22	0,227	3,16	1,523	5,513	0,96	3,133	0,023	ND	0,007	0,027	ND	ND	0,01	ND	0,143	0,03	ND	ND
83	258961	7482303	6,8	22	0,787	1,853	1,353	6,283	0,45	1,82	0,012	ND	0,033	0,02	ND	ND	0,08	ND	0,173	0,033	ND	ND
84	259472	7483031	6	21,5	2,83	1,677	3,323	0,573	1,19	3,307	0,022	ND	0,22	0,04	ND	ND	0,153	ND	0,32	0,047	ND	ND
85	259064	7483286	6,5	23	11,267	2,973	6,903	2,66	2,717	6,42	0,042	ND	1,28	0,02	ND	ND	0,213	ND	0,333	0,12	0,011	ND
86	261152	7484781	6,1	22	0,803	2,223	1,703	7,15	0,487	1,827	0,012	ND	0,037	0,017	ND	ND	0,027	ND	0,21	0,037	ND	ND
87	263324	7485490	6,4	22	0,977	3,113	1,543	5,243	0,473	1,937	0,012	ND	0,033	0,017	ND	ND	0,03	ND	0,773	0,033	ND	ND
88	265096	7485402	6,4	22,5	0,91	1,81	1,353	0,137	0,397	1,643	0,011	ND	0,027	0,36	0,047	0,004	0,027	ND	7,22	0,043	ND	ND
89	266033	7486742	5,4	21,5	4,54	2,23	0,747	0,1	0,93	4,543	0,029	ND	0,307	0,137	ND	ND	0,02	ND	0,65	0,1	0,011	0,007
90	268033	7487896	6,5	22	1,103	1,43	1,127	7,043	0,34	1,387	0,009	ND	0,03	0,087	ND	ND	0,04	ND	0,253	0,037	ND	ND
91	269055	7488368	6,4	22	0,743	1,547	1,79	5,917	0,42	1,79	0,011	ND	0,023	0,05	ND	ND	0,02	ND	0,153	0,04	ND	0,003
92	269363	7487624	6,4	23	1,257	1,447	1,22	5,97	0,42	1,653	0,011	ND	0,03	0,163	ND	ND	0,033	ND	0,187	0,043	ND	0,002
93	270839	7488759	5,6	24	2,853	1,247	0,68	5,213	0,39	1,88	0,011	ND	0,103	0,02	0,033	0,005	0,097	ND	0,187	0,043	ND	0,004
94	271624	7490360	6,5	22	1,04	1,437	1,127	6,433	0,347	1,423	0,009	ND	0,033	0,013	ND	ND	0,03	ND	0,177	0,033	ND	0,002
95	268827	7487348	5,9	22	1,143	4,18	3,05	4,387	0,513	2,05	0,013	ND	0,043	0,017	ND	ND	0,05	ND	0,363	0,053	ND	0,002
96	267031	7481303	6,4	20	1,56	3,21	1,92	5,2	0,96	3,55	0,027	ND	0,08	0,043	ND	ND	0,047	ND	0,093	0,04	ND	ND
Resolução CONAMA 357 de 2005			6 a 9	Não especificado	0,3mg/L	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado	Não especificado	0,025 mg/L	0,1 mg/L	0,18 mg/L	0,01 mg/L	0,001mg/L	0,05mg/L	0,05 mg/L	0,1 mg/L	0,7 mg/L	0,05 mg/L	0,009mg/L

ND - não detectado Ni (< 0,001) Pb (< 0,005) Cd (< 0,005) P (< 0,003) Cr (< 0,003) Co (< 0,01) Cu (< 0,04)

Quadro 12 – Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nos pontos de coleta no período de águas baixas alto rio Paraná (Porto Rico, Pr).

Amostras	Coordenadas		Parâmetros Físicos			Parâmetros Hidrogeoquímicos (mg/L)																	
	UTM N-S	UTM L-O	PH	Temp	Cond	Na	K	Si	Mg	Ca	Sr	Ni	Mn	Fe	Zn	Pb	Cd	P	Cr	Al	Ba	Co	Cu
97	259314	7476414	6,60	21,9	90,3	2,2	3,6	0,593	0,070	0,170	0,001	ND	0,004	0,032	ND	ND	ND	ND	ND	0,002	0,007	ND	ND
98	263516	7478868	6,70	22,1	58,6	2,2	3,9	0,613	0,077	0,073	0,001	ND	0,004	0,036	ND	ND	ND	ND	ND	0,003	0,010	ND	ND
99	264227	7480021	6,53	28,5	75	3,6	1,8	0,197	0,053	0,133	0,001	ND	ND	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	0,007	0,001	ND	ND
100	267035	7480182	6,61	28	66,7	3,3	1,8	0,230	0,070	0,160	0,001	ND	0,0002	0,010	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	0,001	ND	ND
101	268495	7481528	6,80	28,8	72,1	3,6	1,8	0,197	0,057	0,133	0,001	ND	ND	0,007	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	0,001	ND	ND
102	271782	7482210	6,50	22,6	48,5	3,8	7,7	1,103	0,130	0,157	0,002	ND	0,006	0,085	0,0003	0,001	ND	ND	ND	0,007	0,017	ND	ND
103	271842	7485227	6,90	29,9	60,2	3,7	1,9	0,183	0,057	0,130	0,001	ND	0,001	0,018	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	0,001	ND	ND
104	271938	7484225	6,40	30	67,8	11,1	6,3	0,573	0,147	0,440	0,003	ND	0,0002	0,018	0,0002	0,001	ND	ND	ND	0,022	0,004	ND	ND
105	268926	7483535	6,50	29,3	66,6	3,6	1,8	0,167	0,043	0,180	0,001	ND	0,0002	0,007	ND	ND	ND	ND	ND	0,004	0,001	ND	ND
106	267019	7481655	6,30	34,4	75,5	10,8	6	0,560	0,173	0,457	0,003	ND	0,002	0,129	0,0003	0,001	0,0001	0,003	ND	0,005	0,004	ND	ND
107	264439	7480852	6,30	30,4	58,1	12,1	6,7	0,640	0,170	0,637	0,005	ND	0,010	0,101	0,001	0,001	ND	0,006	0,0002	0,016	0,006	ND	0,0004
108	260211	7478353	6,20	29,8	61,4	3,5	1,8	0,193	0,053	0,133	0,001	ND	0,0003	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	0,007	0,001	ND	ND
109	258104	7478618	7,10	29,2	76,8	3,6	1,8	0,193	0,053	0,133	0,001	ND	ND	0,007	ND	ND	ND	ND	ND	0,006	0,001	ND	ND
110	258893	7479046	6,30	29,3	59,2	3,7	1,8	0,187	0,053	0,133	0,001	ND	0,002	0,038	ND	ND	ND	ND	ND	0,002	0,001	ND	ND
111	264346	7481627	6,90	30	71,7	3,6	1,8	0,190	0,053	0,133	0,001	ND	ND	0,006	ND	ND	ND	ND	ND	0,005	0,001	ND	ND
112	265515	7482021	6,70	31,5	57,5	3,7	1,6	0,197	0,053	0,127	0,001	ND	0,001	0,027	ND	ND	ND	ND	ND	0,001	0,001	ND	ND
113	268885	7482605	6,60	28,9	63,2	3,6	1,8	0,200	0,057	0,143	0,001	ND	0,001	0,022	ND	ND	ND	ND	ND	0,004	0,001	ND	ND
114	268170	7480649	6,50	24,8	67,7	9,8	10,1	2,093	0,203	0,247	0,003	ND	0,016	0,088	0,0004	0,001	ND	0,004	ND	0,003	0,020	ND	ND
115	271621	7490360	6,08	28	32,6	1,9	1,3	0,273	0,027	0,087	0,001	ND	0,005	0,086	0,0002	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
116	270889	7488807	5,70	27,5	25,5	2,1	1,1	0,350	0,020	0,073	ND	ND	0,007	0,220	0,001	ND	ND	0,006	ND	0,009	0,002	0,0002	0,0002
117	269387	7487650	5,95	28,7	29,5	1,8	1,2	0,260	0,030	0,083	0,001	ND	0,002	0,102	0,001	ND	ND	ND	ND	0,003	0,002	ND	ND
118	269108	7488400	6,10	29,3	25,7	1,6	1,2	0,260	0,020	0,073	ND	ND	0,002	0,057	0,0004	0,001	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
119	268070	7487976	6,20	29	32	1,8	1,3	0,277	0,030	0,077	0,001	ND	0,005	0,104	0,0003	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
120	265735	7487397	6,15	28,9	29,3	1,9	1,3	0,270	0,023	0,077	0,001	ND	0,003	0,060	0,0004	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
121	266118	7486804	5,50	28	34,5	9,2	2,2	0,937	0,080	0,277	0,002	0,011	0,031	0,830	0,004	0,001	0,0001	0,023	0,0003	0,054	0,010	0,001	0,001
122	265172	7485462	5,85	29,3	33,3	2,587	1,963	1,710	1,073	3,000	0,020	0,038	0,114	3,042	0,016	0,004	0,0002	0,046	0,002	0,084	0,062	0,001	0,002
123	263351	7485416	5,88	29,3	33,2	2,7	1,3	0,270	0,027	0,080	0,001	ND	0,002	0,068	0,0002	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	0,0002
124	261262	7484812	6,10	30,2	31,2	1,9	1,3	0,270	0,023	0,080	0,001	ND	0,004	0,064	0,0003	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
125	259108	7483219	5,60	29,5	38,7	0,9	0,4	0,070	0,043	0,190	0,001	ND	0,008	0,331	0,001	ND	ND	ND	ND	0,002	0,003	0,0002	ND
126	259519	7483082	5,85	29	73,7	4,8	5	0,253	0,097	0,230	0,001	ND	0,026	0,297	0,002	ND	ND	0,007	ND	0,011	0,003	0,0003	0,0003
127	259002	7482346	6,20	30,3	31,4	2	1,3	0,273	0,023	0,083	0,001	ND	0,004	0,063	0,0004	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
128	259049	7482042	6,10	30,2	39,4	2	1,2	0,273	0,023	0,083	0,001	ND	0,004	0,064	0,0003	ND	ND	ND	ND	0,002	0,002	ND	ND
129	267075	7481342	6,51	29,8	107,9	4,1	3	0,167	0,100	0,307	0,002	ND	0,011	0,187	0,0003	ND	ND	0,005	ND	0,001	0,003	ND	ND
130	270697	7483468	6,00	28,5	163,4	9,4	4,2	0,273	0,210	0,423	0,004	0,013	0,060	1,501	0,003	0,001	0,0001	0,035	0,0002	0,074	0,014	0,001	0,001
Resolução CONAMA, 357 de 2005			6 a 9	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,025 mg/L	0,1 mg/L	0,3mg/L	0,18 mg/L	0,01 mg/L	0,001 mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L	0,1 mg/L	0,7 mg/L	0,05 mg/L	0,009 mg/L
NE- Não especificado; ND- Não detectad; Ni (< 0,001)																							

Quadro 13 – Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nos pontos de coleta no período de cheias do alto rio Paraná (Porto Rico, Pr).

Tabela 02 – Matriz de correlação das variáveis hidrogeoquímicas analisadas no período de águas baixas.

Valores positivos são diretamente proporcionais (em azul)

Valores negativos são inversamente proporcionais (em vermelho)

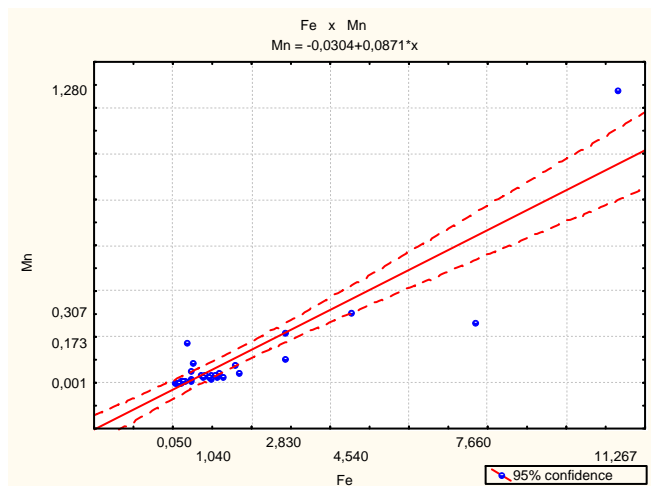
	PH	Temp	Fe	Na	K	Si	Mg	Ca	Sr	Ni	Mn	Zn	Pb	Cd	P	Cr	Al	Ba	Co	Cu	
PH	1,00																				
Temp	0,04	1,00																			
Fe	-0,45	-0,03	1,00																		
Na	0,37	0,08	-0,07	1,00																	
K	0,07	-0,22	0,39	0,02	1,00																
Si	0,21	-0,15	-0,21	-0,01	0,14	1,00															
Mg	0,30	-0,07	0,57	0,39	0,69	-0,05	1,00														
Ca	0,14	0,04	0,52	0,50	0,36	-0,42	0,83	1,00													
Sr	0,33	-0,05	0,39	0,58	0,43	-0,16	0,91	0,92	1,00												
Ni	0,11	0,15	0,05	0,52	0,03	0,17	0,24	0,21	0,29	1,00											
Mn	-0,25	-0,01	0,90	-0,03	0,67	-0,21	0,73	0,64	0,52	0,02	1,00										
Zn	0,04	0,27	-0,13	0,04	-0,17	-0,08	-0,08	0,00	0,02	-0,25	-0,13	1,00									
Pb	0,24	-0,02	-0,26	0,34	0,15	0,03	0,14	0,27	0,25	0,23	-0,04	-0,13	1,00								
Cd	0,32	-0,29	-0,06	0,34	0,20	0,20	0,30	0,25	0,33	0,16	0,03	-0,28	0,68	1,00							
P	0,23	0,06	-0,10	0,16	-0,07	-0,27	0,06	0,08	0,13	0,10	-0,07	-0,09	0,06	0,04	1,00						
Cr	-0,23	-0,11	0,01	-0,40	0,19	0,05	-0,17	-0,25	-0,32	-0,31	0,12	-0,29	0,01	-0,14	0,10	1,00					
Al	-0,21	-0,04	0,23	-0,12	-0,18	-0,25	-0,13	-0,15	-0,18	-0,24	0,05	0,42	-0,63	-0,60	-0,06	-0,02	1,00				
Ba	0,06	-0,18	0,18	-0,01	0,50	0,49	0,39	0,09	0,30	0,01	0,28	0,29	-0,06	0,10	-0,12	-0,15	-0,09	1,00			
Co	0,34	-0,02	-0,72	0,02	-0,37	0,29	-0,52	-0,65	-0,50	0,16	-0,80	0,00	-0,09	-0,06	0,04	-0,14	0,01	-0,30	1,00		
Cu	0,49	-0,05	-0,08	0,45	0,12	0,01	0,40	0,32	0,44	0,40	0,01	0,10	0,27	0,18	0,09	-0,28	0,10	-0,05	0,18	1,00	

Tabela 03 – Matriz de correlação das variáveis hidrogeoquímicas analisadas no período de cheias.

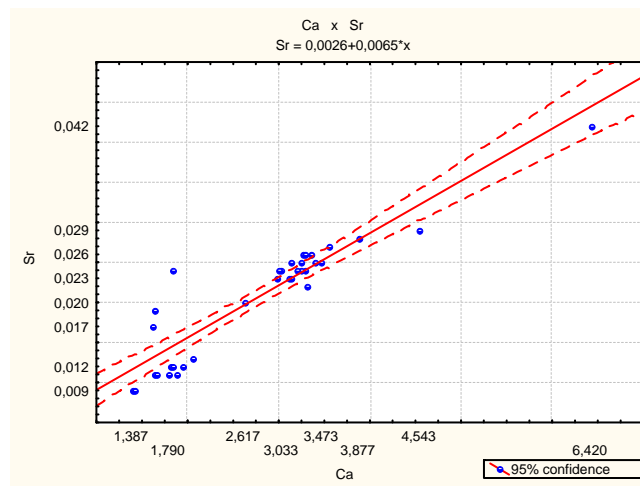
Valores positivos são diretamente proporcionais (em azul)

Valores negativos são inversamente proporcionais (em vermelho)

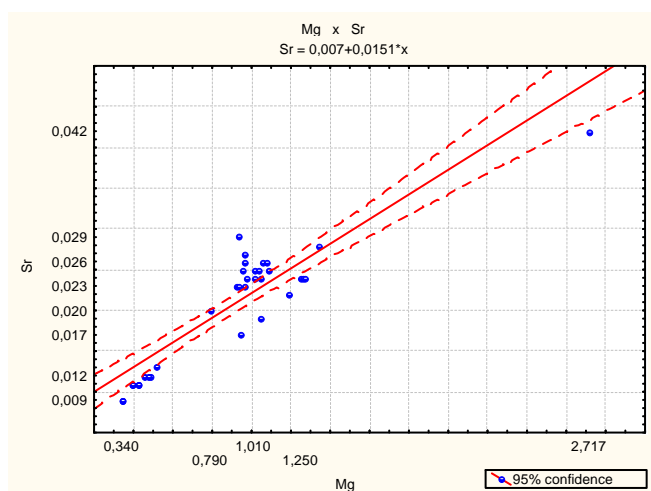
	PH	Temp	Cond	Na	K	Si	Mg	Ca	Sr	Ni	Mn	Fe	Zn	Pb	Cd	P	Cr	Al	Ba	Co	Cu	
PH	1,00																					
Temp	-0,13	1,00																				
Cond	0,39	-0,06	1,00																			
Na	0,02	0,18	0,44	1,00																		
K	0,17	-0,31	0,36	0,73	1,00																	
Si	-0,11	-0,40	-0,08	0,39	0,66	1,00																
Mg	-0,17	0,01	0,04	0,17	0,20	0,65	1,00															
Ca	-0,21	0,11	-0,01	0,15	0,11	0,56	0,99	1,00														
Sr	-0,26	-0,03	-0,29	-0,19	-0,18	-0,07	-0,11	-0,10	1,00													
Ni	0,42	0,01	-0,22	-0,30	-0,01	-0,39	-0,62	-0,61	0,08	1,00												
Mn	-0,40	-0,02	0,15	0,16	0,10	0,54	0,89	0,88	-0,06	-0,85	1,00											
Fe	-0,41	0,03	0,10	0,11	0,00	0,48	0,89	0,89	-0,04	-0,86	0,99	1,00										
Zn	-0,38	0,04	-0,08	0,04	-0,02	0,54	0,94	0,95	-0,03	-0,76	0,95	0,96	1,00									
Pb	-0,26	0,06	-0,06	0,32	0,32	0,74	0,89	0,87	0,10	-0,62	0,79	0,79	0,84	1,00								
Cd	-0,32	0,18	0,15	0,28	0,09	0,48	0,85	0,84	-0,08	-0,82	0,88	0,91	0,87	0,85	1,00							
P	-0,41	0,03	0,24	0,29	0,09	0,47	0,80	0,79	-0,02	-0,94	0,96	0,96	0,88	0,74	0,89	1,00						
Cr	0,07	0,09	0,13	0,50	0,60	0,52	0,12	0,04	-0,06	0,08	-0,01	-0,05	-0,05	0,35	0,22	-0,01	1,00					
Al	-0,36	0,02	0,27	0,37	0,11	0,43	0,74	0,73	-0,07	-0,95	0,90	0,91	0,82	0,69	0,85	0,97	-0,09	1,00				
Ba	-0,20	-0,22	-0,01	0,13	0,28	0,78	0,96	0,91	-0,09	-0,65	0,89	0,88	0,91	0,88	0,80	0,79	0,15	0,73	1,00			
Co	-0,52	0,00	0,01	0,20	-0,03	0,46	0,71	0,71	-0,02	-0,93	0,88	0,89	0,85	0,68	0,82	0,92	-0,09	0,91	0,73	1,00		
Cu	-0,43	0,03	0,04	0,20	0,02	0,51	0,87	0,88	-0,03	-0,89	0,96	0,97	0,95	0,79	0,88	0,96	-0,09	0,93	0,85	0,94	1,00	



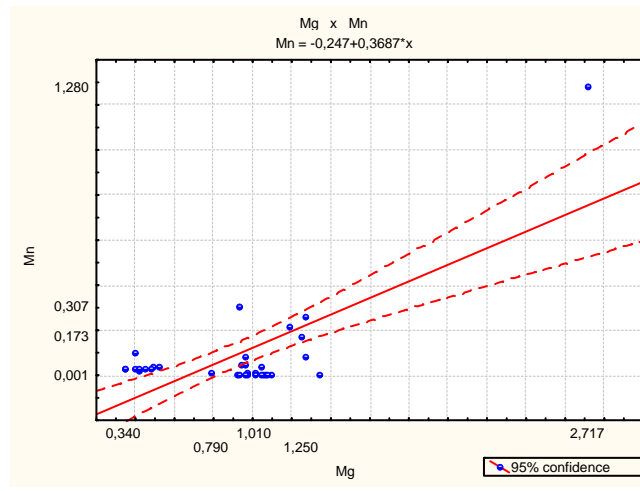
A- Correlação positiva entre Fe e Mn



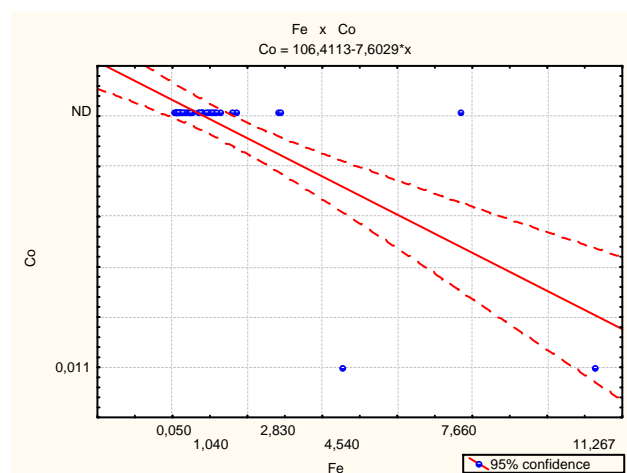
B- Correlação positiva entre Ca e Sr



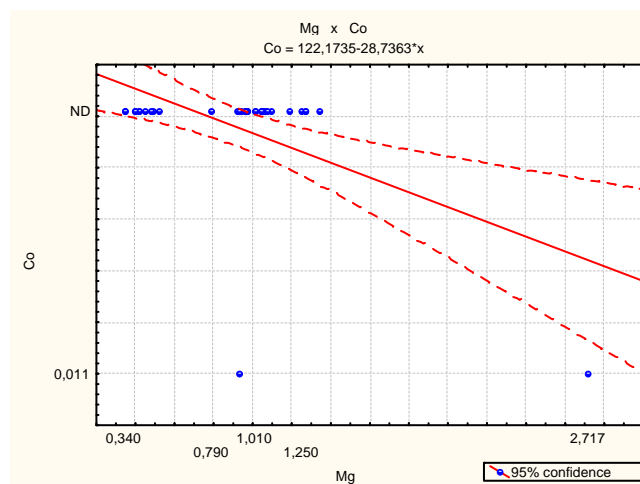
C- Correlação positiva entre Mg e Sr



D- Correlação positiva entre Mg e Mn

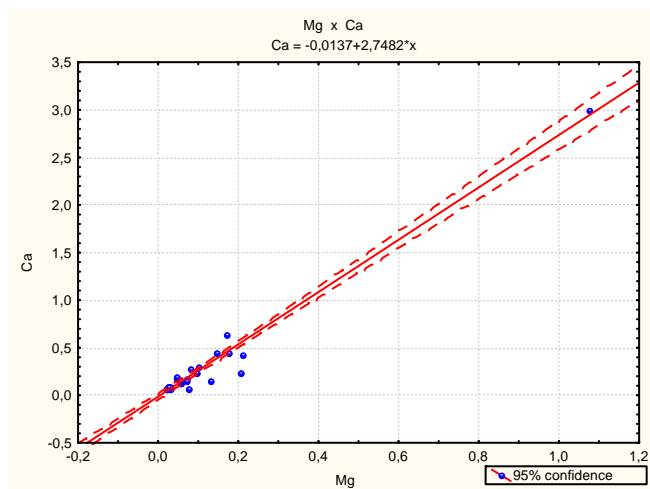


E- Correlação negativa entre Fe e Co

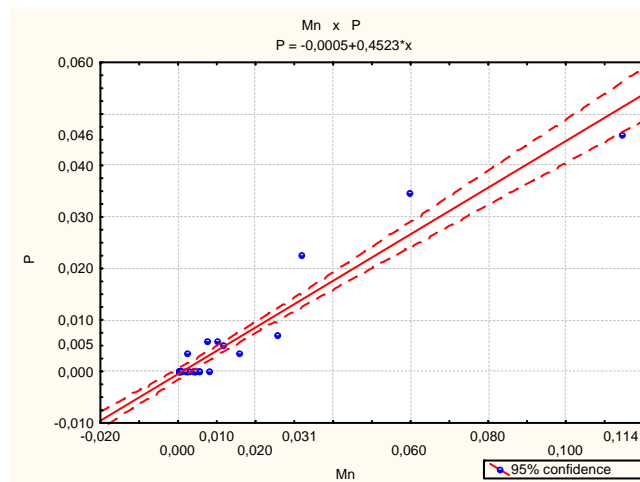


F- Correlação negativa entre Mg e Co

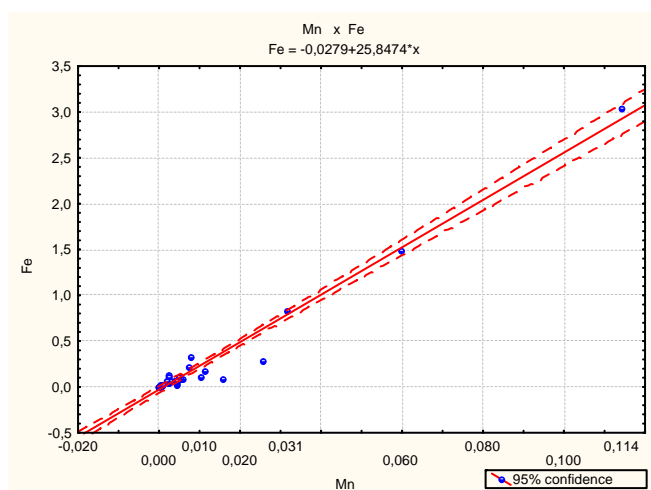
Figura 26 – Correlações lineares positivas para: A) Fe e Mn; B) Mg e Mn; C) Mg e Sr; D) Mg e Ca; e negativas para E) Fe e Co; F) Mg e Co.



