

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGEOQUÍMICOS PRELIMARES DAS ILHAS MUTUM E PORTO RICO, RIO PARANÁ, BRASIL.

Kenia Zanetti ^(*), José Paulo P. Pinese ^(*), Geraldo Terceiro Correa ^(*), Valmir de França ^(*),
Edvard Elias Souza Filho ^(**)

^(*) Departamento de Geociências – CCE- Mestrado em Geografia- Universidade Estadual de Londrina (UEL) – Caixa Postal 6001 – 86051-990 – Londrina – Paraná

^(**) Departamento de Geografia – Universidade Estadual de Maringá (UEM)- Maringá - Paraná

RESUMO

O presente trabalho busca preliminarmente analisar os processos geomorfológicos das Ilhas Mutum e Porto Rico e aspectos hidrogeoquímicos da parte média do alto Paraná, à jusante da barragem de Porto Primavera e Rosana e à montante do reservatório de Itaipu, pois estes reservatórios influenciam na qualidade da água e na dinâmica fluvial. Observou-se que os processos erosivos ocorrem principalmente devido ao nível pluviométrico do rio, que apresentou um aumento significativo nos últimos anos decorrente das barragens das usinas hidrelétricas a montante desta localidade. Dados físico-químicos das águas de lagoas formadas nas planícies de inundação do canal principal indicam uma anomalia positiva dos elementos fósforo, potássio e ferro na unidade geomorfológica Rio Paraná. Nesta localidade, a circulação de água é pequena, entretanto, durante o período de cheias, as concentrações de certos elementos são maiores que no período de águas baixas. Isso deve influenciar na construção da anomalia positiva desses elementos.

Palavras Chave: Ilhas Mutum e Porto Rico, unidade geomorfológica, rio Paraná, hidrogeoquímica

1- INTRODUÇÃO

A bacia do rio Paraná alcança aproximadamente 10% do território nacional, drenando uma área de 891.000 Km² percorre diferentes litologias e serve como 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). O rio Paraná demarca as divisas dos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo. Também serve como marco divisório entre o Brasil e a República do Paraguai, desde a embocadura do rio Paranapanema até a foz do rio Iguaçu (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004). É o principal rio da bacia da Prata, e o décimo maior do mundo em descarga, sendo 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).

Os elementos químicos presentes na natureza muitas vezes não são decorrentes da ação humana, ocorrem naturalmente, como o intemperismo das rochas e erosão dos solos sendo que alguns desses elementos prejudicam a saúde dos seres vivos.

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).

Sendo assim, este trabalho apresenta um levantamento geoquímico das águas superficiais do rio Paraná, ao entorno da ilhas Mutum e Porto Rico e procura relacionar estes indicadores com a unidade geomorfológica da região, bem como a saúde da população ribeirinha, grande parte do município de Porto Rico.

2 - OS ELEMENTOS QUÍMICOS E A SAÚDE HUMANA

Dependendo dos teores dos elementos químicos formadores das rochas e dos solos, identificam-se riscos à saúde humana, pois muitos elementos são essenciais para nossa saúde, porém em baixas concentrações causa deficiência e em altas concentrações, são tóxicos. Os elementos essenciais são mais importantes para a vida e devem estar presentes em concentrações relativamente reduzidas, porém, sem eles, não há vida.

2.1 - Contribuições da Geografia na saúde humana

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 quando o estudo da saúde do organismo humano busca 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 sim 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).

A Geologia Médica estuda a influência de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais e visa entender a influência de fatores ambientais ordinários na distribuição geográfica de tais problemas de saúde (SELINUS, 2006).

A contribuição interdisciplinar é essencial, pois as questões associadas a saúde geralmente se referem a seres humanos e outros seres vivos e a combinação dos conhecimentos das ciências da terra com aqueles da medicina e das ciências da vida, faz com que seja oportunizada aplicações e possibilidades para a solução de questões relacionadas à saúde.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente realizaram-se uma série de revisões bibliográficas em livros, revistas, periódicos, revistas e jornais, CD-ROM, internet, dentre outros.

Os trabalhos de campo tiveram o objetivo de se obter as reais coordenadas geográficas da área de estudo e dos pontos de coleta. Utilizaram-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 GPS (sistema de posicionamento global) da marca Garmin GPSMAP 60CSX.

Utilizou-se 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 de Krigagem ordinária como padrão de análise. Krigagem se baseia em um "processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço ou no tempo a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma" (LANDIM, 2003).

A avaliação dos resultados das análises baseou-se em parâmetros determinados pela legislação ambiental e sanitária em vigor, CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente e Ministério da Saúde. Demonstrou-se os resultados através de gráficos e tabelas gerados pelos programas de edição gráfica (SURFER, Excel e Statistica).

As informações sobre a saúde foram coletadas junto a Unidade Básica de Saúde e no Hospital do município de Porto Rico através de entrevistas e coleta de dados informatizados, no momento da execução do trabalho de campo. Estas informações foram úteis para se estabelecer tentativamente, as possíveis relações entre a saúde da população ribeirinha de Porto Rico (Pr) e ilhéus, área de estudo com a hidrogeoquímica efetuada.

