

# UHE Serra da Mesa

Monitoramento limnológico e da qualidade da água do reservatório

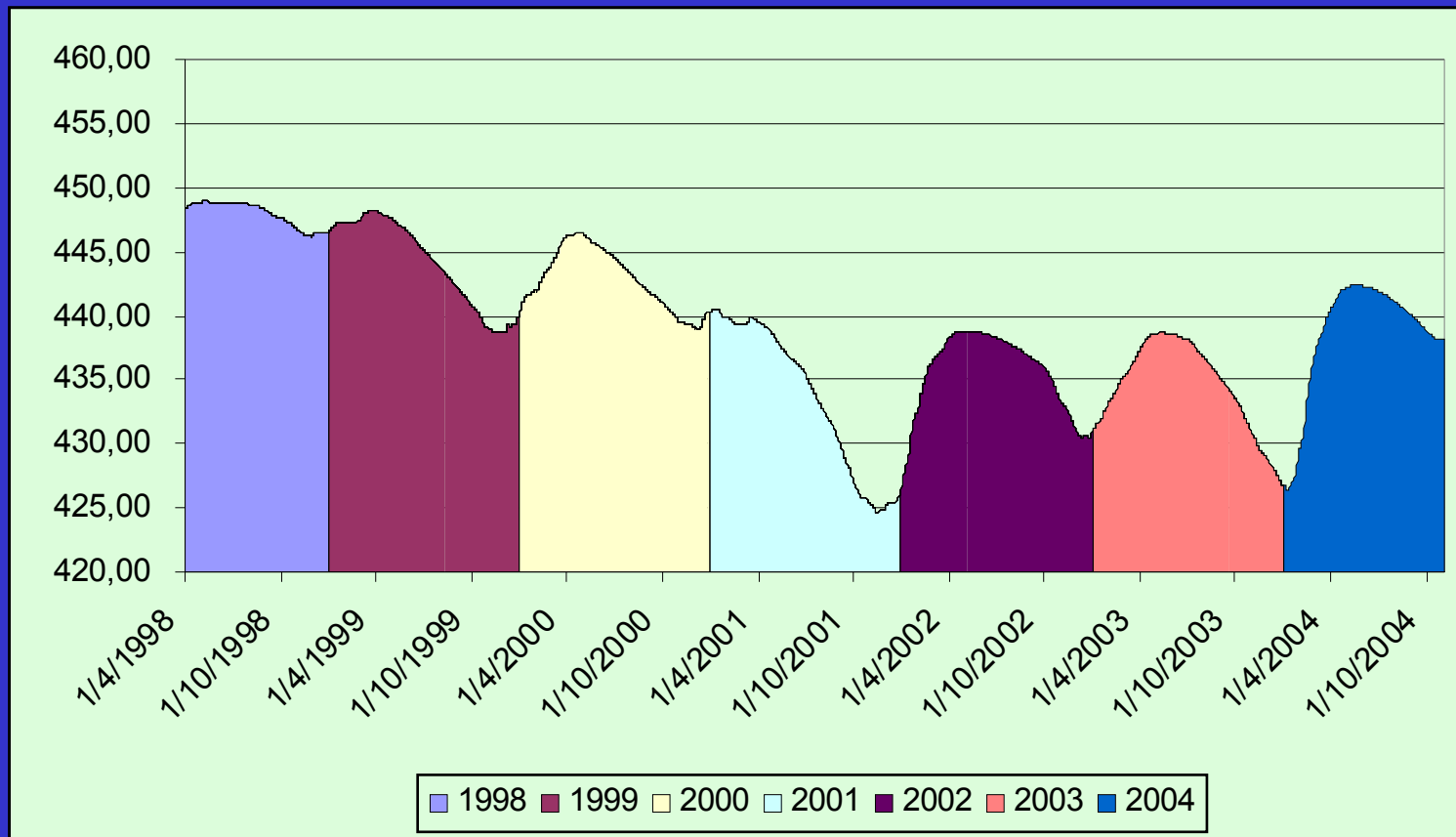
Responsável técnico: biol. Rodrigo De Filippo

# Importância de Serra da Mesa para a cascata do rio Tocantins



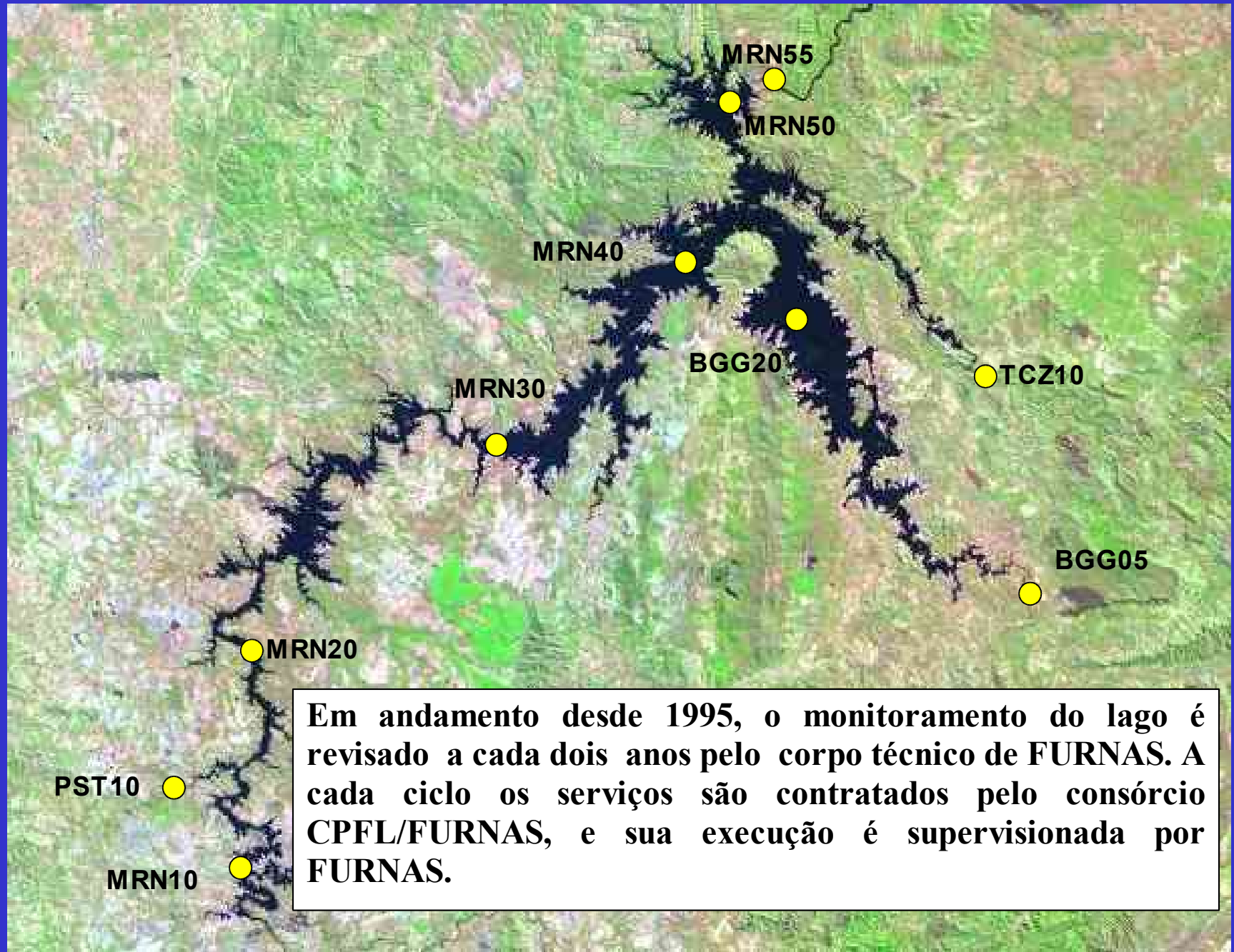
**Serra da Mesa é o principal reservatório de acumulação do sistema. A regularização da vazão permite a otimização das usinas a jusante, que operam a fio d'água. Se Serra da Mesa fosse menor, algumas das usinas a jusante teriam que ser maiores, e o impacto ambiental global do conjunto de aproveitamentos poderia ser mais amplo.**

# Importância de Serra da Mesa para a cascata do rio Tocantins



**Como usina regularizadora, Serra da Mesa está sujeita a variações sazonais do nível da água. Durante o período de racionamento ela foi exigida a quase o limite de sua capacidade. Tivesse ela porte menor tamanho, a geração de energia teria sido paralisada.**

# Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água



**Em andamento desde 1995, o monitoramento do lago é revisado a cada dois anos pelo corpo técnico de FURNAS. A cada ciclo os serviços são contratados pelo consórcio CPFL/FURNAS, e sua execução é supervisionada por FURNAS.**

# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

**Estão sendo levantadas dúvidas sobre a qualidade da água do reservatório de Serra da Mesa, que podem ser sintetizadas nas cinco questões abaixo, que serão devidamente respondidas.**



**A atividade agrícola na região contamina a água com pesticidas?**

**O desmatamento prévio era necessário?**

**O reservatório está eutrofizado?**

**As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago?**

**A concentração de mercúrio na água do lago está alta?**



## **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

Os esclarecimentos se baseiam nos dados obtidos por oito anos de monitoramento do reservatório de Serra da Mesa, e nos vinte e cinco anos de experiência do corpo técnico de FURNAS em limnologia de reservatórios, avaliação de impactos ambientais de projetos hidrelétricos e monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos.



# Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água

## O QUE É LIMNOLOGIA?



A Limnologia é a parte da Ciência que estuda os ecossistemas aquáticos continentais, sejam rios e lagos, naturais ou artificiais, na grande maioria das vezes, de água doce.

A Limnologia aborda os aspectos físicos (temperatura, transparência, vazão, etc), químicos (compostos orgânicos e inorgânicos importantes para a vida aquática) e biológicos (organismos que vivem no ambiente aquático).

O monitoramento limnológico é o acompanhamento de longo prazo dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no ambiente aquático, que permite a compreensão holística de como os lagos funcionam, e uma avaliação contínua de sua qualidade ambiental.

# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

## **DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO**

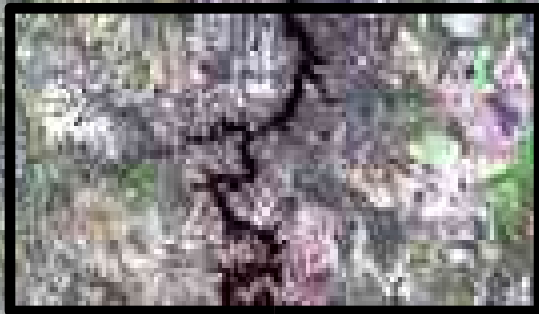


**A atividade agrícola na região contamina a água com pesticidas?**



## **A atividade agrícola polui o lago?**

**A imagem de satélite mostra que a ocupação do perímetro do lago é esparsa, com predominância de pastagens.**



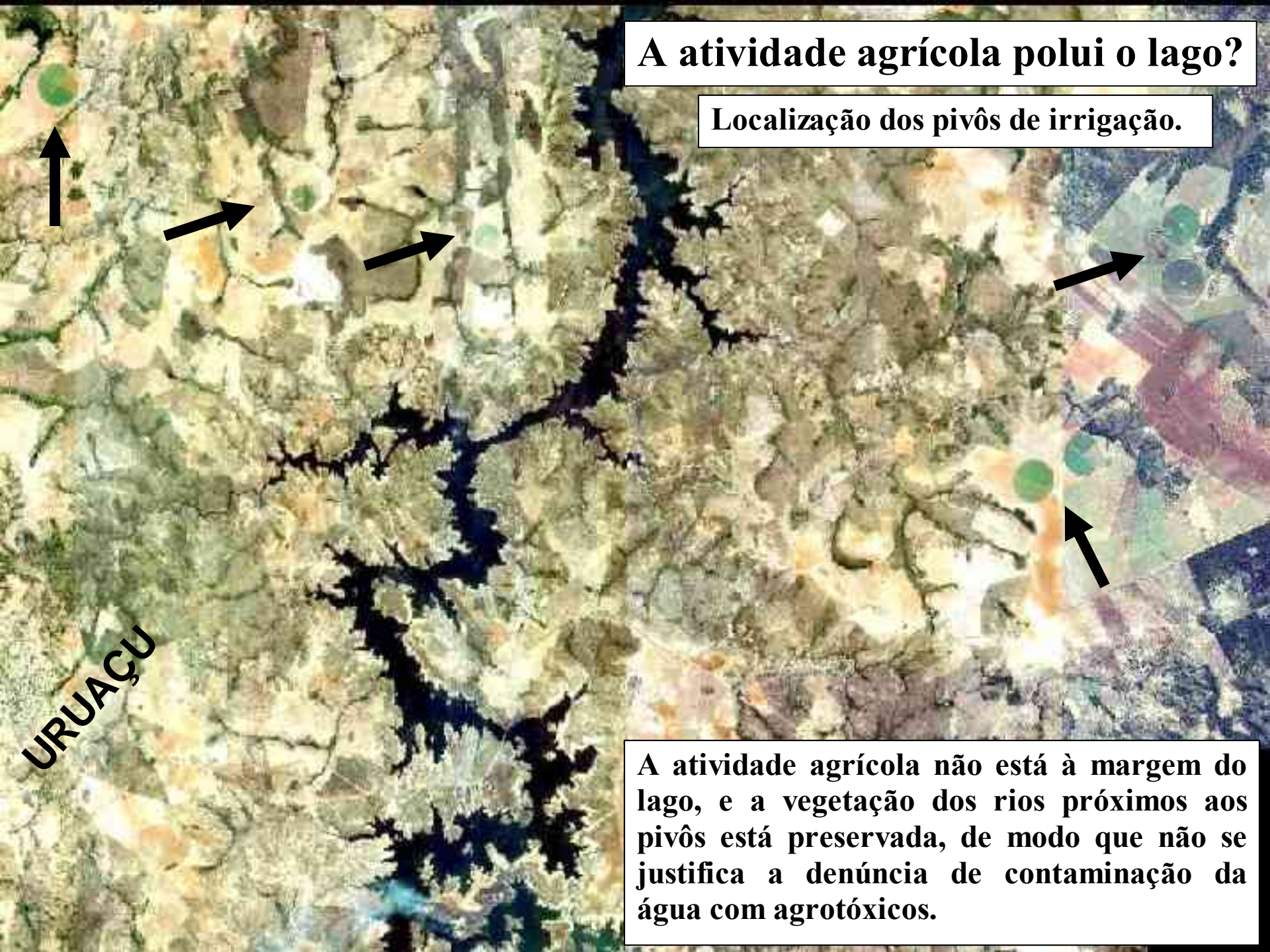
**A agricultura irrigada está presente na região de Uruaçu e Niquelândia, mas distante das margens do lago.**

# A atividade agrícola polui o lago?

Localização dos pivôs de irrigação.

URUAÇU

A atividade agrícola não está à margem do lago, e a vegetação dos rios próximos aos pivôs está preservada, de modo que não se justifica a denúncia de contaminação da água com agrotóxicos.





An aerial photograph showing a complex network of rivers and streams flowing through a landscape. The terrain is a mix of green, brown, and yellow, indicating different land uses and vegetation. The river network is dense and branching, with a main channel and many tributaries. The water bodies are dark blue/black, contrasting with the lighter land colors.

**A atividade agrícola polui o lago?**

**Vale destacar que não cabe a FURNAS definir diretrizes ou fiscalizar os usos da bacia hidrográfica.**

# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

## **DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO**



**O desmatamento prévio era necessário?**



# O desmatamento prévio era necessário?

**Primeiramente é necessário distinguir dois conceitos:**

**DESMATAMENTO:** corte da vegetação para aproveitamento econômico.

**LIMPEZA:** corte de toda a cobertura vegetal e retirada de todos os resíduos da bacia de acumulação.



# O desmatamento prévio era necessário?

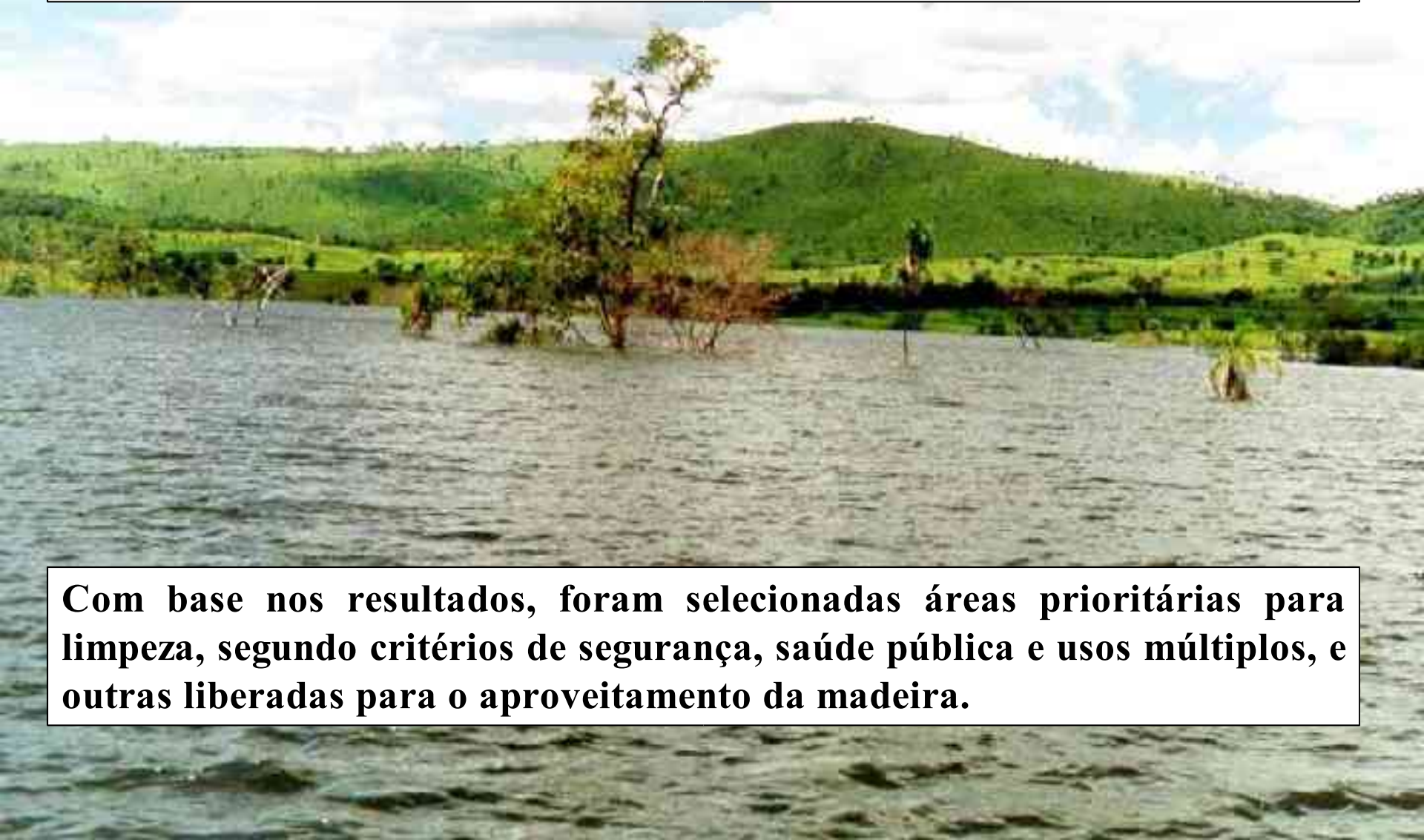
A limpeza de 178.400 hectares é tecnicamente impossível dentro de prazos que superem a capacidade de rebrota da vegetação.