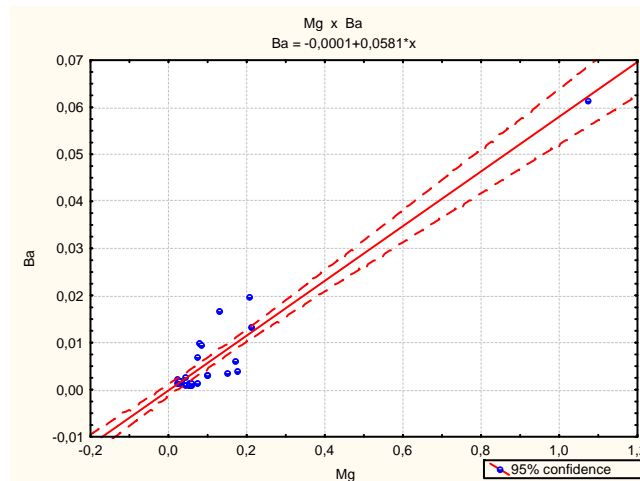
A- Correlação positiva entre Mg e Ca



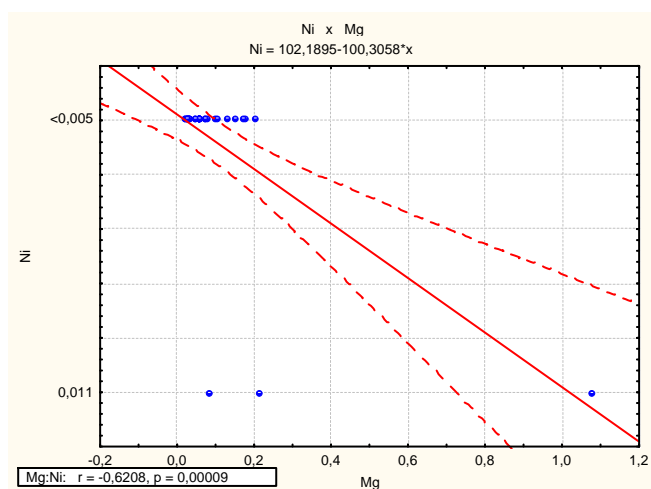
B- Correlação positiva entre Mn e P



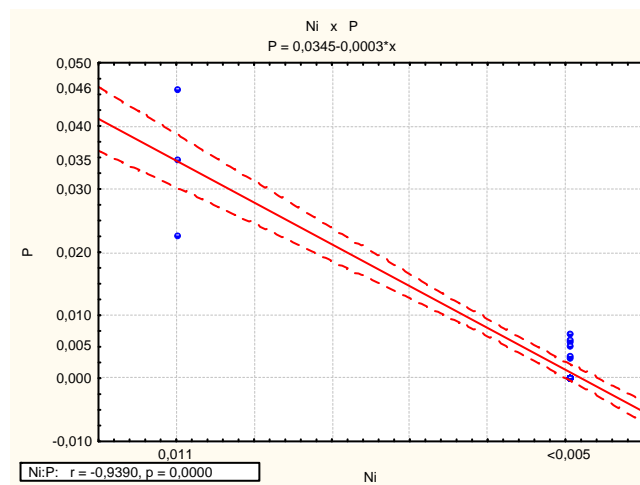
C- Correlação positiva entre Mn e Fe



D- Correlação positiva entre Mg e Ba



E- Correlação negativa entre Mg e Ni



F- Correlação negativa entre Ni e P

Figura 27 – Correlações lineares positivas para: A) Mg e Ca; B) Mg e Ba; C) Mg e Fe; D) Mn e P; e negativas para: E) Mg e Ni; F) Ni e P.

6.4.2 Principais Parâmetros Físicos

6.4.2.1 – Temperatura da água

As figuras 28 e 29 mostram a variação de temperatura da água em todos os pontos de coleta. Durante período de águas baixas (figura 29 a), em agosto de 2008 (inverno), a temperatura da água permaneceu acima de 20°C e não passou dos 25°C, com mínima de 20°C e máxima 24,5°C (figura 29 a amostras 63 a 96). Contudo, no período cheias (figura 29 b), ou seja, no verão, a temperatura mínima foi de 21,9°C e a máxima 34,4°C (figura 29 b amostras 97 a 130). Tal discrepância encontra-se fortemente demonstrada na figura 28.

A temperatura da água é influenciada por diversos fatores como temperatura do ambiente, turbidez, flutuação fluviométrica, dentre outros. As amostras coletadas pela manhã apresentam temperaturas menores do que as amostras coletadas no período da tarde, assim como as amostras de águas baixas apresentam temperaturas menores do que as amostras de cheias.

A temperatura da água é um fator importante de análise. Tomaz, Roberto e Bini (1997) verificaram que diferenças de até 15 °C registradas entre o inverno e o verão sugerem que, junto com os pulsos de inundação, a temperatura contribuía para a sazonalidade dos ambientes aquáticos da planície. A interação entre os efeitos da temperatura nos níveis hidrométricos é notada diretamente sobre a biomassa fitoplanctônica (clorofila-a), sendo que, a queda das concentrações de clorofila-a das lagoas são constatadas nos meses de menor temperatura e elevação dos níveis hidrométricos.

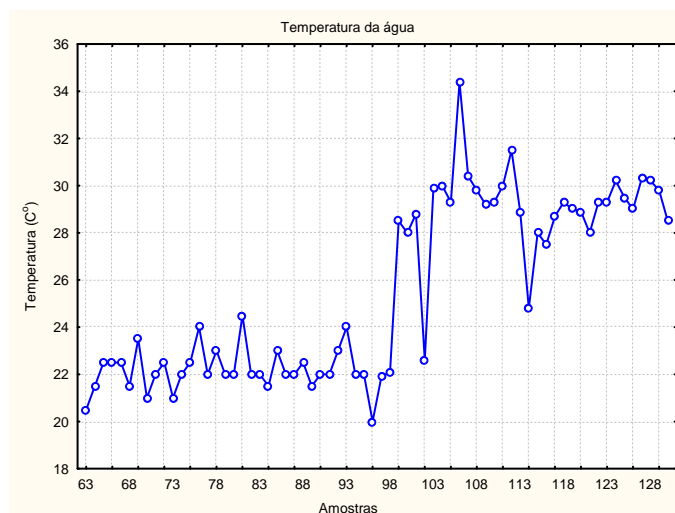


Figura 28 – Distribuição da Temperatura da água nos dois períodos de coletas no alto rio Paraná, região de Porto Rico.

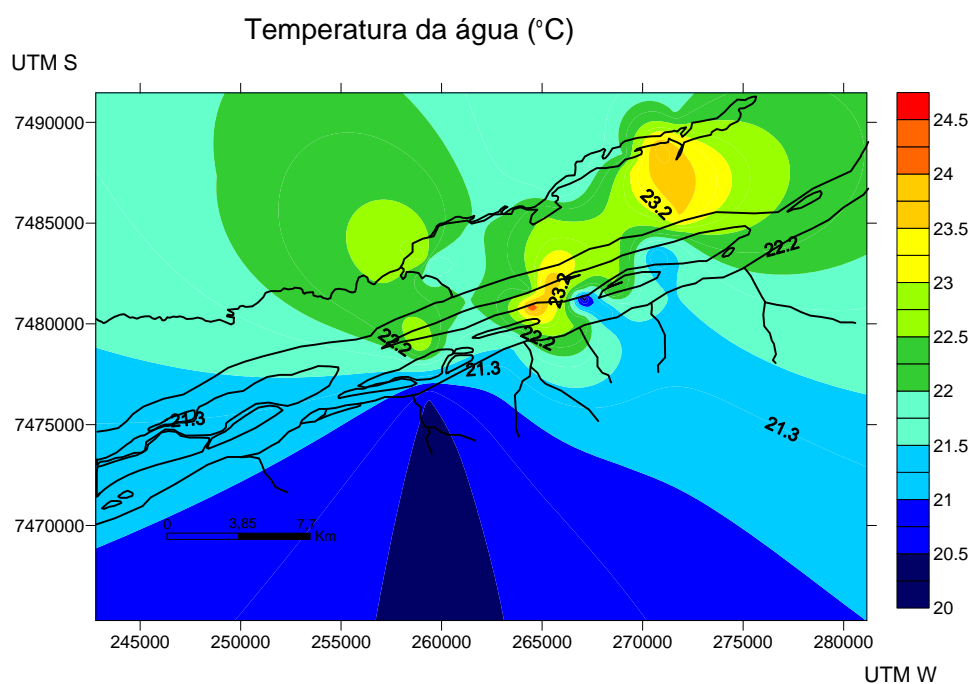


Figura 29a – Temperatura da água no período de águas baixas do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

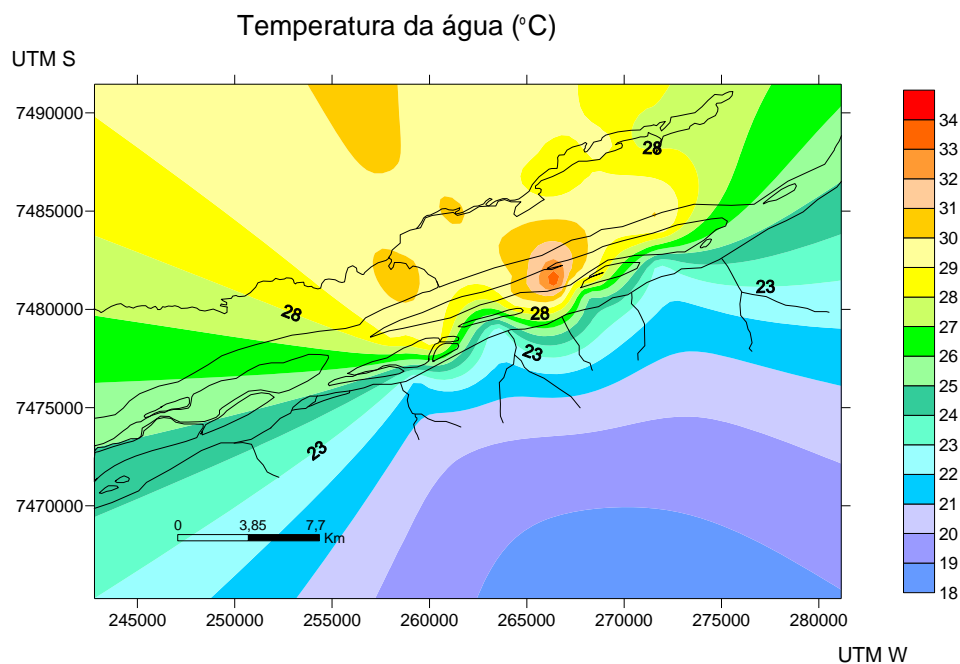


Figura 29b - Temperatura da água no período de cheias do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

6.4.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

As figuras 30 e 31 mostram a variação do pH. Nas amostras de águas baixas (inverno) o valor máximo encontrado foi de 7,6 na “prainha” (rio Paraná) e o mínimo de 5,4 na lagoa do Sofrimento (planície de inundação, margem direita), consolidando o valor médio de 6,74 (figura 30A). Nas amostras de verão (águas altas) o valor mínimo foi de 5,5 também na lagoa do sofrimento e o valor máximo foi de 7,1, no rio Paraná (ponta final da ilha Mutum), consolidando o valor médio de 6,3 (figura 30B).

Os valores de pH abaixo de 6,0 (meio ácido) são todos localizados em lagoas internas e lagoas conectadas ao rio. Os valores de pH das amostras dos rios estão dentro dos parâmetros de classificação de rios que é 6,0 – 9,0. Contudo, no período de águas altas o pH das amostras de rio são menores do que no período de águas baixas (figura 31). Isso é um indicativo de que no período de cheias, ocorre um aumento da concentração de carbono orgânico dissolvido, diluição no sistema, dissolução de substâncias originadas da decomposição na várzea, ressuspensão dos sedimentos e substâncias húmicas alóctones (indivíduo não

originário da região onde habita) como fatores que podem alterar o pH do meio (BARRETO, 2001; AZEVEDO, 2005).

Os valores de pH menores que 6,5 nesta região ocorrem em áreas de maiores concentrações de matéria orgânica, principalmente em lagoas, final dos ressacos e na planície de inundação, dada pela excessiva decomposição da matéria orgânica produzindo ácido flúvico e ácido húmico.

Resultados similares foram observados por Barreto (2001), onde os valores de pH na lagoa do Ipê variaram de 5,7 a 6,9. No período de água baixas o aumento de matéria orgânica presente nas lagoas trazidas pelos pulsos pluviométricos e sua decorrente decomposição, ocasiona diminuição nos valores de pH. No período de cheias, aumenta-se a concentração de carbono orgânico dissolvido, fato que gera um meio mais ácido.

Azevedo (2005) observou que fenômenos ligados à biomassa fitoplanctônica e às substâncias húmicas dissolvidas estão relacionados com as variações de pH. Quando o ambiente apresenta menor biomassa fitoplanctônica e predominância de substâncias húmicas provenientes dos sedimentos de várzea pela ação dos ventos, observa-se diminuição do pH em períodos de águas baixas. Quando ocorre aumento da biomassa fitoplanctônica, em períodos de águas altas, ocorre o aumento do pH (p. ex. aumento do pH provocado pela utilização do íon bicarbonato na formação de biomassa).

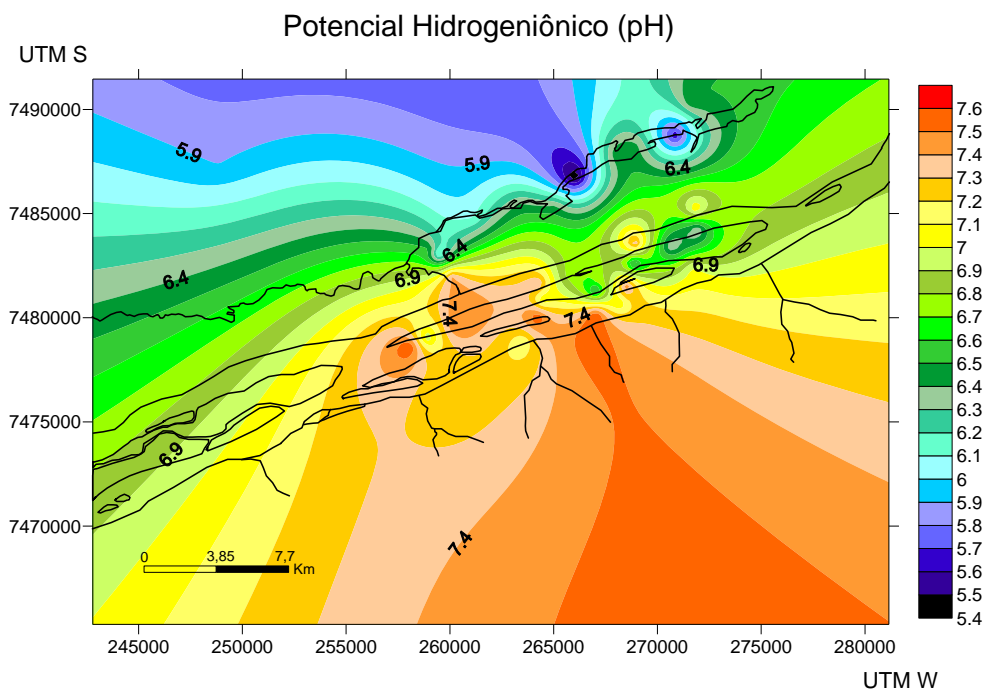


Figura 30a – Potencial Hidrogeniônico da água no período de águas baixas do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária

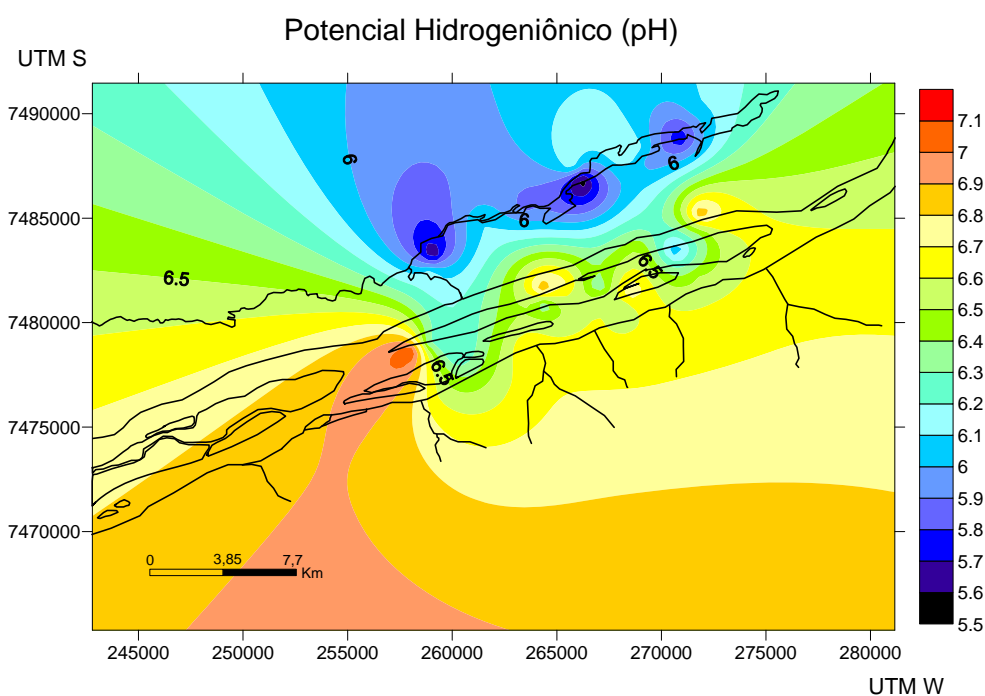


Figura 30b – Potencial Hidrogeniônico da água no período de cheias do alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária

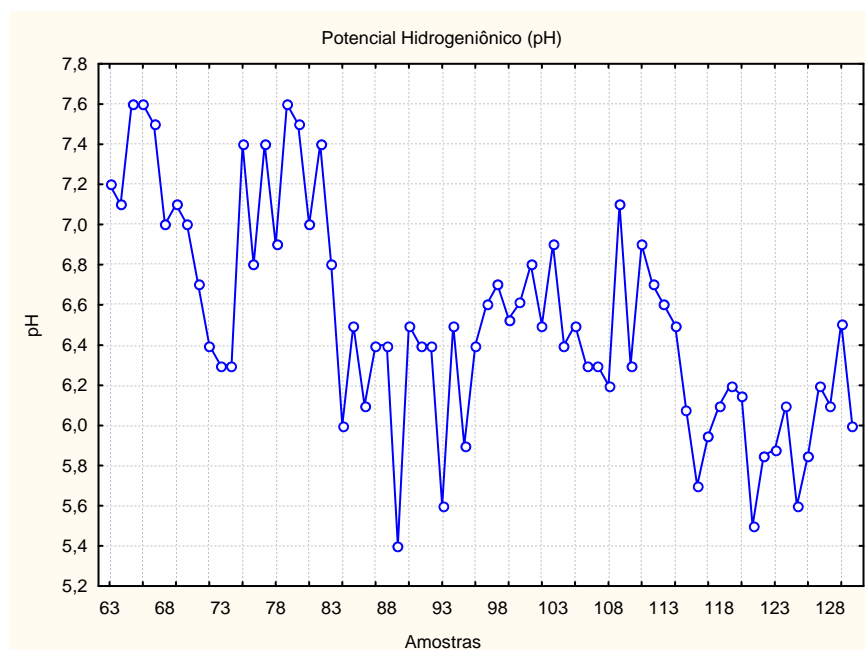


Figura 31 – Distribuição do pH da água nos dois períodos de coleta no alto rio Paraná

6.4.2.3 Condutividade elétrica

A variação da condutividade elétrica pode ser observada nas figuras 32 e 33. O maior valor foi de $163,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ (lagoa Puleiro dos Anjos) e o menor valor foi de $25,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ (lagoa do Aurélio). A condutividade elétrica foi obtida somente na segunda campanha de amostragem (amostras de cheias), pois no período de águas baixas o equipamento apresentou problemas, impossibilitando a medição.

No período de cheias, valores maiores de condutividade elétrica são observados. Barreto (2001) mostrou que a condutividade elétrica na lagoa do Ipê (MS), é fortemente relacionada com os índices pluviométricos, pois em águas baixas os valores se posicionavam acerca de $36,67 \mu\text{S cm}^{-1}$ e em águas altas em $54,20 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Azevedo (2005) também observou que no período de cheias o valor da condutividade elétrica é maior em lagoas, pois neste período ocorre a entrada de íons provenientes da água do rio e também a decomposição de matéria orgânica na várzea.

Contudo, os valores apresentaram extremos em um mesmo tipo de ambiente (lagoas), demonstrando ao menos para 2008/2009, certa inconsistência no parâmetro indicado.

