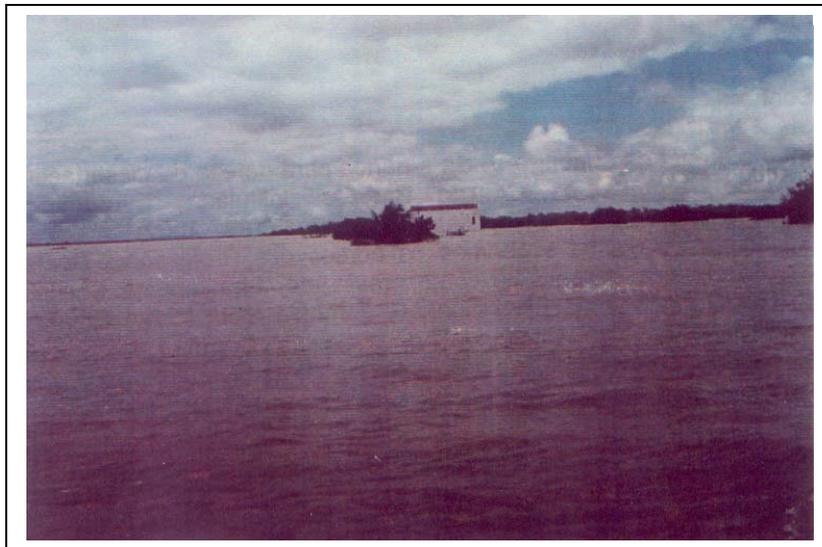




UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
MESTRADO EM POLÍTICAS E GESTÃO AMBIENTAL

EVOLUÇÃO DE FATORES HIDROBIOLÓGICOS NO
RESERVATÓRIO DE ITAPARICA – RIO SÃO FRANCISCO
(1987, 1989 e 2002)

ALDEMIR DE CASTRO BARROS



RECIFE
2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

MESTRADO EM GESTÃO E POLÍTICAS AMBIENTAIS

**EVOLUÇÃO DE FATORES HIDROBIOLÓGICOS NO RESERVATÓRIO DE
ITAPARICA – RIO SÃO FRANCISCO (1987, 1989 e 2002)**

Aldemir de Castro Barros

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Gestão e Políticas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante

Recife

2004

Barros, Aldemir de Castro
Evolução de fatores hidrobiológicos no
reservatório de Itaparica – Rio São Francisco (1987,
1989 e 2002) / Aldemir de Castro Barros. – Recife :
O Autor, 2004.

102 folhas : il., tab., fig., gráf., mapas, fotos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
de Pernambuco. CTG. Gestão e Políticas Ambientais,
2004.

Inclui bibliografia.

1. Limnologia – Comunidades bióticas –
Qualidade da água. 2. Peixes – Plâncton – Impacto
ambiental. I. Título.

556.551
577.63

CDU (2.ed.)
CDD (21.ed.)

UFPE
BC2004-447

ALDEMIR DE CASTRO BARROS

EVOLUÇÃO DE FATORES HIDROBIOLÓGICOS NO RESERVATÓRIO DE
ITAPARICA – RIO SÃO FRANCISCO (1987, 1989 e 2002)

Dissertação defendida em 06 de fevereiro de 2004

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante
Orientador
Departamento de Oceanografia da UFPE

Prof. Dra. Eugênia Cristina Gonçalves Pereira
Departamento de Geografia da UFPE

Prof. Dr. Sathyabama Chellappa
Departamento de Limnologia e Oceanografia da UFRN

Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha
Departamento de Oceanografia da UFPE

Recife, 2004

AGRADECIMENTOS

A João Paulo Maranhão Aguiar, Engenheiro de singular visão ambientalista,

Ao orientador tolerante, Prof. José Zanon de Oliveira Passavante,

A Sigrid Neumann Leitão, Leda Padilha, aos pescadores de Itaparica, cujas ajudas facilitaram o meu desempenho.

À turma do mestrado de 2002.

Ao meu auxiliar de muitos anos, fiel escudeiro de escaramuças aquáticas por este nordeste, Gerson Ferreira da Silva, *in memoriam*.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iii
Sumário	iv
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Siglas	viii
Resumo	ix
Abstract	x
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO II – OBJETIVOS	14
CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A SER INUNDADA	15
Clima	15
Solos	15
Cobertura Vegetal	16
O Rio São Francisco	18
CAPÍTULO IV - O RESERVATÓRIO DE ITAPARICA	25
Localização	25
Características Morfométricas	25
Manejo da Água – 1989	27
CAPÍTULO V – ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	28
Base de Dados	28
Método	28
Estações	28
Registros <i>in situ</i>	30
Coleta e Preservação das Amostras	30
Análises em Laboratório	32
Tratamento Estatístico	33
Análise Multivariada	34
CAPÍTULO VI – RESULTADOS	36
Estudo Sinóptico dos Parâmetros Hidrobiológicos	36
Parâmetros Físico-químicos	36
Indicadores ambientais	42
OD - Oxigênio Dissolvido	42
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio	42

DQO – Demanda Química de Oxigênio	43
CO ₂ - Gás Carbônico	43
Clorofila <i>a</i>	44
Fitoplâncton	45
Identificação das Espécies	45
Abundância relativa das espécies	48
Chlorophyta	48
Cyanophyta	49
Bacillariophyta	49
Diversidade Específica do Fitoplâncton	51
Zooplâncton	53
Identificação das Espécies	53
Abundância Relativa	56
Diversidade Específica	61
Ictionection	62
Identificação das Espécies	62
Frequência Relativa das Espécies	64
Frequência Relativa das Famílias	67
As Espécies e os Nichos	70
Diversidade Específica	74
Análise de Similaridade	75
Análise Integrada dos Resultados	77
Análise dos Componentes Principais	79
CAPÍTULO VII – DISCUSSÃO	82
CAPÍTULO VIII – CONCLUSÕES	91
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspecto da vegetação de caatinga na borda do reservatório	17
Figura 2 – Bacia hidrográfica do São Francisco, cursos e localização no território nacional	19
Figura 3 – Perfil longitudinal do Rio São Francisco segundo ROCHA (1983), assinalando-se a situação do Reservatório de Itaparica	21
Figura 4 – Pontos estudados desde Barra até Itaparica para reconhecimento da qualidade da água do Rio São Francisco antes do represamento	22
Figura 5 – Aspecto da dendriticidade do Reservatório de Itaparica e localização das estações em Rodelas e barragem	29
Figura 6 – Parâmetros Físico químicos medidos em amostras coletadas em Rodelas e na Barragem	37
Figura 7 – Indicadores ambientais obtidos de amostras coletadas em Rodelas e Barragem	38
Figura 8 – Número relativo de espécies por principais grupos do fitoplâncton	50
Figura 9 – Espécies mais abundantes do fitoplâncton em Itaparica	52
Figura 10 – Número relativo de espécies de cada grande grupo do zooplâncton	57
Figura 11 – Abundância Relativa das espécies do zooplâncton	59
Figura 12 – Protozoário – <i>Arcella vulgaris</i>	60
Figura 13 – Cladocero - <i>Bosminiopsis deitersii</i>	60
Figura 14 – Cladocero - <i>Moina micrura</i>	60
Figura 15 – Rotífero – <i>Keratella americana</i>	60
Figura 16 – Copepodo – <i>Thermocyclops decipiens</i>	60
Figura 17 – Espécies de peixes (<i>Pisces</i>) mais abundantes em Itaparica	68
Figura 18 – Frequência Relativa (%) das famílias de peixes em Itaparica	69
Figura 19 – <i>Prochilodus affinis</i> e <i>P. margravii</i>	71
Figura 20 – <i>Rhinelepis aspera</i>	71
Figura 21 – <i>Schizodon knerii</i>	71
Figura 22 – <i>Plagioscyon squamosissimus</i>	72
Figura 23 – <i>Cichla ocellaris</i>	72
Figura 24 – <i>Serrassalmus brandtii</i>	72
Figura 25 – Dendrograma representativo da associação das amostras de peixes coletados em Itaparica	76
Figura 26 – Dendrograma representativo da análise integrada dos dados coletados em Rodelas e Barragem no período estudado	78
Figura 27 – Projeção Espacial dos Fatores 1 e 2 da Análise dos Componentes Principais em Itaparica	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores Físico-químicos da Água do Rio São Francisco Desde Sobradinho até a Área do Represamento em Itaparica em 1987	23
Tabela 2 – Parâmetros Físico-químicos e Biológicos que Caracterizam as Águas de Itaparica	36
Tabela 3 – Espécies e Número de Organismos Fitoplancctônicos no Reservatório de Itaparica	45
Tabela 4 – Diversidade Específica e Equitabilidade do Fitoplâncton ao Longo do Período de Estudo	53
Tabela 5 – Espécies e Número de Organismos do Zooplâncton Identificados em Itaparica ..	54
Tabela 6 – Composição do Zooplâncton em Número de Organismos dos Grandes Grupos ..	56
Tabela 7 – Diversidade Específica do Zooplâncton de Itaparica no Período Estudado	61
Tabela 8 – Espécies Do Ictionecton (<i>Pisces</i>) Mais Frequentes em Itaparica e Correspondentes Denominações Locais	63
Tabela 9 – Frequência das Espécies do Ictionecton no Período Estudado	65
Tabela 10 – Diversidade Específica e Equitabilidade das Amostras dos Peixes em Itaparica nos Períodos do Estudo	74
Tabela 11 – Análise dos Principais Componentes Hidrobiológicos da Área de Rodelas e Barragem	80

LISTA DE SIGLAS

- CHESF- Companhia Hidrelétrica do São Francisco
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CPRH - Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- MMA - Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal
- PLANVASF - Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
- SUDEPE - Superintendência de Desenvolvimento da Pesca

RESUMO

O reservatório de Itaparica foi construído no trecho submédio do Rio São Francisco e enchido em 1988 quando alcançou a cota operacional normal (304) e funciona a fio d'água. Sua principal finalidade é a produção de energia elétrica. Tem 834,0km² de superfície, profundidade média de 21m e banha na margem esquerda o Estado de Pernambuco e na direita a Bahia. O principal objetivo deste estudo, foi reconhecer que modificações ou adaptações poderiam ocorrer na água e nas comunidades aquáticas após a implantação de um grande reservatório como Itaparica, no semi-árido nordestino, submergindo mata de caatinga. Para isto, utilizaram-se dados e informações referentes a três períodos: 1987, 1989 e 2002, representando respectivamente a fase lótica, o primeiro ano da represa e a situação atual (treze anos depois). Os dados foram coletados em duas estações fixas, durante o período de estiagem. Estudaram-se parâmetros físico-químicos (temperatura, transparência da água, pH, turbidez, dureza, condutividade elétrica da água, sílica, fósforo e ferro) e indicadores biológicos (OD, DBO, DQO, CO₂, Diversidade específica do fitoplâncton, zooplâncton e ictionecton e teores de Clorofila *a*). Os mecanismos no reservatório aparentemente se subordinam ao manejo da água que reside 2,4 meses com oscilações do nível entre as cotas 300 e 304. A análise multivariada do conjunto de dados, revelou a existência de duas zonas no reservatório: uma sob influência lótica, frente a Rodelas (BA) e outra de características mais lacustres, no sentido da barragem. Mostrou também que em 1989 a zona lacustre já apresentava as características atuais (2002) e que a área de Rodelas mantinha as características lóticas. Verificou-se certa capacidade de autodepuração do lago o qual num determinado momento apresentou valores elevados de nutrientes e clorofila *a*, que se exauriram no momento seguinte voltando depois a aumentar. Fitoplâncton, zooplâncton e ictionecton mudaram com frequência sucedendo-se espécies e alterando a frequência dos organismos. Duas espécies de peixes introduzidas, dominam atualmente a abundância de indivíduos e o conjunto das espécies ocupa os nichos de maneira equilibrada. O ictionecton apresentava na fase lótica, dominância de iliófagos os quais ao longo do tempo, cederam lugar aos carnívoros que compõem atualmente cerca de 80% das amostras. Ocorre portanto, um suporte de espécies forrageiras. As mudanças observadas beneficiaram o reservatório quanto à qualidade da água e potencial explotável e as espécies de peixes introduzidas na bacia do São Francisco que ali se estabeleceram, realizam seus ciclos no reservatório oferecendo facilidades para o seu controle e gestão. Essa gestão, suscita necessidade de controle de entrada de fertilizantes agrícolas no reservatório, tratamento de esgotos domésticos e deposição de resíduos sólidos nas áreas contíguas.

ABSTRACT

The main aim of this study has been to recognize the modifications or adaptations that might have happened to the water and to the fish communities after the construction of a huge reservoir such as Itaparica (834.0km²) located in the semi arid region of the northeast of Brazil, which submerged the stunted sparse forest (caatinga). Data and information related to three periods (1987,1989 and 2002), representing respectively the lotic phase, the first year of the dam and the current situation have been used. The data has been collected in two fixed stations inside the dam. Physical-chemical parameters such as temperature, water transparency, pH, conductivity, silic, phosphorus, iron; as well as biological indicators such as DO, BDO, CDO, CO₂, phytoplankton, zooplankton, ichthyofauna specific diversity and levels of chlorophyll *a* have been studied. Apparently, the mechanisms in the reservoir have become subject themselves to the handling of the water which resides for 2.4 months inside the dam with oscilation in its level between the 300 and 304 quotas. The multidimensional analysis of the set of data revealed the existance of two zones in the interior of the reservoir: one under the lotic influence in front of Rodelas (BA); and another with more lacustrine features towards the dam. This multidimensional analysis has also shown that in 1989 the lacustrine zone had already presented the characteristics currently (2002) observed, and that the area of Rodelas has kept the lotic characteristics. A certain capacity of self-depuration in the lake has been verified, which initially showed high levels of nutrients and chlorophyll *a*, followed by signs of exhaustion and later started to increase again. Phytoplankton, zooplankton, ichthyofauna have modified with frequency causing changes in the species and in the abundance of the organisms. Two exotic fish species dominate the abundance of the individuals and the species alltogether occupy niches in a balanced way. The ichthyofauna presented a dominance of iliofag fish in the lotic phase, which, along the time, gave place to predators, which currently consist of approximately 80% of the samples. Thus, some kind of support from the forage species takes place. The changes observed benefited the reservoir as far as the quality of water and its exploitable potential are concerned. The fishing species introduced in the San Francisco basin which managed to establish themselves there undergo their cycles in the interior of the reservoir facilitating the control and management of the area. The management generates the necessity to control the use of fertilizers, the implementation of a sewage system, and the deposition of the solid residue.

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O estudo de rios e lagos é antigo porém os estudos limnológicos holísticos, dos reservatórios, tiveram início nos anos 30-40 do século passado na União Soviética e em seguida na Grã Bretanha e Checoslováquia ESTEVES (1988). Hoje, estendem-se por todo o mundo em vista da necessidade de sua conservação.

Reservatórios são obras de engenharia que originam ecossistemas intermediários entre rio e lago MARGALEF (1983). Essas construções incidem sobre ecossistemas preexistentes e os impactam de diversas maneiras: suprimem os solos de vales férteis, deslocam populações humanas, aumentam a tendência de eutrofização e de contaminações, incrementam o assoreamento e originam salinização quando determinadas águas são usadas para irrigar solos áridos.

Em comparação aos lagos, mais estáveis em suas propriedades físicas, os reservatórios apresentam nível mais flutuante, águas mais turvas, maior sedimentação, menor biomassa e comunidades de composição mais pobre. A sua colonização é direta a partir do próprio rio e concomitante ao seu enchimento. Além destas características, MARGALEF (1983) refere-se à superposição no reservatório da natureza do rio sobre a do lago refletida no menor tempo de residência da água e conseqüente maior taxa de renovação.

No nordeste do Brasil, os pequenos reservatórios foram objeto de significativos estudos limnológicos e a região pode ser considerada o berço da Limnologia no Brasil. Em 1932, conforme historia ESTEVES (1988), Rodolfo von Ihering fundou a pedido do governo federal a Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste que funcionou como principal centro de Limnologia do Brasil até 1940. Trabalharam na Comissão renomados cientistas entre os quais Stillman Wright, Ergasto Cordero, Herman Lent, Harald Sioli, Otto Schubart e outros. Wright realizou intensas pesquisas limnológicas em açudes tendo sido o Açude Bodocongó em Campina Grande (PB), o primeiro ecossistema aquático continental brasileiro com pesquisas sistemáticas de Limnologia. Foi descrita a estratificação térmica e química, a ecologia do zooplâncton e se reconheceu a alta produtividade dos açudes nordestinos classificando-os como eutróficos. Wright compreendeu como a seca prolongada se refletia

nos ecossistemas lacustres através das altas concentrações de cloretos e de carbonatos observadas em Bodocongó.

Os grandes reservatórios nordestinos surgiram do aproveitamento hidráulico do Rio São Francisco. Com exceção de Três Marias, estão todos situados no curso submédio do Rio tendo a primeira UHE- Paulo Afonso, entrado em operação em 1954. No entanto, só recentemente, foram iniciados estudos limnológicos sobre o conjunto de represas formado por Sobradinho, Itaparica, Xingó e complexo de Paulo Afonso. O estudo destas, resente-se da falta de um trabalho de consolidação dos resultados.

O reservatório de Itaparica apresenta duas particularidades importantes para a compreensão da sua Limnologia: situa-se em região semi-árida onde as chuvas de verão/outono são torrenciais e compõe um conjunto de represas em cascata.

De acordo com BRANCO (1986), em regiões de rios intermitentes, de chuvas torrenciais, a erosão das margens e das terras adjacentes é intensa, carreando maiores quantidades de materiais sólidos em suspensão e aumentando a turbidez da água. Ocorrem então problemas de assoreamento (mais sensíveis aos pequenos reservatórios) os quais determinam a vida útil dos mesmos. Nos reservatórios em cascata a entrada em cada um corresponde à saída do anterior podendo-se esperar ao longo da cadeia uma diminuição das flutuações ambientais e maior maturidade dos ecossistemas.

O planejamento das intervenções destinadas a mitigar impactos decorrentes da construção de Itaparica e a auxiliar a formulação de um projeto para desenvolvimento das pescas BARROS (1987), necessitou de uma avaliação prévia da futura produção de pescado além de previsão sobre quais espécies provavelmente comporiam a mesma produção. Nesta tarefa foram realizados levantamentos hidrobiológicos e pesqueiros.

Para estimar o potencial pesqueiro usaram-se modelos morfodédicos de previsão de rendimento em lagos e reservatórios FAO (1984). Os índices morfométricos baseiam-se nos conceitos de que os reservatórios dendríticos são mais produtivos que os não dendríticos e que os reservatórios pouco profundos são mais produtivos que os profundos. As características édicas correspondem a indicadores da qualidade da água como sólidos totais dissolvidos

(TDS), condutividade elétrica, etc. A produção prevista correspondeu à média dos resultados obtidos pelos diferentes métodos. Foi 3,9 mil toneladas/ano ou 46,7 kg/ha/ano.

O reservatório de Itaparica corresponde a um lago de passagem o que em princípio sugere a possibilidade de não ocorrerem alterações hidrobiológicas significativas, modeladas no seu interior. Ao mesmo tempo, situa-se em região semi árida, com vegetação de caatinga, endêmica, com possibilidade de um comportamento diferenciado.

De uma forma ou de outra, a simples modificação do ambiente lótico para lêntico resultante do barramento do rio poderia motivar alterações dos parâmetros hidrobiológicos durante a residência da água, com eventuais reflexos sobre a biocenose.

À época da implantação do reservatório, no período de previsão de impactos, o conhecimento disponível, baseava-se na experiência de regiões temperadas e realçava a importância da biomassa vegetal que seria submergida com o alagamento. Uma das indicações era que a decomposição dessa biomassa acrescentaria nutrientes à água, deplecionaria o oxigênio dissolvido criando condições anóxicas sobretudo nas áreas mais profundas do manancial.

Outra preocupação era com os impactos diretos sobre a população humana sobretudo os decorrentes da perda dos aluviões onde historicamente se desenvolvia a pequena agricultura irrigada e a possível perda de produção pesqueira decorrente da interrupção das migrações das espécies reófilas.

A gestão do ambiente aquático requer estudos interdisciplinares nos campos da Física, Química, Biologia, Hidrogeologia, etc. sendo que os dados e informações recebem sistematização e análise no âmbito da Limnologia. São estabelecidos para isto, critérios, objetivos e padrões que sistematizem o estudo e processo de gestão.

Segundo TOMASI (1981), o estabelecimento de critérios para o estudo limnológico é um processo científico que avalia se um dado corpo hídrico pode suportar determinado uso a ele atribuído. Os objetivos, correspondem aos parâmetros de qualidade a serem atingidos e envolvem análise de custo/benefício. Os padrões, são os limites prescritos em lei para cada parâmetro ou poluente considerando os efeitos que podem causar sobre a saúde humana ou sobre os organismos aquáticos.

As preocupações citadas suscitaram desde o início das obras, propensão para formatar os monitoramentos ante e pós reservatório, de modo a possibilitarem uma comparação e avaliação das modificações que de fato ocorressem. Inquietavam indagações sobre qual a feição geral que adotaria o novo ambiente? Que organismos aquáticos entre os principais grupos não tolerariam as novas condições ambientais e quais os que se adaptariam a estas condições e até ampliariam os seus estoques? Enfim, o que aconteceria com o decorrer do tempo?

Esse contexto presidiu a concepção do presente trabalho. Encontrar respostas para estas questões, constituiu um objetivo que efetivamente se iniciou em 1987 com a execução do "Perfil das Condições Hidrobiológicas Antes do Represamento" patrocinado pela CHESF/HIDROSERVICE e estendeu-se a 2002 com as campanhas destinadas a levantar dados/testemunho das condições atuais segundo os mesmos critérios e métodos definidos em 1987.

Assim, este trabalho representa uma contribuição na área biológica para compor o entendimento da questão ambiental em Itaparica. Espelha a preocupação de conhecer a direção e intensidade com que a ação antrópica tem interferido nas comunidades naturais estruturadas e no seu equilíbrio natural. Trata-se portanto de um estudo de consequências feito segundo métodos da autoecologia. O estudo das causas, não encontra instrumental na Biologia porquanto, é de natureza sócioambiental ou pelo menos socioecológica passando o ecossistema a ser basicamente antrópico, amplo, ultrapassando o natural.

Como afirma BRANCO (2001), a Biologia na questão ambiental não é interface mas é intrínseca no que diz respeito ao estudo da composição florística, faunística, biodiversidade, descrição do sistema original elegendo referenciais como os indicadores biológicos das transformações provocadas pela ação antrópica principalmente das mudanças no estado de equilíbrio do sistema natural.

Este trabalho, será útil para o deslanche de um processo de gestão em Itaparica na medida em que identifica mecanismos hidrológicos, distingue setores e influências no interior do reservatório, estabelece referências ambientais, estima produtividades e registra alterações decorrentes da atividade antrópica refletidas na DBO, biomassa primária, diversidade específica das comunidades aquáticas, no ante e pós represa.

Citada ação antrópica não cessa e por ser subordinada à natureza antiecológica das nossas estruturas sociais e econômicas segundo CAPRA (1996), começou antes da implantação do reservatório com a remoção da vegetação, supressão dos solos, interrupção das migrações das espécies aquáticas e avança sem solução de continuidade, com a agricultura irrigada carreando nutrientes e agrotóxicos, deposição inadequada de resíduos sólidos, etc., externalizando custos a serem socializados pelas comunidades ribeirinhas historicamente já depauperadas.

