

0	13/11/2006	Emissão Final	FGA	FAR	CGM/SLFC
REV.	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.

CLIENTE:

 FURNAS	ENGEVIX
---	----------------

EMPREENHIMENTO: **AHE SIMPLÍCIO QUEDA ÚNICA – PROJETO BÁSICO AMBIENTAL**

ÁREA: **MEIO AMBIENTE**

TÍTULO: **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS
SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA**

ELAB.	FGA	VERIF.	FAR	APROV.	CGM/SLFC	R. TEC.:	JAS	CREA NO	5224-D
-------	-----	--------	-----	--------	----------	----------	-----	---------	--------

CÓDIGO DOS DESCRITORES				DATA	13/11/2006	Folha	1	de	124

Nº DO DOCUMENTO:					8922/01-60-RL-0810		REVISÃO	0	
------------------	--	--	--	--	--------------------	--	---------	---	--

ÍNDICE	PÁG.
1 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS	0810-3
2 - METODOLOGIA	0810-4
2.1 - Estratégia Geral de Amostragem	0810-4
2.1.1 - Estações de Amostragem	0810-4
2.1.2 - Parâmetros de Amostragem.....	0810-8
2.1.3 - Periodicidade das Amostragens	0810-10
2.2 - Metodologias de Coleta e Análise.....	0810-10
2.2.1 - Qualidade da Água.....	0810-10
2.2.2 - Fitoplâncton.....	0810-11
2.2.3 - Cianotoxinas.....	0810-12
2.2.4 - Zooplâncton.....	0810-12
2.2.5 - Bentos	0810-13
3 - PRINCIPAIS ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS	0810-13
4 - RESPONSÁVEIS PELA EXECUÇÃO	0810-14
5 - CRONOGRAMA FÍSICO.....	0810-15
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	0810-16
ANEXOS	0810-17
ANEXO I - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	
ANEXO II - MONITORAMENTO FITOPLÂNCTON	
ANEXO III - MONITORAMENTO ZOOPLÂNCTON	
ANEXO IV - LEVANTAMENTO FONTES POLUIÇÃO	

1 - JUSTIFICATIVAS E OBJETIVOS

De forma a melhor organizar as atividades previstas no EIA, juntamente com as condicionantes da LP 217/2005, o Programa de Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos foi reagrupado nos três subprogramas abaixo:

- *Subprograma de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água.* Aqui foram agrupados quatro subprogramas previstos no EIA (Monitoramento da Qualidade da Água, Monitoramento da Comunidade Fitoplanctônica, Monitoramento da Comunidade Zooplanctônica e Monitoramento da Macrofauna Bêntica), uma vez que: possuem objetivos similares; os monitoramentos serão realizados nas mesmas estações de amostragens; e a análise dos dados deverá ser integrada para os quatro temas.
- *Subprograma de Acompanhamento da Proliferação e Reaproveitamento de Macrófitas Aquáticas.* As atividades que envolvem as macrófitas, apesar de relacionadas com os parâmetros limnológicos e da qualidade da água, exige ações específicas.
- *Subprograma de Otimização da Circulação das Águas nos Reservatórios.* Esse subprograma não foi previsto no EIA, mas aqui recebeu esse *status* devido às particularidades das atividades previstas e à sua importância para a manutenção da qualidade da água.

A alteração da dinâmica de um rio, com a transformação de um trecho em represa e a diminuição do fluxo do rio a jusante pelo desvio das águas, desencadeiam processos que promovem alterações nas características físico-químicas e biológicas, podendo levar a deterioração da qualidade da água. Assim, torna-se necessário monitorar os efeitos das atividades antrópicas e avaliar o grau de alteração e possíveis conseqüências na qualidade da água após a implantação do Aproveitamento Hidrelétrico Simplício Queda Única, ou simplesmente AHE Simplício.

O monitoramento dos ecossistemas aquáticos é uma das atividades de maior relevância nos programas ambientais de usinas hidrelétricas, pois permite acompanhar os impactos óbvios que esse tipo de empreendimento causa sobre os componentes biológicos e os usos múltiplos das águas. No caso do AHE Simplício, o complexo arranjo do empreendimento leva a situações particulares, com o desvio de grandes vazões do rio Paraíba do Sul, a existência de núcleos urbanos no trecho que terá a vazão reduzida e a formação de vários reservatórios no circuito de desvio, afetando alguns tributários do rio principal. Dentro deste cenário, justifica-se um monitoramento criterioso da qualidade das águas afetadas e dos seus constituintes biológicos.

Considerando que a cidade de Sapucaia capta água para abastecimento no trecho de vazão reduzida, a problemática para a saúde pública advinda das cianotoxinas ganha relevância. Além disto, o fitoplâncton é um componente ecológico de potencial importância na caracterização e mesmo na definição da ecofisiologia dos sistemas aquáticos e do seu grau de trofia. Dado ao curto tempo de geração de seus componentes,

funciona como refinado sensor das mudanças ambientais, sendo eficiente como ferramenta na avaliação de alterações antrópicas ou naturais.

Objetiva-se com a implantação do monitoramento proposto aqui, avaliar periodicamente a qualidade da água do rio Paraíba do Sul e dos tributários na área de influencia do AHE Simplício, bem como acompanhar a sucessão que ocorrerá nas comunidades planctônicas e bentônicas durante as atividades das obras, ao longo do enchimento e durante um ano após a formação dos reservatórios.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Estratégia Geral de Amostragem

2.1.1 - Estações de Amostragem

Para o monitoramento limnológico e da qualidade da água está sendo prevista uma rede de estações que permite avaliar as alterações nos ecossistemas aquáticos decorrentes da implantação do empreendimento. Os pontos selecionados para a implantação preferencialmente serão fixos, de maneira a permitir comparações entre os diferentes períodos de amostragem. Entretanto, ajustes ocorrerão entre a fase anterior e a fase posterior ao enchimento dos reservatórios. Outros ajustes também poderão ocorrer à medida que os resultados das campanhas forem sendo consolidados.

Para a “fase rio”, (Figura 2.1) ou seja, durante a construção do empreendimento, estão previstos quatorze pontos de amostragem. Durante a “fase reservatório”, ou seja durante a operação do empreendimento, a rede de amostragem será ampliada para 25 pontos de amostragem (Figura 2.2), de maneira a cobrir os diversos compartimentos do complexo arranjo do AHE Simplício.

A rede de amostragem procura ser coincidente com os pontos amostrados durante o EIA e com os pontos amostrados para o presente PBA, conforme consta nos Anexos I, II e III, que inclui, conforme exigência da condicionante 2.20 da LP nº 217/2005, pontos de amostragem nos riachos afluentes formadores dos reservatórios acessórios de margem esquerda do rio Paraíba do Sul e pontos a montante, a jusante e nos reservatórios construídos. Conforme apresentado no Quadro 2.1 a rede de amostragem permitirá caracterizar os diversos compartimentos sob influência do AHE Simplício, a saber:

- rio Paraíba do Sul nos seus diversos trechos: a montante da barragem de Anta, no trecho de vazão reduzida, sob influência das cidades de Anta e Sapucaia, e após a restituição das águas pelo canal de fuga, em Simplício;
- grandes tributários a montante, representados pelos rios Paraibuna e Piabanha; e
- pequenos tributários da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, sob influência do circuito de adução, cujas drenagens serão barradas por diques.

Serão amostrados um total de 25 sítios, conforme Quadro 2.1 e Figuras 2.1 e 2.2.

QUADRO 2.1
PONTOS, PARÂMETROS E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA E LIMNOLÓGICOS

COMPARTIMENTO	LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM	GRUPO DE PARÂMETROS E FREQUÊNCIA ¹															
		FASE RIO								FASE RESERVATÓRIO							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Rio Paraíba do Sul	1. Montante do encontro dos três rios	T	T	T	T	T	T	T	S	T	T	T	T	T	T	T	S
	2. Montante do reservatório de Anta									B	B	B	B	B		B	S
	3. Região do remanso do reservatório de Anta	B	B	B	B	B		B	S	B	B	B	B	B		B	S
	4. Região do reservatório de Anta próximo à barragem	B	B	B	B	B	B	B	S	B	B	B	B	B	B	B	
	5. TVR entre a barragem e a cidade de Anta									B	B	B	B	B	B	B	S
	6. TVR a jusante da cidade de Anta	B	B	B	B	B	B	B	S	B	B	B	B	B	B	B	S
	7. TVR a montante da captação de água de Sapucaia	B	B	B	B	B	B	B	S	B	B	B	B	B	B	B	S
	8. TVR a jusante da cidade de Sapucaia	B	B	B	B	B	B	B	S	B	B	B	B	B	B	B	S
	9. TVR a montante do canal de fuga									B	B	B	B	B		B	S
	10. Jusante do canal de fuga em Simplício	B	B	B	B	B		B	S	B	B	B	B	B		B	
	11. Montante de Além Paraíba									B	B	B	B	B	B	B	S
Grandes tributários a montante	12. Rio Piabanha	T	T	T	T	T	T	T	S	T	T	T	T	T	T	T	S
	13. Rio Paraibuna	T	T	T	T	T	T	T	S	T	T	T	T	T	T	T	S
Pequenos tributários da margem esquerda	14. Rio Macuco dentro do reservatório de Anta	B	B	B	B	B		B		B	B	B	B	B		B	S
	15. Rio Macuco a montante do reservatório de Anta									B	B	B	B	B	B	B	S
	16. Canal de adução									B	B	B	B	B		B	
	17. Córrego da Tocaia dentro do reservatório de Tocaia									B	B	B	B	B		B	S
	18. Córrego da Tocaia a montante do reservatório de Tocaia	T	T	T	T	T		T	S	B	B	B	B	B		B	
	19. Córrego Areia jusante	B	B	T	T	T	T	T	S	B	B	B	B	B	B	B	S
	20. Córrego Areia montante									B	B	B	B	B		B	S
	21. Córrego Louriçal a montante do reservatório de Louriçal									T	T	T	T	T		T	
	22. Córrego Louriçal dentro do reservatório de Louriçal									B	B	B	B	B		B	S
	23. Córrego Estaca dentro do reservatório de Calçado									B	B	B	B	B		B	
	24. Córrego da Prata a jusante do reservatório de Calçado	B	B	B	B	B	B	B	S	T	T	T	T	T	T	T	S
	25. Ribeirão do Peixe a montante do canal de fuga	B	B	T	T	T		T		B	B	B	B	B		B	

NOTA: ¹ Os parâmetros de amostragens são divididos em grupos, de 1 a 8, conforme Quadro 2.2. A periodicidade foi dividida em bimestral (B), trimestral (T) e semestral (S).

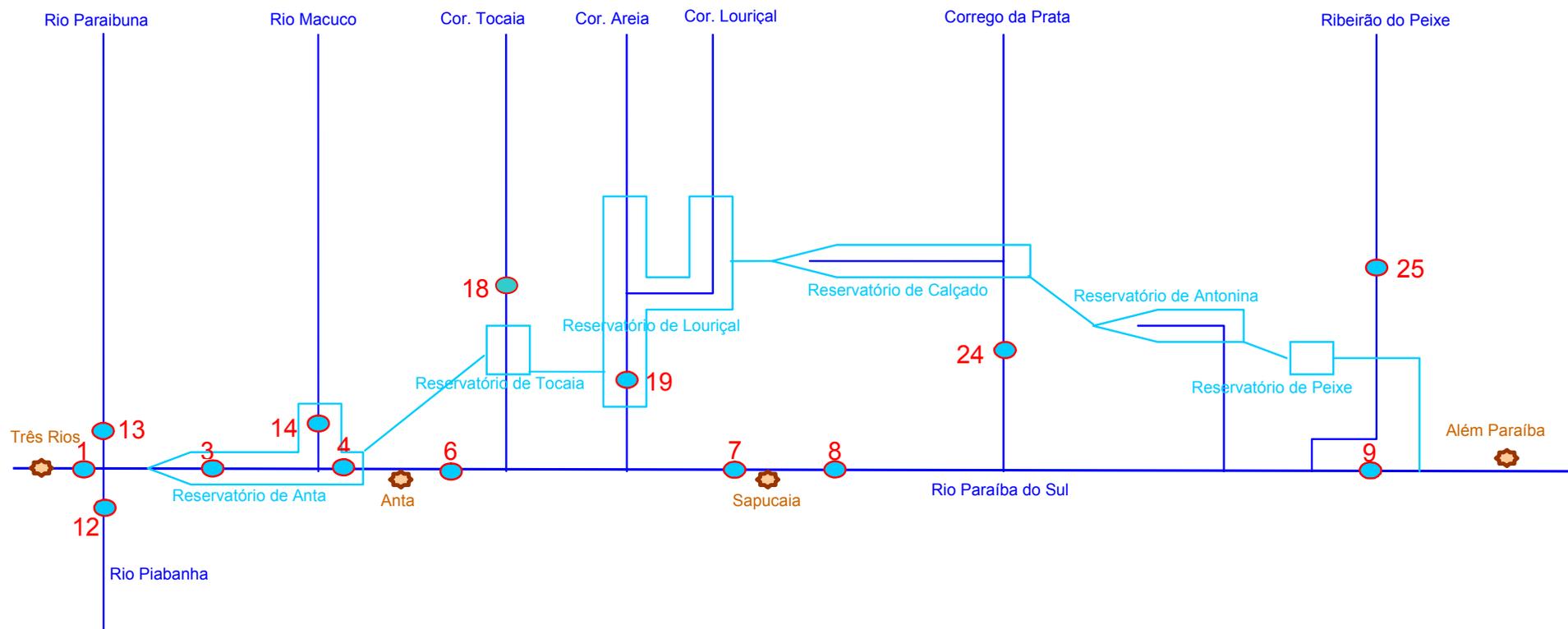


FIGURA 2.1
DIAGRAMA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM PROPOSTOS PARA O MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA NA FASE DE CONSTRUÇÃO DO AHE SIMPLÍCIO

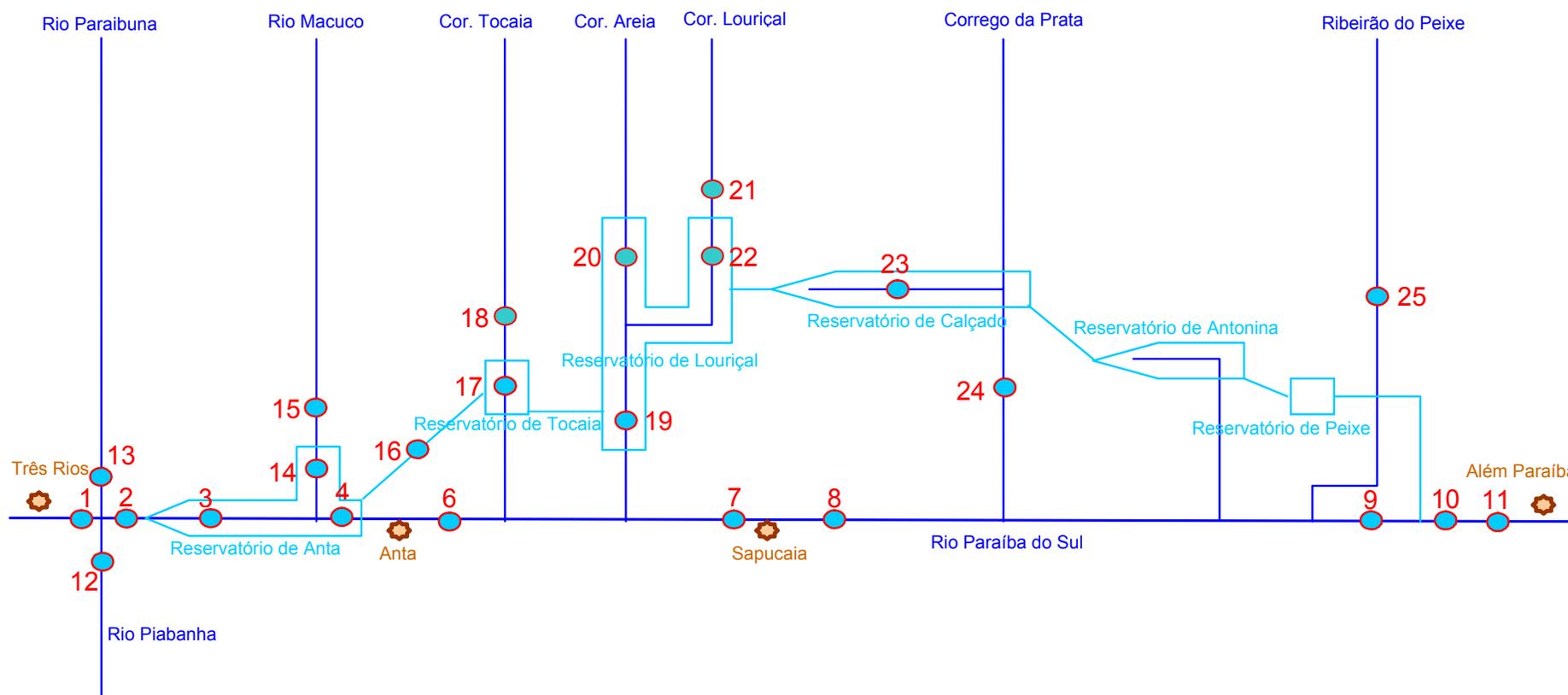


FIGURA 2.2
DIAGRAMA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM PROPOSTOS PARA O MONITORAMENTO LIMNOLÓGICO E DA QUALIDADE DA ÁGUA NA FASE DE OPERAÇÃO DO AHE SIMPLÍCIO

2.1.2 - Parâmetros de Amostragem

Os parâmetros a serem tomados podem ser divididos em oito grupos, conforme o Quadro 2.2.

**QUADRO 2.2
PARÂMETROS DE AMOSTRAGEM**

GRUPO	PARÂMETRO	UNID	ÁGUA	SEDI-MENTO
1	Temperatura da água	° C	X	
	Transparência	m	X	
	pH	-	X	
	Turbidez	N.T.U	X	
	Condutividade a 25 °C	uS/cm	X	
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	X	
	Temperatura do Ar	°C		
2	Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	X	
	Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	X	
	Óleos e Graxas	mg/L	X	
	Fenóis	mg/L	X	
3	Sílica	mg/L	X	
	Nitrogênio Total	mg/L	X	X
	Amônia	mg/L	X	
	Nitrato	mg/L	X	
	Fósforo Total	mg/L	X	X
	Ortofosfato	mg/L	X	
	D.Q.O	mg/L	X	X
4	Alcalinidade Total	mgCaCO ₃ /L	X	
	Cloretos	mg/L	X	
	Cianetos	mg/L	X	
	Sulfato	mg/L	X	
	Cálcio	mg/L	X	
	Magnésio	mg/L	X	
	Sódio	mg/L	X	
	Potássio	mg/L	X	
5	D.B.O	mg/L	X	
	Coliformes Totais	NMP/100ml	X	
	Coliformes Fecais Termotolerantes	NMP/100ml	X	
6	Ferro Total	mg/L	X	X
	Ferro Dissolvido	mg/L	X	
	Manganês	mg/L	X	
	Chumbo	mg/L	X	X
	Zinco	mg/L	X	X
	Cádmio	mg/L	X	X
	Cobre	mg/L	X	X
	Cromo Hexavalente	mg/L	X	X

GRUPO	PARÂMETRO	UNID	ÁGUA	SEDI-MENTO
	Mercúrio	mg/L	X	X
	Alumínio	mg/L	X	X
7	Fitoplâncton quantitativo	Ind/ml	X	
	Cianotoxinas	-	X	
	Zooplâncton quantitativo	Ind/m ³	X	
	Clorofila a	ug/L	X	
8	Zoobentos quantitativo	Ind/m ²		X
	Granulometria	-	-	X

A avaliação dos parâmetros de qualidade da água, a exemplo do que foi realizado para o presente PBA (ver Anexo I), utilizará como balizador para classificação das águas, em função dos usos múltiplos atuais e futuros, a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os parâmetros microbiológicos (Grupo 5) permitirão avaliar os usos múltiplos da água, pelo cálculo do Índice de Qualidade da Água – IQA, ou outro índice similar, dos compartimentos estudados.

Os parâmetros biológicos (Grupos 7 e 8) permitirão caracterizar as comunidades ao longo do canal principal do rio Paraíba do Sul e das sub-bacias afluentes à área de influência do AHE Simplício. Atendendo à condicionante 2.25 da LP nº 217/2005, o monitoramento do fitoplâncton irá permitir avaliar quando a densidade da cianobactérias for superior 20 000 cel/ml no ponto a montante da captação de água da cidade de Sapucaia, ou quando for superior a 50 000 cel/ml nos demais pontos. Nesses casos, deverão ser realizadas análises de cianotoxinas.

Os pontos que ficarem sob influência dos reservatórios (3, 4, 14, 17, 19, 20, 22 e 23) terão os parâmetros do Grupo 1 à exceção, obviamente, da temperatura do ar, coletados em três profundidades.

Com os dados produzidos, será possível avaliar a qualidade da água na área de influência do AHE Simplício e subsidiar a tomada de decisões quanto aos usos múltiplos da água ou da necessidade de investigação de fontes de poluição na bacia de contribuição aos pontos que porventura levantem suspeitas. Essa base de dados será fundamental para correlacionar com os parâmetros biológicos na busca de padrões que melhor expliquem a dinâmica dos ecossistemas aquáticos. Também servirão de indicativos para as análises da ictiofauna e o monitoramento dos sistemas de transposição de peixes.

É importante ainda ressaltar que a estratégia a ser adotada para o monitoramento limnológico e da qualidade da água, como solicitado da LP nº 217/2006; permitirá:

- subsidiar outros programas e ações previstas no presente PBA com dados atualizados, tais como o *Subprograma de Acompanhamento da Proliferação e Reaproveitamento de Macrófitas Aquáticas*, o *Programa de Conservação e Monitoramento da Ictiofauna*, o *Programa de Saúde*, o *Programa de Monitoramento de Fauna de Vetores*, o *Subprograma de Tratamento dos Efluentes Domésticos*

Lançados no Rio Paraíba do Sul no Trecho Entre a Barragem de Anta e o Canal de Fuga de Simplício e o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno dos Reservatórios (condicionante 2.4);

- o uso dos dados coletados na calibragem da modelagem matemática dos corpos d'água impactados pela implantação do empreendimento, tal como realizado nas modelagens realizadas para o *Subprograma de Otimização da Circulação das Águas nos Reservatórios* e para o *Programa de Minimização dos Efeitos Hidrológicos e Ambientais no Trecho de Vazão Reduzida*, que utilizavam dados da campanha de maio de 2006 (condicionante 2.21).

2.1.3 - Periodicidade das Amostragens

Como apresentado no Quadro 2.1, as amostras estão previstas para serem tomadas em três categorias de periodicidade, a depender da fase, do ponto e do grupo de parâmetros. Assim, haverá amostras bimestrais, trimestrais e semestrais. A periodicidade trimestral será ligeiramente deslocada para contemplar o início e o fim das estações seca e chuvosa, de maneira que as amostragens são previstas para os meses de maio setembro, novembro e março.

Ressalte-se ainda que as datas das amostragens poderão sofrer ajustes para propositalmente coincidir com marcos das obras que causam impactos aos ecossistemas aquáticos, como o lançamento de ensecadeiras, das duas fases de desvio do rio e o enchimento dos reservatórios.

Toda a estratégia de amostragem está prevista para ser praticada até o primeiro ano de operação. A partir dessa data será reavaliada, a cada ano, com base na consolidação dos resultados dos anos anteriores, a necessidade de manutenção dessa periodicidade ou de todos os parâmetros, ou mesmo da necessidade de ajustes na rede de amostragem.

2.2 - Metodologias de Coleta e Análise

2.2.1 - Qualidade da Água

Para as análises físico-químicas da água serão coletadas amostras de sub-superfície em cada ponto de amostragem utilizando-se recipientes plásticos (garrafas) de 5,0 litros. Conforme descrito anteriormente, os pontos sob influência dos reservatórios terão amostras tomadas em até três profundidades, quando possível. Para análise bacteriológica serão tomadas amostras específicas colocados em vidros âmbar com solução específica. Cada garrafa será identificada com uma etiqueta com as informações do local da coleta e a data, devendo estas amostras ser mantidas sob refrigeração, colocando as mesmas em caixas isotérmicas, contendo sacos com gelo e transportadas imediatamente para serem analisadas no laboratório.

Os seguintes parâmetros serão medidos *in loco*: temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. A transparência será medida com disco de Secchi

e a profundidade com sonda. A determinação dos outros parâmetros de qualidade da água será feita segundo as técnicas descritas na literatura (APHA, 1989).

Deverá ser adotado um índice que permita uma avaliação sintética, tanto no espaço quanto no tempo, da qualidade da água sob influência do AHE Simplício. Sugere-se a utilização do IQA, que já vem sendo utilizado no EIA e no presente PBA (Anexo I). O IQA é determinado pelo produtório de nove parâmetros elevados à potência de seus respectivos pesos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, nitrogênio total, fosfato total, temperatura, turbidez, Demanda Bioquímica do Oxigênio – DBO e resíduo total (CETESB, 2003). Este índice é baseado na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada de parâmetros selecionados.

IQA = $\prod q_i^{w_i}$, onde:

- IQA – índice de qualidade das águas (varia de 1 a 100);
- q_i – qualidade do i-ésimo parâmetro (entre 0 e 100), obtido da respectiva ‘curva média de variação da qualidade’ em função de sua concentração ou medida;
- w_i – peso correspondente ao i-ésimo parâmetro; atribuído por sua importância para a conformação global da qualidade (entre 0 a 1).

Para os valores de IQA entre 0 a 19 a água é considerada “imprópria”; de 20 a 36 é “imprópria para tratamentos convencionais”; de 37 a 51 é de “qualidade aceitável”; para valores de 52 a 79 a água é de “qualidade boa”; e de 80 a 100 apresenta “qualidade ótima”.

2.2.2 - Fitoplâncton

A análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton deverá ser feita a partir de amostras coletadas por passagem de frasco submerso a aproximadamente 15 cm da superfície, sendo a amostra fixada com solução de lugol e colocada ao abrigo da luz solar.

As populações serão identificadas sempre que possível em nível de espécie a partir de amostras examinadas em microscópio, através da análise de características morfológicas e morfométricas das fases vegetativas e reprodutivas. A densidade das populações fitoplanctônicas (ind/ml) serão estimadas segundo Utermöhl (1958). O volume sedimentado será definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos. Os indivíduos (células, colônias, cenóbios, filamentos) serão enumerados em campos aleatórios (UHELINGER, 1964), sempre que possível até atingir 100 indivíduos da espécie mais freqüente de tal modo que o erro seja inferior a 20 % ($p < 0,05$; LUND *et al* 1958). Na impossibilidade desta condição ser atingida, será quantificado um número suficiente de organismos para que se estabilize o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies.

As análises quali-quantitativas do fitoplâncton permitirão realizar cálculos de índices de riqueza e diversidade e comparar locais e épocas de amostragem. Serão realizadas

correlações com os parâmetros de qualidade da água na busca de padrões que expliquem a variação do fitoplâncton.

2.2.3 - Cianotoxinas

Quando as análises do fitoplâncton indicarem densidade de cianofíceas superior a 20 000 cel/mL na estação de amostragem acima do ponto de captação de água de Sapucaia, ou acima de 50 000 cel/mL nas demais estações, serão realizadas análises de cianotoxinas. As análises serão baseadas em amostras de água coletadas conforme descrição a seguir e os dados serão analisados à luz da Portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde e do Manual da Organização Mundial da Saúde.

O procedimento de coleta para microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas em amostras de água deverá tomar um litro de água bruta na sub-superfície do manancial (0,1 m) ou na profundidade do ponto de captação da água. As amostras para análise deverão ser enviadas para o laboratório no mesmo dia da coleta, congeladas, ou refrigeradas em caixas de isopor com refrigeração (ex: gelox). Será informada em cada frasco a origem da amostra (data e local de coleta). Junto com amostras devidamente identificadas serão enviados os dados referentes a procedência, tipo de amostra, bem como quais as análises a serem realizadas.

As amostras de microcistinas serão analisadas através de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – HPLC, após extração e pré-purificação em Cartuchos de Octadecil-Silano – ODS. O limite de detecção será de $0,6 \mu\text{g.L}^{-1}$. Para as saxitoxinas, a amostra de água será congelada, liofilizada e extraída em uma solução de ácido acético 0,05 N. O extrato será centrifugado, sendo o sobrenadante filtrado e analisado em HPLC, por técnica de pós derivatização. O limite de detecção será de 8pg.L^{-1} . Para as cilindrospermopsina, a amostra de água será congelada, liofilizada, extraída e pré-purificada em cartuchos de ODS, sendo então analisadas em HPLC.

2.2.4 - Zooplâncton

As coletas serão realizadas em sub-superfície filtrando-se 100 litros de água em rede de plâncton de 64 mm. O concentrado será imediatamente fixado com formol a 4 %.

A análise qualitativa será feita ao microscópio e para o exame quantitativo, as contagens serão realizadas em câmaras de Sedgewick-Rafter de $1\ 000 \text{mm}^2$ de área de fundo e capacidade de 1 ml. A contagem será feita ao microscópio binocular com aumento de 100 X, utilizando-se também, quando necessário, aumento de 400 X para uma melhor identificação do material.

Com os resultados das análises quali-quantitativas do zooplâncton objetivar-se-á a detecção da presença e/ou dominância de espécies tanto holoplanctônicas como meroplanctônicas. O estudo do zooplâncton buscará diagnosticar as associações que o formam e que são potencialmente indicadoras da qualidade da água e estado trófico.

A biodiversidade será avaliada através da composição faunística (número de táxons presentes em cada ponto durante o estudo) e através da riqueza específica (nº de táxons

presentes em cada amostra). Da mesma forma que para o fitoplâncton os dados quantitativos serão relacionados aos resultados de variáveis limnológicas na busca de padrões que melhor expliquem as variações nas comunidades zooplancônicas.

2.2.5 - Bentos

As coletas de bentos de substrato não consolidado serão realizadas remotamente através de pegadores de fundo (tipo "Van- Veen") em diferentes áreas ao longo do eixo do rio. Em cada ponto da área amostral, serão feitas três réplicas para coleta de material biológico. O material coletado será submetido ao peneiramento em malhas de 1,0 e 0,5 mm, e os organismos retidos serão fixados em formalina a 10 %. Após a triagem em laboratório em nível de grandes grupos taxonômicos, o material será preservado em álcool etílico a 70 %.

A identificação em nível específico será realizada sob microscópio estereoscópico em laboratório. A presença e densidade de planorbídeos deverá ser destacada nos relatórios, que serão encaminhados ao *Programa de Monitoramento da Fauna de Vetores*.

Para a análise estatística da granulometria será utilizado o trabalho clássico de FOLK & WARD (1957). Serão construídos diagramas binários para melhor interpretação dos dados obtidos através dos resultados brutos

3 - PRINCIPAIS ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

O presente Subprograma se baseia na Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, uma vez que atende a dois fundamentos básicos da Lei: fornece informações que subsidiam a gestão dos recursos hídricos e considera a bacia hidrográfica sob influência do empreendimento como unidade territorial para implementação do monitoramento.

A classificação dos corpos de água monitorados no presente Subprograma seguirão os padrões indicados na Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

O monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas em mananciais e sistemas de abastecimento de água vem sendo realizado em muitos países, mas poucos incluem estes aspectos em suas legislações. A aprovação da Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde de 29/12/2000, substituída pela Portaria nº 518 de 25/03/2004, coloca o Brasil como uma das nações com a legislação mais avançada no que diz respeito ao monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas. Esta última, estabelece os procedimentos e responsabilidades, relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. No caso do presente empreendimento, este programa somente será realizado se forem encontradas níveis de cianobactérias iguais ou superiores aos recomendados pela Portaria do Ministério da Saúde.