As amostras de água foram coletadas em frascos de polietileno previamente lavados com HCl 20% (v/v), enxaguados várias vezes com água deionizada. O período de coleta foi agosto de 2008. As amostras foram coletadas manualmente 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).

Para as medidas de pH utilizou-se o Phâmetros digital de bolso PHTEK com compensação automática de temperatura e calibração.

Para medir a temperatura da água utilizou-se o termômetro digital tipo Espeto de escala de variabilidade de $-50^{\circ}\text{C} + 300^{\circ}\text{C} / -58^{\circ}\text{F} + 572^{\circ}\text{F}$, com haste de inox.

Após as medidas, as amostras foram acidificadas com HNO_3 1% e transportadas para o laboratório de Bioquímica da UEL. Neste laboratório, as amostras inicialmente foram filtradas, em filtros comuns de funil com placa porosa. Em seguida, as amostras foram colocadas em um bécker 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 “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, campus Rio Claro, para a determinação analítica. Os parâmetros analisados foram: Potássio, Fósforo e Ferro. Os dados hidrogeoquímicos de qualidade da água foram realizados em ICP – AES (Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo). Os elementos analisados neste equipamento foram: Fe^{2+} e PO_4^{3-} . O elemento K^+ foi analisado no AAS (Espectrometria de Absorção Atômica - FAAS). Os resultados foram aplicados em planilhas de Excel para a realização de estatísticas e geração de gráficos.

As análises hidrogeoquímicas foram baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19ª edição (1995).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Localização da área de estudo

A cidade de Porto Rico está situada na parte média do 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 01. Limita-se com as cidades de Loanda, São Pedro do Paraná, Santa Cruz de Monte Castelo, Querência do Norte e do outro lado 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 Paranapanema e a foz do rio Ivinheima, sendo a parte central constituída pelo rio Baía na bacia hidrográfica do alto rio Paraná (Figura 01).

A área de estudo abrange a parte média do 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 onde a espessura média do rio Paraná é cerca de 1Km. A ilha Mutum apresenta aproximadamente 14 km de extensão longitudinal e a ilha Porto Rico apresenta aproximadamente 2 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).

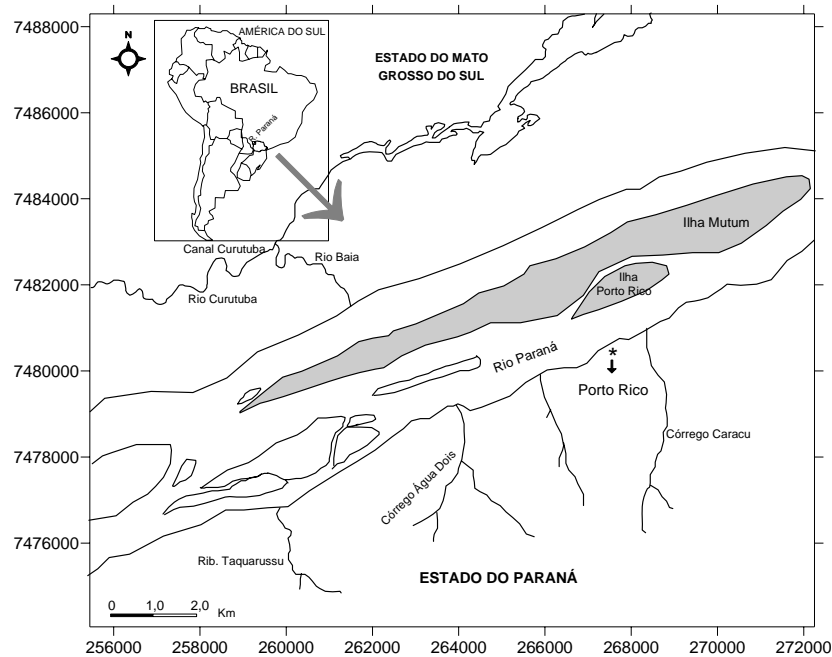


Figura 01: Localização da cidade de Porto Rico e das ilhas Mutum e Porto Rico, divisa com os Estados: Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

A formação geológica predominante do noroeste paranaense, sudoeste paulista e do sudeste do Mato Grosso do Sul é o arenito Caiuá. Fernandes (1998), dividiu a bacia Bauru em dois grupos: o Grupo Caiuá e o Grupo Bauru. O Grupo Bauru inclui as formações: Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Marília e Taiúva. O Grupo Caiuá desenvolveu-se na parte sudoeste da bacia Bauru, com características desérticas, ou seja, apresenta uma extensa área arenosa em cerca de 100.000 Km² formado por clima dominante quente e seco. Este grupo é subdividido em três formações: Santo Anastácio, Goio-Erê e Rio Paraná. Os sedimentos arenosos desta região incluem depósitos de lençóis de areia (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). Segundo Souza Filho (2000), o substrato geológico do alto curso do rio Paraná é constituído por basaltos da Formação Serra Geral e arenitos das formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio. Contudo, estes são recobertos por terraços quaternários trabalhados pela dinâmica fluvial do rio Paraná.

