

### 3. LIMNOLOGIA DO RESERVATÓRIO DA UHE DE XINGÓ E TRECHO À JUSANTE: VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL

O represamento dos grandes rios para construção de usinas hidroelétricas pode ser considerado como a primeira onda impactante nesses ambientes, provocando uma série de alterações nas características limnológicas nas áreas represadas e trecho à jusante, bem como a diminuição da biodiversidade da ictiofauna nativa e muitas vezes, a redução da produção pesqueira.

A ciclagem de nutrientes e a estrutura das comunidades aquáticas são alguns dos fatores que sofrem maiores alterações com a mudança do regime hídrico.

Informações sistemáticas sobre a limnologia do baixo curso do rio São Francisco, incluindo a zona costeira adjacente, foram obtidas após 4 anos da formação do reservatório, onde foram selecionadas 19 estações de coleta de água para determinação dos parâmetros abióticos e clorofila - a.

As estações foram distribuídas considerando-se a morfometria do reservatório, confluência de afluentes e captação para abastecimento doméstico, em municípios / localidades dos Estados de Alagoas e Sergipe. Das 19 estações, 6 localizam-se no reservatório e 13 à jusante (Quadro 5 e Figura 10).

#### Quadro 5. Estações de coleta de água no Baixo São Francisco entre Paulo Afonso/BA e a foz.

Estações de coleta de água	
Reservatório	1 . Jusante da UHE de Paulo Afonso IV (9° 25' S e 38° 11' W) (Foto 4)
	2 . Adutora de Delmiro Gouveia (9° 27' S e 38° 01' W) (Foto 5)
	3 . Adutora antiga de Delmiro Gouveia (9° 27' S e 38° 01' W)
	4 . Confluência dos riachos do Talhado / Águas Mortas (9° 31' S e 37° 53' W)
	5 . Riacho Curituba (9° 36' S e 37° 52' W)
	6 . Barragem de Xingó (9° 37' S e 37° 47' W)
Jusante	7 . Jusante da UHE de Xingó (9° 38' S e 37° 46' W) (Foto 6)
	8 . Município de Piranhas (AL) (9° 37' S e 37° 45' W) (Foto 7)
	9 . Povoado de Entremontes (AL) (9° 40' S e 37° 39' W)
	10 . Povoado de Bonsucesso (SE) (9° 42' S e 35° 47' W)
	11 . Adutora de Pão de Açúcar (AL) (9° 44' S e 37° 27' W) (Foto 8)
	12 . Adutora de Belo Monte (AL) (9° 50' S e 37° 17' W)
	13 . Confluência do rio Traipú (AL) (9° 58' S e 37° 00' W) (Foto 9)
	14 . Município de Própria (SE) (10° 12' S e 36° 49' W) (Foto 10)
	15 . Povoado de Saúde (SE) (10° 15' S e 36° 37' W) (Foto 11)
	16 . Município de Penedo (AL) (10° 17' S e 36° 35' W) (Foto 12)
	17 . Município de Ilha das Flores (SE) (10° 25' S e 36° 32' W) (Foto 13)
	18 . Município de Piaçabuçu (AL) (10° 17' S e 36° 35' W) (Foto 14)
	19 . Foz do São Francisco (9° 38' S e 35° 44' W) (Foto 15)