O presente subprograma busca, ainda, atender a várias condicionantes da LP nº 217/2005 do IBAMA. As estações de amostragem foram significativamente ampliadas em relação ao EIA, para um total de 25, de maneira a caracterizar os tributários da margem

esquerda e atender a condicionante 2.20. Serão tomadas amostras de parâmetros físico-químicos, microbiológicos, indicadores de poluição orgânica, indicadores de poluição por metais e biológicos, incluindo análises de cianotoxinas, conforme condicionante 2.25. As análises serão interpretadas tendo como referência a Resolução CONAMA nº 357/2005 (condicionante 2.24). A estratégia de amostragem adotada será de extrema importância para subsidiar uma série de outros programas previstos no PBA, como exigido nas condicionantes 2.4 e 2.21. No Anexo IV, em atendimento à condicionante 2.15, é apresentado o levantamento das fontes de poluição, que irá balizar a interpretação dos dados de monitoramento.

Por fim, este programa atende a Condicionante nº. 2.3 da LP 217/2005 a seguir transcrita:

“2.3 Detalhar todos os programas ambientais propostos nos estudos ambientais e os determinados pelo IBAMA, apresentando metodologia, responsável técnico e cronograma físico de implantação.”

4 - RESPONSÁVEIS PELA EXECUÇÃO

A responsabilidade de execução do programa é de FURNAS, que deverá firmar convênios com instituições de pesquisa capacitadas para a condução das atividades previstas.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th edition, Washington DC: American Public Health Association, 1989. 1268p.

CETESB, Relatório de qualidade da águas interiores do Estado de São Paulo. 2 v. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2003.

LUND, J. W. H., KIPLING, C. and LECREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, v. 11, p. 143-170, 1958.

UHELINGHER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Arch. Sci.*, v. 17, n. 2, p. 121-123, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton metodik. *Mitt.Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, v. 9, p. 1-38, 1958.

ANEXO I - MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO

2 - USOS DA BACIA

3 - ANÁLISE DOS DADOS DE QUALIDADE DA AGUA

3.1 - Programa Amostral

3.2 – Resultados

3.2.1 - Análise Global

3.2.2 - Análise dos Grandes Rios (Paraíba do Sul, Piabanha e Paraibuna)

3.2.3 - Parâmetros Indicadores de Alteração Ambiental

3.2.4 - Análise da Qualidade de Água dos Pequenos Tributários

3.3 - Índice de Qualidade de Água – IQA

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - INTRODUÇÃO

O rio Paraíba do Sul é um dos sistemas lóticos brasileiros mais intensamente utilizados, face sua proximidade com os grandes centros urbanos e industriais do país. Desempenha grande importância social e econômica para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, uma vez que atravessa importantes pólos industriais e urbanos. No estado do Rio de Janeiro este rio toma especial importância por abastecer uma população de mais de 13 milhões de habitantes, sendo que 80% desta habita o município do Rio de Janeiro e adjacências.

A formação do rio Paraíba se dá na borda do planalto paulista, a uma altitude de 1 800 m, a partir da junção dos rios Paraitinga e Paraibuna. É barrado já em seu nascedouro, formando a represa de Paraibuna, de propriedade da CESP, e ainda em seu trecho superior sofre novo barramento, formando a represa de Santa Branca, de propriedade da LIGHT. O rio avoluma-se com as águas da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, percorrendo uma distância de aproximadamente 1 100 km até desaguar no Oceano Atlântico, junto ao município de São João da Barra, no nordeste do estado do Rio de Janeiro. Possui uma bacia de aproximadamente 57 000 km², sendo 39% no estado do Rio de Janeiro, 38% em Minas Gerais e 23% em São Paulo (SIMÕES, 1977).

O rio corre no sentido oeste-leste e seus afluentes originam-se das serras da Mantiqueira e do Mar (SILVEIRA *et al.*, 1979). Ao longo do seu percurso, o rio Paraíba do Sul apresenta trechos com características físicas distintas (AB'SABER & BERNARDES, 1958), podendo ser dividido em:

- **trecho superior:** das nascentes (1 800 m) até Guararema (572 m), com declives acentuados;
- **trecho médio-superior:** entre Guararema (572 m) e Cachoeira Paulista (515 m), com baixa declividade, tornando-se um rio sinuoso e com vários meandros, formando grandes várzeas, numa extensão aproximada de 210 km;
- **trecho médio- inferior:** de Cachoeira Paulista (515 m) até São Fidélis (20 m), com o rio apresentando-se encaixado e com trechos encachoeirados, numa extensão de 480 Km;
- **trecho inferior:** de São Fidélis até a sua foz situada em Atafona, no Estado do Rio de Janeiro, com pequena declividade e 95 km de curso.

A colonização do vale do Paraíba começou por volta de 1790 com as primeiras vilas que se formaram quando da passagem do ouro das Minas Gerais para o litoral. A bacia vem sofrendo influência dos principais eventos ocorridos no Brasil, tendo sido cenário dos diversos ciclos econômicos que aqui ocorreram (COSTA, 1994). Analisando-se esses ciclos podem-se destacar quatro relevantes acontecimentos que provocaram alterações no desenvolvimento da bacia: o ciclo da cana-de-açúcar, o ciclo do café, o crescimento industrial e o crescimento urbano.

O cultivo da cana-de-açúcar foi responsável pela expansão da região no entorno do curso inferior do rio Paraíba do Sul. Porém, como não houve manejo adequado e nem a adoção

de práticas conservacionistas de uso do solo, esta cultura destruiu extensa cobertura vegetal nativa das planícies. Esta atividade propiciou o aumento de sedimentos carreados pelas águas de chuva ao rio e conseqüentemente podem ter contribuído para o aumento dos bancos de areia da região estuarina.

O ciclo do café surgiu a partir da decadência do extrativismo aurífero. Esta cultura foi responsável pela ocupação do vale do Paraíba e durante este ciclo implantaram-se melhorias no setor de transportes, acelerando o desenvolvimento da região. O ciclo do café teve um impacto semelhante à cultura canavieira, porém as regiões afetadas foram as partes do alto e médio Paraíba, que situavam-se em terrenos de declividade acentuada, portanto sujeitos a um intenso processo de erosão. O resultado deste processo seria o assoreamento da calha fluvial em trechos em que a declividade propiciasse a deposição de sedimentos.

Após o declínio da cafeicultura, a criação extensiva de gado leiteiro predominou na região conduzindo a uma fase de estagnação na economia. A região atravessou um processo histórico de exploração de seus recursos naturais. As lavouras de café, e a expansão da pecuária, determinaram um elevado grau de degradação ambiental, com a maior parte de seu território desmatado, servindo às pastagens, havendo ainda processos erosivos e de relativo esgotamento dos solos. A qualidade das águas também sofreu e sofre um contínuo processo de degradação, uma vez que o crescimento das cidades e das indústrias não foi acompanhado de medidas de tratamento de esgotos residenciais e dos despejos de elementos poluentes inerentes as tecnologias de produção em vigor, apesar de atualmente a legislação procurar diminuir e controlar estes processos. Dessa forma, o quadro atual foi herdado de um período de pouco controle das questões ambientais e da melhor utilização dos recursos naturais ao longo do processo produtivo (ENGEVIX, 2001).

A região voltaria a se desenvolver com o advento das atividades industriais que, por demandar energia elétrica, encontravam na bacia do rio Paraíba do Sul um grande potencial hidroenergético. No período entre as décadas de 30 a 60 foram construídas as principais barragens ao longo do rio, como Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Funil, Santa Cecília e Ilha dos Pombos. Além do evidente agravamento decorrente da expansão industrial em áreas já comprometidas, a expansão demográfica a ela associada, resulta em um aumento dos problemas relacionados com os esgotos domésticos.

2 - USOS DA BACIA

O Vale do Paraíba, situado na região superior, abrange uma série de cidades de pequeno porte, com parte desta região se caracterizando pelo domínio da pecuária extensiva em área coberta por pastagens, além de áreas cultivadas principalmente por culturas de milho e arroz. Há, também, grandes áreas de reflorestamento, sendo que uma pequena parte ainda possui mata tropical.

No vale Paulista, situado no segmento médio superior, mais especificamente em Jacareí, Pindamonhangaba, São José dos Campos, Taubaté, Guaratinguetá, Caçapava, Aparecida e Cruzeiro, predominam indústrias dos ramos químico, metalúrgico, alimentício, de papel, de vestuário e de calçados. Embora estas cidades apresentem grande potencial poluidor para o rio, as descargas dos efluentes ocorre ao longo de um trecho de cerca de 300 km, o que facilita a diluição e amortece os efeitos negativos.

O trecho na região do médio Paraíba no Estado do Rio de Janeiro, que está incluído no segmento médio-inferior, apresenta como peculiaridade ser a parte mais utilizada do rio, sendo classificado como o mais poluído de acordo com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – FEEMA; em extensão de aproximadamente 80 km, onde se situam os municípios de Resende, Porto Real, Barra Mansa e Volta Redonda, o rio atravessa o complexo siderúrgico-industrial que causa maior alteração em todo seu curso devido a concentração de indústrias em um trecho relativamente curto. A jusante deste parque industrial situa-se o local de captação da água para produção de energia pela LIGHT Serviços de Eletricidade S/A, sendo que, após ser utilizada nas usinas, a água é tratada pela Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro – CEDAE e distribuída para suprimento da população do município do Rio de Janeiro e adjacências. Um pouco mais a jusante, à altura do município de Três Rios, o rio recebe dois dos seus maiores tributários, os rios Paraibuna e Piabanha. O rio Paraibuna banha, pela margem esquerda, a região de Juiz de Fora, onde se concentram indústrias metalúrgicas, químicas, têxteis, de papel e alimentícia (FEEMA 1991), enquanto o Piabanha, pela margem direita, recebe efluentes dos municípios de Petrópolis e Teresópolis.

No trecho médio inferior também se registram três grandes alterações físicas: A represa do Funil, a barragem de Santa Cecília e a Represa de Ilha dos Pombos. Alguns estudos da qualidade da água nesse trecho da Bacia vêm indicando que o reservatório de Funil atua como um anteparo à poluição (filtra a poluição) oriunda do estado de São Paulo através da precipitação e sedimentação de substâncias tóxicas e nutrientes, melhorando a qualidade da água a jusante. Mais a jusante (Volta Redonda e Barra do Pirai) encontra-se a barragem de Santa Cecília (*Light*), onde são bombeados cerca de 160 m³/s destas águas para o reservatório de Santana (antigo leito do rio Pirai) e posteriormente, para o reservatório de Vigário. A terceira barragem é a represa de Ilha dos Pombos. O rio apresenta nas proximidades da barragem de Santa Cecília uma vazão média de 318 m³/s, podendo variar de 109 m³/s na estiagem, e atingir até 950 m³/s em períodos de cheias extraordinárias (FEEMA, 1991).

O trecho médio inferior, onde está localizado o empreendimento em questão, possui perfil mais ou menos acidentado, com altitude variando de pouco mais de 515 m até cerca de 20 m. O solo é predominantemente constituído por terrenos sedimentares de origem antiga, coberta originalmente por uma floresta tropical latifoliada. O clima no trecho é mesotérmico (BARBIÉRE & KRONENBERG, 1994), com alta umidade relativa do ar, com verões quentes e chuvosos e invernos secos. O carreamento de material alóctone para o rio é favorecido, especialmente no período das chuvas, pelo espesso manto de rochas intemperizadas, pelos declives presentes nas formações conhecidas como "meias-laranjas" e pela ausência ou má qualidade da cobertura vegetal.

Na região do norte fluminense, onde se localiza o trecho baixo do rio Paraíba do Sul, as atividades industriais são bastante distintas das outras regiões, merecendo destaques as usinas de álcool, açúcar e bebidas, derivadas do cultivo da cana-de-açúcar. Nesta área o rio recebe dois grandes tributários em sua margem esquerda (rio Pomba e rio Muriaé), que banham municípios mineiros e fluminenses, onde recebe efluentes de indústrias têxteis, de papel e madeira e de alimentos.

3 - ANÁLISE DOS DADOS DE QUALIDADE DA AGUA

3.1 - Programa Amostral

O trecho da bacia analisado está compreendido na unidade geomorfológica denominada de “Alinhamento de Cristas do Paraíba do Sul” de acordo com o programa RADAM BRASIL (RADAM, 1983). Em relação às características fluvigráficas, o rio apresenta aspecto predominantemente retilíneo, sem formação de meandros na maior parte do seu traçado, o que confere um forte hidrodinamismo e a caracterização geoambiental de Domínio das Corredeiras (BIZERRIL *et al.*, 1998). O leito é formado de grandes proporções de rochas que se estendem longitudinalmente ao longo do trecho do rio, dificultando o acesso e variando consideravelmente o nível da água entre o período de cheias (outubro a março) e de secas (maio a setembro).

Para as presentes análises foram considerados os dados coletados para o EIA em setembro e dezembro de 2003 e uma campanha realizada para o presente PBA entre maio e junho de 2006.

A área de influência da bacia hidrográfica de contribuição intermediária do AHE Simplício foi limitada à montante pelo aproveitamento de Santa Cecília, e à jusante, pelo reservatório de Ilha dos Pombos, ambas barragens são concessões da LIGHT Serviços de Eletricidade S/A. Também foram consideradas as contribuições dos dois grandes tributários situados imediatamente à montante da área do empreendimento, o rio Paraíba e o rio Piabanha, que se juntam ao Paraíba do Sul no município de Três Rios.

Na campanha de maio/junho de 2006 também foram incluídos no programa amostral os cinco tributários da margem esquerda (rios Macuco, Tocaia, Areia-Louriçal, Prata e do Peixe) que sofrerão influência direta do empreendimento, resultante da interceptação dos mesmos pelo sistema de diques, canais e túneis a serem construídos. Ao todo foram estabelecidos cinco sítios de coleta no rio Paraíba do Sul (quatro na última campanha), um sítio no rio Paraíba, um sítio no rio Piabanha e nove sítios nos pequenos tributários da margem esquerda, sendo dois em cada tributário, um nas proximidades do encontro com o Paraíba e o outro à montante da interceptação pelo sistema de lagos, canais e túneis de Simplício (Quadro 3.1; Figura 3.1). O sítio à montante deve permanecer com suas atuais condições ambientais após a construção e deverá ser usado como sítio de monitoramento, enquanto o sítio próximo da foz com o Paraíba será interceptado pelas obras do empreendimento e terá suas condições modificadas, podendo também ser usado como monitoramento das novas condições que serão criadas a partir do empreendimento.

QUADRO 3.1
LOCAIS DE AMOSTRAGEM E COORDENADAS GEOGRÁFICAS
NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AHE SIMPLÍCIO

Sítio	LOCALIDADES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		Latitude	Longitude
Rio Paraíba do Sul e grandes tributários			
1.	Montante da foz dos rios Paraíba e Piabanha	7553367	691239
2.	Jusante da foz dos rios Paraíba e Piabanha	7555900	699692
3.	Montante do distrito de Anta	7562245	705460
4.	Trecho entre Anta e o município de Sapucaia	7563500	709000
5.	Jusante de Sapucaia/Montante Além Paraíba	7574500	731800
7.	Rio Piabanha nas proximidades do exutório	7553208	691373
8.	Rio Paraíba	7564338	682207
Pequenos tributários da margem esquerda			
9.	Rio Macuco – futuro reservatório de Anta	7562300	705500
10.	Rio Macuco – montante	7562500	705000
13.	Rio Tocaia – futuro reservatório de Tocaia	7564473	709871
15.	Rio Tocaia – montante	7565809	708600
16.	Rio Areia – futuro reservatório de Louriçal	7565993	712401
17.	Rio Areia – montante	7567955	711879
19.	Rio da Prata – montante	7570701	718292
20.	Rio da Prata – foz	7570565	718911
21.	Rio do Peixe – Montante	7575000	727100
23.	Rio do Peixe – retorno das águas turbinadas	7573523	727950

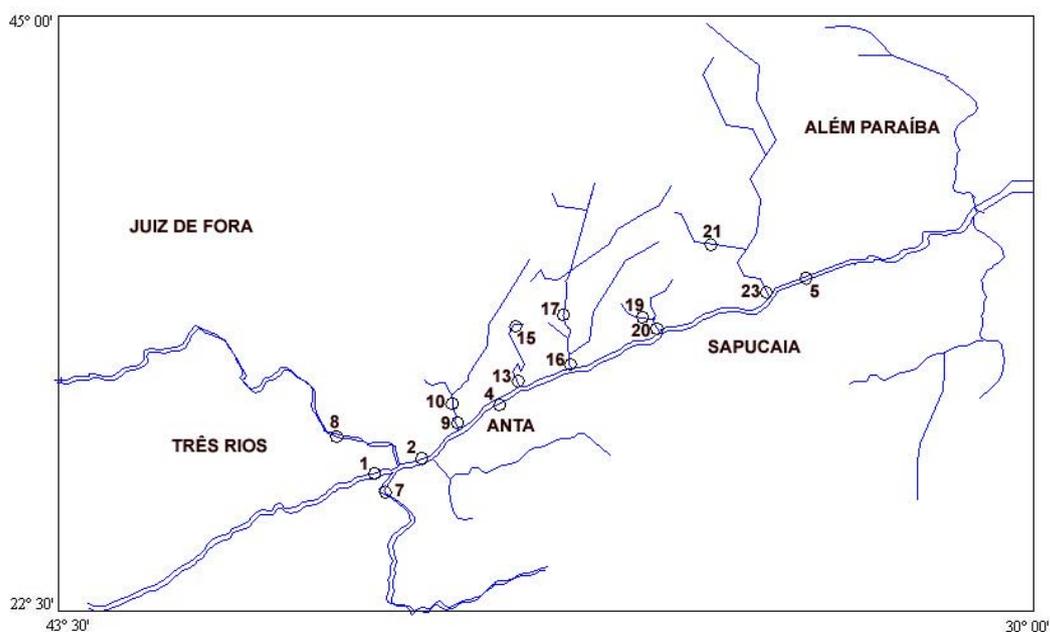


FIGURA 3.1
LOCALIZAÇÃO DOS SÍTIOS DE AMOSTRAGENS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA
DIRETA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL. CÓDIGO DOS SÍTIOS
DE AMOSTRAGENS DE ACORDO COM A QUADRO 3.1

Nos cinco sítios de amostragens do rio Paraíba do Sul (Sítio 1-5; Figuras 3.2 a 3.6), inseridos na área de influência do AHE Simplício, foram realizadas coletas de água durante o inverno (estação seca – setembro/2003), verão (estação chuvosa – dezembro/2003), que constituíram as bases para o EIA/RIMA, correspondendo à primeira e segunda campanha, respectivamente. Adicionalmente, e visando aumentar robustez das amostras, foram feitas novas coletas no outono/2006, compreendendo quatro sítios do rio Paraíba do Sul (Sítios 01, 02, 04 e 05) que foram amostrados nas duas primeiras campanhas, bem como o rio Piabanha (Sítio 07) e o rio Paraibuna (sítio 08) e os cinco pequenos tributários da margem esquerda que terão a parte baixa de seus trechos interceptados pelo sistema de canais, túneis e lagos que se formarão em função do empreendimento de Simplício.

Para a análise físico-química da água foram coletadas amostras de sub-superfície em cada ponto de amostragem utilizando-se recipientes plásticos (garrafas) de 5,0 litros. Para análise bacteriológica foram tomadas amostras específicas colocados em vidros âmbar com solução específica. Cada garrafa foi identificada com uma etiqueta com as informações do local da coleta e a data, sendo estas amostras mantidas sob refrigeração, colocando as mesmas em caixas isotérmicas, contendo sacos com gelo e transportadas imediatamente para serem analisadas no laboratório da FEEMA.



FIGURA 3.2
SÍTIO 1- RIO PARAÍBA DO SUL EM TRÊS RIOS. MONTANTE DA
CONFLUÊNCIA DOS RIOS PARAIBUNA E PIABANHA



FIGURA 3.3
SÍTIO 2 – RIO PARAÍBA DO SUL A JUSANTE DA CONFLUÊNCIA
DOS RIOS PARAIBUNA E PIABANHA



FIGURA 3.4
SÍTIO 4- RIO PARAÍBA DO SUL À MONTANTE DO DISTRITO DE ANTA. TRECHO A
JUSANTE DA BARRAGEM DE ANTA E QUE TERÁ VAZÃO REDUZIDA



FIGURA 3.5
SÍTIO 5 - TRECHO ENTRE ANTA E SAPUCAIA; OBSERVAR AS FORMAÇÕES ROCHOSAS PARALELAS AO TRECHO LONGITUDINAL DO RIO



FIGURA 3.6
SÍTIO 6 - JUSANTE DO PONTO DE RESTITUIÇÃO DAS ÁGUAS TURBINADAS

Os seguintes parâmetros foram medidos “in loco” com o auxílio de multisensores providos com eletrodos (HORIBA U-10, YSI-85 e YSI-1556): temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e potencial de oxido-redução (Figura 3.7). A transparência foi medida com disco de Secchi e a profundidade com sonda (profundímetro). As determinações de material em suspensão, matéria orgânica e inorgânica dissolvida na água, fosfato total, nitrogênio total e avaliação microbiológica (coliformes totais e fecais termotolerantes) foram realizadas segundo as técnicas descritas na literatura (APHA, 1989) em laboratório.



FIGURA 3.7
TOMADA DE PARAMETROS AMBIENTAIS COM O
MULTISENSOR YSI-85 NO RIO MACUCO (SÍTIO 10)

Todos os parâmetros físico-químicos que compõem o IQA foram determinados. Esse índice é determinado pelo produtório de nove parâmetros elevados à potência de seus respectivos pesos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, nitrogênio total, fosfato total, temperatura, turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e resíduo total (CETESB, 2003). Este índice é baseado na construção de curvas de qualidade e agregação ponderada de parâmetros selecionados.

$$IQA = \prod . q_i^{w_i}$$

Onde:

- IQA – índice de qualidade das águas, (varia de 1 a 100),
- q_i – qualidade do i-ésimo parâmetro (entre 0 e 100), obtido da respectiva “curva média de variação da qualidade” em função de sua concentração ou medida.
- w_i – peso correspondente ao i-ésimo parâmetro; atribuído por sua importância para a conformação global da qualidade, um número entre 0 a 1.

Para os valores de IQA entre 0 a 19 a água é considerada “imprópria” (péssima); de 20 a 36 é “imprópria para tratamentos convencionais” (ruim); de 37 a 51 é de “qualidade aceitável”; para valores de 52 a 79 a água é de “qualidade boa”; e de 80 a 100 apresenta “qualidade ótima”.

Foram analisados os seguintes parâmetros:

- Físico-químicos: Temperatura, Transparência, Oxigênio Dissolvido, Turbidez, pH, Condutividade, Fenóis totais, Cianetos e Sólidos Totais;

- Indicativos de poluição orgânica: DBO, nutrientes (Amônia, Fosfato total, Nitratos, Nitritos, Nitrogênio Orgânico e Nitrogênio total);
- Microbiológicas - Coliformes fecais e totais;
- Indicativos de poluição por tóxicos: Metais (cádmio; cromo total; cobre; chumbo; ferro; mercúrio).

Nas análises da última campanha foram introduzidas as medições de cobre dissolvido, ferro dissolvido e fósforo solúvel em função da nova legislação que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Quadro 3.2).

QUADRO 3.2
PADRÕES ESTABELECIDOS PARA PARÂMETROS ANALISADOS REFERENTE AS
ÁGUAS DE CLASSE 2, RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005

PARÂMETROS	UNIDADE	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA PERMITIDA
Cádmio Total	mg/l	0,001
Chumbo Total	mg/l	0,01
Cobre dissolvido	mg/l	0,009
Contagem de Coliformes Fecais (termotolerantes)	NMP/100 ml	1000
Cromo Total	mg/l	0,05
DBO	mg/l O ₅	5
Ferro dissolvido	mg/l	0,3
Fósforo Total	mg/l	0,05
Mercúrio Total	mg/l	0,0002
N. amoniacal	mg/l	3,7
N. Nitrato	mg/l	10,0
Nitritos	mg/l	1,0
Oxigênio Dissolvido	mg/l	> 5
Sólidos Totais	mg/l	500
Turbidez	UNT	100

NOTA: Parâmetros assinalados em vermelho foram registrados acima do máximo permitido pela Resolução Conama nº 357/2005

3.2 - Resultados

3.2.1 - Análise Global

a) Padrões Segundo Resolução CONAMA nº 357/05

Dentre os parâmetros analisados nas três campanhas para determinar a qualidade de água, o chumbo total, cobre dissolvido, ferro dissolvido, fósforo total, coliformes fecais termotolerantes e mercúrio total apresentaram valores acima dos máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/05 (Quadro 3.3 a 3.6), com maior destaque para fósforo e

coliformes fecais que se apresentaram consistentemente em concentrações acima das permitidas para águas da classe da 2, em todos os sites de coletas do rio Paraíba do Sul.

Os parâmetros analisados variaram em relação a cada campanha, indicando que a sazonalidade é um fator importante na determinação da qualidade ambiental do sistema. Na primeira campanha, realizada em setembro/03, o mercúrio apresentou valores acima do máximo permitido pelo CONAMA (0,0002 mg/l) em todos os sítios amostrados, enquanto na segunda campanha (dezembro-2003), realizada exatamente nos mesmos sítios de amostragens, esteve abaixo do valor máximo permitido. Na terceira campanha os sítios de amostragens no canal principal do rio Paraíba do Sul (amostrados na 1ª. e 2ª. campanhas), bem como os sítios do rio Paraibuna e Piabanha apresentaram valores de mercúrio abaixo dos níveis máximos permitidos, enquanto nos pequenos tributários, um único sítio (foz do riacho da Prata - sítio 19) apresentou valores acima da concentração máxima permitida pelo CONAMA.

QUADRO 3.3
QUALIDADE DA ÁGUA NOS SITOS AMOSTRADOS EM SETEMBRO DE 2003

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS				
		P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
Amônia	mg/l	0,30	0,20	,010	0,20	0,10
Cádmio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cianeto	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobre	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	U S/cm	101	65	63	63	64
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0	<2,8	<2,0
Fenóis Totais	Ug/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ferro	Mg/l	1,3	1,4	1,2	1,5	0,95
Fósforo Total	mg/l P	2,90	0,20	0,15	0,20	0,20
Mercúrio	Mg/l	<0,10	2,90	2,90	2,90	2,90
Nitratos	Mg/l N-NO3-	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Nitritos	Mg/l N-NO2-	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	0,90	0,40	1,70	1,40	1,50
Nitrogênio Total	mg/l N	1,93	1,26	2,35	2,24	2,15
Oxigênio Dissolvido	Mg/l	7,9	7,94	6,36	5,57	6,33
PH		6,96	7,53	7,91	8,00	7,82
Sólidos Totais	Mg/l	85	65	70	110	70
Temperatura	°C	20,8	20,2	20,2	19,5	21,3
Transparência	(cm)	120	100	100	50	103
Turbidez	uT	60	60	50	50	25
Coliformes Totais	NMP/100 ml	80.000	30.000	900.000	≥1.600.000	170.000
Coliformes Fecais Termo tolerantes	NMP/100 ml	8.000	23.000	500.000	1.600.000	30.000

NOTA: As indicações em vermelho encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de classe 2 de acordo com a resolução CONAMA 357/2005

QUADRO 3.4
QUALIDADE DA ÁGUA NOS SÍTIOS AMOSTRADOS EM DEZEMBRO DE 2003

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS				
		P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
Amônia	mg/l	0,20	0,15	0,10	0,20	0,40
Cádmio	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Chumbo	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Cobre	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	U S/cm	52	62	50	51	52
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l	<2	<2	<2	<2	<2
Ferro	mg/l	6,0	4,4	3,6	3,6	4,0
Fósforo Total	mg/l P	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4
Mercurio	mg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nitratos	mg/l N-NO3-	0,4	0,4	0,35	0,30	0,4
Nitritos	mg/l N-NO2-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,004
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	1,8	0,65	0,9	0,8	0,4
Nitrogênio Total	mg/l N	2,62	1,37	1,47	1,52	1,604
Oxigênio Dissolvido	mg/l	9,05	7,04	9,02	9,12	9,5
PH		7,5	7,25	7,25	7,7	7,85
Sólidos Totais	mg/l	130	102	84	22	52
Temperatura	°C	24,2	24,2	24,3	24,4	24,8
Turbidez	uT	90	90	80	80	90
Coliformes Totais	NMP/100 ml	50.000	30.000	24.000	13.000	30.000
Coliformes Fecais Termo tolerantes	NMP/100 ml	3.000	8.000	8.000	8.000	5.000

NOTA: As indicações em vermelho encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de classe 2 de acordo com a resolução CONAMA 357/2005

QUADRO 3.5
QUALIDADE DA ÁGUA NOS RIOS PARAÍBA DO SUL, PARAIBUNA E PIABANHA,
EM MAIO-JUNHO DE 2006

PARÂMETROS	UNIDADE	P 01	P 02	P 04	P 05	P 07	P08
Cádmio Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre Total	mg/l	<0,005	0,02	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre dissolvido	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	u S/cm	96,00	64,00	64,00	65,00	64,00	38,00
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Ferro Total	mg/l	0,90	0,60	1,40	1,10	0,70	1,20
Ferro dissolvido	mg/l	0,40	0,20	0,25	0,20	0,04	0,30
Fósforo Total	mg/l	0,06	0,02	0,05	0,06	0,08	0,04
Mercurio Total	mg/l	<0,0001	0,00	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N. Kjeldahl	mg/l	0,40	0,13	0,08	0,06	0,55	0,60
N. Nitrato	mg/l	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30
Nitritos	mg/l	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04

PARÂMETROS	UNIDADE	P 01	P 02	P 04	P 05	P 07	P08
Nitrogênio Orgânico	mg/l N	0,34	0,11	0,07	0,06	0,52	0,55
Nitrogênio Total	mg/l N	0,80	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,06	0,02	0,01	0,00	0,03	0,05
Oxigênio Dissolvido	mg/l	4,35	4,98	6,17	6,54	5,30	5,10
pH		7,62	7,40	7,50	7,45	7,40	7,58
Sólidos Totais	mg/l	180,00	280,00	100,00	70,00	60,00	44,00
Temperatura	°C	22,00	21,10	21,30	21,80	18,60	18,00
Transparência	(cm)	50,00	50,00	70,00	40,00	100,00	50,00
Turbidez	uT	60	60	50	30	60	60
Coliformes Totais	NMP/100 ml	30.000	50.000	30.000	8.000	30.000	13.000
Coliformes Fecais (termo tolerantes)	NMP/100 ml	24.000	5.000	2.300	8.000	8.000	2.300
P.redox		26,50	71,90	72,70	82,20	74,90	54,80

NOTA: As indicações em vermelho encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de classe 2 de acordo com a resolução CONAMA 357/2005

QUADRO 3.6 QUALIDADE DA ÁGUA NOS SÍTIOS DOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAÍBA DO SUL, EM MAIO-JUNHO DE 2006

PARAMETROS	UNIDADE	P09	P10	P13	P15	P16	P17	P19	P20	P21	P23
Cádmio Total	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,03	0,02	0,02	0,02
Cobre Total	mg/l	<0,005	<0,005	0,04	0,015	<0,005	0,03	0,03	<0,005	<0,005	<0,005
Cobre dissolvido	mg/l	<0,005	<0,005	0,015	0,015	<0,005	0,015	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	u S/cm	60	57	61	61	45	44	75	36	30	30
Cromo Total	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mg/l	2,4	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Ferro Total	mg/l	0,75	0,8	0,4	0,45	0,6	0,8	0,4	0,45	0,45	0,6
Ferro dissolvido	mg/l	0,3	0,45	0,18	0,25	0,16	0,8	0,25	0,25	0,3	0,3
Fósforo solúvel	mg/l	0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Fósforo Total	mg/l	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Mercúrio Total	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,025	<0,0001	<0,0001	<0,0001
N. Kjeldahl	mg/l	0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
N. Nitrato	mg/l	0,2	0,2	<0,01	<0,01	0,1	0,1	0,08	0,07	0,1	0,15
Nitritos	mg/l	0,002	0,004	<0,001	0,002	0,002	0,007	0,002	0,002	0,002	0,002
N Amoniacal	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
OD	mg/l	7,37	7,18	7,49	7,94	7,09	7,09	7,94	7,13	7,19	7,45
PH		7,52	7,54	7,54	7,64	7,4	7,4	7,52	7,6	7,35	7,45
Sólidos Totais	mg/l	160	120	120	130	120	130	130	160	130	120
Temperatura	°C	19,45	18,65	18,71	19,12	18,07	18,58	19,24	18,72	20	20,38
Turbidez	uT	10	8	4,5	4,5	9	12	5,5	5,5	6,5	8,5
Coliformes Totais	NMP/100 ml	800	1300	1300	700	3000	3000	5000	5000	2300	8000
Coliformes Fecais Termo tolerantes	NMP/100 ml	300	500	1300	300	800	1300	1300	1300	1300	5000
P.redox		56,5	48,8	74,9	65,6	42	76,1	36	75,5	49,3	54,1

NOTA: As indicações em vermelho encontram-se acima das concentrações máximas permitidas para um rio de classe 2 de acordo com a resolução CONAMA 357/2005

Amônia, que foi medida apenas na primeira e segunda campanhas, em função da legislação vigente para o período, apresentou valores acima das concentrações máximas permitidas pelo CONAMA 20/86 (0,002 mg/l) na maioria dos sítios de amostragens em ambas as campanhas (Quadros 3.3 e 3.4). Este parâmetro já tinha sido registrado em valores acima das concentrações máximas permitidas em relatório da ENGEVIX (2001) neste mesmo trecho do rio, o que torna um fator de considerável relevância quando se pensa na alteração do sistema. Na campanha de 2006 foi medido o nitrogênio amoniacal, que esteve sempre abaixo das concentrações máximas permitidas em todos os sítios de amostragens, tanto os dos grandes rios como dos pequenos tributários (Quadros 3.5 e 3.6).