CAPÍTULO II – OBJETIVOS

Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi reconhecer que modificações ou adaptações podem ocorrer com a água e com as comunidades aquáticas num determinado intervalo de tempo, após a implantação de um grande reservatório como Itaparica, no semi-árido nordestino,

Os objetivos específicos relacionaram-se com a análise de uma série de dados físico-químicos e biológicos referentes a três momentos da existência da represa:

- em 1987, antes do barramento do rio, quando no local a ser inundado corria ainda o Rio São Francisco cujas águas após residência de 4,2 meses no lago de Sobradinho, a montante, percorriam cerca de 200 quilômetros até chegar a Itaparica;
- em 1989, na fase inicial, oito meses após o enchimento do reservatório até a cota máxima normal ocorrido em maio de 1988;
- Em 2002, 13 anos após o enchimento do reservatório

Assim objetivou-se especificamente caracterizar os parâmetros físico-químicos, os indicadores ambientais, o microplâncton e o ictionecton, obtendo-se a partir destes, as Diversidades Específicas- DE, contemplando os três períodos retro mencionados.

CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA A SER INUNDADA

Clima

O clima da região enquadra-se no tipo BShw de Köppen chamado semi árido REIS (1969). É caracterizado por temperaturas médias anuais superiores a 18°C e chuvas de verão/outono. As chuvas começam em novembro sendo mais significativas de fevereiro a abril. A precipitação média é inferior a 500mm/ano sendo a menor média 342mm e a maior 690mm/ano. A maior evaporação ocorre de agosto a dezembro.

A temperatura varia entre 24,0 e 26,5°C. Ocorre a menor umidade em setembro/novembro e em março/junho o período mais úmido.

A maior insolação é registrada em outubro e corresponde a 284,2 horas em Floresta (PE). Predominam ventos SE todo o ano com velocidade média de 3,7m/s.

Solos

Os solos da área são predominantemente argilosos, de coloração vermelha, podendo ser arenosos e por vezes representados por afloramentos de rochas cristalinas RIZZINI (1997). A identificação dos solos foi obtida do EIA de Itaparica, HIDROSERVICE (1986) e a descrição dos mesmos consta de MOLLE (1996). São os seguintes, os solos na área de influência de Itaparica:

- ✓ Latossolo vermelho amarelo. Distribuição restrita. São profundos, com boa permeabilidade e escoamento superficial fraco. Às vezes apresentam valores elevados de alumínio;
- ✓ Podzólicos vermelho amarelo eutróficos. Ocorrem por toda a região em áreas aplainadas com declividades de 0-8%. Profundidade e drenagem são variáveis dependendo dos materiais de que se originaram;
- ✓ Brunos não cálcicos. Autóctones, de pouca profundidade e drenagem deficiente. São pedregosos e de vegetação rarefeita que lhe sujeita a severa erosão;

- ✓ Brunos não cálcicos planossódicos. Semelhantes ao solo anterior com valor mais elevado de sódio trocável que prejudica a drenabilidade;
- ✓ Planossolos solódicos. Ocorrem em quase toda a área. São pedregosos, pouco profundos, com vegetação rarefeita, alto teor de sódio que atua como dispersante de argilas, provocando problemas de drenagem;
- ✓ Solonetz solodizado. Contém concentração mais elevada de sais de sódio;
- ✓ Cambissolos. São derivados de rochas calcáreas. São pouco profundos e apresentam problemas de drenagem;
- ✓ Areias quartzozas. Textura arenosa, baixa retenção de umidade e alta taxa de infiltração;
- ✓ Regossolos. Sem características bem definidas por serem recentes ou por estarem em área onde o clima e a vegetação não lhe imprimem características típicas;
- ✓ Solos aluviais. Restringem-se aos terraços aluvionais do São Francisco sendo constituídos de sedimentos síltico-argilosos em áreas planas. São instáveis devido à forte dominância dos sedimentos. Sua fertilidade depende dos sedimentos que lhe deram origem;
- ✓ Vertissolos. Superficialmente são de textura argilosa, de coloração marrom, vermelha ou cinzenta escura apresentando fendas no período seco. A camada mais profunda é de textura muito argilosa, muito dura e fendilhada.
- ✓ Solos litólicos. Ocorrem em toda a região sobretudo em serras e áreas aplainadas sujeitas a erosão apresentando-se degradadas. Normalmente são rasos, erodidos, pedregosos e com vegetação rarefeita

Cobertura Vegetal

Sempre existe preocupação dos órgãos ambientais e dos ambientalistas com respeito à biomassa vegetal a ser submergida nos grandes empreendimentos hidrelétricos. A crônica científica não se esgota de lembrar Brokopondo (Suriname), Uruá-Una (AM) e outros exemplos clássicos.

Recentemente em Tucuruí (PA), a inundação de parcela da floresta amazônica alterou significativamente a qualidade da água do Tocantins a jusante da barragem, formando um charco putrefacto de 2400km² MERONA (1990). Este autor estudou a mortandade de peixes a

jusante, após a implantação da represa, atribuindo-a aos efluentes. Estes, segundo o autor, são de dois tipos: uma água que efetua queda livre de 60m e outra que atravessa as turbinas, captada no lago a meia profundidade. A primeira é pura, saturada de oxigênio dissolvido e a segunda é totalmente desoxigenada e carregada de gás sulfídrico formado pela decomposição da vegetação no lago. Quando tal água turbinada vasa, ocorre a mortandade de peixes.

Uma caracterização da cobertura vegetal na área de Itaparica, ainda que sumária, facilitará o entendimento das eventuais alterações que possam ocorrer;

Assim, o Submédio São Francisco possui uma vegetação composta quase integralmente de caatinga a qual apresenta várias formações conforme os solos que povoa, os microclimas, etc.

Caatinga é um nome genérico que designa um complexo de vegetação decidual, xerófila constituída de vegetais lenhosos, mais ou menos rica em cactáceas e bromeliáceas e com um núcleo de espécies arbóreo-arbustivas.

Além da caatinga, encontra-se a vegetação ciliar que na época do enchimento de Itaparica já era inexpressiva, pois exatamente nos seus lugares e nos terrenos de aluvião se concentravam as atividades agrícolas. Em conseqüência, as áreas cultivadas também assumiam alguma importância no cenário vegetal.

De modo geral, pode-se considerar que a vegetação inundada em Itaparica (Fig. 1) era remanescente de áreas degradadas apresentando manchas nativas nos locais de difícil acesso HIDROSERVICE (1986).



Figura 1 - Aspecto da vegetação de caatinga na borda do reservatório.

A caatinga foi classificada por Rizzini , nos seguintes tipos:

- Agrupada - com cactáceas, bromeliáceas e arbustos tortuosos de 2 a 3m
- Arbustiva-aberta - com arbustos e cactáceas isoladas atingindo cerca de 2m
- Arbustiva-densa - arbustos ramificados formando emaranhados de 2 a 3m com cactáceas no estrato herbáceo e arboretas de 5 a 6m
- Arbórea-densa - com predomínio de arvores de 8 a 10m sendo possível distinguir nela pelo menos três estratos;
- Arbórea-aberta - com estrato arbóreo não muito denso, de 6 a 10m e muitas plantas espinhosas.

Em toda a área do reservatório, predominavam conforme o testemunho do perfil atual, a caatinga arbustiva-aberta e arbórea no lado de Pernambuco e arbórea aberta no lado baiano do rio. A caatinga arbustiva-aberta em Belém do São Francisco, em processo de degradação, apresenta predomínio de favela (*Cnidosculus quercifolius*) e cobertura de *Aristida*. Em Floresta também foi catalogada a presença de *Aristida elliptica* (tipo de gramínea) e plantas de solos rasos como favela (*C. quercifolius*), e afloramentos rochosos com favela, xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), facheiro (*P. piauhyensis*) e umbuzeiro (*Spondias purpurea*).

De modo geral a vegetação arbórea apresentava craibeira (*Tabebuia aurea*), quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*), joazeiro (*Zizyphus joazeiro*) e marizeiro (*Geoffraea spinosa*).

A vegetação arbustiva aparece com catingueira (*Caesalpina pyramidalis*), jurema (*Mimosa* sp) e espécies ruderais como a mamona (*Ricinus communis*) e outras.

O Rio São Francisco

O afluente principal do Reservatório de Itaparica é o Rio São Francisco. Tem 2680km de extensão e sua bacia ocupa área de 631,1 mil quilômetros quadrados correspondendo a 7,4% do território nacional. Banha as regiões nordeste, sudeste e centro-oeste abrangendo parcialmente os Estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal sendo por isso, chamado o Rio da Integração Nacional (Fig. 2).



Figura 2 – Bacia hidrográfica do São Francisco, cursos e localização no território nacional.

Seu curso, segundo o PLANVASF (1989), apresenta quatro trechos bem definidos com as seguintes características:

- ✓ Alto São Francisco - das nascentes até Pirapora (MG), com 630km de extensão e desnível de 700m;
- ✓ Médio São Francisco - de Pirapora a Remanso (BA), com 1090km de extensão e desnível de 50 m;
- ✓ Sub médio S. Francisco - de Remanso até a Cachoeira de Paulo Afonso (BA), com 686km e desnível de 250m. Aí se localiza o reservatório de Itaparica;
- ✓ Baixo São Francisco - de Paulo Afonso até a desembocadura no Oceano Atlântico na fronteira de Alagoas e Sergipe, com 274km de extensão e 200m de desnível

É um típico rio de planalto com suas cabeceiras a 1200m de altitude localizadas na Serra da Canasta em Minas Gerais (Fig. 3).

As chuvas na Bacia do São Francisco concentram de novembro a abril excetuando-se apenas o curso baixo onde as precipitações ocorrem de maio a setembro.

Existem dois reservatórios a montante: Três Marias no Alto Curso; Sobradinho no Médio e seis outros a jusante de Sobradinho, operando em cascata: Itaparica, Moxotó, Complexo de Paulo Afonso (3) e Xingó.

As águas do Médio e Sub médio São Francisco foram caracterizadas em uma campanha CHESF/HIDROSERVICE (1987), realizada de 13 a 21 de setembro de 1987 que cobriu pontos de coleta em Barra, Xique Xique, Sobradinho e Belém do São Francisco (Fig. 4). Perfilaram-se os parâmetros físico-químicos das águas do rio que supririam Itaparica desde montante de Sobradinho, no seu interior e a jusante. As condições hidrobiológicas registradas foram as que constam da Tabela 1.

Do ponto de vista destes dados, identificou-se uma certa homogeneidade nas águas. Por vezes, apresentaram elevado teor de um ou outro elemento o qual ressurgia em nível normal para o padrão do rio. Assim, o teor de ferro (mg/L em ferro) detectado em Barra (2,45mg/L) apareceu mais diluído em Xique Xique e reduziu-se ao passar por Sobradinho a 1/5 do teor inicial. Provavelmente, no interior de Sobradinho o ferro disponível foi assimilado pelo fitoplâncton ou precipitado após reagir quimicamente com outros elementos ou substâncias.

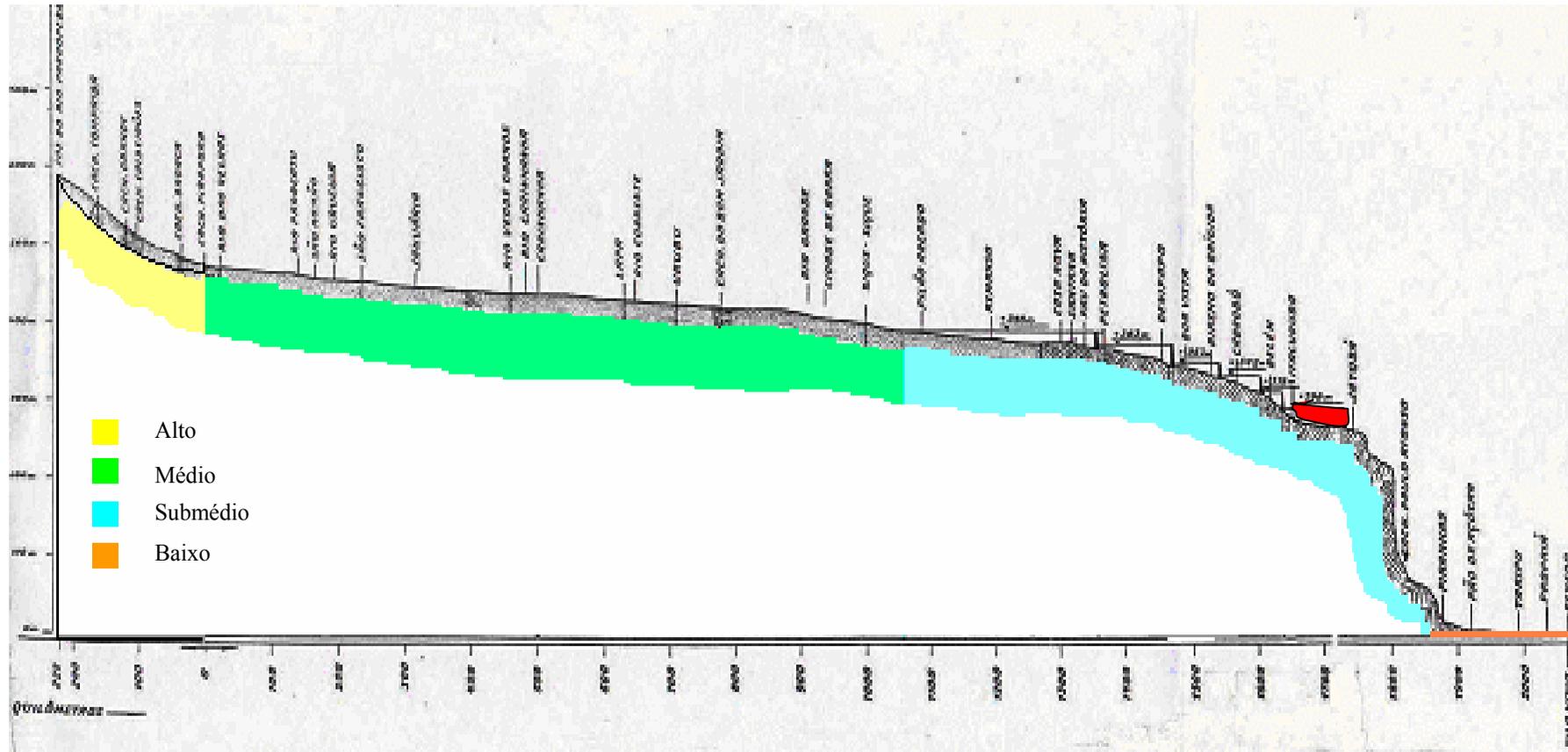


Figura 3 – Perfil longitudinal do Rio São Francisco segundo ROCHA (1983), assinalando-se em vermelho a situação do Reservatório de Itaparica.

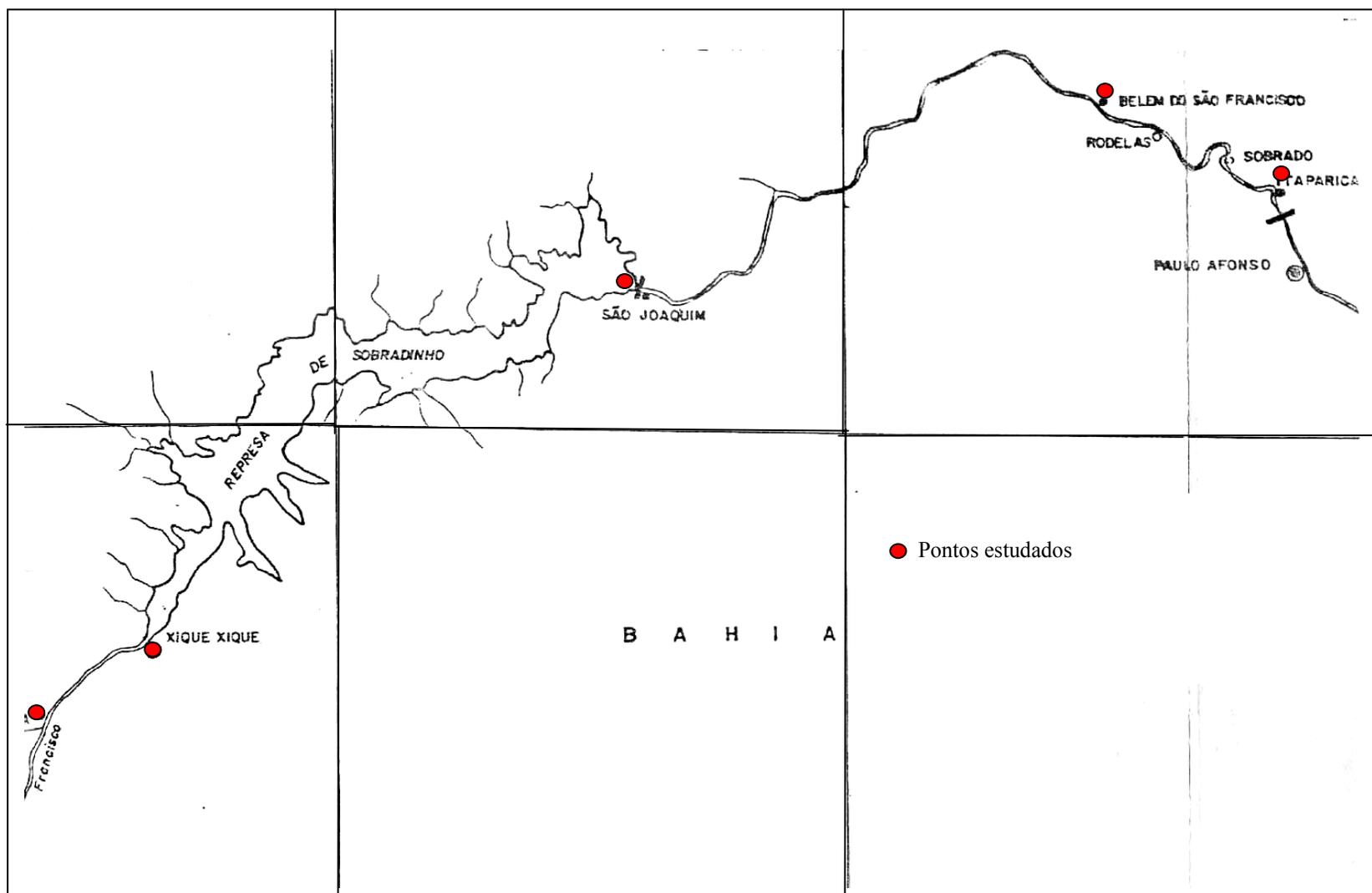


Figura 4 – Pontos estudados desde Barra até Itaparica para reconhecimento da qualidade da água do Rio São Francisco antes do represamento.

Tabela 1 - Fatores físico-químicos da água do Rio São Francisco desde Sobradinho até a área do represamento em Itaparica, CHESF/HIDROSERVICE (1987).

FATOR	BARRA	XIQUE-XIQUE	SOBRADINHO	BELÊM
DATA	13.10.87	14.10.87	17.10.87	21.10.87
T°C	26,80	27,00	26,10	27,80
Transparência (m)	-	0,49	3,04	2,10
Ph	7,30	7,30	7,10	7,10
Turbidez	4,00	6,00	0,50	1,00
Condutividade elétrica	54,10	49,70	47,20	48,80
Dureza	24,90	24,90	23,20	23,20
NO ₂	0,99	0,28	0,28	0,14
NO ₃	35,84	12,60	19,60	24,78
CO ₂	2,20	2,20	2,20	2,20
P ₂ O ₅	3,26	1,59	1,78	2,05
SiO ₂	0,70	1,50	2,20	3,00
DQO	9,30	9,70	7,40	6,70
DBO	2,00	2,00	2,00	2,00
O ₂ D	7,90	8,90	9,00	7,80
Fe	2,45	1,02	0,39	0,50
Cd	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	0,03	0,02	0,02
Mn	0,06	0,04	ND	ND
Hg	-	ND	ND	ND
Coliformes Fecais: 100/ml*		80	40	300

ND: Não Detectado

Em geral, as águas revelaram-se ligeiramente alcalinas, com baixas turbidez e condutividade elétrica.

A dureza sempre esteve compreendida entre 23,2 e 24,9mg/L em CaCO₃ enquadrando-se a água na categoria "branda". O fósforo, expresso em mg/L de P, foi mais elevado em Barra e mais diluído em Xique Xique e, após sair de Sobradinho chega a Belém com o valor inicial recuperado. A sílica (mg/L), oscilou entre 0,7 a 3,0 em SiO₂.

Os valores da Demanda Química de Oxigênio foram menores em Belém e mais elevados em Xique Xique e Barra apresentando variação de 6,7 a 9,7mg/L.

A par de uma demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) baixa, as águas superficiais em todas as seções observadas apresentaram-se bem oxigenadas com valores de oxigênio dissolvido entre 7,8 e 9,0mg/L.

Os metais pesados investigados, cádmio, chumbo, cobre, cromo e níquel não foram detectados em nenhum dos pontos registrando-se entre Xique-Xique e Belém pequena ocorrência de zinco (0,02 a 0,03mg/L) e em Barra e Xique-Xique pequenos valores de Manganês.

O nível dos sólidos dissolvidos esteve invariavelmente abaixo do limite de tolerância situando-se de 41,0 a 63,5mg/L.

Pode-se definir pela observação dos fatores físico químicos observados que as águas do São Francisco apresentaram-se relativamente homogêneas antes e depois de transpor os reservatórios ou seja, nas condições lóticis e lênticis do percurso.

A análise bacteriológica das águas de Xique-Xique, Sobradinho e Belém mostrou contaminações respectivamente de 80, 40 e 300 coliformes fecais por 100mL de amostra excedendo os padrões de potabilidade e exigindo tratamento convencional da água para uso doméstico. Nas amostras analisadas foram isoladas as bactérias patogênicas *Escherichia coli* e *Klebsiella* sp.

Quanto ao fitoplâncton as amostras coletadas desde Barra até Itaparica variaram entre 22 a 37 espécies de Clorófitas, Cianófitas e Bacilariófitas observando-se dominância mais freqüente, de *Microcystis aeruginosa* e *Pediastrum biwöe*.

O zooplâncton compôs-se em geral de 8 a 19 espécies. De Belém a Itaparica, trecho da futura represa, ocorreu dominância de *Keratella americana* e de *Bosminiopsis deitersi* que juntas integraram 61,5% do número de indivíduos. Não ocorreram protozoários entre Xique-Xique e Sobradinho trecho onde também foi baixa a ocorrência de *K. americana* e *B.deitersi*. Em Xique-Xique, a participação de Rotíferos e Cladoceros foi elevada.

CAPÍTULO IV - O RESERVATÓRIO DE ITAPARICA

Localização

O Reservatório de Itaparica recebeu oficialmente o nome de UHE - Luiz Gonzaga. A Barragem está situada na Latitude de 9° 6'S e Longitude 38° 19'W.

Uma represa interage com a pluviometria local, com a radiação solar que incide sobre sua superfície, com o solo cujo tipo pode dar diferentes contribuições à água, com a topografia e outras influências naturais e antropogênicas daí a importância do conhecimento da sua localização KENNEDY (1999) apud REIS (2002).

Insera-se no Submédio São Francisco, trecho que tem a extensão de 686km com desnível de 250m. O Submédio estende-se da cidade de Remanso à de Paulo Afonso na Bahia onde a semi aridez é muito acentuada. Abrange as microrregiões homogêneas de números 103 e 140, IBGE (1968), respectivamente nos Estados de Pernambuco (margem esquerda) e Bahia (margem direita).