Foram realizadas simulações matemáticas para avaliar quanto de material vegetal seria necessário retirar para minimizar o impacto ambiental e qual o efeito dessa decomposição sobre a qualidade da água.

# **O desmatamento prévio era necessário?**

**Os resultados indicaram que não havia a necessidade de limpeza de toda a área de inundação.**



**Com base nos resultados, foram selecionadas áreas prioritárias para limpeza, segundo critérios de segurança, saúde pública e usos múltiplos, e outras liberadas para o aproveitamento da madeira.**



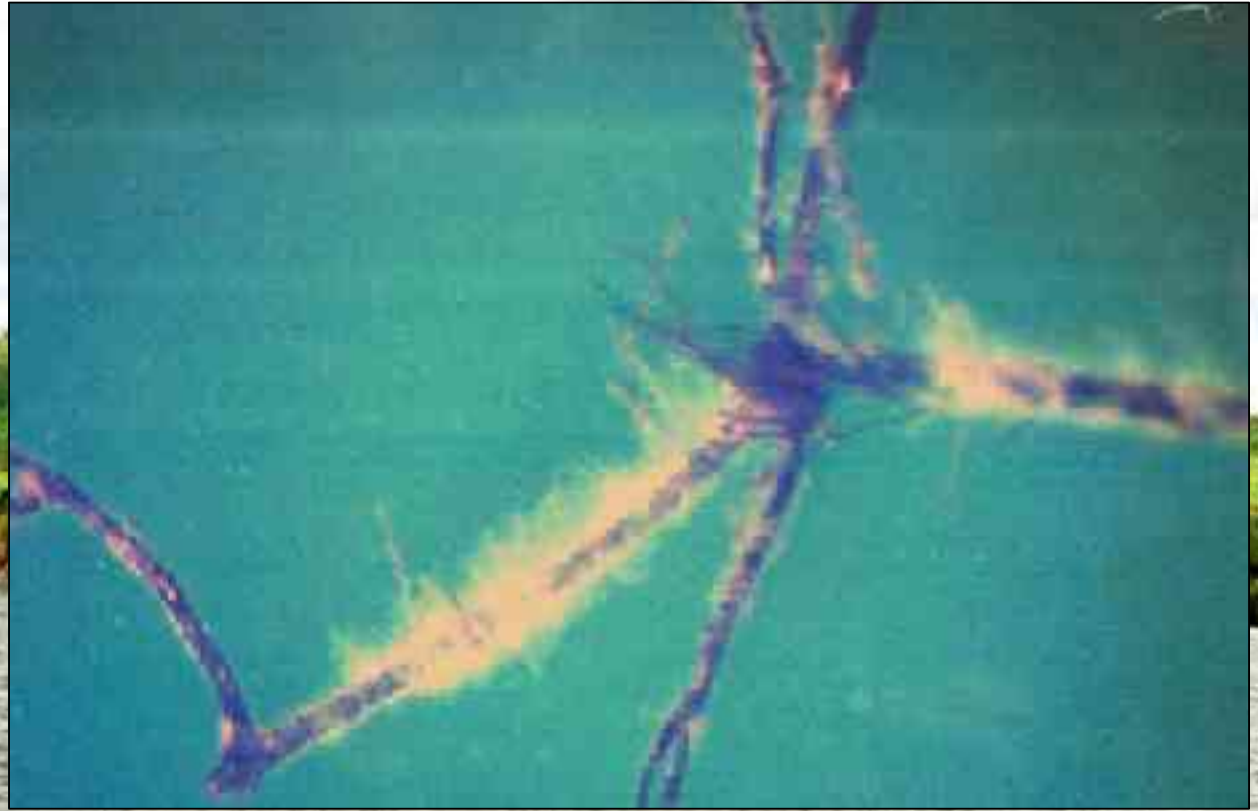
## **Vantagens de se manter a vegetação:**



**Quando se avalia um ambiente, não se pode permitir que a ótica antropocêntrica prevaleça.**

**O cenário aparentemente desagradável de árvores emergindo do espelhos d'água é de fundamental importância para a manutenção da biodiversidade.**

## **Vantagens de se manter a vegetação:**



**Os remanescentes vegetais evitam que as ondas provoquem erosão das margens e destruam locais de desova de peixes.**

**Os troncos protegem os peixes jovens de predadores.**

**Os galhos podem sustentar o crescimento de algas e organismos microscópicos que servem de alimento para peixes jovens.**

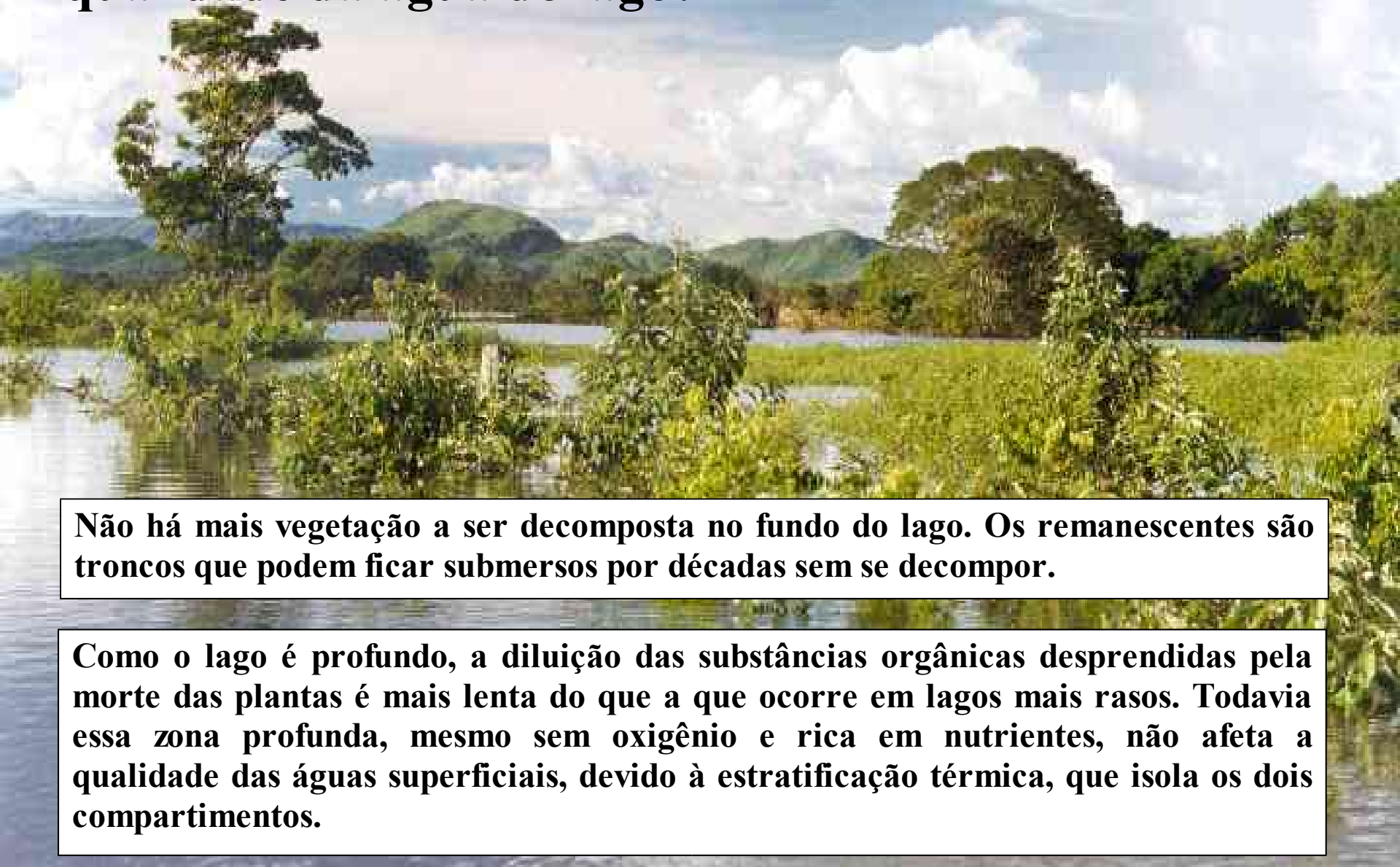
# **A decomposição da vegetação prejudicou a qualidade da água do lago?**