O ferro dissolvido foi avaliado somente na última campanha (maio-junho de 2006), quando passou a constar da legislação do CONAMA 357/05, quando apresentou valores acima do permitido nos sítios 1, 10 e 17. O parâmetro coliformes fecais termotolerantes apresentou valores acima do máximo permitido em todos os sítios nas campanhas realizadas no rio Paraíba do Sul, rio Paraibuna e rio Piabanha (Quadros 3.3, 3.4 e 3.5); nos pequenos tributários apresentou concentrações excedendo as máximas permitidas nos sítios 13, 17, 19, 20, 21 e 23 (Quadro 3.6), sendo, portanto, o parâmetro que deve ser considerado como o mais provável a influenciar o ambiente a ser formado, face sua generalização na área de influência direta do empreendimento.

Os parâmetros chumbo total e cobre dissolvido somente apresentaram valores acima do máximo permitido nos tributários (terceira campanha), nos pontos 16, 19, 20, 21 e 23 para chumbo total e nos pontos 13, 15 e 17 para cobre dissolvido. O parâmetro fósforo total apresentou valores acima do máximo permitido em todos os pontos nas duas primeiras campanhas, nos pontos 1, 4, 5 e 7 na terceira campanha, não apresentando valores acima do máximo permitido para os pequenos tributários (Quadros 3.5 e 3.6).

b) Análise de Componentes Principais

Os padrões de qualidade ambiental de todos os sítios de amostragens nas três diferentes campanhas foram avaliados através da técnica de ordenação de análise de componentes principais visando detectar tendências que abrangessem tanto os rios principais como os pequenos tributários. Os dois primeiros componentes obtidos pela análise de componentes principais das variáveis ambientais com autovalores excedendo 1,0 explicaram 64,05 % da variância total (Quadro 3.7). O componente I apresentou maior contribuição negativa (peso) para o nitrogênio total, ferro total, turbidez, temperatura e coliformes fecais explicando 41,16 % da variância total enquanto que o componente II apresentou maior contribuição negativa para o oxigênio dissolvido explicando 22,89% da variância total.

QUADRO 3.7
PESOS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS VARIÁVEIS DA
QUALIDADE DA ÁGUA DAS TRÊS CAMPANHAS REALIZADAS
NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AHE SIMPLÍCIO

PARÂMETROS	COMPONENTE I	COMPONENTE II
Condutividade	-0,412	0,106
Ferro Total	-0,782	-0,445
Fósforo Total	-0,540	-0,403
Mercúrio Total	-0,525	0,680
Nitrogênio Total	-0,953	0,088
Oxigênio dissolvido	-0,105	-0,639
pH	-0,184	0,696
Temperatura	-0,716	-0,458
Turbidez	-0,875	-0,085
Coliformes fecais	-0,730	0,577
Variação explicada (%)	41,16	22,89

NOTA: Valores altamente significativos em vermelho

O componente I pode, portanto, ser representado como um gradiente de qualidade da água, com as amostras no lado esquerdo do diagrama apresentando menor qualidade em oposição às amostras do lado direito do diagrama, enquanto o componente II representa o eixo oxigênio, com as amostras do lado inferior do diagrama apresentando maiores teores de oxigênio em oposição às amostras do lado superior do diagrama.

Um padrão de separação espacial entre as amostras foi detectado através da ordenação dos dados das três campanhas realizadas (Figura 3.8). Amostras da primeira campanha foram localizadas no lado esquerdo superior do diagrama de ordenação, enquanto as da segunda campanhas concentraram-se no lado esquerdo inferior do diagrama, com ambas amostras correspondendo aos maiores valores de temperatura, nitrogênio total, ferro total, turbidez e coliformes fecais, sendo que as da primeira campanha apresentaram baixo oxigênio dissolvido, enquanto as da segunda campanha, elevado teores de oxigênio dissolvido. Por outro lado, amostras da terceira campanha localizaram-se no lado direito do diagrama, com baixos teores de ferro, nitrogênio turbidez e coliforme fecal, e temperaturas relativamente mais baixas. Conclui-se que os tributários apresentam melhor qualidade ambiental que o rio, e que na terceira campanha realizada no rio verificou-se uma melhoria na qualidade ambiental, quando comparada com a primeira e segunda campanhas.

Quando as amostras são codificadas pelos locais de amostragens no diagrama de ordenação, observa-se o padrão diferenciado de melhor qualidade de água dos tributários, por situarem-se na extrema direita do diagrama. Considerando-se apenas as amostras no canal principal do rio Paraíba do Sul e os sítios dos dois grandes tributários (Paraibuna e Piabanha), verificou-se mudança sazonal entre as campanhas de amostragens, com a primeira campanha (set-03) com mais baixa qualidade, no lado esquerdo superior, uma qualidade intermediária na segunda campanha (dez-03) e uma melhor qualidade na terceira campanha (maio/junho-06), embora o oxigênio dissolvido tenha apresentado menores teores do que a segunda campanha (Figuras 3.8 e 3.9).

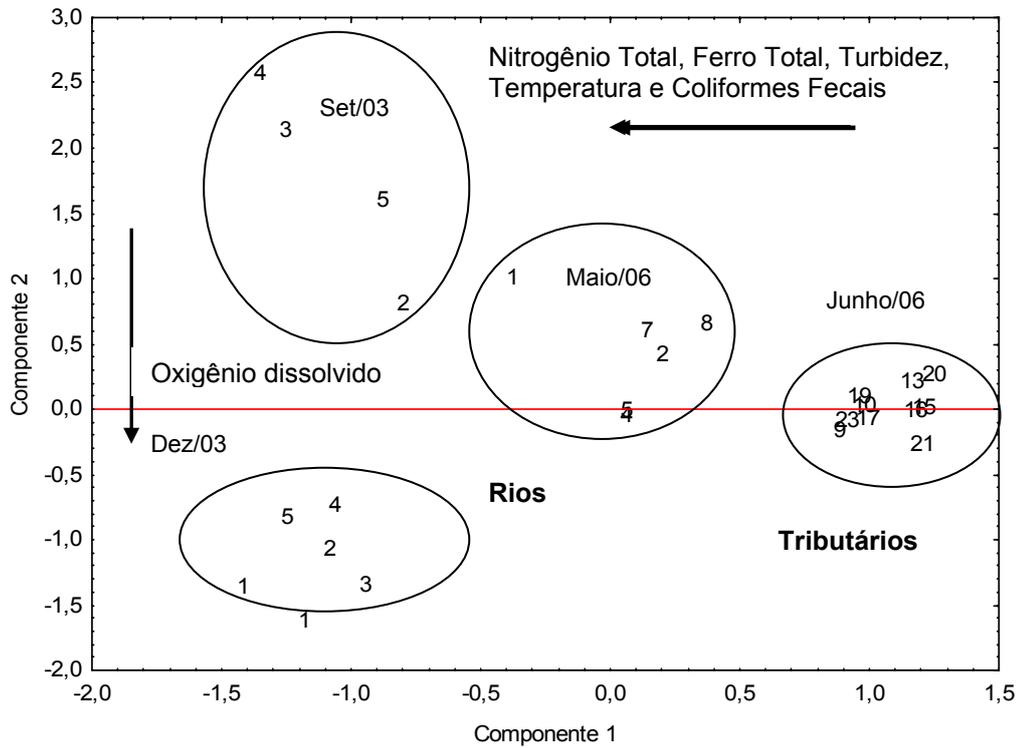


FIGURA 3.8
DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO SÍTIOS DE AMOSTRAGEM

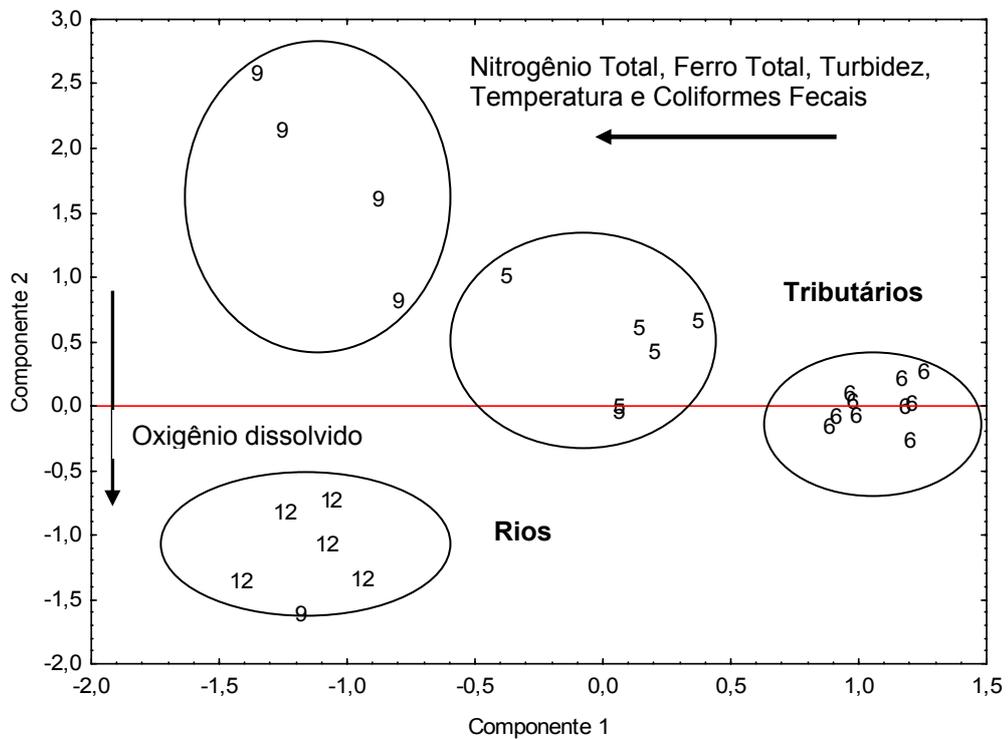


FIGURA 3.9
DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO COM AS AMOSTRAS CODIFICADAS PELOS MESES DE AMOSTRAGEM

c) Análise de Agrupamento

Foi feita uma análise de agrupamento visando determinar eventuais padrões de similaridade entre os sítios de amostragens de acordo com os parâmetros ambientais analisados. O dendograma resultante da análise resultou em quatro grupos, sendo cada grupo formado pelas amostras de cada campanha, indicando uma variação da qualidade da água entre os períodos de amostragem (Figura 3.10).

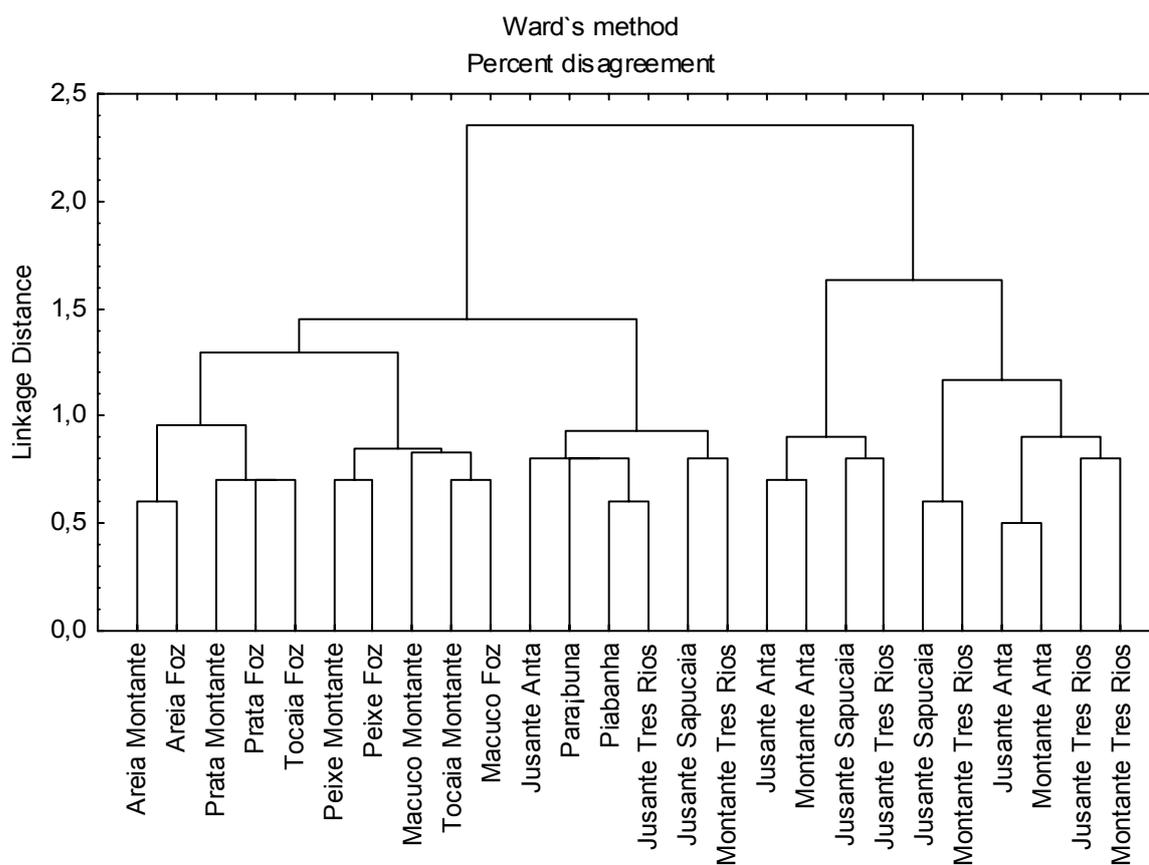


FIGURA 3.10
DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DOS
PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

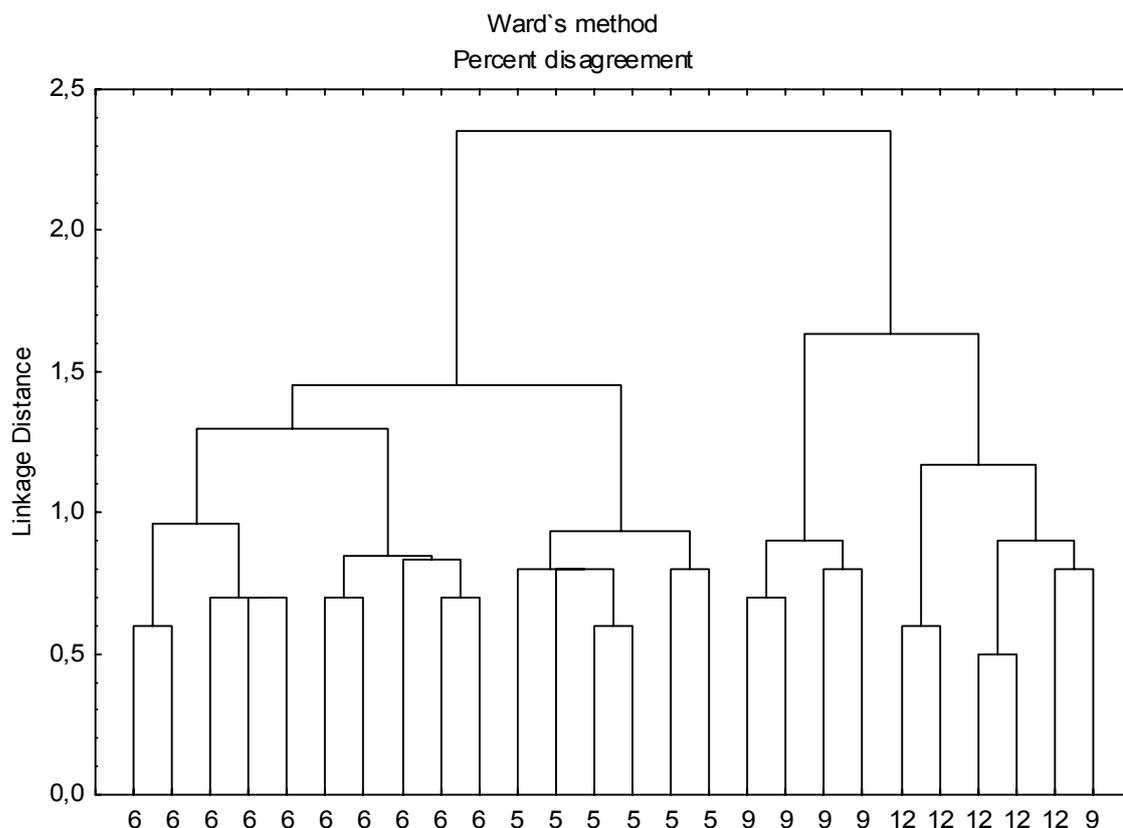


FIGURA 3.11
DENODOGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO
CODIFICADO PELOS MESES DE COLETA

Conclui-se que variações temporais foram observadas na qualidade da água dos mananciais amostrados, com as qualidades mais baixas ocorrendo em setembro e dezembro de 2003 e melhoria em maio/junho de 2006. Os sítios dos grandes rios apresentaram qualidade da água inferior quando comparadas com os tributários.

3.2.2 - Análise dos Grandes Rios (Paraíba do Sul, Piabanha e Paraibuna)

a) Análise de Componentes Principais

As três campanhas realizadas nos sítios do rio Paraíba do Sul, bem como os sítios dos grandes tributários Paraibuna e Piabanha foram analisadas em separado para obtenção de tendências espaciais e temporais. Os dois primeiros componentes da ordenação sobre as variáveis ambientais que apresentaram autovalores excedendo 1,0 explicaram 62,10 % da variância total (Quadro 3.8).

QUADRO 3.8
PESOS DOS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS VARIÁVEIS DA QUALIDADE
DA ÁGUA NOS RIOS PARAÍBA DO SUL, PARAIBUNA E PIABANHA

PARÂMETROS	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2
Condutividade	0,288	0,182
Ferro Total	-0,883	-0,368
Fósforo Total	-0,347	-0,070
Mercúrio Total	0,526	-0,766
Nitrogênio Total	-0,210	-0,861
Oxigênio dissolvido	-0,794	-0,406
pH	0,411	-0,634
Temperatura	-0,786	-0,153
Turbidez	-0,765	-0,040
Coliformes fecais	0,566	-0,695
Autovalores	36,3	25,8

NOTA: Valores altamente significativos em vermelho

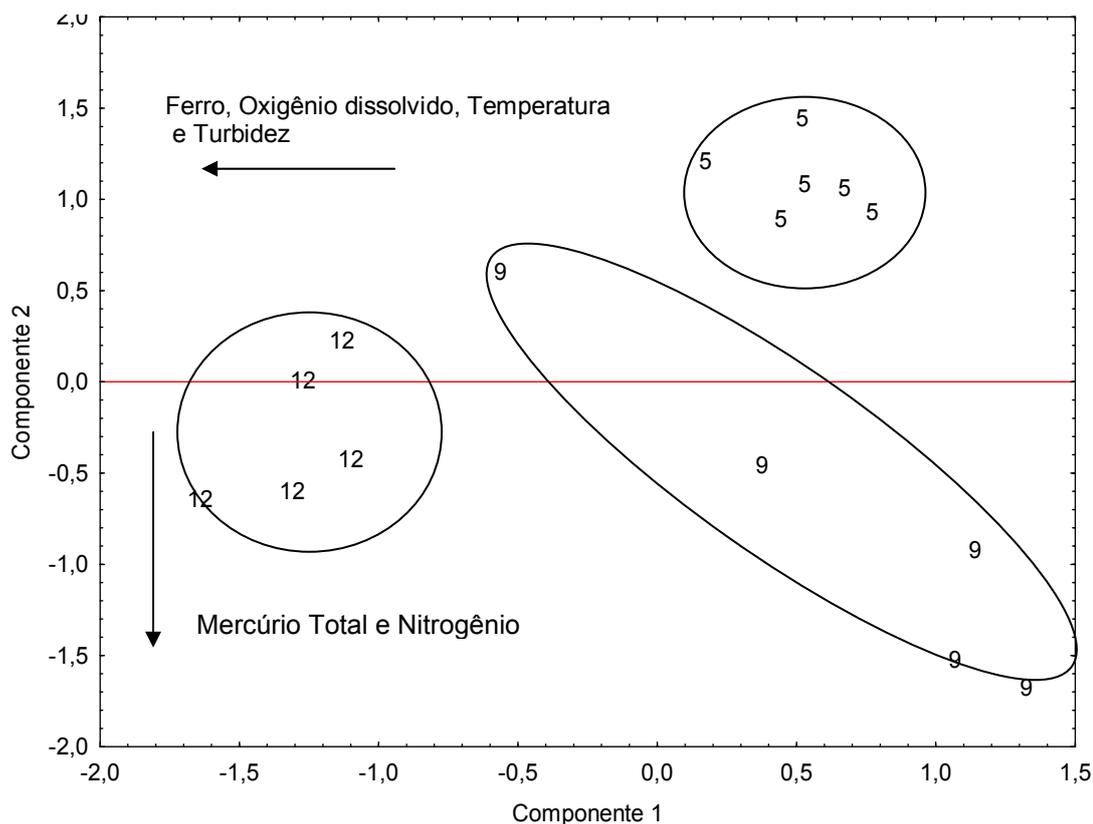


FIGURA 3.12
DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE
DA ÁGUA, CODIFICADAS PELOS MESES DE AMOSTRAGEM

As variáveis ferro, oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez apresentaram significativos pesos negativos em relação ao eixo I, enquanto mercúrio total e nitrogênio apresentaram correlação negativa significativa com o eixo II.

Um padrão de diferenciação das campanhas também revelou um padrão sazonal, com as amostras de dezembro de 2003 apresentando as mais baixas qualidade, especialmente devido aos maiores teores de ferro, temperatura e turbidez, embora o oxigênio dissolvido tenha sido relativamente elevado. O reverso deste padrão foi apresentado para as amostragens de setembro de 2003 e maio-junho de 2006. Coliformes fecais não serviu para diferenciar os sites de amostragens por estar presente em elevados valores em todos os sítios de amostragens durante todas as três campanhas.

Quando analisado ao longo do eixo II, observaram-se indicações de poluição por mercúrio e nitrogênio total nas amostras de setembro 2003 em oposição aquelas de maio-junho de 2006 que apresentaram os menores teores destes indicadores de poluição, enquanto as amostras de dezembro 2003 apresentaram valores intermediários (Figura 3.12). O padrão espacial foi menos definido, com amostras dos sites de coleta distribuídas amplamente no diagrama (Figura 3.13)

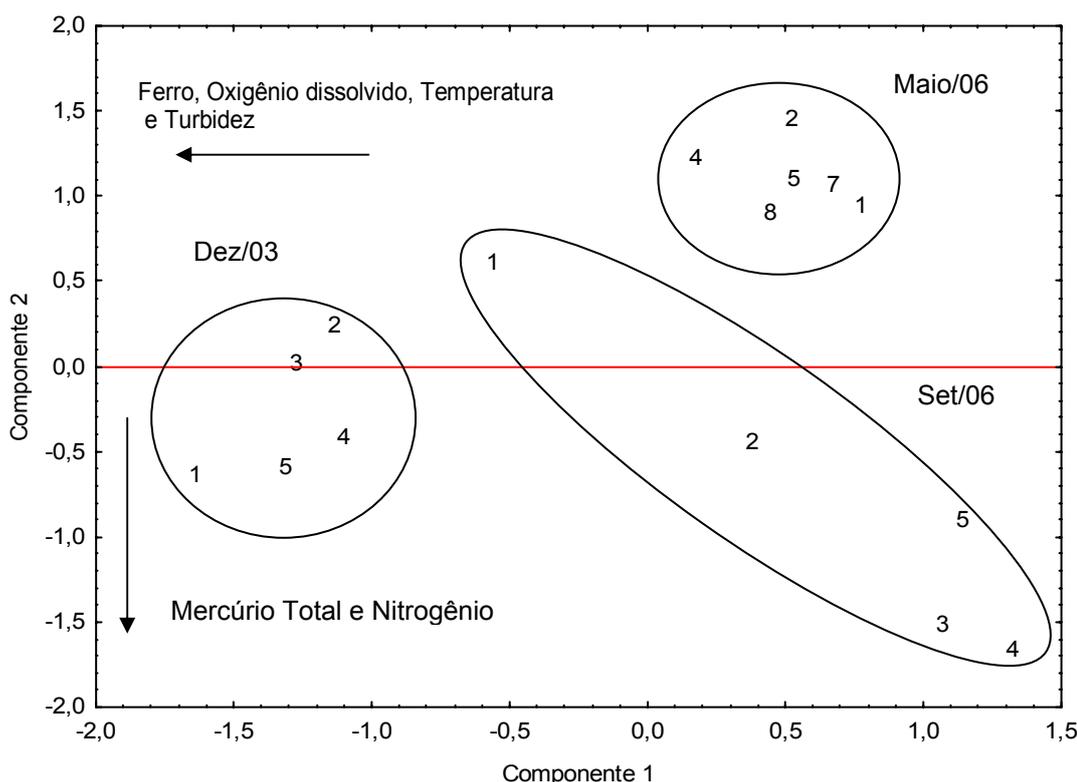


FIGURA 3.13
DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA, CODIFICADAS POR ZONAS DE COLETA

a) Análise de Agrupamento

Foi feita uma análise de agrupamento visando determinar eventuais padrões de similaridade entre os sítios de amostragens de acordo com os parâmetros ambientais analisados. O dendograma resultante da análise apresentou três grupos, cada um constituído pelas amostras de cada campanha confirmando que a variação da qualidade da água ocorre sazonalmente variando entre os períodos de amostragem (Figura 3.14).

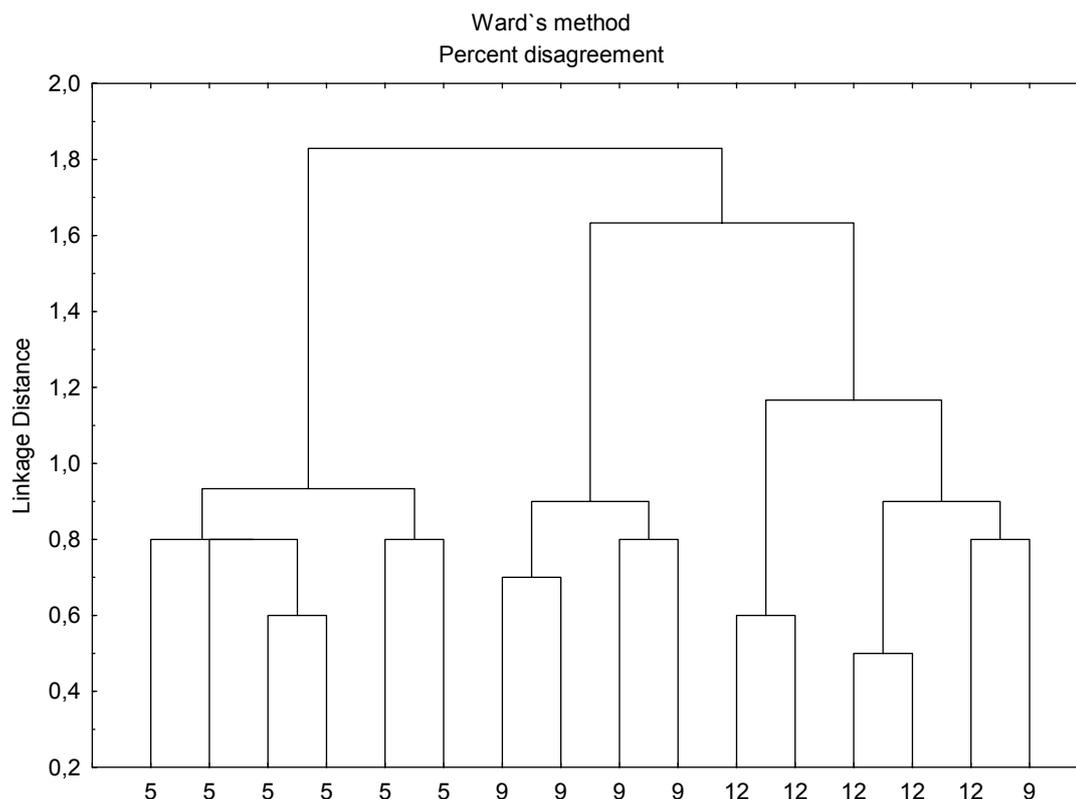


FIGURA 3.14
DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DAS AMOSTRAS
DOS GRANDES RIOS, CODIFICADAS PELOS PERÍODOS

Quando codificados pelos sítios de amostragens, observou-se que os diferentes sítios se agruparam em um mesmo grupo desde que fossem do mesmo período de amostragem, confirmando que o período e não o local tem grande influencia na qualidade da água e que a proximidade dos mesmos faz com que apresentem padrões assemelhados (Figura 3.15)

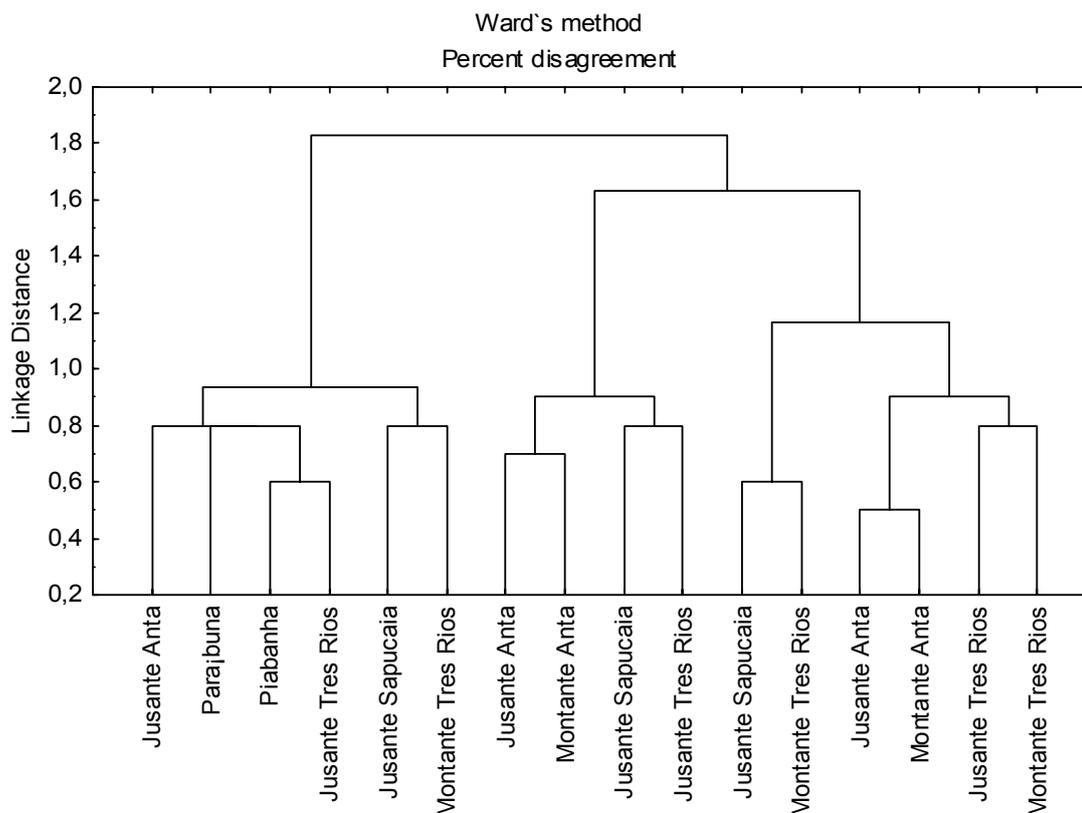


FIGURA 3.15
DENDOGRAMA DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DAS AMOSTRAS
DOS GRANDES RIOS, CODIFICADA PELOS LOCAIS DE COLETA

A variação temporal, e não a variação espacial foi determinante da qualidade ambiental no rio Paraíba do Sul e nos dois principais tributários (Paraibuna e Piabanha), indicando que a proximidade dos sites faz com que os mesmos apresentem qualidade de água assemelhada e que a sazonalidade seja o fator determinante. O período de dezembro foi o que apresentou água de qualidade mais baixa, embora com elevados teores de oxigênio dissolvido; indicações de alterações por mercúrio e por nitrogênio total foram apresentadas em setembro. O último período amostral (maio-junho de 2006) foi, em geral, o período de melhor qualidade de águas.