O lago que se formou pode ser qualificado como lago de passagem onde as águas residem pouco tempo.

O barramento final do rio nesse trecho foi iniciado em março de 1988 e na primeira quinzena de maio do mesmo ano, o nível do reservatório alcançou a cota mínima operacional (299,0m) entrando em operação a primeira turbina. Neste mesmo mês, o nível alcançou a cota operacional normal (304,0m).

Características Morfométricas

Itaparica não tem finalidade de controlar cheias ou regularizar vazão e opera no sistema a fio d'água. Este funcionamento é por deplecionamento do nível de água utilizando uma lâmina útil de 5m.

Na cota mínima operacional (299,0) ocupa área de 611,0km² e na cota máxima normal (304,0m), a sua área é de 834,0km².

O volume de água na cota 304,0 é $10,7 \times 10^9 \text{ m}^3$. Apresenta profundidade máxima de 101m, mas na verdade trata-se de um lago raso apresentando na cota 304,0m a profundidade média de 21,0m. Nesta cota o perímetro da represa é de 1275,0km e na cota 299,0m é 946,0km. A largura máxima é de 32,5km sendo o seu comprimento calculado em 149,0km.

Outros dados representativos de Itaparica são:

Altura Máxima da Barragem - 105,0m no leito do rio

40,0m na margem direita

50,0m na margem esquerda

Comprimento Total da Crista - 4.731,7m

Municípios Inundados pelo Reservatório:

BAHIA: Glória, Rodelas, Chorrochó, Abaré.

PERNAMBUCO: Belém do S. Francisco, Itacuruba, Floresta, Petrolândia, Tacaratu e Jatobá.

De modo geral, os reservatórios ao afogar os afluentes do rio criam formas dendríticas desenvolvendo margens muito grandes em relação à área da superfície. Em Itaparica, os afluentes mais expressivos são os da margem pernambucana (Pajeú, Moxotó) auferindo-lhe dendriticidade maior que na margem baiana.

É lago medianamente dendrítico. Nos seus 2/3 posteriores e sobretudo no lado do Estado de Pernambuco a sua dendriticidade é mais acentuada (Fig. 5). O IDM - Índice de desenvolvimento das margens, importante caracterizador da forma do reservatório PORTO (1991), foi calculado pela fórmula:

$$\text{IDM} = \frac{L}{2\sqrt{\pi \cdot A}} \quad \text{onde, } \underline{L} \text{ é o comprimento total das margens e } \underline{A} \text{ é a}$$

circunferência de um círculo com área igual à da superfície do lago.

Resulta o valor 12,45. O menor valor possível deste índice é 1,0 que corresponde a um lago exatamente circular. Tucuruí, no Pará tem $\text{IDM} = 21$ e sua área dendrítica corresponde a 50% da área total.

Manejo da Água- 1989

Oscilações grandes em curtos espaços de tempo limitam a produtividade biológica.

As oscilações de nível em Itaparica ocorrem sobretudo em decorrência das necessidades operacionais em Sobradinho (Fig. 4) e nas represas a jusante.

Assim sendo, a flutuação de nível em Itaparica depende menos da precipitação pluvial na sua área de drenagem do que do manejo referido. É importante entender que a água acumulada em Itaparica vem de uma retenção ou residência em Sobradinho estimada em 1989, em 4,2 meses ou 126 dias.

De janeiro a julho daquele ano, o nível esteve entre a cota 300,10 e 304,05m ocorrendo uma amplitude média de oscilação de 3,95m. A vazão média afluente de Itaparica em 1989 foi 1696m³/s tendo acumulado o volume máximo de 10.716Hm³ de água.

As vazões agrupadas por trimestres, revelaram o seguinte:

- De janeiro a março o reservatório manteve-se próximo da cota 300;
- De abril a junho o nível esteve sempre em elevação tendendo para a cota 304m;
- Durante todo o terceiro trimestre manteve-se próximo da cota 304m.
- Durante o quarto trimestre o nível esteve sempre baixando, alcançando outra vez a cota 300m em janeiro/90.

Com base nos indicadores sobre o fluxo anual e o volume do reservatório, foi calculado o tempo médio de residência hidráulica em Itaparica.

A elevação do nível da água da cota 300,0m para 304,0m representa a inundação de aproximadamente 223,0km² de terras justafluviais.

CAPÍTULO V - ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Base de Dados

A uniformidade na coleta e análise dos dados foi conseguida no que concerne aos modelos de equipamentos e técnicas de coleta e também aos pesquisadores especializados que foram os mesmos em todas as fases do trabalho.

Igualmente, as análises químicas foram sempre realizadas nos laboratórios da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos- CPRH;

- Os dados de Rodelas referentes ao ano de 1987, com exceção do ictionecton, representam as exatas condições no interior do reservatório;
- Os dados de 1989 correspondem a uma coleta em cada estação;
- Os dados de 2002 foram também obtidos em uma coleta em cada estação.

As coletas de dados, as anotações *in situ* e as amostras para laboratório foram sempre coletados entre outubro e dezembro pois, nessa época ocorrem as condições mais críticas como baixo teor de oxigênio dissolvido, menor capacidade diluidora e atividade biológica mais intensa TOMASI (1981). Os dados originais são apresentados no decorrer do texto.

Método

Estações

Embora o monitoramento hidrobiológico e pesqueiro de Itaparica e o Perfil das condições antes do represamento tenham sido realizados através de seis estações de coletas situadas em Belém, Rodelas, Itacoatiara (montante), Itacoatiara (jusante), na área frente à barragem e em Quixaba - 1km a jusante da barragem, neste trabalho foram selecionadas duas delas - Rodelas e Barragem, ambas no interior do reservatório (Fig. 5), pelas seguintes razões:

- as séries de dados nos momentos pretéritos do estudo (1987 e 1989) são completas;
- representam as exatas condições no interior do reservatório;
- representam o mesmo período (estiagem)

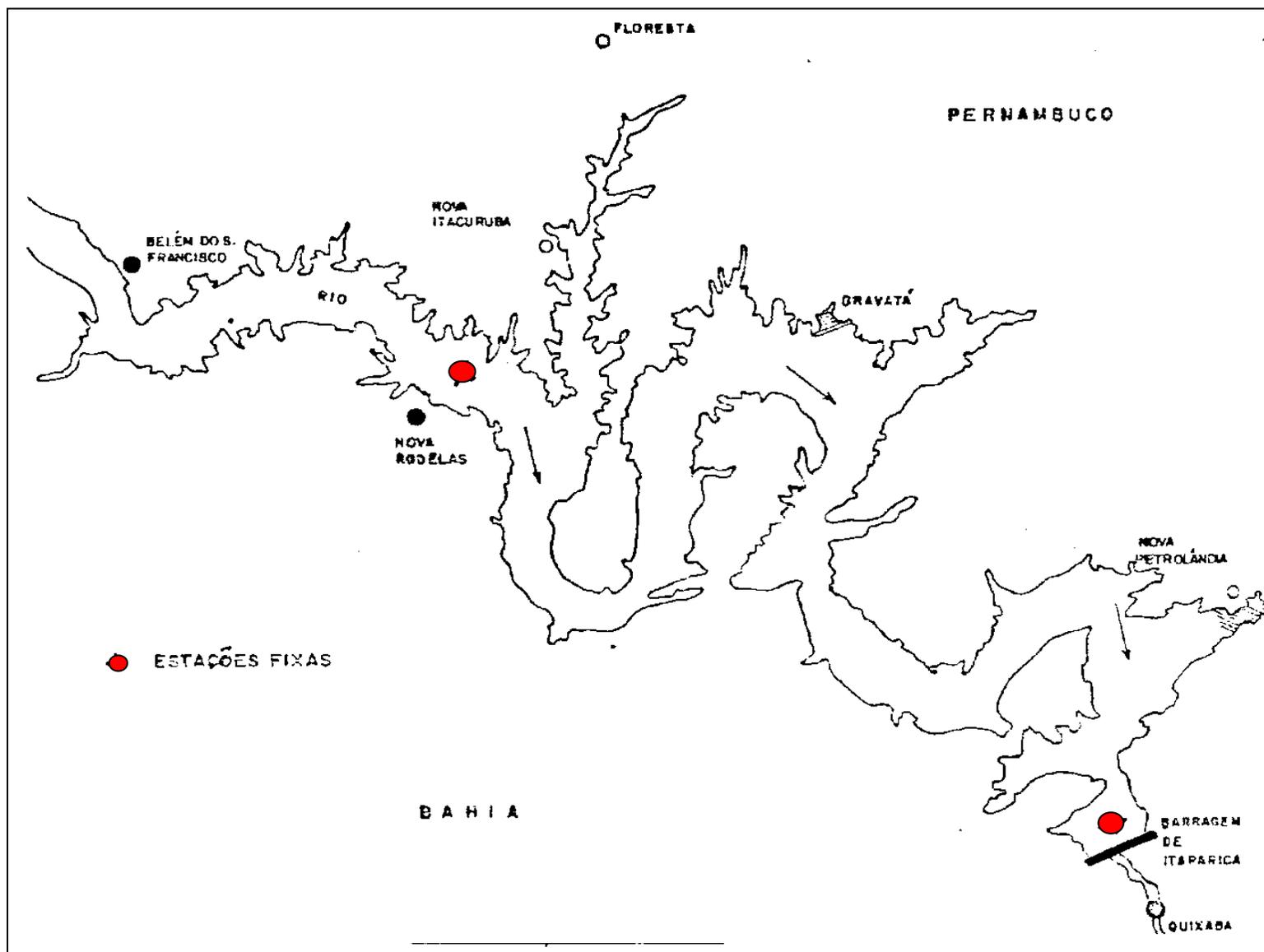


Figura 5 – Aspecto da dendriticidade do Reservatório de Itaparica e localização das estações em Rodelas e barragem.

A estação designada Barragem situa-se cerca de 1km a montante, frente ao paredão de represamento.

Registros *in situ*

Os parâmetros registrados no campo foram:

Temperatura (°C) - Foi obtida sempre à superfície, durante o dia, com termômetro de mercúrio, com precisão de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ com o bulbo imerso no reservatório até cerca de 15cm.

Transparência da Água (m) - A leitura da transparência correspondeu à média de duas medidas (ida e volta) de um disco de Secchi de 30cm de diâmetro, com quadrantes pintados em cores preta e branca alternadas.

Anotações sobre os peixes - Foram obtidas das capturas artesanais. Destas, registrou-se o número de exemplares de cada espécie em cada período englobando os que foram obtidos com redes de emalhar (gill nets), com anzóis e com armadilhas de modo a representar da melhor forma a ictiofauna do lago em cada amostra.

Em cada período, as amostras de peixes representam todo o lago e não as estações pois, observou-se que os pescadores freqüentavam indistintamente pesqueiros em qualquer local do lago tornando-se infrutífero tentar separar as capturas por locais ou setores no momento dos desembarques.

Coleta e Preservação das Amostras

As coletas de materiais e anotações *in situ*, foram realizadas com equipamentos apresentando as mesmas características de construção e uso adotados na primeira campanha (1987) eliminando-se a interferência de eventuais efeitos de seletividade, diferenças de método, etc.

Análises físico-químicas - As amostras foram coletadas com garrafas de polietileno de 2,0 litros, lavadas por duas vezes na água do reservatório, enchidas e acondicionadas sob gelo até chegar ao laboratório.

Oxigênio dissolvido - (OD) - As amostras foram coletadas em vidros de 300mL, de boca estreita com tampa esmerilada, enchidos cuidadosamente para evitar bolhas. Após a coleta, adicionava-se 1mL de solução de sulfato manganoso e 1mL de reagente alcalino-iodeto azida imergindo a ponta da pipeta no líquido do frasco. Fechava-se o vidro, agitava-se o conteúdo e deixava-se o precipitado decantar até a metade do volume. Agitava-se novamente e acondicionava-se a amostra para o transporte ao laboratório.

Demanda Bioquímica de Oxigênio - (DBO₅) - A amostra era coletada em frasco âmbar de 300mL e acondicionada sob gelo até chegar ao laboratório.

Demanda Química de Oxigênio - (DQO) - Coletava-se a amostra em frasco de polietileno de 500mL e adicionava-se 5,0mL de ácido sulfúrico concentrado.

Clorofila *a* - As amostras foram coletadas no início dos arrastos para coleta de fitoplâncton, a cerca de 15cm da superfície com o próprio recipiente de polietileno de 1,0 litro. A amostra era filtrada imediatamente após o retorno à praia em filtros millipore de 45µm de porosidade colocados em porta filtro acoplado a um kitassato. Utilizou-se bomba de vácuo com pressão regulada inferior a 0,5 atmosfera. Ao final anotava-se o volume de água filtrado e o filtro era protegido da luz, com papel alumínio e guardado sob gelo.

Fitoplâncton de Rede – As amostras foram coletadas em arrastos superficiais de cinco minutos de duração com uma rede de 1 metro de comprimento, com aro na boca de 30cm de diâmetro, construída com tecido de malhas de 40µm. O coletor do fitoplâncton era um vidro de 250mL de capacidade. As amostras eram imediatamente fixadas com formol a 5% neutralizado por borato

Zooplâncton - As redes de zooplâncton tinham formato e dimensões iguais às de fito mas com malhas de 65µm. Eram invariavelmente arrastadas em paralelo às do fitoplâncton sendo o material recolhido também em coletor de vidro de 250mL.

Análises em Laboratório

As análises físico-químicas foram realizadas nos laboratórios da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos - CPRH, de acordo com as rotinas do Standard Methods for the Examination of Waste water APHA (1968), conforme os seguintes objetivos:

pH (potenciométrico) - Método 423

Turbidez (NTU) - Método 214

Condutividade elétrica - (25° C em $\mu\text{S}/\text{cm}$) - Método 205

CO_2 (mg/L em CO_2) - Método 406

Dureza Total (mg/L em CaCO_3) - Método Titulométrico EDTA-B nº 314-B

Fósforo (mg/L em P) - Digestão com Ácido Sulfúrico a 30% e reação com Molibdato de Amônio e Ácido Ascórbico. Método 424-F

Sílica (SiO_2) - Kit Merck - Acquamerck 11121 - silicat

DQO (mg/L) - Método 508-A

DBO (mg/L) - Método 507 (Incubação e Diluição, 20° C, 5 dias)

O_2D (mg/L) - Método 421-B (Método de Winkler modificado pela azida sódica)

Ferro (mg/L em Fe) - Método 315-A (Espectrofotômetro de Absorção Atômica)

Fitoplâncton - No laboratório o material era homogeneizado e analisadas duas subamostras de $0,5\text{cm}^3$ numa lâmina de Sedgwick-Rafter da amostra com a forma de uma pequena cuba de 5cm de comprimento por 2cm de largura e 1mm de altura, com capacidade de 1mL. A leitura realizada com microscópio binocular Zeiss. Identificavam-se as espécies e contavam-se o número de células de cada uma.

Zooplâncton - Para a identificação das espécies e contagem dos indivíduos utilizaram-se também subamostras de 1ml observadas em microscópio Zeiss com objetiva de 16mm.

Ictionecton - A identificação das espécies de peixes foi realizada com o auxílio da “Chave para identificação dos peixes da Bacia do São Francisco” BRITSKI (1986).

Clorofila *a* ($mg.m^{-3}$) - Em laboratório o pigmento clorofiliano era extraído com acetona a 90% e centrifugado por dez minutos a 1000rpm antes da leitura. A determinação da Clorofila *a* foi feita por análise espectrofotométrica em espectrofotômetro Micronal B280 nos comprimentos de ondas 630, 645, 665 e 750nm. O cálculo da Clorofila *a* foi realizado segundo a equação de Parsons e Strickland (1963):

$$mg.m^{-3} = \frac{11,6 \cdot D_{665} - (1,31 \cdot D_{645} + 0,14 \cdot D_{630} + D_{750})}{V_2 \cdot L} \times V_1$$

onde:

V_1 = volume de acetona 90% (padronizado em todas as amostras em 10 ml);

V_2 = volume da amostra filtrada em litro;

L = caminho ótico da cubeta em centímetro;

D = leituras de absorbâncias nos respectivos comprimentos de ondas a que se referem seus índices.

Tratamento Estatístico

Número relativo ou frequência relativa é o número de espécies de cada grupo expresso em percentual MARGALEF (1983).

A partir dos dados brutos, calculou-se também a abundância relativa de indivíduos a qual é expressa em participação percentual dos indivíduos da espécie em cada amostra e/ou conjunto das amostras.

Cálculo dos Índices de Diversidade Específica ($ind.bit^{-1}$)

Baseou-se em SHANNON (1948), utilizando a fórmula: $H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$

onde,

H' = diversidade específica

$p_i = n_i / N$ (probabilidade de coleta da espécie *i* na população, estimada a partir de sua frequência relativa (n_i / N) na amostra;

n_i = é o número de indivíduos de cada espécie *i*;

N = é o número total de indivíduos da amostra.

Utilizando-se os logaritmos na Base 2, o valor do índice de Diversidade é expresso em bits por indivíduo. Consideram-se valores acima de 3 bits.ind⁻¹ altos, e abaixo de 1 bit.ind⁻¹, baixos.

Equitabilidade (J)

Foi calculada com base em PIELOU (1977) a partir do Índice de Shannon (H'), através da fórmula:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

onde,

H' = Índice de Shannon S = número de espécies de cada amostra.

Adotam-se para este índice, valores entre 0 e 1, sendo > 0,5 considerado significativo, eqüitativo. Para esses cálculos foi utilizado o Programa Estatístico Ecológica.

Análise Multivariada

As matrizes de dados brutos foram analisadas pelos métodos multidimensionais com a finalidade de evidenciar a estrutura dos conjuntos de dados e os fatores responsáveis pela sua variabilidade. Esses métodos têm sido aplicados intensamente em estudos ecológicos. Foi utilizado o método de agrupamento ("Cluster Analysis"), após medição da similaridade pelo método do Coeficiente de Correlação momento-produto de Pearson:

$$r = \frac{\sum (X_{ij} - X_j)(X_{ik} - X_k)}{\sqrt{\sum (X_{ij} - X_j)^2 \sum (X_{ik} - X_k)^2}}$$

A classificação utilizada foi a aglomerativa hierárquica do "Peso Proporcional" (Weighted Pair Group Method - WPGM). Este método consiste em dividir um conjunto de objetos (amostras) em subconjuntos, de forma que cada objeto pertença a um único subconjunto. As relações entre os constituintes de um subconjunto e entre os diversos

subconjuntos são quantificadas, evidenciando associações significativas LEGENDRE; LEGENDRE (1989).

O resultado da classificação é visualizado sob a forma de um dendrograma. Esta representação, em um espaço bidimensional, de relações multidimensionais gera certas distorções, cuja intensidade pode ser estimada comparando por correlação a matriz original com a matriz tirada do dendrograma, chamada de matriz dos valores cofenéticos. O Coeficiente de Correlação resultante é chamado de correlação cofenética e pode ser usado para medir o bom ajuste do agrupamento, cujo valor $> 0,8$ está bem ajustado ROHLF & FISHER (1968).

Foi feita também a análise fatorial, em componentes principais, que permite evidenciar e hierarquizar os fatores (eixos = componentes) responsáveis pela variância dos dados. Este método de ordenação em espaço, sintetiza as principais tendências de variação e sua representação gráfica em espaço multidimensional é projetada em um número reduzido de planos. A matriz formada com os parâmetros ambientais foi submetida a uma padronização (Standardization) por fileiras, para reduzir os efeitos das diferentes escalas. Em seguida, foi calculada a similaridade por correlação, e daí, computaram-se os autovalores da matriz de dispersão (mede a variância associada a cada eixo principal), estando associado a cada um destes autovalores, autovetores, que correspondem aos eixos principais do espaço multidimensional. O primeiro eixo principal descreve a maior dimensão da elipsoide multidimensional, enquanto que os eixos principais seguintes passam por dimensões sucessivas, gradativamente menores LEGENDRE & LEGENDRE (1989).

Todos estes cálculos foram feitos utilizando o programa computacional NTSYS (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) da Exeter Software Corporation, California - USA.

CAPÍTULO VI - RESULTADOS

Estudo Sinóptico dos Parâmetros Hidrobiológicos

Parâmetros físico-químicos

A Tabela 2 representa a sistematização dos dados referentes às coletas *in situ* e às análises de laboratório nos três períodos do reservatório. Constituem a base para a descrição e análise das condições e para avaliar eventuais alterações decorrentes da implantação de Itaparica.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e biológicos que caracterizam as águas de Itaparica

FATOR	RIO SÃO FRANCISCO 1987		REPRESA 1989		REPRESA 2002	
	RODELAS BARRAGEM*		RODELAS BARRAGEM		RODELAS BARRAGEM	
Temperatura (°C)	27,20	26,50	26,80	26,10	26,50	26,10
PH (potenciométrico)	7,10	7,40	6,90	7,80	7,70	7,60
Transparência (m)	2,33	1,30	2,27	2,60	0,74	3,04
Turbidez (UNT)	6,20	1,70	3,50	5,30	8,00	2,00
Condutância (a 20°C uS/cm)	50,90	33,30	56,50	60,60	70,00	72,20
Dureza Total (mg/L em CaCO ₃)	24,00	22,30	25,00	26,80	25,10	27,50
Fósforo Total (mg/L em P)	0,65	0,19	<0,20	<0,20	0,00	0,01
Sílica (mg/L em SiO ₂)	1,50	1,30	0,70	0,70	-	-
O₂D (mg/L)	7,50	8,40	8,40	7,20	9,10	7,60
Ferro Total (mg/L em Fe)	0,50	0,14	0,21	0,09	0,50	ND
DBO₅ dias a 20°C (mg/L)	<2,00	2,00	<2,00	<2,00	2,20	2,00
DQO (mg/L)	4,90	4,90	10,30	6,60	ND	<5,00
CO₂ (mg/L em CO₂)	4,40	2,20	2,20	2,20	8,48	9,40
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	0,80	4,00	7,10	2,80	7,20	0,95
Índice de Diversidade (bits.ind-1)						
Fitoplâncton	2,718	2,832	1,808	1,465	1,801	2,047
Zooplâncton	1,375	1,617	2,298	2,262	1,270	1,851
Ictionecton	1,288	1,278	1,779	1,754	2,07	1,951

* Local onde foi construída a Barragem (Itaparica)

Estes dados foram utilizados na elaboração das Figuras 6 e 7 que oferecem uma visão de conjunto dos resultados.