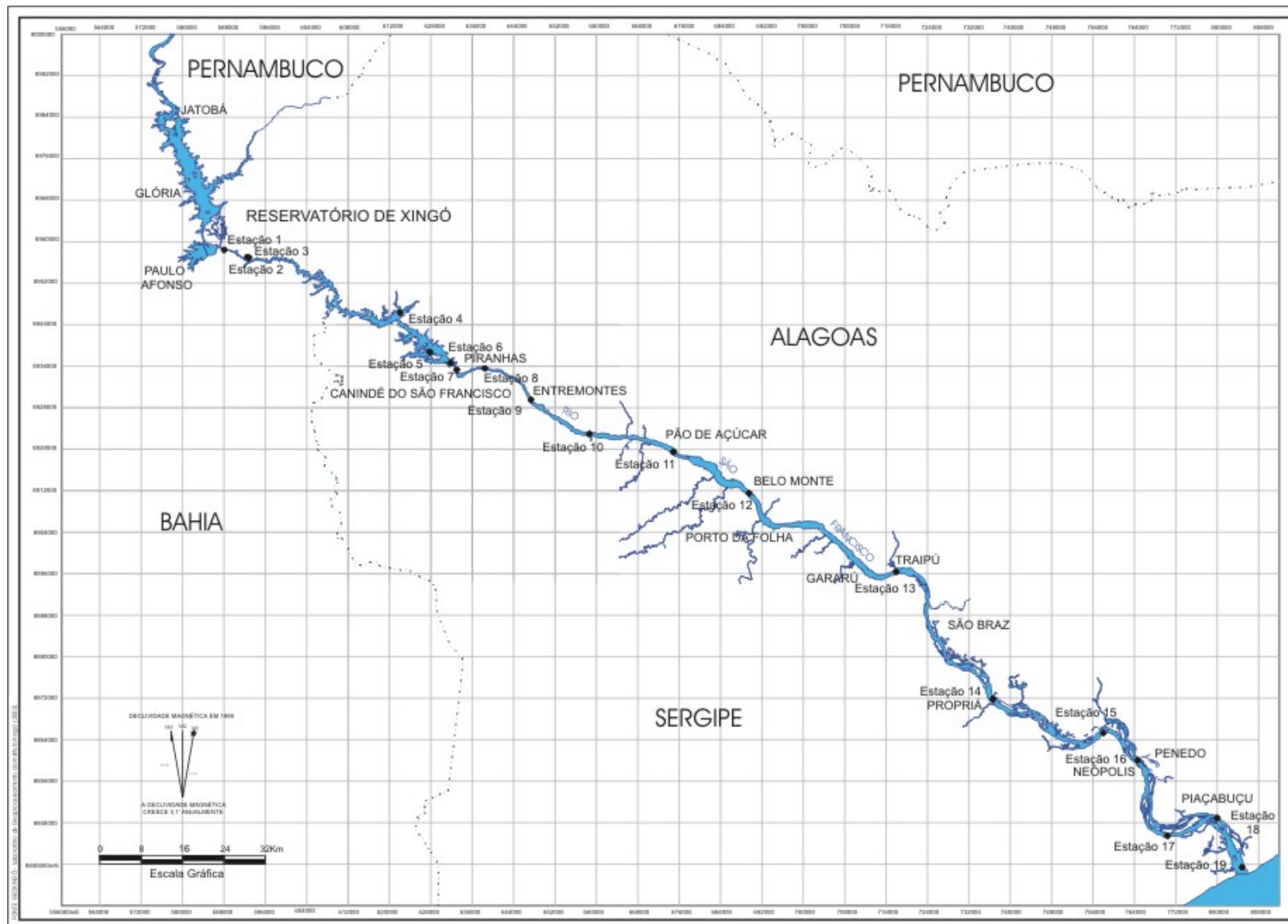


Figura 10. Localização das estações de coleta de água no reservatório de Xingó e trecho à jusante.



Foto: Fábio Costa

**Foto 4. Estação 1 – Jusante da UHE de Paulo Afonso IV**



Foto: Fábio Costa

**Foto 5. Estação 2 – Adutora de Delmiro Gouveia**



Foto: Fábio Costa

**Foto 6. Estação 7 – Jusante da UHE de Xingó**



Foto: Fábio Costa

**Foto 7. Estação 8 – Município de Piranhas (AL)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 8. Estação 11 – Adutora de Pão de Açúcar (AL)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 9. Estação 13 – Confluência do rio Traipú (AL)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 10. Estação 14 – Município de Própria (SE)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 11. Estação 15 – Povoado de Saúde (SE)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 12. Estação 16 – Município de Penedo (AL)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 13. Estação 17 – Município de Ilha das Flores (SE)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 14. Estação 18 – Município de Piaçabuçu (AL)**



Foto: Fábio Costa

**Foto 15. Estação 19 – Foz do São Francisco**

O monitoramento dos parâmetros abióticos e clorofila – a foi realizado em 4 períodos (março, junho, setembro e dezembro) nos anos de 1998 / 99, em todas as estações, através do Convênio celebrado entre a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) e Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF).

Em 2002, através do Projeto GEF São Francisco – Subprojeto 1.3 Recomposição da Ictiofauna Reofílica do Baixo São Francisco, foram realizadas duas campanhas limnológicas no reservatório de Xingó, durante os meses de março e agosto.

Amostras de água foram coletadas com uma garrafa tipo Van Dorn, com capacidade de 2,2 l, em duas profundidades relativas a cada estação – superfície e fundo – após a determinação da profundidade máxima.

As variáveis temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (concentração e saturação), sólidos totais dissolvidos, salinidade e pH foram determinadas *in situ*, com emprego de medidores portáteis.

A transparência da água foi estimada através da leitura da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi.