**A decomposição da vegetação provocou a redução do oxigênio dissolvido na água em duas ocasiões, em áreas localizadas, durante o enchimento do reservatório. Apesar disso não ocorreu mortandade de peixes no lago. Não houve registros de desoxigenação da água após a entrada em operação da usina.**

**A decomposição da vegetação liberou na água substâncias orgânicas e inorgânicas que favoreceram o crescimento de plantas aquáticas durante o enchimento. A depuração natural da água e a flutuação do nível do lago, ocasionada pela operação da usina, acabaram por eliminar essas plantas. Hoje não há mais plantas aquáticas no reservatório.**



# **A decomposição da vegetação prejudicou a qualidade da água do lago?**

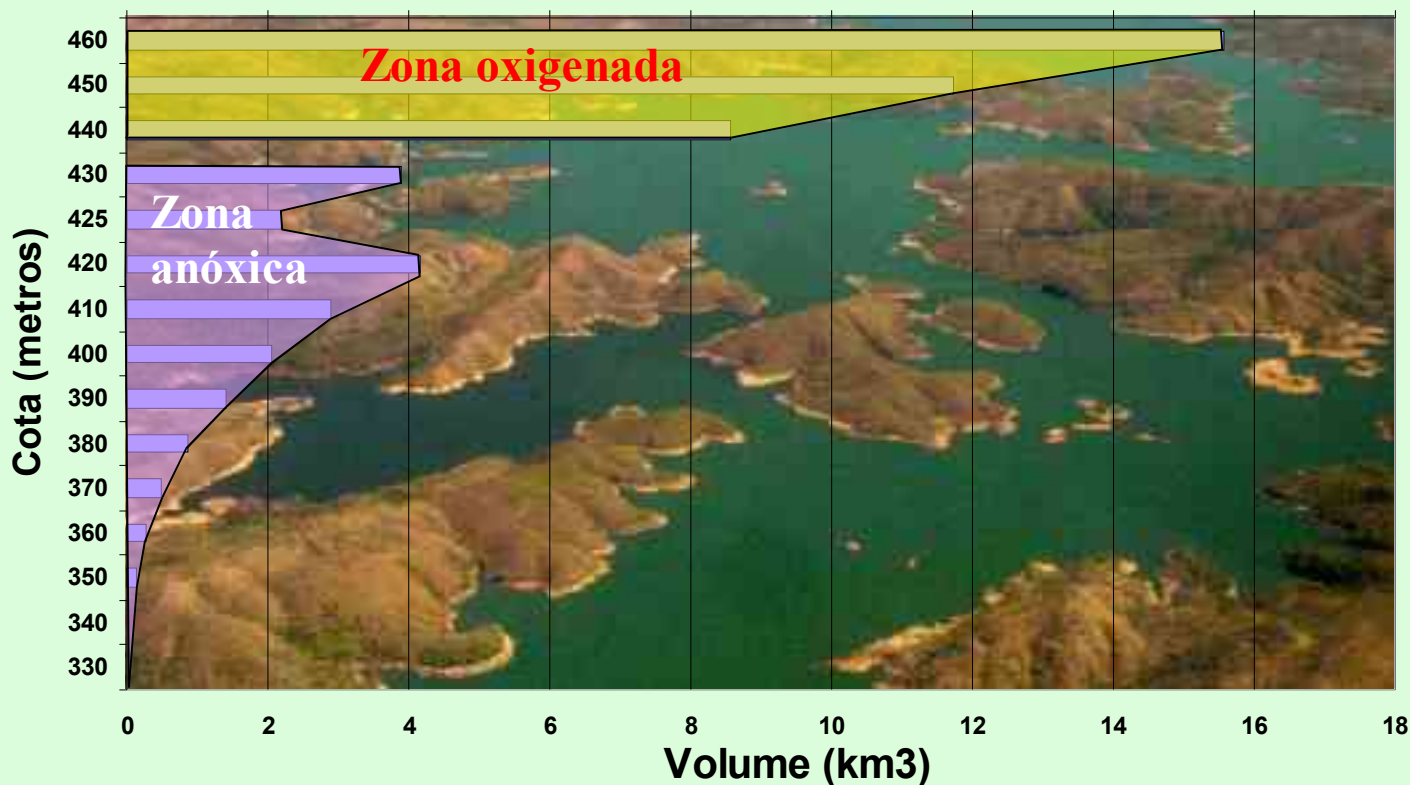


**Não há mais vegetação a ser decomposta no fundo do lago. Os remanescentes são troncos que podem ficar submersos por décadas sem se decompor.**

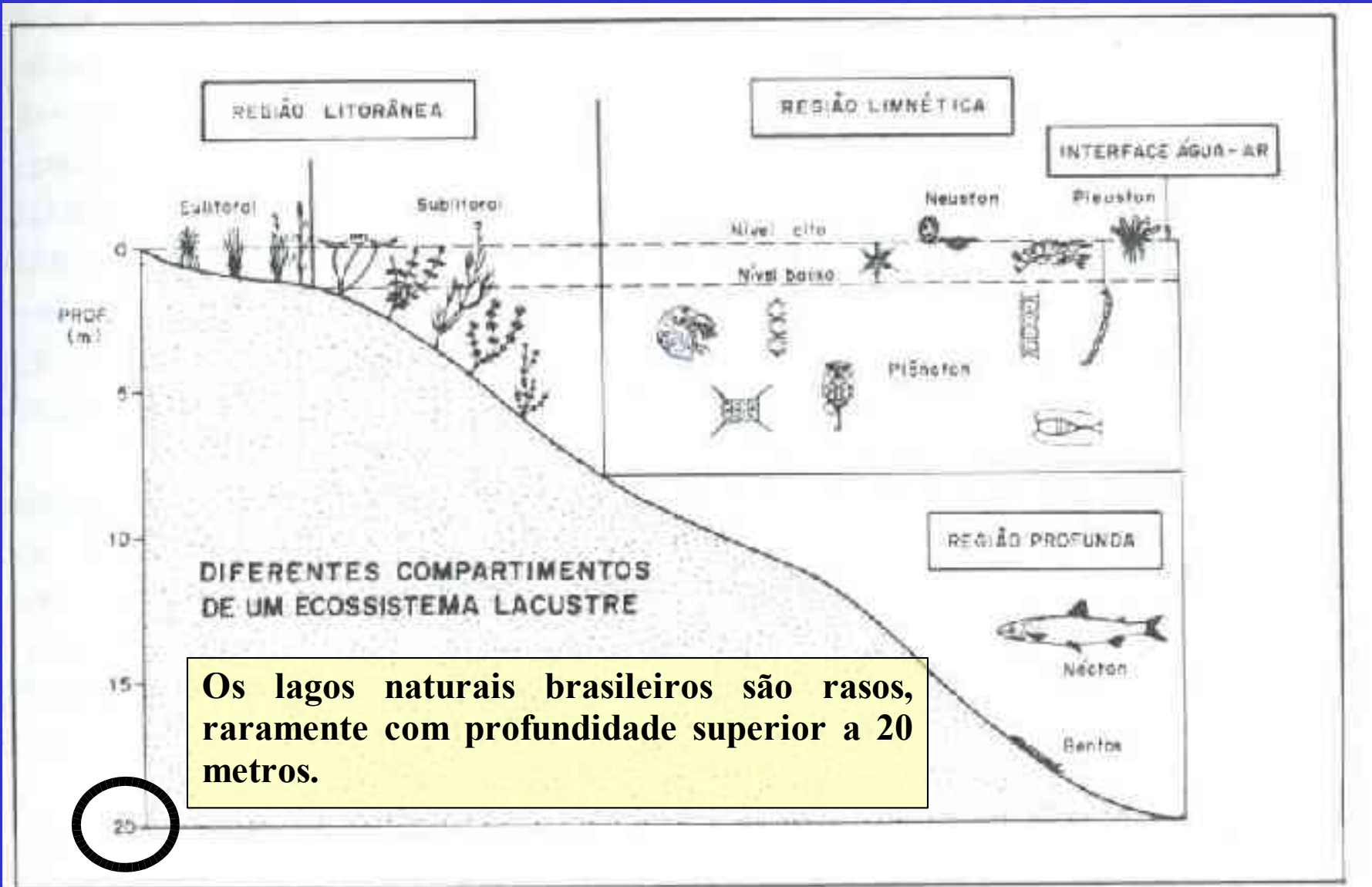
**Como o lago é profundo, a diluição das substâncias orgânicas desprendidas pela morte das plantas é mais lenta do que a que ocorre em lagos mais rasos. Todavia essa zona profunda, mesmo sem oxigênio e rica em nutrientes, não afeta a qualidade das águas superficiais, devido à estratificação térmica, que isola os dois compartimentos.**

# A decomposição da vegetação prejudicou a qualidade da água do lago?

A zona oxigenada – de cerca de 20 metros - aparenta ser pequena se comparada com os mais de 100 metros de profundidade do corpo central do lago, mas em termos de volume ela representa mais da metade do volume total do lago.