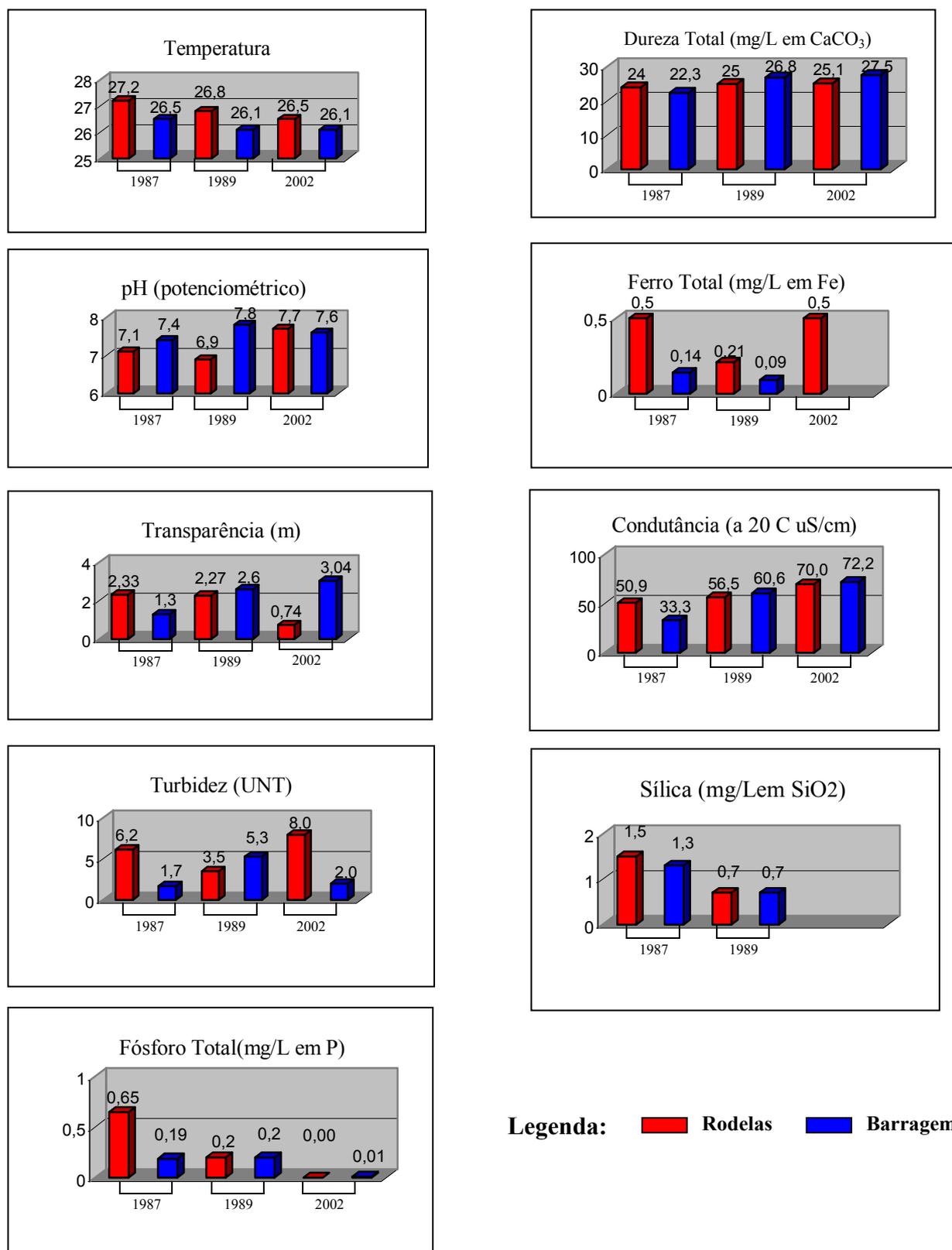
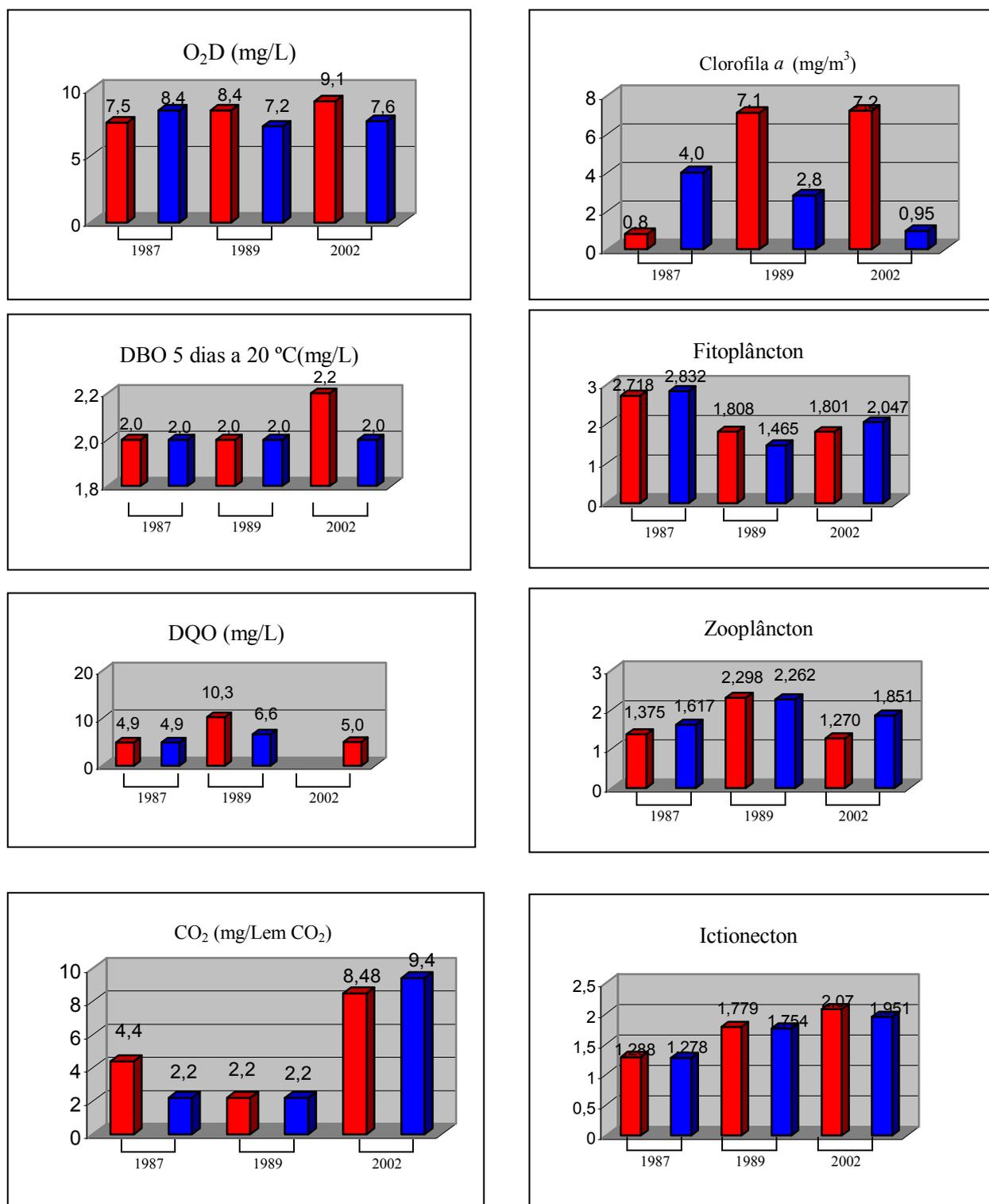


Figura 6 – Parâmetros Físico químicos medidos em amostras coletadas em Rodelas e na Barragem.



Legenda: ■ Rodelas ■ Barragem

Figura 7 – Indicadores ambientais obtidos de amostras coletadas em Rodelas e Barragem.

Temperatura Superficial da Água

Em todo o período do estudo, a temperatura superficial diurna da água apresentou gradiente de $1,1^{\circ}\text{C}$ oscilando entre $26,1$ e $27,2^{\circ}\text{C}$. As águas mostram-se uniformes do ponto de vista térmico. Em Rodelas, apresentam-se ligeiramente mais quentes que na área próximo à barragem apresentando diferenças de $0,7$, $0,7$ e $0,4^{\circ}\text{C}$ nos três períodos observados. A diferença pode ser atribuída à maior influência das condições lóticicas em Rodelas e à maior largura da represa próximo à barragem onde as águas superficiais em áreas abertas estão sujeitas à maior influência dos ventos.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Em geral, as medições do pH variaram entre $6,9$ e $7,8$. As águas são ligeiramente alcalinas não se observando tendência de acidificação. Os valores em Rodelas, foram um pouco inferiores aos da Barragem salvo no início do represamento quando ocorreu aí o seu maior valor. Com o advento do lago, percebe-se diminuição da amplitude do pH tendo sido $0,9$ na fase inicial do lago e $0,3$ mais recentemente.

Transparência ao Disco de Secchi

No período mais recente (2002), ocorreu a maior amplitude das médias de transparência da água ($2,3\text{m}$). A transparência era maior em Rodelas comparada à área da barragem, quando ainda predominavam as condições lóticicas. Posteriormente, a transparência diminuiu aí e o maior valor foi registrado na área da Barragem. De modo geral, no rio variou entre $1,30$ e $2,33\text{m}$ e no lago, ocorreu a maior amplitude de variação no período mais recente, com valores entre $0,74$ e $3,04\text{m}$.

Turbidez

A turbidez também apresentou maior amplitude e maior média no período mais recente da represa. Os seus valores foram baixos oscilando nos três períodos entre 1,7 e 8,0 UNT. Em geral as águas represadas apresentam menor turbidez na zona de características lacustres. Enquanto rio, a turbidez era maior em Rodelas (6,20) que na área da Barragem (1,70). Após o barramento apresentou-se um pouco maior na barragem (5,30) e recentemente está maior na área de Rodelas (8,00). Assim, variou entre 1,70 e 6,00UNT enquanto ambiente lótico. E 0,74 a 3,04UNT no reservatório.

Fósforo Total (mg/L em P)

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante da produtividade. Entre as suas várias formas o Ortofosfato (Orto-P), torna-se muito importante por ser a forma assimilável pelos vegetais aquáticos. Assim, o fósforo no Rio São Francisco, que em Rodelas era muito elevado (0,65mg/L) deplecionou-se com a implantação do reservatório principalmente no final do período estudado. Parece claro que esse elemento, chega com o desembocar do rio na represa. Com o desvio do rio em 1987, houve uma acumulação de água ao sopé do paredão da barragem e essa água assumiu características lacustres. Nas análises efetuadas posteriormente, o fósforo apresentou-se deplecionado (0,0 e <0,02) podendo ter sido assimilado.

Dureza

No período lótico, a dureza apresentou-se ligeiramente menor (22,3 e 24,0mg/L em CaCO₃) que no reservatório e neste ocorreu uma pequena tendência de aumento de 1989 para 2002. Embora próximos, observam-se no lago valores ligeiramente maiores na estação da Barragem. Valores de 0,0 a 75mg/L de CaCO₃ configuram uma água mole ou seja, que não neutraliza os sabões não exigindo tratamento para eliminar íons cálcio e magnésio. Este é o padrão geral no rio e no reservatório.

Ferro

No ambiente aquático, a importância do ferro advém do fato, de ser um micronutriente indispensável ao metabolismo dos seres vivos e de exercer influência sobre a ciclagem de outros nutrientes de fundamental importância como o fósforo. É também através da redução do ferro que as bactérias quimiotróficas obtêm energia para a redução do CO₂. Em lagos com oxigênio dissolvido em toda a coluna d'água e com pH ligeiramente alcalino, grande parte do ferro é precipitada sob a forma de hidróxido de ferro e/ou fosfato férrico e, em consequência, o ferro apresenta-se baixo em toda a coluna, fato mais visível na superfície onde ocorre intensa atividade dos organismos fototrópicos.

O teor de ferro apresentou-se sempre mais elevado em Rodelas. Caiu após a formação do reservatório (de 0,50 para 0,21mg/L em ferro) e recuperou-se com o decorrer do tempo até o nível inicial de 0,50mg/L. Na área da barragem, os valores foram sempre menores, caíram em 1989, tornando-se indetectáveis em 2002.

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água em Itaparica apresentou tendência de crescimento. Variou entre 33,30 e 72,2μS/cm ocorrendo no período lótico a maior amplitude de variação (33,30 a 50,90). Os maiores valores (70,00 e 72,20) correspondem ao período mais recente, portanto, no lago. Estas águas podem ser classificadas como oligo-eletrolíticas. A condutividade elétrica aumenta com a temperatura entretanto em Itaparica registrou-se pequena queda desse fator nas medições à superfície. Os solos alagados provavelmente estão contribuindo para incrementar os íons dissolvidos elevando a condutância.

Sílica (em mg/L de SiO₂)

A sílica na água pode estar sob forma solúvel, coloidal e particulada também chamada biogênica. A sílica particulada ocorre principalmente incorporada em parede celular especialmente do grupo diatomáceas e aos detritos orgânicos e a sílica solúvel é usada pelas

diatomáceas- os produtores primários mais importantes na maioria dos lagos, para elaboração das suas carapaças.

A sílica particulada ou biogênica (SiO_2) foi avaliada em Itaparica desde o período lótico quando seus valores foram 1,5mg/L em Rodelas e 1,3mg/L na Barragem, diminuindo à metade após a formação do lago não sendo mais detectada no período recente. Esta variação pode estar determinando a diminuição de espécies de *Bacillariophyceae* as quais eram 12 no rio e reduziram-se a três no reservatório influenciando a diversidade do fitoplâncton.

Indicadores Ambientais

Oxigênio Dissolvido - (OD)

Na condição lótica, o teor de oxigênio dissolvido situou-se entre 7,5 e 8,4mg/L nas duas estações estudadas. Registrou-se média de 7,9 para todas as estações realizadas. Na represa, estes teores foram 8,4 (em Rodelas) e 7,2 (na Barragem), na fase inicial. Mais recentemente 9,1 e 7,6mg/L revelando não apenas equilíbrio no padrão geral do lago mas ligeiro aumento dos valores brutos ao longo da sua existência. Ocorreu aumento desse gás quando comparado o período lótico com o lêntico. Este resultado condiz com a tendência de aumento registrada também para a clorofila *a*.

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

A DBO determina a quantidade de oxigênio dissolvido que será consumida pelos organismos aeróbios para degradarem matéria orgânica, seja de origem natural ou antropogênica. Quando são introduzidos esgotos urbanos ou industriais no manancial, criam-se condições para proliferação de microrganismos decompositores levando ao maior consumo de oxigênio. Quando essa demanda de oxigênio é muito grande, pode ocorrer a sua depleção completa e então surge o desenvolvimento de bactérias anaeróbias. A condição anaeróbica com mineralização de poluentes começa quando a saturação do oxigênio reduz-se a 40%. Aí,

a água apresenta odor e características de ambiente séptico havendo perigo de formação de gás sulfídrico (tóxico) e metano (inflamável). Não se encontram estas condições em Itaparica.

Os valores da DBO entre 2,0 e 2,2 são baixos. Ocorre uma tendência muito discreta de elevação percebida em 2002 quando o valor chegou a 2,2mg/L em Rodelas. São valores que por si não atestam aportes significativos de matéria orgânica ao reservatório ou refletem a capacidade de assimilação do mesmo contando com suprimento positivo do gás, oriundo da produção primária, turbulência das águas na interface com o ar, inexistência de fatores de elevação da temperatura, etc.

DQO (Demanda Química de Oxigênio)

Indicador ecológico que acusa a demanda de oxigênio em meio ácido para degradar a matéria orgânica biodegradável ou não. Sabe-se que águas naturais com DQO maior que 10,0mg/L não são propícias à vida aquática nos ambientes lênticos. Em Itaparica, a DQO manteve-se sempre abaixo de 10,0 salvo em Rodelas nos primeiros momentos da represa (10,30mg/L) como resultado do grande volume de materiais submergidos durante o enchimento em 1988. Na fase atual, constata-se queda na DQO a qual apresentou valor inferior a 5,00 na barragem e não foi detectada em Rodelas voltando ao padrão anterior ao reservatório (lótico).

Gás Carbônico (CO₂)

O gás carbônico (CO₂) na água provém principalmente do ar atmosférico, da decomposição da matéria orgânica e da respiração de plantas e animais. Quando o seu valor na água é superior ao requerido para a transformação de carbonatos em bicarbonatos a água se torna agressiva e favorece a dissolução do ferro. O CO₂ relaciona-se diretamente com o processo de produção primária, com a dureza da água, com a disponibilidade de ferro solúvel e diversos mecanismos relacionados com a fisiologia do lago. A medição do CO₂ em Itaparica, relacionou-se com a perspectiva de degradação da biomassa vegetal a ser submersa.

No rio e logo após o represamento, as águas apresentaram aproximadamente o mesmo padrão de CO₂ (2,2 e 4,4mg/L em CO₂) sendo mais abundante na área de Rodelas que na

Barragem. Porém as medições recentes mostraram uma elevação significativa em ambas as áreas, fato que pode coincidir com estiagens ao ser expostas ao sol grande parcela da biomassa vegetal submersa.

Clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* dá uma medida adequada da biomassa de fitoplâncton e se necessário, a medição dos pigmentos fotossintéticos constitui o método mais exato para estimar a produção bruta (pequena parte da energia luminosa que incide sobre as plantas que se transforma efetivamente em energia alimentar) de um ecossistema. Isoladamente (no caso de eutrofização) ou associada a outros fatores constitui um bom indicador ambiental sugerindo por exemplo contaminação por nutrientes conforme a relação clorofila *a* / fosfato total. Pode indicar portanto o estado trófico de um manancial.

Não foram levantados dados sobre a clorofila ou biomassa primária antes do represamento mas os dados permitem avaliar as condições no âmbito da represa.

Em 1989, realizaram-se medições em todos os trimestres do ano. Ocorreram pontos indicadores de eutrofização com valores de clorofila *a* de até 42,3mg/m³. As médias anuais encontradas foram 13,61 mg/m³ em Rodelas e 4,94 na área da Barragem.

Neste trabalho, no período de estiagem de 1989, a média do lago foi 4,95 sendo mais elevado em Rodelas (7,10mg/m³) e menor na barragem (2,80). No momento recente, 2002, as medições efetuadas foram em média 0,95 na Barragem e 7,20 em Rodelas.

Em termos médios ocorre uma tendência de crescimento da clorofila *a* em Rodelas e uma visível diminuição na Barragem embora sejam encontrados alternadamente altos e baixos valores, representativos talvez de florescimentos localizados, que podem corresponder a coletas realizadas mais próximo ou mais distante das margens.

Infere-se que o padrão de clorofila *a* na superfície, apresenta amplitude de 0,95 a 7,2mg/m³ com oscilações pontuais.

Fitoplâncton

Identificação das Espécies

Os dados básicos sobre o fitoplâncton estão contidos na Tabela 3, a qual apresenta as espécies identificadas em cada estação bem como a contagem dos respectivos espécimes em cada um dos três momentos do reservatório.

Tabela 3 - Espécies e Números de Organismos Fitoplantônicos no Reservatório de Itaparica.

Espécie	Rio São Francisco antes da Represa -1987		Represa - 1989		Represa - 2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
	Nº/ am		Nº/ am		Nº/ am	
Chlorophyta						
<i>Arthrodesmus macromatus</i>		350				
<i>Arthrodesmus maximus</i>		200				26
<i>Chaetophora elegans</i>		700				
<i>Closteriopsis longissima</i>	-	750				
<i>Closteriopsis turgidum</i>		200				
<i>Coelastrum sphaericum</i>					700	410
<i>Cosmarium reniforme</i>	1000	350	310		180	38
<i>Desmidium bailevi</i>	1300					
<i>Desmidium optoglossum</i>		300				
<i>Euastrum oblongum</i>	450	100				
<i>Eudorina elegans</i>	2000		1650			
<i>Gonatozygon kinahanni</i>	7800	3050	200		32	64
<i>Gonatozygon pilosum</i>		500				
<i>M. radiata</i>		400				
<i>Micrasterias apiculata</i>		350	650			
<i>Micrasterias denticulata</i>					150	
<i>Microspora willeana</i>		300				
<i>Oedogonium franklianum</i>					1400	
<i>Oedogonium hoechnei</i>	1500					
<i>P. tabecula</i>	350	150				
<i>Pediastrum biwöe</i>	1050	4700	1400	2350		

Continua

Continuação da Tabela 3

Espécie	Rio São Francisco antes da Represa –1987		Represa - 1989		Represa – 2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
	Nº/ am		Nº/ am		Nº/ am	
<i>Pediastrum duplex</i>		350			418	106
<i>Pediastrum integrum</i>	200					
<i>Pediastrum simplex</i>					404	
<i>Pediastrum tetras</i>			210			
<i>Penium cylindricum</i>	200	200				
<i>Planctosphaeria gelatinosa</i>	600	1200		850		
<i>Pleurotaenium Ehrenbergi</i>	700	950				
<i>Roya obtusa</i>	200	250				
<i>Sphaeroszma laeve</i>						402
<i>Spirogyra corrugata</i>		1250		350		
<i>Spirogyra fluviatilis</i>		500			196	
<i>Spirogyra hoechnei</i>	3650	2650				
<i>Staurastrum bivöensis</i>				350		
<i>Staurastrum dorsidentiferum</i>	800	550				
<i>Staurastrum gracile</i>				800		
<i>Staurastrum limneticum</i>					154	
<i>Staurastrum longiradiatum</i>					148	96
<i>Staurastrum pentacrinum</i>	650					98
<i>Staurastrum sexangulare</i>			350		46	
<i>Staurastrum tectum</i>					208	92
<i>Stigeoclonium lubricum</i>	5800	1450				
<i>Syirogyra comunis</i>		400	210			
<i>Ulothrix aequalis</i>						126
<i>Xantidium bengalianum</i>		350				
<i>Z. columbiana</i>		350				
<i>Zygnemopsis americana</i>		850				
Cyanophyta						
<i>Anabaena circinalis</i>	950					
<i>Anabaena spiroides</i>		2450	2100	14450		76
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	1600					
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>		1300				

Continúa

Continuação da Tabela 3

Espécie	Rio São Francisco antes da Represa –1987		Represa - 1989		Represa – 2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
	Nº/ am		Nº/ am		Nº/ am	
<i>Merismopedia convoluta</i>	1900					
<i>Microcystis aeruginosa</i>	7900	12000	5940	23650	5034	880
<i>Oscillatoria communis</i>			700			
<i>Oscillatoria limosa</i>	2050				216	310
<i>Oscillatoria ornata</i>				600		
<i>Phormidium muscicola</i>						64
<i>Spirulina nordstedtii</i>	100			2200		
Bacillariophyta						
<i>Amphora ovalis</i>		350		200		
<i>C. obtusiciscula</i>		700				
<i>Cocconeis diminuta</i>		950				
<i>Coscinodiscus lacustris</i>	100					
<i>Cymbella cistula</i>		300				
<i>Cymbella turgidula</i>	2300	100				
<i>Diatoma elongatum</i>			350			
<i>Fragillaria crotonensis</i>					3784	1840
<i>Gomphonema herculeanum</i>	150					
<i>Melosira granulata</i>					3089	1610
<i>Melosira italica</i>	1350			600		
<i>Navicula exigua</i>	1600					
<i>Nitzschia granulata</i>		550				
<i>Surirella robusta</i>					542	72
<i>Synedra captata</i>		550				
<i>Synedra ulna</i>	5150	2150				

am = amostra

De modo geral foram encontradas 54 espécies no rio (condições lólicas) das quais apenas 22 foram identificadas no primeiro momento do reservatório e 20 estão presentes até a fase mais recente. Paralelamente, 18 espécies, entre elas algumas Diatomáceas, não foram identificadas no rio só desenvolvendo estoques após a formação do lago.

Observa-se que em cada momento do período estudado, dominou uma Divisão diferente do fitoplâncton num processo de substituição que parece representar melhoria para o reservatório já que diminuíram as espécies de cianofíceas enquanto aumentaram as das bacilariófitas tendendo para condição mais favorável à fauna aquática. A Figura 8, mostra as transformações.