Os parâmetros nitrato, fosfato, amônia, silício e clorofila – a (Strickland & Parsons, 1972) foram determinados no Laboratório de Hidroquímica / LABMAR - UFAL.

Os resultados das campanhas limnológicas, são apresentados nas figuras a seguir, numa análise comparativa para cada variável dentre as diferentes estações ao longo do reservatório de Xingó e trecho à jusante.

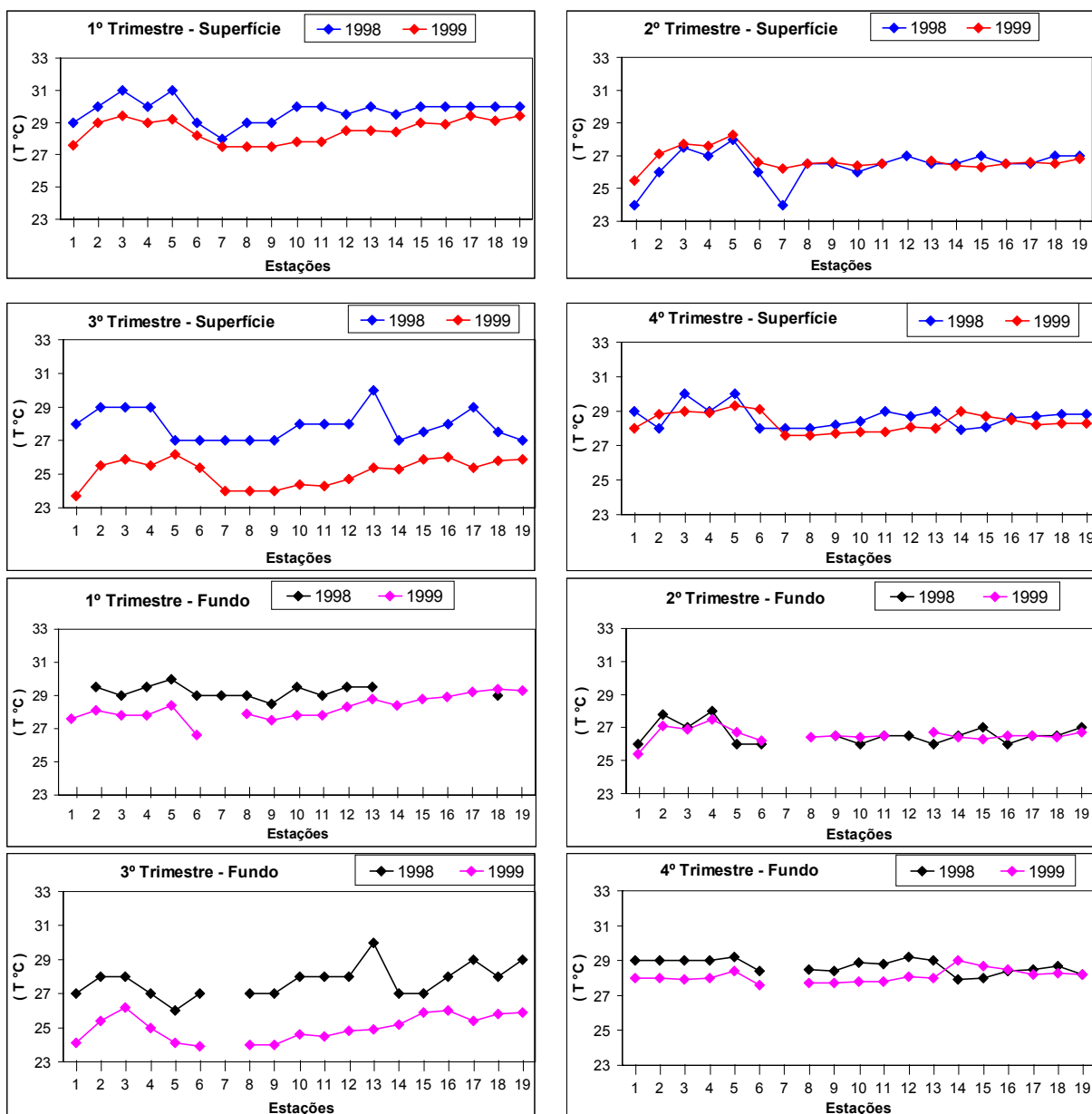
### **3.1. Variáveis Físicas e Químicas**

#### **3.1.1. Temperatura da água**

A temperatura da água no reservatório, no ano de 1998, variou de 24,0 a 31,0° C na superfície e de 21,0 a 30,0° C no fundo. No trecho à jusante, os valores registrados para superfície e fundo, apresentaram a mesma variação, 26,0 a 30,0° C.