# A colonização dos ambientes lacustres



Os lagos naturais brasileiros são rasos, raramente com profundidade superior a 20 metros.

Fig. 6.1 – Ecossistema lacustre: principais compartimentos e respectivas comunidades

# A colonização dos ambientes lacustres

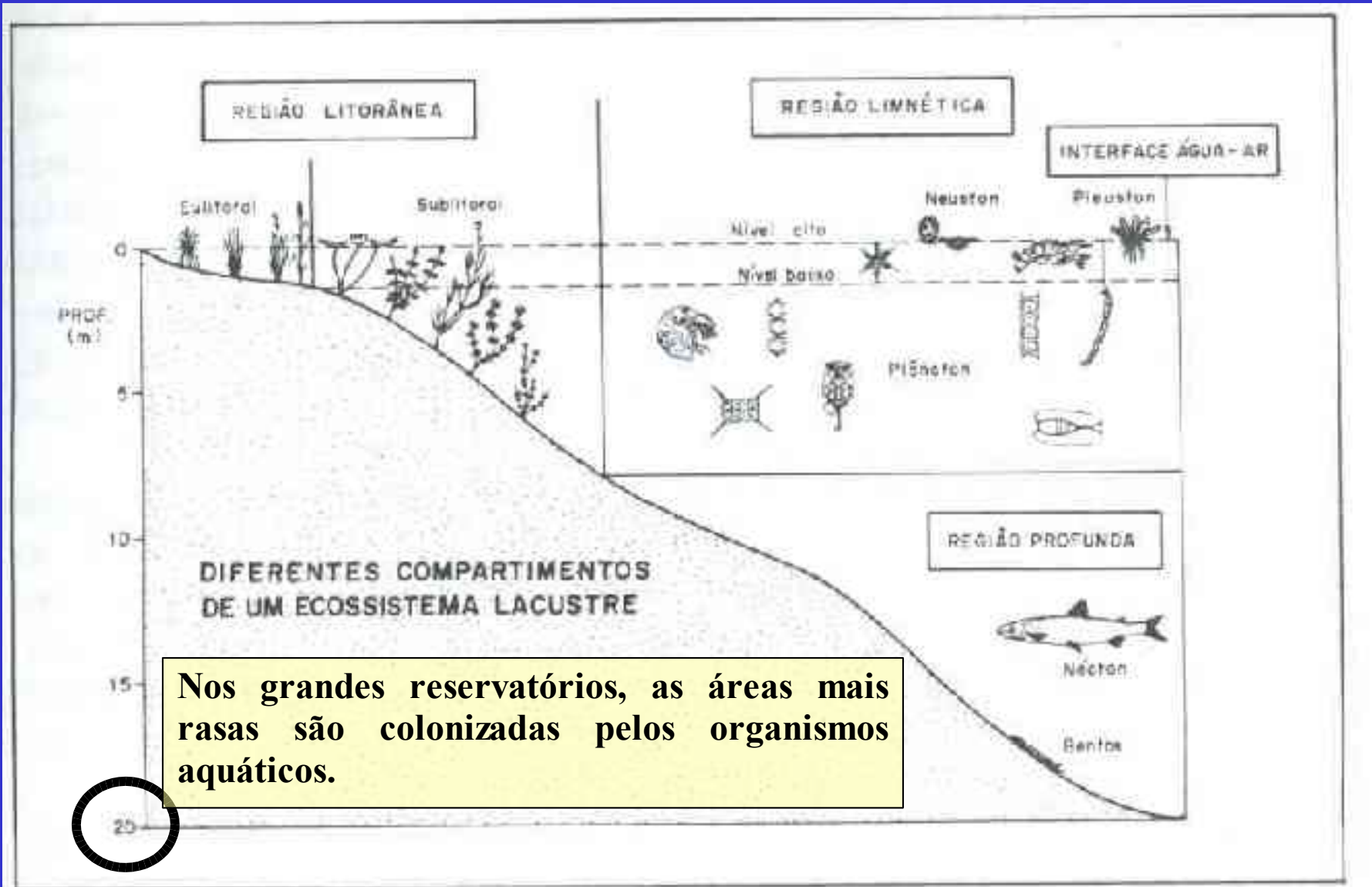
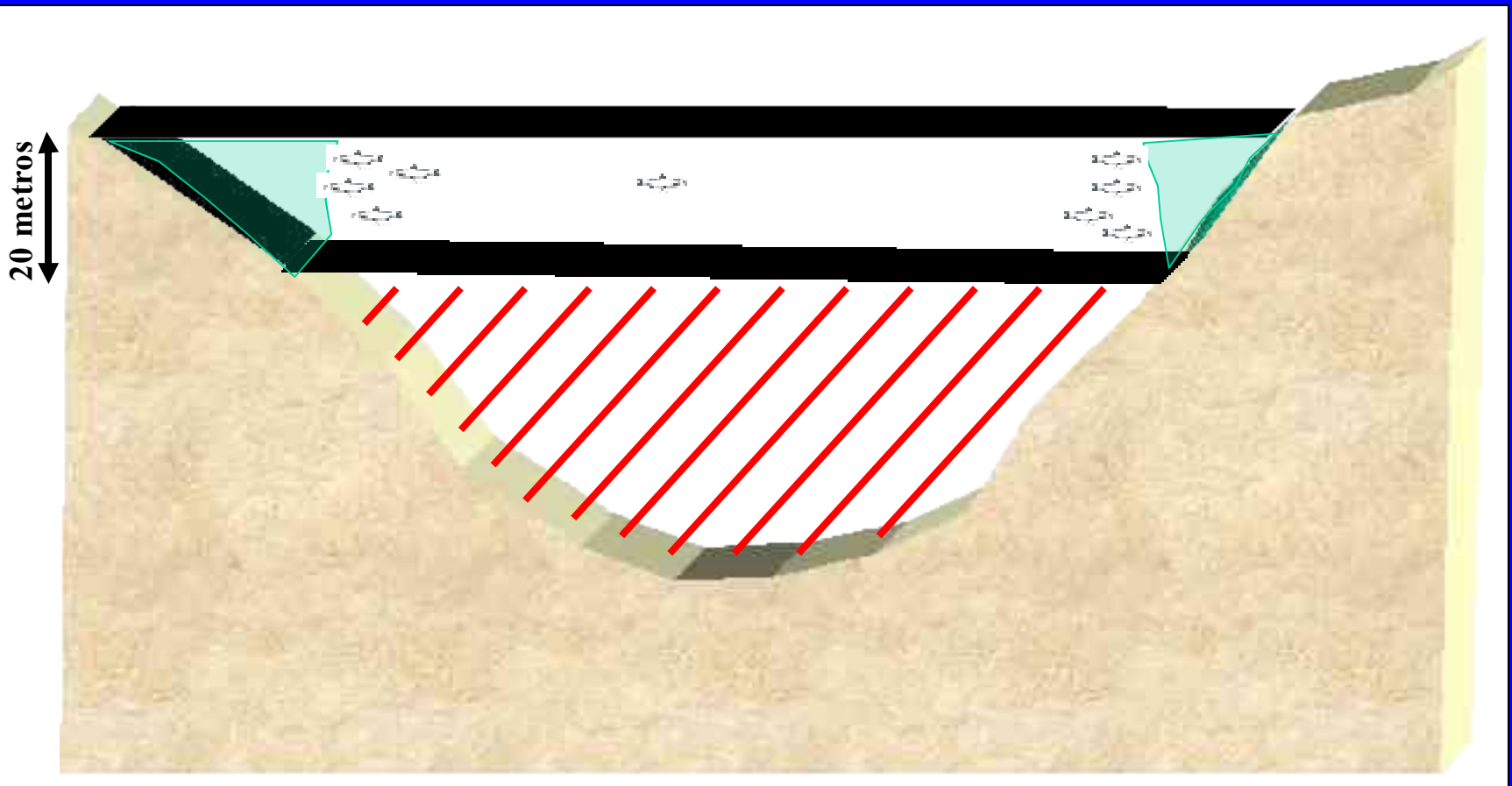


Fig. 6.1 – Ecossistema lacustre: principais compartimentos e respectivas comunidades

**A camada sem oxigênio não representa restrição significativa às comunidades aquáticas, pois as espécies brasileiras não colonizam essas regiões mais profundas.**

**Ao mesmo tempo, as áreas mais abertas são usadas apenas para deslocamento dos peixes de uma margem para outra.**





# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

## **DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO**



**O reservatório está eutrofizado?**

# O reservatório está eutrofizado?



A eutrofização pode ser avaliada em função da concentração de fósforo na água, que promove o crescimento de algas. A quantidade de algas pode ser estimada indiretamente, medindo-se a concentração de clorofila. O excesso de algas diminui a transparência da água, que é medida com um equipamento simples, chamado Disco de Secchi.

# O reservatório está eutrofizado?

O índice de estado trófico de Carlson(1977) leva em conta essas três variáveis, individualmente, de modo que são calculados três índices em separado. Um valor pode corroborar os outros, ou não. A grande limitação do índice de Carlson é que foi concebido para lagos naturais, que não são influenciados por seus tributários como são os reservatórios. Portanto, cabe ao limnólogo julgar devidamente esses resultados.