3.2.3 - Parâmetros Indicadores de Alteração Ambiental

Um perfil do trecho longitudinal do rio para os parâmetros que apresentaram concentrações acima das máximas permitidas pela Resolução CONAMA 357/05, e para parâmetros que apresentaram importância na análise de componentes principais (maiores pesos nos dois primeiros eixos) é apresentada nas Figuras 3.16 a 3.22 para os resultados das três campanhas.

O Nitrogênio Total apresentou valores maiores durante setembro/2003 (Figura 3.16), enquanto as amostragens de maio/2006 apresentaram os menores valores. As maiores concentrações no mês de setembro/2003 ocorreram nos sítios 3, 4 e 5, todos localizados

no canal principal do rio Paraíba do Sul, incluindo o sítio que terá fluxo reduzido (sítio 4) que corresponde à localidade nas proximidades de Anta. Embora o Nitrogênio Total não seja um parâmetro incluído nas Portarias do CONAMA, os valores registrados estão bem abaixo dos máximos permitidos para alguns dos compostos nitrogenados (e.g. Nitrato = 10,0 mg/L N; Nitrito 1,0 mg/L N; Nitrogênio amoniacal total 3,7 mg/L N, para pH < 7,5).

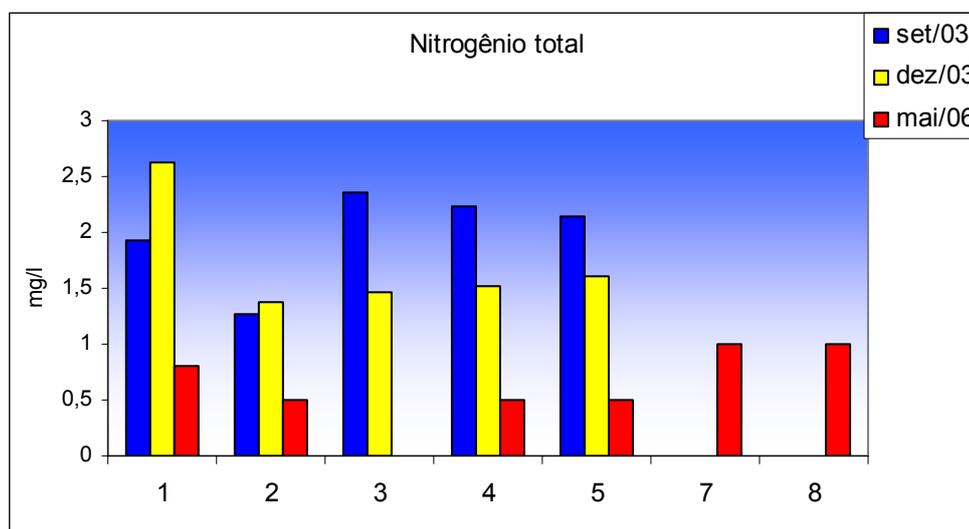


FIGURA 3.16
VALORES EM mg/L PARA NITROGÊNIO TOTAL NOS GRANDES
RIOS AMOSTRADOS. CÓDIGO SEGUNDO QUADRO 3.1

O fósforo total apresentou valor notavelmente elevados no sítio 1 em setembro/2003, excedendo os limites máximos permitidos pela portaria Resolução CONAMA nº 357/2005 de 18/3/2005 (0,1 mg/l), embora que nos outros sítios amostrados neste período os valores tenham sido próximo dos máximos permitidos. Em dezembro/2003 todos os cinco pontos amostrados no rio Paraíba do Sul apresentaram valores elevados, alguns ultrapassando os limites máximos permitidos, porém sem apresentar grandes variações entre os sítios de amostragens. Na última campanha, realizada em maio-junho/2006 todos os valores de fósforo registrados estiveram abaixo das concentrações máximas permitidas indicando uma melhoria sensível neste trecho do sistema (Figura 3.17).

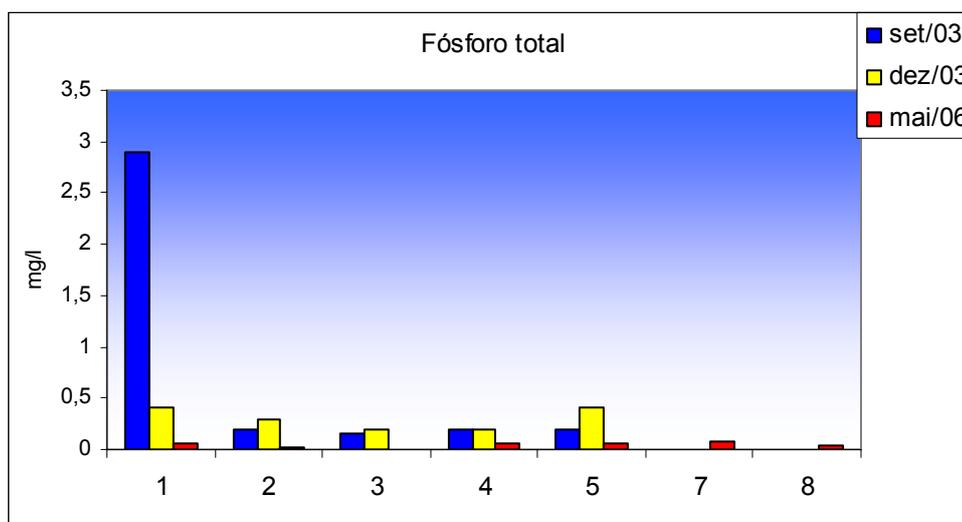


FIGURA 3.17
VALORES EM mg/L PARA FÓSFORO TOTAL NOS GRANDES RIOS AMOSTRADOS. CÓDIGO SEGUNDO QUADRO 3.1

O ferro apresentou maiores concentrações na campanha de dezembro/2003 em todos os sítios de amostragens, que foram bem superiores às demais campanhas, com um padrão decrescente de concentração a partir do sítio de Três Rios, à montante da confluência com o Paraibuna e Piabanha, para os sítios mais a jusante (Figura 3.18). Nesta última campanha, quando foi analisado o Fe dissolvido, o único valor acima das concentrações máximas permitidas (0,3 mg/l) foi registrado no sítio 1, mesmo local onde em dezembro/2003 foram registrados os elevados valores deste elemento, indicando que este local deve ter uma considerável fonte de poluição que introduz este elemento no rio Paraíba do Sul.

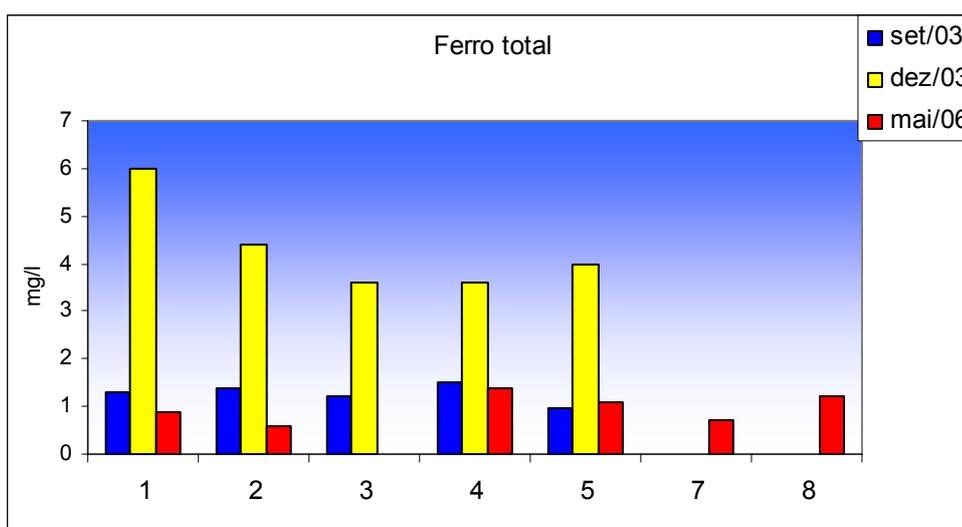


FIGURA 3.18
VALORES EM mg/L PARA FERRO NOS GRANDES RIOS AMOSTRADOS. CÓDIGO SEGUNDO QUADRO 3.1

O mercúrio apresentou os maiores valores durante o mês de set/03, exceto no ponto 1, onde os valores das concentrações se mostraram baixos. Nas demais campanhas os valores se mantiveram baixos, observando-se uma grande diferença entre os períodos, onde a concentração em dez/03 foi menor que 0,01 e em maio/06 menor que 0,001 mg/l. (Figura 3.19).

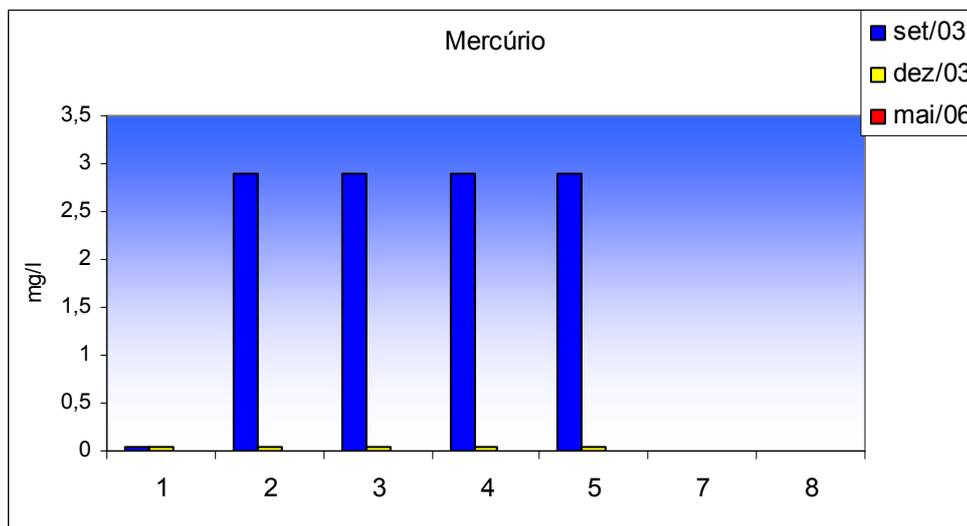


FIGURA 3.19
VALORES EM mg/L PARA MERCÚRIO NOS GRANDES RIOS
AMOSTRADOS. CÓDIGO SEGUNDO QUADRO 3.1

A avaliação dos níveis de coliformes fecais entre as três campanhas aponta para uma diminuição da concentração destes coliformes em dezembro/2003 e maio/2006 quando comparados com setembro-2003 (Figura 3.20). Os picos de coliformes fecais termotolerantes registrados nos sítios 3 e 4 provavelmente estão associados à despejos domésticos provenientes das proximidades do Distrito de Anta. Nas amostragens de maio-junho/2006 o ponto 1, diferentemente dos outros períodos apresentou maior concentração de coliformes fecais. Este é um parâmetro de qualidade ambiental que requer atenção pois em todos os sítios de amostragens e em todas as campanhas apresentou valores acima das máximas concentrações permitidas (1000/100ml), denotando um amplo e extensivo uso do rio como depósito de esgotos orgânicos dos municípios compreendido na área do empreendimento.

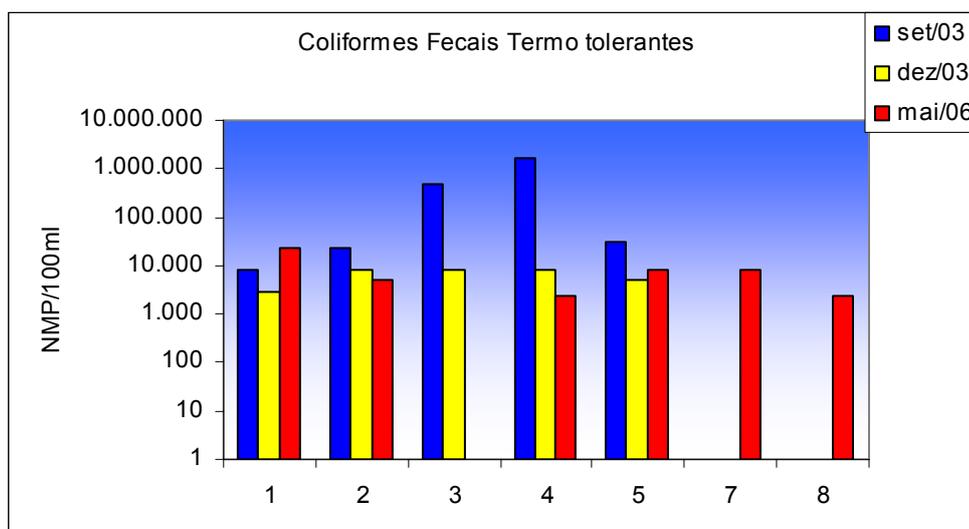


FIGURA 3.20
VALORES DE COLIFORMES FECAIS NOS GRANDES RIOS
AMOSTRADOS. CÓDIGO SEGUNDO QUADRO 3.1

Pode-se concluir que a qualidade ambiental se modifica sazonalmente, com as amostras do mês de Maio/06 apresentando melhor qualidade que as amostras de dezembro/03 e setembro/03, exceto para o parâmetro coliformes fecais que apresentou valores elevados e acima das máximas concentrações permitidas em todas as amostras, por isto não apresentou contribuição no agrupamento das amostras. Uma comparação entre as três campanhas permite visualizar uma diminuição na concentração do nitrogênio total, ferro, fósforo total e mercúrio total na terceira campanha em relação a primeira e a segunda.

3.2.4 - Análise da Qualidade de Água dos Pequenos Tributários

b) Análise de Componentes Principais

Foi realizada uma análise de componentes principais visando detectar os padrões de variação espaço-temporal na qualidade da água nos cinco pequenos tributários da margem esquerda do Paraíba do Sul, entre os municípios mineiros de Chiador e Além Paraíba, os quais terão seus trechos baixos interrompidos em função do empreendimento. Os dois primeiros componentes que apresentaram autovalores maiores que 1,0 explicaram 59,1 % da variância total (Quadro 3.9). O componente I apresentou maior contribuição negativa do Ferro Total, Nitrogênio Total, Oxigênio dissolvido e Turbidez explicando 37,5 % da variância total enquanto que o componente II apresentou maior contribuição negativa de coliformes fecais explicando 21,6 % da variância total.

O eixo I apresentou significativa correlação positiva com o oxigênio dissolvido e negativa com o ferro total, nitrogênio total e turbidez. O eixo II apresentou significativa correlação negativa com o número de coliformes fecais termotolerantes.

QUADRO 3.9
PESOS DOS DOIS PRIMEIROS COMPONENTES PRINCIPAIS DAS
VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA NOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

PARÂMETROS	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2
Condutividade	0,586	0,705
Ferro Total	-0,792	0,525
Fósforo Total	-0,289	0,057
Mercúrio Total	0,540	-0,053
Nitrogênio Total	-0,732	0,321
Oxigênio dissolvido	0,797	0,016
pH	0,651	0,416
Temperatura	-0,106	-0,571
Turbidez	-0,882	0,220
Coliformes fecais	-0,155	-0,853
Autovalores	37,5	21,6

NOTA: Valores altamente significativos em vermelho

O diagrama formado pelos escores dos dois primeiros eixos, com as amostragens codificadas por locais de coleta (Figura 3.21), separou espacialmente os riachos ao longo do componente 1, com o rio da Prata e o rio Tocaia localizado no lado direito do diagrama, onde os níveis são mais elevados, enquanto no lado esquerdo foram localizados os riachos Macuco, Areia e do Peixe, onde os teores de ferro, nitrogênio e turbidez são mais elevados, refletindo pior qualidade de água. Considerando o componente II, o rio do Peixe foi o sistema que apresentou maiores teores de coliformes fecais termotolerantes, em oposição ao rio Macuco, cujos teores foram mais baixo. As proximidades entre a foz e montante de um mesmo sistema indicados no diagrama de dispersão sugerem que a qualidade da água não variou muito dentro de um mesmo sistema.

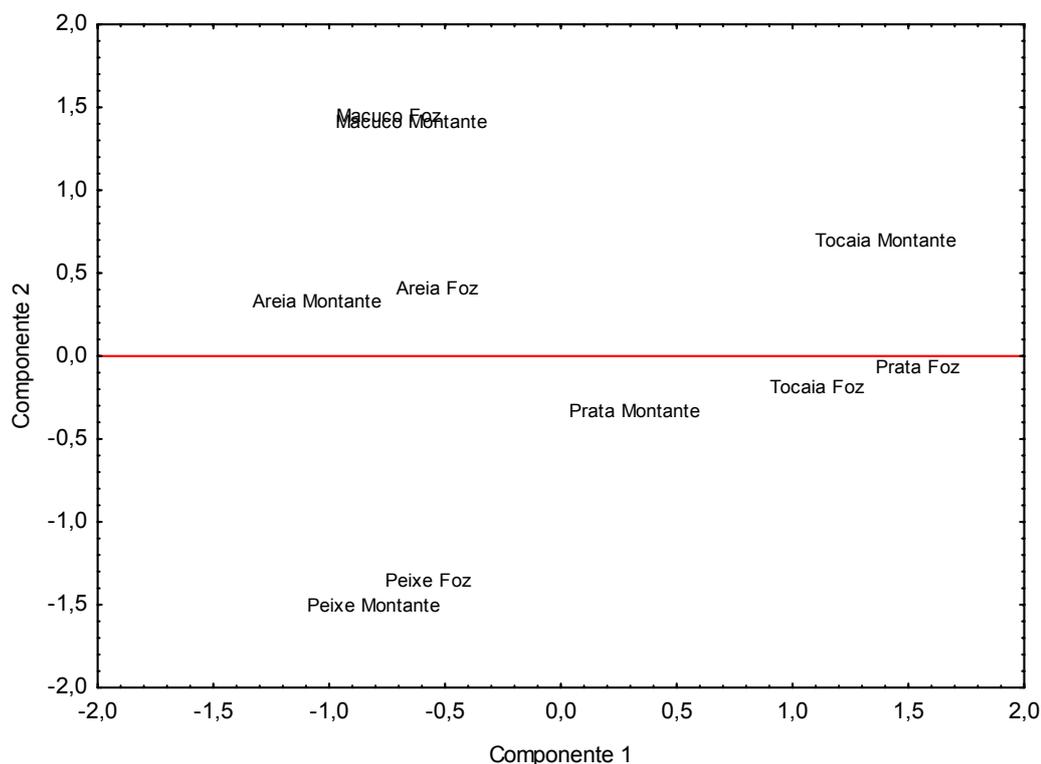


FIGURA 3.21
DIAGRAMA DE ORDENAÇÃO PARA AS AMOSTRAS VARIÁVEIS DA
QUALIDADE DA ÁGUA DOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

Os parâmetros de qualidade de água que apresentaram concentração acima das máximas permitidas pela Resolução 357/05 do CONAMA foram analisadas em maior detalhe visando uma descrição de seus padrões espaço-temporal nos pequenos tributários (Figuras 3.22 a 3.26).

Adicionalmente, para cada sítio de amostragem nos tributários foi feita uma classificação dos sítios considerando o futuro empreendimento em três tipos de sítios de amostragem: a) os sítios que ficarão à montante dos lagos e canais que serão construídos com o empreendimento; b) os sítios que serão inundados com os futuros lagos; c) os sítios à jusante dos lagos e canais e próximos da confluência com o Paraíba do Sul e que terão o fluxo d'água mantido (Quadro 3.10).

QUADRO 3.10
SÍTIOS DE AMOSTRAGENS CLASSIFICADOS POR POSIÇÃO
APÓS A IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

LOCAL	CÓDIGO	LOCALIZAÇÃO EM RELAÇÃO AO EMPREENDIMENTO
Macuco Foz	9	Lago
Macuco Montante	10	Lago
Tocaia Foz	13	Jusante
Tocaia Montante	15	Lago
Areia Foz	16	Jusante
Areia Montante	17	Lago
Prata Foz	19	Lago
Prata Montante	20	Lago
Peixe Montante	21	Lago
Peixe foz	23	Jusante

O ferro dissolvido apresentou valores acima do permitido nos riachos Macuco e Areia, dois locais que serão inundados pelos futuros lagos Anta e Louriçal, respectivamente (pontos 10 e 17). Como tais locais constituíram ambientes lânticos, precauções devem ser tomadas com estes elevados níveis de ferro. Os demais sítios de amostragem foram registrados com concentrações de ferro abaixo dos níveis máximos permitidos, o que configura uma situação de melhor qualidade de água.

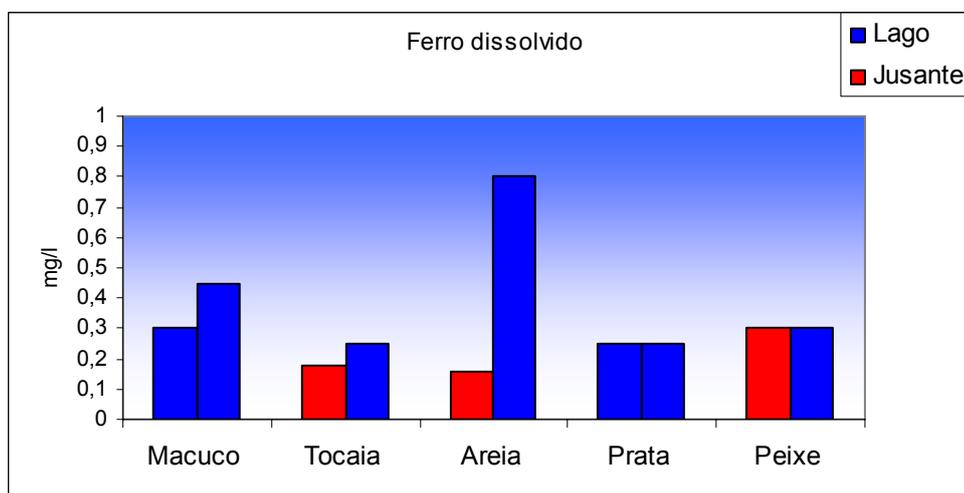


FIGURA 3.22
CONCENTRAÇÕES DE FERRO DISSOLVIDO (mg/L)
NOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

Os riachos Macuco e Areia apresentaram os maiores valores de turbidez, quando comparados como os demais riachos, porém todos os valores estão bem abaixo dos limites máximos permitidos pela Res. CONAMA nº 357/2005 (Figura 3.23).

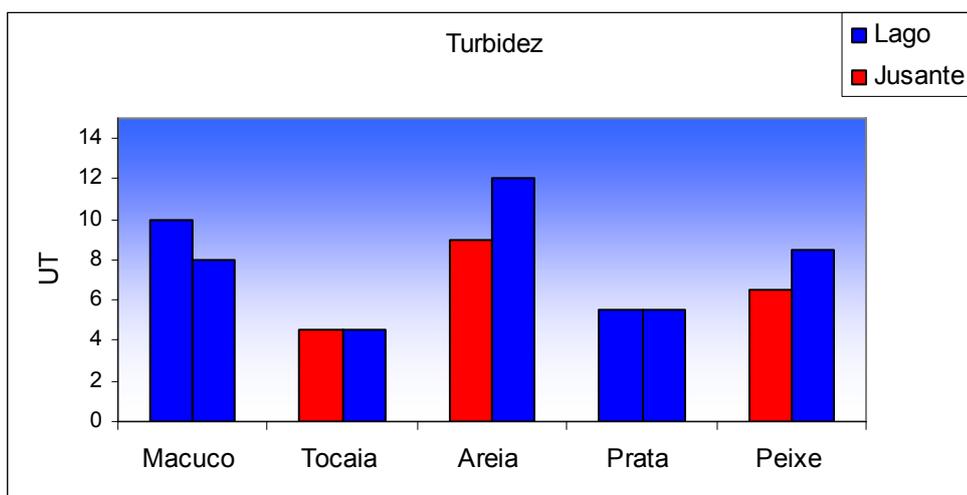


FIGURA 3.23
VALORES DA TURBIDEZ (UT) NOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

O número de coliforme fecais foi elevado na maior parte dos riachos, principalmente nos rios Areia, Prata e do Peixe, sendo relativamente mais baixo nos rios Macuco e Tocaia. Maiores variações ocorreram entre os dois sítios do rio do Peixe, com o sítio junto a foz com o Paraíba apresentando maiores valores (Figura 3.24), demonstrando a capacidade depuradora do trecho baixo desse rio, que é bastante encachoeirado.

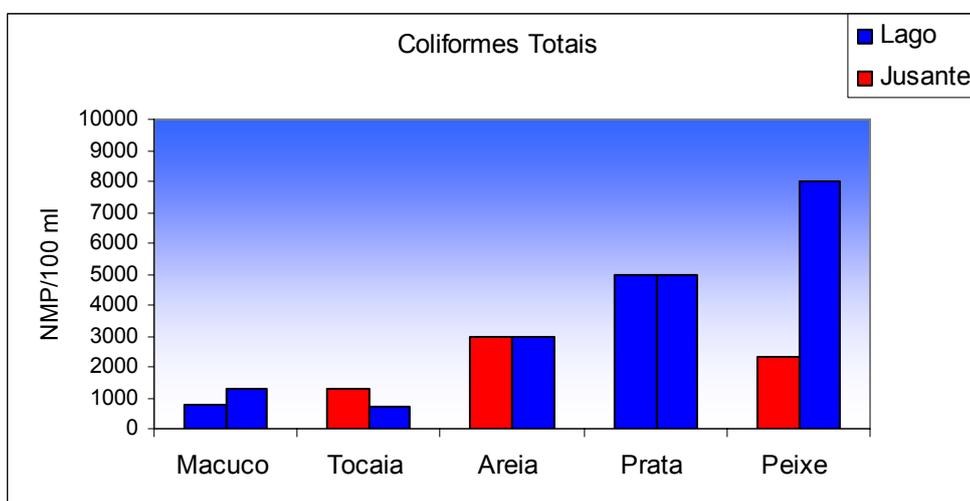


FIGURA 3.24
CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS (mg/L)
NOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

O mesmo padrão também foi observado para a concentração de coliformes fecais termotolerantes, com os riachos Areia, Prata e do Peixe apresentando maiores concentrações (sítios 13, 17, 19, 20, 21 e 23) com tais valores sendo acima do máximo permitido pelo CONAMA 357/05. O rio do Peixe apresentou diferença entre o sítio da

confluência com o Paraíba (foz) que apresentou valores bem mais elevados em comparação com o sítio à montante.

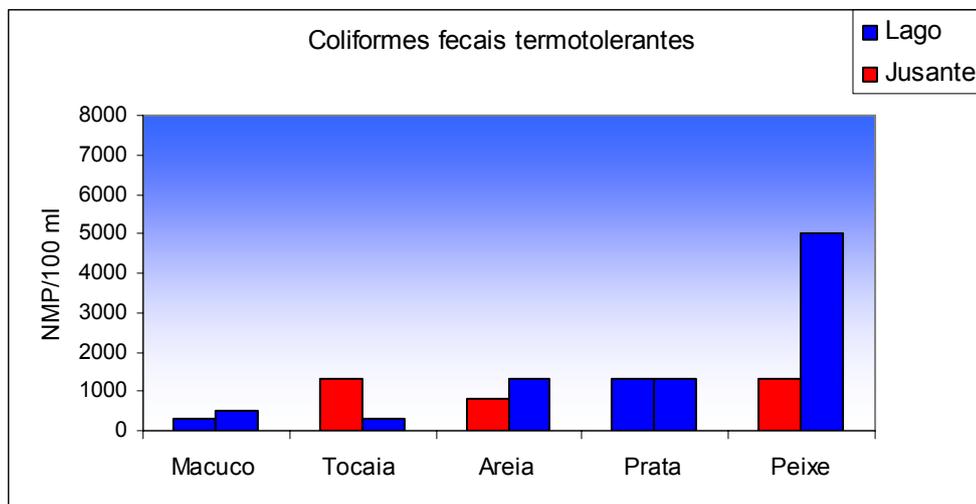


FIGURA 3.25
VALORES EM NMP/100 mL PARA COLIFORMES FECAIS
TERMOTOLERANTES NOS PEQUENOS TRIBUTÁRIOS

3.3 - Índice de Qualidade de Água – IQA

O Índice de Qualidade da Água - IQA foi calculado para todos os sítios em que foram feitas amostras para tomada dos parâmetros físico-químicos da água. Em geral, a qualidade dos tributários é boa, quando comparada com a qualidade dos sítios de amostragem no canal principal do rio Paraíba do Sul, que apresentou vários sítios com a qualificação de aceitável, conforme a classificação da CETESB. O sítio 4 que foi classificado como Ruim em setembro de 2003 passou para a qualificação Aceitável em dezembro de 2003 e maio de 2006. Por outro lado, o sítio 1 considerado aceitável em setembro e dezembro de 2003 passou a Ruim em maio de 2006. O parâmetro coliformes totais é o que mais influencia o índice no que diz respeito às tendências de baixa qualidade.

De uma maneira geral, pode-se concluir que as águas do rio Paraíba do Sul entre os pontos de amostragens podem ser consideradas de qualidade aceitável, para os padrões que enquadram as águas do rio como classe 2 (Quadro 3.11).