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 tubulares 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 de profundidade. Por se tratar de níveis inclinados, as altitudes diminuem conforme se aproximam da calha principal.

As principais unidades geomorfológicas na área do rio Paraná constituem as Unidades: Nova Andradina que apresenta terraços altos, com cota acima de 250m e a uma distância de 10 a 20Km do rio Paraná. Possui topografia plana, marcada pela ocorrência de lagoas circulares; a Unidade Taquaruçú são os terraços médios, com altitudes de 240 a 260m, a uma distância de 10Km do rio e está bem preservado no vale do rio Ivinheima. Os depósitos de sua parte basal são seixo-arenosos, ricos em calcedônia e ágata. A parte superior é composta por areias maciças, de cor amarela ou esbranquiçada. A topografia é marcada por alta densidade de lagoas com diâmetro entre dezenas de metros e um quilômetro e, eventualmente, por veredas com dezenas de quilômetros de extensão. A Unidade Fazenda Boa Vista são os terraços baixos, ocorre como uma faixa contínua de cinco a quinze quilômetros de largura, situada entre três e sete quilômetros de distância do rio. Esta feição corresponde a um terraço embutido, originado pela remoção parcial dos depósitos da Unidade Taquaruçú, durante o aprofundamento de drenagem que viria a originar a calha onde se encontra a planície fluvial. A Unidade Rio Paraná ocorre em altitude de 231 a 240m e está situada na planície fluvial que ocupa a porção à direita do canal principal. Caracteriza-se nos compartimentos rio Baía e ilha Grande (veja Gonçalves et al. neste evento). Embora seja relativamente plana, possui diferentes níveis topográficos, distintos entre si em termos altimétricos e morfológicos. (SOUZA FILHO; STEVAUX, 2004).

Do ponto de vista geomorfológico, a área é representada pela sub-unidade morfoescultural denominada por Oka-Fiori et al. (2006) Planalto de Paranaíba, 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 240m 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.

Souza Filho e Stevaux (2003) estudaram as modificações que vem sofrendo o segmento fluvial situado a jusante das barragens. Estes estudos incluem a avaliação das mudanças da erosão marginal e modificações no transporte de sedimentos quanto as suas dimensões, composições e velocidade. Estes dois fatores - erosão marginal e transporte dos sedimentos podem ser os responsáveis pelas modificações ambientais e alterações do padrão dos canais.

O conjunto de barragens a montante do rio Paraná modificou o padrão hidrológico do rio, pois com o fechamento das barragens alterou-se a dinâmica fluvial causando alterações na vazão, movimentação dos sedimentos, iniciando-se assim um processo de transformação do mesmo.

Em épocas de vazão baixa, seus efeitos são mais intensos. Os sedimentos também mudaram, uma vez que a barragem forçou o sedimento de fundo para ser removido continuamente, até que em 2002 o leito não apresentava mais sedimento em trânsito e as águas passaram a correr sobre os basaltos. Em Porto São José os sedimentos de fundo apresentavam granulometria fina a média, entretanto a partir de 2002 os sedimentos apresentaram-se mais grosseiros e isso resultou em modificações na forma de leito. “As maiores formas em migração eram dunas subaquosas de grande porte”, pois apresentavam mais de cinco metros de altura e aproximadamente sessenta metros de comprimento. Atualmente sua altura foi reduzida a 0,5 metros (SOUZA FILHO e STEVAUX, 2000).

Antes das barragens havia equilíbrio dos processos erosivos e deposicionais. Segundo Souza Filho e Stevaux, 2000:

“A superposição dos perímetros das áreas insulares demonstra que há uma alternância entre o domínio da erosão e deposição em um determinado local. Contudo, deve ser ressaltado o fato de que os processos erosivos removem

depósitos argilosos mais antigos, relacionados ao sistema anastomosado pré-atual, enquanto os processos deposicionais fazem a ampliação das ilhas por meio de depósitos arenosos”.

O estudo das variáveis que controlam os processos erosivos demonstrou que a velocidade de fluxo é a principal condicionante da taxa de erosão. As margens submetidas a fluxo mais rápidos possuem taxas de erosão proporcionais à velocidade, independente de sua composição e cobertura vegetal. As margens submetidas a fluxos mais baixos apresentam taxas de erosão que aumentam conforme a diminuição da argila em sua composição. Além disso as margens desprovidas da vegetação natural podem sofrer forte ação de escorregamentos durante o período de diminuição das águas das cheias. Sendo assim, a preservação da vegetação natural é fundamental para os canais com velocidade de fluxo baixa, principalmente nos locais em que a margem é arenosa (SOUZA FILHO, 1999).