Abundância Relativa das Espécies

Chlorophyta

Em 1987 Chlorophyta era a Divisão mais presente no trecho estudado com um total de 32 espécies. Quatro delas - *Gonatozygon kinahanni*, *Stigeoclonium lubricum*, *Spyrogira hoechnei* e *Pediastrum biwöe* eram dominantes representando em conjunto, 62% dos exemplares. Ao se estabelecerem as condições lênticas este número reduziu-se para 12 espécies em 1989. Em 2002 identificaram-se 14 espécies das quais sete apareceram pela primeira vez compondo 69,9% dos exemplares das Clorofíceas. Das quatro espécies dominantes na etapa lólica, somente foi encontrada *P. biwöe* logo após a formação do reservatório representando 42,9% das clorofíceas.

Percebe-se que ocorreram modificações notáveis na ocorrência das clorofíceas depois da formação do lago sendo também pronunciadas na comparação entre a estação de Rodelas e a da Barragem pois, em Rodelas, ocorreram no período lólico 15 espécies e na Barragem 28. Com a formação do lago (89), Rodelas apresentou sete espécies e a estação da represa seis. Destas espécies apenas uma – *P. biwöe*, ocorreu nas duas estações, seis foram exclusivas de Rodelas e cinco encontradas só na Barragem.

Os dados sugerem que as clorofíceas no período lólico eram mais abundantes em espécies e espécimes e que haviam diferenças não apenas entre o período lólico e lêntico mas entre as estações em Rodelas e na barragem no interior do lago.

Cyanophyta

As Cyanophyta também diminuíram quali-quantitativamente desde o período do rio até a atualidade.

Microcystis aeruginosa foi a Cyanophyta mais abundante (58,4%) e juntamente com *Anabaena spiroides* estiveram presentes em todas as fases do estudo. Ocorreram dez espécies na fase lótica sendo cinco só de Rodelas, duas encontradas só na barragem e duas- *M. aeruginosa* e *A. spiroides* comuns à barragem e a Rodelas. Rodelas apresentou mais espécies e mais indivíduos que a barragem observando-se em ambos grande presença de *M. aeruginosa*.

Com o advento do reservatório, cinco espécies do período lótico não foram encontradas, duas apareceram em Rodelas e na barragem e três apareceram apenas na estação da barragem.

Continua a dominância de *M. aeruginosa* e *A. spiroides* sobretudo na região mais lacustre. A relação entre o número de espécies e o número de indivíduos mostra que embora haja diminuído o número de espécies na primeira fase do lago em relação ao rio, o número de indivíduos aumentou subordinado a um visível aumento de *M. aeruginosa* e *A. spiroides*.

Na fase mais recente do lago, constatou-se uma redução bastante significativa das Cyanophyta com apenas quatro espécies, dominando *M. aeruginosa* e ressurgindo *O. limosa* que só ocorrera na fase lótica em Rodelas.

Do ponto de vista das Cyanophyta infere-se que houve uma redução da sua presença em Itaparica como que, uma depuração ao longo do tempo.

Bacillariophyta

A Divisão Bacillariophyta apresentou-se com a maior participação no fitoplâncton em número de espécies (Fig. 8) e de organismos. No período lótico 12 espécies foram identificadas dominando *Synedra ulna* que não aparece em nenhuma estação no lago. Das 12 espécies, quatro foram identificadas só na estação de Rodelas, seis só na área da Barragem e duas foram comuns a Rodelas e à Barragem: *Cymbella turgida* e *S. ulna*.

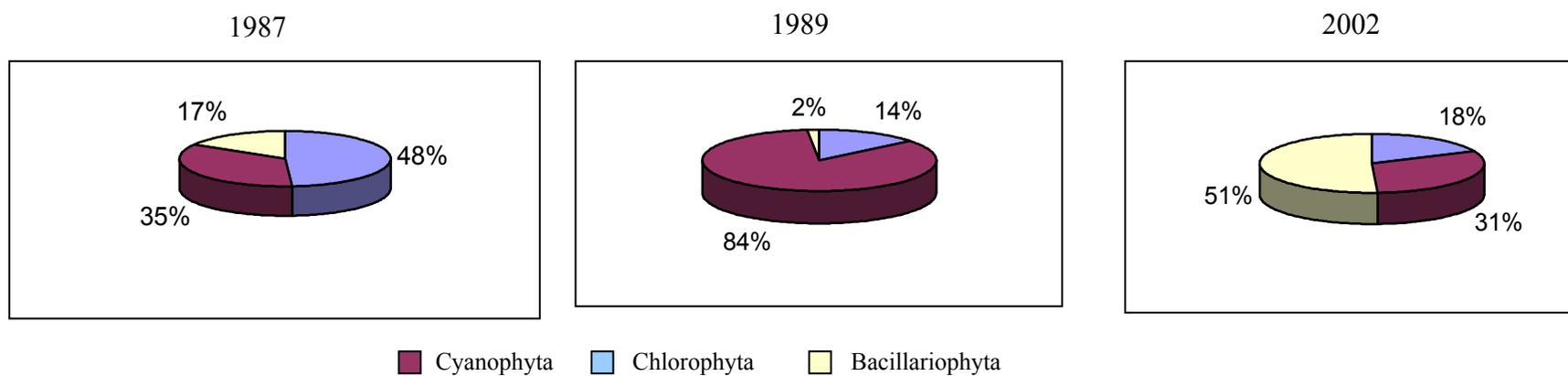


Figura 8 – Número relativo de espécies por principais grupos do fitoplâncton.

Após a formação do lago, diminuíram significativamente as espécies de Bacillariophyta aparecendo em 89 poucos exemplares de apenas 3 espécies uma das quais - *Diatoma elongatum*, não ocorreu no rio.

Passados 13 anos do enchimento do reservatório estão presentes três espécies que não ocorreram anteriormente sendo *Fragillaria crotonensis* e *Melosira granulata* com as maiores abundâncias. Aparentemente ocorreu uma intensa redução das diatomáceas precursoras, seguida de recolonização por novas espécies.

De modo geral, o rio São Francisco em Rodelas, era povoado predominantemente por cinco espécies do fitoplâncton sendo três Chlorophyta (*Gonatozigon kinahanii*, *Stigeoclonium lubricum* e *Spyrogira hoechnei*), uma Cyanophyta (*Microcystis aeruginosa*) e uma Bacillariophyta - *Synedra ulna*, (Figura 9).

Com o barramento do rio o número de espécies de Chlorofíceas e Bacillariophyta reduziu-se e as Cyanophyta representadas principalmente por *M. aeruginosa* e *A. spiroides* aumentaram. A Clorophyta mais abundante foi *P. biwöe*.

Recentemente, ocorreu mais redução no número de espécies de Cyanophyta e Bacillariophyta representadas por 4 e 3 espécies respectivamente e entre as cianofíceas predomina *M. aeruginosa* que sozinha representou 90% das amostras. Entre as Bacillariophyta, predominam *F. crotonensis* e *M. granulata* compondo 94% do seu grupo.

No cômputo geral, as espécies dominantes em cada momento, independentemente das suas classes foram as representadas na Figura 9:

Diversidade Específica do Fitoplâncton

Estes resultados expressos através dos correspondentes índices de diversidade específica, mostram um fitoplâncton bem caracterizado no período lótico, com índices de diversidade próximos de 3 e equitabilidade superior a 0,5. Entretanto verifica-se uma redução da diversidade na fase lacustre (Tabela 4).

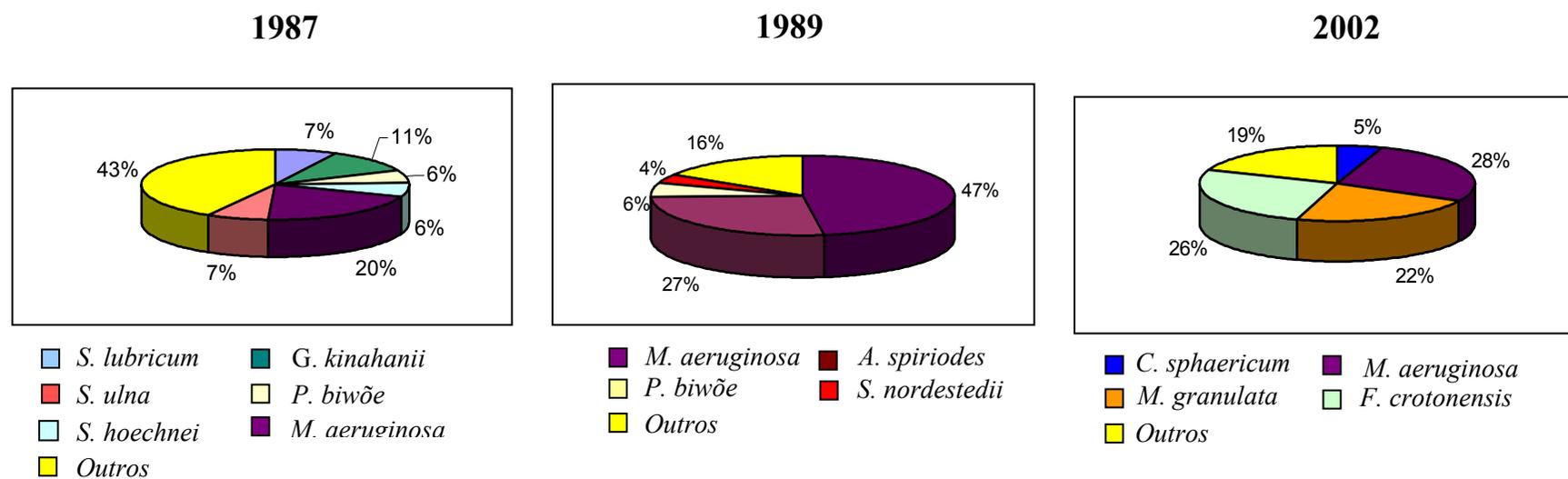


Figura 9 – Espécies mais abundantes do fitoplâncton em Itaparica.

Tabela 4 - Diversidade Específica e Equitabilidade do Fitoplâncton ao Longo do Período de Estudo

Parâmetro	1987		1989		2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
Índice de Diversidade	2,718	2,832	1,808	1,465	1,801	2,047
Coef. De Equitabilidade	0,644	0,671	0,428	0,347	0,427	0,485

Zooplâncton

Identificação das Espécies

O zooplâncton apresentou-se composto de protozoários, rotíferos, nematódios, cladóceros, copepodos e larvas de insetos. Ocorreram 26 taxa na fase lótica, 24 na fase inicial do reservatório e 17 nas amostras mais recentes. No conjunto de todas as fases estudadas, computou-se a ocorrência de 41 espécies no microzooplâncton. A Tabela 5, apresenta as espécies no reservatório e o número de espécimes de cada amostra, nos três momentos.

Tabela 5 - Espécies e Número de Organismos do Zooplâncton Identificados em Itaparica

Espécie	Rio São Francisco antes da Represa – 1987		Represa - 1989		Represa - 2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
	Nº/m³		Nº/m³		Nº/m³	
Protozoa						
<i>Arcella dentata</i>	8					
<i>Arcella vulgaris</i>	26	49	230		23	
<i>Codonella</i> sp		33				
<i>Diffugia</i> sp	27	398				
Aschelminthes						
Rotifera						
<i>Anuraeopsis</i> sp		33			23	
<i>Brachionus coletor</i>			2500			
<i>Brachionus dolabratus</i>			750	750		
<i>Collotoca</i> sp				250		
<i>Collotheca tenuilobata</i>					693	69
<i>Conochilus dossuarius</i>				4750		
<i>Conochilus</i> sp					531	
<i>Euchlanis dilatata</i>	8	41		3500		
<i>Filinia camasecla</i>					4440	23
<i>Filinia epoliensis</i>				1500		
<i>Keratella americana</i>	857	1349	14250	13000		
<i>Keratella cochlearis</i>	125	116	2000		23	23
<i>Keratella tropica</i>			250			
<i>Lecane (M) bulla</i>	44		730	230		
<i>Lecane (M) furcata</i>	8					
<i>Lecane curvicornis</i>	17					
<i>Lecane luna</i>	27	83				
<i>Lecane lunaris</i>		16				
<i>Philodina</i> sp				34500		
<i>Ploesomia truncatum</i>			1500			

Continúa

Continuação da Tabela 5

Espécie	Rio São Francisco antes da Represa – 1987		Represa – 1989		Represa – 2002	
	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem	Rodelas	Barragem
	Nº/m ³		Nº/m ³		Nº/m ³	
<i>Polyvita</i> sp			500			
<i>Rotaria rotatoria</i>	17	16				
<i>Rotaria</i> sp	114	232				
<i>Sinantharina spinosa</i>	18	8				
<i>Trichocerca</i> sp				750	46	
<i>Trichotria tetractis</i>		33				
Nematoda	26	16			23	
Crustacea						
Cladocera						
<i>Bosmina longirostris</i>			3500	39250	138	185
<i>Bosminiopsis deitersi</i>	70	316	3500	15000	23	23
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>			1250	14000	23	92
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>			1750	11750	161	46
<i>Moina micrura</i>	26	33	2250	5500	69	
Nauplius	17	49	12750	30000	115	485
Ovo	8	49				
Copepoda						
<i>Notodiaptomus cearensis</i>	4	16	1000	8250	115	23
<i>Nauplius</i>	17	66	5250	2000	670	462
<i>Termocyclops decipiens</i>		82	1500	60250	23	161
Insecta						
<i>Diptera</i> (larvas)	4	-	-	-	-	-
Total	1468	3034	55.460	245.230	7139	1592

Em cada um dos períodos, o número das espécies de cada grupo referido apresentou as proporções representadas na Figura 10.

Percebe-se que no período do rio, os rotíferos contribuíram com o maior número de espécies ocorrendo em menor proporção nematódios, e larvas de insetos.

Depois, na fase inicial do reservatório persiste o predomínio de espécies de rotíferos secundadas pelas de cladoceros sem que haja registro de nematódios e insetos.

Treze anos após o enchimento do reservatório, rotíferos e cladoceros mantêm o predomínio no conjunto das espécies ocorrendo pequeno aumento de espécies de copepodos.

As variações mais notáveis, referem-se assim, à diminuição das espécies de protozoários e à tendência de aumento de espécies de cladoceros.

Abundância Relativa

O número de organismos compondo cada grupo do zooplâncton está registrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição do Zooplâncton em Número de Organismos dos Grandes Grupos

GRUPO	1987		1989		2002	
	n ^o	%	n ^o	%	n ^o	%
Protozoa	541	12,0	230	0,07	23	0,2
Rotifera	3162	70,0	81710	27,2	5894	66,3
Nematoda	42	1,0	-	-	23	0,2
Cladocera*	568	13,0	140500	46,7	1406	15,8
Copepoda	185	4,0	78250	26,0	1546	17,4
Insecta (Diptera)	4	-	-	-	-	-
Total	4502	-	300690	-	8892	-

*Inclusive ovos e nauplius

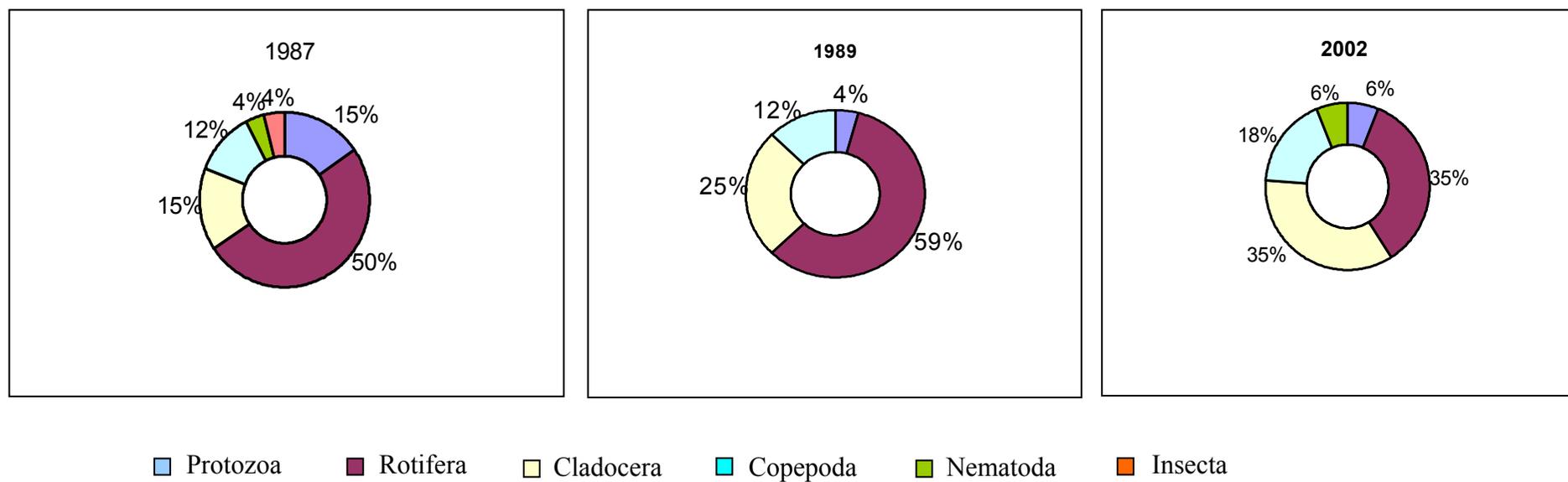


Figura 10 – Número relativo de espécies de cada grande grupo do zooplâncton.

No rio, o zooplâncton apresentava pequena proporção de ovos de cladoceros, nauplius de cladoceros e copepodos e de larvas de insetos (Tabela 6). Após a formação do lago, no seu primeiro momento, não mais ocorreram as larvas de insetos e nematódios enquanto cresceu significativamente a abundância de nauplius de cladoceros e de copepodos os quais se reduziram no período mais recente das observações.

No cômputo geral as espécies mais abundantes independentemente das suas classes ou filos (Fig. 11), foram:

1987 - *Keratella americana* (49%), *Diffugia* sp (9,0%) e *Rotaria* sp (12,4%)

1989 - *Termocyclops decipiens* (20,4%), *Bosmina longirostris* (14,1%)

2002 - *Filinia camasecla* (50,2%) e nauplius de copepoda (13,2%)

Em geral, em cada fase do reservatório dominavam espécies diferentes como mostra a Figura 11.

Dos protozoários encontrados no rio, *Diffugia* sp, foi o mais abundante. *Arcella vulgaris* (Fig. 12) esteve presente no rio e nos períodos subseqüentes mas sempre com pouca expressão.

Os nematódios presentes no rio, praticamente desapareceram no reservatório (Tabela 6).

Bosminiopsis deitersii (Fig. 13) e *Moina micrura* (Fig. 14) foram os cladoceros mais abundantes no rio juntamente com o copepodo *Termocyclops decipiens* (Fig. 15).

Por fim, o zooplâncton do rio apresentou, embora em pequena proporção, ovos de cladoceros, nauplius de copepodos e larvas de dipteros estes últimos não tendo sido observados nas amostras do reservatório.

Na fase inicial do reservatório, mesmo com abundância mais reduzida em relação ao rio, a *Keratella americana* (Fig.16) manteve alta participação em relação aos demais rotíferos compondo 33,3% da Classe. Entretanto, o rotífero dominante foi uma espécie do gênero *Philodina* sp com 22,2% da amostra e ocorreu uma só vez próximo à barragem.

Cladoceros e Copepodos foram sempre mais abundantes na estação da Barragem do que em Rodelas. Destacando-se entre os Cladoceros a espécie *Bosmina longirostris* e nauplius.

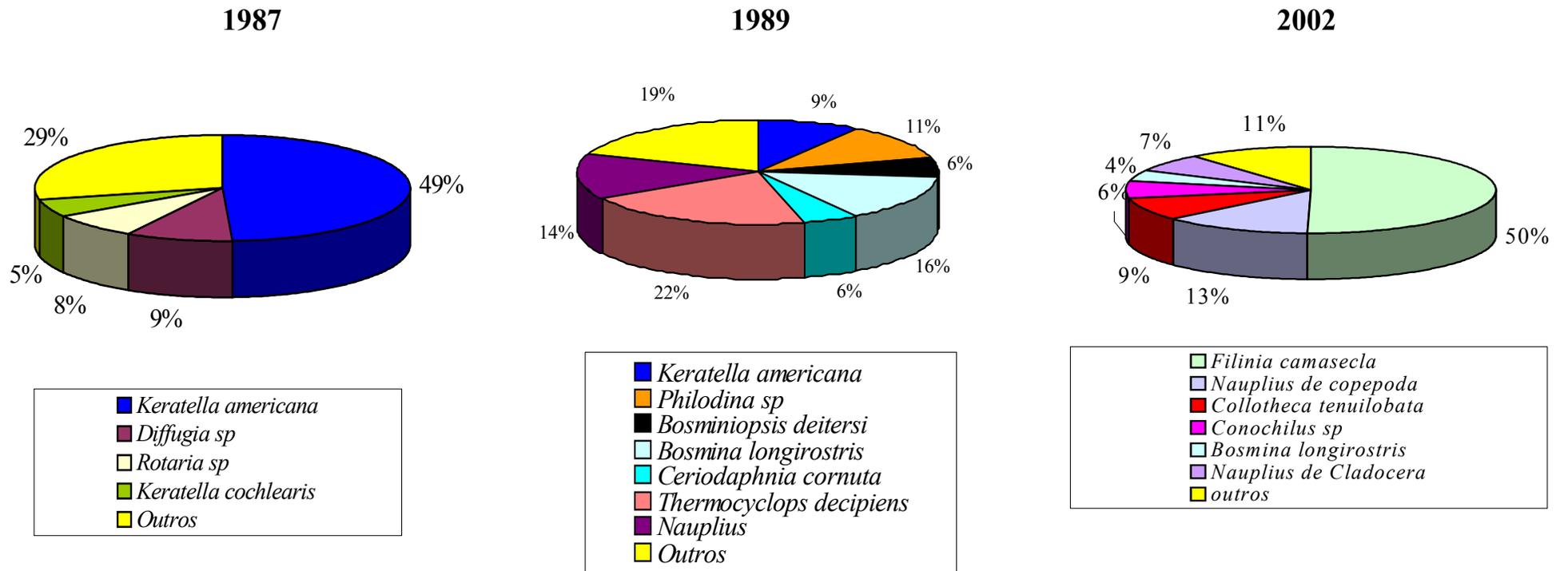


Figura 11 – Abundância Relativa das espécies do zooplâncton.

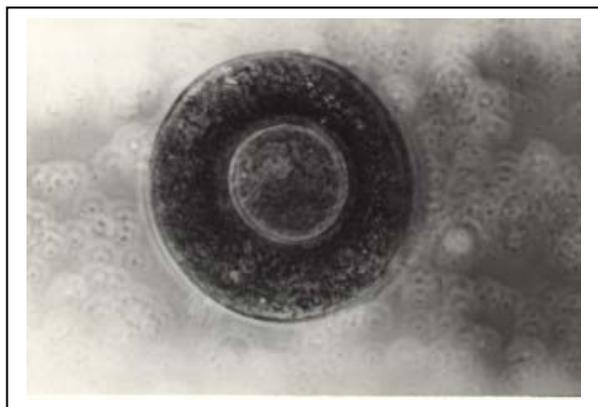


Figura 12 – Protozoário – *Arcella vulgaris*.

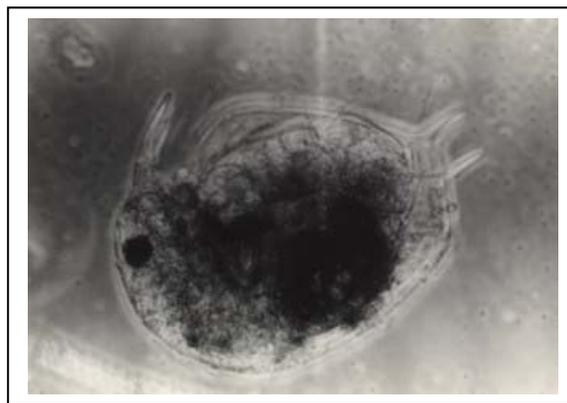


Figura 13 – Cladocero - *Bosminiopsis deitersi*.

