

 <p>DELIMITAÇÃO DE PARQUES AQUÍCOLAS E DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE DE SUPORTE NA REPRESA DE NOVA PONTE - MG</p> <p>PARCERIA: EPAMIG • UFMG • FAPEMIG</p>	 <p>LGAR Laboratório de Gestão Ambiental de Reservatórios</p> <p>Instituto de Ciências Biológicas Universidade Federal de Minas Gerais www.icb.ufmg.br/~rmpc</p>
<p>PROJETO: Delimitação de Parques Aquícolas no Reservatório de Nova Ponte, MG FAPEMIG Conv.</p>	 <p>EPAMIG</p>

RELATÓRIO:

**A qualidade da água e aspectos limnológicos das águas superficiais do
Reservatório de Nova Ponte (MG)**

Ricardo Motta Pinto Coelho

Agosto de 2011

1. Introdução

A delimitação de parques aquícolas é um projeto desafiador sob vários aspectos. Inicialmente, temos que considerar que esse é um projeto que pretende disponibilizar todas as informações essenciais a implantação efetiva de toda uma cadeia produtiva, com a sua natural complexidade de fatores, muitos dos quais de natureza contrastantes. Adicionalmente, essa iniciativa também se constitui, na realidade, em um projeto de verdadeiro zoneamento ecológico, onde uma série de fatores favoráveis e desfavoráveis à implantação desse tipo de empreendimento serão identificados e quantificados. Esses fatores estão ligados ao meio físico, biótico e ao meio sócio-econômico. Essa diversidade de enfoques e informações exige necessariamente a montagem de uma equipe verdadeiramente multi- e transdisciplinar.

A abordagem quantitativa de uma vasta gama de informações em diferentes fontes exige metodologia específica e enfoques inovadores em muitas áreas da ciência. Assim, em projetos similares anteriores conduzidos pelo LGAR-UFMG, importantes inovações foram introduzidas tais como na maneira de se estimar a capacidade de suporte particularmente nos estudos de batimetria de precisão e dos tempos de residência, no modo como são feitas as exclusões e inclusões de áreas impróprias e apropriadas, ou ainda, na maneira como é feito o monitoramento limnológico. Todas essas inovações passaram a constar do “*know how*” do LGAR-ICB-UFMG que é hoje é reconhecidamente uma referência na área de aquíicultura intensiva que é praticada em reservatórios.

Hoje, a grande maioria dos projetos que cuida da questão do zoneamento ecológico usa de modo efetivo os sistemas de informação geográfica (SIG). Esse projeto não foge à regra. O leitor irá constatar em outras partes e mesmo aqui, no monitoramento limnológico, a grande ênfase dada a essa questão no projeto.

O uso de ferramentas SIG, embora represente um grande avanço não garante- *per se* - o sucesso do projeto. A espacialização de variáveis limnológicas requer muitos cuidados e, sob o ponto de vista teórico da Limnologia Geral, importantes perguntas devem ser respondidas antes de se iniciar um programa de monitoramento intensivo em um reservatório com o uso de ferramentas SIG: (a) qual(is) a(s) pergunta(s) que se pretende responder? (b) quais variáveis devemos considerar? (c) em que frequência elas devem ser medidas ? (d) durante quanto tempo deve

estender-se o programa? (e) como medir a representatividade dos pontos amostrais considerados? (f) como gerenciar dados primários com informações pré-existentes e (g) como otimizar o uso de recursos de infra-estrutura e humanos geralmente muito escassos para se atingir os objetivos propostos?

Um programa de monitoramento ambiental foi montado no projeto “Delimitação dos parques aquícolas e de sua capacidade de suporte no reservatório de Nova Ponte” visando atender aos objetivos gerais desse projeto, e ainda, considerando as perguntas acima.

Optou-se pela realização de um monitoramento centrado na avaliação dos padrões espaciais de qualidade de água porque esse tipo de informação é crucial em muitas fases do projeto. Um bom exemplo seria a decisão relacionada a que tipo de concentrações de fósforo devemos usar nas estimativas da capacidade de suporte (valores mínimos, médios ou máximos seja na coluna de água ou em áreas mais comprometidas com a eutrofização) .

Em nossa visão, a estratégia de focar o monitoramento limnológico em padrões espaciais, obtidos em momentos de maior estabilidade do reservatório, ao longo do ciclo sazonal permite a identificação precisa de fontes pontuais e difusas de poluição e de contaminação realmente mais permanentes e menos transitórias típicas de episódios chuvosos.

Além da ênfase na determinação das variações espaciais, o monitoramento foi baseado em outras importantes premissas:

- 1 o estudo foi conduzido na **plena época seca**, quanto as influências dos tributários são minimizadas deixando os padrões espaciais mais isentos de influências locais e episódios localizados de bruscas variações de qualidade de água ocasionadas pela entrada de importantes contribuições alóctones. Essa estratégia nos permitiu verificar as tendências mais importantes, ou seja, aquelas que conseguem permanecer no reservatório mesmo nos períodos onde a qualidade de água é melhor no reservatório;
- 2 optou-se pela ênfase no **estudo das águas superficiais** uma vez que será nessa região que serão instalados os tanques-rede e, portanto, deve-se conhecer *a priori* os padrões espaciais de qualidade de água nessas camadas em todo o reservatório;
2. a escolha das variáveis priorizou as **variáveis tradicionalmente usadas para as estimativas de eutrofização**, ou seja, aquelas ligadas à penetração de luz na coluna (turbidez e

- coeficientes de extinção da radiação solar) e aos níveis de nutrientes considerados limitantes para a produção primária, ou seja, de nitrogênio e fósforo (N e P) e à clorofila-a;
3. a **clorofila-a** é talvez considerada a melhor variável biológica para se estimar o avanço da eutrofização em qualquer ecossistema aquático (Vollenweider, 1976). No presente monitoramento, apresentamos duas metodologias distintas de análise dessa variável;
 4. Os organismos planctônicos (fito e zooplâncton) foram devidamente coletados em amostras qualitativas e quantitativas. Infelizmente, não iremos apresentar os resultados das análises de organismos planctônicos uma vez que o projeto não disponibilizou recursos suficientes para o processamento dessas amostras; acreditamos que tais dados estarão disponíveis antes de se proceder a instalação dos empreendimentos;
 5. Ao contrário da totalidade de estudos limnológicos já realizados em Nova Ponte, sendo que a grande maioria desses estudos foi conduzida por prestadores de serviços da CEMIG, esse programa **de monitoramento foi baseado em uma campanha de campo com a coleta de 60 pontos amostrais em curto espaço de tempo (agosto de 2008)**, o que possibilitou que se cobrisse todos os principais braços e compartimentos do reservatório em um período de apenas 14 dias sob condições climáticas constantes e que podem ser consideradas ideais e representativas da estação seca, ou seja, aquelas que foram observadas no mês de agosto de 2008.

Considerando o acima exposto, temos então os principais objetivos do programa de monitoramento limnológico em Nova Ponte.

2.0 - Objetivos:

O objetivo geral do programa foi fornecer um panorama geral da qualidade da água superficial em todo o reservatório. Esse objetivo geral foi, por sua vez, ser sub-dividido nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar eventuais problemas ambientais tais como eutrofização, contaminação por fertilizantes, etc.
- Identificar as possíveis fontes de poluição e contaminação existentes tais como lançamentos pontuais de efluentes, poluição por esgotos, etc.
- Fornecer dados que possam priorizar certas regiões do reservatório como sendo adequadas para os empreendimentos aquícolas.
- Fornecer as informações necessárias para as estimativas da capacidade de suporte em termos de produção intensiva de pescado em tanques-rede, principalmente dados confiáveis de fósforo e nitrogênio considerados como parâmetros essenciais para a grande maioria dos modelos de avaliação de capacidade de suporte.
- Fornecer as bases de dados que serão usados para dar continuidade ao monitoramento ambiental que será feito após a implantação dos empreendimentos.

3.0 - Metodologia do Monitoramento Geral no Reservatório de Nova Ponte

Durante os trabalhos de coletas de amostras, as seguintes variáveis limnológicas foram consideradas:

- Transparência, radiação PAR, UV, sólidos e turbidez.
- Temperatura da água e condutividade elétrica.
- Oxigênio dissolvido.
- Clorofila-a
- pH
- Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)
- BOD e Coliformes
- Fitoplâncton e zooplâncton

Essas variáveis foram coletadas em 60 pontos cobrindo todo o reservatório. Todos os pontos foram visitados na segunda quinzena de agosto de 2008 (Fig. 01).

Pontos de coleta - reservatório Nova Ponte

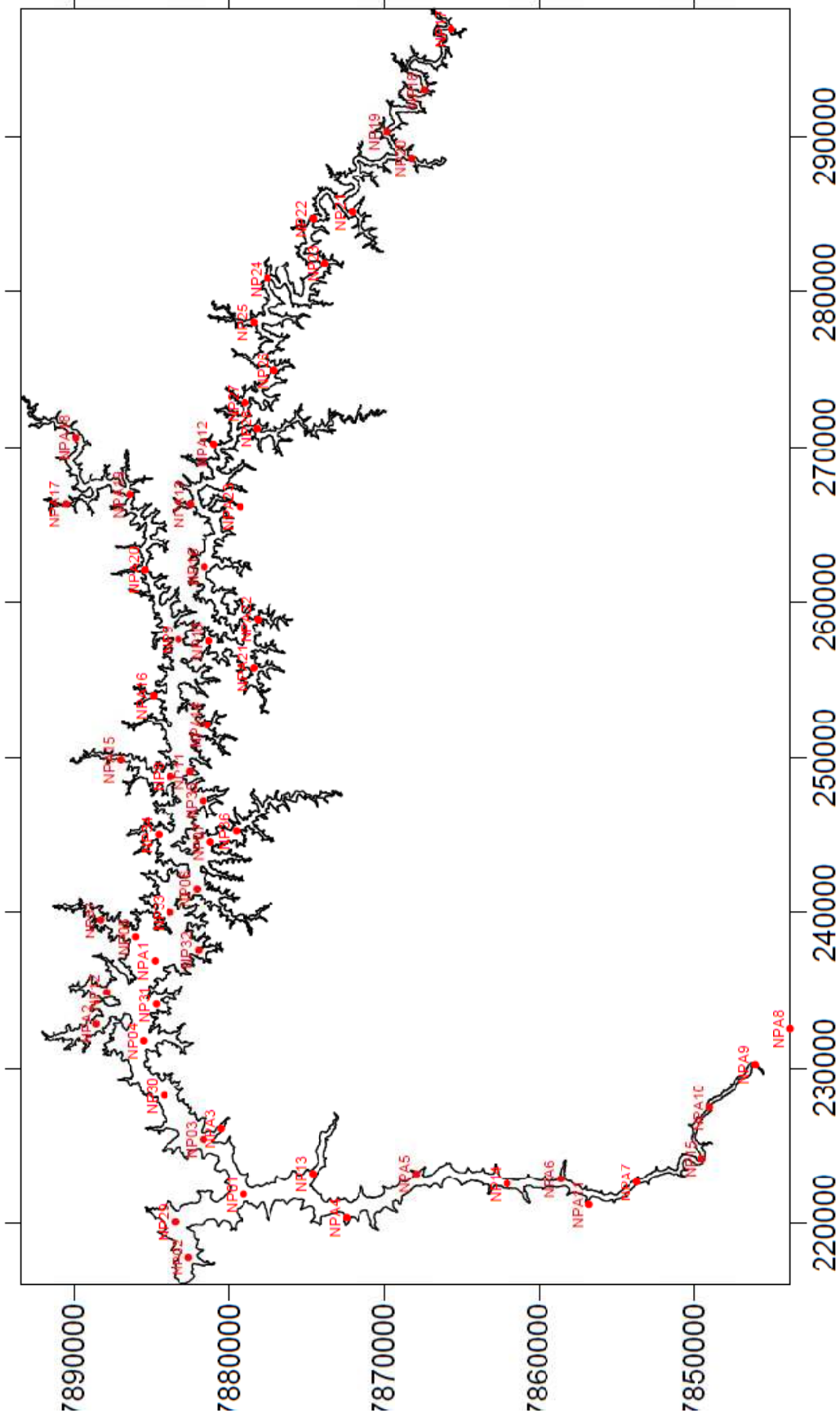


Fig. 01– Pontos de coletas no reservatório de Nova Ponte, amostrados na excursão de agosto de 2008.