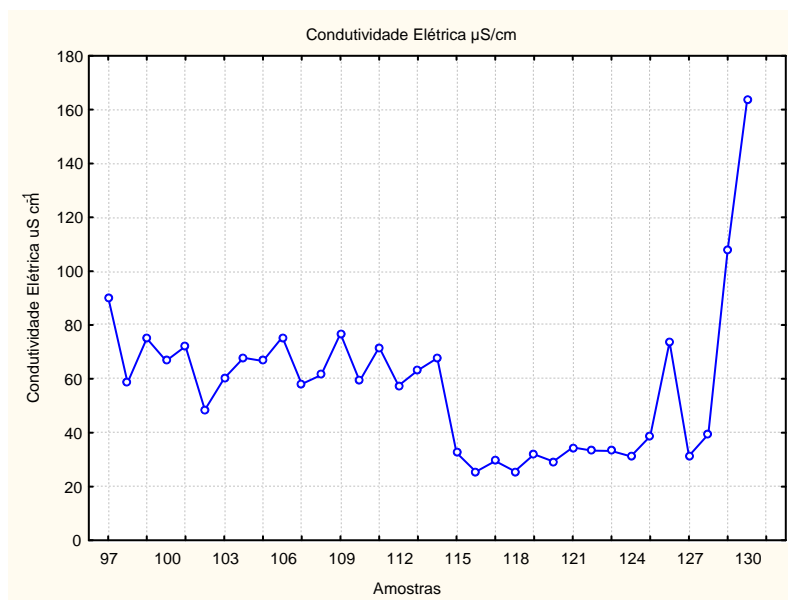


Figura 32 – Distribuição da condutividade elétrica no período de cheias do alto rio Paraná.

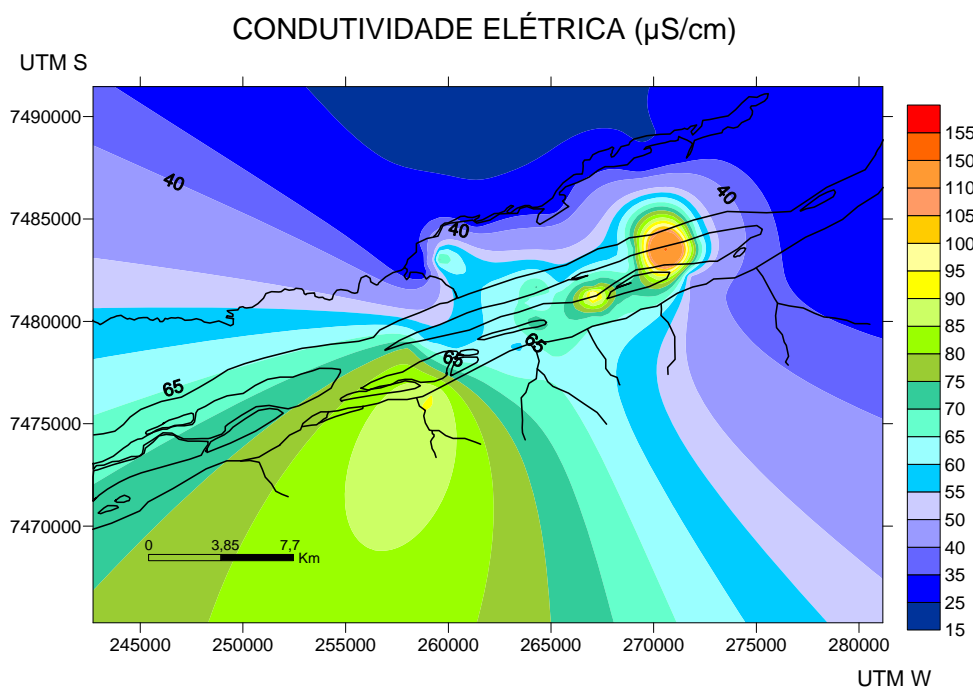


Figura 33- Condutividade elétrica da água no período de cheias no alto rio Paraná da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

6.4.3 Comportamento dos Elementos Químicos

6.4.3.1 Ferro

A figura 34a mostra a distribuição do Ferro total no período de águas baixas e a figura 34b a distribuição do ferro no período de cheias.

No período de secas (amostras 63-96, figura 35) observa-se que os maiores valores de Ferro são de 7,66 mg/L (lagoa Puleiro dos Anjos) e 11,27 mg/L (lagoa Brilhante), e o menor valor de 0,05 mg/L (rio Paraná, cabeceira da ilha Porto Rico). No período de cheias (amostras 97-130, figura 35) o maior valor de Ferro é de 3,04 mg/L (Lagoa do Gavião) e mínimo de 0,06 mg/L (rio Paraná, margem direita da ilha Mutum). Assim, a lagoa do Gavião (lagoa conectada ao rio Baia) está acima dos parâmetro estabelecido pela legislação, 0,3 mg/L para rios de classe 2 (CONAMA, 2005). Os outros pontos referidos que apresentaram maiores concentrações de Ferro no período de cheias são lagoas internas, mas também ultrapassou o valor máximo permitido (VMP) [CONAMA, 2005].

No período de águas baixas obteve-se as maiores concentrações de Ferro em relação ao período de cheias (figura 35). As maiores concentrações de Ferro (II) podem ser explicadas pela elevada concentração de matéria orgânica presente (responsável pelo consumo de oxigênio) e grandes quantidades de macrófitas presentes nas lagoas, impedindo a comunicação da lagoa com o rio (NOGAMI; NOZAKI, 2001).

Em meses de águas baixas, ocorre a ressuspensão do sedimento pela ação dos ventos, aumentando as concentrações de Ferro particulado e dissolvido. Nesse período, observa-se também maior quantidade de oxigênio dissolvido e pH elevado (AZEVEDO, 2005).

Em períodos de verão, a água próxima da superfície do lago é aquecida pela luz solar e pelos processos de decomposição da matéria orgânica (exotermia). Como a camada superior é aeróbica, os elementos presentes estão na forma oxidada, o Ferro está na forma $\text{Fe}(\text{OH})_3$ insolúvel. A camada inferior é anaeróbica e os elementos presentes estarão na forma reduzida, sendo assim, o Ferro estará na forma Fe^{2+} solúvel (BAIRD, 2002).

Barreto (2001) relatou que durante águas baixas, 34% do Ferro total estava na forma dissolvida, devido as chuvas localizadas que carregaram para o interior da lagoa, Ferro particulado que pode ser de origem do solo ou de componentes dos detritos da biomassa. Os resultados dos cálculos teóricos de equilíbrio geoquímico mostram que o Ferro não se complexou com a matéria orgânica, tendo sido considerada sua presença como na forma Fe^{+2} . Em águas altas ocorreram aumentos significativos das concentrações de Ferro total e dissolvido. Assim, verificou-se que esse elemento na forma particulada presente nas águas do rio, sofreram sedimentação total no percurso até chegar à lagoa. Através de cálculos teóricos observa-se que as correlações entre as concentrações de Ferro total com as demais variáveis foram altas para o Ca-total, Mg-total, Mn-total, P-total e alcalinidade.

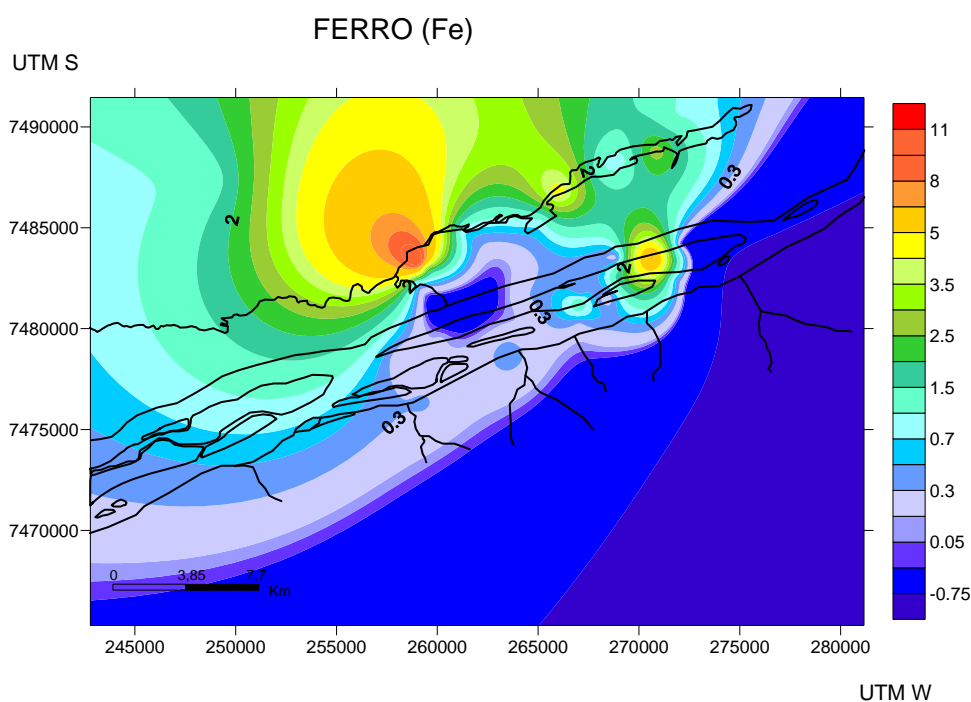


Figura 34a – Teores de Ferro no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

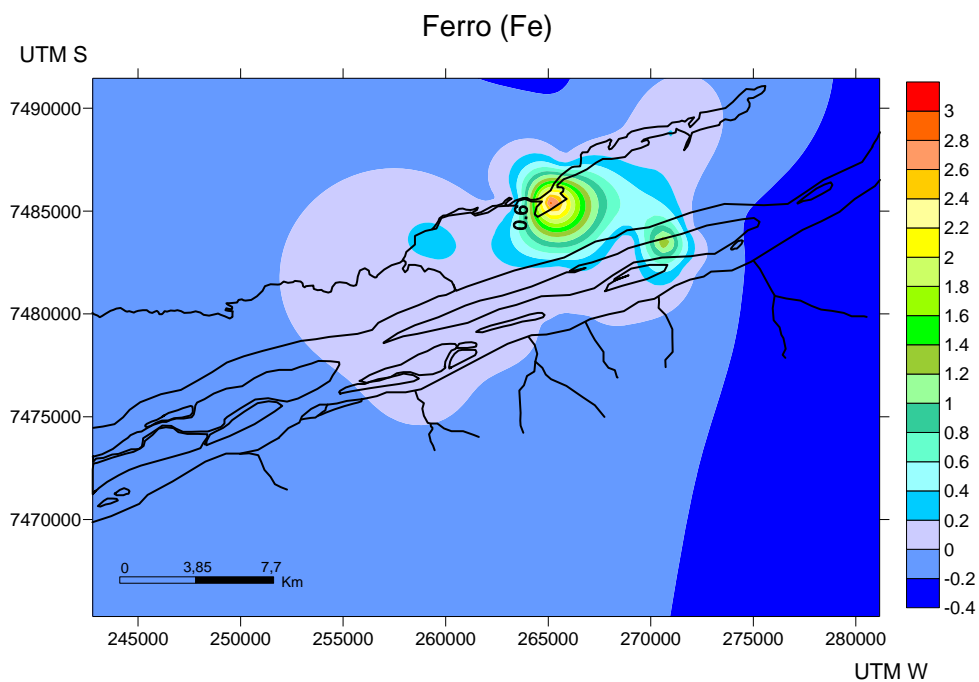


Figura 34b – Teores de Ferro no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

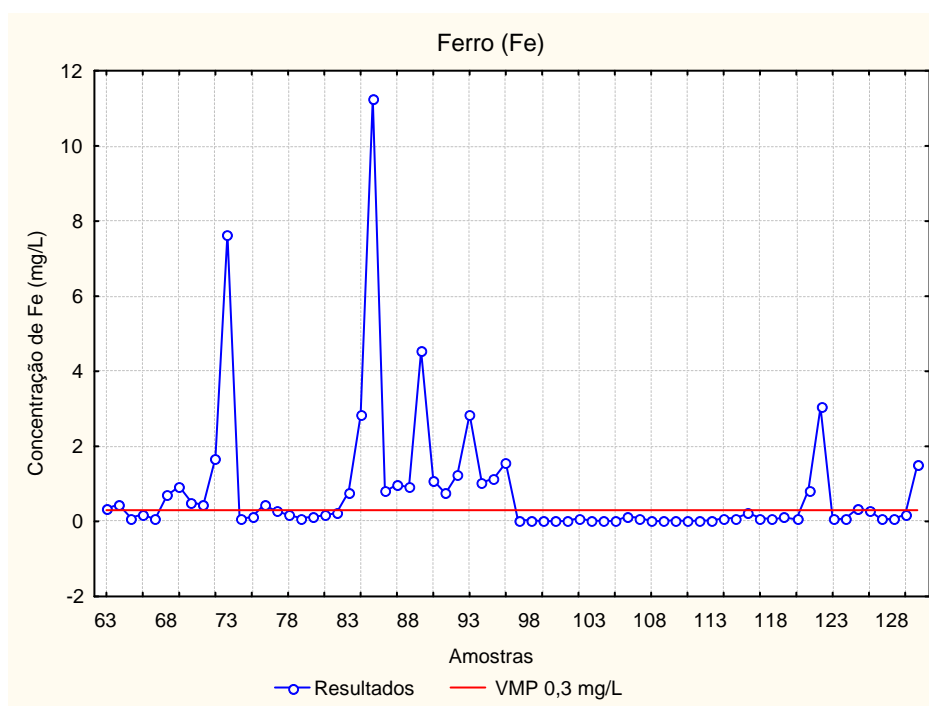


Figura 35 – Distribuição do Ferro Total nas amostras analisadas do alto rio Paraná

6.4.3.2 Manganês

A figura 36a e b mostram a distribuição do manganês total no período de águas baixas e de cheias. Observa-se um pico acentuado na amostra 85 da figura 37 correspondendo o maior valor 1,28 mg/L (Lagoa do Sofrimento). O valor mínimo foi de 0,001 mg/L, correspondendo os pontos 67(rio Paraná, cabeceira da Ilha Porto Rico), 74 (rio Paraná, em frente a Ilha Mutum) e 79 (rio Paraná, inferior da ilha Mutum). O valor máximo das amostras do período de cheias foi de 0,114 mg/L e algumas amostras não foi possível detecção (figura 37, amostras 97 a 130).

O valor máximo permitido (VMP) de manganês em águas naturais é de 0,1 mg/L, de acordo com a resolução 357 do CONAMA de 2005. Em todas as amostras analisadas, somente o ponto situado no rio da Fazenda Porto Rico (classe 2) apresentou valor um pouco acima, 0,173 mg/L, os demais valores de manganês superiores a VMP encontram-se em lagoas. Na figura 37 verifica-se que no período de águas baixas há mais quatro pontos que estão acima do VMP situados nos pontos 63 (rio Fazenda do Araldo), 73 (lagoa Poleiro dos Anjos), 84 (lagoa da Traíra, MS) e 89 (lagoa do Sofrimento, MS).

Verifica-se que no período de cheias, a concentração do Manganês encontra-se menor em comparação com o período de águas baixas devido possivelmente aos índices pluviométricos que diluíram este elemento. Contudo, a lagoa do Gavião apresentou concentração de manganês bem acima (0,114 mg/L, acima do VMP [0,1 mg/L]) quando comparados ao período de águas baixas (0,027 mg/L). Durante águas baixas o Manganês encontra-se em na forma solúvel, sendo a maior concentração de Mn^{+2} . Isso ocorre devido ao escoamento superficial e/ou precipitações atmosféricas em função das chuvas localizadas durante o mês. O maior valor de Mn total pode relacionar-se pela ressuspensão do sedimento pela ação dos ventos, pois devido ao abaixamento do nível da lagoa seus sedimentos de fundo estarão mais facilmente expostos a ações externas, como aquela dos ventos (BARRETO, 2001).

As variações dos metais ocorrem devido ao tamanho e forma das mesmas e a algumas influências como: a margem do barranco que separa a lagoa do rio e a outra margem sob a influência da várzea. Entre a superfície e o fundo, a principal diferença pode ocorrer devido à ressuspensão do sedimento provocada

pela ação dos ventos. Quando ocorre a redução do Manganês, os óxidos de manganês hidratados liberam espécies químicas ligadas a si, sendo que o processo inverso também pode ocorrer, no qual o manganês dissolvido sofre oxidação originando óxidos hidratados, que tem alta afinidade e absorvem uma variedade de elementos traços, nutrientes e compostos orgânicos (AZEVEDO, 2005).

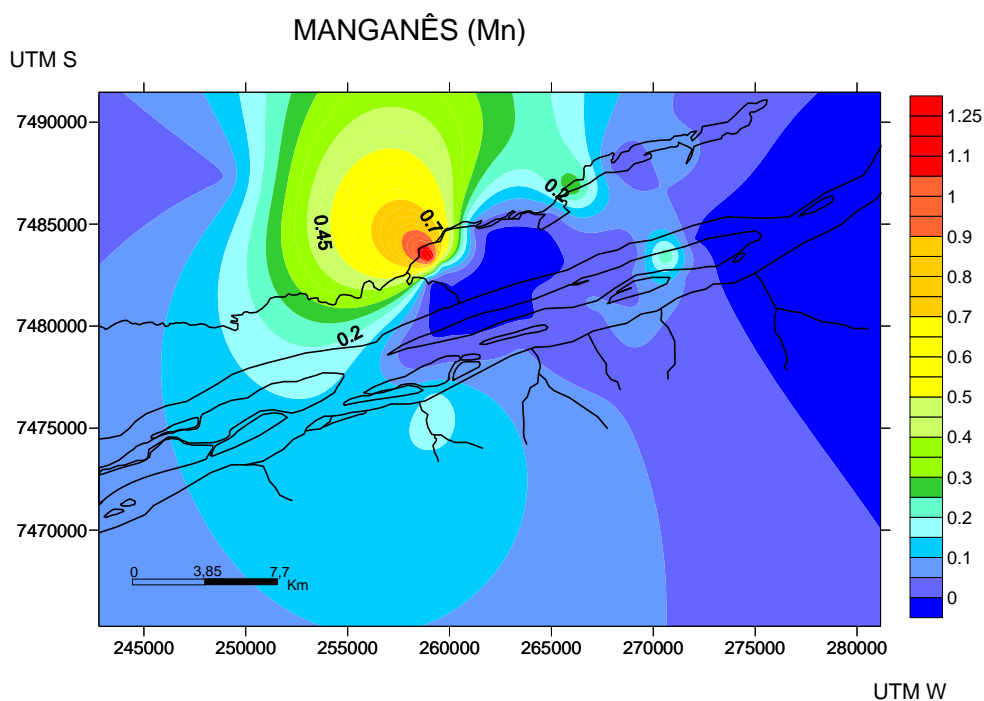


Figura 36a – Teores de manganês do período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

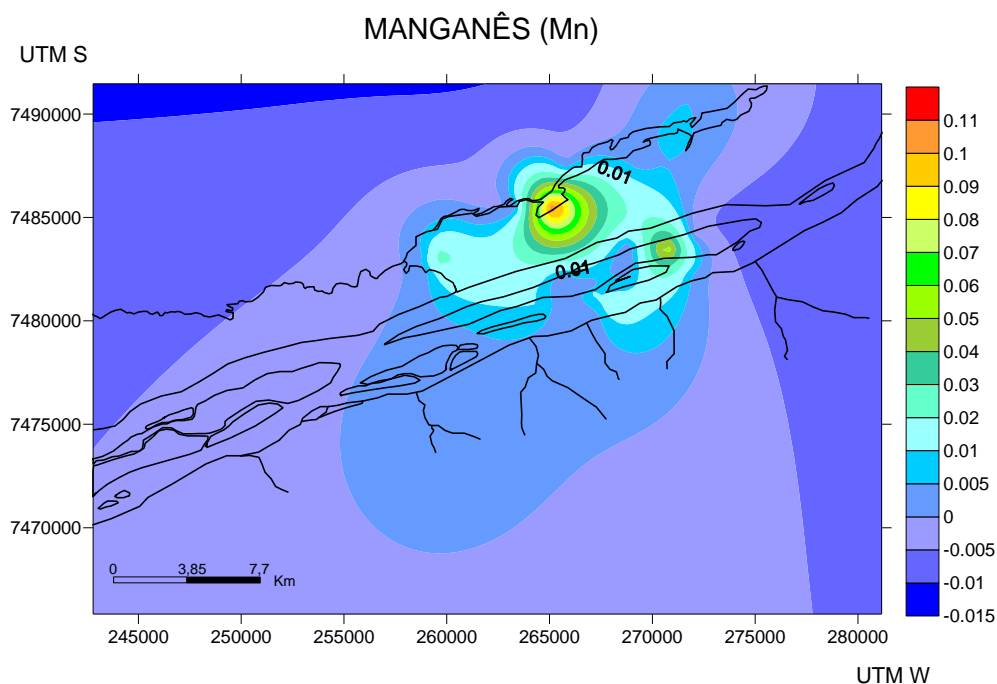


Figura 36b – Teores de manganês do período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

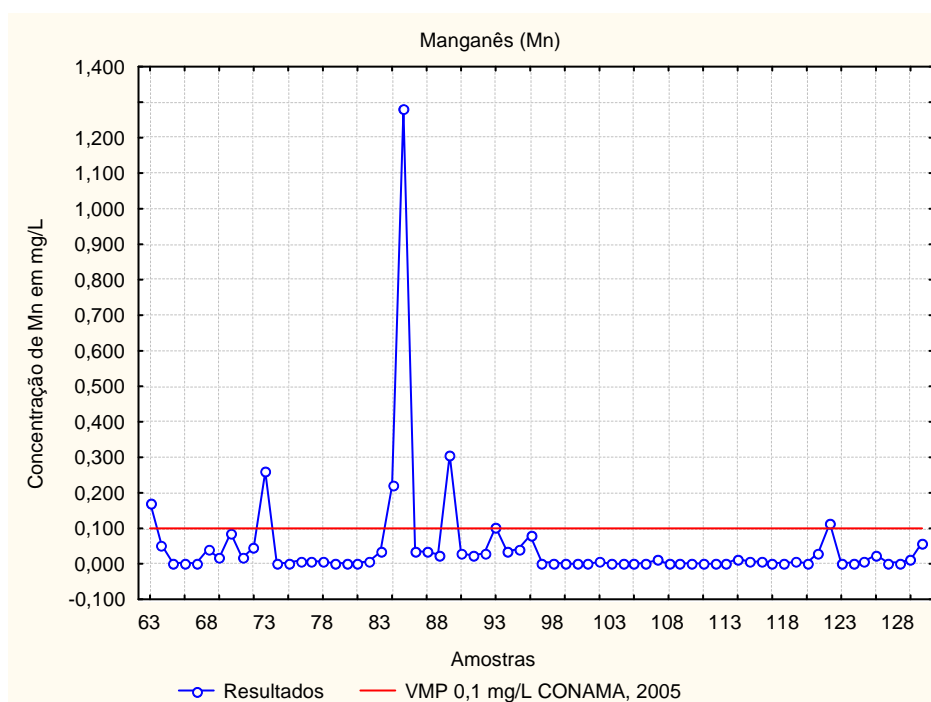


Figura 37 – Distribuição do manganês total nas amostras analisadas do alto rio Paraná

6.4.3.3 Alumínio

As figuras 38 e 39a e b mostram as concentrações de Alumínio total nos dois períodos de coleta. Nelas se destacam dois picos acentuados nas amostras 73 e 88 (amostras período águas baixas), locais onde registram-se as maiores concentrações de Alumínio, com 3,767 mg/L no ponto 73 (lagoa Poleiro dos Anjos, dentro da ilha Mutum) e 7,22 mg/L no ponto de coleta 88 (lagoa do Gavião, MS). O valor médio de alumínio constatado nas amostras é de 0,522 mg/L, sendo o valor mínimo 0,067 mg/L e o máximo 7,22 mg/L. As amostras de cheias apresentam o valor máximo de 0,08 mg/L (também na lagoa do Gavião), o mínimo de 0,01 mg/L (lagoa do Genipapo e ressaco do Bilé na ilha Mutum) com média de 0,01 mg/L. As amostras de rio apresentaram valores médios de Alumínio total no período de águas baixas de 0,18 mg/L, indicando que esta relação média está um pouco acima dos níveis máximos (0,1 mg/L) tolerados pela legislação para rios de classe 1 e 2 (CONAMA, 2005; ANVISA, 2004). Os altos valores de Al encontram-se nas lagoas da planície. Entretanto, no período de cheias as concentrações desse metal estão menores que no período de águas baixas, também indicando uma possível diluição dos metais no período de chuvas.