No ano de 1999, a temperatura de superfície no reservatório variou de 23,7 a 29,2° C e a de fundo de 23,9 a 28,4° C. No trecho à jusante, os valores registrados para superfície e fundo, apresentaram a mesma variação, 24,0 a 29,4° C. As médias anuais de temperatura da superfície e fundo, foram comparativamente mais baixas no ano de 1999.

A análise da distribuição espacial da temperatura no reservatório, evidenciou valores médios mais baixos nas Estações 1 e 6, durante os anos de 1998 e 1999. Ao longo do reservatório verificou - se uma ligeira tendência de aumento (Figura 11).



**Figura 11. Padrão de variação longitudinal da temperatura no trecho entre Paulo Afonso e a Foz do São Francisco.**

### 3.1.2. Condutividade elétrica

Nos pontos amostrados no reservatório a condutividade elétrica, variou de 59,5 a 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na superfície e 58,5 a 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo, durante o ano de 1998. No trecho à jusante a variação superficial foi de 59,4 a 2.310  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e de 59 a 5.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo.

No ano de 1999, o reservatório apresentou variação superficial de 61,2 a 72,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e de 59,2 a 70,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no fundo. No trecho à jusante, a condutividade na superfície variou de 56,3 a 27.400 e de 61,3 a 41.400 no fundo (Figura 12).

A grande variação no trecho à jusante, deve-se a Estação 19, que sofre forte influência do ambiente marinho.