# O reservatório está eutrofizado?

O relatório da MULTIGEO indicou muito claramente que o lago de Serra da Mesa não está eutrofizado. O quadro abaixo apresenta o resultado das avaliações, em que se percebe a predominância de ambiente oligotrófico a mesotrófico, marcados pelas cores azul e verde-claro (67% dos índices calculados).

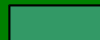
	Estação	Campanhas								Média
		mai/01	jul/01	out/01	fev/02	abr/02	jul/02	out/02	jan/03	
FLUVIAL	MRN-05	55	46	-	-	-	-	-	-	51
	MRN-10	-	-	61	70	51	-	-	62	61
TRANSIÇÃO	MRN-30	40	41	41	52	37	-	-	41	42
LACUSTRE	MRN-40	39	42	39	41	38	-	-	33	39
	MRN-50	38	37	39	40	33	-	-	37	37
	BGG-20	38	40	42	39	38	-	-	35	39
FLUVIAL	PST-10	48	48	55	71	50	-	-	47	53



Oligotrófico



Mesotrófico



Eutrófico



Hipereutrófico



# O reservatório está eutrofizado?

Os índices de trofia mais altos foram medidos na ZONA FLUVIAL do lago e estiveram concentrados na estação chuvosa, porque as chuvas transportam maior quantidade de fósforo, enquanto a turbidez reduz a transparência da água. Por isso o índice de Carlson deu resultado equivalente a um ambiente hipereutrófico, como se o lago estivesse muito poluído, mas na verdade estava bastante turvo.

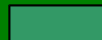
	Estação	Campanhas								Média
		mai/01	jul/01	out/01	fev/02	abr/02	jul/02	out/02	jan/03	
FLUVIAL	MRN-05	55	46	-	-	-	-	-	-	51
	MRN-10	-	-	61	70	51	-	-	62	61
TRANSIÇÃO	MRN-30	40	41	41	52	37	-	-	41	42
LACUSTRE	MRN-40	39	42	39	41	38	-	-	33	39
	MRN-50	38	37	39	40	33	-	-	37	37
	BGG-20	38	40	42	39	38	-	-	35	39
FLUVIAL	PST-10	48	48	55	71	50	-	-	47	53



Oligotrófico



Mesotrófico



Eutrófico



Hipereutrófico

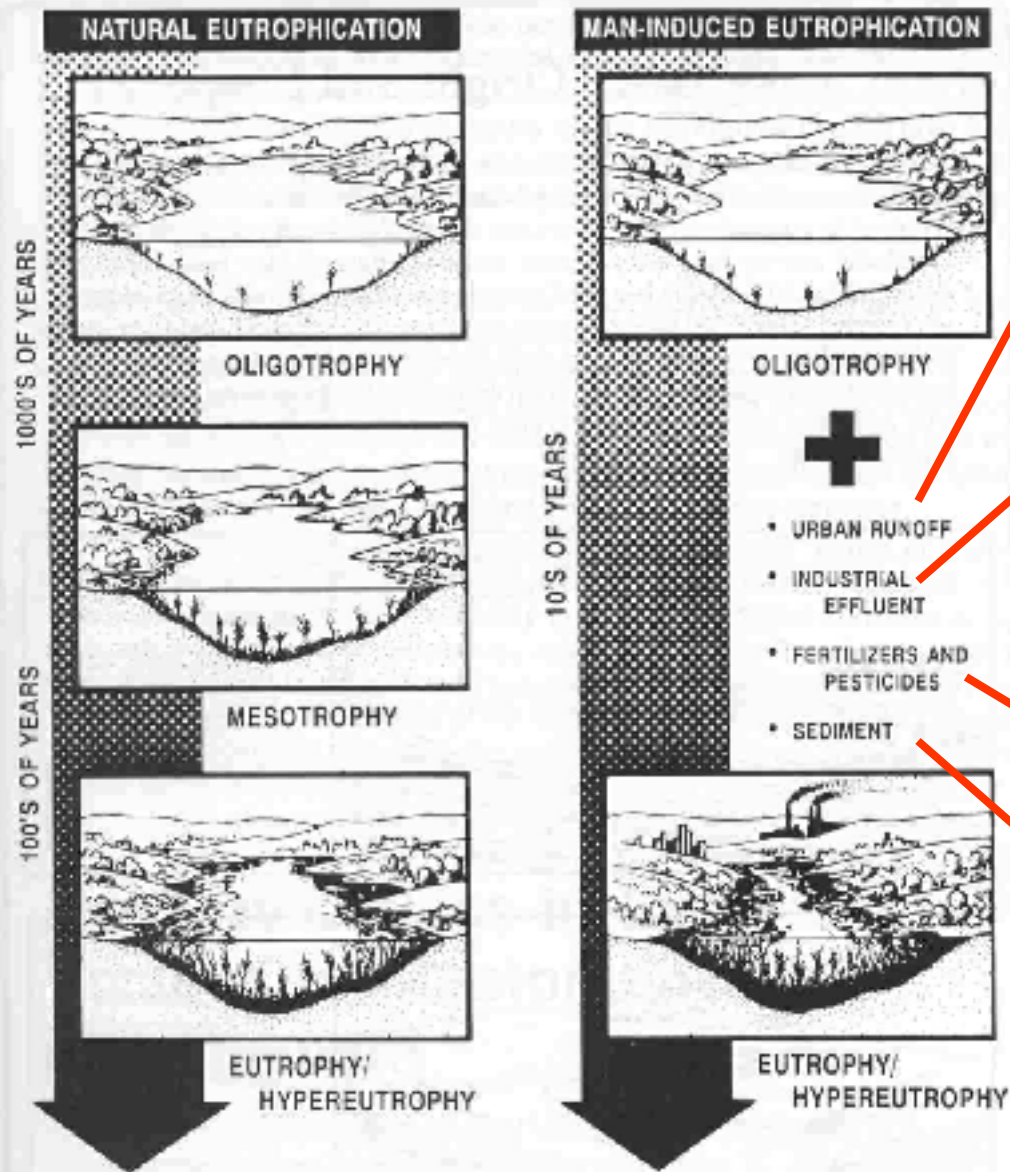


# O reservatório está eutrofizado?

**Este é o aspecto da cabeceira do reservatório, em Uruaçu, durante a estação chuvosa. As águas turvas possuem baixa transparência, e os rios Maranhão e Almas transportam grande quantidade de material em suspensão, inclusive compostos fosfatados. Entretanto a consequência da eutrofização, o crescimento excessivo de algas, não ocorre, porque elas necessitam de águas claras para fazerem a fotossíntese.**



De acordo com a Agência Americana de Proteção Ambiental, quatro importantes fatores contribuem para a eutrofização de reservatórios:



**Drenagem urbana:** apenas a cidade de Uruaçu está às margens do lago.

**Efluentes industriais:** não há indústrias de grande porte nem na beira do lago, nem a montante dele.

**Fertilizantes e pesticidas:** a imagem de satélite mostrou que há pouca ocupação do solo para fins de agricultura irrigada.

**Assoreamento:** o lago é profundo e não corre risco de ser assoreado.

# O reservatório está eutrofizado?

**Considerando que todos os fatores implicados com a eutrofização não se manifestam significativamente na bacia de drenagem, e que a quantidade de matéria orgânica afogada durante o enchimento não aumenta, mas é reduzida com o tempo, o reservatório de Serra da Mesa NÃO ESTÁ EUTROFIZADO.**



# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**


## **DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO**



**As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago?**



# As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago?



**O crescimento das cianobactérias depende de condições favoráveis, que ocorrem sazonalmente. A sucessão do fitoplâncton no verão dos lagos temperados Em Serra da Mesa, o período mais propício para seu crescimento no lago é o período seco, especialmente o início da primavera, quando as chuvas não ocorrem em grande quantidade e o tempo está mais quente.**



As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago?

**É possível que ocorram adensamentos localizados, seja por crescimento das algas ou por advecção. Esses adensamentos não são representativos do lago.**



As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago?

**A avaliação do ambiente deve ser cuidadosa e de longo prazo, daí a importância que é dada ao monitoramento. A conclusão sobre a qualidade da água deve ser baseada na frequência com que os fenômenos ocorrem, na análise interativa de informações físicas, químicas e biológicas, não apenas em resultados isolados.**



# As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago de Serra da Mesa?

Como é um ambiente eutrófico?



**Este é o aspecto de um ambiente eutrófico, em que o crescimento de algas muda o aspecto da água. Jamais foi observada condição semelhante em Serra da Mesa.**

# As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago de Serra da Mesa?

Como é um ambiente hipereutrófico?



Essa condição extrema de poluição permite que as algas cresçam em tal quantidade que podem ser coletadas com a mão. No detalha, foto de microcópio de uma cianobactéria do gênero *Microcystis*. Essa situação ocorre em lagos pequenos e rasos, geralmente circundados por área urbana.