Altos teores de Alumínio em lagoas podem se relacionar com a ressuspensão do sedimento, pois em pH em torno de 6,0 o Al apresenta solubilidade mínima, assim como em condições ácidas, básicas ou na presença de ligantes e complexantes (Borg, 1995 apud Barreto, 2001). Baixas concentrações de Alumínio dissolvido em lagoas podem relacionar-se a um aumento de compostos húmicos dissolvidos, que se ligam a esse elemento provocando sua sedimentação pela decantação do material particulado (AZEVEDO, 2005).

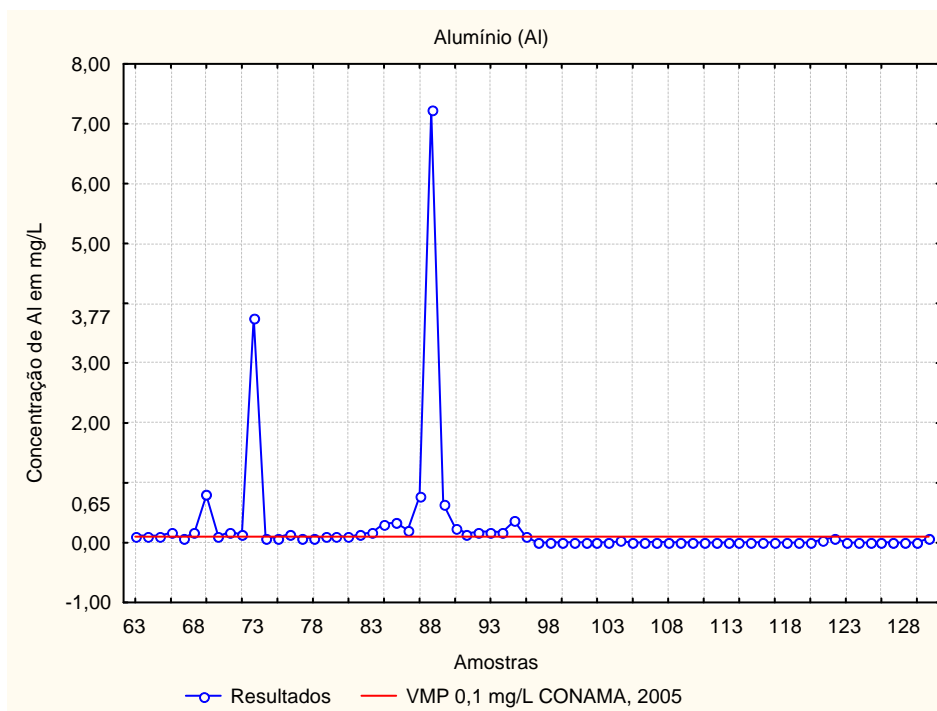


Figura 38 – Distribuição do Alumínio nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

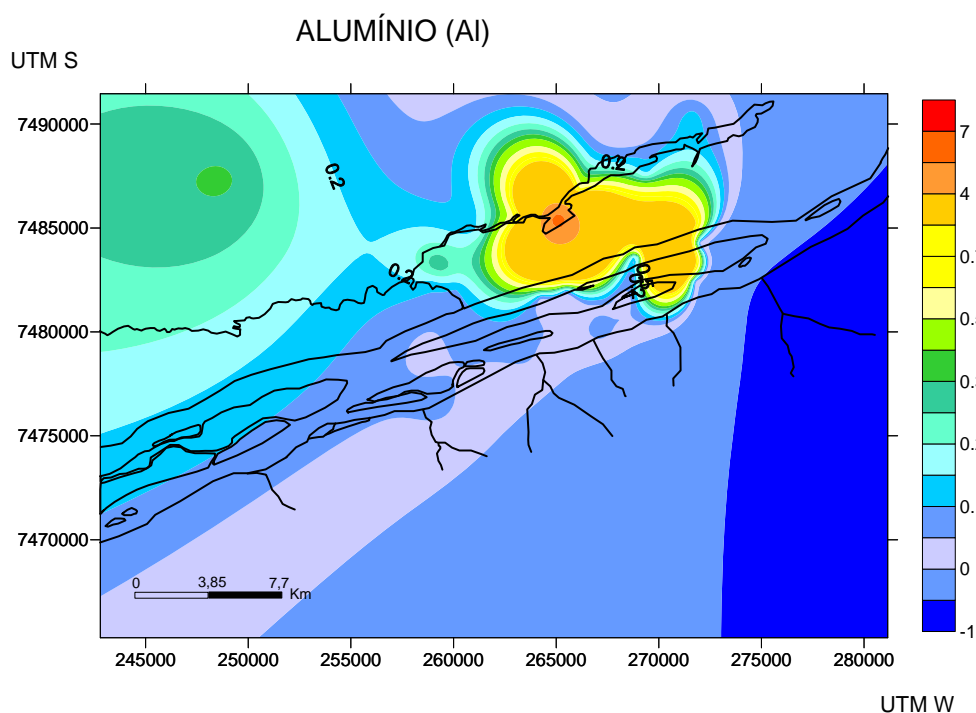


Figura 39a – Teores de Alumínio do período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

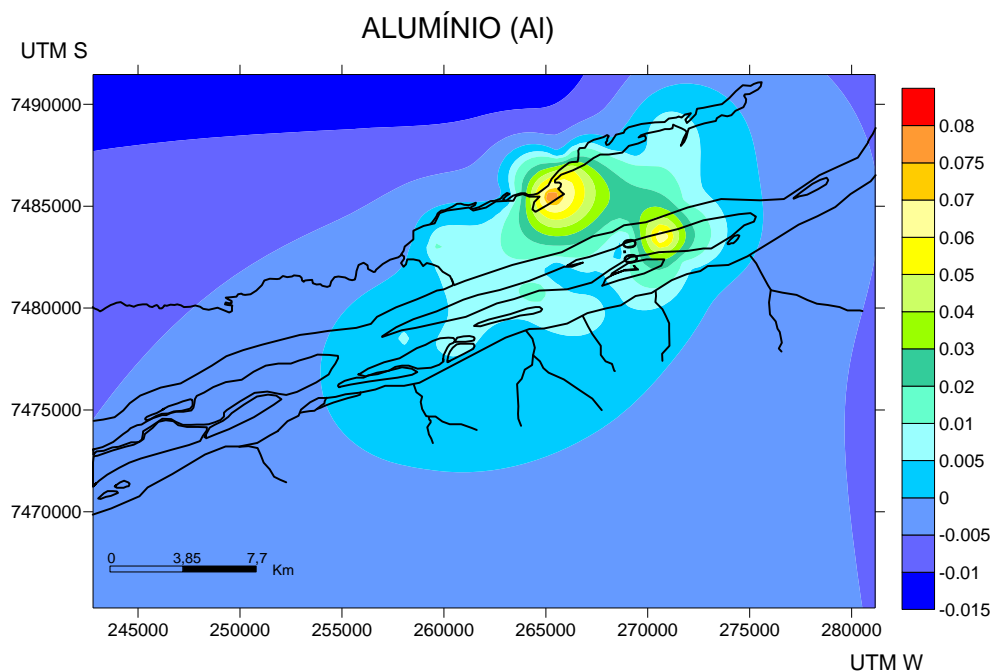


Figura 39b – Teores de Alumínio do período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

6.4.3.4 Fósforo

A figura 40 mostra a variação das concentrações de fósforo em todas as amostras analisadas. Observa-se dois picos acentuados correspondendo as maiores concentrações. Nas amostras de águas baixas, a média é de 0,037 mg/L, sendo o valor máximo obtido de 0,213 mg/L (lagoa Brilhante) e o mínimo <0,002 mg/L (rio Paraná, cabeceira da ilha Porto Rico), figura 41a e b. Nas amostras referente ao período de cheia, o valor máximo foi de 0,05 mg/L (lagoa do Gavião) e em diversos pontos os resultados estão abaixo do limite de detecção do metal pelas concentrações extremamente baixas.

Para as amostras de rio, as concentrações de Fósforo estão bem abaixo (<0,05 mg/L) do valor estipulado pela resolução do CONAMA 357 (0,05 mg/L para rios de classe 2). Estas baixas concentrações de Fósforo no rio Paraná também foram observadas por Agostinho e Zalewski (1996), que mostrou que os ciclos biogeoquímicos são fortemente afetados pelos reservatórios das usinas hidrelétricas situadas a montante do rio Paraná, sendo responsáveis pela retenção de alguns nutrientes como o Fósforo. Em geral nos barramentos, as concentrações

de Fósforo presentes originam-se pela ressuspensão do sedimento e pela composição da várzea. Assim, quando registram-se alagamentos, ao invés de fertilizar a área, o rio Paraná dilui este elemento empobrecendo os ambientes alagados. Entretanto, assinala-se uma alta concentração de nitrogênio na forma de N-nitrato. Desse modo, acredita-se que o rio Paraná possa diluir o Fósforo nos ambientes da várzea. Nos ambientes aquáticos estes fatores influenciam muito em seu ciclo, pois além das trocas provocadas pelas flutuações dos níveis de água, tem-se pulsos de inundação que também são importantes, pois trazem consigo nutrientes oriundos da decomposição da vegetação de várzea.

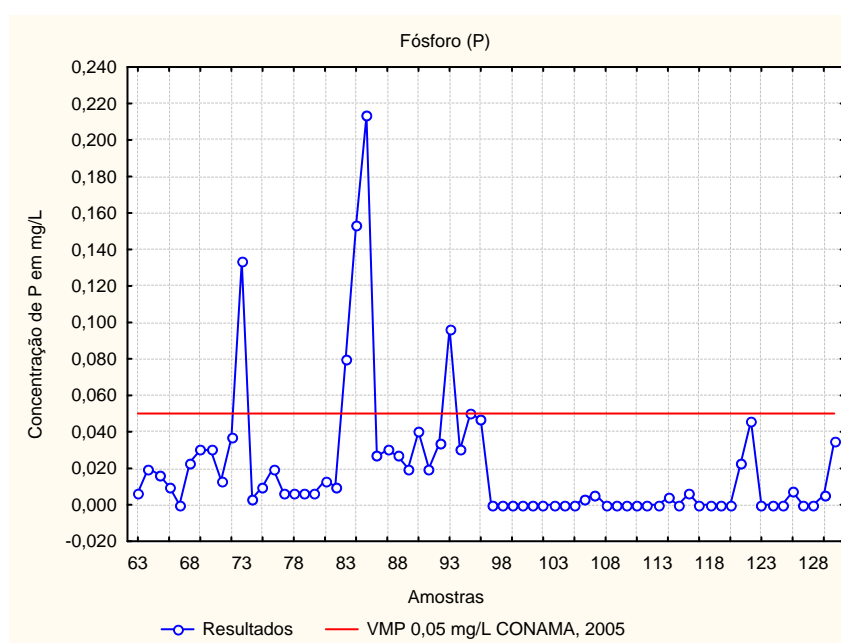


Figura 40 – Distribuição de Fósforo total nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

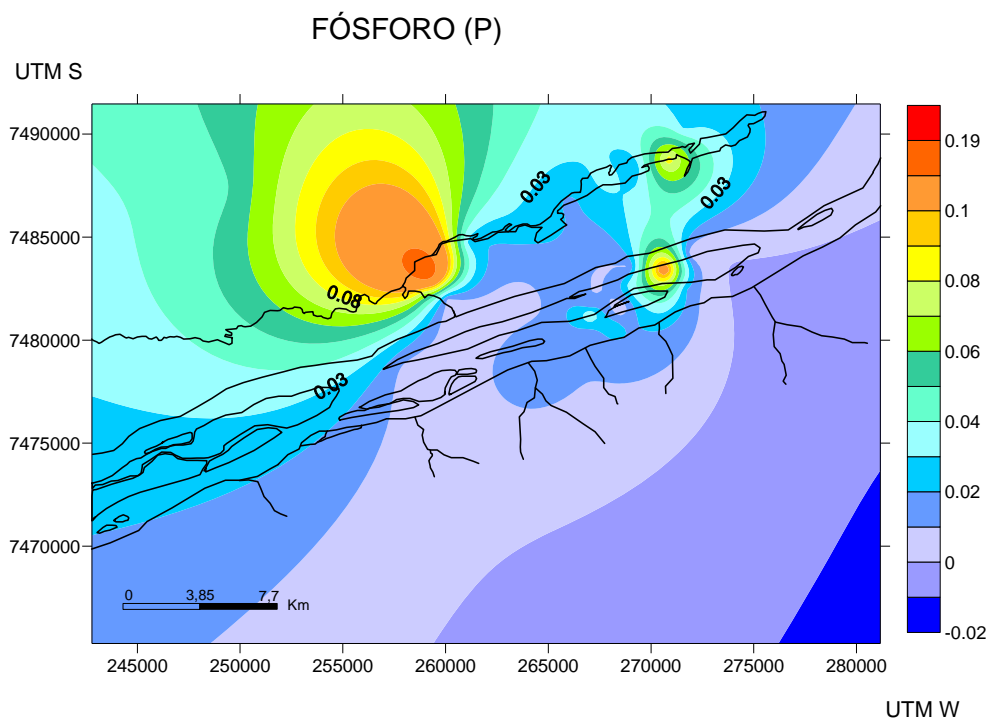


Figura 41a – Teores de Fósforo no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

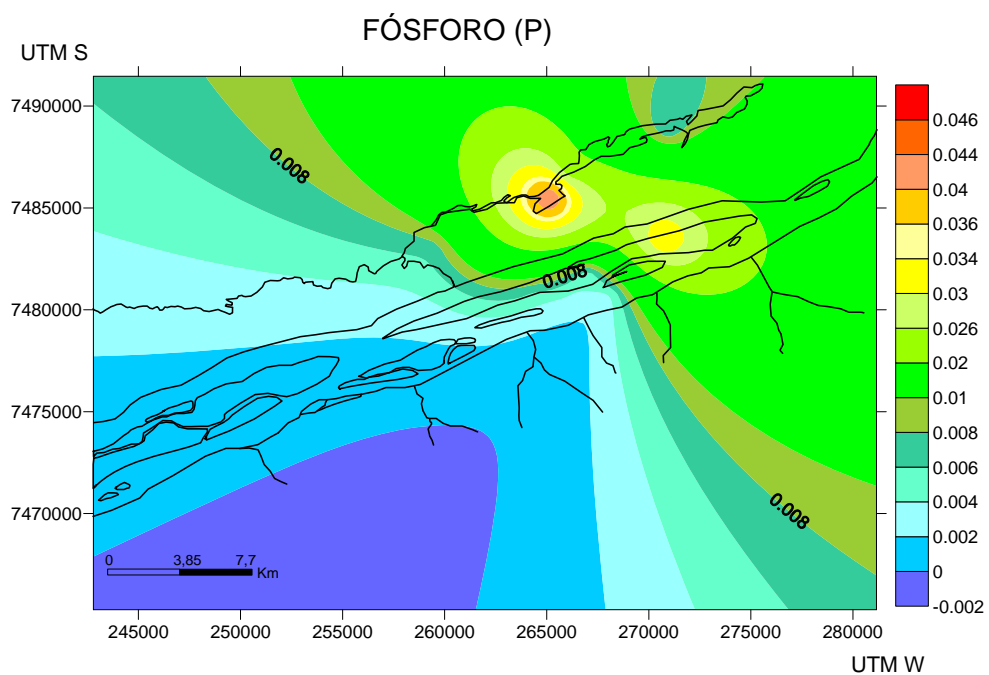


Figura 41b – Teores de Fósforo no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

Tundisi (2005) avaliou os principais impactos gerados pelas represas de abastecimento urbano da região metropolitana de São Paulo. Destacam-se o desmatamento, descargas de nutrientes inorgânicos, especialmente Fósforo e nitrogênio.

Contudo, Azevedo (2005) constatou concentrações mínimas de 0,001mg/L de Fósforo total na Lagoa dos Patos (MS) e máximas de 0,12 mg/L em períodos de seca. O autor verificou que a quantidade de Fósforo total e dissolvido encontra-se relacionado com a média da intensidade dos ventos próxima ao período de coleta. Assim, a ação dos ventos causou ressuspensão dos sedimentos e a concentração de Fósforo aumentou.

6.4.3.5 Bário

Os níveis de Bário na área investigada encontram-se em concentrações médias de 0,059 mg/L, com mínima de 0,03 mg/L (amostras do rio Paraná e Baía) e máxima de 0,173 mg/L (rio Caracu, afluente do rio Paraná, margem esquerda). A figura 42 mostra as variações da concentração de Bário em todos os pontos analisados. Observa-se dois maiores picos representando as maiores concentrações ponto 68 (0,157mg/L) e ponto 70 (0,173 mg/L). Observa-se que os menores valores de concentração do Bário estão situados no rio Paraná. As maiores concentrações encontram-se nos afluentes do rio Paraná, ressacos e lagoas no período de águas baixas, pois no período de cheia as concentrações deste elemento são inferiores, possivelmente pela diluição do elemento (figura 43 a e b).

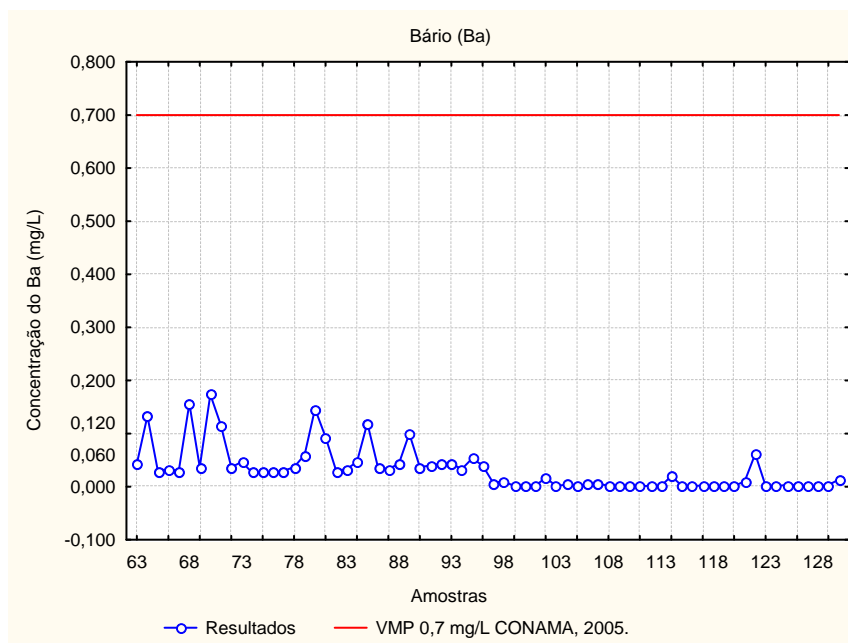


Figura 42 – Distribuição de Bário nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

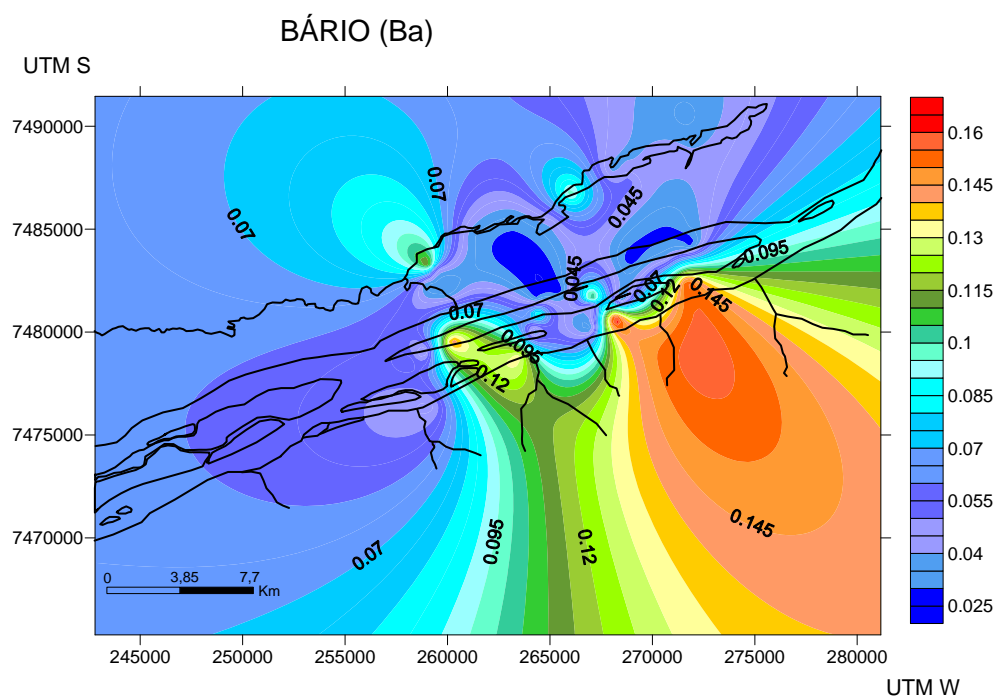


Figura 43a – Teores de Bário no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

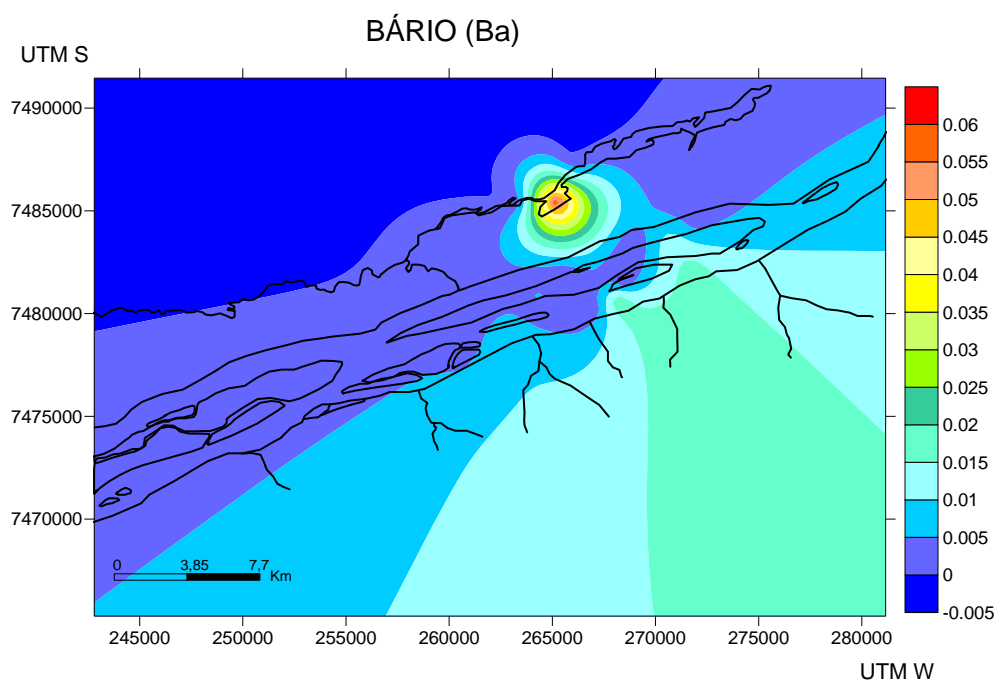


Figura 43b – Teores de Bário no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

As variações dos níveis de concentração do Bário em rios estão dentro do máximo permitido pela Resolução 357 do CONAMA de 2005 para rios de classe 2, cujo VMP é de 0,7mg/L.

As altas concentrações de Bário foram constatadas por Licht (2006) que analisou águas de 696 bacias hidrográficas do Estado do Paraná e verificou forte anomalia hidrogeoquímica positiva na região noroeste do Paraná, que coincide com a Geologia do Grupo Caiuá. Os arenitos e siltitos possuem teores químicos associados em si que justificam a presença do íon Ba^{+2} em até 0,3 mg/L.