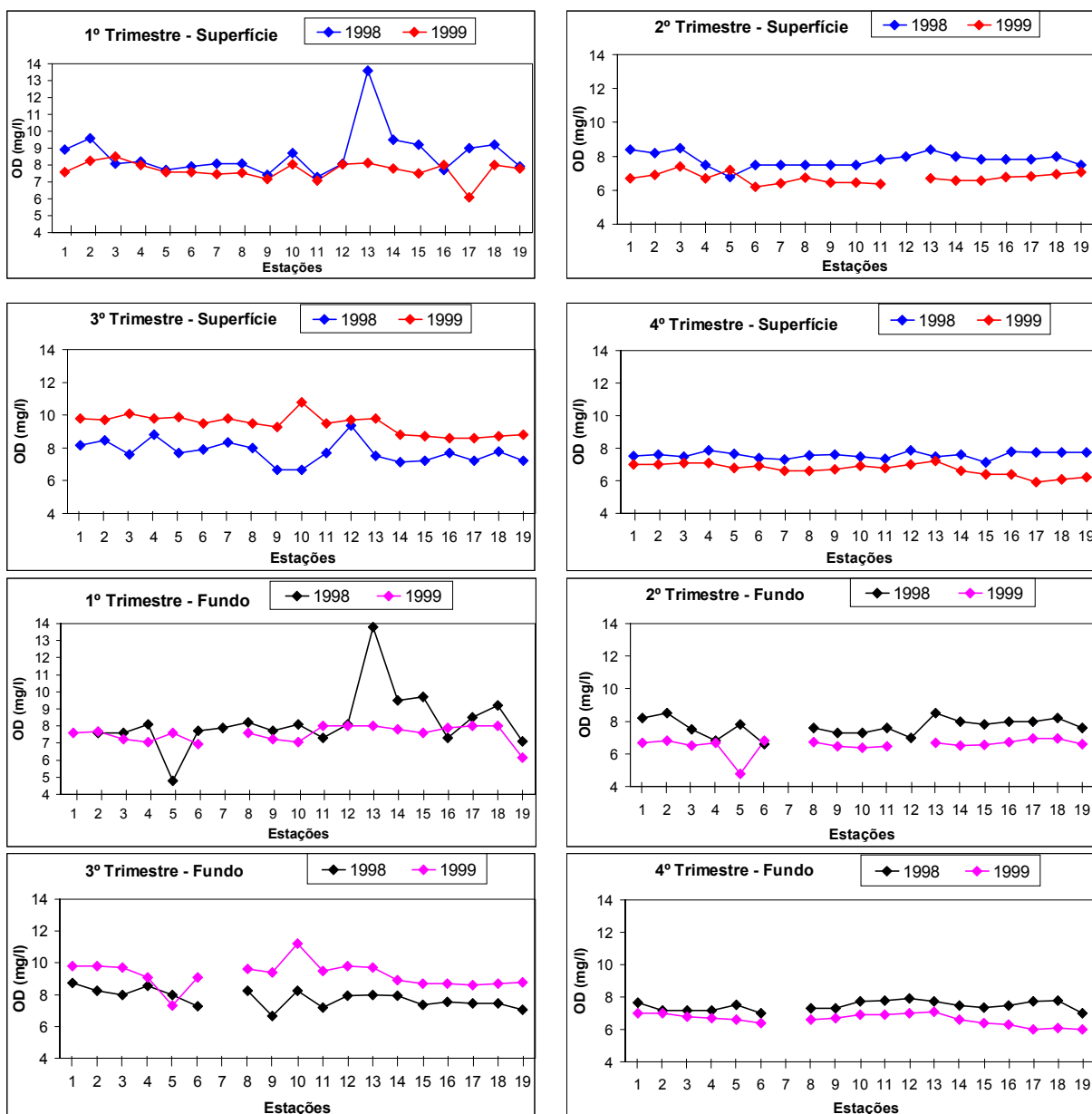


**Figura 12. Padrão de variação longitudinal da condutividade elétrica no trecho entre Paulo Afonso e a Foz do São Francisco.**

### 3.1.3. Oxigênio dissolvido

Os teores de oxigênio dissolvido (OD), expressos em concentração e saturação, variaram no reservatório de um mínimo de 6,8 a um máximo de 9,6 mg/l (respectivamente de 85,6 e 125% de saturação) na superfície, e 4,8 e 8,7 mg/l, correspondentes a 68 e 108,0%, no fundo, durante o ano de 1998. Os teores mais baixos de oxigênio foram registrados na Estação 5. À jusante da UHE de Xingó, os teores de oxigênio na superfície variaram de 6,6 a 13,6 mg/l, correspondentes a 82,2 e 177,1% de saturação e 6,6 a 13,8 mg/l no fundo (respectivamente de 82,2 e 177,1 % de saturação).

Teores variando de 6,2 a 10,1 mg/l na superfície e de 4,8 a 9,8 mg/l no fundo foram registrados em 1999, no reservatório. A variação da concentração ao longo das estações, no trecho à jusante, foi de 5,9 a 9,8 mg/l na superfície e no fundo de 6 a 11,2 mg/l (Figura 13).



**Figura 13. Padrão de variação longitudinal do oxigênio dissolvido no trecho entre Paulo Afonso e a Foz do São Francisco.**

### 3.1.4. Potencial hidrogeniônico

O pH da água do reservatório de Xingó e o trecho à jusante manteve-se alcalino (7,24 a 8,42), com exceção do 3º trimestre de 1998 e 1999 nas Estações 2, 4, 5, 7 e 11 (pH = 6).

### 3.1.5. Transparência da água

A transparência da água medida pelo “Disco de Secchi”, indicam valores mais elevados para o reservatório da UHE Xingó, cuja variação média foi de 2,2 a 6,6 metros. O trecho a jusante apresentou uma variação de 1,8 a 5,3 metros.

Embora os índices determinados a partir da profundidade de desaparecimento visual do disco de Secchi não devam ser utilizados isoladamente para inferir o estado trófico do ambiente, uma tentativa inicial usando estes índices foi utilizada neste trabalho: Profundidade do disco de



Secchi – Zds (Lee et al., 1981 apud Toledo Jr. Et al., 1983) e o índice do estado trófico – IET (S) (Carlson, 1977).

O Quadro 6, mostra a classificação trófica do Baixo São Francisco em relação a estes índices.

**Quadro 6. Classificação do Baixo São Francisco em relação à profundidade do disco de Secchi e o Índice do Estado Trófico de Carlson (IET)**

Locais de Coleta	Meses	Zds (m)	IET(S)	Índice de Estado Trófico	
				IET (S)* Classificação	Zds** Classificação
Reservatório da UHE Xingó	Mar/98	5,7	34,89	Oligotrófico	Oligotrófico
	Jun/98	5,3	35,94	Oligotrófico	Oligotrófico
	Set/98	6,2	33,68	Oligotrófico	Oligotrófico
	Dez/98	6,6	32,78	Oligotrófico	Oligotrófico
Jusante da UHE Xingó	Mar/98	4,4	38,62	Oligotrófico	Oligotrófico-Mesotrófico
	Jun/98	3,7	41,12	Mesotrófico	Mesotrófico
	Set/98	4,9	37,07	Oligotrófico	Oligotrófico
	Dez/98	5,3	35,94	Oligotrófico	Oligotrófico
Reservatório da UHE Xingó	Mar/99	5,2	36,21	Oligotrófico	Oligotrófico
	Jun/99	2,4	47,37	Mesotrófico	Mesotrófico
	Set/99	2,2	48,62	Mesotrófico	Mesotrófico-Eutrófico
	Dez/99	5,6	35,15	Oligotrófico	Oligotrófico
Jusante da UHE Xingó	Mar/99	4,4	38,62	Oligotrófico	Oligotrófico-Mesotrófico
	Jun/99	1,8	51,52	Eutrófico	Mesotrófico-Eutrófico
	Set/99	2,1	49,30	Mesotrófico	Mesotrófico-Eutrófico
	Dez/99	4,0	40,00	Oligotrófico	Oligotrófico-Mesotrófico