**QUADRO 3.11
VALORES DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA – IQA PARA
AS TRÊS CAMPANHAS**

	IQA SET/03		IQA DEZ/03		IQA MAIO/JUN/06	
	VALOR	CLASSE	VALOR	CLASSE	VALOR	CLASSE
P01	39,3	Aceitável	47,9	Aceitável	35,6	Ruim
P02	41,0	Aceitável	49,0	Aceitável	42,9	Aceitável
P03	37,8	Aceitável	51,3	Aceitável		
P04	35,0	Ruim	51,3	Aceitável	48,7	Aceitável
P05	40,4	Aceitável	49,3	Aceitável	45,5	Aceitável
P07	...	...	...	...	38,5	Aceitável
P08	...	...	...	...	44,08	Aceitável
P09	...	...	...	...	58,9	Boa
P10	...	...	...	...	58,1	Boa
P13	...	...	...	...	55,2	Boa
P15	...	...	...	...	60,4	Boa
P16	...	...	...	...	54,8	Boa
P17	...	...	...	...	53,7	Boa
P19	...	...	...	...	55,7	Boa
P20	...	...	...	...	54,3	Boa
P21	...	...	...	...	55,2	Boa
P23	...	...	...	...	50,6	Boa

Ao comparar com os dados de 2001, fornecidos pela Engevix Engenharia S/A (2001), a qualidade da água sofreu uma diminuição, passando de qualidade Boa para qualidade Aceitável, com um dos locais amostrados decrescendo de qualidade Boa para qualidade Ruim. Este mesmo local (sitio 4 - entre Anta e Sapucaia) no período de 2001, também apresentou valores do IQA mais baixos (Ruim) em relação aos outros pontos na campanha de setembro - 2003, depois passando para aceitável em dez/03 e maio/06. Já o ponto 1 (montante de Três Rios), onde a qualidade era considerada boa em set/dez/03, passou a ruim em maio/06.

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Uma diminuição da qualidade da água do rio Paraíba do Sul, de acordo como o IQA, foi verificada entre os anos de 2001 (ENGEVIX, 2001) e as amostragens do EIA/RIMA em setembro e dezembro de 2003; após este período verificou-se uma pequena melhoria em maio/junho de 2006. Em 2001 (dados pretéritos ENGEVIX 2001) a qualidade o IQA apresentou classificação Bom para a

qualidade da água de sítios de amostragem no canal principal do rio Paraíba do Sul. Ao ser comparado com as três recentes campanhas, verificou-se inicialmente (setembro-2003) uma queda, e a partir daí uma melhoria do IQA;

- O IQA dos pequenos tributários é considerado bom, sendo sempre superior aos dos sítios de amostragens no canal principal do rio Paraíba do Sul e dos rios Paraibuna e Piabanha;
- Os coliformes fecais termotolerantes apresentaram mais numerosos entre Anta e Sapucaia (sítio 4) durante as duas primeiras campanhas (setembro e dezembro - 2003), e em Três Rios à montante da confluência com os rios Paraibuna e Piabanha (sítio 1) na terceira campanha (maio/junho - 2006) sendo juntamente com os coliformes totais os principais responsáveis de diminuição da qualidade da água no trecho estudado;
- Os metais ferro e mercúrio (somente na primeira campanha) estiveram acima dos valores permitidos pelo CONAMA em todos os cinco pontos amostrados na área de interesse do AHE de Simplício;
- O Fósforo total (parâmetro associado com poluição orgânica) esteve acima dos valores permitidos pelo CONAMA em todos os pontos amostrados nas três campanhas, exceto nos tributários.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N & BERNARDES, N. Vale do Paraíba, serra da Mantiqueira e arredores de São Paulo. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1958. 303p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: < <http://pbs.ana.gov.br/> > Acesso em: 19 de nov. 2003.

APHA. Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th edition. Washington DC: American Public Health Association, 1989. 1268p.

ARAÚJO, F. G. Composição e estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo rio Paraíba do Sul, RJ. Revista Brasileira de Biologia v. 56, n. 1, p. 111-126, 1996.

ARAÚJO, J.R.S. Projeto de biotecnologia de tóxicos em sistemas fluviais de utilização em captação de água para sistemas públicos de abastecimento. Rio de Janeiro: FEEMA, 1983. 85p.

BARBIÉRE, E. B.; KRONENBERGER, D. M. P. Climatologia do Litoral Sul-Sudeste do Estado do Rio de Janeiro – Um subsídio à análise ambiental. Caderno de Geociências da FIBGE, Rio de Janeiro, v. 12, p. 57-73, 1994.

BARROSO, L.V. Diagnóstico ambiental para a pesca de águas interiores no Estado do Rio de Janeiro. IBAMA, 1989. 177p.

MELLO, C. A. B. & VASCONCELOS, G. C. A Águas do Rio Paraíba do Sul: uma análise de tendências dos elementos e das substâncias. Em: BIZERRIL, C.R.S.F.; L.M.N DE

ARAÚJO & P.C. TOSIN (Org). Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1998. 113p.

CETESB. Relatório de qualidade da águas interiores do Estado de São Paulo. 2 v. SÃO PAULO (Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente). CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/rede_monitoramento.asp>. Acesso em 25 de novembro de 2003.

COSTA, G. Caracterização Histórica, Geomorfológica e Hidráulica do Estuário do Rio Paraíba do Sul. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Oceânica), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE/UF RJ, 1994.

ENGEVIX. Estudos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos do rio Paraíba do Sul. Estudo da qualidade da água. Volume I. Rio de Janeiro: Engevix, 1990. 115p.

ENGEVIX. AHE Simplício Queda Única. Estudo de Impacto Ambiental. Parte A - Volume I. Proc. 8635/00-6B-RL-0001-C. Rio de Janeiro: Engevix, 2001.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.feam.br/home.asp>> Acesso em: 19 de nov. 2003.

FEEMA. Qualidade das águas do Estado do Rio de Janeiro. 1987/1989. VI. Rio de Janeiro: FEEMA, 1991.

FEEMA. Disponível em http://www.feema.rj.gov.br/bacia_paraiba_do_sul.htm. Acesso:26 de nov.2003.

SILVEIRA, R. S. A.; NEGREIROS D. H.; LORINSKY R.; ALMEIDA, F. A.; WAJNSZTAJN, G. M.; OLIVEIRA, L. C. K. Estudo da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Trecho Funil- Santa Cecília- Guandu). Cadernos FEEMA, Série técnica 9/79. Rio de Janeiro: FEEMA, 1979. 64p.

SIMÕES, D. F. Paraíba - o rio da sobrevivência. Saneamento, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1/2, p. 8-18, 1977.

ÍNDICE

1 – APRESENTAÇÃO

2 - DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

2.1 - Atividades de Campo

2.2 - Materiais e Métodos

3 – RESULTADOS

3.1 – Biodiversidade

3.2 - Riqueza de Espécies

3.3 - Diversidade de Espécies

3.4 - Densidades Fitoplanctônicas

3.5 - Classes e Espécies Descritoras dos Sistemas

4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6 - DADOS BRUTOS

7 – PRANCHAS

1 - APRESENTAÇÃO

O presente relatório abrange análises do fitoplâncton referentes a três coletas realizadas em no trecho da bacia do rio Paraíba do Sul, sob influência do AHE Simplício, para o EIA (5 a 8 de setembro e de 18 a 22 de dezembro de 2003) e para o presente PBA (17 de maio e 18 de junho de 2006).

Os objetivos do presente monitoramento foram i) avaliar a composição, densidade, equitabilidade, riqueza e diversidade de espécies no trecho onde será construída o AHE Simplício, bem como a sua jusante e montante; ii) comparar as informações de 2003 com as de 2006 no rio principal (Paraíba do Sul, incluindo Piabanha e Paraibuna); avaliar a comunidade fitoplanctônica dos principais tributários no trecho referido.

Conhecer a biodiversidade e ecologia das algas é ponto básico na interpretação dos processos funcionais dos ecossistemas aquáticos. Diversidade, como uma medida de quanto da densidade está distribuída entre as espécies, e equitabilidade, como uma medida de quão homogeneamente a densidade é distribuída entre elas, são atributos que sintetizam a informação de cada espécie para a comunidade fitoplanctônica como um todo. Além disso, dado ao curto tempo de geração de seus componentes, o fitoplâncton funciona como refinado sensor das mudanças ambientais, sendo mais eficientes que qualquer aparato construído pelo homem, servindo assim como poderosa ferramenta na avaliação de alterações antrópicas ou naturais (MARGALEF, 1983).

2 - DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

2.1 - Atividades de Campo

As coletas das amostras foram realizadas pela equipe da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro nos períodos de 05 a 08 de setembro, 18 a 22 de dezembro de 2003, e em 17 de maio e 18 de junho de 2006 no trecho do rio Paraíba do Sul, entre os Municípios de Paraíba do Sul e Além Paraíba, no Estado do Rio de Janeiro.

As coletas de 2003 ocorreram apenas no rio Paraíba do Sul (Estações 1 a 5) e as de 2006, também nos rios Paraibuna (Estação 8) e rio Piabanha (Estação 7), além de tributários (Estações 9,10, 13, 15-17, 20,21 e 23), tal como apresentado no Anexo I – Monitoramento da Qualidade da Água.

2.2 - Materiais e Métodos

A análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton foi feita a partir de amostras coletadas por passagem de frasco submerso a aproximadamente 15 cm da superfície, sendo a amostra fixada com solução de lugol e colocada ao abrigo da luz solar.

As populações foram identificadas sempre que possível em nível de espécie a partir de amostras examinadas em microscópio Zeiss, Standard 18, através da análise de características morfológicas e morfométricas das fases vegetativas e reprodutivas. A densidade das populações fitoplanctônicas (ind./ml) foram estimadas segundo Utermöhl

(1958) em microscópio invertido *Zeiss Oberkochen*, modelo *Axiovert 10*, a 400 aumentos. O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos. Os indivíduos (células, colônias, cenóbios, filamentos) foram enumerados em campos aleatórios (UHELINGER, 1964), sempre que possível até atingir 100 indivíduos da espécie mais freqüente de tal modo que o erro fosse inferior a 20% ($p < 0,05$; LUND *et al* 1958). Na impossibilidade desta condição ser atingida, enumerou-se um número suficiente de organismos para que se estabilizasse o número de espécies adicionadas por campo (método da área mínima), a fim de garantir uma representatividade qualitativa mínima das espécies.

A riqueza específica (nº de táxons por amostra) foi avaliada pela quantidade de táxons presentes em cada amostra. A diversidade específica (H') foi estimada pelo Índice de Shannon-Wiener (SHANNON & WEAVER 1963) a partir dos dados de biomassa e expressa em bits mg^{-1} utilizando-se $\log 2$. A equitabilidade (J_s) expressa em percentual foi avaliada através da fórmula sugerida por Pielou (1996).

Os grupos taxonômicos de algas foram considerados utilizando-se os critérios de Van den Hoek *et al.* (1993) e Komárek & Anagnostidis (1996); Cyanobacteria = Cianobactérias = Ciano; Florideophycidae = Florideoficidaeas = Flori; Chrysophyceae = Crisofíceas = Criso; Xanthophyceae = Xantofíceas = Xanto; Bacillariophyceae = Diatomáceas = Diato; Cryptophyceae = criptofíceas = Cripto; Dinophyceae = Dinoflagelados = Dino; Euglenophyceae = Euglenóides = Eugleno; Chlorophyceae = Clorofíceas = Cloro; Zygnematofíceas = Zignematofíceas = Zignema.

3 - RESULTADOS

3.1 - Biodiversidade

Biodiversidade ou composição florística é a expressão mais simples da diversidade biológica dos sistemas. Nos cursos de água estudados, considerando a série completa de dados obtida nas quatro campanhas, a biodiversidade abrangeu um total 165 espécies, sendo 37 cianobactérias, uma florideoficida, 14 crisofíceas, três xantofíceas, 27 diatomáceas, cinco criptofíceas, dois dinoflagelados, seis euglenóides, 50 clorofíceas e 20 zigenematofíceas (Figura 3.1). Algumas espécies de cada uma das épocas de amostragem são ilustradas nas Pranchas 1, 2 e 3.

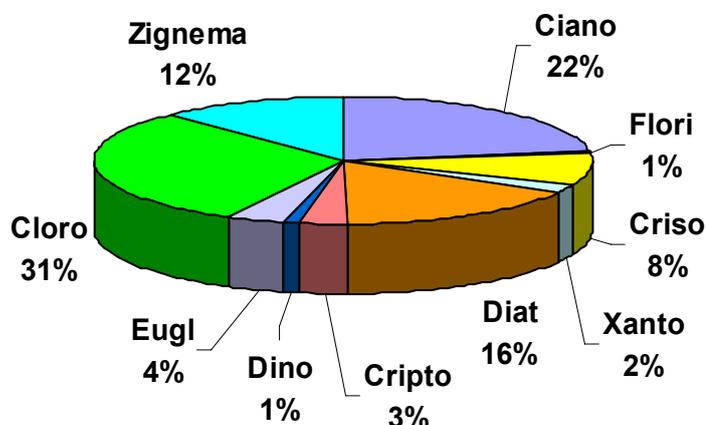


FIGURA 3.1
CONTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ESPÉCIES (%) PARA A BIODIVERSIDADE
TOTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AHE SIMPLÍCIO

Na estiagem de 2003 (setembro) foram registrados no curso principal 107 táxons distribuídos em dez classes taxonômicas e nas chuvas do mesmo ano, 76 táxons distribuídos em sete classes taxonômicas. Já em 2006, o curso principal (Paraíba do Sul, Paraibuna e Piabanha) mostrou um total de 66 espécies distribuídas em seis classes taxonômicas e os tributários apenas 38, pertencentes às mesmas seis classes do curso principal.

Em todas as épocas e tipos de sistemas, diatomáceas, clorofíceas e cianobactérias foram as classes mais importantes em número de espécies (Figura 3.2).

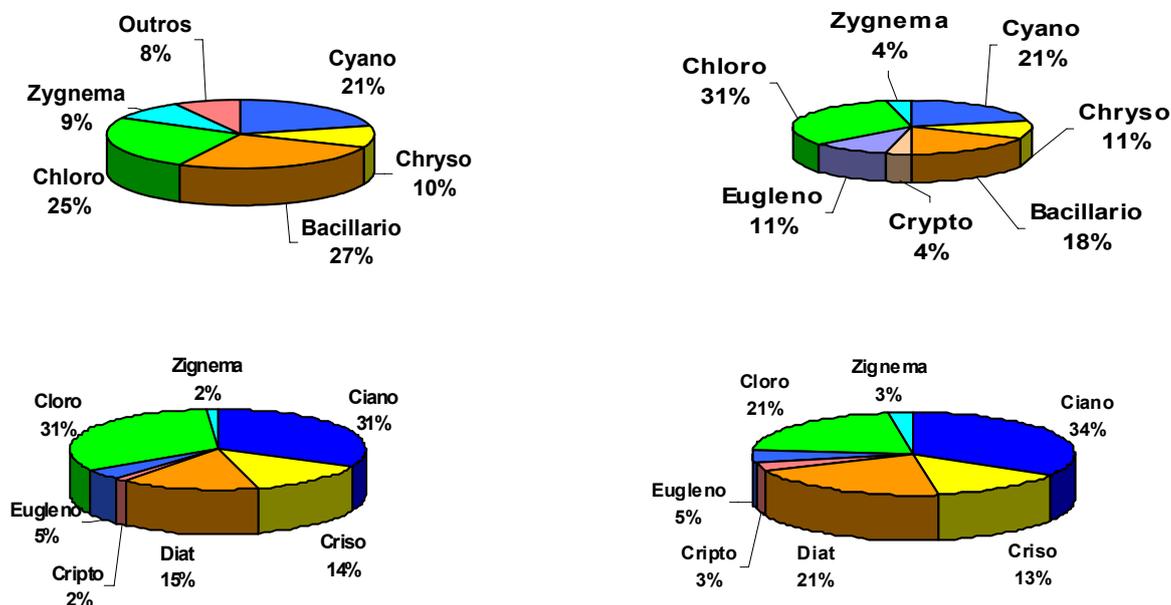


FIGURA 3.2
CONTRIBUIÇÃO DO NÚMERO DE ESPÉCIES (%) PARA A BIODIVERSIDADE
TOTAL NO CURSO PRINCIPAL DO RIO PARAÍBA DO SUL
EM 2003 E 2006 E NOS TRIBUTÁRIOS EM 2006

3.2 - Riqueza de Espécies

A riqueza de espécies, que considera o número de espécie encontrado em cada amostra quantitativa, pode também ser vista como uma expressão simples da diversidade de uma comunidade. No trecho estudado do rio Paraíba do Sul, em 2003, a riqueza de espécies pode ser considerada elevada durante o período de estiagem (27 a 47 táxons/amostras) e intermediárias durante o período de chuvas (22 a 34 táxons/amostras). Já em 2006, a riqueza de espécies variou entre 14 e 36 táxons/amostras no curso principal e foi muito baixa nos tributários (4 a 11 táxons/amostras (Figura 3.3).

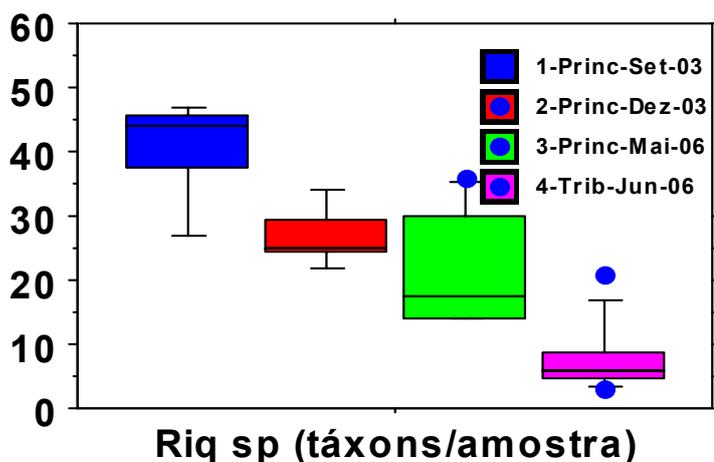


FIGURA 3.3
VARIABILIDADE DA RIQUEZA DE ESPÉCIES NO RIO PARAÍBA DO SUL E NOS
TRIBUTÁRIOS (A LINHA NO MEIO DAS CAIXAS CORRESPONDE À
MEDIANA E OS LIMITES DAS CAIXAS, TRAÇOS E PONTOS
ABRANGEM, RESPECTIVAMENTE, 75% E 95% DOS DADOS)

3.3 - Diversidade de Espécies

A diversidade de espécies, como uma medida de quanto da densidade está distribuída entre as espécies, tem sido comumente avaliada, em ecologia do fitoplâncton, através do Índice de Shannon & Wiener (SHANNON & WEAVER 1963). Este índice que varia de 0 a 5 bits ind⁻¹ na maioria das comunidades (MARGALEF 1983) tem sido considerado elevado a partir de 2,5 bits ind⁻¹ (MARGALEF 1972). Diversidades muito elevadas (> 4,0 bits ind⁻¹) foram registradas no curso principal do rio Paraíba do Sul durante a estiagem (Figura 4). Por outro lado, diversidades muito baixas ocorreram nos tributários (0,39 a 1,89 bits ind⁻¹) e intermediárias nas demais épocas no curso principal (2,53 a 2,87 bits ind⁻¹)

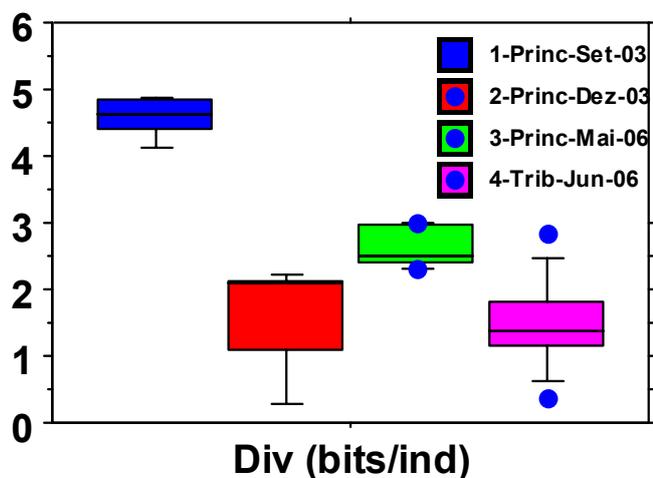


FIGURA 3.4
VARIABILIDADE DA DIVERSIDADE DE ESPÉCIES NO RIO PARAÍBA DO SUL
E NOS TRIBUTÁRIOS, ASSINALADA A DIVERSIDADE DE 2,5 BITS IND⁻¹

3.4 - Densidades Fitoplanctônicas

Nos cursos de água estudados, considerando a série completa de dados obtida nas três campanhas, a densidade fitoplanctônica variou de 25 ind./mL a montante do rio Macuco (P10) em junho de 2006 a 6 4661 ind./mL no rio Paraíba do Sul em Três Rios em dezembro de 2003.

No período de estiagem de 2003, as densidades fitoplanctônicas totais foram intermediárias e flutuaram entre 903 ind./ml, a montante da cidade de Anta (P03), e 5 103 ind./mL, no Município de Três Rios (P01). Tendência a uma redução gradual ocorreu no sentido do escoamento do rio Paraíba do Sul, à exceção da estação a jusante da cidade de Anta (P04), quando houve um aumento expressivo na densidade das populações fitoplanctônicas (4 060 ind./ml) (Quadro 3.1).

Já no período de chuvas de 2003, as densidades fitoplanctônicas foram mais elevadas e flutuaram 1 595 ind./mL, a montante do Município de Além Paraíba (P06) e 64 661 ind./mL, no Município de Três Rios (P01). Tendência a uma diminuição gradual na densidade das populações ocorreu no sentido do escoamento do rio Paraíba do Sul, principalmente na estação P06.

Em 2006, as densidades no curso principal do rio Paraíba do Sul, incluindo os rios Piabanha e Paraibuna, foram mais elevadas que às registradas nos pequenos tributários, variando de 272 ind./mL em Três Rios (P01) a 1292 ind./mL no rio Piabanha (P07). Densidades relativamente baixas, compatíveis com rios de pequeno porte e de alto fluxo, foram observadas nos tributários, as quais variaram de 25 ind./mL a montante do rio Macuco (P10) a 618 ind./mL a montante do riacho Tocaia (P15). Por serem rios de curso curto, nenhum padrão foi observado entre foz e montante dos tributários no que diz respeito aos diferentes atributos fitoplanctônicos.

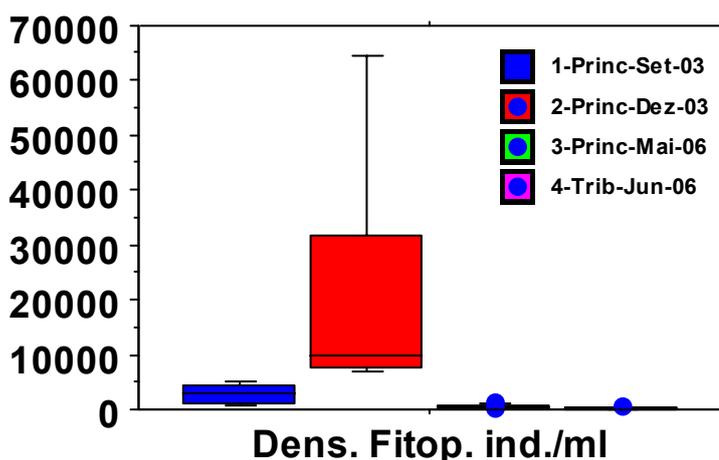


FIGURA 3.5
VARIABILIDADE DA DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA
NO RIO PARAÍBA DO SUL E NOS TRIBUTÁRIOS

QUADRO 3.1
DENSIDADES TOTAIS DO FITOPLÂNCTON (IND./mL)
NO RIO PARAÍBA DO SUL E TRIBUTÁRIOS

RIO PRINCIPAL									
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	
Setembro 2003	5103	3073	903	4060	1341	1684			
Dezembro 2003	64661	20695	6971	9801	7799	1595			
Mai 2006	272	630		832	330		1292	308	
TRIBUTÁRIOS									
Junho 2006	P09	P10	P13	P15	P16	P17	P20	P21	P23
	69	25	240	618	170	371	268	99	183

3.5 - Classes e Espécies Descritoras dos Sistemas

Comparando-se as diferentes estações de coletas, durante a estiagem de 2003 (setembro) as cianobactérias contribuíram com valores mais elevados na estação P01, enquanto as diatomáceas apresentaram maiores densidades nas estações P02 e P04 (Figura 3.6). A estação P01 apresentou a maior densidade total e também a maior riqueza de espécies (45 táxons/amostra).

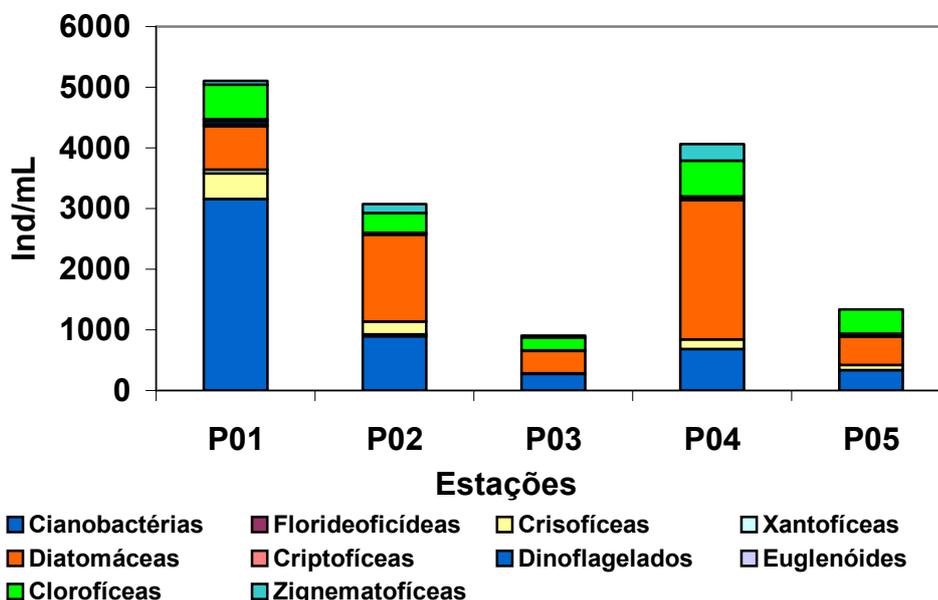


FIGURA 3.6
DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA (IND./ML) DAS DIFERENTES CLASSES
DE ALGAS PRESENTES NAS AMOSTRAS DE SET/2003

As espécies que mais contribuíram para a densidade total na **estiagem de 2003** foram *Pseudanabaena mucicola* (cianobactéria epífita, filamentosa sobre colônias de *Microcystis aeruginosa*), *Melosira varians* (diatomácea filamentosa) e *Urosolenia* cf. *eriensis* (diatomácea unicelular). Além destas, *Chroococcus limneticus* (cianobactéria

nanoplanctônica, colonial livre-flutuante) e *Komvophoron* sp. (cianobactéria filamentosa) foram importantes para a densidade total na amostra P01; enquanto *Aulacoseira distans* e *Aulacoseira granulata* (diatomáceas filamentosas), além de *Synechocystis aquatilis* (cianobactéria colonial) contribuíram para a elevada densidade da Amostra P04.

No período de **chuvas de 2003**, comparando-se as diferentes estações de coletas, as cianobactérias também contribuíram com valores elevados nas amostras P01 a P05, destacando-se a estação P01 em Três Rios com 64 276 ind./mL, sendo *Pseudanabaena mucicola* (cianobactéria epífita de colônias de *Microcystis*) o táxon que mais contribuiu para esta elevada densidade. As diatomáceas apresentaram maiores densidades na estação P04. Devido à elevada densidade de cianobactérias, principalmente em P01 no período de chuvas, esta classe foi ilustrada separadamente (Figura 3.7) das demais (Figura 3.8).

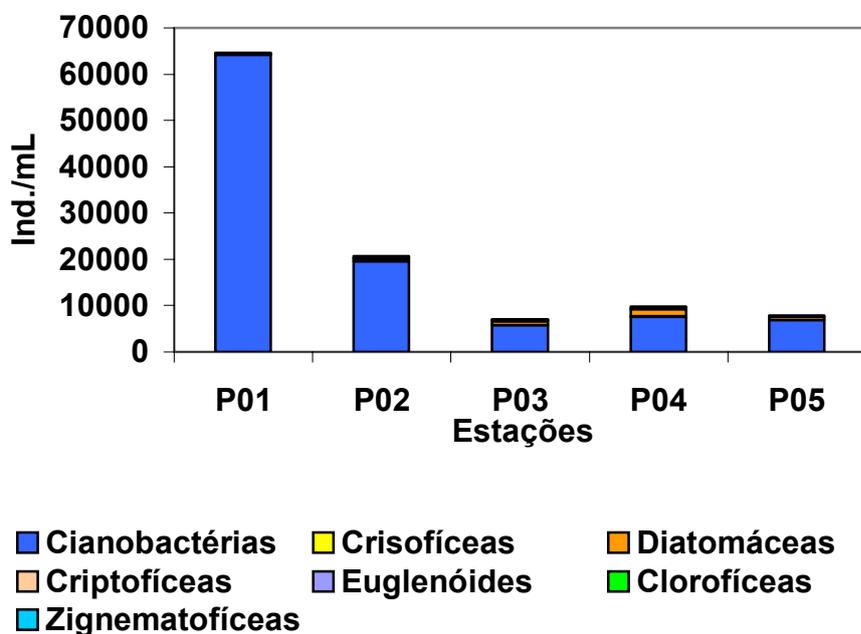


FIGURA 3.7
DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA DAS CIANOBACTÉRIAS (IND./ML)
PRESENTES NAS AMOSTRAS ANALISADAS EM DEZ/2003

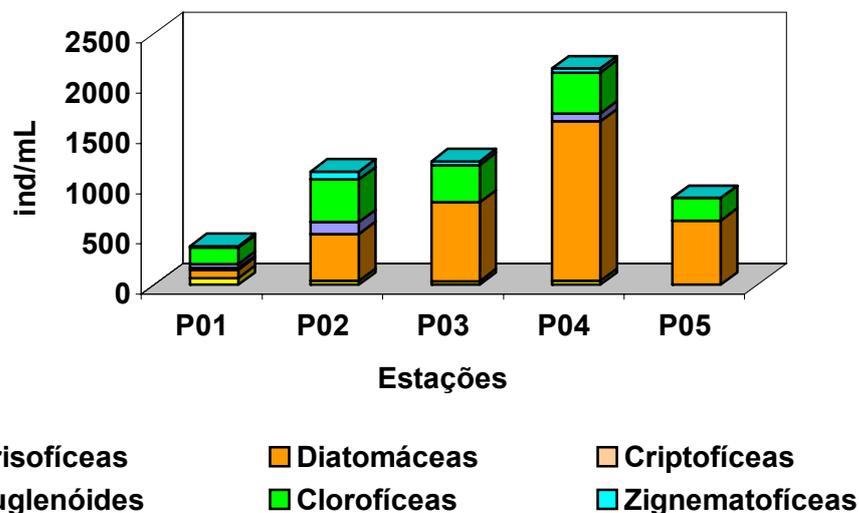


FIGURA 3.8
DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA DAS DIFERENTES CLASSES DE ALGAS
(EXCETO CIANOBACTÉRIAS) (IND./ML) NAS AMOSTRAS DE DEZ/2003

As espécies que mais contribuíram para a densidade total no período de chuvas foram *Pseudanabaena mucicola* (cianobactéria epífita, filamentosa sobre colônias de *Microcystis*), *Microcystis protocystis*, *Microcystis aeruginosa* (cianobactérias coloniais), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* e *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (diatomáceas filamentosas). Além destas, *Rabdogloea minuta* (cianobactéria epífita, filamentosa sobre colônias de *Microcystis*) foi importante para a densidade total na amostra P02; enquanto *Aulacoseira granulata*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e *Aulacoseira italica* (diatomáceas filamentosas), contribuíram para a densidade da Amostra P04.

Ao contrário do registrado em 2003, as clorofíceas foram mais importantes em densidade, tanto no curso principal como nos tributários, chegando a atingir 100% da densidade total a montante do riacho Tocaia (P15). As espécies descritoras da comunidade fitoplanctônica no trecho principal do rio Paraíba do Sul foram *Chroococcus minimus* (cianobactéria unicelular) as clorofíceas também unicelulares *Chlorella minutissima* e *Monoraphidium contortum*. Nos pequenos tributários estudados *Chlorella minutissima* foi a espécie característica (Figura 3.9).