6.4.3.6 Sódio

No período de águas baixas, os níveis de sódio na área de estudo encontram-se em concentrações médias de 2,67 mg/L, com mínima de 1,247 mg/L e máxima de 4,18 mg/L. Altas concentrações foram observadas no período cheia, figura 44. O valor máximo é de 12,1 mg/L, mínimo de 0,9 mg/L e média de 4,18 mg/L, indicando que as chuvas foram responsáveis pelo enriquecimento deste

elemento nos rios ao contrário do que aconteceu com os outros elementos onde ocorre uma diluição. Porém, na lagoa do Gavião a concentração aumentou significativamente em comparação ao período de águas baixas, de 1,81 mg/L para 2,59 mg/L, indicando que os pulsos de inundação também enriqueceram esta lagoa com relação ao sódio e outros metais. Altas concentrações deste elemento nos rios se deve provavelmente a atividades antrópicas através da utilização de agroquímicos, pois a muitos contêm sódio em sua composição.

As figuras 45A e B mostram as variações da concentração de sódio em todos os pontos analisados.



Figura 44 – Distribuição de Sódio total nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

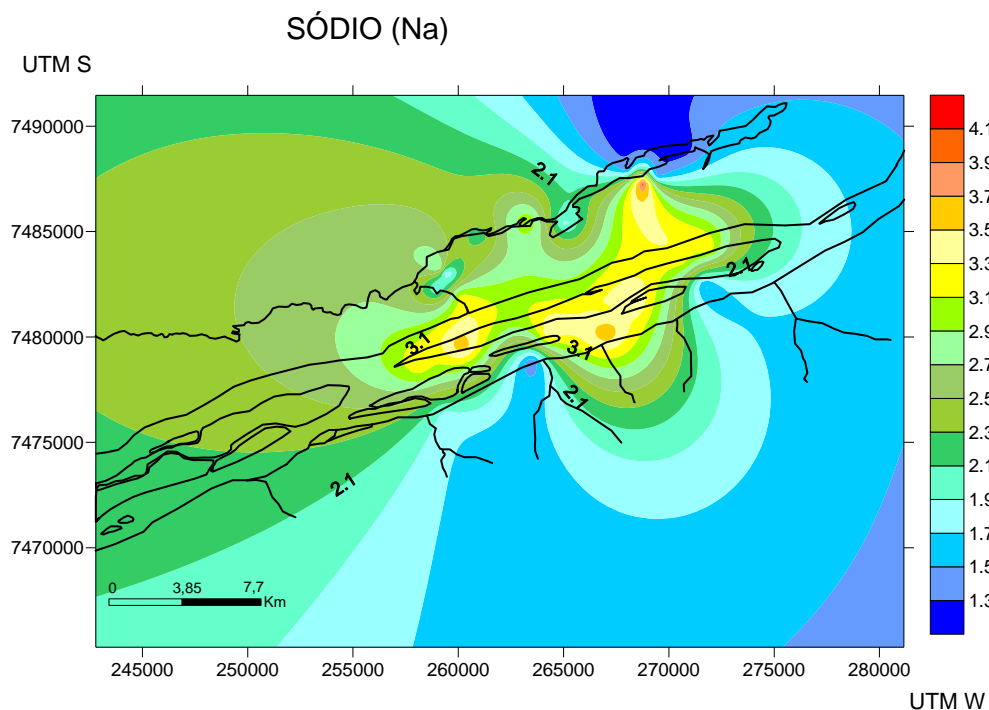


Figura 45a – Teores de Sódio total no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

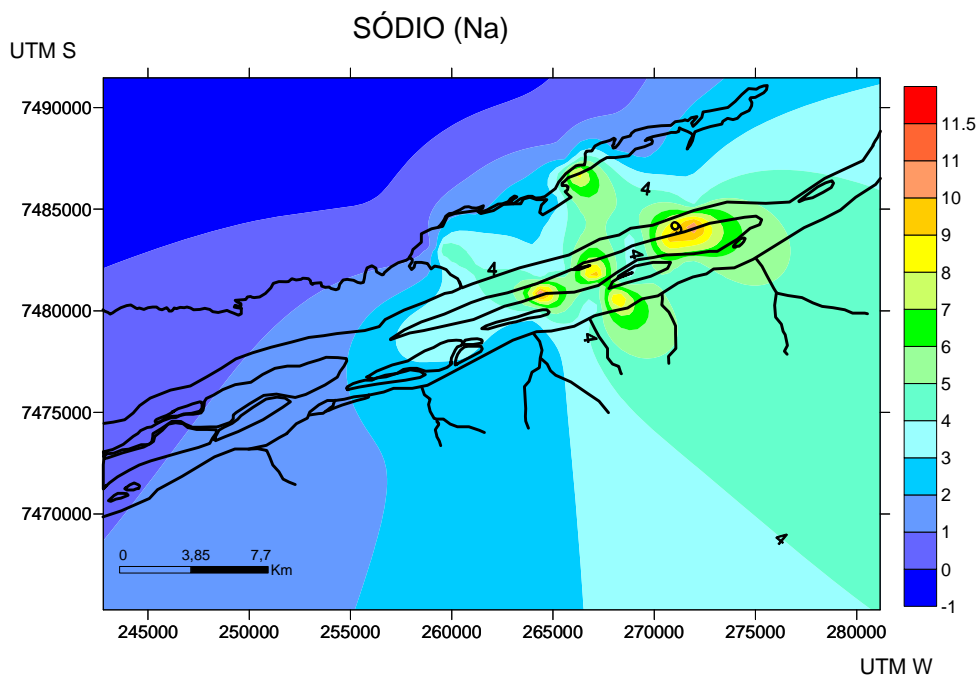


Figura 45b – Teores de Sódio total no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

O sódio é um elemento essencial à vida e não possui restrição quanto aos teores máximos em água. Entretanto, pessoas hipertensas devem ter uma dieta balanceada de sais, principalmente sódio e potássio. De acordo com a

portaria 518 de 2004 da ANVISA, o máximo de sódio permitido em água para consumo humano é de 200 mg/L. Sendo assim, os valores encontrados em todas as amostras estão bem abaixo dos valores encontrados em águas naturais, (5-80 mg/L, PIRES, 2008; 1,30-26,2 mg/L, ARAÚJO, 2006).

6.4.3.7 Potássio

A figura 46 mostra a distribuição das concentrações de potássio em todas as amostras analisadas. Observa-se um pico acentuado na amostra 85 (lagoa Brilhante). A média dos valores é de 2,007 mg/L, o valor máximo obtido é de 6,903 mg/L e o mínimo 0,547 mg/L para as amostras do período de águas baixas. Nas amostras do período de cheias a concentração máxima é de 10,1 mg/L, ponto 114 (rio Caracu), mínimo de 0,4 mg/L no ponto 125 (lagoa Brilhante) com média de 2,74 mg/L. Observa-se que no período de cheias as amostras estão em concentrações maiores que no período de águas baixas, indicando o enriquecimento deste elemento através das chuvas, ao contrário do que aconteceu com os outros metais, em que houve a diluição. Na lagoa Brilhante (que no período de águas baixas apresentou o maior valor) houve a retirada deste elemento através do pulso de inundação. Porém, na lagoa do Gavião a concentração de sódio aumentou de 1,35 mg/L (águas baixas) para 1,96 mg/L (cheias) [figura 47a e b].

Para o potássio, não existem valores estabelecidos em leis, resoluções ou portarias. Pires (2008 citando SRC, 2006) aponta a concentração de 20 mg/L como sendo o máximo permitido para consumo humano. Por outro lado, valores similares

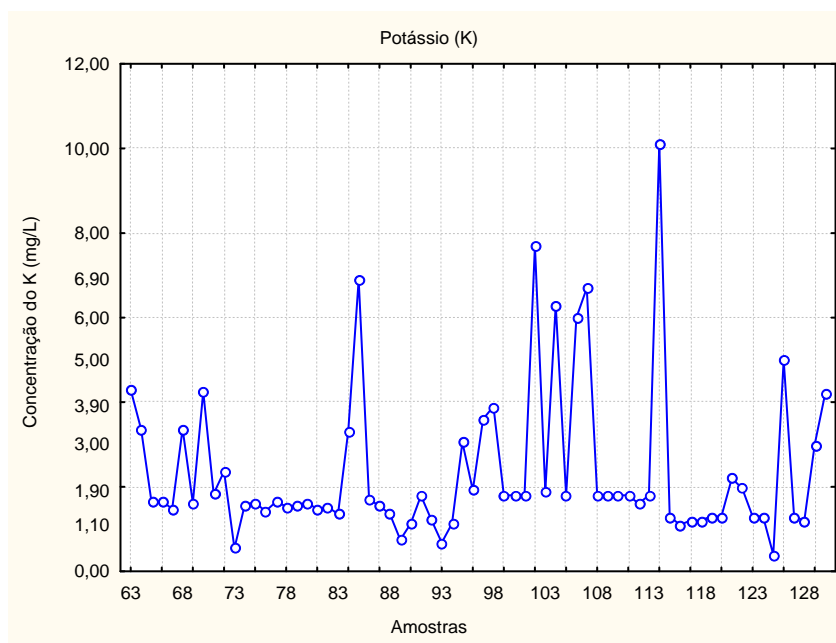


Figura 46 – Distribuição de Potássio nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

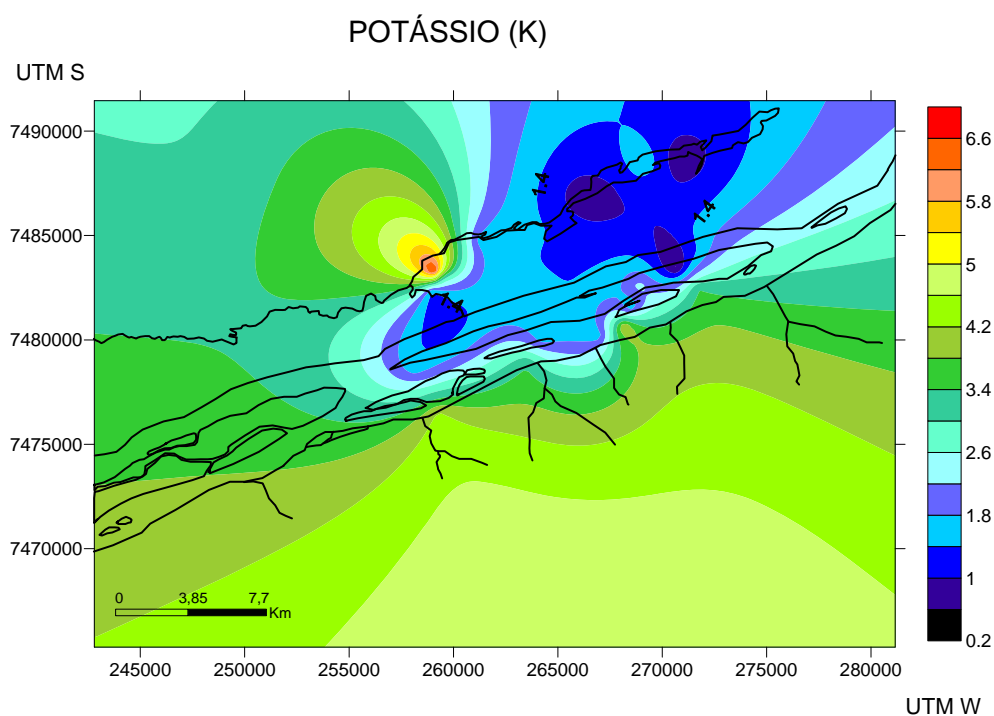


Figura 47a – Teores de Potássio no período de águas baixas do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

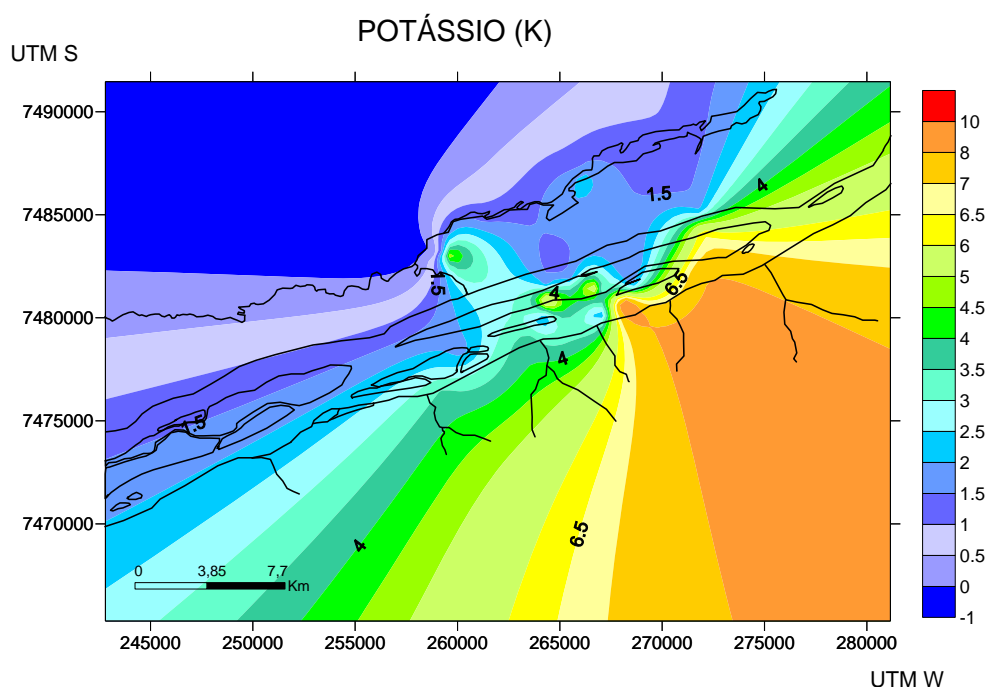


Figura 47b – Teores de Potássio no período de cheias do alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

de potássio foram obtidos em águas naturais pertencentes a bacia do ribeirão Lindóia (PR) por Araújo (2006) com valor médio de concentração de 1,5 mg/L.

Insumos agrícolas apresentam o elemento Sódio e Potássio em sua constituição. Entretanto, os fertilizantes são distribuídos no solo e no período de chuvas ou secas, o solo é lixiviado para os rios, se relacionando desta forma, com os fertilizantes usados.

6.4.3.8 Silício

Os níveis de Silício nos trinta e quatro pontos de amostragem apresentaram valores que variam de 0,1 a 18,06 mg/L para o período de águas baixas. Na área de estudo obteve-se concentração média de 5,41mg/L, com máxima de 18,06 mg/L e mínima de 0,1 mg/L. No período de cheias, os valores são bem inferiores, com valor máximo é de 2,09 mg/L, mínimo de 0,07 mg/L consolidando a média de 0,43 mg/L, indicando que o período de chuvas causou a diluição do Silício

na região. Porém, na lagoa do Gavião houve um forte aumento da concentração de silício, de 0,14 mg/L para 1,7 mg/L. A concentração máxima de 18,06 mg/L, encontra-se situado no rio Caracu, margem esquerda do rio Paraná. Em água naturais, a sílica dissolvida está presente como ácido silícico monomérico, (STUM & MORGAN, 1996 apud BARRETO, 2001), pois em pH ácido a Sílica está na forma solúvel e apresenta maior lixiviação, assim o rio Baía pode ser responsável pela entrada deste elemento nesta lagoa.

A figura 48 mostra a variação das concentrações em todas as amostras. Observa-se dois maiores picos nas amostras 68 e 70, localizados em afluentes do rio Paraná, margem esquerda.

As figuras 49a e b mostram a variação do silício nos dois períodos de coleta.

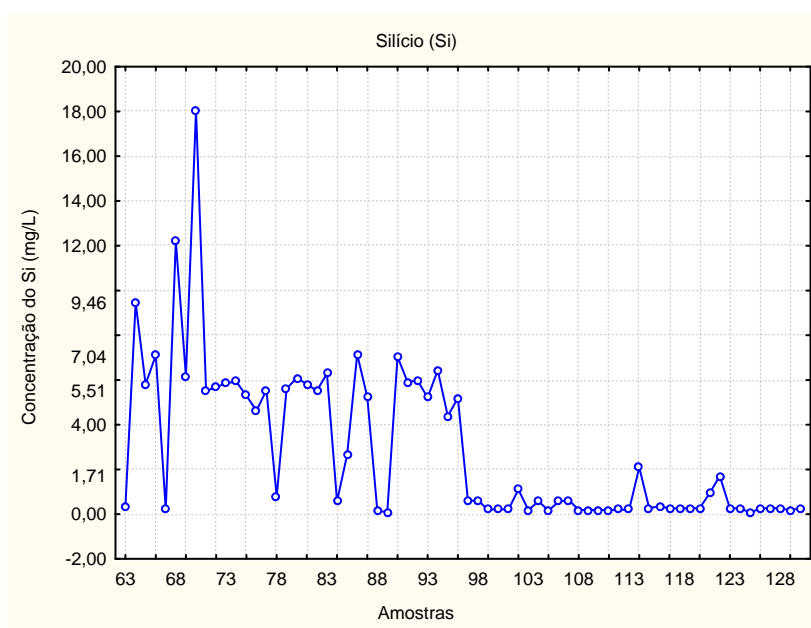


Figura 48 – Distribuição de silício nas amostras analisadas do alto rio Paraná.

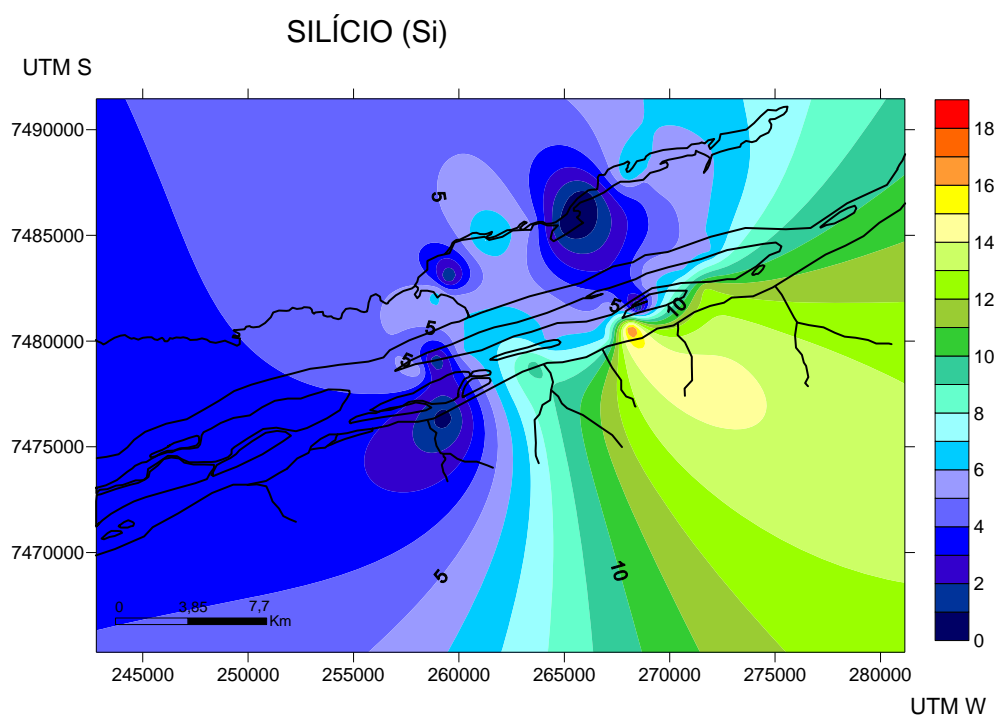


Figura 49a – Teores de silício no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

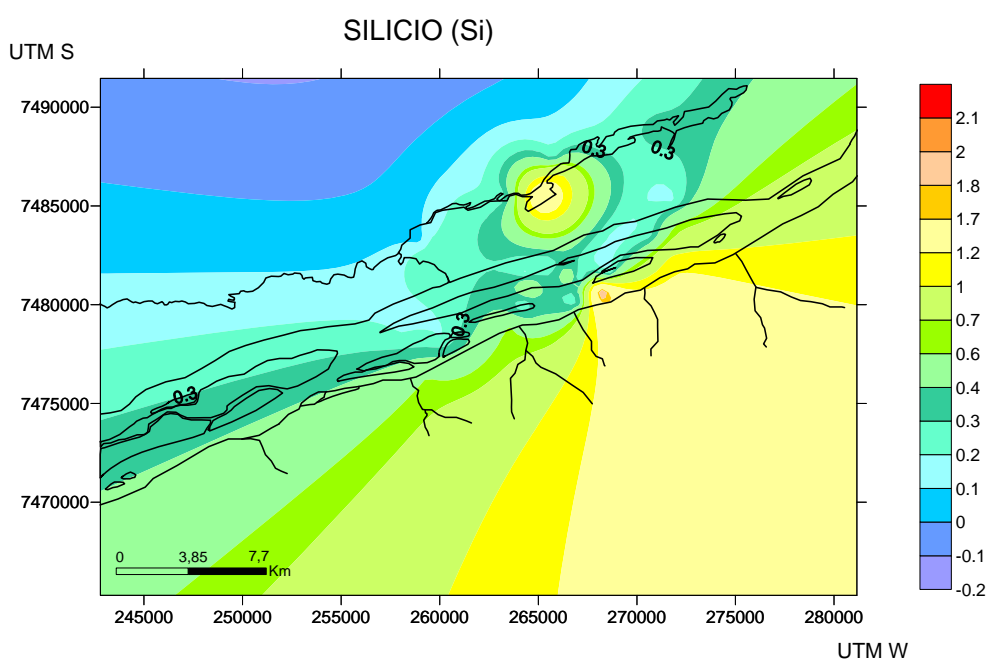


Figura 49b – Teores de silício no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

No Brasil, não existe alguma lei específica para o Silício em águas naturais. Estudos desenvolvidos na bacia do ribeirão Lindóia (PR) por Araújo (2006),

mostram valores entre 7,94 a 15,02 mg/L, indicando que os resultados obtidos para o rio Paraná (0,1-18 mg/L) não interferem na qualidade da água.

6.4.3.9 Magnésio

As variações das concentrações de Magnésio total em todas as amostras analisadas são expostas nas figuras 50 e 51. Os níveis do metal apresentam-se na área de estudo em concentração média de 0,911 mg/L, com valor máximo de 2,717 mg/L e valor mínimo de 0,34 mg/L para as amostras do período de águas baixas. O período de cheias mostrou-se similar aos outros metais, pois a concentração desse elemento está bem inferior a do período de águas baixas. O valor máximo é de 1,07 mg/L, mínimo de 0,02 mg/L, com média de 0,1 mg/L. Assim, as chuvas provocaram uma diluição deste elemento na área de estudo, com exceção da lagoa do Gavião que a concentração de Mg aumentou bruscamente, de 0,4 mg/L para 1,07 mg/L.