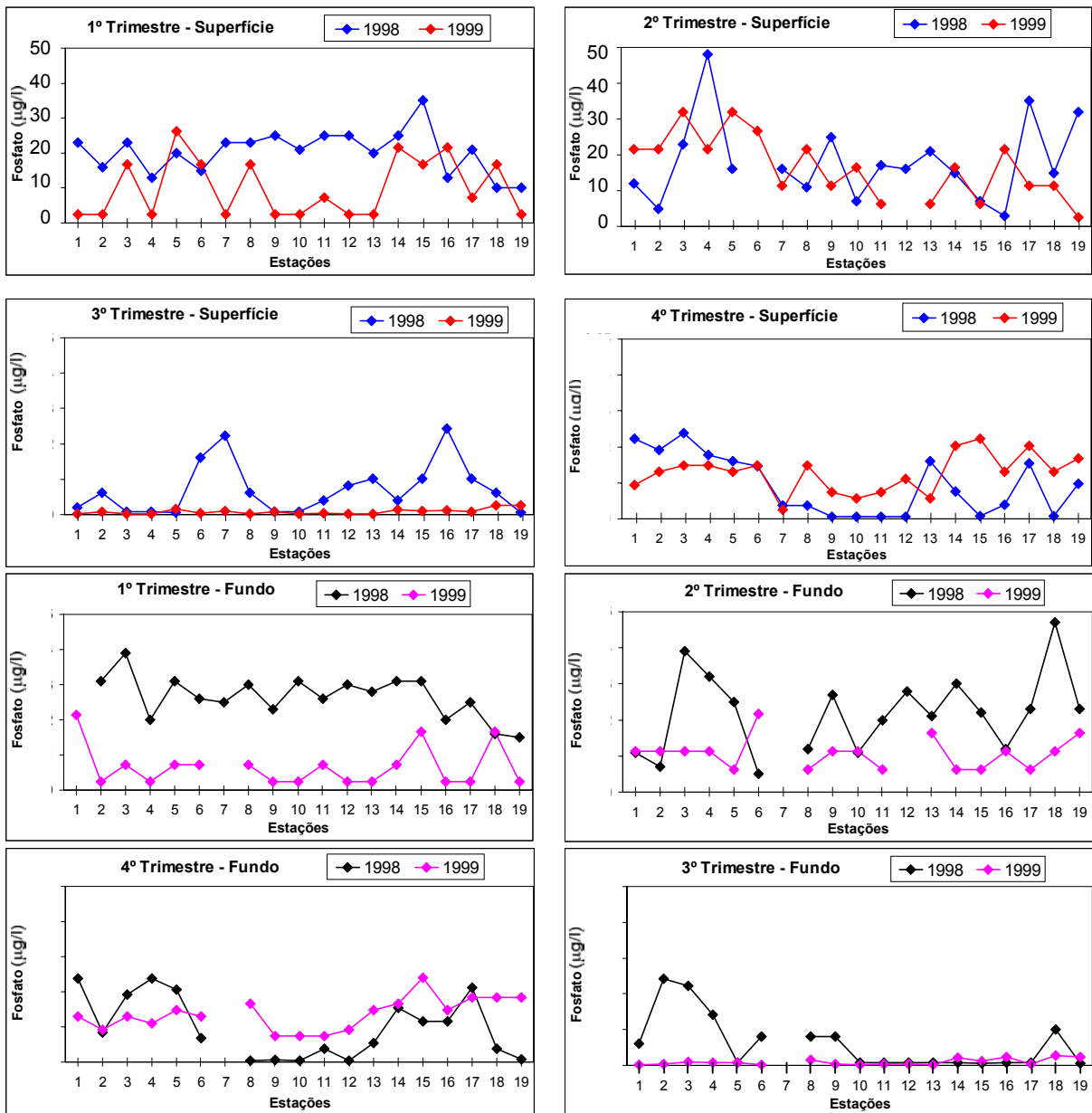
* IET (S) = Índice do Estado Trófico de Carlson	
Ultra-oligotrófico	<= 20
Oligotrófico	21 e 40
Mesotrófico	41 e 50
Eutrófico	51 e 60
Hipereutrófico	>= 61