O oxigênio dissolvido, a condutividade elétrica e o pH foram obtidos *in situ* com a sonda multi-analisadora *Yellow Springs 556 MPS* (Fig. 02). Foram anotados os perfis de 0 a 20 metros, mas nesse relatório somente serão apresentados os resultados obtidos a 0,5m.



Fig. 02- Sonda multi-parâmetro YSI 556 que é capaz de medir e estocar em memória os seguintes parâmetros: temperatura, condutividade, pH, potencial REDOX e oxigênio dissolvido.

A radiação eletromagnética que penetra na coluna de água foi medida através do uso de um radiômetro da *Biospherical* (Ca, USA) (Fig. 03). Foram medidos simultaneamente três perfis de radiação em toda a zona fótica do reservatório: (1) radiação PAR (400-700 nm), (2) radiação UV-A (300-320 nm) e radiação UV-B (320-340 nm). Em cada um dos pontos amostrais visitados, foram também medida a turbidez através de um turbidímetro DIGIMED através de amostras de água tomadas nos pontos e processadas ainda no dia de coletas em nosso laboratório de campo.



Fig. 03- Sonda Biospherical que é capaz de medir e estocar dados de perfis de radiação solar na coluna de água em três regiões distintas do espectro solar (PAR, UV-A e UV-B).

As concentrações de nitrogênio inorgânico (amônio, nitritos e nitratos) bem como os valores de nitrogênio total e de fósforo total foram determinados através de técnicas espectrofotométricas convencionais, em laboratório no LGAR-UFGM através de métodos convencionais (APHA, 1998). O amônio foi determinado pelo método do azul de indofenol, o nitrito pelo método da adição do sulfanilamida+o orgânico alfa-naftil (Golterman et al. 1978).

Os nitratos foram reduzidos a nitritos usando o cádmio como agente catalisador sob agitação constante (APHA, 1999). As amostras para a série nitrogenada foram filtradas sob vácuo moderado usando filtros de fibra de vidro de 47mm de diâmetro. Todas as amostras de água foram ainda congeladas no mesmo dia das coletas e assim transportadas ao laboratório na UFGM. Todas essas técnicas são usualmente usadas em estudos de qualidade de água.

O nitrogênio inorgânico foi determinado volumetricamente sob a forma de amônio após sofrer digestão com persulfato de potássio e destilação em um aparato de destilação de nitrogênio da TECHNICAL.

O fósforo total foi determinado através da técnica colorimétrica convencional (ácido ascórbico+molibdato de amônio) em cubetas de quartzo de 1 ou 5 cm de paço ótico (Golterman et

al. 1978). Todas as análises colorimétricas foram realizadas em espectrofotômetro Shimadzu UV_VIS 1205, equipado com um sistema de sucção automatizada de amostras.

Os dados de clorofila-a foram obtidos de dois modos distintos: (a) com a sonda SCUFA, *Turner Instruments, USA* (Fig. XX). Essa sonda é um sensor fluorimétrico submersível capaz de realizar mensurações “in situ” de clorofila-a e de turbidez; (b) através do método espectro-fotométrico proposto por Lorenzen (1967), onde as amostras são filtradas sob vácuo em filtros de fibra de vidro que são posteriormente (em laboratório) digeridos com um extrato aquoso de acetona. Após um período de extração de 12 horas (4°C, no escuro), os extratos foram centrifugados (1500 rpm, 5 minutos) e o sobrenadante teve suas absorbâncias lidas sob espectrofotômetro (663nm e 750nm).



Fig. 04- Sonda fluorimétrica SCUFA, da Turner Designs que é capaz de medir tanto *in situ* quanto em laboratório, a clorofila-a e a turbidez da água.

Os dados de fitoplâncton e de zooplâncton não serão apresentados nesse relatório pois ainda estão sob análise no LGAR-UFMG.

3.-1- Fotos do Trabalho de Campo

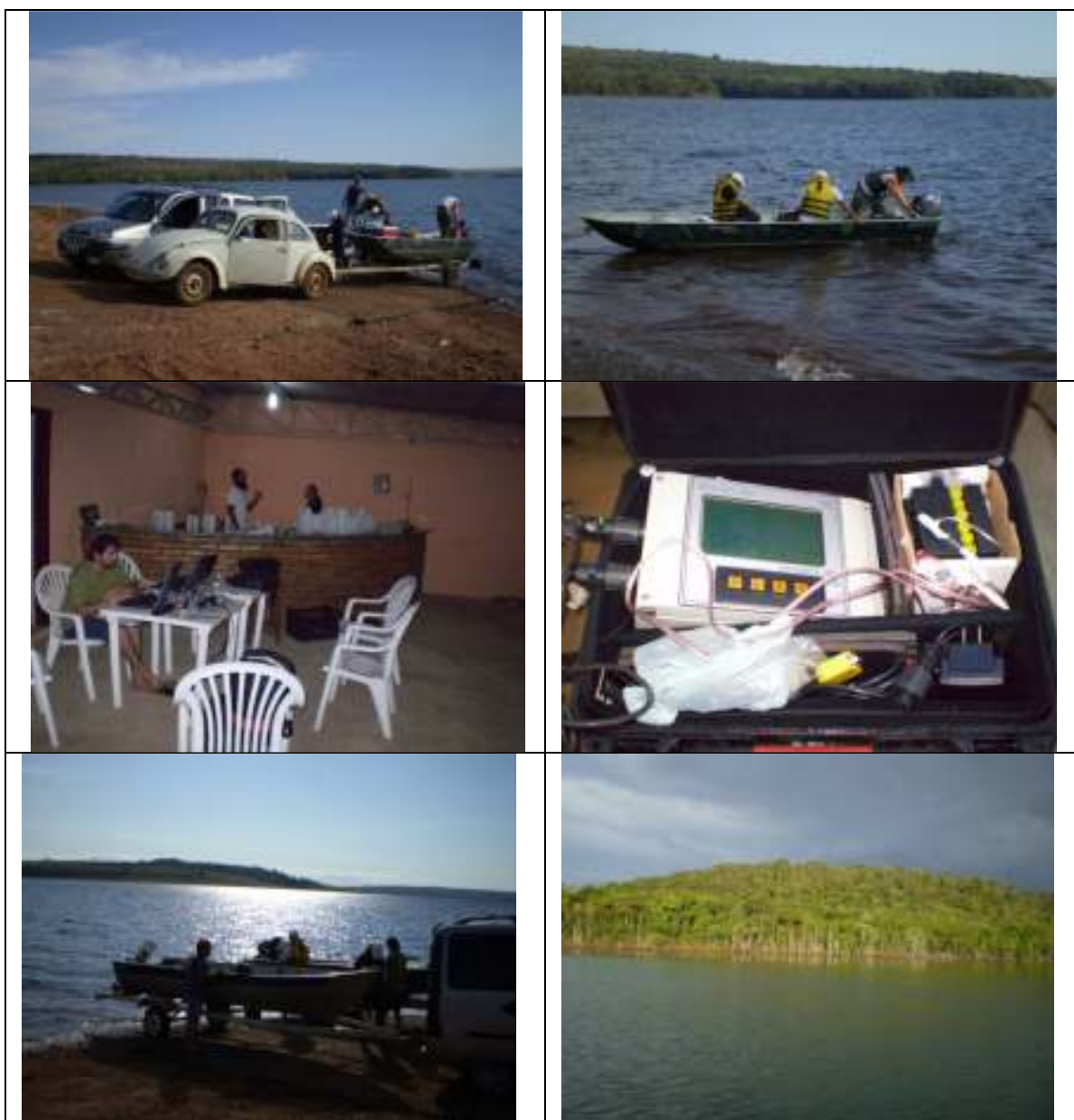


Fig. 05 – Detalhes do trabalho realizado, mostrando a infra-estrutura de embarcações, a montagem de um laboratório de campo no Hotel em Nova Ponte onde todas as amostras eram processadas ainda no dia da coleta em campo.

4.0 - Resultados

A Fig. 01 ilustra uma representação da carta batimétrica preliminar obtida a partir de transectos feitos com o sonar OHMEX na entrada de cada um dos braços do reservatório e em seu eixo central. Além disso, foram consideradas as medidas de profundidade tomadas nos 60 pontos amostrados, medidas essas também feitas com um sonar EcoFish calibrado com o sonar OHMEX. Todas essas medidas foram feitas em agosto de 2008. Pode-se afirmar que o Reservatório de Nova Ponte apresenta uma estrutura morfométrica típica de um reservatório de forma dendrítica, com inúmeros braços relativamente estreitos mas com profundidades médias elevadas (Fig. XX).

Modelagem Hidrodinâmica – Batimetria de Nova Ponte



Fig. 06 – Carta batimétrica preliminar do Reservatório de Nova Ponte, obtida através do programa Surfer 9.0®-Sisbahia®. Dados obtidos em agosto de 2008 com o sonar OHMEX® acoplado ao D-GPS Techgeo®. Coordenadas pós-processadas com dados das estações da rede brasileira de estações de geo-referenciamento do IBGE.

4.1 - Condutividade, Oxigênio Dissolvido e pH

As variáveis de condutividade (Fig. 07), oxigênio dissolvido (Fig. 08) e pH (Fig. 09) mostraram padrões distintos de distribuição espacial de seus valores indicando diferentes aspectos ecológicos. Em primeiro lugar, deve ser ressaltado o fato de que o reservatório de Nova Ponte possuía, em agosto de 2008, uma excelente qualidade de água, com baixos valores de condutividade, boa oxigenação de suas águas superficiais e valores de pH neutros ou levemente alcalinos.

A condutividade elétrica mostrou um padrão espacial com valores mais elevados na porção central do reservatório, um padrão que é similar ao de várias outras variáveis estudadas e que será comentado adiante.

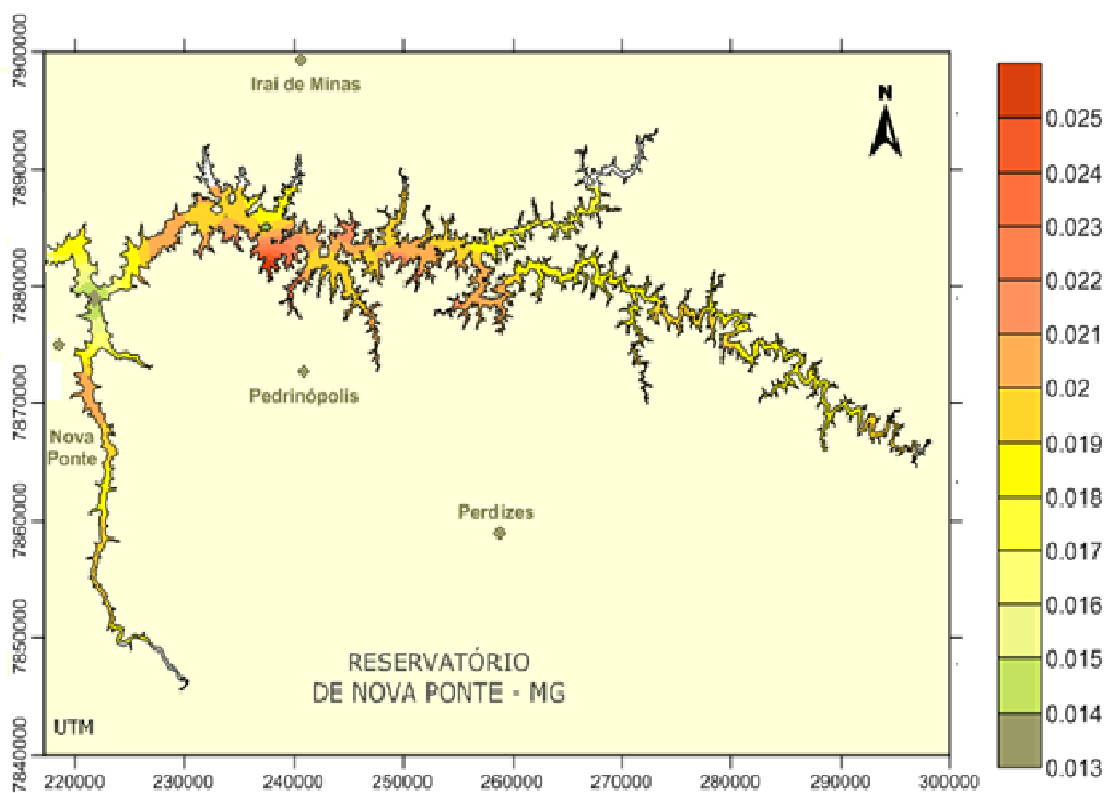


Fig. 07 – Valores de Condutividade Elétrica da Água para as camadas de água da região sub-superficial da coluna de água no reservatório de Nova Ponte, durante a estação seca de 2008 (agosto). Mensurações *in situ*.