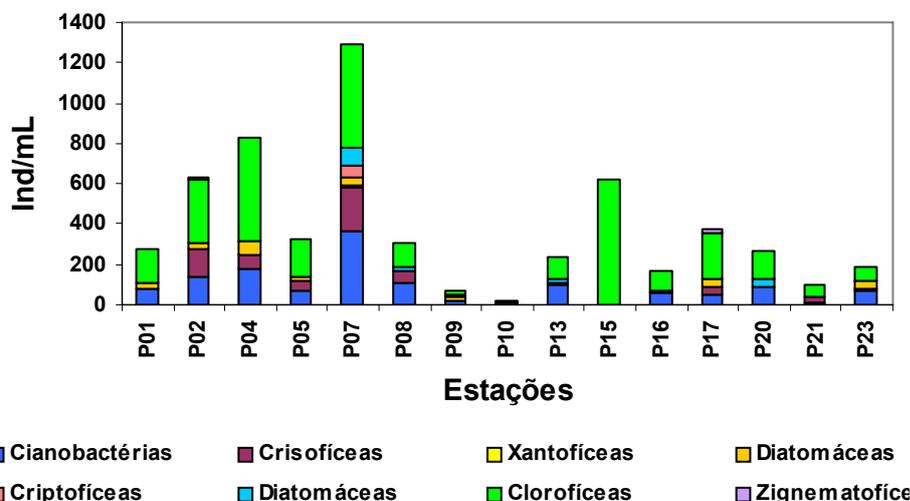


FIGURA 3.9
DENSIDADE FITOPLANCTÔNICA POR CLASSE TAXONÔMICA
(IND./ML) NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AHE SIMPLÍCIO

4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os rios são caracterizados pelo curto tempo de residência; turbulência durante todo o ano, com coluna d'água em geral termicamente desestratificada; alto aporte de nutrientes da bacia de drenagem e do sedimento, além de alta concentração de material em suspensão (DESCY, 1993). Todas estas variações causam mudanças na densidade e composição de organismos. A seleção de espécies fitoplanctônicas é influenciada tanto por mecanismos comuns como o fluxo dos rios, como pelo regime de luz, em geral, restritivo ao crescimento do fitoplâncton. Dessa forma, a comunidade fitoplanctônica, nesses ambientes, é mais dependente de taxas de crescimento, pois sua manutenção está relacionada ao fato de que estas taxas sejam maiores do que aquelas de remoção, causada pelo fluxo do rio. Com isso, espera-se que, em rios, predominem espécies pequenas, de curto tempo de geração, e/ou espécies de morfologia alongada, boas interceptadoras de luz por sua alta razão superfície/volume quando esta é restritiva ao crescimento, (REYNOLDS *et al.*, 1994).

A composição florística do trecho estudado do rio Paraíba do Sul foi típica de ambientes lóticos, com dominância de diatomáceas, clorofíceas e cianobactérias.

A riqueza de espécie pode ser uma expressão muito simples de diversidade de comunidade fitoplanctônica (MARGALEF, 1893). Neste sentido o rio Paraíba do Sul tem diversidade relativamente elevada (19–45 táxons/amostra) se comparado a outros ambientes lóticos como, por exemplo, o rio Paraíba que tem de 3–19 táxons/amostra e o rio Pomba com apenas 2–7 táxons/amostra.

A diversidade específica, como conceito matemático, avalia o grau de informação que cada população contribui para a comunidade como um todo. O Índice de Shannon & Wiener, comumente usado em ecologia do fitoplâncton, varia de 0 a 5 bits ind⁻¹ na maioria das comunidades (MARGALEF 1983) e tem sido considerado elevado a partir de

2,5 bits ind⁻¹ (MARGALEF 1972). Diversidades muito elevadas (> 4,0 bits ind⁻¹) foram registradas no curso principal do rio Paraíba do Sul durante a estiagem. Por outro lado, diversidades muito baixas ocorreram nos tributários (0,39 a 1,89 bits ind⁻¹) e intermediárias nas demais épocas no curso principal (2,53 a 2,87 bits ind⁻¹)

As densidades da comunidade fitoplanctônica ao longo do trecho estudado do rio Paraíba do Sul em 2003 apresentaram-se mais elevadas, se comparados a outros trechos desse mesmo rio (200 – 1 600 ind./ml, Sophia com. pessoal), na região de Resende onde dominam pequenas cianobactérias, sobretudo *Synechococcus nidulans*. Já em 2006, as densidades no curso principal do rio Paraíba do Sul, incluindo os rios Piabanha e Paraibuna, foram mais elevadas que às registradas nos pequenos tributários, variando de 272 ind./mL em Três Rios a 1 292 ind./mL no rio Piabanha. Densidades relativamente baixas, compatíveis com rios de pequeno porte e de alto fluxo, foram observadas nos tributários, as quais variaram de 25 ind./mL a montante do rio Macuco (P10) a 618 ind./mL a montante do riacho Tocaia (P15).

Comparando-se as duas épocas de amostragem no trecho estudado, observa-se uma tendência de redução gradual da densidade fitoplanctônica no sentido do escoamento do rio Paraíba do Sul, nas duas épocas de amostragens, a montante da cidade de Além Paraíba. Apesar desta tendência, observou-se um aumento na densidade fitoplanctônica no período de chuvas, principalmente de cianobactérias. Este fato não seria esperado, uma vez que o processo de diluição, durante as chuvas, leva em geral a uma redução das populações. Estudos sobre a ecologia do fitoplâncton em rios brasileiros ainda são raros, tendo sido reportados tão somente 12 artigos até dezembro de 1988 (HUSZAR & SILVA, 1999). Desta forma há ainda no Brasil poucos estudos para serem efetuadas comparações. No rio Paraíba do Sul, no entanto, maiores densidades durante as chuvas, parece ser uma situação mais comum do que em outros rios, conforme já verificado em outros de seus trechos (Quadro 4.1). Uma das hipóteses que pode ser levantada é o aporte de inóculos ao rio, provenientes de reservatórios localizados ao longo de sua extensão.

A tendência horizontal da densidade fitoplanctônica em 2006 foi similar à registrada no período de chuvas de 2003, crescendo no sentido do curso do rio, mas reduzindo na estação P05 em Sapucaia. Cabe salientar, em 2006, as densidades relativamente elevadas no rio Piabanha.

QUADRO 4.1
DENSIDADES FITOPLANCTÔNICAS MÍNIMAS E MÁXIMAS (IND./ML) NA ÁREA
DE ESTUDO E EM OUTROS TRECHOS DA BACIA DO PARAÍBA DO SUL

RIO	MÍNIMO (IND./ML)	MÁXIMO (IND./ML)
Paraíba do Sul (Resende)		
seca	192	582
chuva	867	1 676
Paraíba do Sul (Estuário)		
seca	895	1 199
chuva	318	8 411
Paraibuna		
seca	Sem dados	Sem dados
chuva	22	1 118
Pomba		
seca	22	1 291
chuva	0	112
Paraíba do Sul (2003)		
seca	903	5 103
chuva	1 595	64 661
Paraíba do Sul - curso principal (2006)	330	12 392
Paraíba do Sul - tributários (2006)	25	618

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DESCY, J.P. Ecology of the phytoplankton of the river Moselle: effects of disturbances on community structure and diversity. *Hydrobiologia*, v. 249, p. 111-116, 1993.

HUSZAR, V.L.M. & SILVA, L.H.S. Cinco décadas de estudos sobre a ecologia do fitoplâncton no Brasil. Rio de Janeiro, SBL. *Limnotemas*, v. 2, p. 1-22, 1999.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. In: Ettl, A.; GARTNER, G.; HEYNIG, H. & MOLLENHAUER, D. (eds.). *Subwasserflora von Mitteleuropa*. 19. Stuttgart: Gustav Fischer, 1996. 548p.

LUND, J. W. H., KIPLING, C. and LECREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, v. 11, p. 143-170, 1958.

MARGALEF, R. *Limnología*. Barcelona: Ed. Omega, 1983. 1010p.

MARGALEF, R. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Acad. Arts. Sci.*, v. 44, p. 211-235, 1972.

REYNOLDS, C.S.; DESCY, J.P. & PADISÁK, J. Are phytoplankton dynamic in rivers so different from those in shallow lakes? *Hydrobiologia*, v. 285, p. 1-7, 1994.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W. The mathematical theory of communication. Urbana: University Press, 1963.

UHELINGHER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. *Arch. Sci.*, v. 17, n. 2, p. 121-123, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton metodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, v. 9, p. 1-38, 1958.

VAN DEN HOECK, MANN, D.G. & JAHNS, H.M. *Algae: an introduction to Phycology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 627p.

6 - DADOS BRUTOS

A seguir é apresentada a densidade fitoplanctônica total (ind./ml), dos diferentes táxons e das classes taxonômicas, nas diferentes estações de coleta do curso principal dos rios Paraíba do Sul, Paraibuna e Piabanha das amostras coletadas em 2006. Estão assinaladas as populações descritoras.

CYANOBACTERIA	P01	P02	P04	P05	P07	P08
<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>incerta</i>	0	10	0	0	0	16
<i>Aphanothece</i> sp.	0	0	16	0	13	0
<i>Borzia</i> sp.	0	0	0	12	0	0
<i>Chroococcus limneticus</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Chroococcus minimus</i>	20	68	31	12	67	47
<i>Chroococcus minutus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus turgidus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Cianogranis ferruginea</i>	0	10	0	24	0	0
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	0	0	47	0	0	0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	0	0	0	0	13	0
<i>Merismopedia tenuissima</i>	0	19	0	0	0	0
<i>Limnothrix planctonica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Oscillatoriales	0	0	0	0	0	0
<i>Planktolyngbya</i> cf. <i>contorta</i>	0	0	0	0	13	0
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	0	0	0	0	40	0
<i>Planktothrix</i> sp.	10	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	0	0	0	0	94	0
<i>Pseudanabaena</i> cf. <i>raphidioides</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudanabaena</i> sp.	10	0	0	0	13	0
Pseudanabaenaceae	0	0	0	0	0	0
<i>Radiocystis</i> sp.	0	0	0	0	13	0
<i>Rhabdoderma</i> sp.	0	10	31	0	13	0
<i>Romeria</i> sp.	0	0	31	0	0	16

CYANOBACTERIA	P01	P02	P04	P05	P07	P08
<i>Snowella</i> sp.	0	0	0	12	0	0
<i>Synechococcus</i> cf. <i>elongatus</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Synechococcus nidulans</i>	30	0	16	0	54	16
<i>Synechococcus turgidus</i>	0	0	0	0	0	10
<i>Synechocystis aquatilis</i>	10	10	0	12	27	0
Sub-total	81	136	173	71	363	104
CHRYSOPHYCEAE						
<i>Chromulina</i> cf. <i>microplankton</i>	0	49	47	12	40	0
<i>Chromulina</i> sp.1	0	19	0	12	13	16
<i>Chromulina</i> sp.2	0	10	16	0	54	0
<i>Chrysococcus</i> sp.	0	0	0	0	13	16
Chrysophyceae 1	0	0	16	0	27	16
Chrysophyceae 2	0	0	0	24	27	16
Chrysophyceae 3	0	10	0	0	0	0
<i>Mallomonas</i> sp.1	0	49	0	0	13	0
<i>Mallomonas</i> sp.2	0	0	0	0	27	0
<i>Mallomonas</i> sp.3	0	0	0	0	0	0
Sub-total	0	136	79	47	215	63
XANTHOPHYCEAE						
<i>Xanthophyceae</i>	0	0	0	0	13	0
Sub-total	0	0	0	0	13	0
BACILLARIOPHYCEAE						
<i>Cocconeis</i> sp.	10	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp.	10	10	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	13	0
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.1	0	10	16	12	0	0
<i>Nitzschia</i> sp.2	0	10	0	0	0	0
Pennales 1	10	0	0	0	13	0
Pennales 2	0	0	0	0	13	0
Pennales 3	0	0	0	0	0	0
Pennales 4	0	0	31	0	0	0
Pennales 5	0	0	0	12	0	0
Pennales 7	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	0	16	0	0	0
Sub-total	30	29	63	24	40	0
CRYPTOPHYCEAE						
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>marsonii</i>	0	0	0	0	54	0
Sub-total	0	0	0	0	54	0
EUGLENOPHYCEAE						
<i>Strombomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	16
<i>Phacus longicauda</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp.	0	0	0	0	13	0
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocina</i>	0	0	0	0	81	0
Sub-total	0	0	0	0	94	16
CHLOROPHYCEAE						
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	0	0	0	35	13	0

CYANOBACTERIA	P01	P02	P04	P05	P07	P08
	<i>Chlamydomonas</i> sp.2	0	29	31	0	27	0
<i>Chlorella minutissima</i>	50	104	345	82	363	63
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorobium</i> sp.	0	10	0	0	0	0
<i>Chloromonas</i> sp.	0	0	0	0	13	0
<i>Choricystis</i> sp.	10	10	0	0	0	16
<i>Coelastrum</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Coenochloris</i> cf. <i>assymetrica</i>	0	0	0	0	27	0
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	10	10	0	0	0	16
<i>Dictyosphaerium pulchelum</i>	0	10	47	0	0	0
<i>Golenkinia</i> sp.	0	10	0	0	13	0
<i>Kirchneriella contorta</i>	0	0	0	0	13	0
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Koliella longiseta</i>	30	19	0	0	13	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	50	68	16	24	13	31
<i>Monoraphidium convolutum</i>	0	10	47	24	0	0
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>irregulare</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium minutum</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium tortile</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Nephrocytium</i> sp.	0	0	16	0	0	0
<i>Oocystis</i> sp.	0	10	0	12	0	0
<i>Scenedesmus armatus</i>	10	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus javanensis</i>	0	0	0	12	0	0
<i>Scenedesmus protuberans</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0	0	16	0	13	0
<i>Schroederia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Sub-total	161	318	518	188	511	126
ZYGNEMATOPHYCEAE						
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	0	10	0	0	0	0
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	0	0
Sub-total	0	10	0	0	0	0
Densidade (ind./ml)	272	630	832	330	1292	308

A seguir é apresentada a densidade fitoplanctônica total (ind./ml), dos diferentes táxons e das classes taxonômicas, nas diferentes estações de coleta dos pequenos tributários das amostras coletadas em 2006. Estão assinaladas as populações descritoras.

CYANOBACTERIA	P09	P10	P13	P15	P16	P17	P20	P21	P23
	<i>Aphanocapsa</i> cf. <i>incerta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphanothece</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Borzia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus limneticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chroococcus minimus</i>	0	0	0	0	28	18	0	0	17
<i>Chroococcus minutus</i>	0	0	0	0	0	0	14	0	0
<i>Chroococcus turgidus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0

CYANOBACTERIA	P09	P10	P13	P15	P16	P17	P20	P21	P23
Pennales 3	2	0	0	0	0	18	0	0	17
Pennales 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pennales 5	5	0	0	0	0	18	0	0	0
Pennales 7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Synedra</i> sp.	0	7	0	0	0	0	0	0	0
Sub-total	19	11	0	0	14	35	0	0	33
CRYPTOPHYCEAE									
<i>Cryptomonas</i> cf. <i>marsonii</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Sub-total	2	0	0	0	0	0	0	0	0
EUGLENOPHYCEAE									
<i>Strombomonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Phacus longicauda</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trachelomonas</i> sp.	2	0	0	0	0	0	14	0	0
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocina</i>	0	4	14	0	0	0	28	0	0
Sub-total	5	4	14	0	0	0	42	0	0
CHLOROPHYCEAE									
<i>Chlamydomonas</i> sp.1	0	0	0	18	0	0	0	0	0
<i>Chlamydomonas</i> sp.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chlorella minutissima</i>	14	4	113	565	99	194	141	57	66
<i>Chlorella vulgaris</i>	0	0	0	18	0	0	0	0	0
<i>Chlorobium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chloromonas</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Choricystis</i> sp.	2	0	0	0	0	18	0	0	0
<i>Coelastrum</i> sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenochloris</i> cf. <i>assymetrica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dictyosphaerium pulchelum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Golenkinia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kirchneriella contorta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Koliella longiseta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium contortum</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium convolutum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>irregulare</i>	0	0	0	18	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium minutum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monoraphidium tortile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrocytium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oocystis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus armatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus javanensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus protuberans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scenedesmus opoliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schroederia</i> sp.	0	0	0	0	0	18	0	0	0
Sub-total	22	4	113	618	99	230	141	57	66
ZYGNEMATOPHYCEAE									
<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Closterium</i> sp.	0	0	0	0	0	18	0	0	0

CYANOBACTERIA	P09	P10	P13	P15	P16	P17	P20	P21	P23
Sub-total	0	0	0	0	0	18	0	0	0
Densidade (ind./ml)	69	25	240	618	170	371	268	99	183

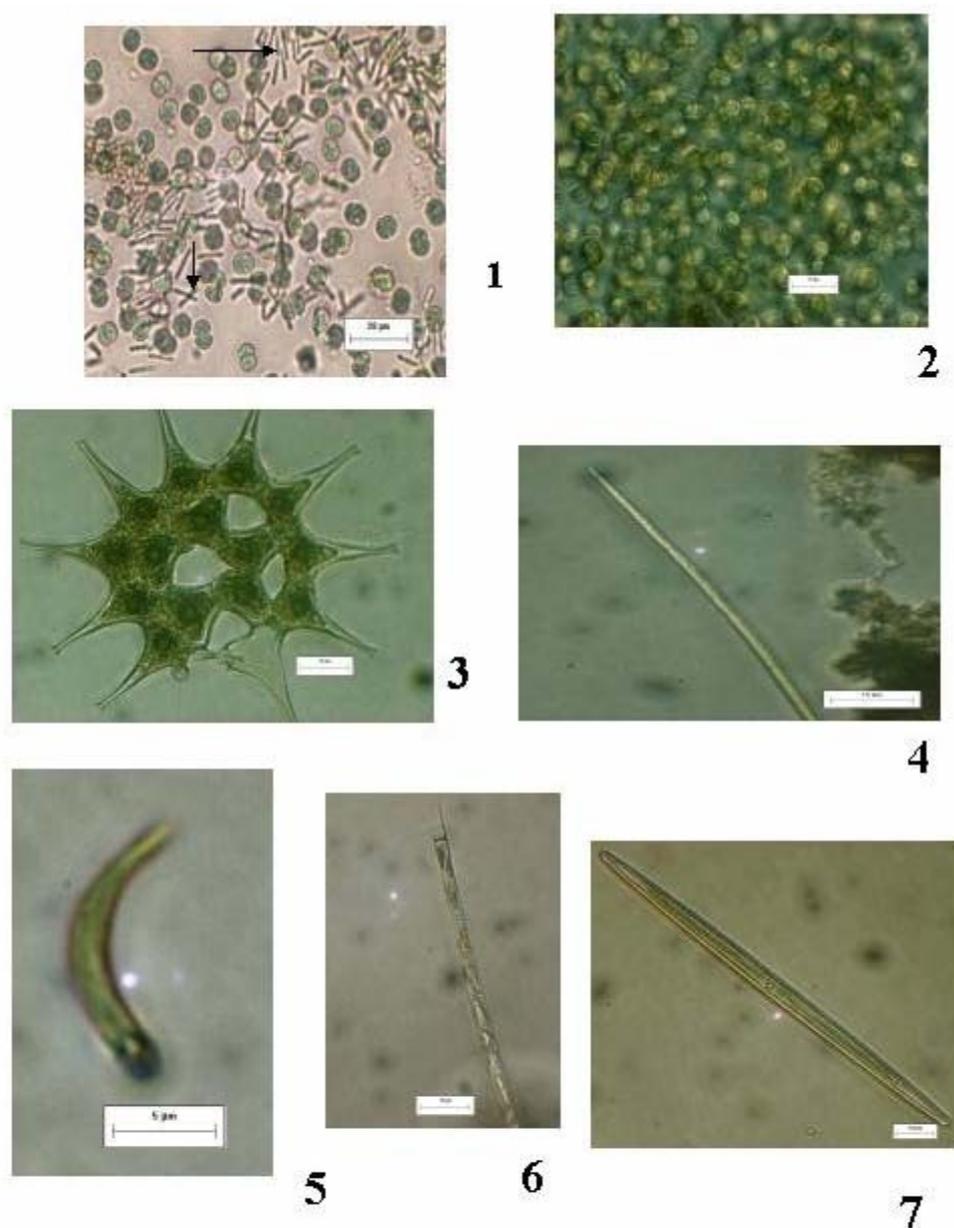
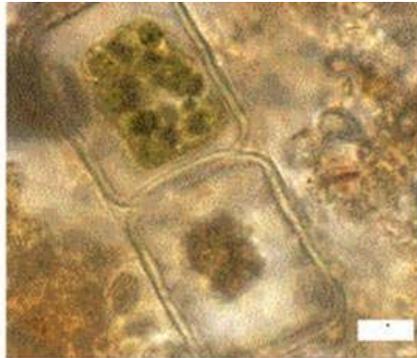
7 - PRANCHAS
PRANCHA 1


Fig 1-*Microcystis protocystis*, com a epífita *Pseudanabaena mucicola*, Fig 2- *Microcystis aeruginosa*, Fig 3-*Scenedesmus simplex*, Fig 4- *Cylindrospermopsis racibrskii*, Fig 5-*Monoraphidium contortum*, Fig 6- *Aulacoseira granulata*, Fig 7- *Synedra* sp. (Segunda Coleta)

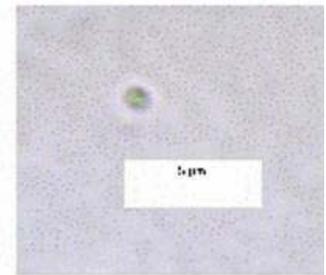
PRANCHA 2



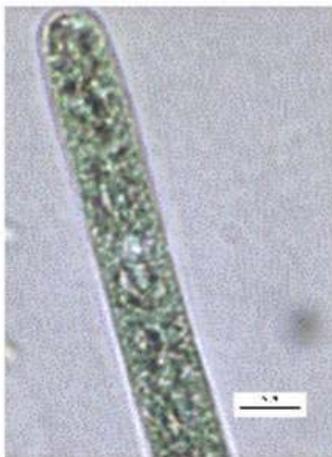
1



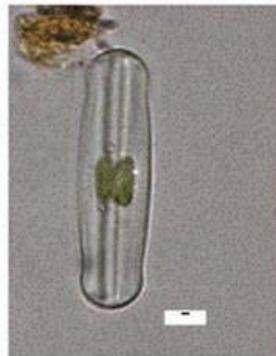
2



3



4



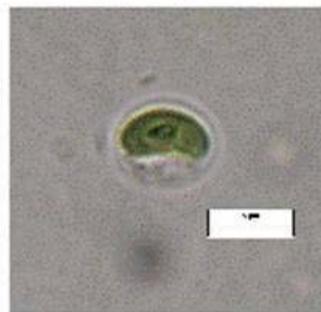
5



6



7



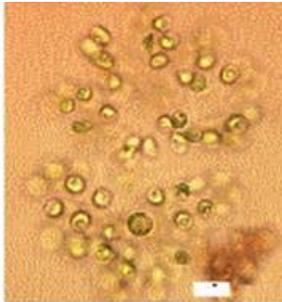
8



9

- 1-*Melosira varians*; 2-*Trachelomonas volvocina*; 3-*Chlorella minutissima*;
 4- Oscillatorioides; 5-Pennales 2; 6- *Monoraphidium convolutum*;
 7- *Pseudanabaenamucicola*; 8-*Chlorella vulgaris*; 9- Pennales 3.

PRANCHA 3



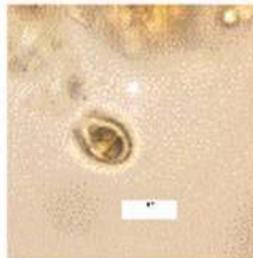
1



2



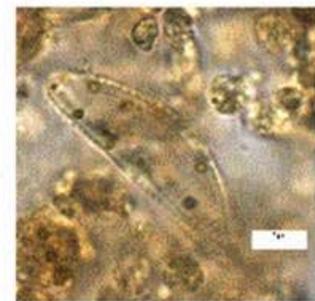
3



4



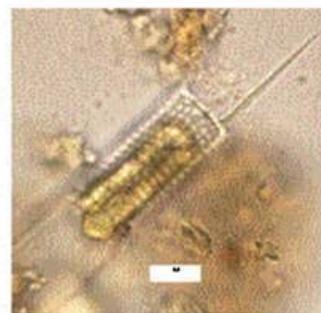
5



6



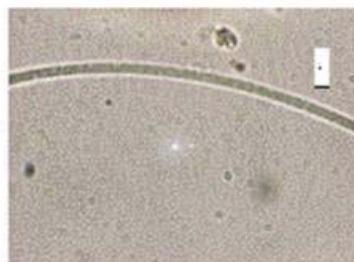
7



8



9



10

- 1-*Dictyosphaerium ehrenbergianum*; 2-*Cyclotella* sp.; 3-*Coelastrum* sp.;
 4-*Komvophoron* sp.; 5-*Nitzschia* sp.; 6-*Cymbella* sp.; 7-*Monoraphidium contortum*;
 8-*Aulacoseira granulata*; 9-*Cylindropspermopsis raciborskii*; 10-*Planktolyngbya limnetica*.

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO

2 - METODOLOGIA

3 - RESULTADOS

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

1- INTRODUÇÃO

Na maioria dos ecossistemas aquáticos continentais, a comunidade zooplanctônica é constituída principalmente por protozoários, rotíferos e microcrustáceos como cladóceros e copépodos. Por ter tamanho reduzido e alta taxa reprodutiva, o zooplâncton tem ampla distribuição geográfica, sendo que as características ambientais específicas se tornam um fator limitante para o desenvolvimento das populações. Alterações súbitas na coluna d'água podem refletir em mudanças bruscas qualitativas e quantitativas da comunidade, ou seja, na composição e densidade dos organismos.

As análises qualitativas e quantitativas do zooplâncton objetivam a detecção da presença e/ou dominância de espécies tanto holoplanctônicas (cuja vida está associada à coluna d'água) como meroplanctônicas (com vida associada à vegetação aquática ou aos sedimentos, sendo ocasionalmente encontrada no plâncton).

2 - METODOLOGIA

Foram tomadas amostras em 15 estações, conforme o Quadro 2.1 abaixo.

QUADRO 2.1
ESTAÇÕES DE AMOSTRAGENS E CÓDIGOS

GRANDES RIOS (CÓDIGO)	PEQUENOS TRIBUTÁRIOS (CÓDIGO)
I – Rio Paraibuna (RPar)	01 – Riacho Macuco (montante) (RM m)
II – Três Rios (TRio)	02 – Riacho Macuco (foz) (RM f)
III – Rio Piabanha (RPia)	03 – Riacho Tocaia (montante) (RT m)
IV – Três Rios II (TRioll)	04 – Riacho Tocaia (foz) (RT f)
V – Anta (Anta)	05 – Riacho Areia (montante) (RA m)
VI – Jamapara (Jam)	06 – Riacho Areia (foz) (RA f)
	07 – Riacho Prata (montante) (RPr m)
	08 – Riacho Prata (foz) (RPr f)
	09 – Riacho Peixe (montante) (RPx m)

As amostras para análise quantitativa do zooplâncton foram obtidas através da filtração de 50 litros de água (obtidos com auxílio de balde) em rede com malha de 68 μm . O material coletado foi acondicionado em frascos de vidro, imediatamente preservado com formol tamponado a 4%.

A identificação foi feita com a utilização de microscópios ópticos e consulta a bibliografia específica. As contagens ao microscópio ótico foram feitas em câmaras de *Sedgewick-Rafter* com capacidade de 1,0 ml. Cabe ressaltar que todo o volume das amostras foi contado. Foram utilizados o índice de Shannon-Weaver para comparar a diversidade entre os pontos amostrados e o coeficiente de correlação de Pearson para verificar o grau de correlação entre a abundância dos grupos zooplanctônicos e variáveis ambientais analisadas no momento das amostragens.

3 - RESULTADOS

Foram encontrados 52 táxons zooplanctônicos distribuídos em cinco categorias taxonômicas, sendo Protozoa, Rotífera, Cladocera, Copepoda e “Outros” (demais invertebrados). Para uma melhor visualização dos dados, foram comparados separadamente os resultados relativos aos seis pontos (Quadro 3.1) e os nove tributários (Quadro 3.2) estudados. A riqueza taxonômica oscilou entre os valores de 6 táxons (foz do Riacho Areia) a 25 táxons (a montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha).

Como é comumente reportado em ambientes aquáticos continentais tanto de caráter lótico como lêntico, a Quadro 3.1 (pontos nos rios Paraíba do Sul, Piabanha e Paraibuna) evidencia o grupo dos rotíferos com a maior riqueza taxonômica, com pelo menos 17 táxons, já que as espécies de Bdelloidea, de corpo mole e de difícil identificação, foram consideradas uma unidade taxonômica única. Neste grupo houve um ligeiro destaque para o gênero *Lecane* (quatro espécies), cuja característica é a vida associada às comunidades vegetais aquáticas, principalmente na área litorânea de corpos d’água e também podem fazer parte da fauna psâmica de ambientes dulciaquícolas, seguido dos rotíferos pertencentes ao gênero *Keratella* (três espécies).