# **As cianobactérias crescem em grande quantidade no lago de Serra da Mesa?**

**Comparando as águas barrentas da cabeceira de Serra da Mesa com as anteriores, de ambientes eutrófico e hipereutrófico, percebe-se que números isolados de um relatório podem confundir aqueles que não são especialistas no tema. As limitações dos índices tróficos são conhecidas, como limitados são todos os índices. Os dados de um relatório de limnologia deve ser analisado por um limnólogo.**





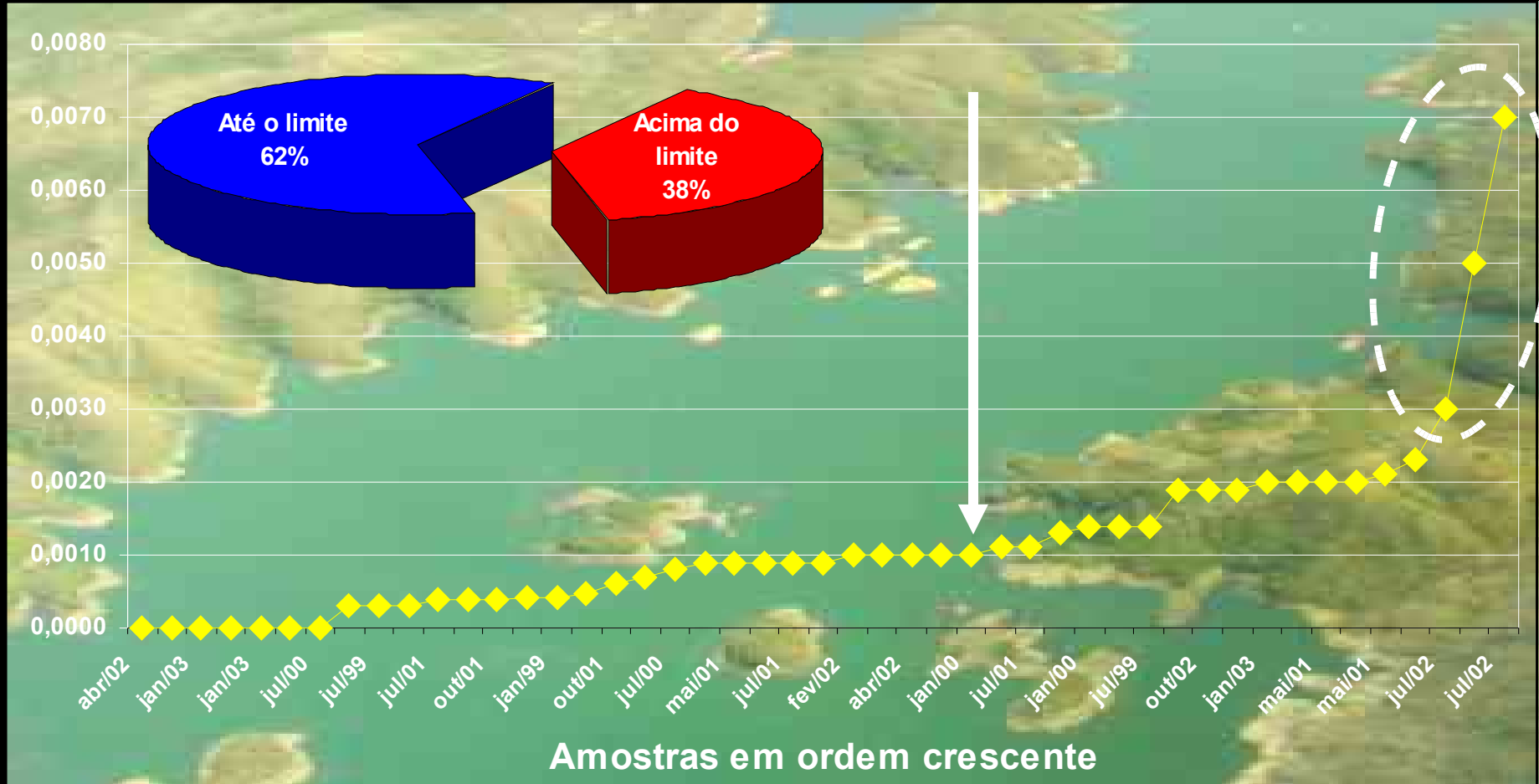
# **Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água**

## **DÚVIDAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO**



**A concentração de mercúrio na água do lago está alta?**

# A concentração de mercúrio na água do lago está alta?



A ordenação dos resultados em ordem crescente deixa claro que a grande maioria dos dados está dentro dos limites permitidos para a abastecimento.

Os três valores mais altos foram encontrados num único mês (julho de 2002) indicam falha na coleta ou na análise laboratorial.

# A concentração de mercúrio na água do lago está alta?



**Em consultas a especialistas, foi sugerido que FURNAS realizasse uma amostragem específica para a análise de mercúrio na água, e que o material fosse analisado pelo Laboratório de Química Ambiental da Universidade de Campinas, chefiado pelo respeitado prof. Dr. Wilson de Figueiredo Jardim.**