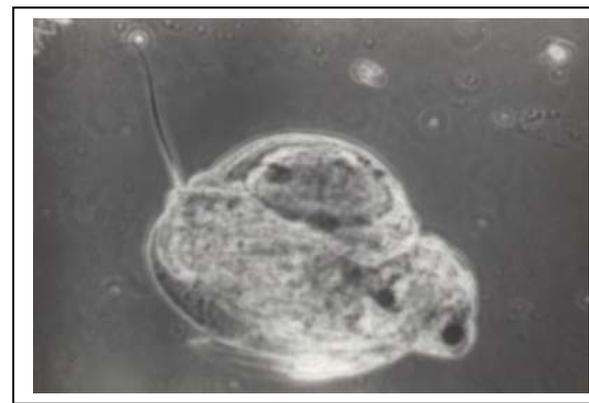


Figura 14 – Cladocero - *Moina micrura*.



Figura 15 – Rotífero - *Keratella americana*.



Figura 16 – Copepodo – *Thermocyclops decipiens*.

A abundância de nauplius de cladocera em 1989 contrapôs-se ao desaparecimento de ovos cuja ausência se mantém até os dias atuais.

No período mais recente, ao tempo em que 19 espécies de rotíferos observadas nas amostras de 87 e 89 não foram identificados no período recente do reservatório, apareceram três espécies não registradas anteriormente: *Conochilus* sp, *Collotheca tenuilobata* e *Filinia camasecla*.

A feição mais visível da dinâmica do zooplâncton no reservatório de Itaparica foi a redução da grande abundância de cladoceros observada na sua fase inicial embora tenha se mantido a ocorrência das mesmas cinco espécies em todos os períodos. Percebe-se também uma forte redução da abundância relativa de Cladoceros e Copepodos em relação à fase inicial do reservatório.

Diversidade Específica

A relação entre número de espécies e de indivíduos pode ser visualizada através dos índices de diversidade de cada época.

No período lótico, em 1987 e na fase atual (2002), as diversidades foram baixas sendo menor ainda na estação em Rodelas nos dois períodos. A Tabela 7, representa os índices de diversidade e a equitabilidade das amostras.

Na fase inicial do reservatório, em 1989, ocorreu a maior diversidade do zooplâncton apresentando índices de 2,298 e 2,262bits.ind⁻¹ frente a Rodelas e nas proximidades da barragem respectivamente. A equitabilidade das amostras foi superior a 0,60.

Tabela 7 - Diversidade Específica do Zooplâncton de Itaparica no Período Estudado

Parâmetro	1987		1989		2003	
	ROD	BAR	ROD	BAR	ROD	BAR
I. Diversidade	1,375	1,617	2,298	2,262	1,270	1,851
Equitabilidade	0,381	0,448	0,636	0,627	0,352	0,513

Houve um certo incremento da diversidade do zooplâncton ao se represar o rio e esta, ao longo do tempo se reduziu até o momento atual.

Em geral, as amostras da estação da Barragem (BAR) mostraram-se mais ricas que as provenientes de Rodelas situada na parte superior da represa.

Nos outros dois momentos (1987 e 2002) observam-se menores diversidades e colonização por espécies não identificadas anteriormente.

Ocorreram portanto alterações significativas na ocorrência das espécies e na abundância dos indivíduos coincidentes com a modificação do ambiente lótico para lêntico e ao longo do tempo, no próprio ambiente lêntico.

Assim, ressaltam-se na dinâmica do zooplâncton no reservatório:

- alternância de espécies determinada provavelmente pela influência dos fatores físico-químicos e pelo manejo das águas
- Os copepodos desenvolveram seus picos populacionais no início da represa aparecendo reduzidos no presente momento. A ocorrência dos nauplius acompanhou essa redução.
- Os rotíferos foram os componentes com maior número de espécies no zooplâncton e esse número foi maior no rio e na fase inicial do reservatório diminuindo em 2002.
- Os cladoceros aumentaram após o enchimento do reservatório e os copepodos se mantiveram no mesmo nível no rio e no reservatório.

Ictionecton

Identificação das Espécies

Já foram identificadas no Vale do Rio São Francisco 134 espécies de peixes incluindo as estuarinas. Entretanto, nos desembarques artesanais em Itaparica ocorrem com frequência 34 espécies das quais trinta são nativas e quatro introduzidas pelos serviços de piscicultura oficiais: DNOCS, CHESF, SUDEPE/IBAMA (Tabela 8).

A captura de determinada espécie de peixe depende do apetrecho ou armadilha utilizado e das suas características. Conforme sejam, pode-se alcançar espécies de superfície, meia-água ou demersais. A ação do aparelho é seletiva e a seletividade que produz depende do tipo de fio e tamanho das malhas no caso das redes, do tamanho da sanga, malha das paredes, altura e comprimento no caso das armadilhas, ou ainda do tamanho e desenho dos anzóis.

As amostras de peixes de Itaparica analisadas nas três etapas deste trabalho foram obtidas no interior da represa e, em cada etapa as coletas foram realizadas com os seguintes apetrechos:

Trecho lótico, antes do represamento, 1987 -	redes de emalhar (<i>gill nets</i>) e tarrafas
Represa na fase inicial, 1989	- <i>gill nets</i> e anzóis
Represa na fase atual – 2002	- <i>gill nets</i> e anzóis

A Tabela 8 contém as denominações coligidas.

Tabela 8 - Espécies do Ictionecton (*Pisces*) mais Freqüentes em Itaparica e Correspondentes Denominações Locais

NOME CIENTÍFICO	DENOMINAÇÃO LOCAL
ESPÉCIES NATIVAS	
<i>Astyanax</i> sp	Piaba
<i>Brycon lundii</i> Reinhardt, 1874	Matrinchã
<i>Conorhynchus conirostris</i> Valenciennes, 1840	Pirá
<i>Conorhynchus conirostris</i> Valenciennes, 1840	Pirá
<i>Duopalatinus emarginatus</i> Valenciennes, 1840	mandi açu
<i>Franciscodoras marmoratus</i> Reinhardt, 1874	Caboge
<i>Franciscodoras marmoratus</i> Reinhardt, 1874	Caboge
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758	Sarapó
<i>Hoplias malabaricus</i> Bloch, 1794	Traira
<i>Hypostomus</i> sp	Cari
<i>Leporinus elongatus</i> Valenciennes, 1849	piau verdadeiro
<i>Leporinus reinhardti</i> Lütken, 1874	piau três pintas

Continua

Continuação da Tabela 8

NOME CIENTÍFICO	DENOMINAÇÃO LOCAL
<i>Lophiosilurus alexandri</i> Steindachner, 1876	Pacamão
<i>Myleus micans</i> Reinhardt, 1874	Pacu
<i>Parauchenipterus galeatus</i> Linnaeus, 1766	Cangati
<i>Pimelodus maculatus</i> Lacépède, 1803	mandi amarelo
<i>Prochilodus affinis</i> Reinhardt, 1874	Curimatá piao, xira
<i>Prochilodus marggravii</i> Walbaum, 1792	Curimatá pacu
<i>Pseudoplatystoma coruscans</i> Agassiz, 1829	Surubim
<i>Pterygoplichthys etentaculatus</i> Spix, 1829	Cari
<i>Rhinelepis aspera</i> Agassiz, 1829	Cascudo, cari preto
<i>Salminus brevidens</i> Cuvier, 1819	Dourado
<i>Schizodon knerii</i> Steindachner, 1875	piau verdadeiro, piau lavrado, piau de cheiro, piau branco
<i>Serrasalmus brandtii</i> Reinhardt, 1874	Pirambeba
<i>Serrasalmus piraya</i> Cuvier, 1820	Piranha
<i>Astianax Baird & Girard, 1854</i>	Piaba
<i>Triportheus</i> Cope, 1872	Sardinha
ESPÉCIES EXÓTICAS	
<i>Astronotus ocellatus</i> Cuvier	Apaiari
<i>Cichla ocellaris</i> Bloch & Schneider	Tucunaré comum
<i>Cichla temensis</i>	Tucunaré pinima
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia, fidalgo
<i>Plagioscyon squamosissimus</i> Heckel, 1840	Pescada do Piauí, corvina

Além dessas espécies, seis outras conhecidas pelas denominações populares de corró, galo, caniga, cufá, piau cabeçudo e piau cachorro, não foram identificadas pelos nomes científicos.

Frequência Relativa das Espécies

Os dados sobre a frequência das espécies que fundamentam este trabalho estão representados na Tabela 9 e mostram as espécies e as flutuações de suas frequências relativas nos períodos em foco.

Tabela 9 - Freqüência das espécies do ictionecton no período estudado

ESPÉCIE	Rio São Francisco antes da Represa – 1987		Represa – 1989		Represa – 2002	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Astronotus ocellatus</i>					442	2,67
<i>Astyanax</i> sp					24	0,14
Cangati			144	0,13	117	0,70
Caniga					1	-
<i>Cichla ocellaris</i>			179	0,16	3645	22,07
<i>Conorhyncus conirostris</i>	167	6,15	10	0,01		
Corró			351	0,33	534	3,23
Cufã					1	-
<i>Curimatus</i> sp					57	0,34
<i>Duopalatinus emarginatus</i>			95	0,08		
<i>Franciscodoras marmoratus</i>			21	0,01	137	0,82
Galo					776	4,70
<i>Gymnotus carapo</i>			10	0,01	5	0,03
<i>Hoplias malabaricus</i>			691	0,65	304	1,84
<i>Hypostomus</i>	1021	32,60			12	0,07
<i>Hypostomus</i> sp			2902	2,73		
<i>Leporinus reinhardti</i>			2502	2,35		
<i>Leporinus</i> sp	438	13,98			504	3,05
<i>Lophiosilurus alexandri</i>	129	4,12	632	0,59		
<i>Myleus micans</i>	170	5,42	185	0,17	158	0,95
<i>Oreochromis nilotica</i>					3	0,01
<i>P. maculatus</i> + <i>D. emarginatus</i>	407	12,99			526	3,18
Piau cabeçudo			917	0,86		
Piau cachorro			43	0,04		
<i>Pimelodus maculatus</i>			10512	9,89		
<i>Plagioscyon squamosissimus</i>	135	4,31	40051	37,71	5170	31,31
<i>Prochilodus affinis</i>	624	1992			746	4,51
<i>Prochilodus affinis</i>			29869	28,12	118	0,71
<i>Prochilodus marggravii</i>			468	0,44		
<i>Pseudoplatystoma coruscans</i>			3061	2,88	1	
<i>Rhinelepis aspera</i>					113	0,68
<i>Rhinelepis aspera</i>			4905	4,61		
<i>Salminus brevidens</i>			66	0,06		
<i>Schizodon knerii</i>			5692	5,36		

Continúa

Continuação da Tabela 9

ESPÉCIE	Rio São Francisco antes da Represa – 1987		Represa - 1989		Represa - 2002	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>Serrasalmus brandtii</i>	38	1,21	2266	2,13	3116	18,87
<i>Serrasalmus piraya</i>	2	0,06	616	0,58		
TOTAL	3131	99,94	106.188	99,91	16.510	99,88

As amostras da produção juntamente com os inventários trimestrais sobre o esforço de captura representado por número de barcos, de pescadores e de apetrechos de pesca em operação, permitiram estimar a produção de Itaparica em 1989 em 3.900,0 t. Portanto os percentuais acima indicam a participação das espécies nesta produção. Nos outros períodos não foi inventariado o esforço total.

O conjunto de dados da Tabela 9, revela diferentes espécies dominantes em cada momento como se à elevação da participação de uma espécie correspondesse redução de outra ou, ao reduzir-se a abundância de uma aparecesse outra em ascensão como se perceberá a seguir:

- Em 1989 registravam-se as primeiras capturas de tucunaré (*Cichla ocellaris*) e posteriormente o estoque desenvolveu-se até representar atualmente o segundo lugar nas capturas;
- cresceu também a abundância de pirambeba (*Serrasalmus brandtii*) que representa atualmente 19% dos peixes;
- cresceu o estoque de pescada do Piauí (*Plagioscyon squamosissimus*) o qual aparentemente alcançou certa estabilidade;
- aparecem capturas de espécies anteriormente não registradas como apaiari (*Astronotus ocellatus*), piabas (*Astyanax* spp), branquinha, galo, tilapia cufá e caniga;
- declinaram as capturas de surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*), dourado (*Salminus brevidens*) e pacamão (*Lophiosilurus alexandri*);
- os mandis (*Pimelodus maculatus* principalmente) que chegaram a compor 13% de todos os espécimes desembarcados em Itaparica estão reduzidos a pouco mais de 3%;

- os piaus, que representam a Família *Anostomidae*, vêm diminuindo no reservatório ocorrendo 14% nas capturas no antigo rio, 8,6% na fase inicial do lago e 3% atualmente;
- o curimatá piao (*Prochilodus affinis*) que já representou 28% dos desembarques de peixes compõe atualmente pouco mais de 4%;
- os caris (Família *Loricariidae*) que na época das águas correntes alcançaram quase 33% das amostras não compuseram 1% em 2002

A Figura 17 ilustra as oscilações da abundância das espécies ao longo do período estudado.

Frequência Relativa das Famílias

Quando os dados sobre espécies são agrupados por Famílias (Fig. 18), percebe-se que ao longo do período estudado, dominou a Família *Sciaenidae* nas condições lênticas e a *Loricariidae* enquanto águas correntes e que as Famílias *Prochilodontidae*, *Anostomidae* e *Loricariidae* estão deplecionadas em relação ao período lótico.

Ao mesmo tempo, aumentaram suas participações no reservatório as Famílias *Sciaenidae* e *Characidae* ambas alicerçadas em espécies exóticas respectivamente pescada do Piauí e tucunaré.

É possível resumir estes resultados reconhecendo dois tipos de modificações no ictionecton: aquelas inerentes à mudança das condições lóticas para lênticas (o desenvolvimento por exemplo de estoques de pescada do Piauí e tucunaré) e as modificações que tem ocorrido no âmbito do reservatório como a sensível diminuição dos curimatás, peixes iliófagos, reófilos, e do dourado, espécie típica de águas correntes.

Assim, algumas famílias apresentaram frequência maior no antigo rio. Estas se elevaram na fase inicial do lago talvez a partir de uma maior concentração de alimento, reduzindo-se a seguir como ocorreu com o curimatá piao e os mandis os quais podem também ter sido requisitados à dieta dos carnívoros que se desenvolveram no reservatório.

Há espécies que não apareciam ou apareciam pouco nas capturas no rio, desenvolveram importantes estoques no reservatório e continuam aparentemente se desenvolvendo como nos casos do tucunaré e da pirambeba.

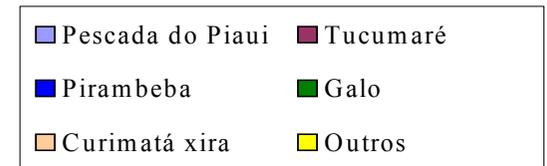
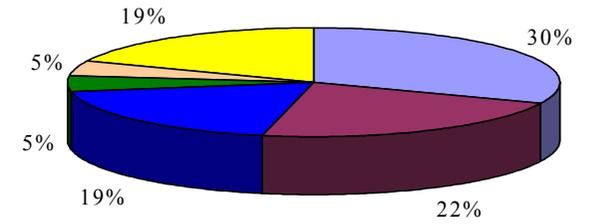
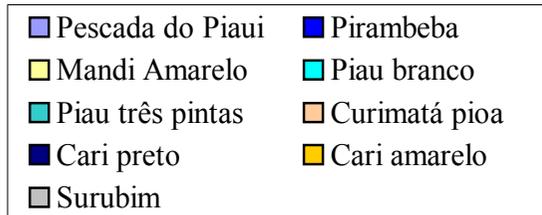
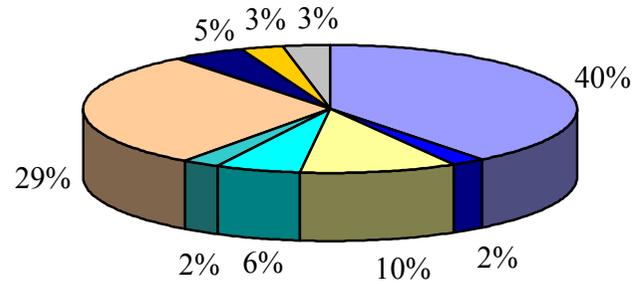
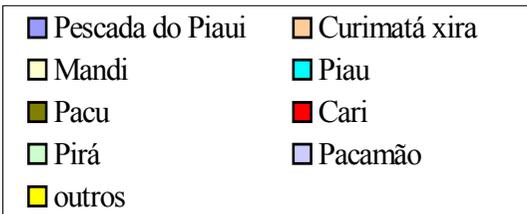
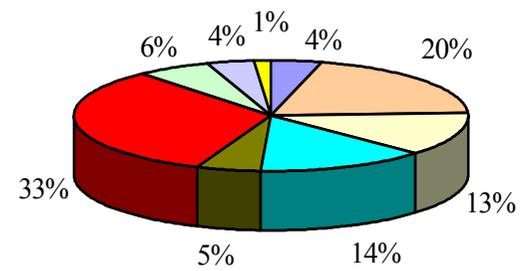


Figura 17 – Espécies de peixes (*Pisces*) mais abundantes em Itaparica.

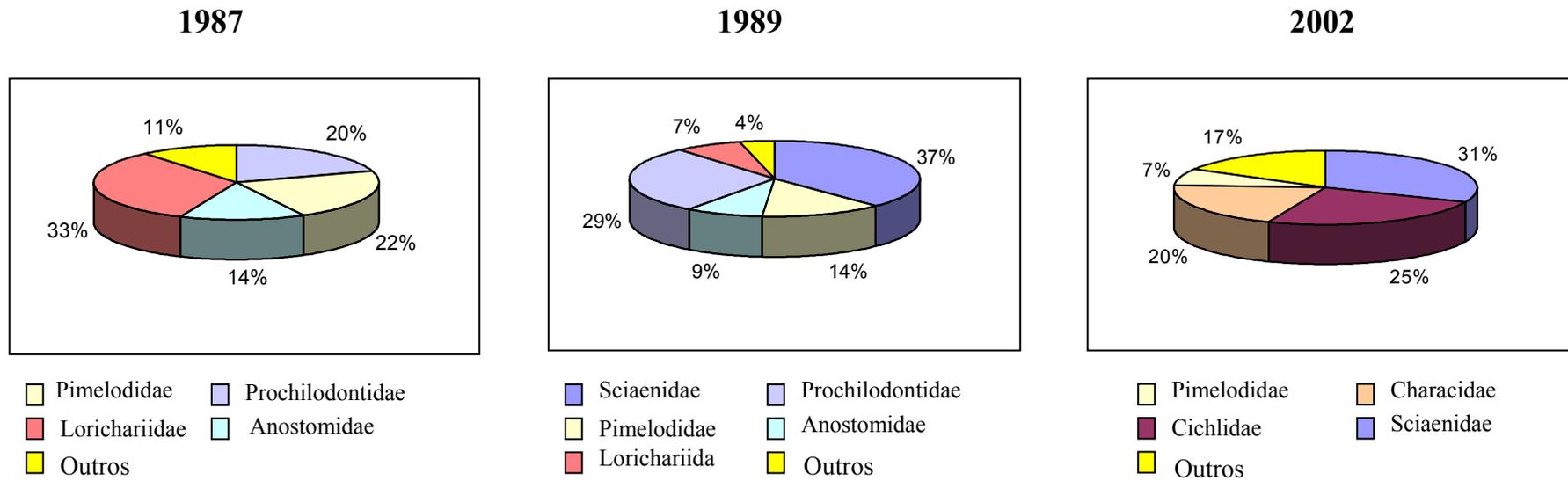


Figura 18 – Frequência Relativa (%) das famílias de peixes em Itaparica.

As Espécies e os Nichos

A presença de cada uma das principais espécies que compõe o ictionecton em Itaparica é compatível com a ocupação geral dos nichos.

Das trinta e seis (36) espécies de peixes que compuseram o conjunto das amostras, pelo menos dez (10) são carnívoras: pescada do Piauí, traíra, tucunaré, surubim, dourado, mandi amarelo, mandi açu, piranha, pirambeba, e apaiari. Esse número condiz com a dimensão do reservatório. Como se mencionou anteriormente, ocorreu em Itaparica, uma transição do domínio dos iliófagos (Figuras 19 e 20) e onívoros (Figura 21) que encontravam suporte alimentar nos aluviais periodicamente inundados pelas enchentes e na calha do rio, para uma fase de equilíbrio no lago recém formado, e predomínio de espécies carnívoras, não migradoras, na fase mais recente.

Assim, no período lótico dominavam os caris, os curimatás e os piaus, iliófagos que totalizavam 66,5% dos indivíduos nas amostras. Apareciam poucos carnívoros representando 30,14 % dos peixes percebendo-se uma dominância não muito acentuada dos mandis.

Após a formação do lago, ocorreu um predomínio da pescada do Piauí- 37,7% (Figura 22) compartilhado com um iliófago de participação mais destacada- o curimatá com 28,12%. As duas espécies representavam aproximadamente o mesmo nível de ocorrência dos iliófagos no período anterior: 65,8%.

No período recente, três (3) carnívoros, quais sejam, pescada do Piauí, tucunaré (Figura 23) e pirambeba (Figura 24), compõe 72,2% de todos os peixes e o conjunto dos carnívoros compõe 80% das amostras.

A ocorrência de tantos carnívoros, indica uma certa disponibilidade de espécies forrageiras. Em Itaparica estas são representadas por camarões, principalmente as espécies introduzidas denominadas sossego (*Macrobrachium jelski*) e canela (*Macrobrachium amazonicum*) e piabas (*Tetragonopterinae*) as quais são facilmente capturadas no reservatório para uso como iscas vivas. Além destes, constitui forragem os jovens e alevinos dos próprios carnívoros, dos curimatás, piaus e outros.