4.2 - Hidrogeoquímica da área investigada

Os resultados hidrogeoquímicos das análises da área de estudo foram confrontados com a Resolução 357 do CONAMA e Portaria 518 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para verificar se o rio Paraná se enquadra dentro destas resoluções com relação a qualidade de água. Não foi possível determinar a classe do rio, pois não realizaram análises sobre DBO, DQO e OD, fatores importantes para determinação da classe.

É importante entender os processos químicos que ocorrem em águas naturais, para avaliar corretamente se a anomalia hidrogeoquímica observada venha a resultar de ação natural ou de agentes antrópicos. Sendo assim, os indicadores hidrogeoquímicos contribuirão como suporte na busca da relação entre água e saúde, assim como na qualidade ambiental da planície de inundação do rio Paraná.

Realizaram-se 34 coletas de amostras em águas superficiais no rio Paraná, lagoas situadas dentro das ilhas Mutum e Porto Rico, assim como em lagoas da planície de inundação (MS) e no rio Baía. O quadro 01 demonstra os resultados dos 34 pontos de coleta.

4.3 - Parâmetros físicos

4.3.1 - Temperatura da água

A figura 03 mostra a variação de temperatura da água em todos os pontos de coleta. A temperatura da água permaneceu acima de 20 °C durante os dias 11/08/2008 a 13/08/2008 e neste período a média foi de 22,19 °C. De todos os pontos analisados, a temperatura mínima foi de 20°C e a temperatura máxima, 24,5°C.

A temperatura da água é um fator importante de análise. Barreto (2001) estudou os parâmetros físico-químicos da lagoa do Ipê no alto rio Paraná em um período de jun/99 a jun/00. 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 oxi-redução entre estas espécies.

Quadro 01- Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nos pontos de coleta

Amostras	Coordenadas		Parâmetros Físicos		Parâmetros Hidrogeoquímicos (mg/L)		
	UTM N-S	UTM L-O	PH	Temperatura	Fe	K	P
63	259314	7476414	7,2	20,5	0,343	4,293	0,007
64	263516	7478868	7,1	21,5	0,453	3,357	0,02
65	264227	7480021	7,6	22,5	0,1	1,637	0,017
66	267035	7480182	7,6	22,5	0,19	1,657	0,01
67	268495	7481528	7,5	22,5	0,05	1,48	ND
68	271675	7482463	7	21,5	0,697	3,373	0,023
69	271842	7485227	7,1	23,5	0,933	1,617	0,03
70	268170	7480649	7	21	0,517	4,253	0,03
71	267019	7481655	6,7	22	0,43	1,837	0,013
72	268885	7482605	6,4	22,5	1,69	2,363	0,037
73	270658	7483424	6,3	21	7,66	0,547	0,133
74	271938	7484225	6,3	22	0,073	1,583	0,003
75	268926	7483535	7,4	22,5	0,11	1,63	0,01
76	265515	7482021	6,8	24	0,44	1,42	0,02
77	264282	7481628	7,4	22	0,277	1,643	0,007
78	258893	7479046	6,9	23	0,177	1,537	0,007
79	258104	7478618	7,6	22	0,093	1,56	0,007
80	260211	7479535	7,5	22	0,12	1,633	0,007
81	264439	7480852	7	24,5	0,163	1,47	0,013
82	260093	7482010	7,4	22	0,227	1,523	0,01
83	258961	7482303	6,8	22	0,787	1,353	0,08
84	259472	7483031	6	21,5	2,83	3,323	0,153
85	259064	7483286	6,5	23	11,267	6,903	0,213
86	261152	7484781	6,1	22	0,803	1,703	0,027
87	263324	7485490	6,4	22	0,977	1,543	0,03
88	265096	7485402	6,4	22,5	0,91	1,353	0,027
89	266033	7486742	5,4	21,5	4,54	0,747	0,02
90	268033	7487896	6,5	22	1,103	1,127	0,04
91	269055	7488368	6,4	22	0,743	1,79	0,02
92	269363	7487624	6,4	23	1,257	1,22	0,033
93	270839	7488759	5,6	24	2,853	0,68	0,097
94	271624	7490360	6,5	22	1,04	1,127	0,03
95	268827	7487348	5,9	22	1,143	3,05	0,05
96	267031	7481303	6,4	20	1,56	1,92	0,047

ND - não detectado Pb (<0,005) P (<0,003) C

4.3.2 - Potencial Hidrogeniônico (pH)

A figura 04 mostra a variação do pH. De todas as amostras analisadas, o valor máximo encontrado foi de 7,6 na “prainha” (rio Paraná) e o mínimo 5,4 na lagoa do Sofrimento, (MS),

sendo assim, o valor médio é de 6,74. Os valores de pH 5,9, 5,6 e 5,4, são todos localizados em lagoas. Os valores de pH das amostras dos rios estão todos acima de 7,0 (dentro dos parâmetros de classificação de rios que é 6,0 – 9,0).

Os valores baixos de pH (< 6,5) nesta região ocorrem em áreas de maiores concentrações de matéria orgânica, principalmente em lagoas, final dos ressacos e na planície de inundação, pois a decomposição da matéria orgânica produz ácido flúvico e ácido húmico.