Em termos de oxigênio dissolvido, o reservatório apresentou em geral boa oxigenação das águas superficiais. Chamam atenção, contudo, os valores de super-saturação existentes nas proximidades da entrada do braço do Ribeirão Sto. Antônio que pode ser causada, por exemplo, pela atividade fotossintética do fitoplâncton.

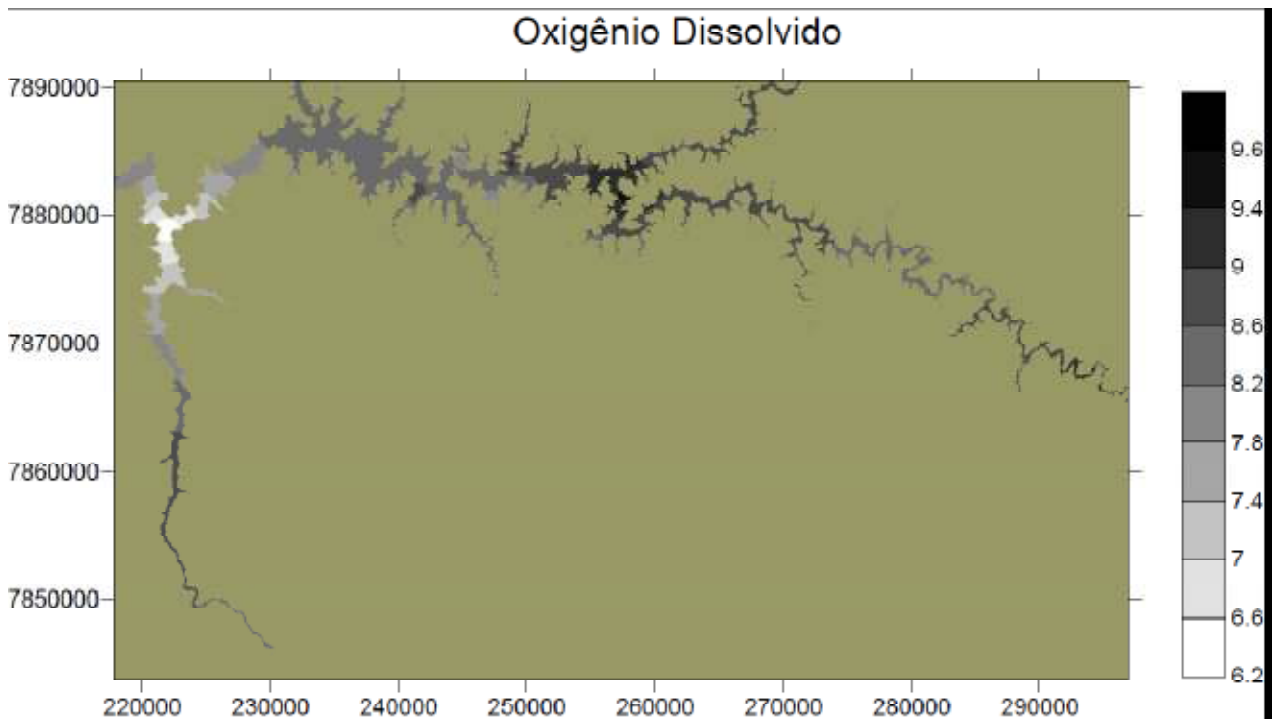


Fig. 08 – Valores de oxigênio dissolvido para as camadas de água da região sub-superficial da coluna de água no reservatório de Nova Ponte, durante a estação seca de 2008 (agosto). Mensurações *in situ*.

Os valores mínimos, máximos, a média e o desvio padrão bem como os valores individuais medidos em cada ponto de coletas estão representados na Tab. 01, abaixo. A condutividade oscilou entre 13 e 26 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (ou entre 0,013 e 0,026 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$), tendo sido calculado um valor médio de 20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para todos os pontos amostrais. O oxigênio dissolvido variou entre 6.3 e 10.1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, com média de 8.57 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. O pH ficou restrito à faixa 4.12 e 7.89 tendo sido estimada uma média de 6,88 para todos os 60 pontos amostrados.

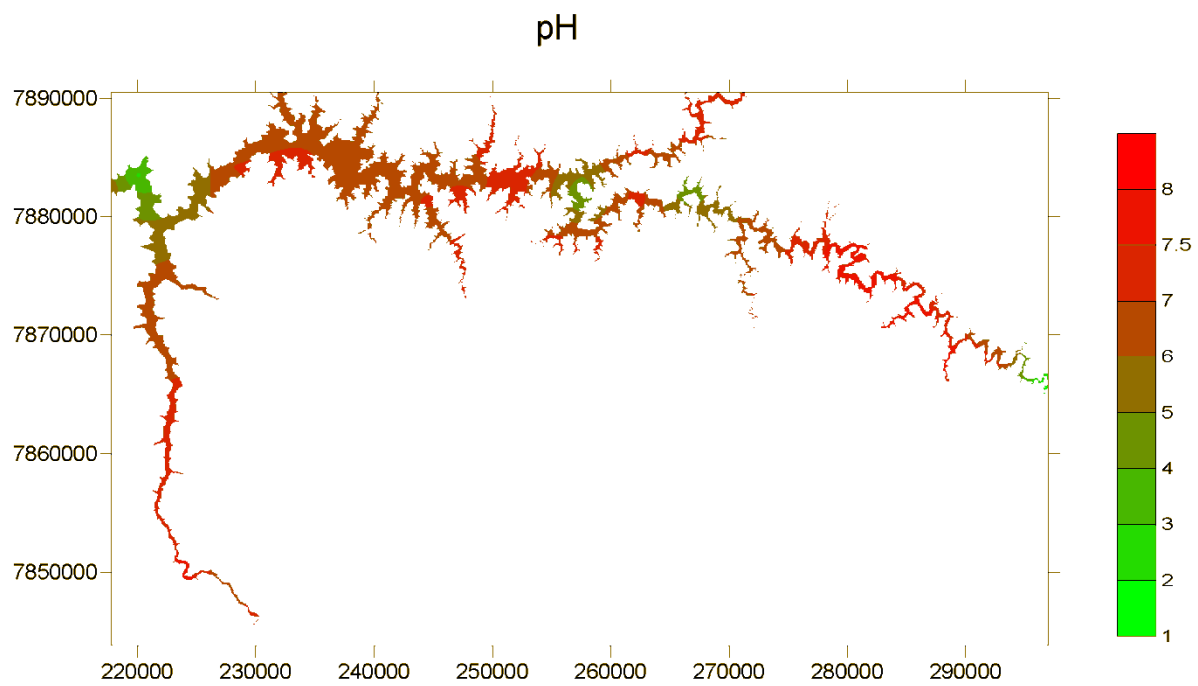


Fig. 09 – Valores de PH para as camadas de água da região sub-superficial da coluna de água no reservatório de Nova Ponte, durante a estação seca de 2008 (agosto). Mensurações *in situ*.

Tab. 01 – Valores sub-superficiais (0,2-0,5 m) de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) coeficientes de extinção da radiação fotossinteticamente ativa (k_d , 430-700 nm) válidos para a coluna da água e valores de pH medidos *in situ*, no Reservatório de Nova Ponte, Minas Gerais, em agosto de 2008. Para verificar a localização exata de cada ponto de coleta, favor reportar-se à Fig. 01.

Ponto	Latitude	Longitude	Condutividade	Oxigênio Dissolvido	pH
Unidade	UTM (m)	UTM (m)	mS.cm^{-1}	mg.L^{-1}	
NP01	221843.0	7879073.0	0.013	6.33	5.20
NP02	217813.0	7882590.0	0.018	8.22	5.50
NP03	225394.0	7881634.0	0.018	8.71	6.91
NP04	231746.0	7885492.0	0.019	8.22	7.05
NP05	238439.0	7886005.0	0.0184	9.06	6.91
NP06	241546.0	7882043.0	0.019	9.18	4.94
NP07	244545.0	7881195.0	0.019	9.50	4.12
NP08	248786.0	7883785.0	0.019	8.07	6.95
NP09	257596.0	7883239.0	0.018	7.39	6.40
NP10	257494.0	7881292.0	0.021	8.71	7.22
NP11	249110.0	7882505.0	0.022	8.60	7.74
NP12	234886.0	7887839.0	0.019	8.92	7.38
NP13	223185.0	7874582.0	0.0167	8.98	-
NP14	222536.0	7862071.0	0.018	9.26	7.00
NP15	224157.0	7849495.0	0.0185	8.80	6.95
NP16	262275.0	7881584.0	0.0181	8.58	7.76
NP17	296955.0	7865651.0	0.019	8.74	7.82
NP18	292979.0	7867419.0	0.0198	8.41	7.42
NP19	290325.0	7869813.0	0.0182	8.50	7.89
NP20	288627.0	7868229.0	0.0182	8.45	7.78
NP21	285159.0	7872065.0	0.0182	7.96	-
NP22	284717.0	7874558.0	0.0185	8.09	7.02
NP23	281863.0	7873828.0	0.0189	8.33	7.09
NP24	280868.0	7877508.0	0.0189	8.40	6.90
NP25	278063.0	7878382.0	0.0189	8.26	6.62
NP26	274928.0	7877075.0	0.0195	8.14	6.69
NP27	272866.0	7878971.0	0.0189	8.17	7.12
NP28	271218.0	7878189.0	0.0185	8.37	6.79
NP29	220079.7	7883459.9	0.0189	8.39	6.64
NP30	228224.0	7884179.0	0.021	8.72	7.41
NP31	234096.1	7884690.8	0.021	8.75	7.39

NP32	237589.8	7881935.9	0.026	10.11	7.79
NP33	240002.5	7883820.0	0.022	8.57	7.33
NP34	245021.7	7884530.6	0.022	8.58	6.48
NP35	247234.6	7881654.4	0.0194	8.81	4.22
NP36	245246.9	7879528.4	0.0193	8.84	7.27
NP37	239500.9	7888215.4	0.0189	8.89	7.22
NPA1	236902.0	7884767.0	0.0193	8.85	7.29
NPA2	232820.0	7888486.0	0.021	8.86	7.15
NPA3	226086.0	7880496.0	0.0207	8.88	7.18
NPA4	220353.0	7872419.0	0.0207	8.66	7.20
NPA5	223176.0	7867917.0	0.02	8.57	7.20
NPA6	222846.0	7858537.0	0.0199	8.54	7.02
NPA7	222651.0	7853660.0	0.0197	8.50	7.09
NPA8	232517.0	7843810.0			
NPA9	230230.0	7846021.0			
NPA10	227438.0	7849037.0			
NPA11	221187.0	7856743.0			
NPA12	270211.0	7880974.0			
NPA13	266342.0	7882463.0			
NPA14	252105.0	7881427.0			
NPA15	249846.0	7886963.0			
NPA16	253987.0	7884861.0			
NPA17	266354.0	7890504.0			
NPA18	270639.0	7889893.0			
NPA19	266954.0	7886392.0			
NPA20	262077.0	7885417.0			
NPA21	255766.0	7878386.0			
NPA22	258916.0	7878126.0			
NPA23	266164.0	7879281.0			
Média			0.02	8.57	6.88
Desv Padrão			0.00	0.56	0.87
Mínimo			0.013	6.33	4.12
Máximo			0.026	10.11	7.89

4.2 - Radiação PAR e UV

Os dados de penetração de radiação solar (coeficiente de extinção de diferentes bandas espectrais da radiação) na coluna de água, nos diversos compartimentos do reservatório de Nova Ponte, revelaram um padrão espacial muito curioso com valores mais elevados para esses coeficientes na porção mediana do reservatório (Figs. 10, 11 e 12). Esse padrão revela, em primeiro lugar, que a divisão tradicional dos reservatórios em zonas riverina (mais turva), de transição (um pouco menos turva) e limnética (mais transparente) necessita urgentemente de ser revisto, uma vez que essa divisão é feita fundamentalmente nos dados de penetração de luz e de clima de luz nos compartimentos dos reservatórios. Em segundo lugar, e confirmando, tendências já observadas em outras variáveis, existem impactos importantes sobre a qualidade de água na porção mediana do reservatório de Nova Ponte que não podem ser menosprezadas. Um exemplo, desses impactos é sem dúvida alguma, aquele exercido pela entrada do Ribeirão Sto. Antônio no eixo central da represa.