O quadro geral das espécies encontradas em Itaparica sugere uma ocupação aparentemente equilibrada dos nichos pois, observa-se que:



Figura 19 – *Prochilodus affinis* e *P. marginatus*



Figura 20 – *Rhinelepis aspera*



Figura 21 – *Schizodon knerii*



Figura 22 – *Plagioscyon squamosissimus*



Figura 23 – *Cichla ocellaris*

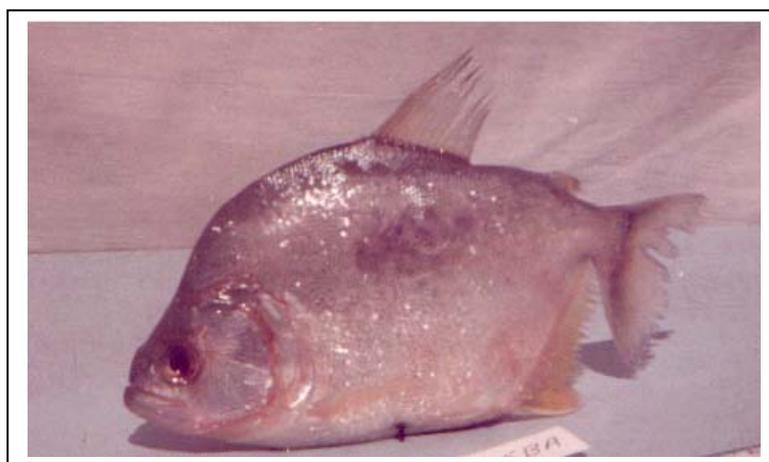


Figura 24 – *Serrassalmus brandtii*

- A pescada do Piauí é um carnívoro de hábitos alimentares variados predominando na sua dieta camarões e peixes pequenos. É peixe hábil que habita as zonas mais profundas; Não é peixe de piracema e reproduz-se em qualquer época do ano.
- A traíra, é um peixe lento que protege a prole, é carnívoro de regime alimentar restrito e habita as margens;
- Curimatás - São peixes de piracema. O conteúdo gastro-intestinal de *Prochilodus* (Figura 19) compõe-se de lodo com finos grãos de areia, substâncias inorgânicas, infinidade de seres unicelulares com predomínio de diatomáceas e protozoários. São iliófagos.
- Os piau (Figura 21), são onívoros utilizando basicamente material vegetal como raízes, folhas, frutos, larvas de insetos e insetos adultos. Ocorrem próximo ao fundo onde podem ser capturados também com armadilhas.
- Os mandis consomem bastante insetos adultos. Frequentemente passeiam pelos fundos abrigando-se em tocas. Elevam-se algumas vezes à superfície da água pois sua organização anatômica segundo MAGALHÃES (1931), não lhes faculta pairar sem grande esforço na meia água.
- Tucunaré é ictiófago voraz, eventualmente canibal que prefere as margens. É rápido e compete com a traíra. Foi introduzido no nordeste para combater a piranha em 1948. A população de tucunaré vem se desenvolvendo em Itaparica onde em 1989 computou-se 0,16% do total de indivíduos e 13 anos após, é uma das espécies dominantes ocupando o segundo lugar nas capturas, superado apenas pela pescada do Piauí. É canibal, protege a prole e apresenta desova parcelada;
- O surubim vive nos poços ou fundões e se alimenta de pequenos peixes;
- O dourado é ictiófago que procura as correntezas;
- Pirambeba - Em açudes, alimenta-se basicamente de camarões e peixes. Visita todas as províncias do ambiente dulçaqüícola;
- Apaiari - É de hábito alimentar carnívoro não ictiófago estrito. Consome moluscos, pequenos peixes e crustáceos.

As espécies de peixes estão em lugares e funções compatíveis com o conjunto das condições existentes no lago. Desta maneira, não se constata outras visíveis concorrências na mesma província e mesmo degrau trófico como a que ocorre entre traíra e tucunaré o que

sugere uma ocupação equilibrada dos nichos. Percebe-se um certo equilíbrio na comunidade íctiica, com tendência a substituição de uma espécie por outra conforme as suas eficiências na conquista do nicho.

Futuramente, poderá ocorrer, que a pescada do Piauí mantenha um nível de abundância superior aos demais carnívoros num patamar mais baixo e que outros carnívoros tenham suas abundâncias reduzidas adaptando-se todos à disponibilidade de alimentos conforme ensina o comportamento de grandes açudes mais antigos na região.

De modo geral, no trecho lótico, em Rodelas, antes da construção da represa, ocorreram 14 espécies nativas mais uma exótica. Logo após a formação do lago registraram-se 22 espécies nativas e duas exóticas e atualmente registram-se 23 espécies nativas mais três exóticas freqüentes e uma rara (tilapia). Na passagem do sistema lótico ao lêntico houve incorporação de lagoas e afluentes e decorridos 13 anos após a formação do reservatório ocorreu adaptação ou desenvolvimento de novos estoques.

Diversidade específica

Os dados representativos dos três períodos, fundamentaram o cálculo da diversidade específica dos peixes e a equitabilidade (Tabela 10):

Tabela 10 - Diversidade Específica e Equitabilidade das Amostras dos Peixes em Itaparica nos Períodos do Estudo.

Parâmetro	1987	1989	2003
	Rio	Reservatório	Reservatório
I. Diversidade	1,288	1,799	2,070
Equitabilidade	0,379	0,523	0,609

Parece claro que a diversidade íctiica aumentou ao longo do período estudado ou seja, o lago está mais rico após estabelecerem-se umas espécies, diminuir a abundância de outras e aumentar a densidade geral de indivíduos.

Saliente-se que a introdução de espécies exóticas que passaram a dominar quantitativamente no reservatório, também contribuiu para esta nova feição.

Assim, a ausência de *Pachiurus francisci* (nativa) e a abundância atual de *Plagioscyon squamosissimus* (introduzida), ambas pertencentes à Família Sciaenidae, são fatos relacionados porquanto estas espécies ocupariam nichos equivalentes e as condições lênticas favoreceram a segunda.

Estas mesmas condições lênticas determinaram a redução da população de matrinchã (*Brycon lundii*) espécie dependente de insetos, sementes e frutos de vegetais. Não só não mantiveram o matrinchã como também não permitiram o desenvolvimento de um estoque de tambaqui que requer dieta similar, não obstante haverem sido realizados peixamentos sistemáticos com esta espécie no pós lago.

Análise de Similaridade

A análise de agrupamento sobre a ocorrência dos peixes em cada fase do período estudado, mostrou através do Coeficiente Cofenético (0,84) que os dados estão bem ajustados. A Figura 25, mostra associação das espécies em seis grupos com semelhanças entre si.

O maior grupo, o número 1, reúne pescada do Piauí, tucunaré, pirambeba, piau, curimatá, galo, corró, mandi açu, piau 3 pintas, pirá, pacamão, piranha, apaiari, traira e curimatá pioa. É provável que estejam reunidas em função da relação predador / presa, vez que oito são carnívoras e as demais iliófagas ou onívoras. O grupo é grande porque os predadores ocupam substratos diferentes, traira no fundo se associa com peixes de fundo, tucunaré nas margens, pirambeba em todas as províncias, pescada do Piauí nas áreas profundas, etc.

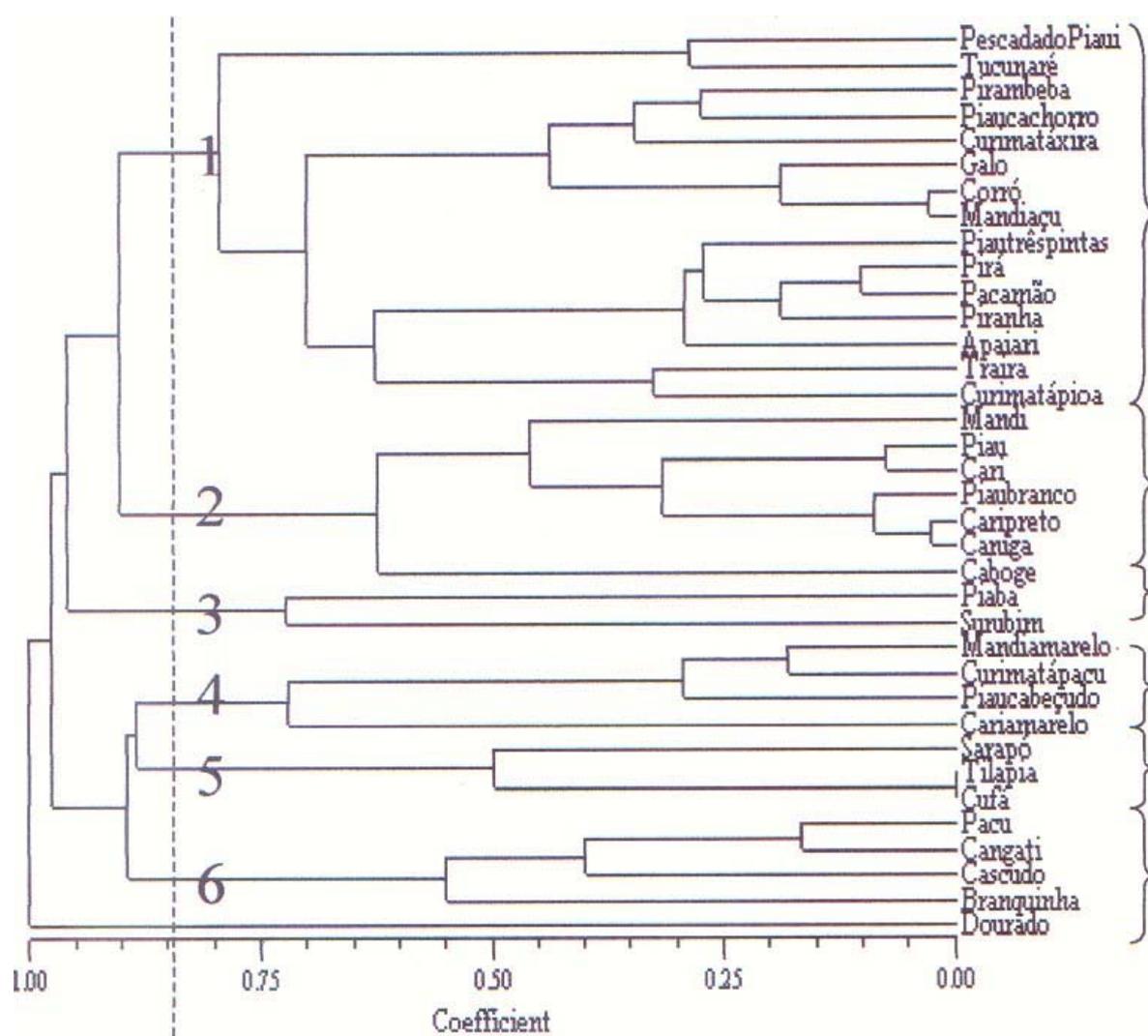


Figura 25 - Dendrograma Representativo da Associação das Amostras de Peixes Coletados em Itaparica

O segundo grupo, reúne um carnívoro e seis não carnívoros todos habitantes dos fundos ou das suas proximidades claramente associados em razão da preferência pelo substrato que ocupam.

O terceiro grupo com piaba e surubim explica a associação pela necessidade que tem os grandes predadores de se alimentarem de pequenos peixes dependentes da produção primária como forma de suprirem-se da abundante energia que necessitam e que existe nos degraus inferiores da pirâmide trófica.

O grupo 4, da mesma maneira que o 2, é formado só de iliófagos, habitantes dos fundos, os menos abundantes, acompanhados de um carnívoro que também só teve alguma expressão no período de grandes capturas.

O grupo 5 associa apenas as espécies raras que apareceram em pequeno número no último período.

Finalmente o grupo 6 associa dourado e branquinha, outra vez um grande predador e um peixe pequeno dependente da produção primária.

As associações permitem a ilação de que as afinidades relacionam-se às relações predador/presa e à preferência pelos *habitats* reunindo sempre iliófagos e carnívoros ou apenas iliófagos.

Todas as espécies encontradas no rio estão presentes no lago com exceção do surubim e dourado na fase mais recente. Estes peixes apresentaram abundâncias relativamente altas (no contexto da época) no primeiro momento do reservatório podendo-se inferir que habitavam lagoas ou correntes que foram incorporadas pelo lago.

Um as espécies desenvolveram suas populações mais lentamente como o tucunaré e a pirambeba graças à disponibilidade alimentar representada por um leque de iliófagos e pequenos peixes que aparecem associados aos carnívoros. O crescimento do estoque de tucunaré pode estar associado à tendência de elevação da condutividade elétrica. Outras-curimatá piao, piaus, diminuíram a frequência ou não aparecem mais nas amostras por supressão das suas condições de reprodução, por estarem sob pressão dos predadores e anteriormente, da pesca.

Análise Integrada dos Resultados

A análise de agrupamento das amostras apresentou na análise cofenética um coeficiente de correlação $r = 0,84$, estando portanto os dados bem ajustados. Foram evidenciados dois grupos de amostras com características semelhantes (Figura 26).

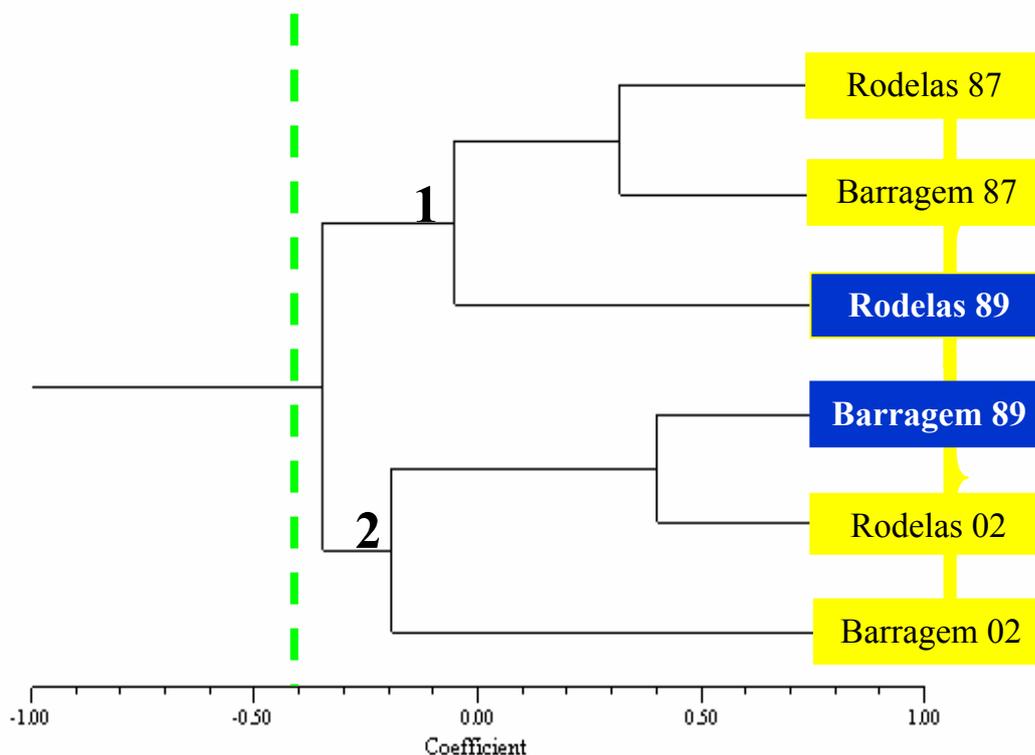


Figura 26 - Dendrograma Representativo da Análise Integrada dos Dados Coletados em Rodelas e na Barragem no Período Estudado (análise cofenética $r=0,84$).

O primeiro Grupo (1) associou as amostras coletadas em Rodelas e na Barragem em 1987, antes do represamento (ambiente lótico), com a amostra coletada em Rodelas em 1989, 18 meses após o enchimento do reservatório, evidenciando que a área de Rodelas nessa última data apresentava ainda, características semelhantes ao rio (lóticas).

O segundo grupo (2) associou a amostra coletada na Barragem em 1989, com as amostras coletadas em Rodelas e na Barragem em 2002, evidenciando que logo após o enchimento do reservatório a área da estação Barragem já apresentava as mesmas características de 13 anos após (lêntico). É interessante observar, que de acordo com esta análise, a área de Rodelas só adquiriu características de um ambiente lêntico vários anos após.

O entendimento deste fato parece fácil quando se agrega o conhecimento de que a área de Rodelas está mais submetida à influência do rio e a área da barragem já sofrera redução da vazão no local da estação em 1987, em decorrência da construção do desvio do rio originando uma feição lacustre no local.

Análise dos Componentes Principais

Os três primeiros fatores na Análise dos Componentes Principais explicaram 97,9% da variação dos dados, sendo que o Fator 1 explicou 38,67%, o Fator 2 explicou 29,92% e o Fator 3 explicou 13,91% (Tab. 11).

O Fator 1 correlacionou diretamente a temperatura, o fósforo total, a sílica e a diversidade do fitoplâncton e estes estiveram inversamente correlacionados com o pH, a condutância, a dureza total, o CO₂ e a diversidade do ictionecton.

O Fator 2 correlacionou diretamente a turbidez com o oxigênio dissolvido, com o ferro total, a DBO e estes estiveram inversamente correlacionados com a transparência, a Demanda Química do Oxigênio e a diversidade do zooplâncton.

O Fator 3, esteve representado apenas pela clorofila *a* sugerindo que a clorofila medida provém de frações menores do fitoplâncton ou seja, de organismos menores, que escaparam pelas malhas da rede usada.

Tabela 11 - Análise dos Principais Componentes Hidrobiológicos da Área de Rodelas e Barragem.

PARÂMETROS	Fator 1 (38,67%)	Fator 2 (29,92%)	Fator 3 (13,91%)
Temperatura	0.6875	0.4670	0.0705
pH	-0.6878	-0.0374	0.2800
Transparência	0.0906	-0.8921	0.3513
Turbidez	-0.2508	0.5474	0.2783
Condutância	-0.8454	-0.1573	0.2750
DurezaTotal	-0.6947	-0.6134	0.2770
FósforoTotal	0.8334	0.0726	0.4190
Sílica	0.9734	0.0662	0.0598
O ₂ D	-0.2687	0.7508	-0.5631
Ferro Total	0.1459	0.8192	0.2202
DBO	-0.6602	0.7093	-0.0297
DQO	0.4544	-0.7106	-0.4354
CO ₂	-0.7086	0.2431	0.4797
Clorofila-a	-0.2816	0.4319	-0.8137
DE-Fitoplâncton	0.7087	0.3729	0.2477
DE-Zooplâncton	-0.0148	-0.8524	-0.4731
DE-Ictionecton	-0.9478	-0.0820	-0.1294

A projeção no espaço dos Fatores 1 e 2 (Fig. 27) mostra no extremo direito a importância desempenhada pela temperatura, o fósforo total e a sílica na diversidade do fitoplâncton, bem como evidencia no extremo oposto o grande papel desempenhado pela condutância, pH, CO₂ e dureza total na diversidade do ictionecton. Esta figura mostra atuando com menor intensidade o zooplâncton, o qual passa a dominar em condições de maior transparência e demanda química do oxigênio.

De uma forma geral, ocorreu no ambiente uma alternância entre as forças “*bottom-up*” regidas pelos nutrientes e fitoplâncton que dominam atualmente no ecossistema, possivelmente em decorrência do aporte de nutrientes pela lixiviação das terras da

agroindústria e por se tratar de um ambiente lântico, onde boa parte fica aí retida sem ser exportado; e das forças “*top-down*” onde a estrutura da comunidade está relacionada à atuação do ictionecton, ou seja o topo da teia trófica, que predominava quando o ecossistema era lótico, permitindo a reprodução e migração de cardumes ao longo do rio, e onde as correntezas levavam os nutrientes para outros trechos do rio.

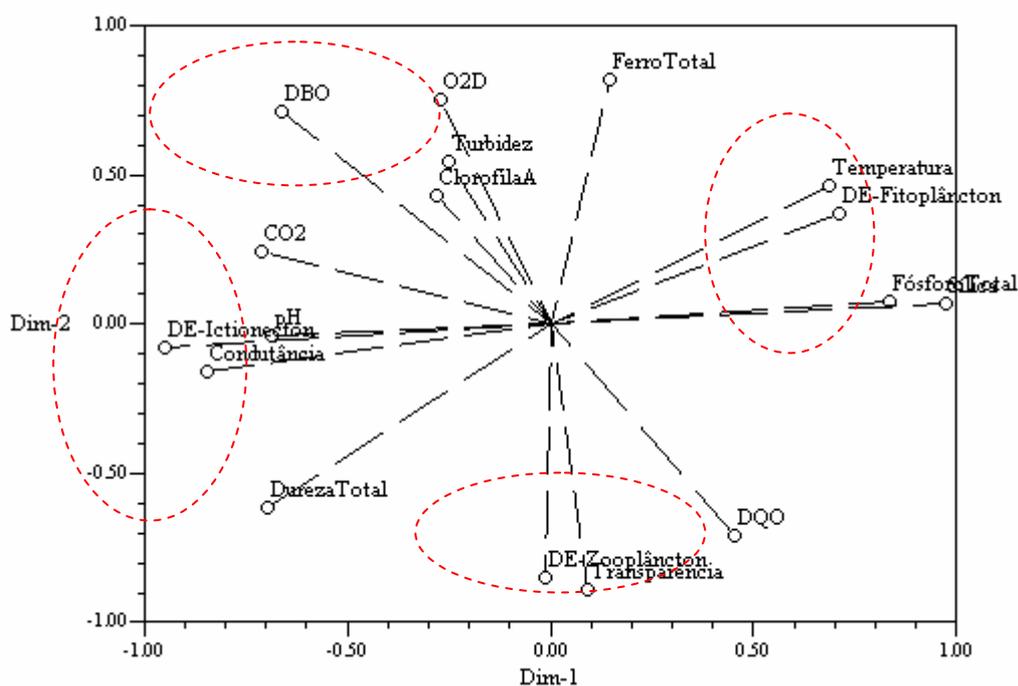


Figura 27 - Projção Espacial dos Fatores 1 e 2 da Análise dos Componentes Principais em Itaparica.

CAPITULO VII – DISCUSSÃO

A proposta deste trabalho de identificar alterações ou adaptações em Itaparica, teve por foco as suas características hidrobiológicas em cada momento tendo exigido assim a definição de critérios. Naturalmente, os principais critérios foram ecológicos destinando-se a avaliar os fatores que podem ser prejudiciais aos organismos aquáticos como pH, temperatura, e outros, os indicadores de qualidade como nutrientes, fitoplâncton e zooplâncton, oxigênio dissolvido, etc. e finalmente as alterações produzidas por danos ecológicos como os causados pela própria construção da barragem impedindo migrações de peixes, submergindo a vegetação terrestre, etc.

Para aferir a qualidade da água, foram avaliados os parâmetros ou fatores físicos, químicos e biológicos, escolhidos conforme a disponibilidade histórica dos dados e as características gerais do rio represado. Assim, os parâmetros físicos escolhidos foram: transparência da água, turbidez, temperatura, condutividade elétrica e pH. Os químicos: oxigênio dissolvido, pH, DBO, DQO, fósforo, ferro e sílica. Os biológicos relacionam-se ao comportamento da biocenose aquática principalmente do fitoplâncton, zooplâncton e do ictionecton. O desenvolvimento das comunidades foi avaliado através da comparação de índices de diversidade específica SHANNON (1948), da determinação da clorofila *a* que indicaria processos de eutrofização ou poluição além da utilização fisiológica do oxigênio dissolvido pela comunidade, através da determinação da DBO.

Tal condução do estudo, levou a duplo resultado com um enfoque descritivo sobre a dinâmica dos diversos fatores e do seu conjunto, e outro sobre a qualidade do ambiente através dos indicadores resultantes.

O primeiro dos enfoques revelou certa estabilidade dos parâmetros físicos no tempo e no espaço a qual se reflete sobre outros fatores e sobre as comunidades. Pequenas reduções ou elevações estão sempre inseridas numa amplitude própria do padrão do rio e do lago não sugerindo transformações permanentes atribuíveis à passagem da água no reservatório.

As diferenças detectadas quase sempre corroboram a existência de dois setores no interior da represa: um próximo ao deságüe do rio no seu interior, de tendência lótica e outro na metade inferior do lago, em direção à barragem, de feição mais lacustre ou lêntica. Neste particular, a análise integrada dos dados ofereceu a primeira indicação da existência destas duas zonas no reservatório evidenciando que em 1989 a área de Rodelas ainda mantinha

características semelhantes às do rio e que a área próximo à barragem em 1989 já apresentava as mesmas características atuais.

A definição das duas zonas se confirma através de vários dos parâmetros estudados.