** Zds = Profundidade do disco de Secchi (m)	
Oligotrófico	>= 4,6
Oligotrófico-Mesotrófico	4,5 e 3,8
Mesotrófico	3,7 e 2,4
Mesotrófico-Eutrófico	2,3 e 1,8
Eutrófico	<= 1,7

### 3.1.6. Nutrientes

- **Fosfato**

Os teores de Fosfato variam no reservatório de 0,6 a 48 µg/l, e no trecho a jusante de 0,5 a 47µg/l, durante o ano de 1998. O reservatório apresentou no ano de 1999 uma variação de 0,2 a 26,7 µg/l e no trecho à jusante de 0,2 a 21,6 µg/l. Os maiores teores de fosfato foram registrados no 2º e 3º trimestre (junho e dezembro) para os dois anos de estudos (Figura 14).



**Figura 14. Padrão de variação longitudinal de fosfato no trecho entre Paulo Afonso e a Foz do São Francisco.**

Seguindo os critérios apresentados por Vollenweider (1968) para o Fósforo Total, a maioria dos valores determinada indica que tanto o reservatório da UHE Xingó como o trecho à jusante, podem ser classificados como Oligomesotrófico-Mesoetrófico (Quadro 7).

**Quadro 7. Classificação do Baixo São Francisco em relação à concentração de Fósforo Total**

Locais de Coleta	Meses	Fósforo Total (µg/l)	Estado Trófico (P-total)
			* VOLLENWEIDER (1968) Classificação
Reservatório da UHE Xingó	Mar/98	23,0	Mesoeutrófico
	Jun/98	20,0	Mesoeutrófico
	Set/98	9,0	Oligomesotrófico
	Dez/98	18,0	Mesoeutrófico
Jusante da UHE Xingó	Mar/98	23,0	Mesoeutrófico
	Jun/98	19,8	Mesoeutrófico
	Set/98	5,6	Oligomesotrófico
	Dez/98	5,6	Oligomesotrófico
Reservatório da UHE Xingó	Mar/99	9,0	Oligomesotrófico
	Jun/99	19,0	Mesoeutrófico
	Set/99	0,5	Ultra-oligotrófico
	Dez/99	13,0	Mesoeutrófico
Jusante da UHE Xingó	Mar/99	7,7	Oligomesotrófico
	Jun/99	11,1	Mesoeutrófico
	Set/99	1,1	Ultra-oligotrófico
	Dez/99	14,0	Mesoeutrófico

* VOLLENWEIDER (1968) (µg/l)	
Ultra-oligotrófico	< 5
Oligomesotrófico	5 e 10
Mesoeutrófico	10 e 30
Eutrófico	30 e 100
Hipereutrófico	> 100

- **Nitrato e Amônia**

Os valores da concentração mínima e máxima de nutrientes no reservatório e trecho à jusante, representados pelas formas de amônia (N.NH<sub>4</sub>) e nitrato (N.NO<sub>3</sub>), constam do Quadro 8.

**Quadro 8. Valores Mínimos e Máximos de amônia e nitrato no Baixo São Francisco – 1998 / 1999**

Parâmetros	RESERVATÓRIO							
	Superfície				Fundo			
	Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
<b>Amônia (mg/l)</b>	0,0130	0,0500	1,5910	0,2140	0,0180	0,0070	1,6800	0,3360
<b>Nitrato (mg/l)</b>	0,0010	0,0190	0,0980	0,2010	0,0020	0,0230	0,1140	0,2250

Parâmetros	JUSANTE							
	Superfície				Fundo			
	Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
<b>Amônia (mg/l)</b>	0,0003	0,0107	1,0510	0,2500	0,0002	0,0230	1,0000	0,3290
<b>Nitrato (mg/l)</b>	0,0010	0,0330	0,0770	0,2090	0,0010	0,0270	0,0770	0,2090