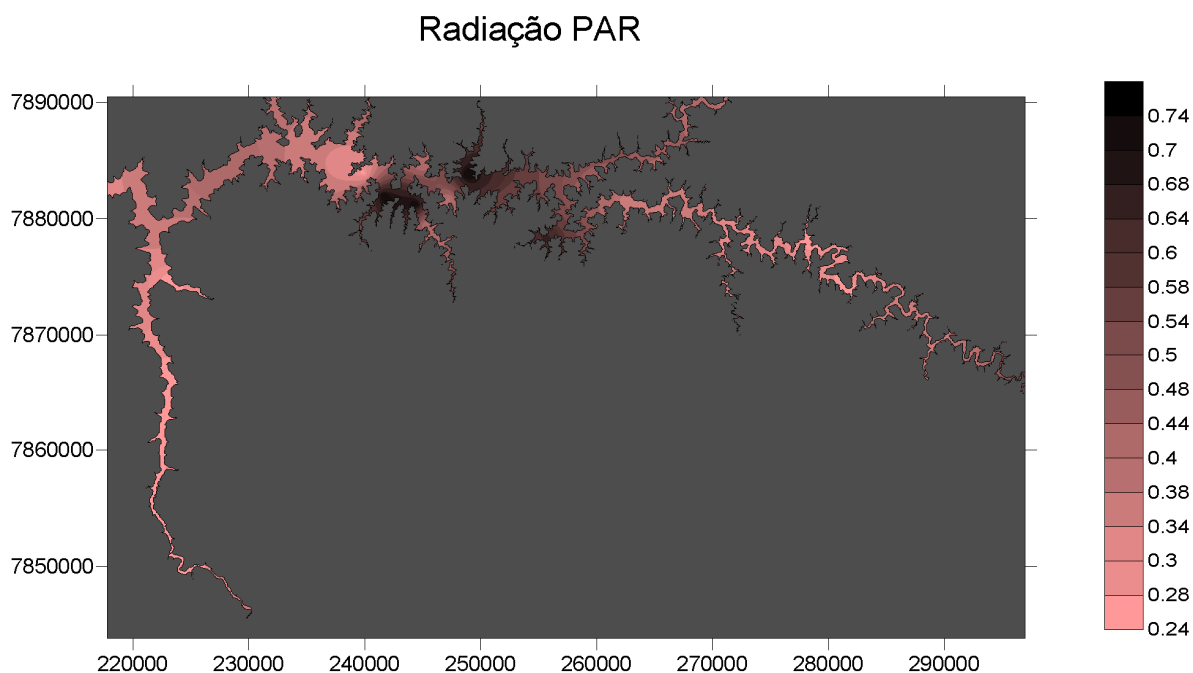


Fig. 10 – Cartograma com os coeficientes de extinção da radiação PAR (430-700 nm) na coluna de água, Reservatório de Nova Ponte (MG). Os valores mais elevados para esses coeficientes de extinção na zona mediana do braço do Quebra Anzol, logo após a entrada do tributário rio Sto Antônio, sugere o impacto que esse último tributário exerce na qualidade de água do reservatório. Dados da estação seca de 2008 (agosto de 2008).

Os cartogramas com os coeficiente de extinção na coluna de água para as duas bandas de radiação (bandas UV-A e UV-B) apresentaram, em primeiro lugar, valores muito mais elevados do que aqueles observados para a banda do visível (PAR) mas os padrões espaciais foram similares em termos de regiões mais afetadas pela entrada de sólidos no reservatório (Figs. 11 e 12).

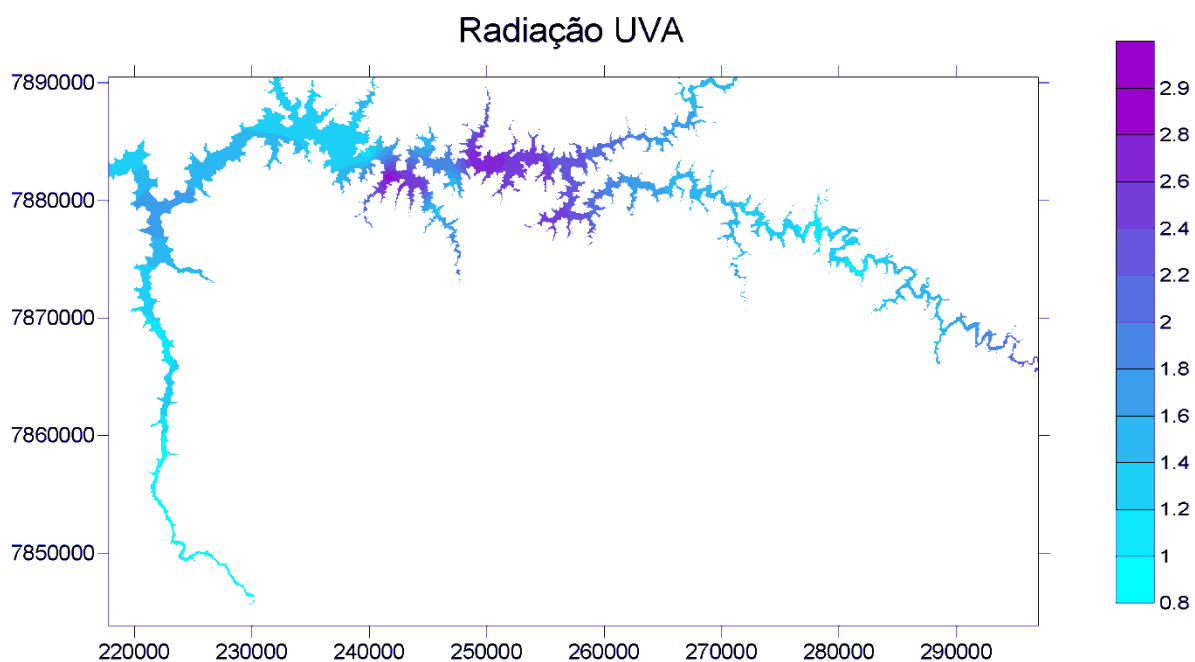


Fig. 11 – Cartograma com os coeficientes de extinção da radiação UV-A na coluna de água, Reservatório de Nova Ponte (MG). Os valores mais elevados para esses coeficientes de extinção na zona mediana do braço do Quebra Anzol, logo após a entrada do tributário rio Sto Antônio, sugere o impacto que esse último tributário exerce na qualidade de água do reservatório.. Dados da estação seca de 2008 (agosto de 2008).

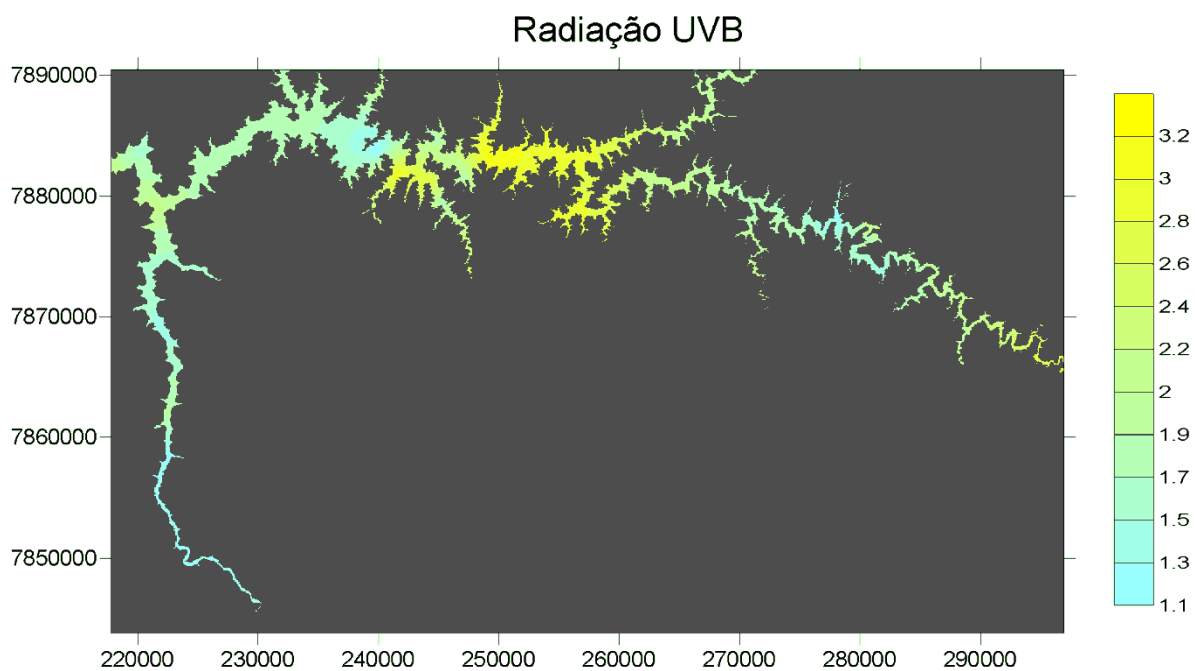


Fig. 12 – Cartograma com os coeficientes de extinção da radiação UV-B na coluna de água, Reservatório de Nova Ponte (MG). Os valores mais elevados para esses coeficientes de extinção na zona mediana do braço do Quebra Anzol, logo após a entrada do tributário rio Sto Antônio, sugere o impacto que esse último tributário exerce na qualidade de água do reservatório.. Dados da estação seca de 2008 (agosto de 2008).

A turbidez (Fig. 12-A) mostrou vários focos com aumento local dessa variável que muitas vezes, durante a estação seca, estão relacionados a ação dos ventos que usualmente podem re-suspender sedimentos nas regiões litorâneas. Um indicativo disso, é que os focos de turbidez estiveram associados a áreas mais abertas do lago onde possivelmente as “pistas” de vento (*fetch*) são mais eficazes.

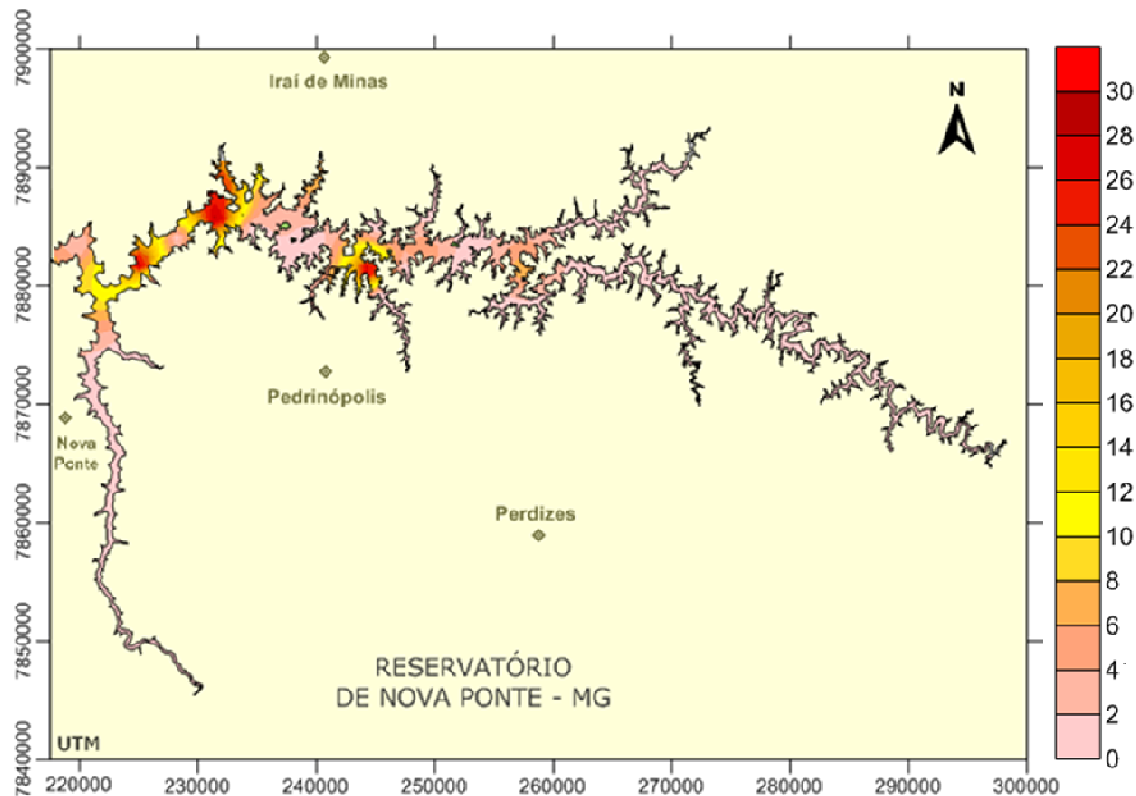


Fig. 12_A – Cartograma com os valores sub-superficiais de turbidez no Reservatório de Nova Ponte (MG).