4.4 - Parâmetros químicos

4.4.1 – Ferro

O Ferro encontra-se na maior parte, 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. (LIMA, 2003).

O ferro é o 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 (CORTECCI, 2003; SILVA, et al., 2006).

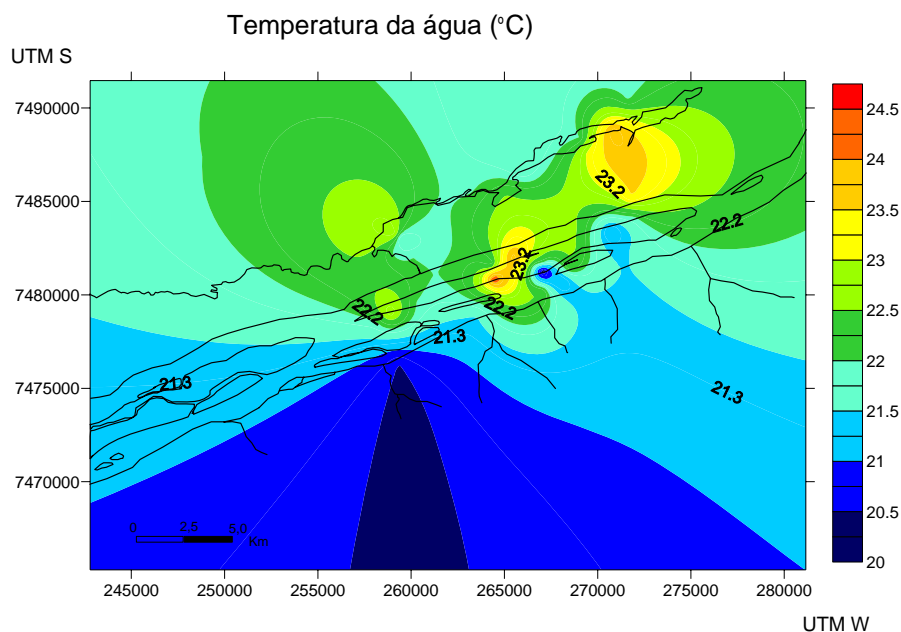


Figura 03- Temperatura da água da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

Os óxidos de ferro na forma de poeira e fumos podem causar uma pigmentação no pulmão denominada siderose (é considerada uma pneumoconiose benigna) e 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), pois é inflamável (LIMA, 2003).

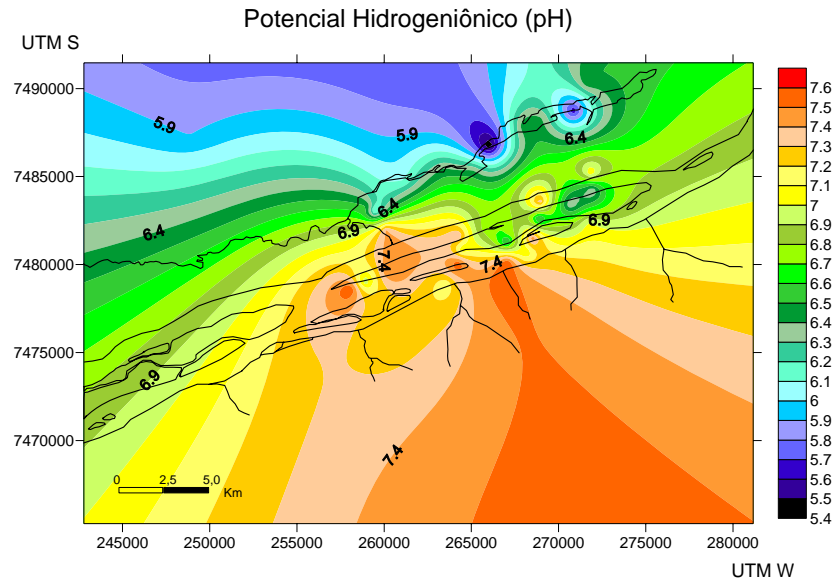


Figura 04- Potencial Hidrogeniônico da água da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

Os níveis de ferro total encontrados na área de estudo possuem concentrações médias de 1,37 mg/L, com máxima de 11,27 mg/L e mínima de 0,05 mg/L. Sendo assim, os valores médios da área de estudo estão dentro dos níveis máximos tolerados pela legislação, 5mg/L (CONAMA, 2005).

Nos pontos 72, 73, 84, 85, 89, 93 e 96 da figura 05 constata-se anomalia hidrogeoquímica positiva, com destaque nos pontos 73 (7,66 mg/L) e 85 (11,27 mg/L). Nos pontos 63-71, 74-83, 86-88, 90-92, 94 e 95 constata-se anomalia hidrogeoquímica negativa com destaque nos pontos 67 (0,05 mg/L). As maiores concentrações de ferro (II) podem ser explicada 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, 2000). Observa-se que a maior concentração de ferro está localizada na planície fluvial, unidade geomorfológica descrita por Souza Filho e Stevaux (2004) como Rio Paraná.