Fonte: Convênio UFAL/CHESF/CODEVASF

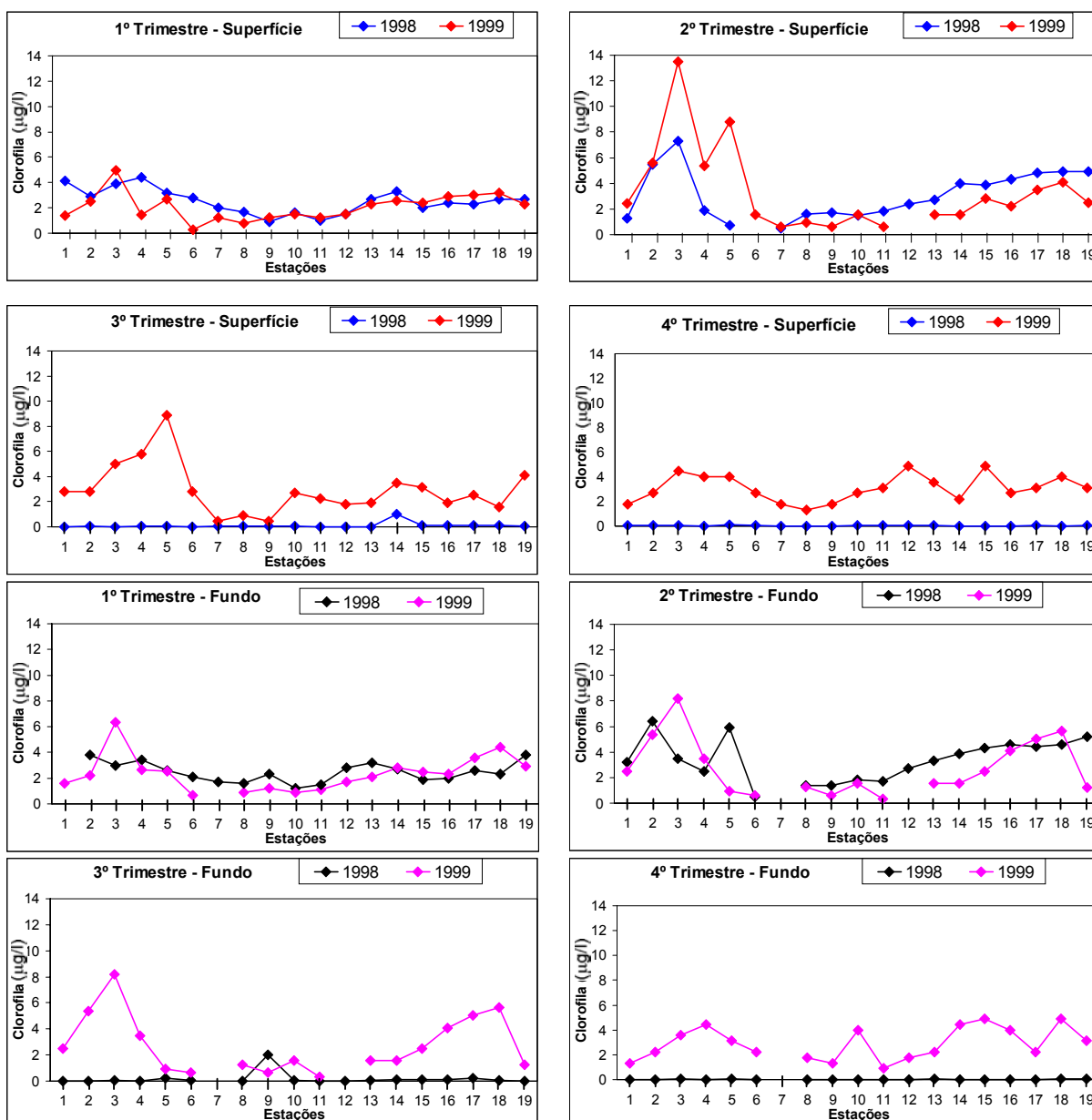
Segundo os critérios de classificação apresentados por Vollenweider (1968) para os teores de Amônia e Nitrato, o reservatório da UHE Xingó pode ser considerado Oligotrófico.

### 3.2. Variáveis Biológicas

- **Clorofila**

A variação dos valores de clorofila, dentre as estações de amostragens consta da Figura 15. Sua concentração na superfície do reservatório variou de 0,01 a 13,52 µg/l e no fundo de 0,01 a 8,18 µg/l. No trecho à jusante variou de 0,01 a 4,09 µg/l na superfície, e de 0,01 a 5,66 µg/l no fundo.

Com base nos valores médios determinados, a concentração de clorofila foi mais elevada no reservatório. Os valores de clorofila detectados durante as campanhas de 1999 foram superiores aos observados em 1998.



**Figura 15. Padrão de variação longitudinal da clorofila no trecho entre Paulo Afonso e a Foz do São Francisco.**