A Tabela 02 ilustra os valores de turbidez e os coeficientes de extinção da radiação PAR no reservatório de Nova Ponte, nas coletas de agosto de 2008. Os sólidos totais variaram entre 0,25 e 1,39 com média de 0,42 mg.L^{-1} . Houve uma nítida predominância da fração inorgânica, cujos valores oscilaram entre 0,4 e 4,6, com uma média final de 1,0 mg.L^{-1} . A fração orgânica oscilou entre 0,1 e 2,9 tendo um valor médio de 0,5 mg.L^{-1} . Esses valores sugerem ainda uma ótima qualidade geral das águas no reservatório pelo menos durante a estação seca.

Tab. 02 – Concentrações sub-superficiais (0,2-0,5 m) de turbidez e coeficientes de extinção da radiação fotossinteticamente ativa (430-700 nm) válidos para a coluna da água no Reservatório de Nova Ponte, Minas Gerais, em agosto de 2008. Para verificar a localização exata de cada ponto de coleta, favor reportar-se à Fig. 01.

Ponto	Latitude	Longitude	Turbidez	Radiação-PAR	Sólidos Totais	Sólidos Inorgânicos	Sólidos Orgânicos
Unidade	UTM (m)	UTM (m)	NTU	Ko	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mg.L ⁻¹
NP01	221843.0	7879073.0	11.00	0.38	0.7	0.45	0.25
NP02	217813.0	7882590.0	6.30	0.31	0.6	0.65	-0.05
NP03	225394.0	7881634.0	30.70	0.72	0.9	0.65	0.25
NP04	231746.0	7885492.0	30.80	0.72	0.95	0.6	0.35
NP05	238439.0	7886005.0	3.20	0.73	0.95	0.85	0.1
NP06	241546.0	7882043.0	5.47	0.49	1.25	0.9	0.35
NP07	244545.0	7881195.0	33.40	0.49	1.35	1.15	0.2
NP08	248786.0	7883785.0	4.65	0.65	1.35	0.9	0.45
NP09	257596.0	7883239.0	4.77	0.26	1.1	0.75	0.35
NP10	257494.0	7881292.0	8.24	0.25	1.05	0.9	0.15
NP11	249110.0	7882505.0	6.80	0.27	1.4	1	0.4
NP12	234886.0	7887839.0	6.20	0.37	0.95	0.75	0.2
NP13	223185.0	7874582.0	1.00	0.54	0.9	0.4	0.5
NP14	222536.0	7862071.0	1.00	0.40	0.75	0.4	0.35
NP15	224157.0	7849495.0	0.46	0.38	0.65	0.2	0.45
NP16	262275.0	7881584.0	0.40	0.35	0.6	0.35	0.25
NP17	296955.0	7865651.0	0.20	0.37	1.3	0.7	0.6
NP18	292979.0	7867419.0	0.17	0.33	1.1	0.4	0.7

NP19	290325.0	7869813.0	0.19	0.27	1.25	0.4	0.85
NP20	288627.0	7868229.0	0.18	0.29	1	0.2	0.8
NP21	285159.0	7872065.0	0.15	0.27	1.05	0.1	0.95
NP22	284717.0	7874558.0	0.16	0.33	1	0.1	0.9
NP23	281863.0	7873828.0	0.14	0.30	0.9	0.5	0.4
NP24	280868.0	7877508.0	0.15	0.36	0.8	2.45	-1.65
NP25	278063.0	7878382.0	0.50	0.43	0.8	1.15	-0.35
NP26	274928.0	7877075.0	0.15	0.37	0.75	0.65	0.1
NP27	272866.0	7878971.0	0.15	0.39	0.5	-2.45	2.95
NP28	271218.0	7878189.0	0.15	0.27	0.35	-1.55	1.9
NP29	220079.7	7883459.9	0.74	0.40	0.55	0.35	0.2
NP30	228224.0	7884179.0	0.51	0.38	0.55	-0.05	0.6
NP31	234096.1	7884690.8	0.28	0.41	0.55	0.7	-0.15
NP32	237589.8	7881935.9	0.43	0.41	0.8	0.65	0.15
NP33	240002.5	7883820.0	0.29	0.33	0.6	0.1	0.5
NP34	245021.7	7884530.6	0.31	0.28	0.9	0.5	0.4
NP35	247234.6	7881654.4	0.47	0.28	0.6	0.2	0.4
NP36	245246.9	7879528.4	0.53	0.27	0.7	0.25	0.45
NP37	239500.9	7888215.4	7.00	1.39	Nd	nd	nd
NPA1	236902.0	7884767.0	3.20	0.36	1.5	0.95	0.55
NPA2	232820.0	7888486.0	23.20	0.30	0.95	0.35	0.6
NPA3	226086.0	7880496.0	0.22	0.34	1.25	0.75	0.5
NPA4	220353.0	7872419.0	0.38	0.36	0.6	0.1	0.5
NPA5	223176.0	7867917.0	0.23	0.54	0.55	0.25	0.3
NPA6	222846.0	7858537.0	0.25	0.56	0.65	0.35	0.3

NPA7	222651.0	7853660.0	1.00	0.40	0.5	0.2	0.3
NPA8	232517.0	7843810.0	1.00	0.40	4.55	3.35	1.2
NPA9	230230.0	7846021.0	0.24	0.46	0.6	0.2	0.4
NPA10	227438.0	7849037.0	0.35	0.50	0.75	0.3	0.45
NPA11	221187.0	7856743.0	0.20	0.65	2.65	2.25	0.4
NPA12	270211.0	7880974.0	2.20		0.65	0.35	0.3
NPA13	266342.0	7882463.0	0.50		0.95	0.3	0.65
NPA14	252105.0	7881427.0	0.60		0.85	0.35	0.5
NPA15	249846.0	7886963.0	0.20		1.1	0.65	0.45
NPA16	253987.0	7884861.0	0.20		0.95	0.6	0.35
NPA17	266354.0	7890504.0	0.10		0.65	0.3	0.35
NPA18	270639.0	7889893.0	0.30		0.7	0.3	0.4
NPA19	266954.0	7886392.0	0.20		0.7	0.35	0.35
NPA20	262077.0	7885417.0	0.20		1.05	0.55	0.5
NPA21	255766.0	7878386.0	0.20		1.1	0.65	0.45
NPA22	258916.0	7878126.0	0.30		1.1	0.6	0.5
NPA23	266164.0	7879281.0			1.05	0.6	0.45
Média			3.43	0.42	1.0	0.6	0.5
Desv Padrão			7.57	0.19	0.6	0.6	0.5
Mínimo			0.10	0.25	0.4	0.1	0.1
Máximo			33.4	1.39	4.6	3.4	2.9

4.3 - Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)

Os dados de nutrientes (Nitrogênio Inorgânico e Nitrogênio Total) revelaram distintos padrões espaciais sugerindo diferentes tipos de aportes externos, possivelmente associados a diferentes formas de fontes pontuais e difusas de poluição (Figs. 13, 14 e 15).

O íon amônio mostrou aumentos pontuais bem nítidos que podem estar associados a fontes pontuais (locais) de entrada de esgotos domésticos, por exemplo (Fig. 13). Como a literatura indica, o íon amônio é um bom indicador da contaminação por esgotos domésticos (APHA, 1998).

Já os nitratos revelam um padrão mais complexo e de expressão mais regional (não local). Esse padrão pode estar associado a fontes difusas de entradas de nutrientes associadas por exemplo a diferentes tipos de atividades agro-pastoris que se concentram ao redor da cidade de Patrocínio, por exemplo (Fig. 14).

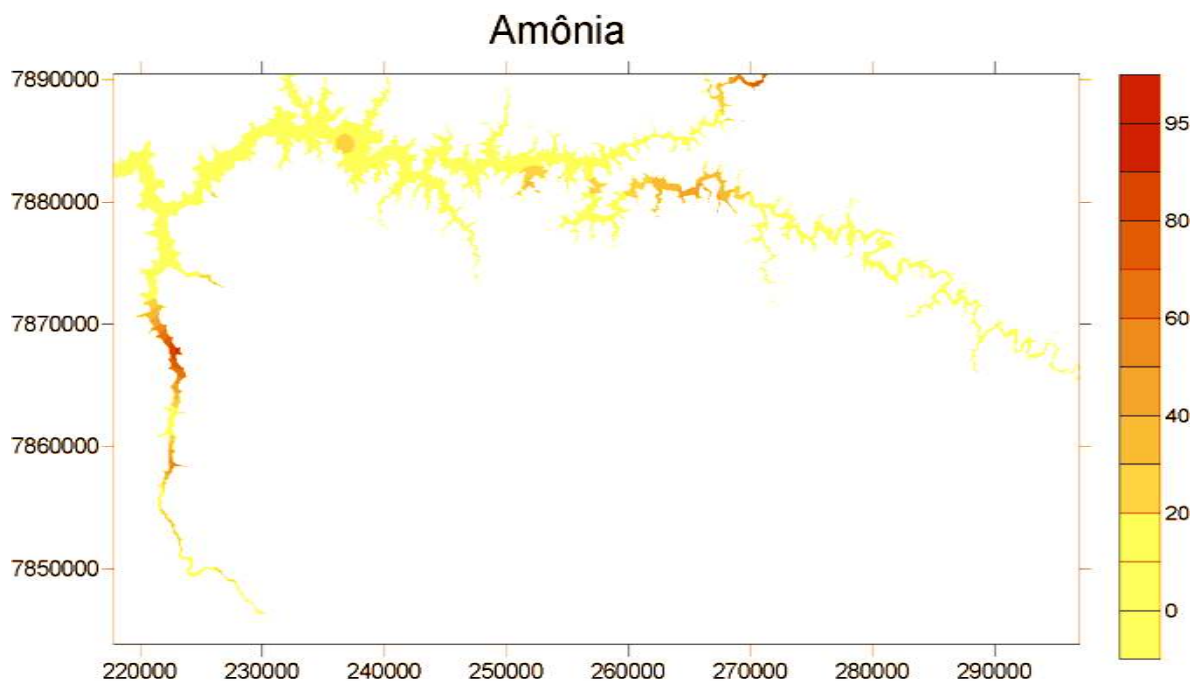


Fig. 13 – Cartograma com as concentrações sub-superficiais de amônio no Reservatório de Nova Ponte (MG), com indicações de existência de fontes pontuais de contaminação de fontes de nitrogênio em alguns pontos nos braços do rio Araguari, Quebra Anzol e Sto. Antônio. Dados de agosto de 2008.

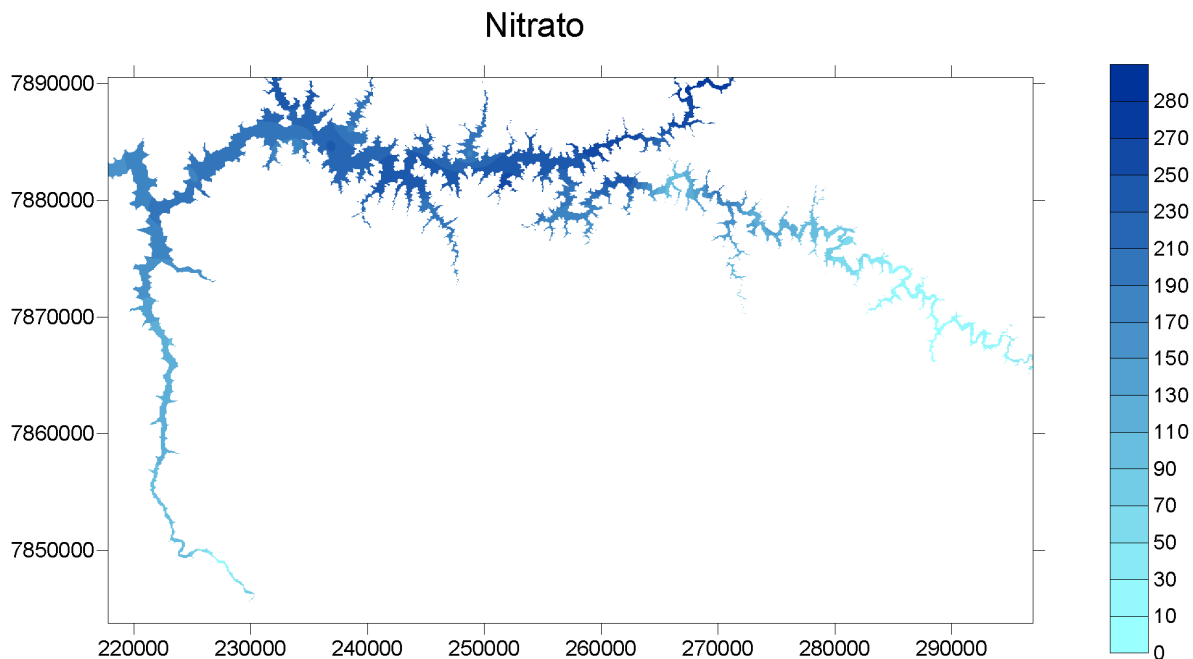


Fig. 14 – Cartograma com as concentrações sub-superficiais de nitrato, indicando claramente, a existência de um padrão com concentrações mais elevadas para essa espécie de nitrogênio inorgânico no braço do Ribeirão Sto. Antônio que drena importantes áreas agrícolas próximo à cidade de Patrocínio, MG.