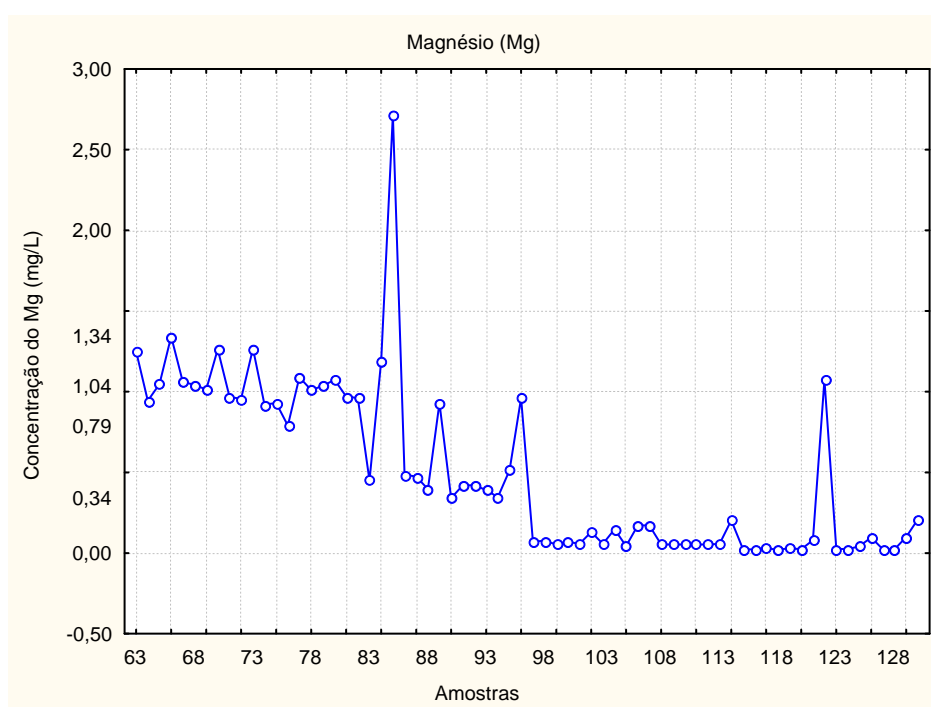


Figura 50 – Distribuição de Magnésio nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

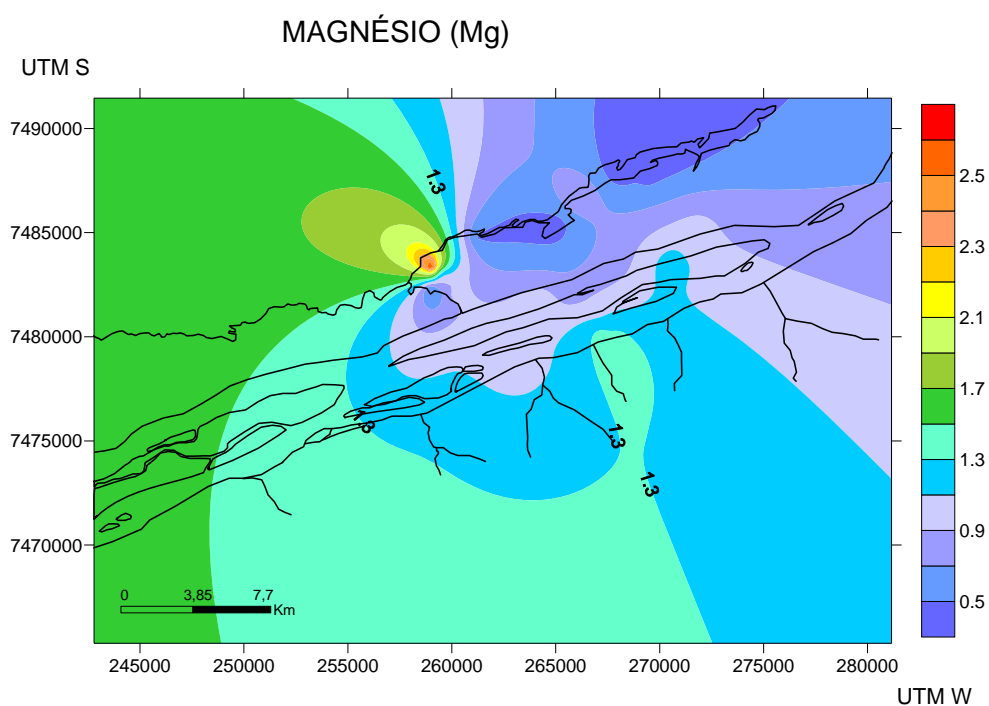


Figura 51a – Teores de Magnésio no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

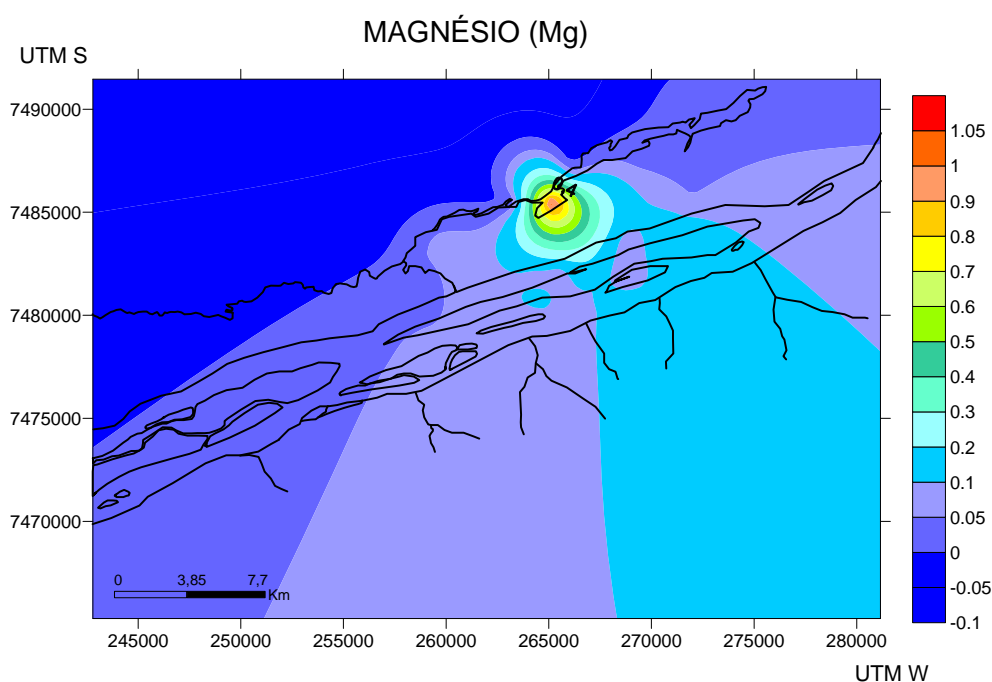


Figura 51b – Teores de Magnésio no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

A maioria das amostras apresentaram níveis baixos de magnésio (<0,5 mg/L). Araújo (2006) observou que baixas concentrações de Magnésio em

águas naturais podem estar relacionadas com atividades agrícolas, solos ácidos e com a baixa incidência de calcário.

6.4.3.10 Cálcio

Os níveis de cálcio encontrados na área de estudo apresentam-se em concentração média de 2,791 mg/L, com valor máximo de 6,42 mg/L e mínimo de 1,387 mg/L para o período de águas baixas. Para o período de cheias, a concentração média é de 0,26 mg/L, valor máximo de 3 mg/L e mínimo de 0,07 mg/L (figura 52 amostras 97 a 130). Observa-se que neste período as concentrações de cálcio estão menores em comparação ao período de águas baixas. Isso deve ter ocorrido porque as chuvas locais causaram a diluição do cálcio nesta região.

A Resolução do CONAMA, 357 de 2005 não estabelece parâmetros de cálcio para águas naturais.

As figuras 53a e b mostram as variações das concentrações de cálcio em todas as amostras. Observa-se que nos pontos 85 e 89 localizados em lagoas internas pertencentes ao MS, encontram-se as maiores concentrações deste elemento (figura 52 amostras 63 a 96).

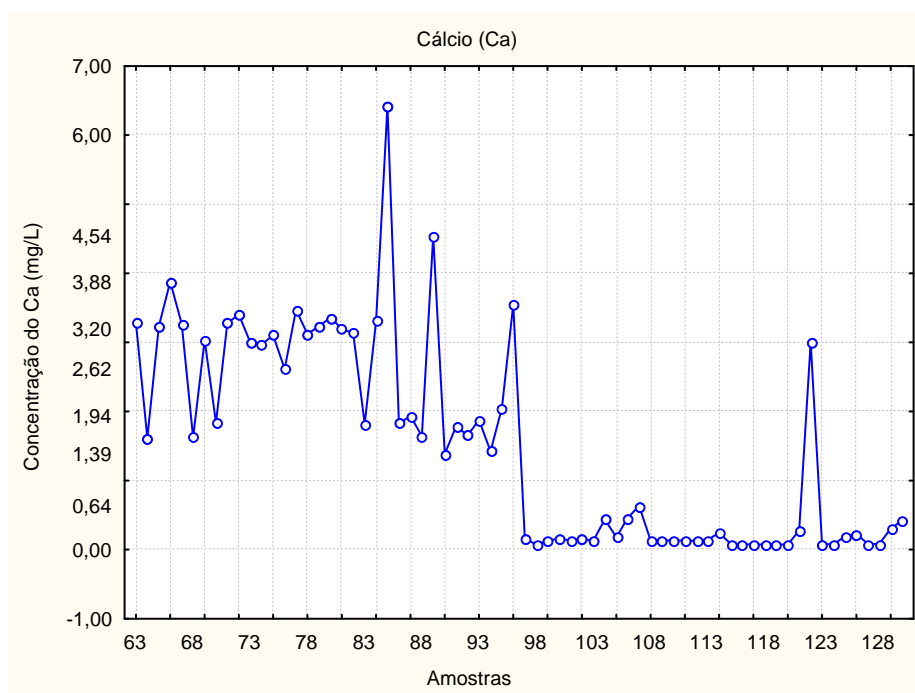


Figura 52 – Distribuição de Cálcio nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

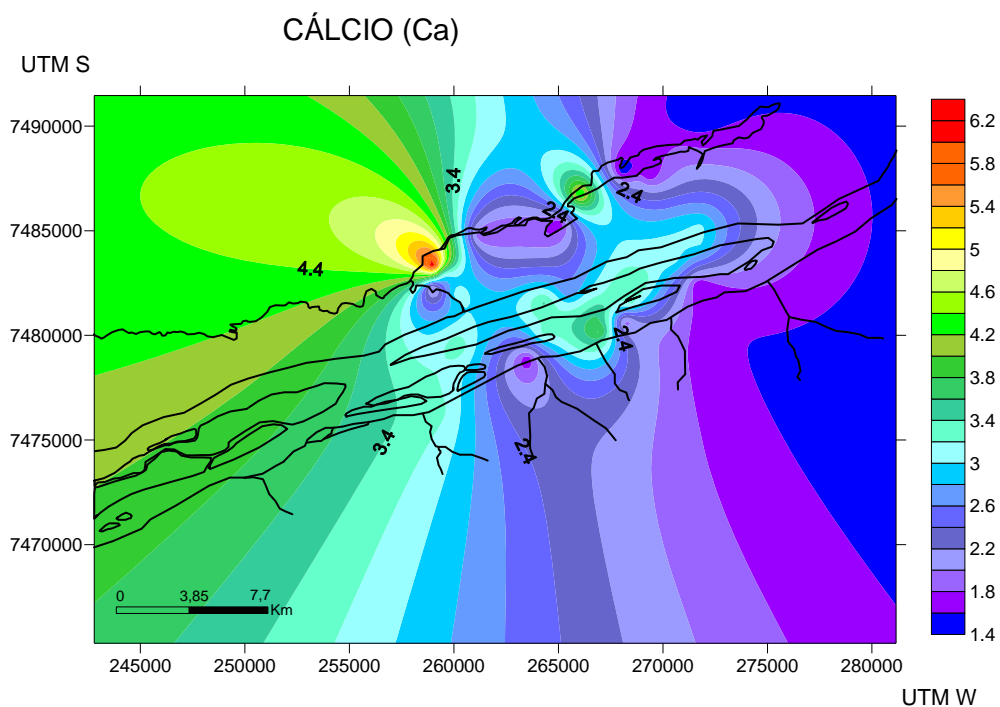


Figura 53a – Teores de Cálcio do período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

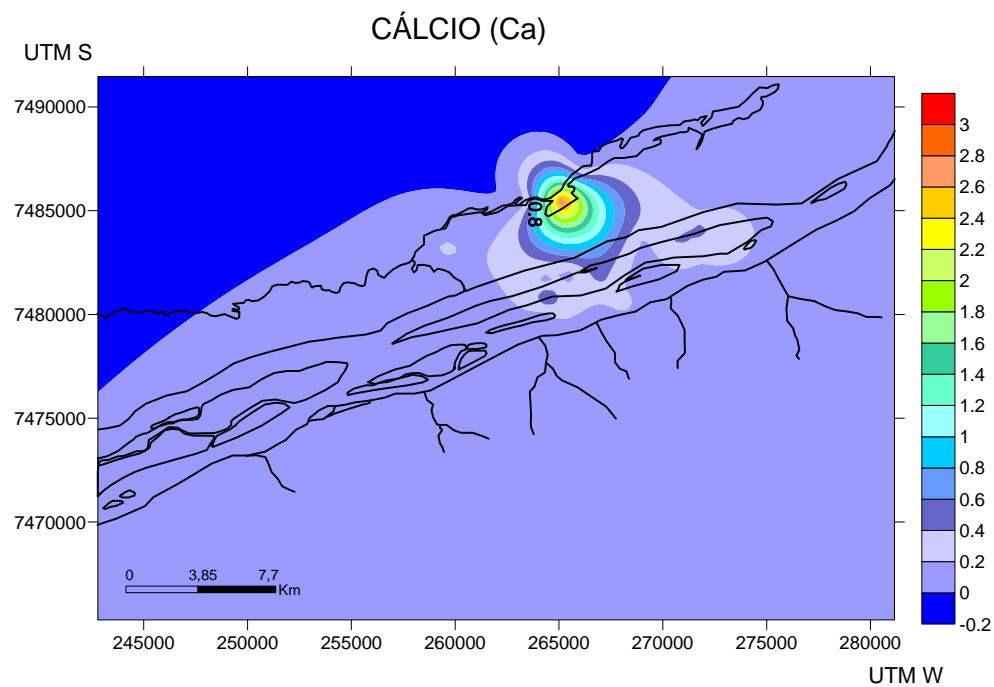


Figura 53b – Teores de Cálcio do período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

6.4.3.11 Zinco

As figuras 54 e 55a e b mostram a distribuição do Zinco em todas as amostras analisadas. Destacam-se três picos de maiores concentrações localizados nos pontos de amostragem 71 (0,297 mg/L no ressaco do Leopoldo), 81 (0,427 mg/L no ressaco do Vardo) e 88 (0,36 mg/L na lagoa do Gavião). No período de seca, a média dos valores é de 0,08 mg/L, o valor máximo é de 0,427 mg/L localizado no ponto de amostragem 81 (rio Paraná, ressaco do Vardo) e o valor mínimo de 0,003 mg/L localizado no ponto de amostragem 76 (rio Paraná, ressaco do Bilé). Para as amostras do período de cheias, o valor máximo é de 0,016 mg/L, mínimo de 0,0002 mg/L e média de 0,002 mg/L. Deste modo, neste período também houve diluição do zinco em todas as amostras da área de estudo.

Segundo a resolução 357 do CONAMA, a concentração máxima de zinco em rios de classe 2 é de 0,18 mg/L. Assim, as anomalias desses três pontos: dois ressacos localizados no rio Paraná e uma lagoa do rio Baia, no qual as concentrações obtidas foram de 0,297 mg/L, 0,427 mg/L e 0,36 mg/L, ultrapassam o VMP para o período de águas baixas.

Em águas muito poluídas e em condições redutoras ocorre a precipitação de compostos solúveis de zinco. Em pH ácido, o zinco permanece na forma de íon livre. Em águas não contaminadas, este íon tende a se adsorver e é transportado por sólidos suspensos. Nestas, a concentração de zinco é alta, assim sua remoção por precipitação do hidróxido só é possível quando o pH for básico, ou seja, maior que 8,0 (SILVA, 2003).

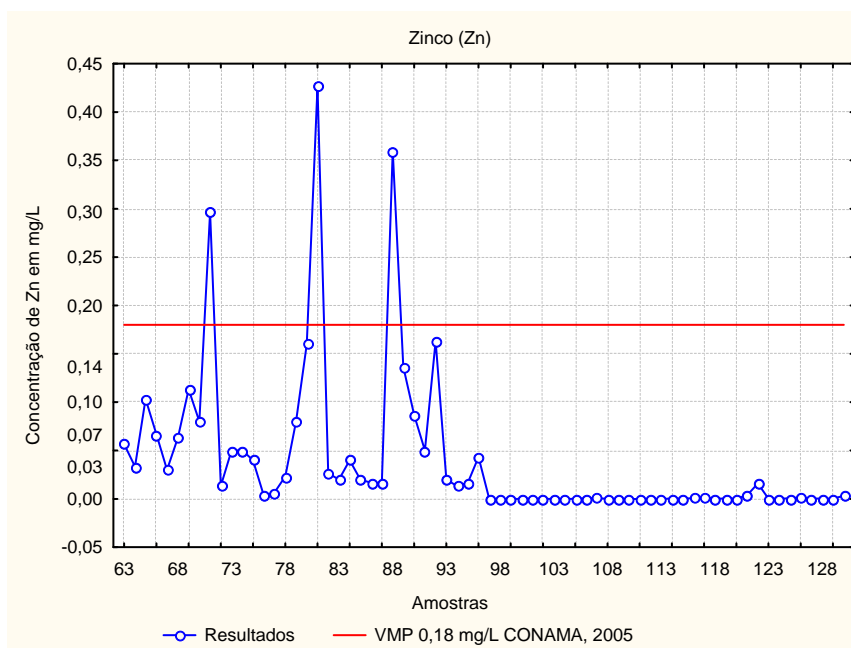


Figura 54 – Distribuição do zinco nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

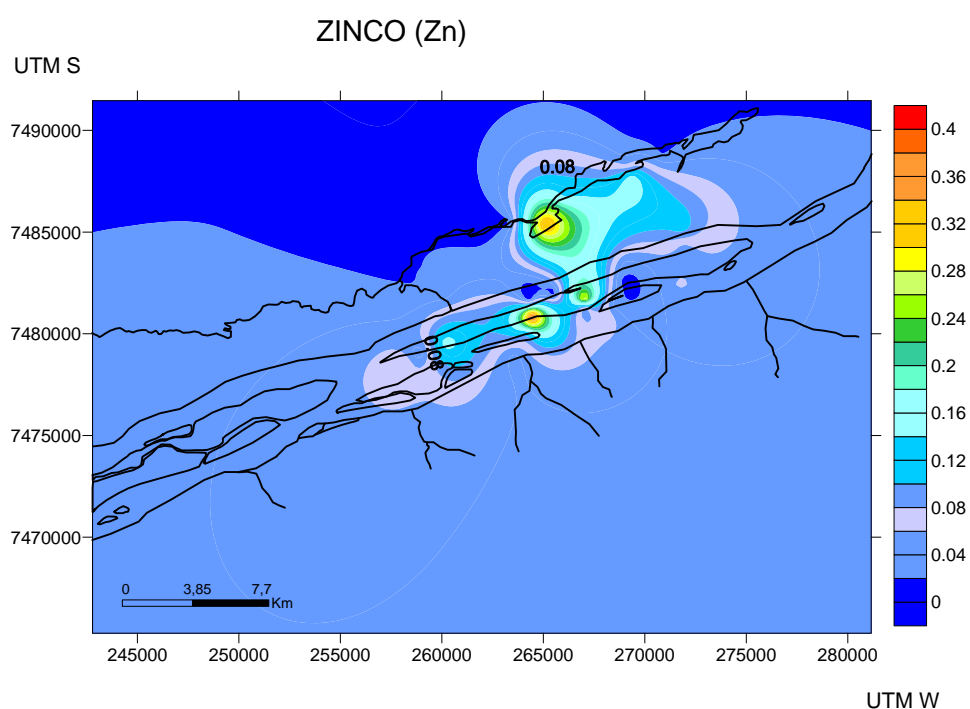


Figura 55a – Teores de zinco no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

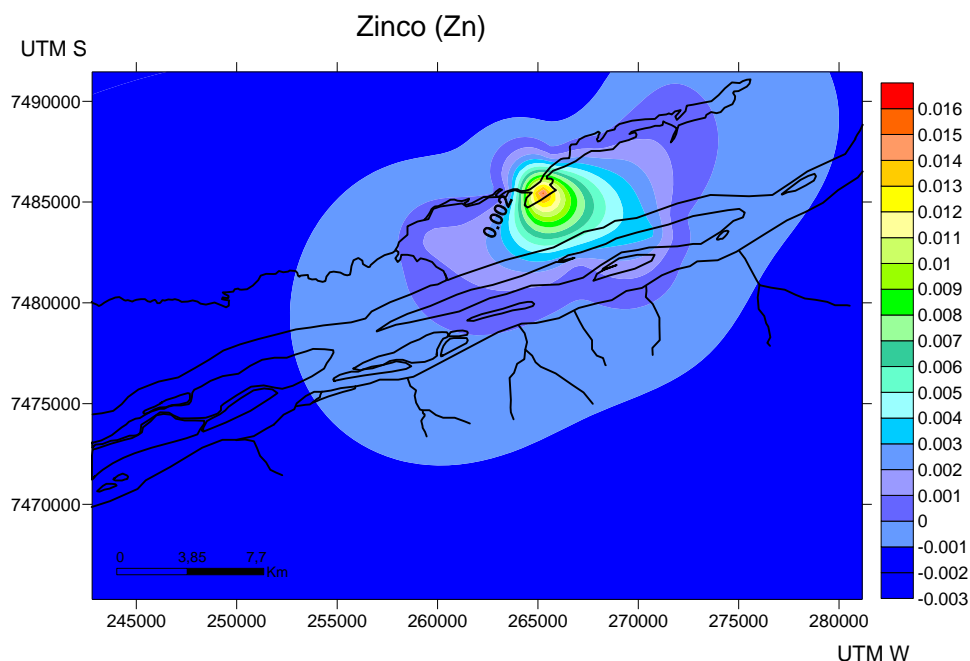


Figura 55b – Teores de zinco no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

Em lagoas observa-se que as concentrações de zinco estão em níveis baixos. Concentrações menores no período de águas baixas ocorrem pela ação dos ventos que pode influenciar no aumento da concentração do zinco total e dissolvido, pois em lagoas, os níveis fluviométricos são menores e a ação dos ventos provoca a ressuspensão do sedimento que contribui para a diluição dos metais no meio (AZEVEDO, 2005).

Barreto (2001) constatou em cálculos teóricos de equilíbrio geoquímico que a fração dissolvida de zinco pode estar atribuída principalmente na forma do íon Zn^{+2} . Assim, a forma dissolvida apresentou-se predominante, tanto para períodos de águas altas como para períodos de águas baixas.

6.4.3.12 Chumbo

As figuras 56a e b e 57 mostram a distribuição do Chumbo em todos os pontos coletados. Observam-se quatro picos referente aos pontos 64 (0,137 mg/L), 73 (0,01 mg/L) 88 (0,047mg/L) e 93 (0,033 mg/L), sendo o maior destes

localizado na amostra 64 no rio Fazenda do Araldo, afluente da margem esquerda do rio Paraná, no período de águas baixas. Para o período de cheias, a concentração de chumbo está abaixo de 0,004 mg/L. Nos outros pontos as concentrações estão abaixo de 0,001 mg/L abaixo do limite de detecção (figura 57).

A resolução do CONAMA, 357 de 2005 determina para os rios de classe 1 e 2 a concentração máxima de chumbo de 0,01mg/L. Nesse caso, destacam-se as amostras 64, 88 e 93. O ponto 88 e 93 (lagoa do Gavião e do Aurélio, MS) é uma área de preservação ambiental, entretanto fazendas localizadas ao entorno podem ser responsáveis por esta anomalia pelo uso de defensivos agrícolas que contenham chumbo em sua composição, ou outra atividade não reconhecida no momento.

No ponto 64 (rio Fazenda do Araldo, afluente da margem esquerda do rio Paraná) a concentração de Chumbo pode ser decorrente das atividades antrópicas, pois o rio situa-se bem próximo a área urbana (cidade de Porto Rico) e a áreas agrícolas, onde a atividade de pesca profissional é intensa.

Grande parte do Chumbo presente no meio ambiente é oriundo de emissões através de veículos e ocorre principalmente na forma iônica. Os sais de chumbo foram usados como pigmentos para produzir tintas, cores em revistas e embalagens de alimentos causando contaminação nos solos e nos arredores (BAIRD, 2002).

Em lagoas, o Chumbo apresenta-se preferencialmente na forma dissolvida, sendo que a maior concentração dele está ligada à matéria orgânica dissolvida (BARRETO, 2001). A concentração de chumbo dissolvido pode aumentar de 10 a 60 vezes pela presença de ácido húmico e fúlvico (AZEVEDO, 2002).