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

4.4.2- Fósforo

A figura 06 mostra a variação das concentrações de fósforo em todas amostras analisadas. A média dos valores é de 0,037 mg/L, sendo o valor máximo obtido de 0,213 mg/L e o mínimo <0,002 mg/L. Os pontos de amostragem 72,73,83,84,85,90,93,95 e 96 apresentaram anomalia hidrogeoquímica positiva, com destaque nos pontos 73 (Lagoa Poleiro dos Anjos, dentro da Ilha Mutum) 0,133 mg/L, 84 (Lagoa da Traíra, na Planície de Inundação) 0,153 mg/L e 85 (Lagoa Brilhante, MS) 0,213 mg/L. Os pontos 63-71, 74-82, 86-89, 91, 92 e 94 apresentaram anomalia hidrogeoquímica negativa, com destaque no ponto de amostragem 67 (rio Paraná, cabeceira da ilha Porto Rico) <0,002 mg/L. Observa-se que as anomalias positivas de fósforo estão localizadas na planície fluvial, unidade geomorfológica Rio Paraná.

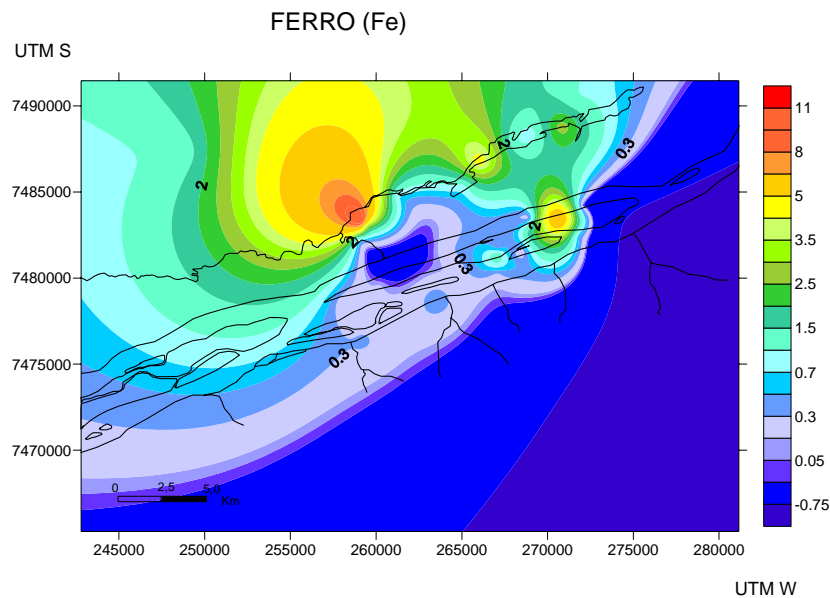


Figura 05 - Teores de Ferro da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária

Baixas concentrações de fósforo no rio Paraná observadas por Agostinho (1996), demonstrou que os ciclos biogeoquímicos são fortemente afetados pelos reservatórios das usinas hidrelétricas situadas a montante do rio Paraná, são responsáveis pela retenção de alguns nutrientes como o fósforo. Isso se deve aos barramentos, onde as concentrações de fósforo presentes originam-se pela ressuspensão do sedimento e pela composição da várzea. Assim, quando há alagamentos, ao invés de fertilizar a área, o rio Paraná dilui este elemento empobrecendo os ambientes alagados. Entretanto, há uma alta concentração de nitrogênio na forma de N-nitrato, sendo assim acredita-se que o rio Paraná possa diluir os ambientes da várzea quanto ao fósforo. Para os ambientes aquáticos estes fatores influenciam muito em seu ciclo, pois além das trocas provocadas pelas flutuações dos níveis de água, pulsos de inundação também são importantes porque trazem consigo nutrientes oriundos da decomposição da vegetação de várzea.

Para a saúde humana, o fósforo 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 reações químicas do organismo (CORTECCI, 2003; SILVA, et al., 2006).

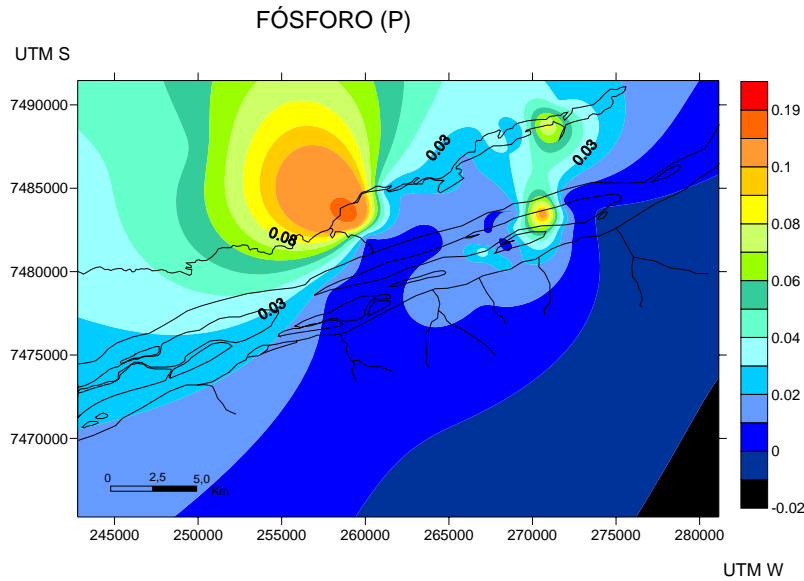


Figura 06- Teores de Fósforo total da região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

4.4.3 - 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, é adsorvido das soluções pelos colóides que enriquece as argilas (MINEROPAR, 2001).