O nitrogênio total apresentou um padrão espacial de heterogeneidade espacial que pode ser comparado à amônia. Essa variável certamente está refletindo alterações locais associadas à entrada de matéria orgânica tais como pocilgas, tabladros para cevas de peixes (muito abundantes no reservatório, etc). O nitrogênio total foi a única variável que aumentou nitidamente na porção mais à montante do rio Quebra Anzol, em direção a Araxá (Fig. 15).

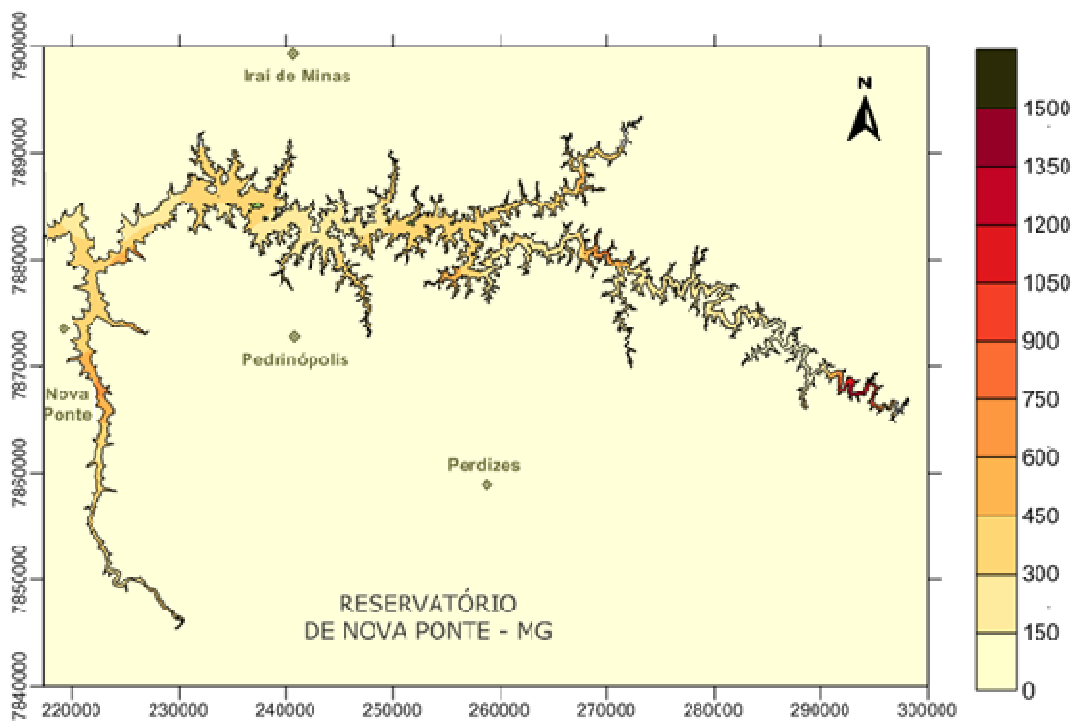


Fig. 15 – Cartograma com as concentrações sub-superficiais de nitrogênio total indicando valores mais elevados para essa variável na região de Iraí de Minas.

As concentrações de fósforo total também mostraram um padrão espacial complexo que pode estar associada a múltiplas entradas de nutrientes no reservatório (Fig. 16). Os valores dessa variável oscilaram entre níveis não detectáveis e $20,0 \text{ ug.L}^{-1}$ de P-PO_4 . A média para essa variável foi de $6,38 \text{ ug.L}^{-1}$ de P-PO_4 (Tab. 03).

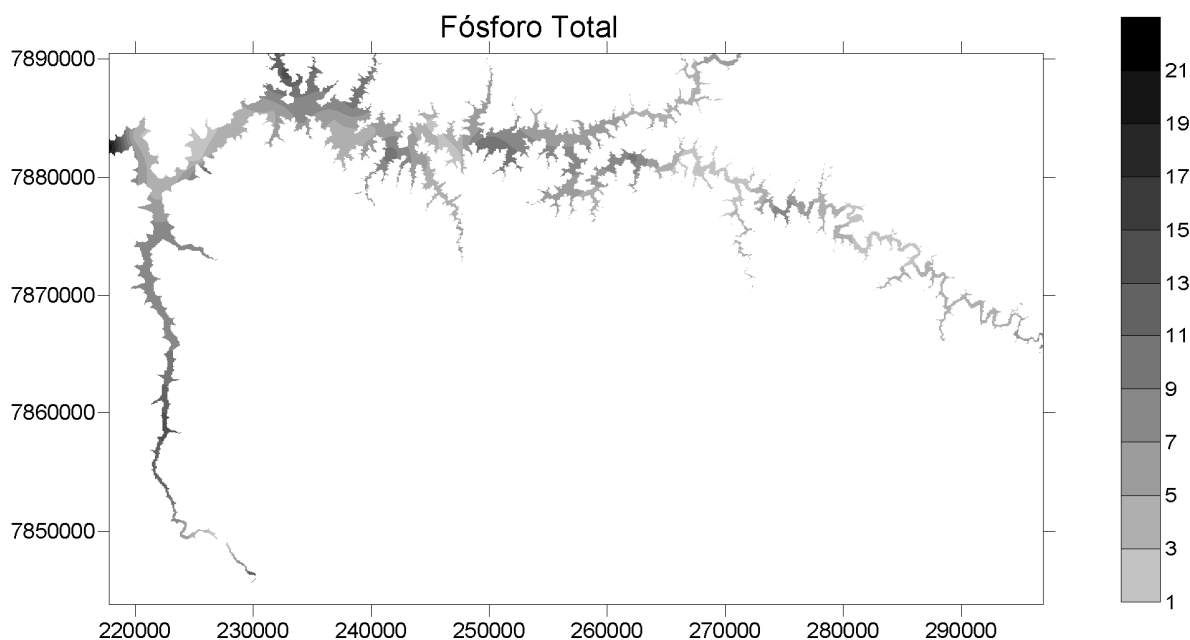


Fig. 16 – Concentrações sub-superficiais de fósforo total no reservatório de Nova Ponte, em agosto de 2008.

A Tab. 03 contém todos os valores da série nitrogenada e do nitrogênio total determinados para os pontos amostrais do reservatório de Nova Ponte. O íon amônio variou entre 0 e 95,20 ug.L^{-1} de N-NH_4 com média de 11,38 ug.L^{-1} de N-NH_4 . Os nitritos variaram entre 0,0 e 6,40 ug.L^{-1} de N-NO_2 com média de 0,86 ug.L^{-1} de N-NO_2 . Os nitratos variaram entre 0,0 e 272,94 com uma média de 160,43 ug.L^{-1} de N-NO_3 . O nitrogênio total variou entre 72,80 e 1568,0 ug.L^{-1} tendo uma média de 353,09 ug.L^{-1} .

Tab. 03 – Concentrações sub-superficiais (0,2-0,5 m) de nutrientes (N e P) no Reservatório de Nova Ponte, Minas Gerais, em agosto de 2008. Para verificar a localização exata de cada ponto de coleta, favor reportar-se à Fig. 01.

Ponto	Latitude	Nitrito	Nitrato	Amônia	Nitrogênio Total	Fósforo total
Unidade	UTM (m)	ug.L ⁻¹	ug.L ⁻¹	ug.L ⁻¹	ug.L ⁻¹	ug.L ⁻¹
NP01	221843.0	0.00	195.60	0.00	392.00	3.20
NP02	217813.0	0.00	149.70	0.00	392.00	20.80
NP03	225394.0	0.00	188.39	0.00	280.00	1.60
NP04	231746.0	0.00	194.12	0.00	336.00	4.80
NP05	238439.0	0.00	185.50	3.10	332.90	9.60
NP06	241546.0	0.00	247.20	11.90	268.10	10.40
NP07	244545.0	0.00	245.00	3.10	276.90	5.60
NP08	248786.0	0.00	185.50	3.70	220.30	6.40
NP09	257596.0	0.00	240.70	10.50	381.50	6.40
NP10	257494.0	0.00	207.00	24.70	367.30	8.00
NP11	249110.0	0.00	237.10	0.00	336.00	11.20
NP12	234886.0	0.00	230.70	4.40	331.60	9.60
NP13	223185.0	4.10	166.90	0.00	336.00	8.00
NP14	222536.0	2.40	122.50	0.00	280.00	11.20
NP15	224157.0	0.00	108.90	7.80	216.20	5.60
NP16	262275.0	0.00	248.50	34.20	301.80	9.60
NP17	296955.0	0.00	237.10	30.20	249.80	4.80
NP18	292979.0	0.00	241.40	0.00	1568.00	13.60
NP19	290325.0	0.00	217.10	26.80	141.20	12.80
NP20	288627.0	0.00	158.30	11.90	100.10	7.20
NP21	285159.0	0.00	108.90	95.20	72.80	7.20
NP22	284717.0	0.00	126.80	64.70	159.30	14.40
NP23	281863.0	0.00	98.10	32.20	247.80	12.00
NP24	280868.0	0.00	6.40	0.00	224.00	16.00
NP25	278063.0	0.00	82.30	0.00	280.00	13.60
NP26	274928.0	0.00	11.40	21.40	202.60	0.00
NP27	272866.0	0.00	98.10	4.40	275.60	11.20
NP28	271218.0	0.00	215.60	19.30	204.70	2.40
NP29	220079.7	0.00	88.10	32.90	247.10	3.20
NP30	228224.0	0.00	260.10	36.90	243.10	9.60
NP31	234096.1	0.00	209.90	2.40	277.60	6.40
NP32	237589.8	0.00	234.25	0.00	280.00	4.80
NP33	240002.5	0.00	272.94	22.70	257.30	4.80

NP34	245021.7	1.90	272.94	80.30	199.70	5.60
NP35	247234.6	0.00	256.50	6.40	329.60	4.80
NP36	245246.9	0.00	265.80	0.30	335.70	4.00
NP37	239500.9	0.00	181.90	5.10	330.90	6.40
NPA1	236902.0	0.00	165.50	0.00	336.00	3.20
NPA2	232820.0	0.00	84.50	57.90	390.10	0.80
NPA3	226086.0	1.20	36.90	3.80	780.20	8.00
NPA4	220353.0	0.90	23.70	1.20	390.80	3.30
NPA5	223176.0	1.20	11.90	0.00	672.00	4.90
NPA6	222846.0	1.60	0.00	0.00	336.00	3.30
NPA7	222651.0	0.90	16.10	6.30	329.70	3.30
NPA8	232517.0	1.00	30.60	0.00	448.00	1.00
NPA9	230230.0	1.00	50.00	0.00	392.00	2.50
NPA10	227438.0	1.20	75.00	3.80	332.20	2.50
NPA11	221187.0	3.40	103.40	2.00	446.00	4.10
NPA12	270211.0	5.00	131.20	0.00	896.00	8.80
NPA13	266342.0	1.50	126.30	0.00	168.00	3.30
NPA14	252105.0	5.30	160.30	0.00	448.00	2.50
NPA15	249846.0	6.40	179.00	0.00	392.00	3.30
NPA16	253987.0	1.50	199.10	0.00	448.00	3.30
NPA17	266354.0	1.50	180.40	0.00	448.00	7.20
NPA18	270639.0	1.50	223.40	0.00	392.00	3.30
NPA19	266954.0	1.20	216.50	0.00	448.00	4.10
NPA20	262077.0	1.50	224.10	0.00	336.00	2.50
NPA21	255766.0	3.30	240.70	0.00	504.00	1.00
NPA22	258916.0	1.50	189.40	0.00	224.00	3.30
NPA23	266164.0					
Média		0.86	160.43	11.38	353.09	6.38
Desv Padrão		1.46	80.16	20.48	213.66	4.26
Mínimo		0.00	0.00	0.00	72.80	0.00
Máximo		6.40	272.94	95.20	1568.00	20.8

4.4 - Clorofila-a (Lorenzen e SCUFA)

Assim como o fósforo, a clorofila-a apresentou um padrão espacial muito complexo de suas concentrações sub-superficiais (Figs. 17 e 18). Inicialmente, é bom destacar que os valores obtidos pela sonda SCUFA estiveram em geral em níveis mais elevados do que aqueles obtidos pelo método convencional.