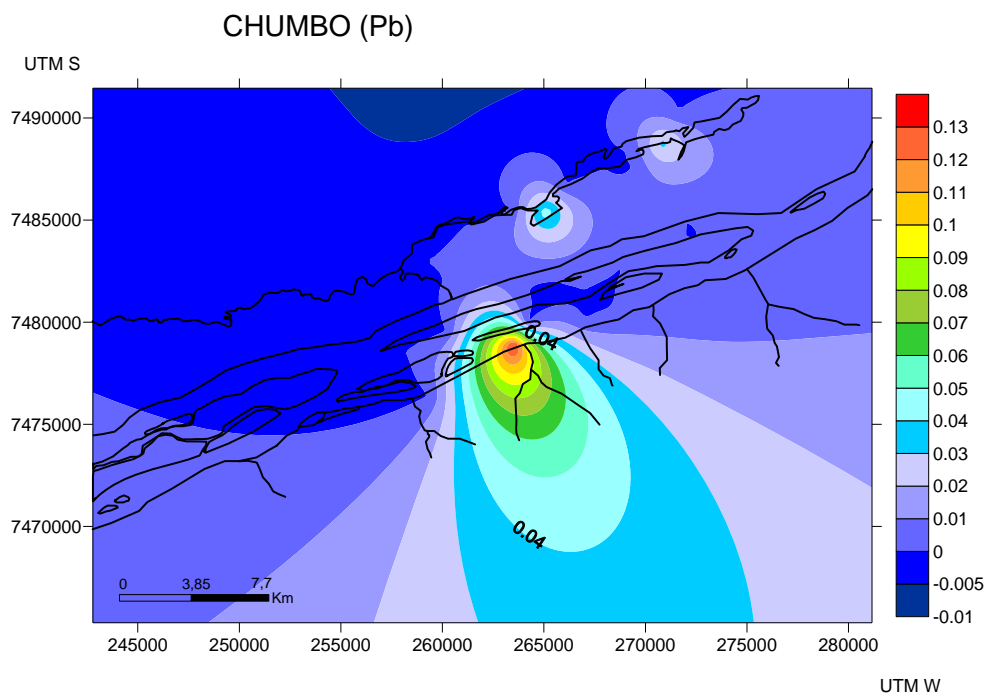


Figura 56a – Teores de chumbo no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária

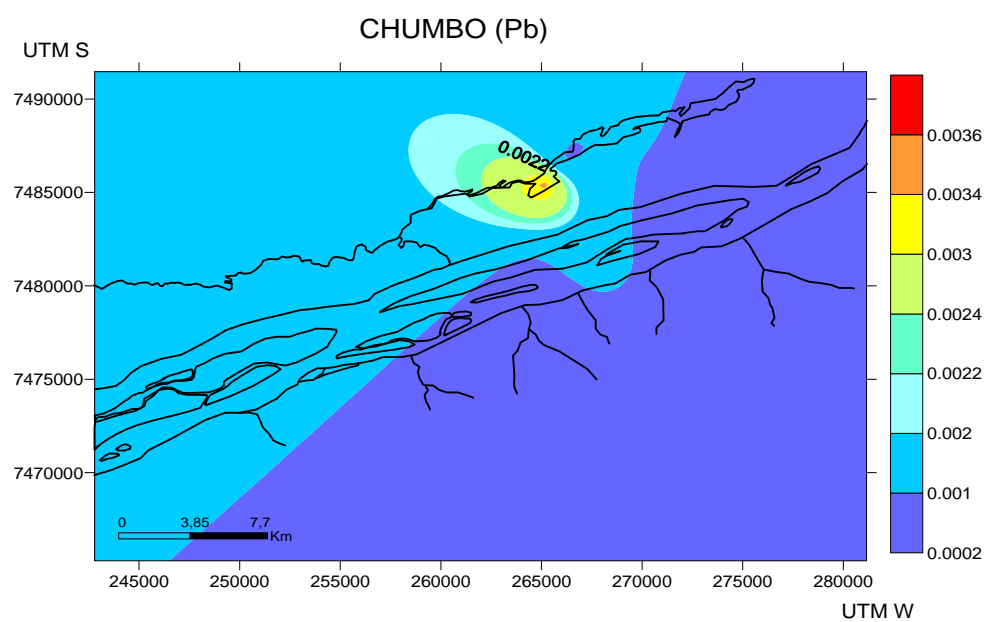


Figura 56b – Teores de chumbo no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

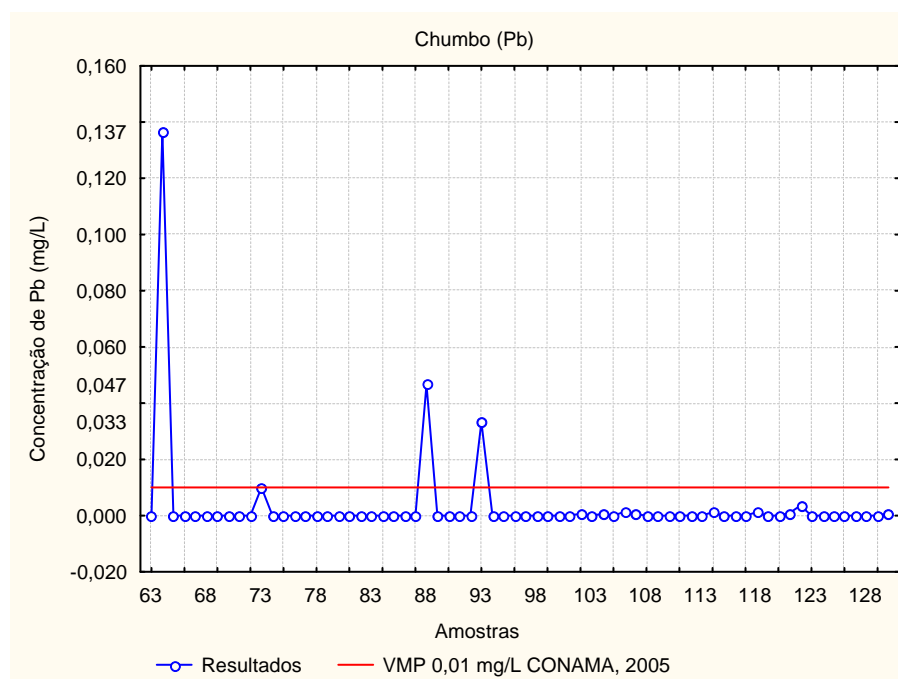


Figura 57 – Distribuição do chumbo total nas amostras analisadas no alto rio Paraná

6.4.3.13 Cobre e Cobalto

A figura 58 mostra a distribuição do cobre em todos os pontos coletados. No período de águas baixas, observa-se dois picos nas amostras 64 e 89, ambos os valores são de 0,007 mg/L. No período cheias a maior concentração observada foi de 0,002 mg/L (lagoa do Gavião), sendo que os outros valores situaram-se abaixo do limite de detecção. O valor máximo permitido de cobre dissolvido em rios de classe 2 é de 0,009 mg/L. Desse modo, os valores obtidos em todas as amostragens referente ao rio Paraná, lagoas e rio Baía estão dentro dos valores da Resolução do CONAMA 357 de 2005, não indicando risco para a população ribeirinha.

Barreto (2001) observou que com o aumento da profundidade da lagoa e a entrada de material alóctone, a concentração de cobre total aumenta com elevada porcentagem de cobre dissolvido (91%). Os cálculos geoquímicos mostram que a fração dissolvida do cobre pode estar complexada ao carbono orgânico dissolvido. (AZEVEDO, 2005). Observou-se que grande parte do cobre encontra-se ligado a matéria orgânica natural, principalmente em substâncias húmicas, e que

parte do íon dissolvido encontra-se na forma de bicarbonato (HCO_3^-). Pedrozo (2003) demonstra que o cobre forma complexos estáveis com o ácido húmico, ligando-se em maior proporção aos grupos $-\text{NH}_2$ e $-\text{SH}$ e menor nos grupos $-\text{OH}$.

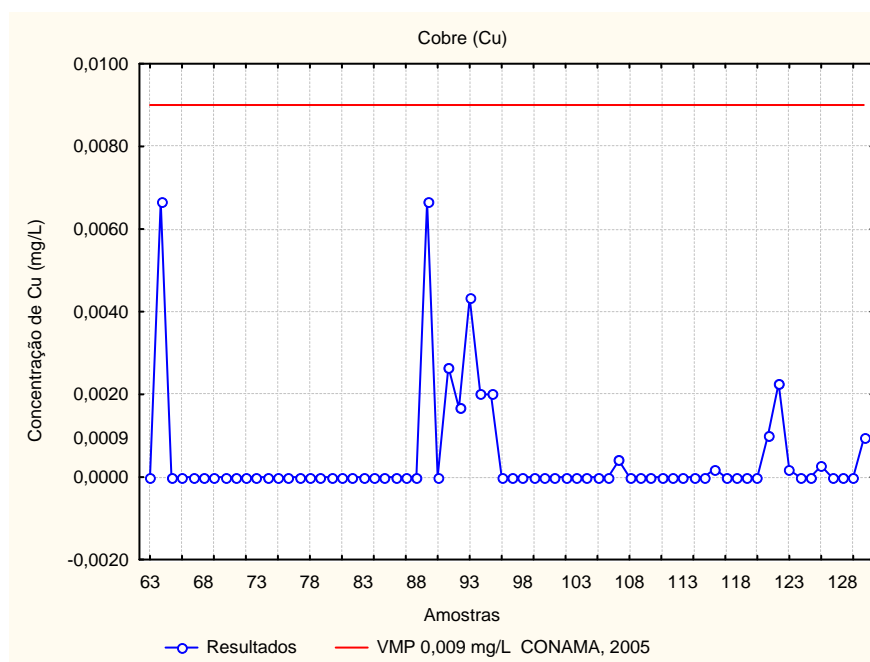


Figura 58 – Distribuição do cobre total nas amostras analisadas no alto rio Paraná

A figura 59 mostra a distribuição do cobalto em todas as amostras analisadas. Observam-se cinco picos: nas amostras 85 e 89, em ambas com valores de 0,011 mg/L e três picos com valores de 0,001mg/L, representando as amostras 121 (lagoa interna do MS), 122 (lagoa conectada ao rio Baía) e 130 (lagoa interna ilha Mutum). Os outros pontos de amostragem apresentaram valores abaixo de 0,005 mg/L. A concentração máxima de cobalto total segundo a resolução do CONAMA 357 de 2005 para rios de classe 1 e 2 é de 0,05 mg/L. Assim, os valores constatados nas amostragens não devem apresentar risco para a população, vegetais e peixes.

Azevedo (2005) verificou que em um período de 14 meses, houve uma diminuição do cobalto dissolvido. Esta diminuição pode ser pela sedimentação, incorporação a óxidos, carbonatos e a matéria orgânica. Correlações indicaram que o aumento de material alóctone (carbono orgânico) ou aumento do dióxido de carbono provocaram sedimentação do cobalto que foi confirmado pelo aumento de

concentração de cobalto particulado. As correlações positivas verificadas mostram que o cobalto dissolvido provavelmente está ligado ao fitoplâncton.

Barreto (2001) observou que as concentrações de cobalto total e dissolvido apresentaram o mesmo perfil. Os cálculos teóricos de equilíbrio geoquímico foram 98,35% de Co^{+2} em períodos de águas baixas e altas. Houve uma maior correlação entre o Ferro total e Cobalto total do que Ferro dissolvido e cobalto dissolvido.

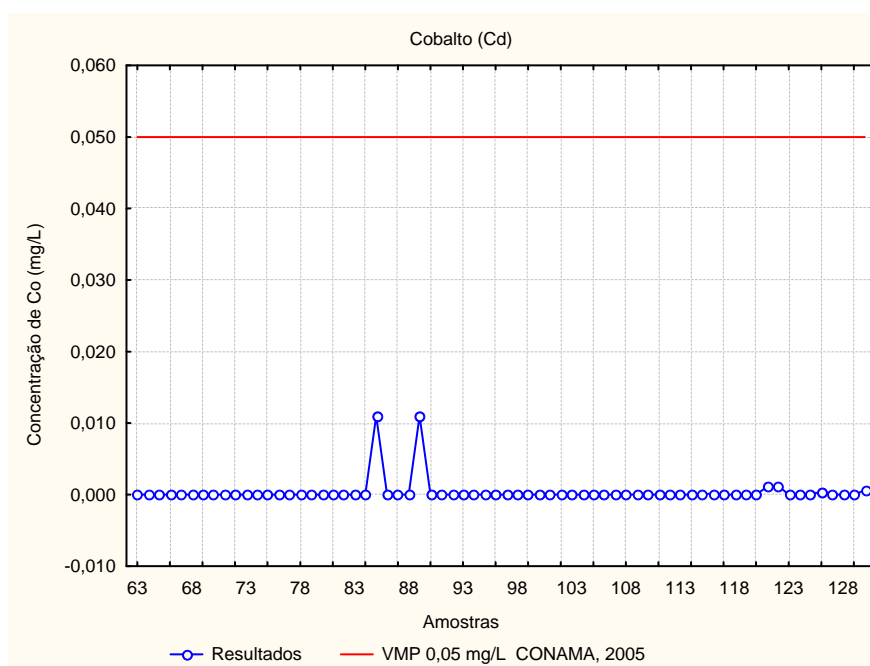


Figura 59 – Distribuição do cobalto total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

6.4.3.14 Cádmiio e Estrôncio

A figura 60 mostra a distribuição do Cádmiio em todas as amostras analisadas. Observa-se a ocorrência do metal em dois pontos de amostragem, no ponto 88 (0,004 mg/L) e no ponto 93 (0,005 mg/L). Os níveis máximos permitidos de Cádmiio total em rios de classe 2 é de 0,001 mg/L (CONAMA,2005). Entretanto, os valores obtidos situam-se em lagoas pertencentes a Estado do Mato Grosso do Sul, em áreas de preservação ambiental. Os teores de suas amostras indicam que o metal pode ser oriundo de atividade antropogênica e/ou tecnogênica, provavelmente

pelo uso de agroquímicos como fertilizantes que contenha o metal. O mesmo deve ter adentrado na lagoa através do arraste deste metal pelas águas do rio Baía.

Nas lagoas, espécies de cádmio se apresentam na forma dissolvida, sendo a maior porcentagem do metal na forma livre (Cd^{2+}) e uma pequena parte ligada a matéria orgânica dissolvida (BARRETO, 2001).

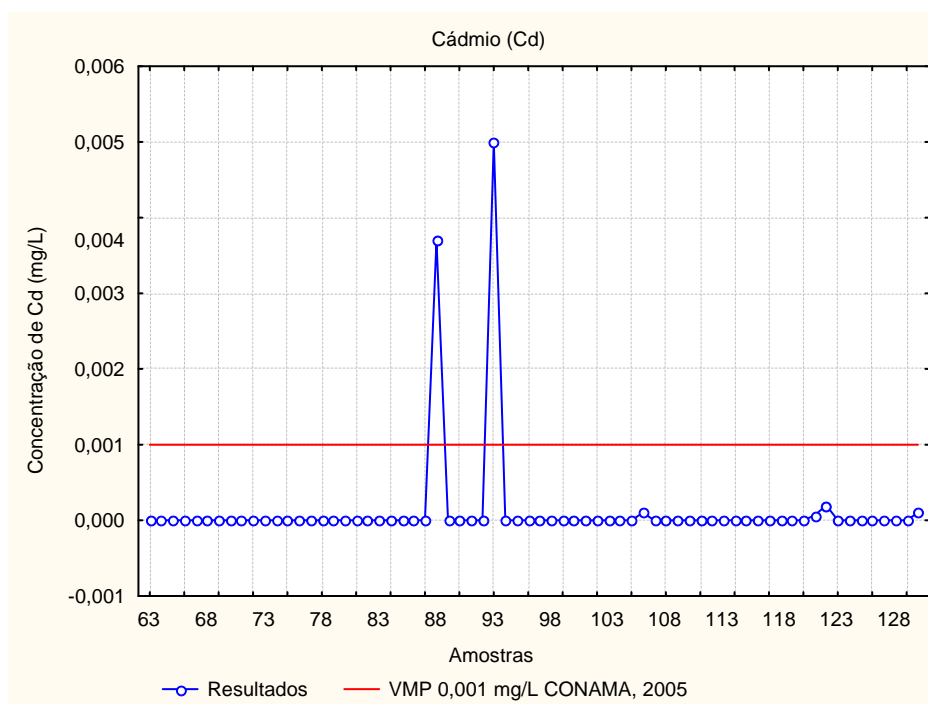


Figura 60 – Distribuição do cádmio total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

A figura 61 mostra a distribuição do estrôncio total em todas as amostras analisadas. O nível médio encontrado na área de estudo é de 0,021 mg/L, com máxima de 0,042 e mínima de 0,009 mg/L, no período de águas baixas (figura 62a). Para o período de cheias, a maior concentração é de 0,02 mg/L, indicando que o nível pluviométrico influenciou na diluição desse elemento na área de estudo (figura 62b).

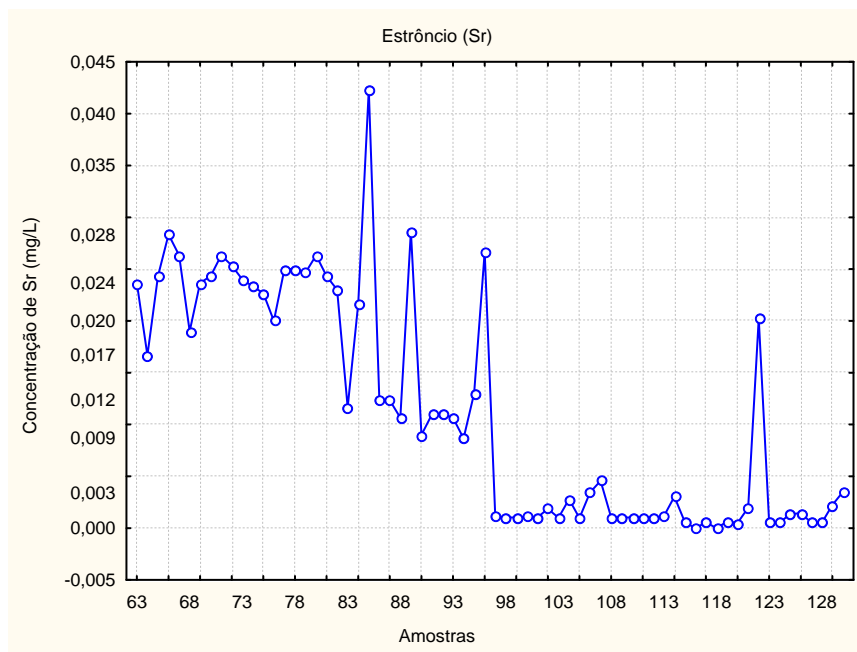


Figura 61 – Distribuição do estrôncio total nas amostras analisadas no alto rio Paraná.

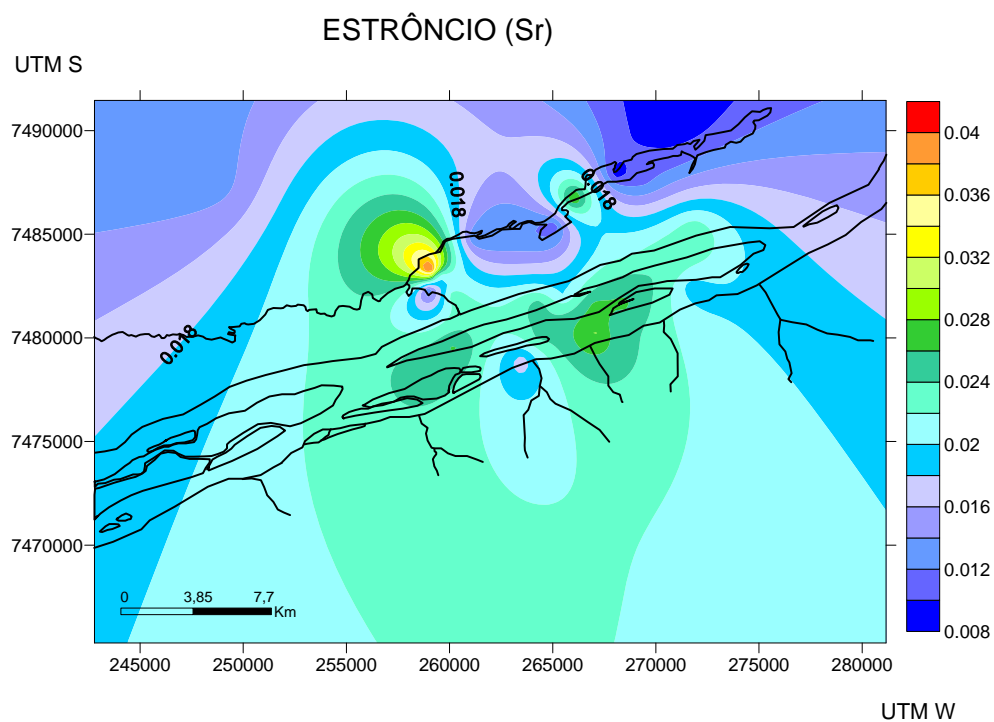


Figura 62a – Teores de estrôncio total no período de águas baixas no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

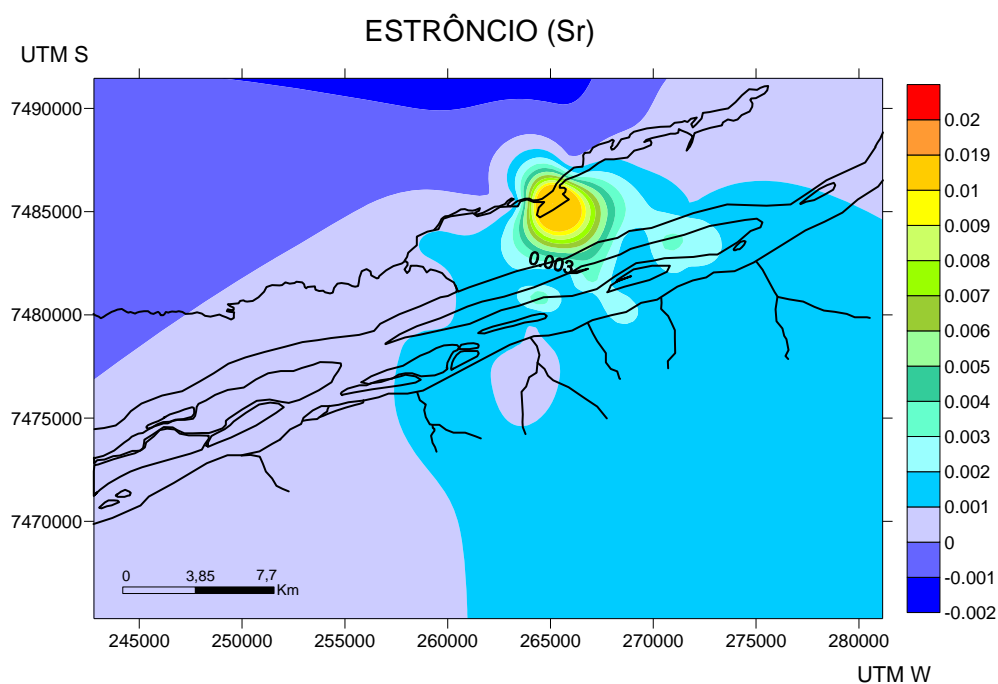


Figura 62b – Teores de estrôncio total no período de cheias no alto rio Paraná na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

6.4.3.15 Cromo

Todas as amostras analisadas no período de água baixas apresentaram valores de cromo inferiores a 0,003 mg/L (figura 63). Estes valores estão dentro daqueles encontrados em águas naturais e não caracterizam contaminação por este metal na forma dissolvida. Entretanto para avaliar seu acúmulo no ambiente é necessário verificar a quantidade deste metal no sedimento.