A figura 07 mostra a distribuição das concentrações de potássio em todas as amostras analisadas. 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. Os pontos de amostragem 63, 64, 70, 72, 84, 85 e 95 apresentaram anomalia hidrogeoquímica positiva, com destaque nos pontos 85 (Lagoa Brilhante, MS) 6,903 mg/L e 63 (Fazenda Porto Rico, afluente do rio Paraná, margem esquerda) 4,293 mg/L. Os pontos 65-67, 68, 69, 71, 73-83, 86-94 e 96 apresentaram anomalia hidrogeoquímica negativa, com destaque nos pontos de amostragem 73 (Lagoa Poleiro dos Anjos, dentro da Ilha Mutum) 0,547 mg/L e 93 (Lagoa do Aurélio, MS) 0,680 mg/L (figura 34). Observa-se também neste caso, que a anomalia positiva para potássio está situada na unidade geomorfológica Rio Paraná.

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

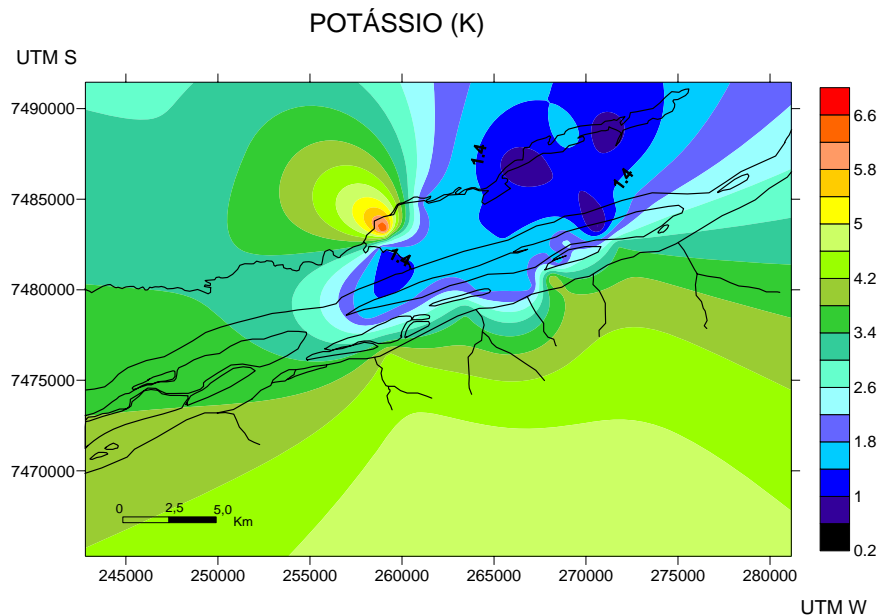


Figura 07 - Teores de Potássio na região de Porto Rico, por Krigagem ordinária.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Preliminarmente observa-se que a taxa de erosão marginal em algumas ilhas do rio Paraná é decorrente do conjunto de barragens a montante que modificou o padrão hidrológico, no qual eliminou os débitos baixos que contribuiu para elevação dos índices de erosão anual. Mudanças rápidas no nível da água também contribuíram com a erosão marginal, pois os locais por onde a água passa, há remoção das partículas das margens.

A quantidade de íons metálicos no rio Paraná e entorno tem influência da ação dos ventos em períodos secos ocorrendo a ressuspensão de alguns íons como o Fe, aumentando os íons particulados e dissolvidos.

Concentrações baixas de fósforo 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.

Na lagoa do Sofrimento (MS) foi observado menor valor de pH, sendo que valores baixos em pH relacionam-se com a decomposição de substâncias orgânicas e húmicas. Contudo, a lagoa Brilhante (MS), de todas as lagoas analisadas foi a que apresentou anomalia positiva para os elementos Fe, K e P. Esta lagoa pertence a unidade geomorfológica Rio Paraná, situada na planície fluvial. Nesta localidade, por ser uma planície de inundação, há pouca circulação de água, pois nas partes mais baixas, alguns canais são secos mas outros formam lagoas. Estas, por sua vez, recebem influxos de água durante o período de cheias (através do rio e pela chuva). Durante tal período, as concentrações de certos elementos são maiores que no período de águas baixas.