Os valores de clorofila-a pelo método de Lorenzen (tradicional) variaram entre 0,0 e 0,30 ug.L-1 com uma média de 0,09 ug.L-1. Já a sonda SCUFA apresentou uma faixa de variação entre 5,70, e 38,72 ug.L-1 com uma media geral de 14,66 ug.L-1 (Tab. 04).

Existe uma boa associação entre os padrões espaciais de fósforo total com os dois cartogramas que representam as concentrações de clorofila pelos dois métodos realizados (Fig. 19 e Fig. 20). É interessante observar que existe uma maior associação entre os valores de fósforo com as concentrações obtidas pelo método tradicional (Fig. 20).

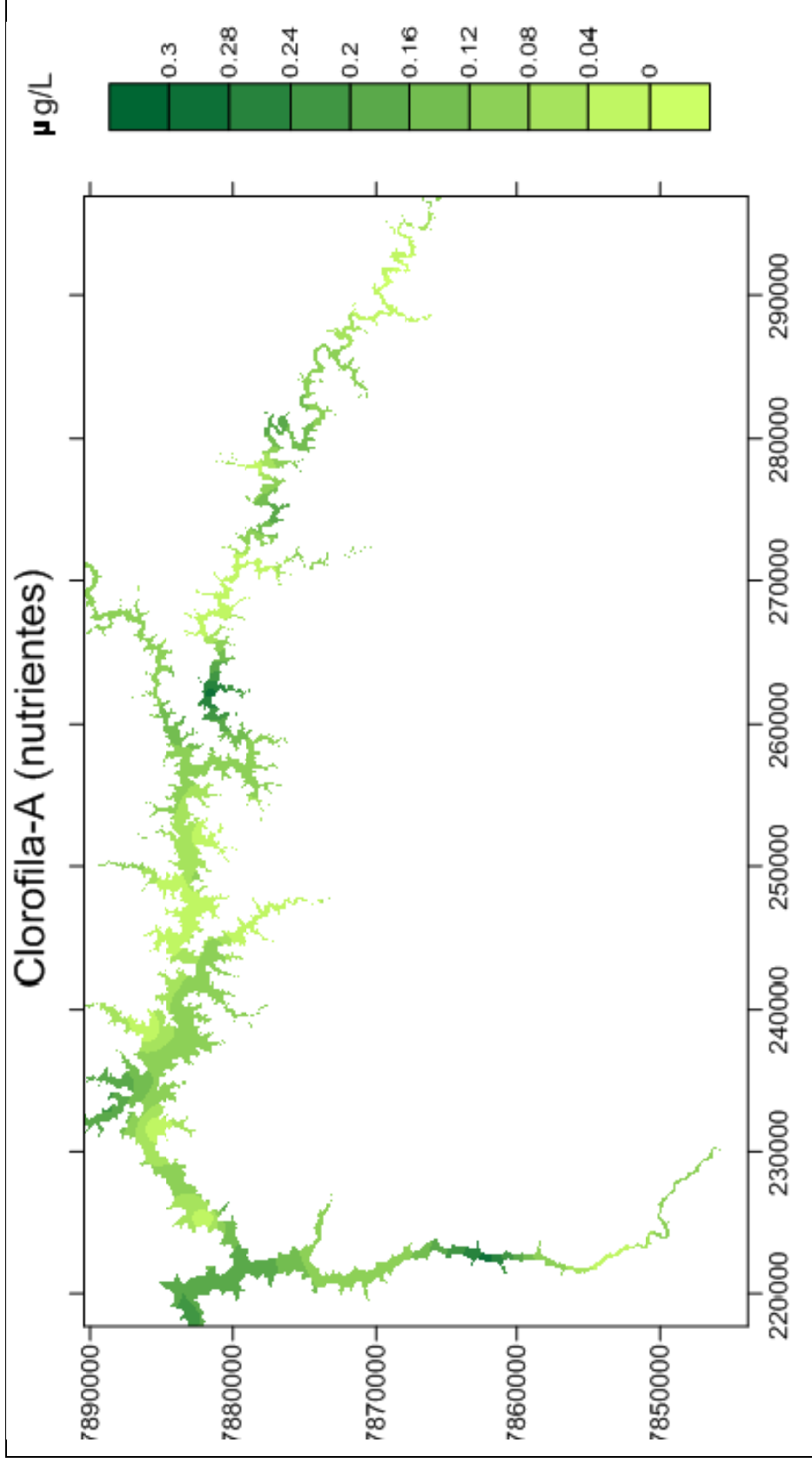


Fig. 17 – Cartograma com as concentrações sub-superficiais de clorofila-a (método Lorenzen) no Reservatório de Nova Ponte em agosto de 2008.

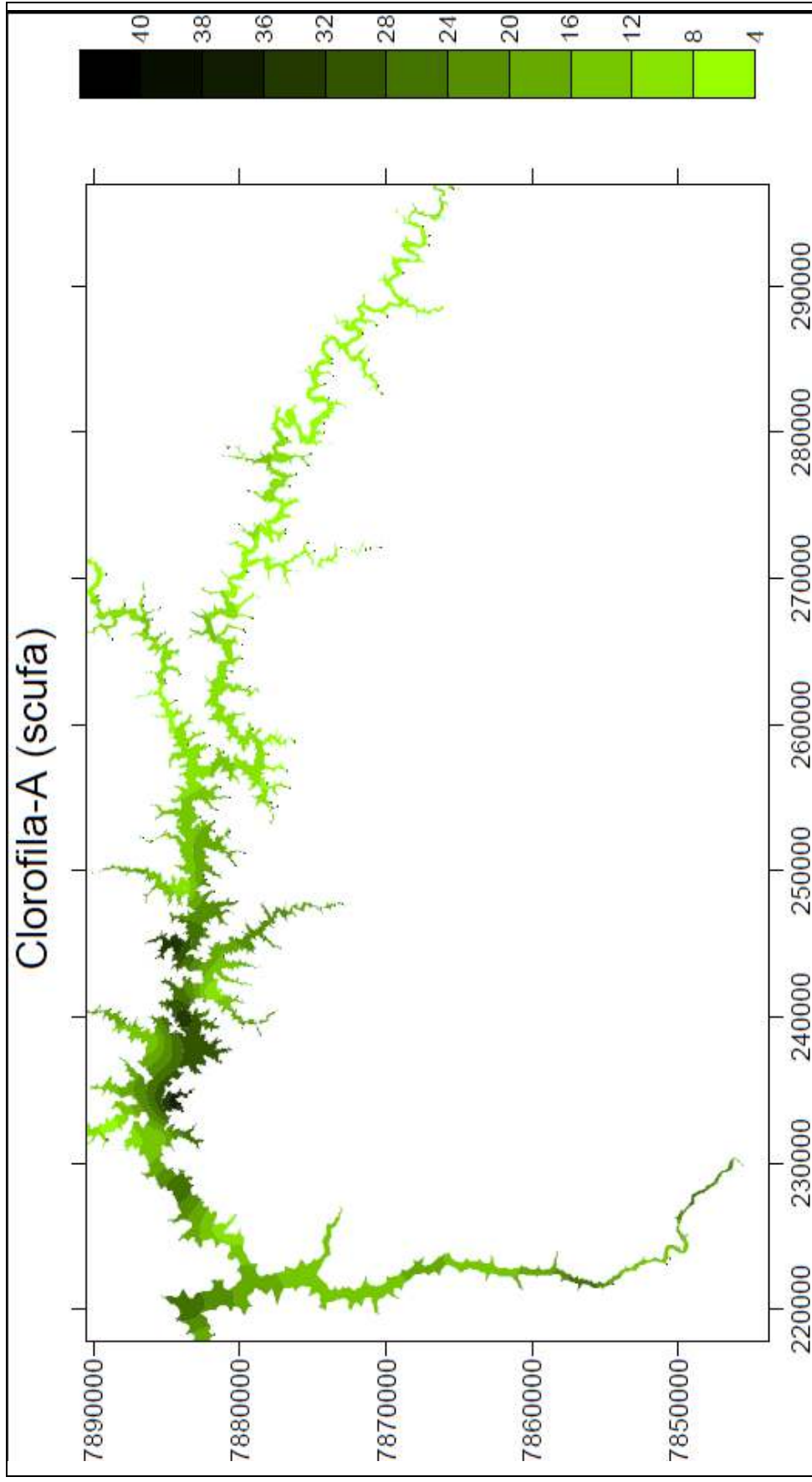


Fig. 18 – Cartograma com as concentrações sub-superficiais de clorofila-a (método SCUFA) no Reservatório de Nova Ponte em agosto de 2008.

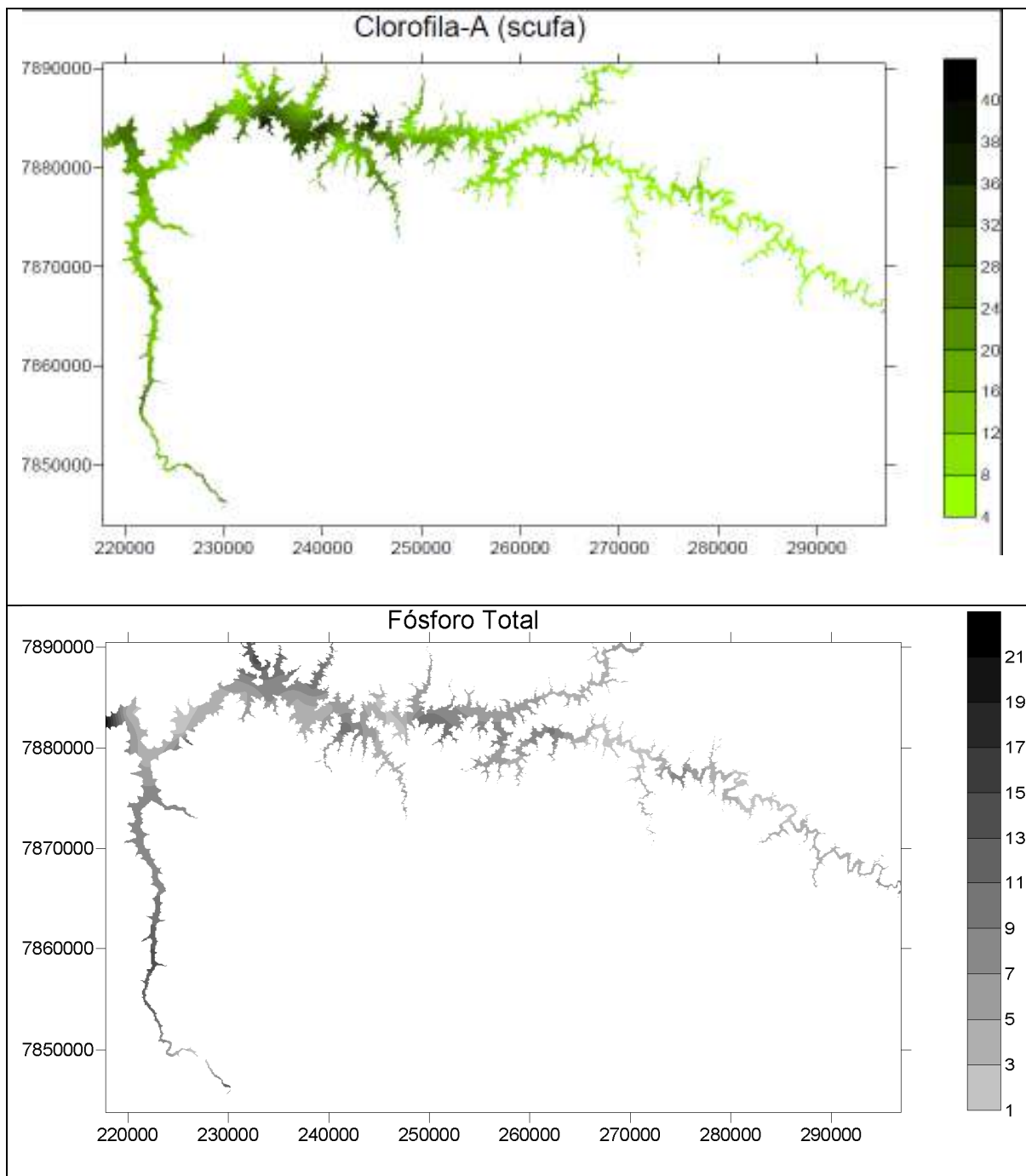


Fig. 19 – Cartogramas com as concentrações sub-superficiais de clorofila-a obtida pela sonda SCUFA (acima) e as concentrações de fósforo total (abaixo) no Reservatório de Nova Ponte, em agosto de 2008.