QUADRO 3.1
ORGANISMOS ENCONTRADOS, E SUAS RESPECTIVAS DENSIDADES
(IND.M⁻³), DISCRIMINADAS POR PONTO DE COLETA

Táxon	RPar	TRio	RPia	TRioll	Anta	Jam
PROTOZOA						
<i>Arcella conica</i>	0	0	0	0	20	0
<i>Arcella costata</i>	40	140	0	60	80	40
<i>Arcella dentata</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Arcella discoides</i>	0	160	0	160	120	20
<i>Arcella gibbosa</i>	0	100	0	20	20	0
<i>Arcella hemisphaerica</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Arcella irregulares</i>	220	0	0	20	0	0
<i>Arcella vulgaris</i>	0	400	0	0	40	0
<i>Arcella spp.</i>	160	400	160	420	140	160
<i>Centropyxis aculeata</i>	680	280	280	160	600	460
<i>Centropyxis sp.</i>	0	100	20	0	200	200
<i>Diffugia acuminata</i>	0	20	40	0	0	0
<i>Diffugia corona</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Diffugia lobostoma</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Diffugia spp.</i>	20	240	0	80	400	20
<i>Lesquereusia spiralis</i>	20	0	0	0	0	20
Peritricha	520	0	400	0	0	0
<i>Vorticella sp.</i>	0	40	20	0	0	0
Ciliado	120	20	320	0	0	0
TOTAL PROTOZOA	1780	1900	1240	920	1620	920
ROTIFERA						

Táxon	RPar	TRio	RPia	TRioll	Anta	Jam
<i>Brachionus</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Cephalodella</i> sp.	0	0	0	0	0	0
<i>Colurella</i> sp.	0	80	0	0	0	0
<i>Conochilus coenobasis</i>	0	0	40	0	0	0
<i>Euchlanis dilatata</i>	0	0	40	0	0	0
<i>Euchlanis</i> sp.	0	40	0	0	0	0
<i>Kellicotia longispina</i>	0	0	0	0	20	0
<i>Keratella americana</i>	0	0	20	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>	0	0	0	40	20	0
<i>Keratella tropica</i>	0	0	0	0	20	0
<i>Lecane bulla</i>	0	20	60	0	0	0
<i>Lecane cornuta</i>	0	0	0	0	20	0
<i>Lecane curvicornis</i>	0	20	0	0	0	0
<i>Lecane papuana</i>	0	0	0	0	0	20
<i>Lepadella patella</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Synchaeta stylata</i>	0	0	240	0	0	0
<i>Testudinella patina</i>	0	80	0	0	0	0
<i>Trichotria tetractis</i>	20	20	0	0	0	0
Bdelloida	120	100	80	120	40	40
Rotífero não-identificado	20	0	20	0	0	0
TOTAL ROTIFERA	160	360	500	160	120	60
CLADOCERA						
<i>Alona</i> sp.	20	0	0	0	20	0
<i>Bosmina hagmanni</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Leydigia</i> sp.	0	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERA	20	0	0	0	20	0
COPEPODA						
Náuplio	20	60	100	100	20	40
Copepodito Cyclopoida	20	0	0	20	20	0
Copepodito Harpacticoida	0	0	0	40	0	0
TOTAL COPEPODA	40	60	100	160	40	40
OUTROS						
Ácaro	20	20	0	20	20	0
Larva Chironomidae	40	80	0	40	20	20
Larva Trichoptera	0	20	0	0	0	0
Ninfa Ephemeroptera	0	40	0	20	20	0
Ninfa Plecoptera	0	0	0	0	0	0
Pupa (exúvia) Díptera	0	80	20	0	80	0
Nematoda	0	0	60	0	0	0
Larva Oligochaeta	0	0	40	0	0	0
Oligochaeta	0	0	0	0	0	0

TÁXON	RM m	RM f	RT m	RT f	RA m	RA f	RPr m	RPr f	RPx m
<i>Cephalodella</i> sp.	20	0	0	0	20	0	0	0	20
<i>Euchlanis dilatata</i>	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<i>Euchlanis</i> sp.	20	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lecane bulla</i>	40	0	0	0	0	60	20	0	0
<i>Lepadella patella</i>	0	0	0	20	0	0	0	0	0
Bdelloidea	60	0	20	0	20	80	0	0	20
TOTAL ROTIFERA	140	0	20	20	60	140	20	0	40
CLADOCERA									
<i>Alona</i> sp.	0	0	0	20	0	0	0	0	0
TOTAL CLADOCERA	0	0	0	20	0	0	0	0	0
COPEPODA									
Náuplio	40	0	0	0	0	20	20	20	0
Copepodito Cyclopoida	0	0	20	0	0	0	0	0	0
Copepodito Harpacticoida	40	0	20	0	20	40	0	0	0
TOTAL COPEPODA	80	0	40	0	20	60	20	20	0
OUTROS									
Ácaro	20	0	120	60	0	20	40	20	20
Larva Chironomidae	120	20	200	100	80	0	20	20	20
Larva Trichoptera	20	40	0	40	0	80	40	0	0
Ninfa Ephemeroptera	20	40	0	20	60	80	60	0	20
Ninfa Plecoptera	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Pupa (exúvia) Diptera	20	0	0	0	0	0	0	20	0
Nematoda	80	0	0	20	40	80	20	20	0
Larva Oligochaeta	0	0	0	0	0	0	0	20	0
Oligochaeta	0	20	0	0	20	40	0	0	0
Ostracoda	0	0	0	0	0	0	20	0	0
TOTAL OUTROS	300	120	320	240	200	300	200	100	60

Deve se ressaltado que, quando é comparada a riqueza taxonômica de cada ponto isoladamente (Figura 3.1), nem sempre foi reportada a maior riqueza de rotíferos, como aconteceu quando foram considerados todos os pontos juntos. De forma separada, houve um maior destaque para o grupo dos protozoários, principalmente por conta das amebas testáceas. Os rotíferos estiveram mais evidenciados apenas no ponto do rio Piabanha. O grupo “outros” apresentou um leve aumento quanto as suas riquezas nos pontos a montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha e no ponto próximo a Anta, com relação aos demais pontos. Com relação aos tributários (Figura 3.2), foi possível observar uma ligeira diferenciação na riqueza de táxons de rotíferos entre a região à montante e a foz do mesmo riacho. Normalmente densidades menores foram observadas no trecho de foz.

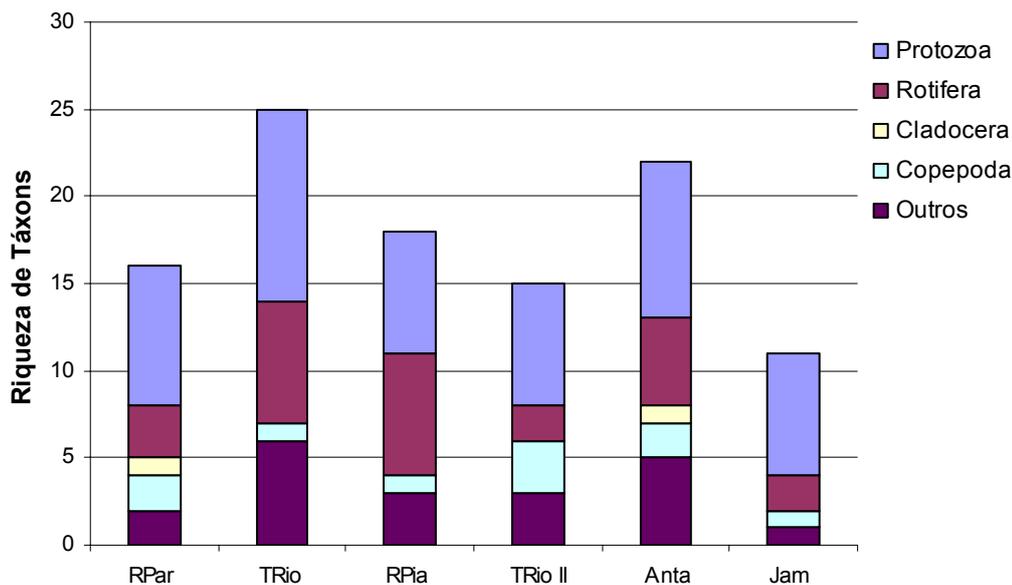


FIGURA 3.1
RIQUEZA TAXONÔMICA DO ZOOPLÂNCTON NOS RIOS
PARAÍBA DO SUL, PARAIBUNA E PIABANHA

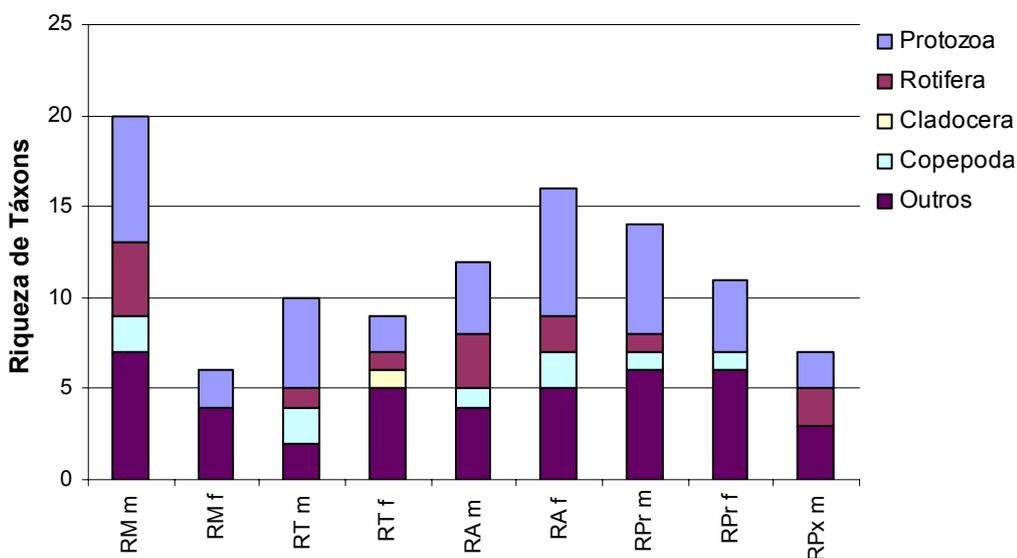


FIGURA 3.2
RIQUEZA TAXONÔMICA DO ZOOPLÂNCTON NOS TRIBUTÁRIOS

A densidade total entre os locais amostrados variou de 240 (montante do riacho Peixe) a 2 580 (montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha) indivíduos por metro cúbico. Já com relação às categorias zooplancônicas, os protozoários representaram o grupo mais denso (11 140 indivíduos por metro cúbico) e os cladóceros o grupo menos denso (60 indivíduos por metro cúbico). De um modo geral, os tributários mostraram densidades menores em relação aos pontos amostrados (Figuras 3.3 e 3.4). O que pede ser

relacionado ao fato de que os tributários via de regra apresentam um corpo d'água menor em comparação ao rio principal.

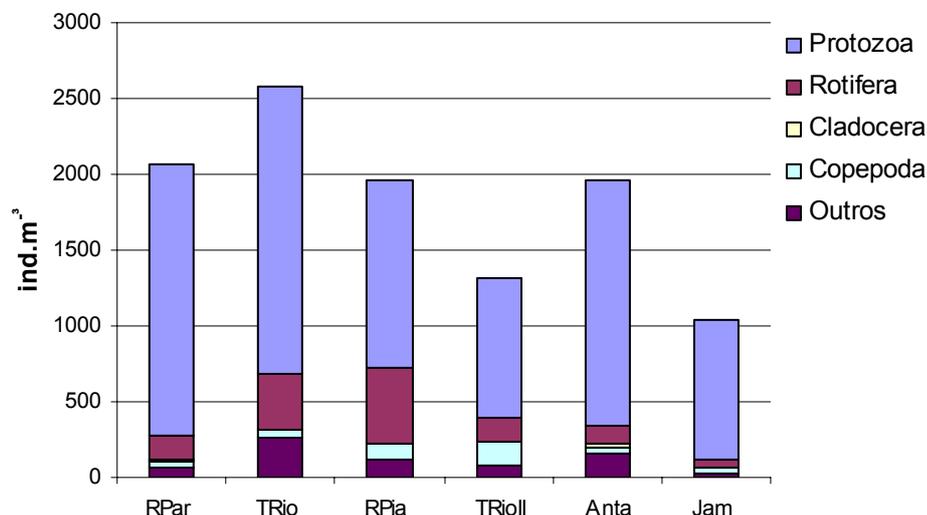


FIGURA 3.3
ABUNDÂNCIA DE ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS (INDIVÍDUOS.M⁻³)
NOS RIOS PARAÍBA DO SUL, PARAIBUNA E PIABANHA

Entre os protozoários, foram encontradas diversas espécies de amebas testáceas do Filo Rhizopoda e ciliados (Filo Ciliophora), estes últimos de difícil identificação. As amebas testáceas, representadas pelos gêneros *Arcella*, *Centropyxis* e *Diffflugia*, foram os táxons com maior abundância nas amostras.

Com relação aos rotíferos, houve um destaque na abundância dos táxons pertencentes à Classe Bdelloidea, com exceção do ponto no rio Piabanha, onde a espécie *Synchaeta stylata* apresentou maior relevância. Os Bdelloidea apresentam hábitos de vida relacionados principalmente a sedimentos aquáticos ou à vegetação aquática em decomposição.

Os cladóceros foram representados por apenas um táxon, *Alona sp.*, que ocorreu no rio Paraíba, próximo à Anta e na foz do Riacho Tocaia, com baixas densidades. O gênero *Alona* é considerado um cladóceros de pequeno porte e com hábito de vida associado à vegetação aquática.

O grupo dos copépodos foi representado pelas formas jovens (náuplios e copepoditos), não sendo registrada a ocorrência de formas adultas. Os copepoditos encontrados representam duas ordens de copépodos com hábito de vida mais associado ao sedimento, principalmente os Harpacticoida que são considerados de hábitos mais bentônicos.

Com relação ao grupo dos outros invertebrados, muitos organismos encontrados são considerados constituintes do meroplâncton, passando apenas uma parte do seu ciclo de vida na coluna d'água, além de habitantes do sedimento (bentônicos) e organismos que

vivem associados à vegetação marginal. As larvas de chironomídeos e os ácaros foram encontrados em praticamente todos os pontos amostrados. As larvas de chironomídeos são habitantes do sedimento e que por ação do turbilhonamento da água no leito do rio, estes organismos são ressuspensos e levados à coluna d'água. Enquanto os ácaros estão entre os organismos que vivem associados à vegetação marginal e que por influência da correnteza são carregados para a coluna d'água.

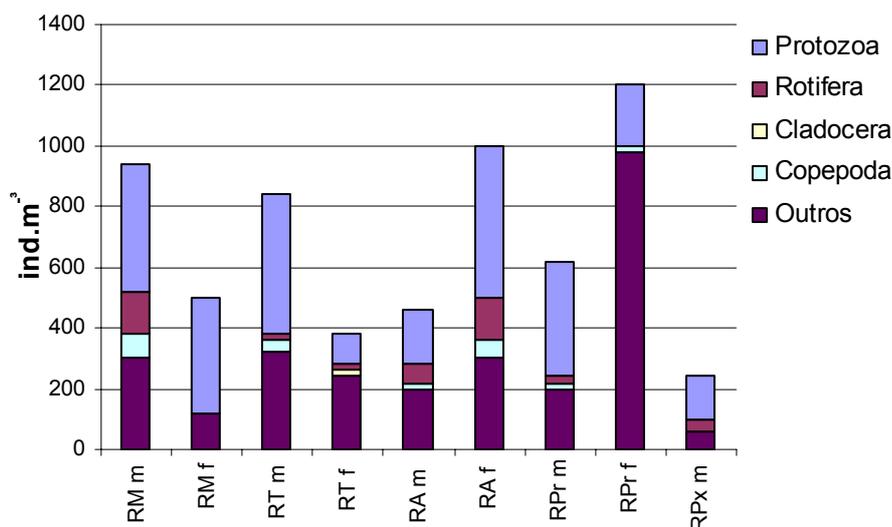


FIGURA 3.4
ABUNDÂNCIA DE ORGANISMOS ZOOPLANCTÔNICOS
(INDIVÍDUOS.M⁻³) NOS TRIBUTÁRIOS

Ainda com relação ao grupo dos outros invertebrados, deve-se ressaltar a ocorrência de elevada densidade de larva de bivalvia na foz do riacho da Prata. Este, portanto, é um fato que colabora com a maior contribuição do grupo dos outros invertebrados na composição da comunidade zooplânctônica dos tributários em relação aos pontos como mostra as Figuras 3.5 e 3.6.

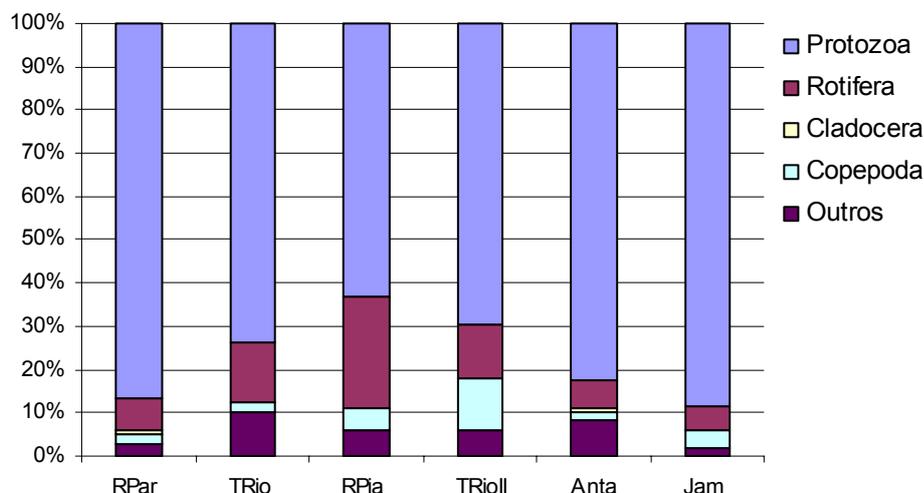


FIGURA 3.5
COMPOSIÇÃO RELATIVA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA NOS RIOS PARAÍBA DO SUL, PARAIBUNA E PIABANHA

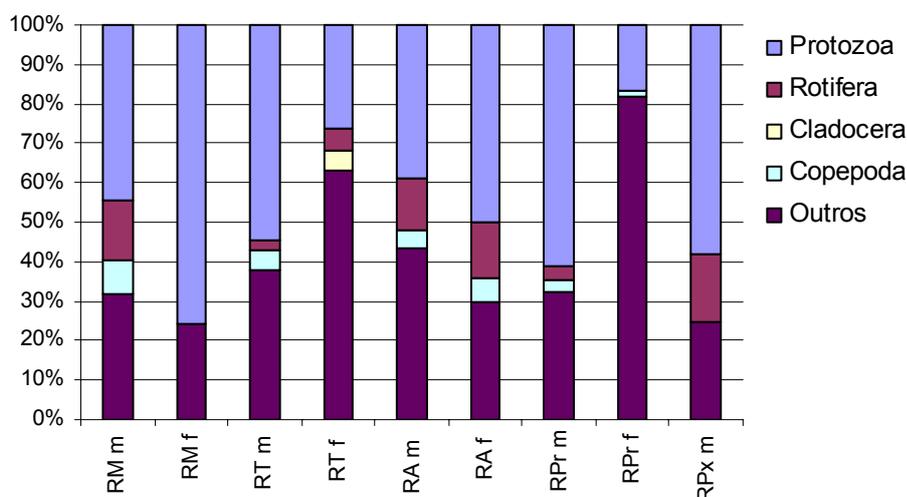


FIGURA 3.6
COMPOSIÇÃO RELATIVA DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA NOS TRIBUTÁRIOS

A comunidade zooplancônica apresentou baixos índices de diversidade (Figura 3.7), tendo sido verificado o maior valor no ponto do rio Paraíba do Sul, a montante da entrada dos tributários Paraibuna e Piabanha (TR1 – Três Rios 1). Em geral, nos menores tributários a maior diversidade foi verificada no ponto montante, excetuando-se o Riacho Areia, no qual a foz apresentou maior diversidade.

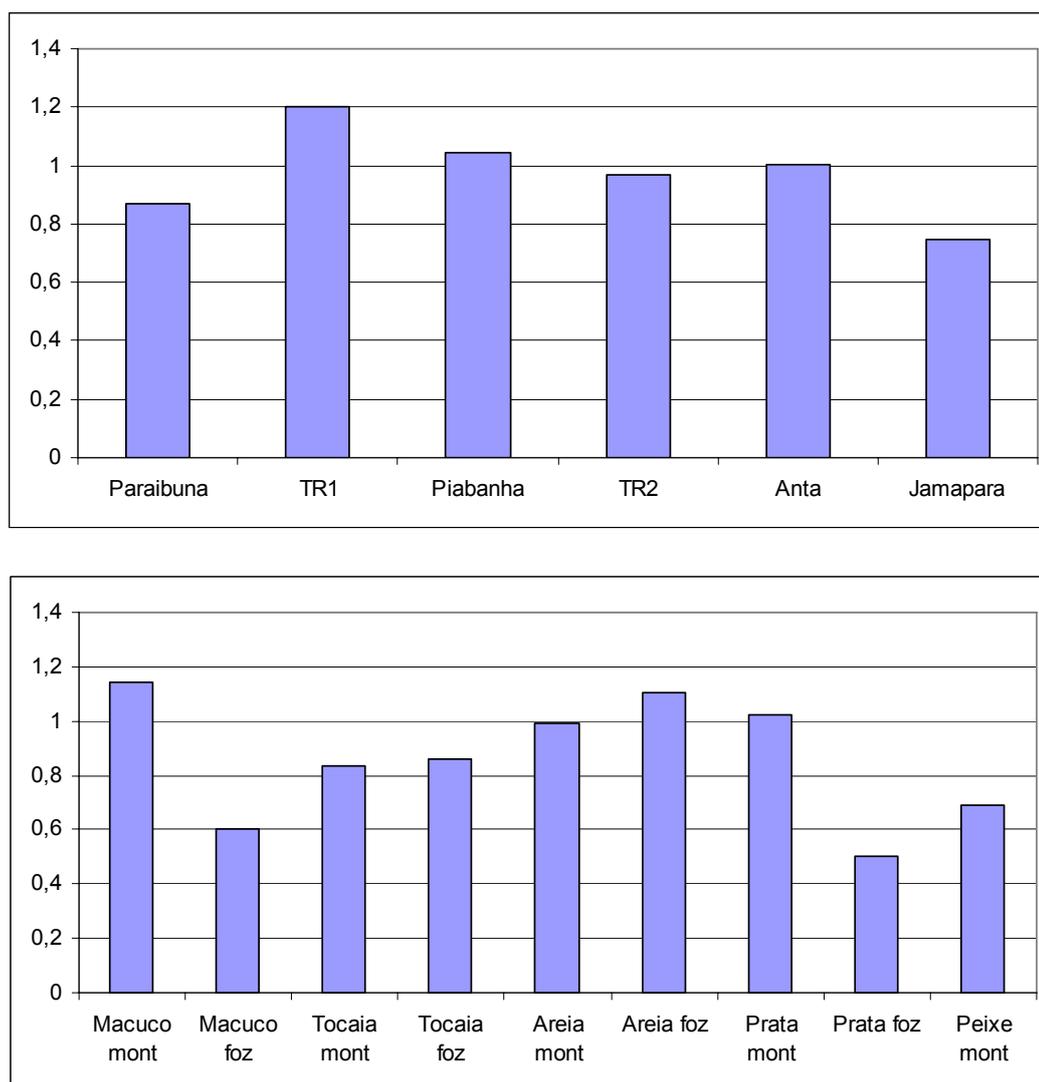


FIGURA 3.7
ÍNDICES DE DIVERSIDADE DO ZOOPLÂNCTON NOS PONTOS ESTUDADOS

Correlacionando-se a abundância dos principais grupos do zooplâncton com as variáveis ambientais analisadas nas coletas, constatou-se uma associação positiva significativa entre as densidades de protozoários e rotíferos com valores maiores de fósforo total, nitrato e coliformes totais (Quadro 3.3). Com isso, temos que as espécies em maior abundância destes dois grupos tem suas abundâncias favorecidas em maiores condições de trofia, incluindo situações com menor disponibilidade de oxigênio dissolvido. A correlação positiva do grupo dos copépodos com coliformes totais foi devido a maior abundância de formas jovens (náuplios) relacionada às altas densidades dessas bactérias. Formas náuplios de copépodos, caracteristicamente, são consumidoras ativas de bactérias e algas unicelulares.

QUADRO 3.3
CORRELAÇÕES (R-PEARSON) ENTRE GRUPOS DO
ZOOPLÂNCTON E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

GRUPO / VARIÁVEL	FÓSFORO TOTAL	NITRATO	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	COLIFORMES TOTAIS
Protozoários	0,70*	0,83*	-0,87*	0,66*
Rotíferos	0,75*	0,66*	-0,77*	0,62*
Cladóceros	0,04	0,06	0,23	0,07
Copépodos	0,24	0,55	-0,45	0,75*

NOTA: * $p < 0,005$

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi observado que a comunidade zooplanctônica encontrada apresentou principalmente espécies associadas a sedimentos límnicos ou à vegetação marginal. Com relação à composição da comunidade zooplanctônica, pode-se concluir que foram observadas uma maior abundância e diversidade no rio Paraíba do Sul na região a montante da foz dos rios Paraibuna e Piabanha, salientando a importância da diferenciação do rio após o recebimento desses importantes tributários. De um modo geral, maiores riquezas, abundâncias e diversidades foram encontradas na parte mais a montante dos outros tributários estudados. Isto indica a importância da manutenção desses sítios como locais de maior riqueza da comunidade zooplanctônica e estocadores de biodiversidade planctônica.

ANEXO IV - LEVANTAMENTO DAS FONTES DE POLUIÇÃO

LEVANTAMENTO DAS FONTES DE POLUIÇÃO

Todas as fontes potencialmente poluidoras existentes nas áreas dos futuros reservatórios de Anta, Tocaia, Louriçal, Calçado, Antonina, Peixe e no trecho de vazão reduzida do AHE Simplício foram identificadas, localizadas e qualificadas.

Foram também consultados os cadastros sobre lançamento de efluentes e fontes poluidoras da Agência Nacional de Águas – ANA, do Instituto de Gestão das Águas Mineiras – IGAM e do Sistema de Gestão Integrada da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Nesses cadastros não foram identificadas outras fontes poluidoras além das identificadas e mapeadas nos levantamentos de campo.

De maneira geral, as fontes poluidoras verificadas podem ser divididas em dois grupos: pontuais e difusas. As fontes pontuais foram identificadas através de informações obtidas junto às Prefeituras e da inspeção visual nos trabalhos de campo. As coordenadas de localização dessas fontes poluidoras pontuais foram levantadas em campo com o auxílio de GPS.

Já as fontes de poluição difusa, como a provocada pela lixiviação dos insumos agrícolas, foram identificadas e localizadas com o auxílio do mapa de uso do solo das áreas de contribuição a cada reservatório, além de terem sido verificadas e fotografadas em campo durante visita de inspeção.

O Quadro 1 adiante apresenta a lista das fontes pontuais identificadas, com a descrição da respectiva atividade potencialmente poluidora e as coordenadas UTM de localização levantadas.

Nas áreas urbanas, a poluição por esgoto doméstico é difusa, isto é, o lançamento do efluente é distribuído pela drenagem, devido à ausência de redes coletoras separadoras, elevatórias e estações de tratamento. No entanto, de modo a completar a identificação, cada área urbana também foi listada e localizada como um ponto. Alguns locais com atividade agrícola diferenciada também foram identificados como pontuais e listados.

Algumas fontes de poluição da cidade de Três Rios foram mapeadas, apesar de não estarem localizadas nas áreas dos reservatórios, devido à sua proximidade ao reservatório de Anta.

As Figuras 1 e 2 adiante apresentam a localização das fontes pontuais potencialmente poluidoras identificadas. Nessas figuras, foram mapeados também algumas casas e currais da área rural (pontos menores), que não estão listados no Quadro 1 por se tratarem de fontes muito distribuídas, portanto, difusas. As fontes pontuais estão localizadas no reservatório de Anta e no trecho de vazão reduzida.

Vale destacar que as áreas dos futuros reservatórios do circuito hidráulico de adução do AHE Simplício são exclusivamente rurais, não apresentando fontes pontuais. As Figuras 3 a 7 apresentam mapas de uso do solo das áreas de contribuição a esses reservatórios. As Figuras 9 a 12 são fotos panorâmicas das áreas a serem inundadas.

A Figura 8 apresenta um mapa de uso do solo da área de contribuição incremental entre a barragem de Anta e a casa de força de Simplício (trecho de vazão reduzida).

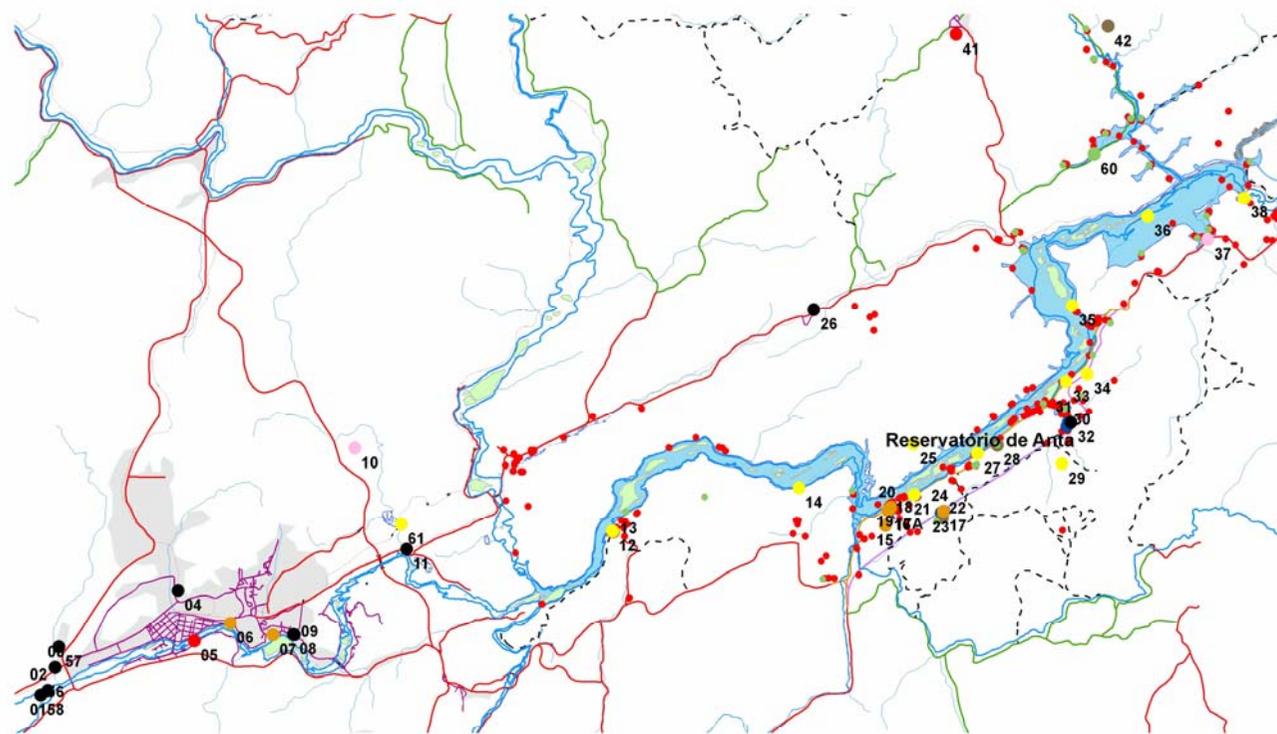
O Quadro 2 apresenta as áreas de contribuição a cada reservatório distribuídas por tipo de uso do solo.