Contrariando esta postura, vale ressaltar que as anomalias positivas assinaladas na referida unidade geomorfológica, relacionam-se a período de águas baixas. Possivelmente estas concentrações anormais devem estar ligadas a um período pluviométrico atípico ocorrido no ano de 2008, onde os índices totais mensais (152mm em agosto de 2008) superaram a média histórica para o intervalo investigado (51mm em agosto do período de 1985 a 2008).

Sendo assim, assinala-se a necessidade de estudos aprofundados ao entorno da planície de inundação, em particular naquelas que constituem a unidade geomorfológica Rio Paraná, ou seja,

é imprescindível avaliar se esses elementos são responsáveis pelas causas de algumas doenças como hipertensão arterial, problemas renais e intestinais, como assinalado pelas Unidades Básicas de Saúde do Município de Porto Rico, Paraná, Brasil.

6- AGRADECIMENTOS

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

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, Angelo A; RODRIGUES, Liliana; GOMES, Luis C; THOMAZ, Sidinei M; MIRANDA, Leandro E. **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sítio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004.
- AGOSTINHO, Angelo A; ZALEWSKI, Maciej. **A planície Alagável do Rio Paraná: Importância e preservação**. Maringá: EDUEM, 1996.
- AWWA/APHA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19ª edição, Washington. 1995.
- AZEVEDO, Julio 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.
- BARRETO, Sonia 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)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – 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: 03/11/2008.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – 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.
- CARVALHO, Márcia S; ZEQUIM, Maria A; IWAKURA, Maria L.H. Geoprocessamento em saúde: uma ferramenta de auxílio aos gestores de saúde. In: CARVALHO, Márcia S. **Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Londrina: a Aurora, 2003. p.127-140.
- CORTECCI, G. **Geologia e Salute**. Disponível em: <http://www.igg.cnr.it/Geologia_e/Geologia&Salute.htm>. Acesso: 16/12/2008.
- FERNANDES, Luis 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.
- LICHT, OTAVIO A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos**. Curitiba: Edição CPRM- Serviço Geológico do Brasil, 1995.
- LIMA, Irene. Ferro. In: AZEVEDO, Fauto A; CHASIN, Alice A. M. **Metals Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. p. 99-125.

- LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. 2ª Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2003.
- MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Geoquímica de solo – Horizonte B**: relatório final de projeto. Curitiba, 2005.
- NOGAMI, Eurica M; NOZAKI, Jorge. **Estudo da biodisponibilidade de íons metálicos em águas e sedimentos da lagoa do Guaraná – MS**. (Tese Doutorado)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- OKA-FIORI, Chisato; SANTOS, Leonardo J.C; CANALI, Naldi E; FIORI, Alberto R; SILVEIRA, Claudinei T; BRISKI, Sandro J; FELIPE, Rogério S. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba: Mineropar, 2006.
- PINESE, José P.P: Síntese Geológica da bacia do Rio Tibagi. In: Medri, Moacyr E; BIANCHINI, Edemilson; SHIBATTA, Oscar A; PIMENTA, José A. **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M.E. Medri, 2002. p. 21-38.
- SELINUS O. Geologia médica. In: SILVA, Cassio R; FIGUEIREDO, Bernardinho R; CAPITANI, Eduardo M; CUNHA, Fernanda 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.01-05.
- SILVA, Cassio R; FIGUEIREDO, Bernardinho R; CAPITANI, Eduardo M; CUNHA, Fernanda 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.
- SOUZA, Camila G; NETO SANT'ANNA João 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, Edvard E; STEVAUX, José C. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curitiba, Ivinheima. In: VAZZOLER, Anna E. A. M; AGOSTINHO, Ângelo A; HAHN, Norma S. **A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM,1997.
- SOUZA FILHO, Edvard E; STEVAUX, José C. Geomorphology of the Paraná River Floodplain in the Reach Between the Paranapanema and Ivaí Rivers. In: AGOSTINHO, Angelo A; RODRIGUES, Liliana; GOMES, Luis C; THOMAZ, Sidinei M; MIRANDA, Leandro E. **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sítio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 5-12.
- SOUZA FILHO, Edvard E; STEVAUX, José 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, Edvard E. Diagnóstico do meio físico e condições emergentes da planície do rio Paraná em Porto Rico (PR). Revista Geonotas, Maringá, v.3,n.3, julho, agosto, setembro,1999.
- SOUZA FILHO, Edvard E; CORREA, Geraldo T; DESTEFANI, Edilaine V; TEIXEIRA, Aracy E; ROCHA, Paulo C. Bank Erosion Downstream Porto Primavera Dam. In: AGOSTINHO, Angelo A; RODRIGUES, Liliana; GOMES, Luis C; THOMAZ, Sidinei M; MIRANDA, Leandro E. **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER- Site 6 – (PELD – Sítio 6)**. Maringá: EDUEM, 2004. p. 25-30.
- SOUZA FILHO, Edvard E; STEVAUX, José 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.
- WHO – World Health Organization, 1998. Copper. Geneva, **Environmental Health Criteria, 200**. Disponível em:<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm>>. Acesso:16/11/08.