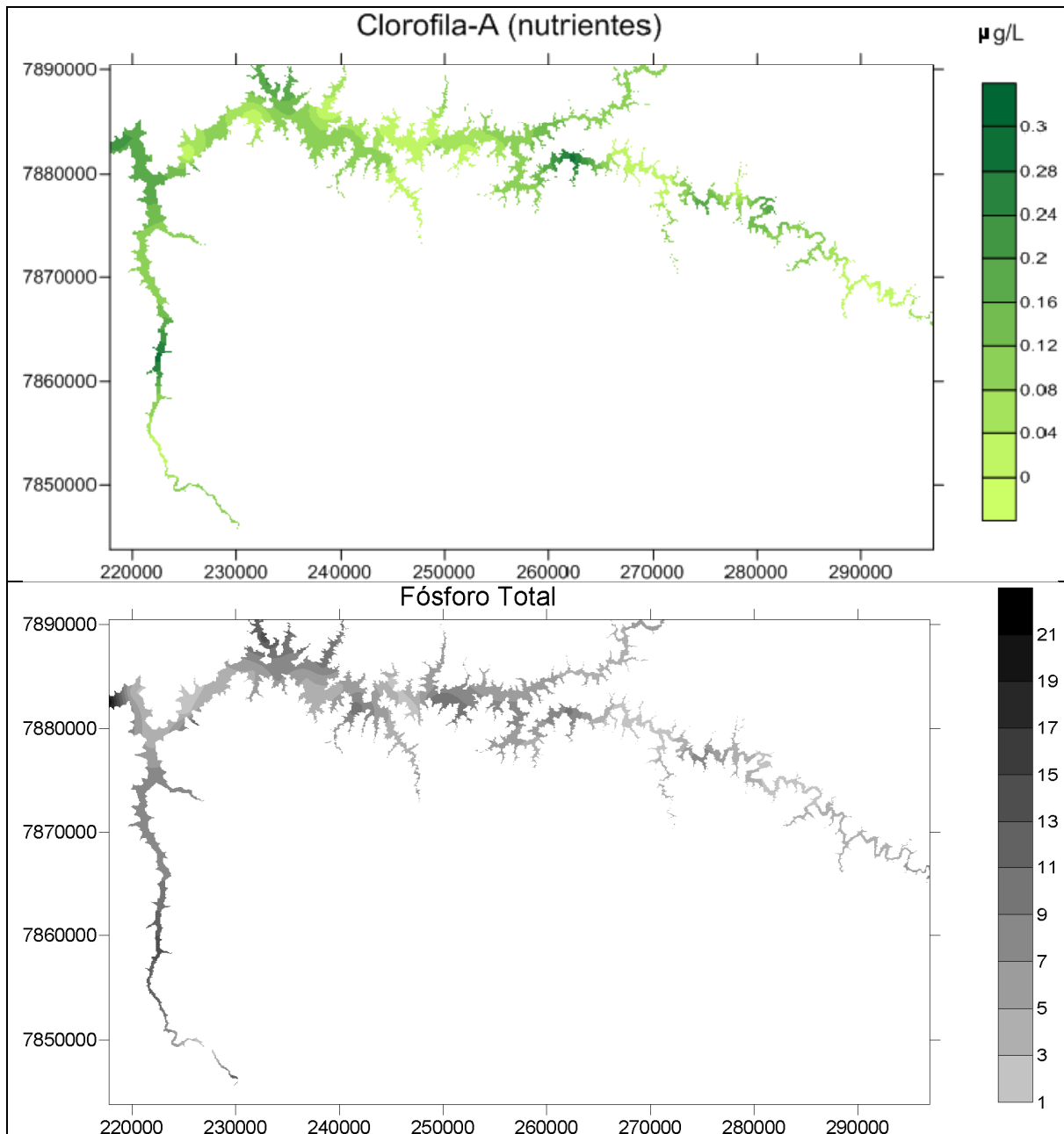


Fig. 20 – Cartogramas com as concentrações sub-superficiais de clorofila-a obtidas pelo método de Lorenzen (1967) que aqui recebeu o nome “nutrientes” (acima) e as concentrações de fósforo total (abaixo) no Reservatório de Nova Ponte, em agosto de 2008.

Tab. 04 – Concentrações sub-superficiais (0,2-0,5 m) de clorofila-a no Reservatório de Nova Ponte, Minas Gerais, em agosto de 2008. Para verificar a localização exata de cada ponto de coleta, favor reportar-se à Fig. 01.

Ponto	Latitude	Clorofila (nutrientes)	Clorofila (scufa)
Unidade	UTM (m)	ug.L ⁻¹	ug.L ⁻¹
NP01	221843.0	0.20	18.97
NP02	217813.0	0.20	16.32
NP03	225394.0	0.00	10.88
NP04	231746.0	0.00	12.36
NP05	238439.0	0.00	11.99
NP06	241546.0	0.10	7.95
NP07	244545.0	0.10	16.08
NP08	248786.0	0.00	7.17
NP09	257596.0	0.10	8.00
NP10	257494.0	0.10	13.74
NP11	249110.0	0.10	21.65
NP12	234886.0	0.20	18.32
NP13	223185.0	0.10	14.00
NP14	222536.0	0.30	14.00
NP15	224157.0	0.10	13.00
NP16	262275.0	0.30	11.22
NP17	296955.0	0.10	8.17
NP18	292979.0	0.20	7.88
NP19	290325.0	0.20	7.36
NP20	288627.0	0.10	6.59
NP21	285159.0	0.10	6.46
NP22	284717.0	0.10	6.13
NP23	281863.0	0.00	6.33
NP24	280868.0	0.20	6.72
NP25	278063.0	0.10	13.45
NP26	274928.0	0.10	6.44
NP27	272866.0	0.10	8.27
NP28	271218.0	0.00	5.70
NP29	220079.7	0.00	27.81
NP30	228224.0	0.00	27.86
NP31	234096.1	0.10	38.72
NP32	237589.8	0.10	31.18
NP33	240002.5	0.10	36.62
NP34	245021.7	0.10	36.74

NP35	247234.6	0.10	23.80
NP36	245246.9	0.10	22.39
NP37	239500.9	0.10	24.38
NPA1	236902.0	0.10	7.29
NPA2	232820.0	0.10	7.22
NPA3	226086.0	0.10	13.00
NPA4	220353.0	0.00	17.00
NPA5	223176.0	0.00	19.00
NPA6	222846.0	0.00	14.00
NPA7	222651.0	0.10	10.00
NPA8	232517.0	0.10	20.00
NPA9	230230.0	0.10	26.00
NPA10	227438.0	0.20	30.00
NPA11	221187.0	0.00	6.61
NPA12	270211.0	0.20	14.17
NPA13	266342.0	0.10	19.17
NPA14	252105.0	0.00	17.72
NPA15	249846.0	0.20	12.64
NPA16	253987.0	0.10	9.30
NPA17	266354.0	0.10	6.09
NPA18	270639.0	0.10	12.62
NPA19	266954.0	0.10	6.83
NPA20	262077.0	0.00	7.49
NPA21	255766.0	0.00	7.66
NPA22	258916.0	0.00	6.62
NPA23	266164.0		
Média		0.09	14.66
Desv Padrão		0.08	8.64
Mínimo		0,00	5,70
Máximo		0,30	38,72

5.0 – Observações Finais

As informações coletadas nesse programa de monitoramento indicam claramente que o reservatório de Nova Ponte possuía uma excelente qualidade de água na estação seca de 2008. Os valores das variáveis tradicionalmente usadas para classificar o estado trófico de um corpo de água tais como a penetração de luz, turbidez, níveis de fósforo total e de clorofila-a foram todos eles indicativos de um estado tipicamente oligotrófico do ambiente (Tab. 05)

Tab. 05- Valores médios de Turbidez, Sólidos Totais, Fósforo Total e Clorofila-a no Reservatório de Nova Ponte em agosto de 2008.

Condutividade	Turbidez	Sólidos Totais	Fósforo Total	Clorofila (Lorenzen)	Clorofila-a (SCUFA)
$\mu\text{S.cm}^{-1}$	NTU	mg.L^{-1}	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$	$\mu\text{g.L}^{-1}$
20,0	3,43	1,00	6,38	0,09	14,66

Não obstante, a característica tipicamente oligotrófica do sistema, foram encontrados claros indícios de entradas importantes de contribuições alóctones de sólidos e nutrientes em vários pontos do reservatório que poderão comprometer seriamente a qualidade de suas águas em breve espaço de tempo. Preocupa-nos de modo específico os padrões espaciais encontrados para os nitratos e os valores dos coeficientes de extinção da radiação solar.

Apesar dos problemas ressaltados, o reservatório de Nova Ponte têm condições excepcionais para a implantação do cultivo intensivo através de tanques redes ao considerarmos a sua qualidade de água. Os problemas existentes de qualidade de água não são impeditivos à implantação da atividade aquícola e a implantação dessa atividade inclusive poderá ser o motivo de aumento dos mecanismos de controle e de monitoramento ambiental do reservatório.

Na literatura especializada, ainda são raras as citações sobre trabalhos limnológicos realizados no reservatório de Nova Ponte e sugere-se aqui que a CEMIG possa implantar um programa de divulgação dos dados secundários que ela certamente possui para que se possa acompanhar melhor a evolução do estado trófico desse importante reservatório mineiro.

6.0 - Equipe de Trabalho



Em cima, a partir da esquerda: Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto-Coelho (UFMG), Alan Vieira (IBAMA), José Fernandes Bezerra Neto (UFMG), Ivair Gomes (EPAMIG), Elizabeth Lomelino Cardoso (EPAMIG), Eliane Vieira (EPAMIG-UNIFEI) e Maria Lelia Rodriguez Simão (EPAMIG, coordenadora do projeto). Em baixo: Giovani Resende (EPAMIG), Vicente Gontijo (EPAMIG) e Marley Lamonier (EPAMIG).

7.0 – Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, ao apoio técnico do Cid Antônio Morais Jr pela excelência do seu trabalho de laboratório e pela sua atenção extrema no preparo de toda logística dos trabalhos de campo.

Agradeço também a inestimável ajuda dos meus alunos Alan Vieira , Alessandra, Simone Santos nos trabalhos de campo. Agradeço ao Prof. José Neto pelas valiosas sugestões, pelo apoio em diferentes momentos no projeto.

Agradeço à toda equipe da EPAMIG nas pessoas da Eliane Vieira, Elizabeth Lomelino, Lelia Rodrigues, Ivair Gomes e Vicente Gontijo.

Finalmente, agradeço ao apoio financeiro da FAPEMIG, do CNPq e do Curso de Exrtensão Fundamentos em Ecologia pelo apoio dado a diferentes momentos desse projeto.

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2011

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. M. P. C.', written in a cursive style.

Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho

Vice Presidente da Fundação UNESCO-HidroEX

8.0 - Literatura

1 - American Public Health Association - APHA . 1999. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, New York, 16th Edition.

2 - Golterman, H.L., R.S. Clymo & M.A.M. Ohnstad .1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP handbook n°8, 2nd Ed., Blackwell, Oxford, 213 p.

3 - Lorenzen, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations Limnology & Oceanography 12:343-346.

4 - Vollenweider, R.A.1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33:53-83.

7.0 - Contato

Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho (Coordenador – Limnologia Geral)

LGAR- ICB- UFMG

Tel 031 3409 2605

E-mail: rpcoelho@globocom.com

<http://www.icb.ufmg.br/~rmpec>