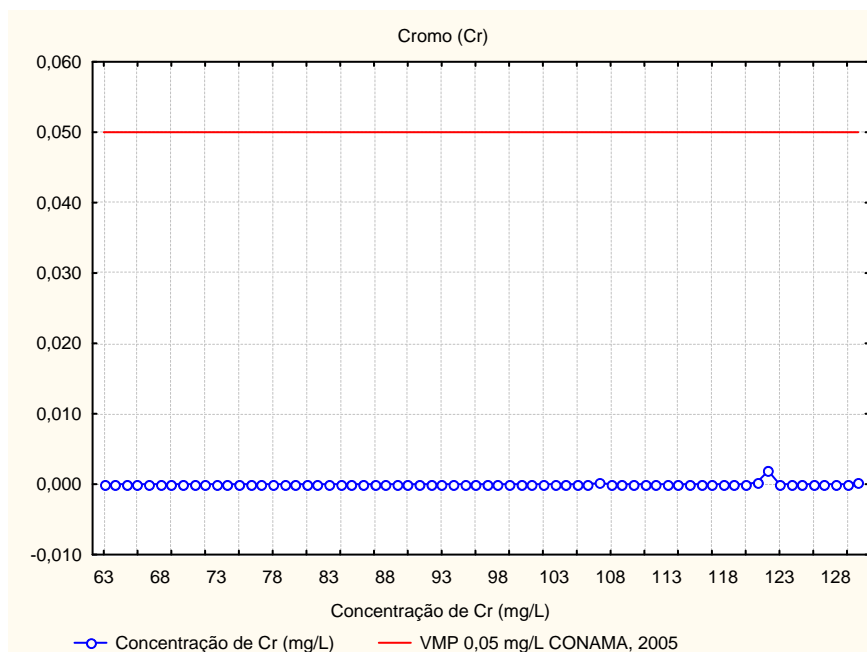


Figura 63 – Distribuição do cromo total nas amostras de cheias no alto rio Paraná.

6.4.3.16 Níquel

Os valores de níquel obtidos em todas as amostras no período de águas baixas foram inferiores a 0,006 mg/L. Valores baixos de níquel indicam uma possível assimilação deste metal pelo fitoplâncton (AZEVEDO, 2005). No período de cheias algumas amostras apresentaram valores significantes de níquel. Na figura 64 observa-se três picos referentes as amostras 121 (0,011 mg/L), 122 (0,038mg/L e 130 (0,013mg/L). Segundo a Resolução do CONAMA 357, de 2005, a concentração máxima de níquel em rios de classe 2 é de 0,025mg/L. A lagoa do Gavião (amostra 122) apresentou valor acima do que estipula esta resolução, indicando uma contaminação.

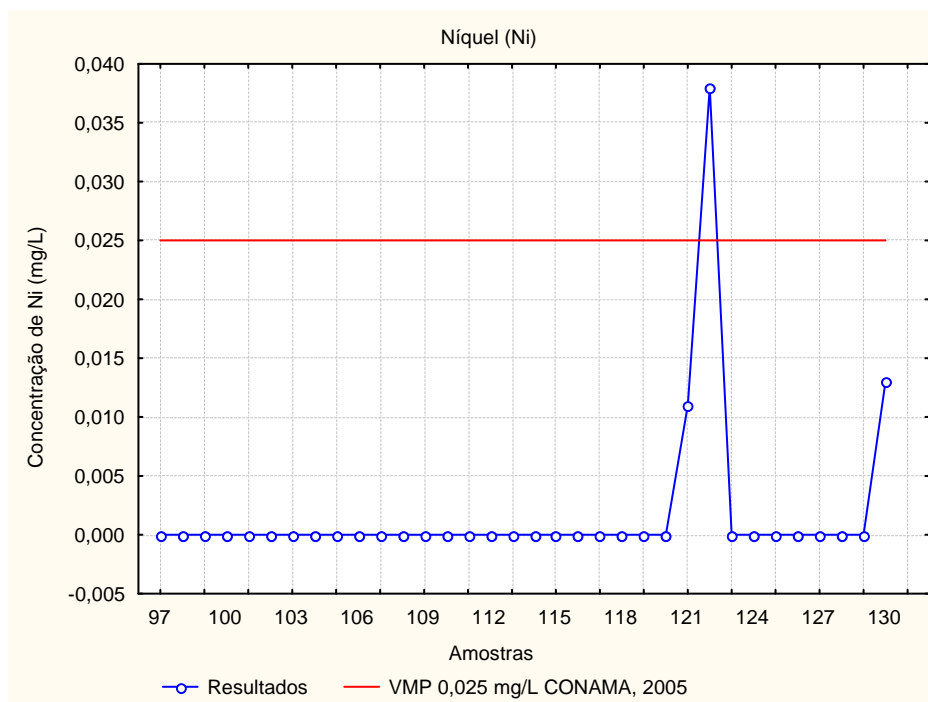


Figura 64 – Distribuição do níquel total nas amostras de cheias no alto rio Paraná

O níquel pode ter origem tanto natural ou origem antrópica. É distribuído ao longo de todos os ambientes através de processos químicos e físicos, é biologicamente transportado pelos organismos vivos. O níquel é introduzido na hidrosfera através da erosão dos solos e rochas, descargas industriais e resíduos urbanos. Nos rios, o níquel é transportado principalmente na forma de um precipitado revestido em partículas e em associação com compostos orgânicos, em lagos, é transportado na forma iônica e em associação com a matéria orgânica. O níquel também pode ser absorvido em partículas de argila e por absorção pela biota levando à liberação de níquel a partir do sedimento. O níquel ocorre naturalmente em diversos tipos de rochas e pode entrar na superfície por meio da degradação mecânica e química das mesmas para o solo. As principais fontes antropogênicas de contaminação de níquel em solos ocorrem através de emissões de níquel de fundição, refinação, eliminação dos resíduos contaminados e também pela aplicação de fertilizantes (WHO, 1991).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As concentrações de íons metálicos no rio Paraná e entorno durante o período de águas baixas tem influência da ação dos ventos em períodos secos ocorrendo a ressuspensão dos íons Fe, Mn, Cu, e Zn aumentando assim os íons particulados e dissolvidos.

O Alumínio em lagoas apresentou concentrações acima das encontradas em águas naturais devido a ressuspensão dos sedimentos ocasionados em águas com pH em torno de 6,0. As concentrações de chumbo, zinco e cádmio também estão acima dos parâmetros, indicando uma contaminação relacionada à atividade antrópica e/ou tecnogênica, possivelmente pelo uso de agroquímicos ou pelo lançamento de efluentes sanitários das cidades ao redor.

Concentrações baixas de Fósforo e magnésio foram observadas no rio Paraná. Para o Fósforo, alguns relatos indicam que as atividades das barragens das usinas hidrelétricas situadas a montante das ilhas Mutum e Porto Rico, são as responsáveis. Para o magnésio acredita-se que as baixas concentrações são decorrentes de atividades agrícolas em solos ácidos que retêm este elemento. Em lagoas as baixas concentrações de zinco são decorrentes da ação dos ventos em época de águas baixas causando a ressuspensão dos sedimentos.

Amostras obtidas do meio do rio Paraná mostram as menores concentrações para os elementos Fe, Mn, Al e Ba. Na lagoa Maria Luiza (MS) também foi observado menores concentrações para Mg, Sr e na lagoa do Sofrimento (MS) foi observado menor valor de pH e silício, sendo que valores baixos de pH relacionam-se que a decomposição de substâncias orgânicas e húmicas. Contudo, de todas as lagoas analisadas, a lagoa Brilhante (MS) foi a que apresentou as maiores concentrações para diversos elementos, sendo estes: Fe, K, MG, Ca, Sr, Mn, P e Co. Nela registraram-se parte de anomalias positiva para os elementos Fe, K e P.

O período de cheias apresentou concentrações menores para quase todos os metais, exceto para Na e K que em alguns pontos apresentou maiores concentrações. Estas baixas concentrações são decorrentes da diluição ocasionada pelas chuvas na região, assim como os barramentos que controlam a vazão do rio

Paraná. Maiores concentrações para Na e K ocorreram em lagoas e os pulsos de inundação podem ter enriquecido esta localidade com esses metais.

A lagoa do Gavião apresentou maiores concentrações para quase todos os metais no período de cheias e em comparação ao período de águas baixas se destacou porque as concentrações de alguns elementos como Na, K, Si, Mg, Ca, Sr, Ni, Mn, Fe, P e Ba são maiores. Nesta lagoa ocorre maior concentração dos elementos devido a sua dinâmica, pois trata-se de uma lagoa de menor circulação de água. Quando ocorrem cheias, os elementos são concentrados nesta localidade, ao contrário das outras lagoas conectadas ao rio em que a água tem maior circulação e conseqüentemente maior mobilidade dos elementos. Entretanto, no Estado de Minas Gerais, existem mineradores que podem interferir nos elementos presentes no rio Paraná, porque o rio Grande deságua no rio Paraná, assim como registram-se atividades industriais e agrícolas do Estado de São Paulo que descartam seus efluentes no rio Tietê, que também deságua no rio Paraná.

Os dados de saúde da população de Porto Rico mostram que nos últimos anos doenças do sistema respiratório e doenças intestinais são as que apresentam maiores índices de internamentos. Estes dados mostram que o maior índice de internamentos está relacionado a doenças do sistema respiratório (18,21%) que inclui doenças crônicas das vias aéreas inferiores, pulmonar obstrutiva crônica e pneumonias. Alguns metais são responsáveis por estas enfermidades, dentre eles o alumínio que apresentou valores acima do VMP em algumas amostras analisadas. O níquel também está acima do VMP, porém se relaciona com as alergias, reite e sinusite.

Manganês, zinco e chumbo apresentam valores acima do VMP e podem causar diarreia e gastroenterite. Observa-se que 9,89% das doenças em Porto Rico são oriundas dessa enfermidade.

O chumbo e o cádmio apresentaram-se acima do VMP e podem causar problemas nos rins e problemas no coração, coincidentemente em Porto Rico, 6,04% dos registros hospitalares mostram tratamento de calculose renal e 4,64% de insuficiência cardíaca. O mercúrio também gera problemas no coração, porém o mesmo não foi analisado neste trabalho, mas pode estar presente nas águas do rio Paraná.

Por outro lado, os metais presentes no rio tem forte influência da dinâmica hidroclimática, assim como dos barramentos das usinas hidrelétricas.

Sendo assim, estudos comparativos e mais aprofundados devem ser realizados para avaliar se estas anomalias hidrogeoquímicas são responsáveis por doenças, assim como uma avaliação dos elementos presentes na água de abastecimento público oriunda de poços tubulares.

Portanto, a correlação adequada entre a hidrogeoquímica com os aspectos da saúde na área de estudo deve ser aprimorada através do monitoramento geoquímico. Adiciona-se que a cidade de Porto Rico apresenta saneamento básico deficiente, o que deve interferir na edição de maiores índices de internamentos.

REFERÊNCIAS

Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR. **Interaction Profile for: Arsenic, Cadmium, Chromium, and Lead**. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, may 2004. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/>>. Acesso em: 16/10/2008.

AGOSTINHO, A. A. et al. Leandro E. **Structure and functioning of the Paraná River ando its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sitio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004.

AGOSTINHO, A A; ZALEWSKI, M. **A planície Alagável do Rio Paraná: Importância e preservação**. Maringá: EDUEM, 1996.

AGOSTINHO, A. A; THOMAZ, S. M; NAKATANI, K. A planície de inundação do alto rio Paraná: Universidade Estadual de Maringá, 1999. Disponível em: <http://www.maternatureza.org.br/hidreletricas/biblioteca_docs/imp%20UHR%20Rio%20Parana.pdf>. Acesso: 02/06/2007.

AGOSTINHO, Â. A; GOMES, L. C. O Manejo da Pesca em Reservatórios da Bacia do Alto Rio Paraná: Avaliação e Perspectivas. In: NOGUEIRA, Marcos G.; HENRY, Raoul.; JORCIN, Adriana (Org). **Ecologia do Reservatório: Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos: Editora Rima, 2005. p.23-56.

AMARAL, J. A.B; MATTOS, A; SOUZA FILHO, E. E. **Proposta de Ocupação da Planície de Inundação do Rio Paraná. Estudo de Caso – “Canal Cortado**. Campina Grande: Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 59. 2005.

ANA. Agencia Nacional de Água. Dados Hidrológicos. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br.htm> >. Acesso em: 16/10/2008.

ANDRADE, A. R; NERY, J. T. Análise da precipitação pluviométrica diária, mensal e interanual da bacia hidrográfica do rio Ivaí, Brasil. **Investigaciones Geográfica, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM** no. 52, p. 7-30, 2003.

ANVISA. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário oficial da União**, Brasília, DF, 26 de março de 2004. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portaria/518_04.htm>. Acesso em: 03/11/2008.

ARAUJO, P.R. **Interação Hidrogeoquímica e geografia da saúde na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, zona Norte de Londrina, PR.** (Dissertação de Mestrado), Londrina, 2006.

AYOADE, J.O. **Introdução a climatologia para os Trópicos.** 3.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A, 1991.

AZEVEDO, F. A; NASCIMENTO, E. S; CHASIN, A. A. Mercúrio. In:_____. **Metais Gerenciamento da toxicidade.** São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 299-352.

AZEVEDO, J. C. R. **Estudo biogeoquímico na lagoa dos Patos – MS, habitat da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, Brasil** (Tese Doutorado)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005, p.31-58.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** 2 ed. Porto Alegre: Bookmam, 2002.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí.** (Tese Doutorado). Presidente Prudente, 2006, p. 4-10.

BARRETO, S. R.G. **Estudos da variabilidade temporal dos parâmetros físico-químicos e dos metais na caracterização de uma lagoa na planície de inundação do alto rio Paraná** (Tese Doutorado), Maringá 2001, p. 23-66.

BHERING, S. B. ; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do Estado do Paraná.** Ed. EMBRAPA SOLOS, 2006. CDROM

BRANCO, S. M. Água, Meio Ambiente e Saúde. In: REBOUÇAS, A. C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil.** São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. p. 227-248.

BRASIL, Presidência da República. – Lei nº 9985 de 18/07/2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades Conservadoras da Natureza. Brasília- DF, 2000.

CAMPOS, J. B; SOUZA, M. C. Vegetação. In: VAZZOLER, A. E. A. M; AGOSTINHO, Â. A; HAHN, N. S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** Maringá: UEM, 1997. p. 330-330-342.

CANESSO, R. Impacto socioambiental e aspectos da Geografia da Saúde em Porto Rico (PR), alto rio Paraná. (Dissertação de Mestrado). Londrina, 2009.

CARVALHO, M. S; ZEQUIM, M. A; IWAKURA, M. L.H. Geoprocessamento em saúde: uma ferramenta de auxílio aos gestores de saúde. In: CARVALHO, M. S. **Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Londrina: a Autora, 2003. p.127-140.

CENTENO, J. A. et al. Environmental Pathology. In: SELINUS, O. et al. **Essentials of Medical Geology: impacts of the natural environment on public health**. Califórnia: ELSEVIER, 2005. p. 563-594.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDS CLIMÁTICOS, (CEPTEC/INPE). Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>> Acesso: 16/10/2009.

CHASIN, A. A. M; CARDOSO, L. M. N. Cádmió. In: AZEVEDO, F. A; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 263-298.

CONAMA. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Trata do enquadramento dos corpos hídricos superficiais para captação (mananciais de abastecimento) e regulamenta parâmetros para lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf>. Acesso 03/11/2008.

CORREA, G. T. **O uso do solo no Arquipélago Mutum-Porto Rico - Alto rio Paraná, (PR/MS)**. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual De Maringá – PR, 1998.

CORTECCI, G. **Geologia e Salute**. Disponível em: <http://www.igg.cnr.it/Geologia_e/Geologia&Salute.htm>. Acesso: 16/12/2008.

CUADRAT, J. M; PITA, M. F. **Climatología**. 4.ed. Madrid: Ediciones Cátedra, 2006.

DATASUS. **Banco de dados do Ministério da Saúde**. Disponível em: <<http://www.dataus.gov.br>>. Acesso: 03/11/2008.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2005.

FRANÇA, V. **Análise das influências dos pulsos das inundações no Geossistema da subbacia do alto curso do rio Paraná, região de Porto Rico (Pr) e Taquaruçu (MS)**. (Tese Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998, p.54-120.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERNANDES, L. A., CASTRO, A. B., BASILICI, G. Seismites in continental sand sea deposits of the Late Cretaceous Caiuá Desert, Bauru Basin, Brazil. **Sedimentary Geology**, v. 199, p. 51-64, 2007.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e Ambiente**. Campinas: Editora UNICAMP, 2000.

FRIZZO, S. J. Elementos Químicos em águas de abastecimento público no Estado do Ceará. In: SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B. R.; CAPITANI, E. M.; CUNHA, F. G. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p.183-191.

GARCIA, F. F. **Manual de climatología aplicada. Clima, Meio Ambiente y Planificación**. Madrid: Editorial Sintesis S.A, 1996.

GARRET, R. G. Natural Distribution and Abundance of Elements. In: SELINUS, Olle.et al. **Essentials of Medical Geology: impacts of the natural environment on public health**. Califórnia: ELSEVIER, 2005. p. 17-41.

GRUPO de estudos de meio ambiente da Universidade Estadual de Maringá. Seqüência da foto aérea: Maringá, 2008.

GUETTER, A. K. **Associação entre a vazão no rio Paraná e o EL Nino**. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1998, Brasília. Disponível em: <<http://www.criatividadecoletiva.net/cbm-files/13-190ea83ca14b96b8ee9af8e69840ab60.pdf>>. Acesso:16/10/2008.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **SPRING**, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso: 16/12/2008.

IUGS (Internacional Union of Geological Sciences). Disponível em: <<http://www.iugs.org>>. Acesso: 04/11/2008.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2ª Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos.** Curitiba: Edição CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 1995.

LICHT, O. A. B. Geologia médica. In: SILVA, C R. et Al. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p.21-35.

LIMA, I. F. In: AZEVEDO, F. A; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade.** São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 99-125.

LUFT, C. P. **Pequeno dicionário da língua portuguesa.** 2. ed. Ed. Scipione, São Paulo, 1984.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: José Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1968. 450 p. : il, 2ª edição.

MARTINS, I. M. In: AZEVEDO, F A; CHASIN, A A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade.** São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 67-97.

MARTINS JUNIOR. J.C.G; PINESE, J P.P. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia geral. In: SIQUEIRA, Márcia S. **Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** Londrina: a Autora, 2003. p.105-125.

MENDES, T. F. et al. **Aspectos hidroclimáticos preliminares das ilhas Mutum e Porto Rico no alto rio Paraná (PR).** Texto gentilmente cedido pelos autores.

MILANI, E. J. et al. **Boletim de Geociências da Petrobrás.** Rio de Janeiro: v. 15, n.2, maio/nov. 2007, p. 265-287.

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

NOGAMI, E. M; NOZAKI, J. **Estudos da biodisponibilidade de íons metálicos em águas e sedimentos da lagoa do Guaraná, M.S.** (Tese Doutorado), Maringá 2001.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OLIVEIRA, J. P. N. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 127-142.

Organização Mundial de Saúde, Genebra. **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. São Paulo: Ed. Roca, 1998.

PAOLIELLO, M. M.B; CAPITANI, E. M. Chumbo. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 353-398.

PEDROZO, M. F.M. Cobre. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 143-185.

PINESE, J. P.P: Síntese Geológica da bacia do Rio Tibagi. In: Medri, M E. et al. **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M.E. Medri, 2002. p. 21-38.

PIRES, E. O. **Geografia da saúde e geologia médica como instrumento de planejamento e gestão em saúde ambiental: o caso das anomalias de flúor e da fluorese dentária em Itambaracá – PR**. (Dissertação de Mestrado), Londrina, 2008.

PORTO, Acad J.A. Assistência Médica. In: ABIOM, E; JOSÉ FILHO, J. B; HALFELD, G. **Conferência do Rio, de Saúde, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Academia Nacional de Medicina, 1992. p.241-264.

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

ROJAS, L.I. Geografía y salud: temas y perspectivas em América Latina. In: **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v.14, n.4, p.701-711, 1998.

ROLIM, G. S. et al. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

ROSA, M. C. **Processo de ocupação e situação atual**. 1997. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. **A Planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM: Nupélia, 1997.

SANTOS, C. R. Alumínio. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 01-34.

SELINUS, O. Geologia médica. In: SILVA, R. et al. **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p.01-05.

SILVA, C. R. et al. G. Geologia médica no Brasil. In: **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. p.21-35.

SILVA, C. S. Cromo. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 35-66.

SILVA, E. S. Zinco. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 187-202.

SILVA, V. M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital 02, 2006.

SOUZA, C. G.; NETO SANT'ANNA, J. L. Geografia da saúde e climatologia médica: ensaios sobre a relação clima e vulnerabilidade. **HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v.3, n.6, p.116-126, 2008.

SOUZA FILHO, E. E; STEVAUX, J. C. Geomorphology of the Paraná River Floodplain in the Reach Between the Paranapanema and Ivaí Rivers. In: AGOSTINHO, A. A. et al. **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sitio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 5-12.

SOUZA FILHO, E. E; STEVAUX, J. C. **O componente físico da Planície Alagável do Alto Rio Paraná**: Universidade Estadual de Maringá, 2000. Disponível em: <http://www.peld.uem.br/relat2000/peld-reltec-Comp_Fisico>. Acesso: 02/06/2007.

SOUZA FILHO, E. E; STEVAUX, J. C. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: VAZZOLER, A E. A. M; AGOSTINHO, Â A; HAHN, N S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM,1997.

SOUZA FILHO, E. E. et al. Bank Erosion Downstream Porto Primavera Dam. In: AGOSTINHO, A. A; E. **Structure and functioning of the Paraná River ando its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sitio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 25-30.

SOUZA FILHO, E. E; STEVAUX, J. C. **A planície alagável do alto rio Paraná: aspectos geológicos e geomorfológicos**.

Universidade Estadual de Maringá, 2003. Disponível em:

< <http://www.peld.uem.br/Relat2003/pdf/Geologia.pdf>>. Acesso: 02/06/2007.

SUDERHSA. Superintendência de Recursos Hídricos. **Dados hidrológicos**. Curitiba: SUDERHSA, 2009.

TAGIMA, N; KADOZAWA, P. **Metodologia para Montagem de Perfis Pedológicos**. Londrina: UEL, 2001.

THOMAZ, S. M; ROBERTO, M. C; BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A E. A. M; AGOSTINHO, Â. A; HAHN, N. S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM,1997.

THOMANICK, E. A; BERCINI, L. O. **Indicadores, Hábitos e Necessidades de Saúde**. Disponível em:

<http://www.peld.uem.br/Relat2000/2_3_CompSoceconRepSaude.PDF>. Acesso: 02/06/2007.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – Estudo de caso e perspectivas. In: **Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos: RiMa, 2005. p.01-21.

VAZZOLER, A. E.A.M; LIZAMA, M. A.P; INADA, P. Influências ambietais sobre a sazonalidade reprodutiva. In: **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá:UEM,1997.

VIOLANTE, A. C. **Moradores e turistas no município de Porto Rico, PR: percepção ambiental no contexto de mudanças ecológicas**. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Maringá – PR, 2006.

WHO - World Health Organization, 1997. Aluminium. Geneva, **Environmental Health Criteria, 194**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc194.htm>>. Acesso: 31/05/2009.

WHO – World Health Organization, 1990. Barium. Geneva, **Environmental Health Criteria, 107**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc107.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 1992. Cadmium. Geneva, **Environmental Health Criteria, 134**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc134.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 1998. Copper. Geneva, **Environmental Health Criteria, 200**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 1995. Inorganic Lead. Geneva, **Environmental Health Criteria, 165**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc165.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 1981. Manganese. Geneva, **Environmental Health Criteria, 17**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc017.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 1991. Nickel. Geneva, **Environmental Health Criteria, 180**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc180.htm>>. Acesso: 16/11/2008.

WHO – World Health Organization, 2001. Zinco. Geneva, **Environmental Health Criteria, 221**. Disponível em:

<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc221.htm>