QUADRO 1
FONTES PONTUAIS POTENCIALMENTE POLUIDORAS

FONTE	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE	COORDENADAS UTM	
			NORTE	LESTE
1	Telas Guará	Atividades Industriais	7551834	681934
2	NM (produtos alimentícios)	Atividades Industriais	7551923	682079
3	Bram (alimentícios) e Água Mineral	Atividades Industriais	7552380	682223
4	Fratelli (produtos alimentícios embutidos)	Atividades Industriais	7553949	684729
5	Esgoto Três Rios	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7552921	685059
6	Auto Posto Rodo Trevo Esso	Manipulação de Produtos Químicos	7553279	685793
7	Auto Posto Mil Ltda.	Manipulação de Produtos Químicos	7553039	686665
8	Ferreira International Ltda. (matadouro)	Atividades Industriais	7553050	687074
9	Sola S.A. (matadouro) e FRIBOI	Atividades Industriais	7553044	687103
10	Lixão de Três Rios	Disposição de Resíduos Sólidos	7556821	688327
11	Cerâmica Rua Direita	Atividades Industriais	7554773	689386
12	Extração de Areia - Areal Porto Velho Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7555142	693571
13	Posto de Gasolina	Manipulação de Produtos Químicos	7555123	693590
14	Extração de Areia - Areal Bem Posta Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7556025	697368
15	Oficina	Manipulação de Produtos Químicos	7555255	699127
16	Borracheiro	Manipulação de Produtos Químicos	7555566	699170
17	Oficina	Manipulação de Produtos Químicos	7555550	700304
17	Carvoaria	Manipulação de Produtos Químicos	7555578	699190
18	Lava-Jato	Manipulação de Produtos Químicos	7555585	699204

FONTE	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE	COORDENADAS UTM	
			NORTE	LESTE
19	Posto de Gasolina	Manipulação de Produtos Químicos	7555634	699242
20	Posto do Bairro 21 (BR)	Manipulação de Produtos Químicos	7555618	699216
21	Pedreira e Areal	Exploração de Recursos Minerais	7555889	699709
22	Alambique	Atividades Agroindustriais	7555409	700283
23	Estufa de flor	Atividades Agrícolas	7555517	700265
24	Viveiro	Atividades Agrícolas	7555550	700312
25	Silo de Areia - Areal Barra Longa Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7556907	699698
26	Cerâmica Boa Vista	Atividades Industriais	7559627	697670
27	Silo de Areia - Areal Porto Velho Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7556716	7000999
28	Moinho de Milho	Atividades Agroindustriais	7556884	701401
29	Silo de Areia - Areal Três Areias Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7556507	702719
30	Plantação Cana	Atividades Agrícolas	7557259	702824
31	Milharal e Pomar	Atividades Agrícolas	7557345	702856
32	Fornalha	Atividades Industriais	7557341	702905
33	Extração de Areia - Areal Três Areais Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7558176	702809
34	Silo de Areia - Areal Sítio da Pedra II Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7558330	703236
35	Areal	Exploração de Recursos Minerais	7559708	702930
36	Extração de Barro - Ilha do Nelinho	Exploração de Recursos Minerais	7561513	704466
37	Lixão de Anta e Sapucaia	Disposição de Resíduos Sólidos	7561045	705691
38	Extração de Areia - Areal Sítio da Pedra I Ltda.	Exploração de Recursos Minerais	7561890	706431
39	Posto Atlantic em Anta	Manipulação de Produtos Químicos	7561530	707487
40	Esgoto de Anta	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7562041	707589
41	Esgoto de Chiador	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7565197	700569
42	Alambique	Atividades Agroindustriais	7565358	703661
43	Alambique	Atividades Agroindustriais	7565700	708256
44	Extração e Silo de Areia - Areal Espelho d'Água	Exploração de Recursos Minerais	7565100	712357

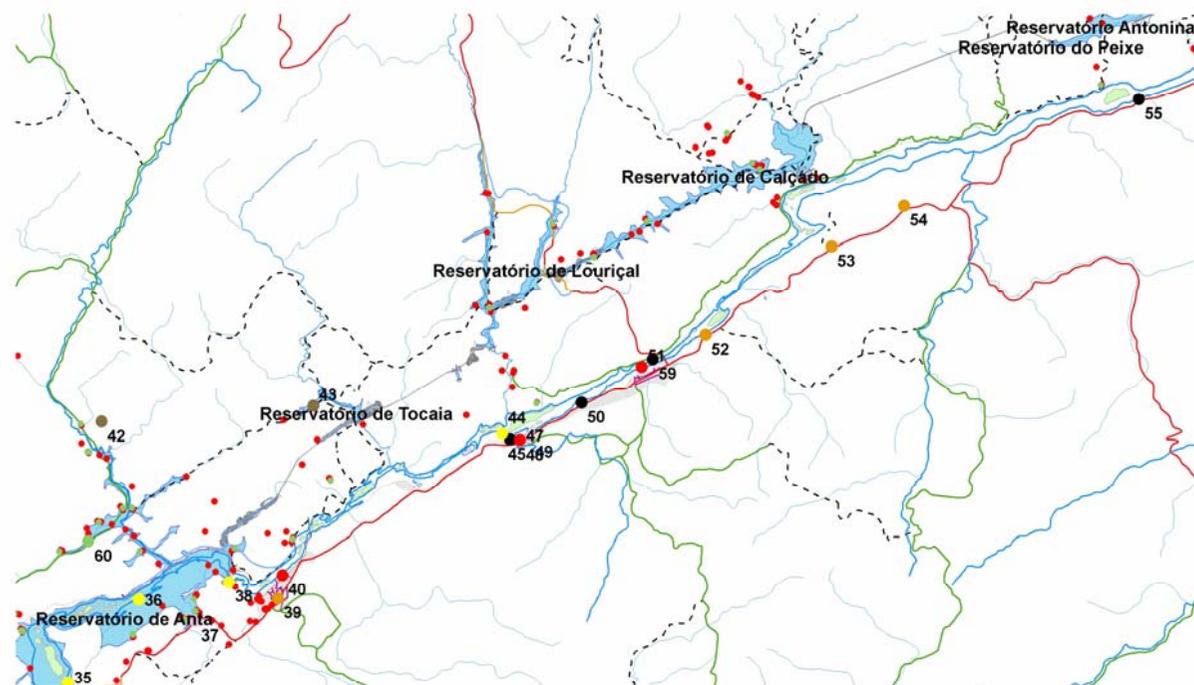
FONTE	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE	COORDENADAS UTM	
			NORTE	LESTE
45	Fábrica de Carrocerias de Madeira	Atividades Industriais	7564972	712522
46	Matadouro	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7564962	712742
47	Lançamento e Esgoto de Sapucaia	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7564962	712742
48	Lançamento de Esgoto de São João	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7564962	712742
49	Usina de Separação de Papel e Plástico	Disposição de Resíduos Sólidos	7565022	712945
50	Fábrica de Cachaça	Atividades Industriais	7565766	714071
51	Lançamento e Esgoto de Sapucaia	Esgoto Doméstico - Área Urbana	7566539	715378
52	Posto de Gasolina BR Flor da Manga	Manipulação de Produtos Químicos	7567233	716763
53	Posto Lampião (TEXACO)	Manipulação de Produtos Químicos	7569150	719501
54	Posto Radar (ESSO)	Manipulação de Produtos Químicos	7570031	721072
55	Indústria de Água Mineral Águas do Porto	Atividades Industriais	7572324	726170
56	ASK Acessórios para Instrumentos Musicais	Atividades Industriais	7551834	681934
57	AD Lider	Atividades Industriais	7552796	682299
58	Fábricas do Cantagalo	Atividades Industriais	7551834	681934
59	Curtume	Atividades Industriais	7566708	715617
60	Piscicultura	Atividades Agropecuárias	7562777	703374
61	Pedreira São Sebastião	Exploração de Recursos Minerais	7555281	689279



Legenda

- | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| ● Esgoto Doméstico - Área Urbana | ● Exploração de Recursos Minerais | ● Atividades Agroindustriais |
| ● Esgoto Doméstico - Área Rural | ● Serviços com Manipulação de Produtos Químicos | ● Atividades Industriais |
| ● Criação de Animais | ● Atividades Agrícolas | |
| ● Disposição de Resíduos Sólidos | ● Atividades Agropecuárias | |

FIGURA 1
FONTES PONTUAIS POTENCIALMENTE POLUIDORAS

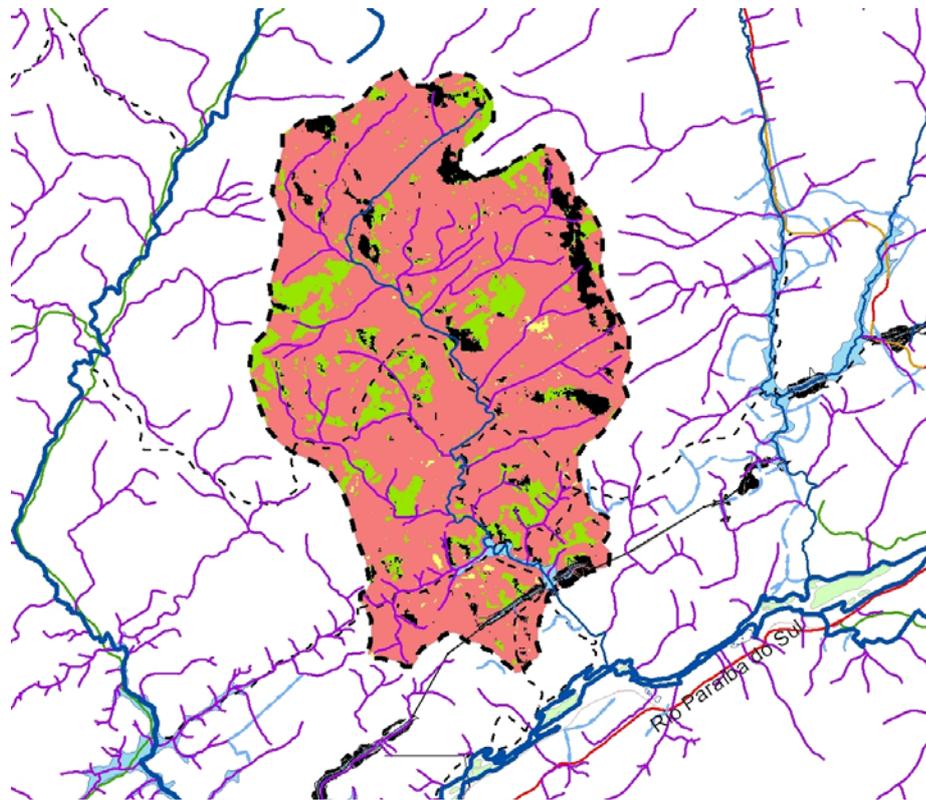

Legenda

- | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|
| ● Esgoto Doméstico - Área Urbana | ● Exploração de Recursos Minerais | ● Atividades Agroindustriais |
| ● Esgoto Doméstico - Área Rural | ● Serviços com Manipulação de Produtos Químicos | ● Atividades Industriais |
| ● Criação de Animais | ● Atividades Agrícolas | |
| ● Disposição de Resíduos Sólidos | ● Atividades Agropecuárias | |

FIGURA 2
FONTES PONTUAIS POTENCIALMENTE POLUIDORAS (CONTINUAÇÃO)

QUADRO 2
ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO AOS RESERVATÓRIOS DISTRIBUÍDAS POR TIPO DE USO DO SOLO

ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	ÁREA TOTAL DE DRENAGEM (KM ²)	ÁREA POR USO DO SOLO (KM ²)					
		FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL	AGROPECUÁRIA	SOLO EXPOSTO	ÁREA URBANA	ÁGUA	SOMBRA
Reservatório do Peixe	0,5	0,06	0,40	0,01			0,01
Reservatório de Antonina	1,8	0,08	1,48	0,20			0,05
Reservatório de Tocaia	24,8	3,13	20,04	0,15			1,47
Reservatório de Calçado	31,7	15,05	14,48	0,41			1,73
Reservatório Lourical	87,1	21,16	60,64	0,69			4,64
Trecho de Vazão Reduzida	184,4	31,37	136,96	3,71	1,16	2,92	8,28

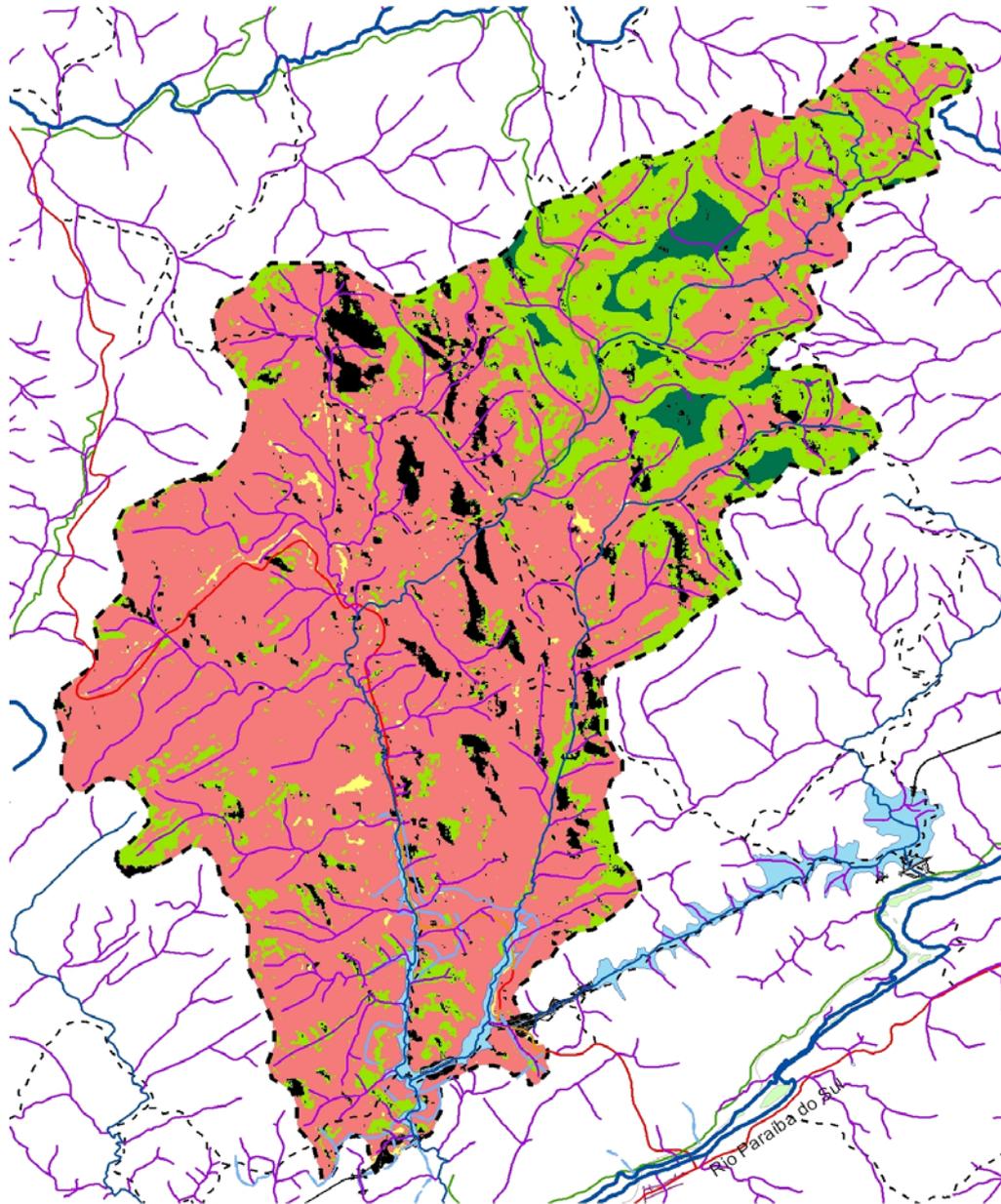


Área de Contribuição ao Reservatório de Tocaia

Legenda

- | | | | |
|---|------------------|---|---|
|  | Área Inundada |  | Floresta Estacional Semidecidual em regeneração |
|  | Área de Drenagem |  | Agropecuária |
| | |  | Solo Exposto |
| | |  | Sombra |

FIGURA 3
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
AO RESERVATÓRIO DE TOCAIA

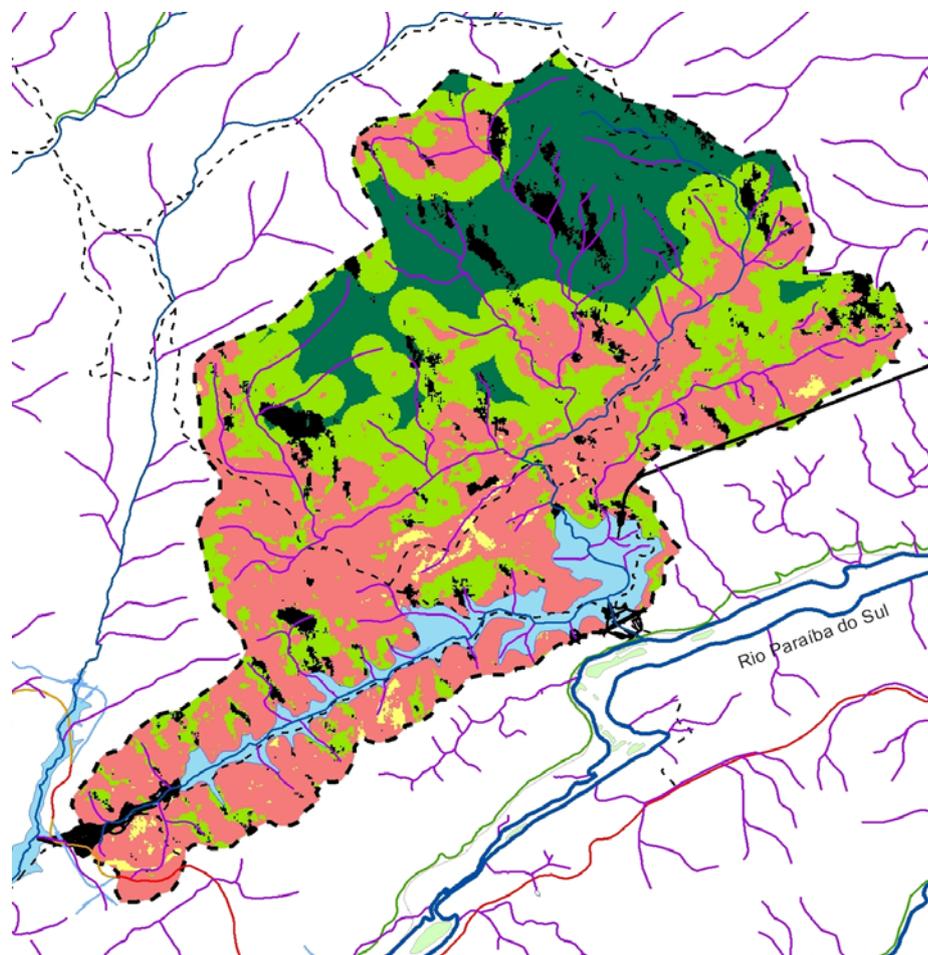


Área de Contribuição ao Reservatório de Louriçal

Legenda

 Área Inundada	 Floresta Estacional Semidecidual
 Área de Drenagem	 Floresta Estacional Semidecidual em regeneração
	 Agropecuária
	 Solo Exposto
	 Sombra

FIGURA 4
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
AO RESERVATÓRIO DE LOURIÇAL



Área de Contribuição ao Reservatório de Calçado

Legenda

	Área Inundada		Floresta Estacional Semidecidual
	Área de Drenagem		Floresta Estacional Semidecidual em regeneração
			Agropecuária
			Solo Exposto
			Sombra

FIGURA 5
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
AO RESERVATÓRIO DE CALÇADO

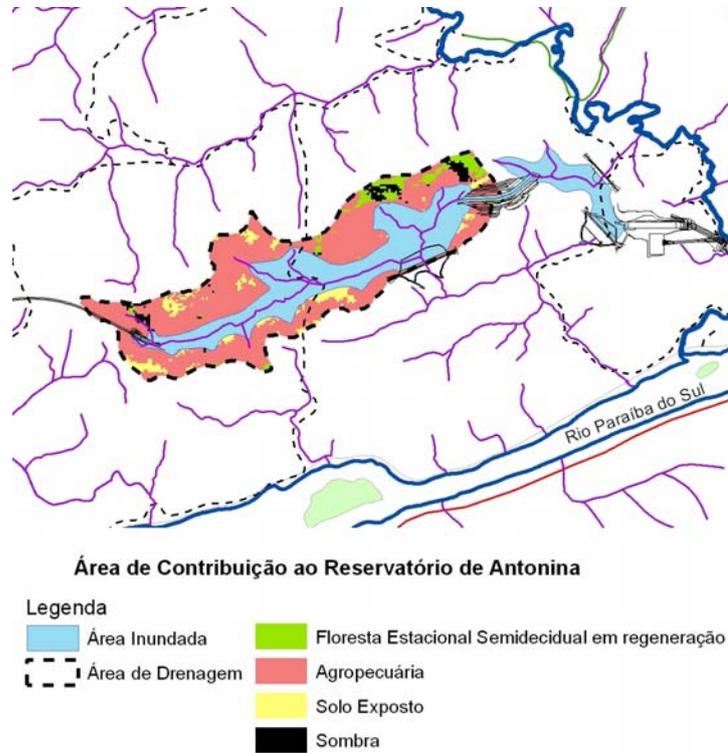


FIGURA 6
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO AO RESERVATÓRIO DE ANTONINA

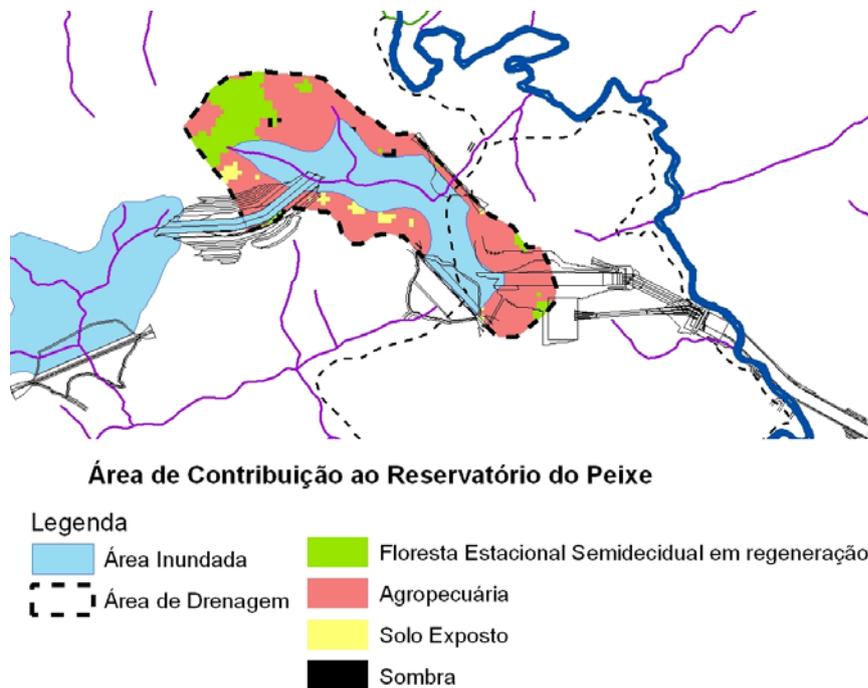
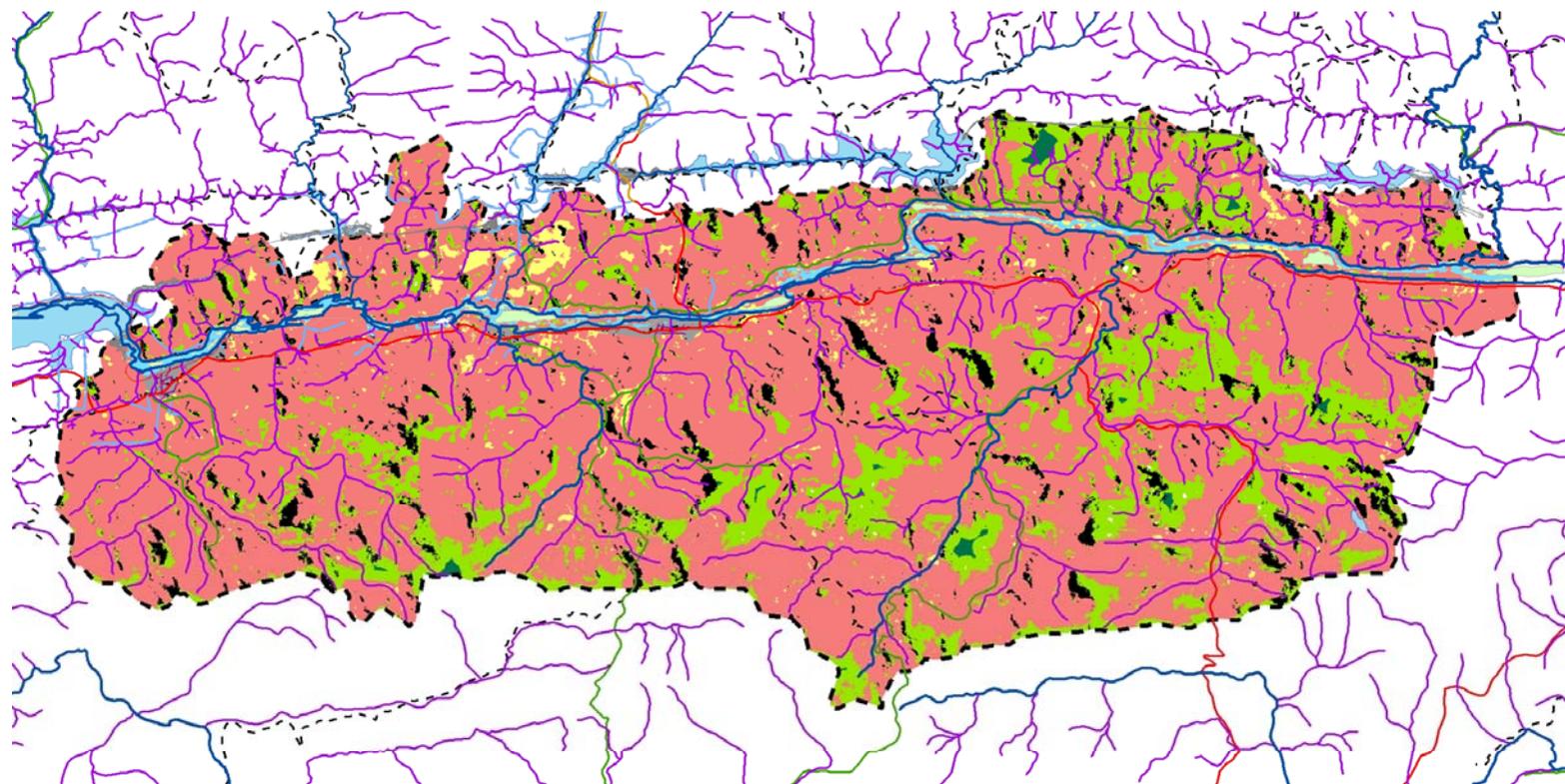


FIGURA 7
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO AO RESERVATÓRIO DE PEIXE



Área de Contribuição ao Trecho de Vazão Reduzida

Legenda

 Área Inundada	 Floresta Estacional Semidecidual	 Solo Exposto
 Área de Drenagem	 Floresta Estacional Semidecidual em regeneração	 Área urbana
	 Floresta Estacional Semidecidual ripariana	 Água
	 Agropecuária	 Sombra

FIGURA 8
USO DO SOLO NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO INCREMENTAL AO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA



FIGURA 9
VISTA PANORÂMICA DA ÁREA INUNDADA PELO RESERVATÓRIO
DE CALÇADO (N 7568918 / E 714317). MAIO DE 2006



FIGURA 10
VISTA PANORÂMICA DA ÁREA INUNDADA PELO RESERVATÓRIO
DE ANTONINA (N 7574230 / E 725287). MAIO DE 2006



FIGURA 11
VISTA PANORÂMICA DA ÁREA INUNDADA PELO RESERVATÓRIO
DE LOURIÇAL. MAIO DE 2006



FIGURA 12
VISTA PANORÂMICA DA ÁREA INUNDADA PELO
RESERVATÓRIO DE TOCAIA. MAIO DE 2006

A seguir é apresentado o registro fotográfico



FIGURA 13
LANÇAMENTO DE ESGOTO NO RIO PARAÍBA DO SUL ATRAVÉS DA REDE DE DRENAGEM NO CENTRO DE SAPUCAIA. EXEMPLO DE POLUIÇÃO DIFUSA. (N 7566147 / E 714925)

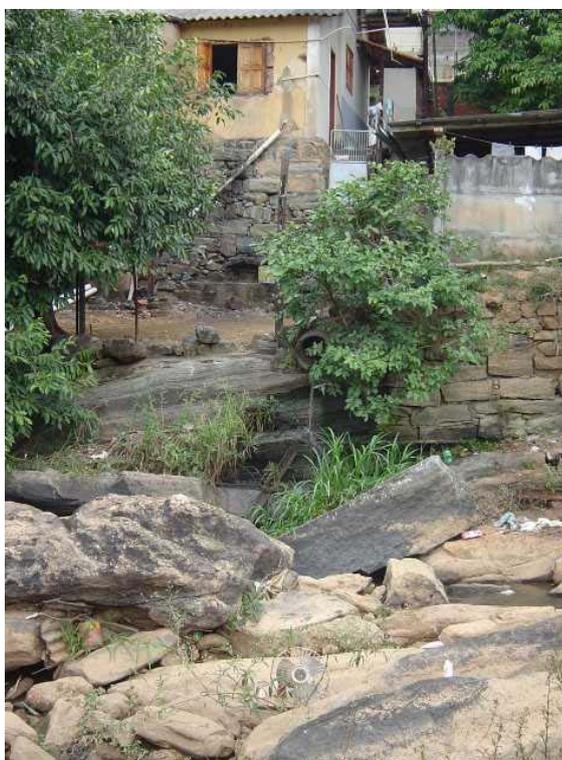


FIGURA 14
LANÇAMENTO DE ESGOTO NO RIO PARAÍBA DO SUL ATRAVÉS DA REDE DE DRENAGEM NO CENTRO DE SAPUCAIA. OUTRO EXEMPLO DE POLUIÇÃO DIFUSA. (N 7555281 / E 689279)



FIGURA 15
CONDIÇÕES SANITÁRIAS CRÍTICAS NO BRAÇO DIREITO
DA ILHA DE SAPUCAIA (N 7566236 / E 715070)



FIGURA 16
LANÇAMENTO DIRETO DE ESGOTO RESIDENCIAL NO BRAÇO
DIREITO DA ILHA DE SAPUCAIA(N 7566236 / E 715070)



FIGURA 17
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIA FERREIRA INTERNATIONAL
LTDA (N 7553050 / E 687074)



FIGURA 18
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIA
SOLA S.A. (N 7553044 / E 687103)



FIGURA 19
VISTA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA SOLA S.A.
NA MARGEM DO RIO PARAÍBA DO SUL EM TRÊS RIOS (N 7553044 / E 687103)



FIGURA 20
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: FRIBOI (N 7552839 / E 686856)



FIGURA 21
LIXÃO DE TRÊS RIOS (N 7556821 / E 688327)



FIGURA 22
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: AUTO POSTO MIL LTDA. (N 7553039 / E 686665)



FIGURA 23
SAÍDA DA LAGOA DAS PROMESSAS NO RIO PARAÍBA DO SUL. A LAGOA FICA PRÓXIMA AO LIXÃO DE TRÊS RIOS (N 7554761 / E 689399)



FIGURA 24
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: PEDREIRA SÃO SEBASTIÃO (N 7555281 / E 689279)



FIGURA 25
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: AUTO POSTO RODO TREVO
ESSO, NA BEIRA DO RIO PARAÍBA (N 7553279 / E 685793)



FIGURA 26
FOZ DO CÓRREGO DOS PURYS NO RIO PARAÍBA DO SUL, QUE RECEBE OS
ESGOTOS DOMÉSTICOS DA MAIOR PARTE DA CIDADE DE TRÊS RIOS
(N 7552921 / E 685059)



FIGURA 27
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIAS
BRAM E ÁGUA MINERAL (N 7552380 / E 682223)



FIGURA 28
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA:
ÁGUA MINERAL (N 7552796 / E 682299)



FIGURA 29
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIA
AD LÍDER (N 7552796 / E 682299)



FIGURA 30
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA NM (N 7551923 / E 682079)



FIGURA 31
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA:
TELAS GUARÁ (N 7551834 / E 681934)



FIGURA 32
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: ASK ACESSÓRIOS
PARA INSTRUMENTOS MUSICAIS (N 7551834 / E 681934)



FIGURA 33
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: FÁBRICAS DO CANTAGALO
(N 7551834 / E 681934)



FIGURA 34
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: INDÚSTRIA
FRATELLI (N 7553949 / E 684729)



FIGURA 35
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: ÁGUA MINERAL
NATURAL ÁGUAS DO PORTO (N 7572324 / E 726170)



FIGURA 36
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: POSTO BR
FLOR DA MANGA (N 7567233 / E 716763)



FIGURA 37
DESEMBOQUE NO RIO PARAÍBA DO SUL DO CÓRREGO CAMPO DAS FLORES,
QUE DRENA A MAIOR PARTE DO CENTRO DE SAPUCAIA. (N 7566539 / E 715378)



FIGURA 38
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: CURTUME, COM TRÁFEGO
DE CAMINHÕES DE COURO E SAL. (N 7566708 / E 715617)



FIGURA 39
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: EXTRAÇÃO DE
AREIA NO RIO PARAÍBA DO SUL (N 7555889/ E 699709)



FIGURA 40
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: EXTRAÇÃO DE
AREIA NO RIO PARAÍBA DO SUL (N 7556716 / E 700999)



FIGURA 41
DRAGA EM OPERAÇÃO



FIGURA 42
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: EXTRAÇÃO
DE AREIA (N 7558176 / E 702809)



FIGURA 43
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: PISCICULTURA
DE CARPA E TILÁPIA (N 7562777 / E 703374)



FIGURA 44
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: LOCAL DE LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA COOPERATIVA DE LEITE DE SAPUCAIA (N 7566202 / E 687103)



FIGURA 45
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: POSTO BR DO BAIRRO 21 (N 7555618 / E 699216)



FIGURA 46
FONTE POTENCIALMENTE POLUIDORA: LIXÃO
DE ANTA E SAPUCAIA (N 7561045 / E 705691)



FIGURA 47
CÓRREGO QUE RECEBE OS ESGOTOS DOMÉSTICOS DA MAIOR PARTE DO
DISTRITO DE ANTA E LANÇA NO RIO PARAÍBA DO SUL (N 7562041 / E 707589)