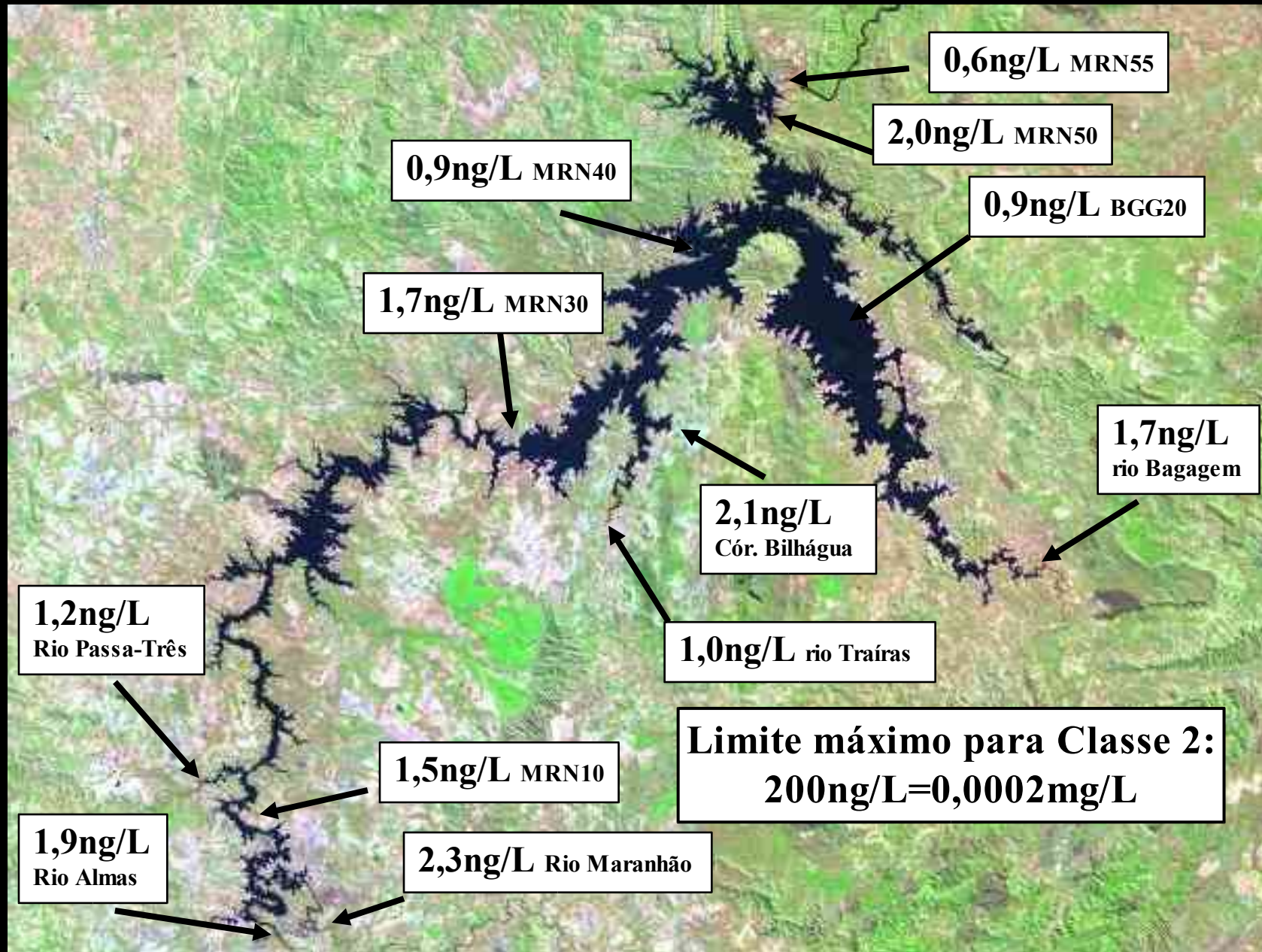


# A concentração de mercúrio na água do lago está alta?



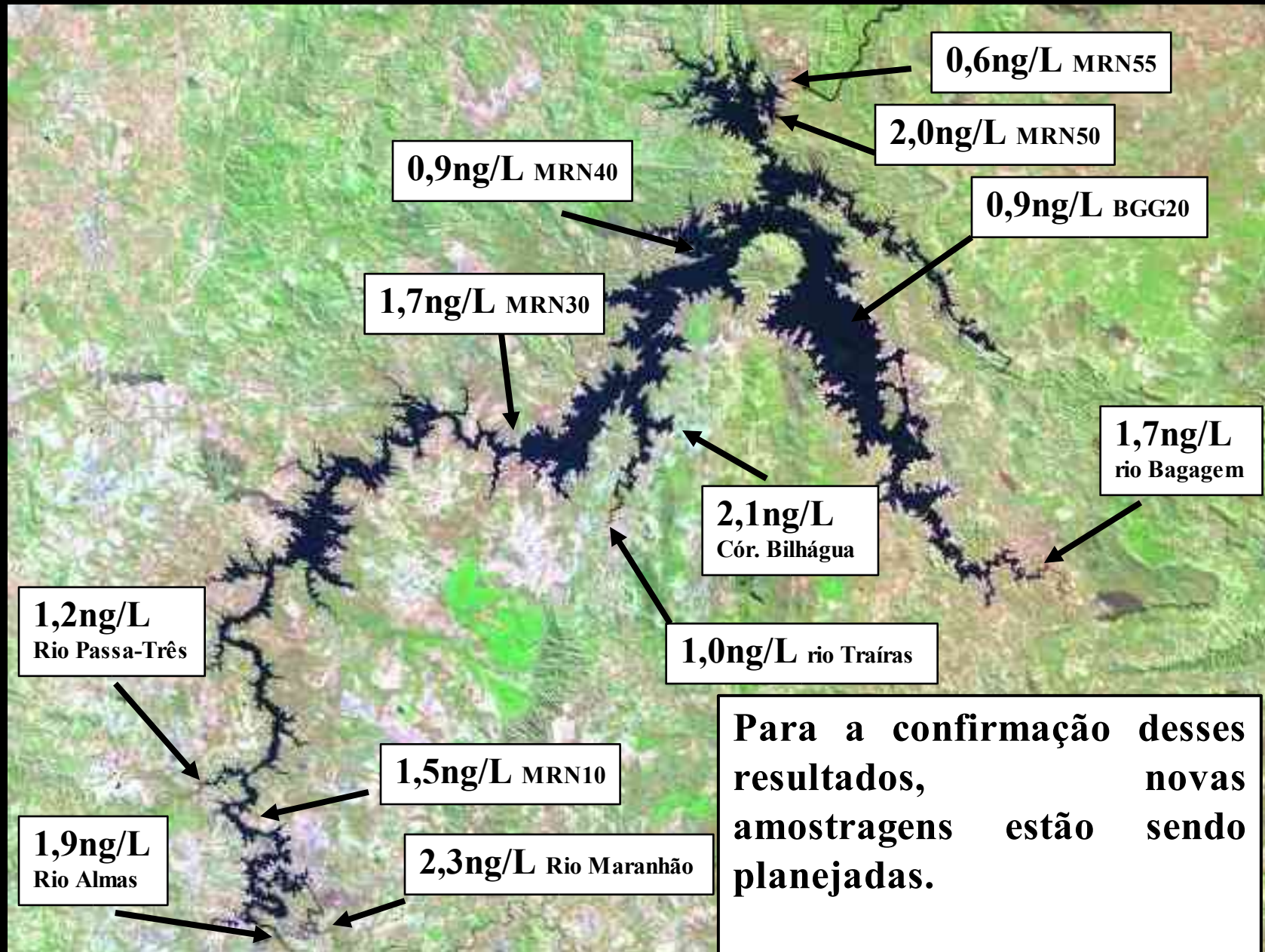
**Foram coletadas amostras do lago e de seus formadores, cujos resultados são apresentados a seguir:**

# A concentração de mercúrio na água do lago está alta?





# A concentração de mercúrio na água do lago está alta?





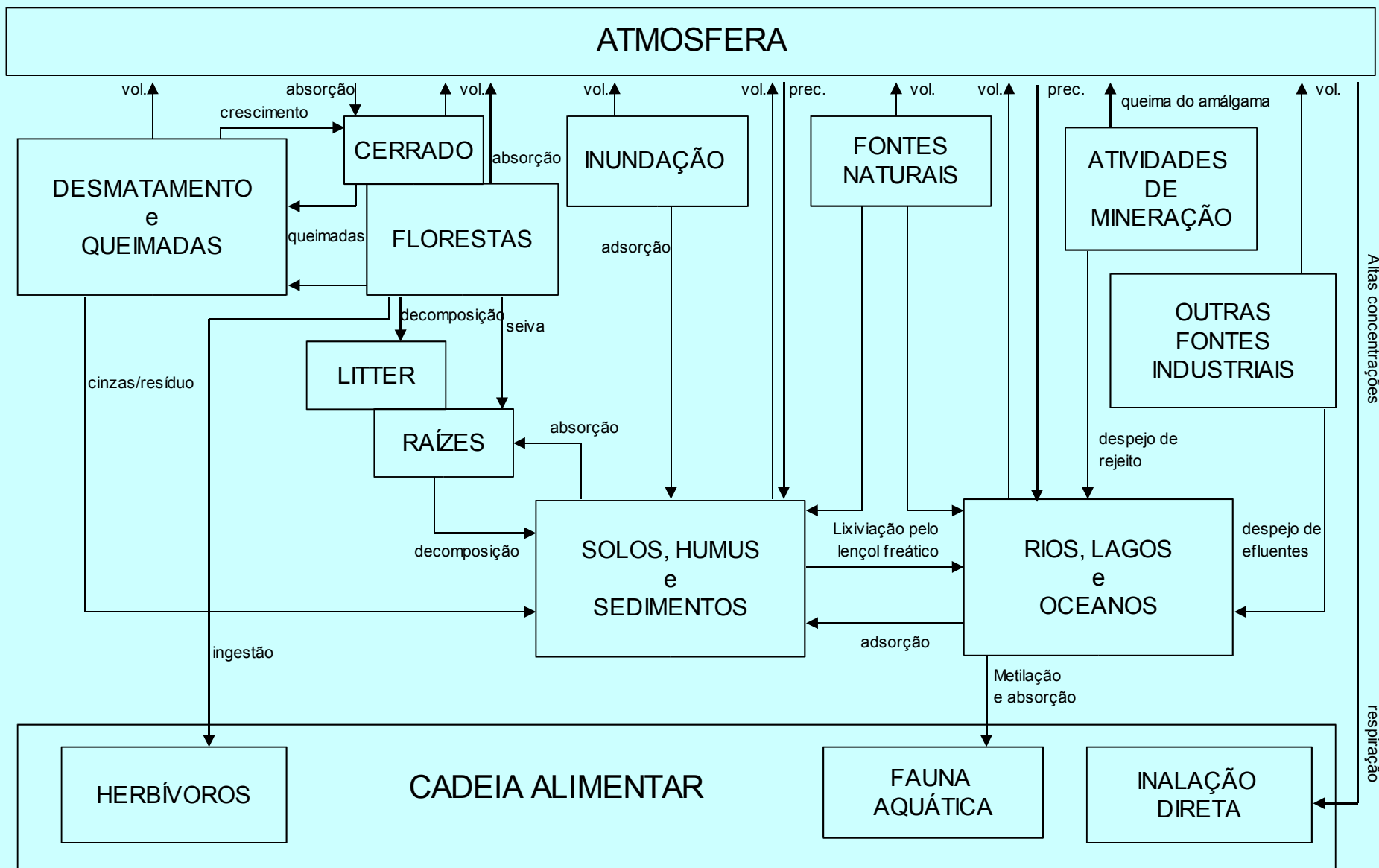
# A formação do lago aumentou a concentração do mercúrio na água?

**O mercúrio em Serra da Mesa tem origem na atividade garimpeira, na região desde o século XVIII, e que ainda ocorre de forma clandestina. O mercúrio está presente em toda a bacia do rio Tocantins – não é exclusividade do reservatório de Serra da Mesa - e também em importantes bacias hidrográficas.**

**Além disso, é necessário destacar que o desmatamento e as queimadas sazonais de pastagens contribuem para a remobilização do mercúrio depositado no solo, de modo que a contaminação dos cursos d'água se prolonga para muito além do período de exploração garimpeira.**

**Nem todo o mercúrio é diretamente tóxico, mas somente uma fração denominada metil-mercúrio. As análises do monitoramento se referem ao mercúrio TOTAL presente na água. As informações sobre metil-mercúrio na bacia do rio Tocantins se restringem ao reservatório de Tucuruí e redondeza.**

# Ciclo biogeoquímico do mercúrio, indicando as diferentes fontes de emissão



# Há risco para uso da água ou consumo de peixes do lago?

**A presença de mercúrio na água, por si, não é motivo para restringir o uso da água ou o consumo de peixes. Há ecossistemas que apresentam concentrações naturais de mercúrio elevadas, como é o caso do rio Negro.**

**O risco existe a longo prazo, se não houver controle da atividade garimpeira, e se não houver conscientização da sociedade para os perigos de atividades mineradoras e industriais que não tenham o devido controle ambiental de resíduos líquidos e atmosféricos.**

**A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA não mais utiliza como referência a concentração de mercúrio na água e tampouco determina um valor máximo permitido do metal na carne de peixe para consumo. Sabe-se que o organismo humano é capaz de eliminar o mercúrio – depositando-o nos fios de cabelo. A EPA definiu limites máximos de ingestão, baseados na frequência do consumo da carne de peixe.**

**<http://www.gotmercury.org/>**



# Obrigado!

**A degradação dos recursos hídricos brasileiros é mero reflexo do uso irresponsável da bacia hidrográfica. Rios e lagos são vítimas, não réus, nesse processo.**

Rodrigo De Filippo  
defilipp@furnas.com.br

**Créditos fotográficos: Rodrigo De Filippo**

**Imagens de satélite: [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com) e [glovis.usgs.gov](http://glovis.usgs.gov)**

**Todos os direitos reservados.**