Em Rodelas, a temperatura superficial da água apresenta-se um pouco mais elevada. O perfil térmico da coluna d'água, estudado por REIS (2002), revela uma estratificação na desembocadura do rio São Francisco em Itaparica, detectando-se aí um metalímnio definido a 5 a 6 metros de profundidade. Sob esse estrato, ocorre a entrada da água do rio no reservatório. Por isto, a lâmina d'água superficial, superposta ao metalímnio, é menos turva, mais transparente, refletindo e dispersando menos os raios luminosos e não limitando a penetração da luz. Variações de parâmetros podem resultar desse mecanismo. Esta camada apresenta melhores condições de fotossíntese e por conseguinte, maior produtividade biológica o que se revela nos valores de clorofila *a* mais elevados em Rodelas depois da formação do lago.

O pH é mais elevado na Barragem com leve tendência de aumento no período mais recente. Dados de outras fontes confirmam a amplitude de variação do pH aqui registradas, encontrando-se valores de 7,0 e 7,1 em monitoramentos da CPRH realizado em 2001 e valores neutros ou ligeiramente alcalinos em toda a coluna d'água, REIS (2002). Infere-se que não houve alterações significativas no padrão hidrogeniônico da água em Itaparica e se tivesse ocorrido uma razoável decomposição da biomassa vegetal, estes valores indicariam alguma acidez.

A transparência da água vem aumentando ao longo do tempo na parte lacustre enquanto tende a diminuir em Rodelas. Aplicando-se o Fator 3 de Cole (1975), apud REIS (2002) à medida da transparência, resulta a zona eufótica no reservatório, oscilando entre 2,2 e 9,1m.

A turbidez oscila em ambos os trechos de forma que quando maior em Rodelas em vista das vazões da época chuvosa menor na Barragem e vice versa. A condutividade elétrica apresenta-se visivelmente ascendente mas dentro do padrão oligo-eletrolítico com o máximo de 72,2 μ S/cm. Quanto à dureza, de acordo com BOYD (1990) apud VINATEA-ARANA (1997), os valores entre 0,0 e 70,0 representam águas brandas. Os dados revelam que em todos os casos as águas de Itaparica são brandas. A ligeira elevação dos valores médios da dureza (23,1, 25,9 e 26,3), não objeta a sua adequação para o desenvolvimento da vida aquática.

O teor de sílica apresentou-se menor no reservatório tanto no setor de Rodelas quanto na Barragem. Este fato pode ter condicionado a pequena abundância de diatomáceas na zona mais lacustre.

NAUMANN (1930), apud ESTEVES (1988), observou que lagos ricos em fitoplâncton apresentavam altas concentrações de fosfato e este então passou a ser importante para a classificação do estado trófico dos lagos. O fósforo na água, aparentemente carregado pelo rio, se dilui ou é assimilado pelo fitoplâncton no interior da represa a um ritmo tal que no período mais recente apenas se tem detectado traços, significando que o aporte tem sido menor que a capacidade de assimilação da vegetação aquática. A presença do fósforo na água depende da atividade dos organismos fitoplanctônicos e das macrófitas aquáticas os quais durante a fotossíntese podem assimilar grandes quantidades dos seus íons. Coincidentemente após a formação do lago ocorreu grande desenvolvimento de população de *Elodea* sp e plantas filamentosas a ponto de prejudicarem a pesca e a navegação nas margens. A classificação de VOLLENWEIDER (1969) apud ESTEVES (1988), postula que valores de P-Total inferiores a 5,0, caracterizam oligotrofia e de 5,0 a 10,0 representam lagos oligo-mesotróficos. Sob estes critérios, Itaparica é lago oligotrófico. Convém registrar que o Índice de Estado Trófico – IET calculado com base na fórmula desenvolvida por CARLSON (1974) : $IET(P) = 10 \times [6 - (\ln 65/P / \ln 2)]$ acusou mesotrofismo em Rodelas enquanto rio (1987) apresentando-se em 2002 oligotrófico em todas as estações. Itaparica apresenta-se portanto como um lago oligo-mesotrófico.

As medições do oxigênio dissolvido confirmam este caráter pois, mostram teores elevados deste gás em todo o período, da fase lótica à atualidade em Rodelas e na Barragem. Nas águas superficiais não se detectou depleção do oxigênio em Itaparica desde a sua implantação. Esta disponibilidade de oxigênio dissolvido assegura o alto número de carnívoros registrado no reservatório pois, estes aeróbios, requerem níveis adequados deste gás para sua atividade. Recentemente, constatou-se a ocorrência de variações significativas entre amostras coletadas na estação seca e na chuvosa bem como variações transitórias de até 60% entre o oxigênio superficial e o do fundo na época chuvosa REIS (2002). Tais variações são atribuídas à entrada nessa estação, de águas ligeiramente mais quentes e com maiores quantidades de material em suspensão diminuindo assim a capacidade de retenção do oxigênio através da fotossíntese devido a redução da profundidade da zona eufótica.

O conteúdo de ferro decresceu na zona da Barragem ao ponto de na última avaliação não ter sido detectado e no entanto ocorre novo aporte em Rodelas numa dinâmica que

segundo a literatura deve estar relacionada com reações de oxidação e com oscilações da biomassa fitoplanctônica.

A DBO é um indicador ecológico em toda a acepção da palavra e tem importância fundamental em todo estudo que vise monitorar a preservação das condições ecológicas de um manancial ou proteção de sua fauna e flora BRANCO (1978). Em Itaparica, apresenta-se estável com pequeno aumento recente no setor de Rodelas. A DQO aumentou com o enchimento do lago e recuperou seu antigo padrão no último período.

O reservatório enquadra-se na Classe 2 de qualidade da água segundo seus usos preponderantes estando a DBO aquém do padrão desta classe estipulado em até o máximo de 5,0mg/L oxigênio dissolvido CONAMA (1986).

A clorofila *a* revela tendência de aumento em Rodelas desde a fase lótica, e de diminuição na Barragem confirmando tendência oligotrófica do setor lacustre. A pretexto, os índices de estado trófico do lago conforme sejam calculados com base na transparência da água ao disco de Secchi, ao fósforo total ou ao teor de clorofila *a*, revelam condições oligotróficas ou mesotróficas podendo ocorrer eutrofismo pontual. Em termos médios o lago é oligo-mesotrófico com águas bem oxigenadas e nutrientes oscilando entre valores assimiláveis no metabolismo geral. O Índice do Estado Trófico - IET calculado a partir dos valores da clorofila *a* apresentaram um valor pontual de 13,8 na Barragem em 2002 e todos os outros em torno de 45,0.

A par das características ambientais referidas as comunidades em Itaparica mudam e as espécies se sucedem. A diversidade específica do fitoplâncton decresceu e se estabilizou em Rodelas e decresceu e se recupera no setor lacustre. A do zooplâncton aumentou após a formação do lago e retornou ao padrão lótico. O manejo hidráulico influencia o zooplâncton pois, as descargas permitem a sua renovação periódica MARGALEF (1983) e os organismos se adaptam a estas flutuações alternando altas e baixas densidades. Na sua relação com o fitoplâncton pode-se observar que independentemente das espécies, ou seja, no conjunto, a um aumento do fito corresponde baixa no zooplâncton e vice-versa. Os rotíferos na Barragem oscilam muito em quantidade e possivelmente tais oscilações relacionam-se com o comportamento geral dos microcrustáceos pois, no rio a pequena abundância de copepodos e cladoceros correspondeu a alta abundância de rotíferos. A maior abundância de cladoceros e copepodos no período inicial da represa, correspondeu a bem menor abundância de rotíferos e recentemente, à diminuição dos microcrustáceos correspondeu um novo aumento de rotíferos pelo menos em Rodelas. Este comportamento sugere relação de predação.

Por outro lado, a predação sobre o zooplâncton é fenômeno de grande importância não só para a dinâmica desta comunidade mas também para o metabolismo de todo o ecossistema límico ESTEVES (1988). O zooplâncton é o elo entre a produção primária e os predadores. A presença em Itaparica de pequenos peixes como por exemplo os *Tetragonopterinae* do Gênero *Astyanax*, os *Serrasalmus brandtii*, *Plagioscyon squamosissimus*, *Cichla ocellaris*, etc., que se reproduzem e crescem localmente, sugerem a presença de suas larvas no reservatório. Estas, são predadoras de zooplâncton existindo assim, um consumo ativo de copepodos e de cladoceros jovens e adultos pois, para KUBITZA (2003) à medida que as larvas dos peixes se desenvolvem, consomem organismos maiores. Chama a atenção em Itaparica a ausência de zooplâncton de grande porte como *Daphnia* e dominância de espécies de pequeno porte como *Bosmina*, *Ceriodaphnia* (400-1000 μ m) e rotíferos (60-150 μ m). No entanto, ocorre uma disponibilidade de zooplâncton que certamente contribui para a sustentação do grande número de carnívoros que compõe a ictiofauna de Itaparica, cuja abundância talvez por isso também flutue, como se percebe no estudo do ictionecton.

A submersão de grandes biomassas vegetais pode provocar alterações na composição química e biológica das águas represadas (BRANCO, 1991). São exemplos clássicos os lagos Uruá-Una (Amazonas) e Brokopondo (Suriname). Em Tucuruí, a inundação da floresta tropical alterou significativamente a qualidade da água do Tocantins a jusante, formando um charco putrefacto de 2.400km² MERONA (1990). Esse autor estudou a mortalidade de peixes a jusante da represa após a sua implantação e a atribuiu aos seus efluentes. Estes efluentes são de duas ordens: uma água que efetua queda livre de 60 metros e outra que atravessa as turbinas, captada do lago a meia profundidade. A primeira é pura, saturada de oxigênio e a segunda é totalmente desoxigenada e carregada de gás sulfídrico formado pela decomposição da vegetação no fundo do lago. Sempre que a água turbinada vasa, ocorre a mortalidade de peixes.

A decomposição de uma massa vegetal submersa, tem duas etapas distintas: a decomposição da fração tenra (folhas, flores e frutos) e a da fração lenhosa. A fração tenra, consome 120gO₂ / t em prazo de aproximadamente trinta dias a partir da inundação se a água for de boa qualidade PAIVA (1982). A fração lenhosa leva muito tempo para degradar (até um século) e necessita 60g de O₂ / t.

Foi elaborado um "Perfil das condições hidrobiológicas de Itaparica antes do represamento" cujo objetivo foi estabelecer referenciais para identificar eventuais alterações posteriores na qualidade da água e de suas comunidades. A observação da área de Itaparica,

no semi árido, mostra de relance, condições bem diferentes das encontradas em submersão de floresta tropical. A primeira diferença é a vegetação de caatinga, seja arbórea aberta, arbustiva ou semi arbustiva. A caatinga, apresenta biomassa menor em razão do porte e da densidade das suas espécies. A outra é que na época em que se iniciam os enchimentos de represas na região, com águas oriundas do alto São Francisco, a vegetação no curso sub-médio está sob estiagem e sendo decidual, apresenta uma pequena biomassa da fração tenra não obstante a parcela de cactáceas e bromeliáceas que contém. Ao mesmo tempo, a parte lenhosa é resistente retardando a decomposição. Até hoje, encontram-se caules submersos em açudes da região construídos há mais de 50 anos como o Poço da Cruz (PE). Nas recentes estiagens, Itaparica expôs extensas áreas que estavam submersas desde 1988 e a maior parte dos caules embora desprovidos de folhas, flores e frutos encontravam-se eretos e aparentemente pouco degradados.

Estes motivos associados às pequenas amplitudes de variação dos parâmetros químicos em todos os momentos induzem à percepção de que as eventuais influências da decomposição vegetação submersa sobre a qualidade das águas no espaço de tempo considerado, se existiram, foram muito tênues, ou de difícil detecção pelo presente método de estudo.

A qualidade da água poderia ser modificada também por fatores como o tempo de residência, os tipos de solos inundados, aporte de resíduos da agricultura irrigada, pelo lançamento ao rio de efluentes domésticos e industriais sem tratamento. Aí, a análise dos dados não revela variações conspícuas sugerindo a existência de uma capacidade de assimilação e/ou exportação de nutrientes e substâncias que recebe, talvez decorrente do grande porte da represa e do tempo de residência da água. As modificações conspícuas incidiram sobre a condutividade elétrica e o teor de CO₂ dissolvido na água os quais não obstaram o crescimento do estoques de peixes.

Os determinantes físicos referidos, condicionam o estado trófico do lago o qual apresenta características oligotróficas no período de estiagem e de acordo com REIS (2000), oligo-mesotróficas no período chuvoso. Este estado trófico por sua vez tem relação com a diversidade específica e composição do zooplâncton. Segundo esclarece GANNON; GAULLEI *apud* NEUMANN-LEITÃO et al (1990) em estudo na Florida, os sistemas oligotróficos são dominados por copepodos e os eutróficos por cladoceros e rotíferos. O oligomesotrofismo identificado em Itaparica pode sugerir uma transitoriedade com tendência

para meso-eutrofismo que se inicia com a predominância de rotíferos e cladoceros observada no zooplâncton.

O conjunto de situações detectadas parece propício ao desenvolvimento dos seres que compõem os últimos degraus da pirâmide trófica em Itaparica - os peixes.

Até 1977, haviam sido introduzidas no São Francisco pelo menos quatro espécies exóticas: curimatá comum (*Prochilodus cearensis*), pescada do Piauí (*Plagioscion squamosissimus*), tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e o tucunaré (*Cichla ocellaris*). Posteriormente introduziram-se no complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso/Moxotó, o tambaqui (*Colossoma macropomum*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) e variedades de carpas (*Cyprinus* spp) e em 1988/89 introduziram-se diretamente em Itaparica entre outros, alevinos de curimatá comum (*Prochilodus cearensis*).

Quando da implantação do Reservatório e início dos monitoramentos já não se registrava na sua área ocorrência de matrinhã (*Brycon lundii*) e sofia (*Pachirus francisci*) nas capturas comerciais, embora os relatórios sobre marcação de peixes conduzidas por Jucá (1975), a jusante de Juazeiro (BA), refiram-se a marcações frequentes de três espécies de curimatás, da corvina do São Francisco (sofia), de matrinhã e do pacu atestando a presença destas espécies a montante, sem que tenham sido registrados no recém formado lago não obstante a amostra estudada de mais de 100 mil peixes.

A diversidade íctiica cresceu devido em parte às espécies introduzidas que lá se estabeleceram. Estudo realizado com base nos açudes do DNOCS, GESTEIRA (1978), sugere que a produção total de um reservatório é proporcional ao seu tamanho e ao número de carnívoros que contém e que, à medida que aumenta a produção de carnívoros, diminui a participação dos não carnívoros. A pescada do Piauí tem grande capacidade de aclimação em reservatórios sobrepondo-se às maiores abundâncias dos demais carnívoros. No Açude Lima Campos, no Ceará, mesmo consorciado com piranha, pirarucu, tucunaré pinima e tucunaré comum a pescada aclimatou-se bem chegando a representar mais na produção que a soma das quatro espécies reunidas. Foram introduzidos 600 alevinos no Açude Orós em 1958 FONTENELLE; PEIXOTO (1978) e estes originaram a maior produção por espécie atingindo a média de 558,0 t/ano no período de 1961 a 1978. Esta espécie é atualmente a mais abundante em Itaparica.

A Segunda espécie, o tucunaré, apresenta dieta com 2,8% do próprio tucunaré restrito, mais 4,02% de tucunaré associado a outro alimento. Na natureza, alimenta-se de peixes e

camarões IHERING (1968). No Açude Lima Campos (CE) a sua alimentação compõe-se de camarão (75%), peixes (5%), peixes mais camarões (7%) indicando que a espécie adapta-se à disponibilidade dos alimentos PEIXOTO (1978) e assim controla seu próprio estoque. A pirambeba segundo BRAGA (1978), pratica canibalismo acidentalmente e come regularmente pescada (12,5% da dieta em peixes), traíra, muçum e cangati (peixes de fundo), piau (0,5%) e tucunaré (2,8%). Não obstante a ocorrência de pelo menos 10 carnívoros, estes se harmonizam conforme se observa nos nichos que ocupam.

De modo geral percebe-se que em Itaparica eleva-se o valor de um parâmetro o qual é em seguida diluído, assimilado, ou exportado tendendo a retornar ao padrão inicial (do rio) o que significa capacidade de auto recuperação ou depuração.

As modificações identificadas nas comunidades estudadas ocorreram não apenas em decorrência também de sucessões naturais mas talvez em decorrência das oscilações de alguns parâmetros físico-químicos subordinados ao regime lântico. Por elas, espécies de fito, zooplâncton, ou da ictiofauna, diminuíram suas abundâncias e permitiram o surgimento de outras percebendo-se que o processo tende a continuar talvez, adaptando-se também ao manejo da água e outras intervenções antrópicas.

Uma interação perceptível é a relação fito X zooplâncton. Quando aumenta o fitoplâncton diminui o zoo e quando aumenta o zoo diminui o fito numa alusão à herbivoria que tende ao equilíbrio sobretudo no setor mais lacustre.

CAPÍTULO VIII - CONCLUSÕES

- As águas do Rio São Francisco não sofrem grandes modificações no interior da represa de Itaparica, detectando-se oscilações nos parâmetros que podem indicar adaptações ao manejo hidráulico;
- trata-se de um lago oligotrófico caracterizado por águas bem oxigenadas, poucos nutrientes, com ocorrências pontuais de oligo-mesotrofismo;
- as oscilações se referem a uma pequena amplitude de variação da temperatura superficial, ao pH ligeiramente alcalino, à transparência menor no antigo rio, tendendo a aumentar na zona da barragem, à turbidez que varia no rio, no lago e entre as estações, à sílica um pouco mais elevada no rio diminuindo no lago e à dureza que permite enquadrar as águas na categoria brandas. A alteração mais perceptível se relaciona com a tendência de elevação da condutividade elétrica da água;
- os parâmetros químicos, indicadores da fisiologia das águas, igualmente não revelam alterações conspícuas salvo quanto ao padrão atual do gás carbônico (CO₂) dissolvido, o qual alcançou nível elevado em relação aos períodos anteriores. A DBO apresenta-se estável e atesta capacidade do lago de assimilar as descargas orgânicas que recebe diretamente pela sua borda ou através do rio. A demanda química de oxigênio (DQO), se elevou após o enchimento, retornou ao padrão antigo do rio e o ferro elevou-se momentaneamente mas em seguida foi assimilado estando um pouco elevado em Rodelas provavelmente em razão de carreamento de materiais pelo rio. A clorofila *a*, sugere redução da biomassa primária na zona da barragem e tendência de elevação na estação de Rodelas;
- o fósforo recebido pelo reservatório tem sido assimilado pelo sistema não ocorrendo no momento mais recente, ambiente propício a aumento da eutrofização;
- pode-se perceber a existência de mecanismos de "autodepuração" das águas, espelhados na diminuição de Cyanophyta e aumento de Bacillariophyta;

- a vegetação submersa aparentemente não influenciou as breves oscilações dos parâmetros físico-químicos da água podendo ter sido mais efetiva a contribuição dos solos à elevação da condutividade elétrica;
- do ponto de vista ambiental, os padrões registrados permitem enquadrar as águas na Classe 2 da Resolução Número 20 do CONAMA. Estas, necessitam tratamento convencional para uso em abastecimento. Em 1987 enquadravam-se na Classe 1 que exige tratamento simplificado para abastecimento. Esta variação é atribuída à contaminação por coliformes fecais;
- identificaram-se duas zonas distintas no reservatório: uma de características lólicas, na parte superior estendendo-se para montante e jusante de Rodelas e outra de tendência lacustre, daí até a barragem;
- Rodelas, em 1989, ainda apresentava características lólicas e logo após o enchimento da represa a parte lacustre, próximo à barragem já apresentava as mesmas características atuais;
- a gestão dos recursos aquáticos vivos em Itaparica requer enfoque diferenciado para as duas zonas identificadas e é facilitada por comportar espécies introduzidas tanto forrageiras quanto as predadoras e por apresentar mecanismos de "depuração" que devem ser identificados e explorados;
- a diversidade específica das comunidades estudadas variou com a modificação do ambiente lótico e ao longo do tempo. O fitoplâncton apresentou Diversidade Específica elevada no rio diminuindo no reservatório embora com tendência de recuperação do nível inicial. No rio dominavam as Chlorophyta, ao se formar o lago as Cyanophyta e atualmente ocorre predomínio das Bacillariophyta;
- a diminuição das Cianofíceas que no geral ainda oferecem espécies dominantes (*Microcystis aeruginosa* e *Fragillaria crotonensis*) sugere uma certa melhora na qualidade da água porquanto são substituídas algas de potencial tóxico por diatomáceas que constituem a base alimentar de crustáceos, larvas de peixes e muitas espécies do zooplâncton;

- a diversidade específica do zooplâncton apresentou-se maior no rio, menor na fase inicial do lago e mostra tendência de aumento. Os dados sugerem um processo de herbivoria, pois, sempre que a Diversidade do zooplâncton aumenta a de fito se reduz e vice-versa. Os grupos de espécies dominantes são diferentes em cada momento ocorrendo dominância de espécies de *Rotifera*, tendência de aumento das espécies de *Cladocera* e supressão das larvas de *Diptera*. O grupo mais abundante são os *Rotifera* e nele dominam *Keratella americana* e *Filinia camasecla*. Recentemente diminuiu a abundância de *Cladocera* e *Copepoda* talvez em função do aumento da diversidade dos peixes agregando espécies que se reproduzem no lago, com etapas planctófagas no seu desenvolvimento ontogenético.
- a diversidade específica em geral varia, mas tende a aumentar no topo da pirâmide alimentar significando que existe um suporte de espécies forrageiras para a sua manutenção já que dominam no ictionecton, espécies carnívoras sobre as demais;
- a alternância de espécies e suas respectivas abundância podem decorrer do manejo hidráulico da represa que impõe oscilações de nível que exigem adaptações rápidas alternando altas e baixas densidades;
- no rio e na fase inicial do lago, dominavam espécies de iliófagos e reófilos as quais cederam lugar a carnívoros que se estabeleceram até o presente como *Plagioscyon squamosissimus*, *Cichla ocellaris* e *Serrassalmus brandtii*.
- os peixes nativos e as espécies introduzidas que se estabeleceram no novo ambiente ocupam os nichos no reservatório de maneira aparentemente adequada com iliófagos, onívoros e carnívoros exercendo suas funções sem grande competição pela mesma província e alimento, embora fique claro a tendência de exaustão dos *Prochilodontidae*.
- a análise de similaridade reuniu os peixes de Itaparica em seis grupos sugerindo relações predador/preza, dependência do mesmo *habitat* ou província, associação de grande carnívoro e pequenos peixes dependentes dos degraus inferiores da pirâmide alimentar, espécies raras, etc.;
- em vista da completa ausência nas amostras de 2002, fica evidente a exaustão das populações de *Salminus brevidens* e *Pseudoplatystoma coruscans* os quais não encontram

condições para desova e não dispõem dos berçários naturais representados pelas lagoas justafluviais (ou não estão acessíveis aos petrechos de captura);

- finalmente em termos de produção secundária e das características do fito e zooplâncton, o reservatório apresenta melhores condições para a vida aquática do que o antigo trecho lótico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-LIMA, D. **Um pouco de Ecologia para o Nordeste**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 1972. 76p.

A. P. H. A. **Standard Methods for the Examination of water waste-water.** 16ed., New York, 1268p., 1968.

BARROS, A C. **Ante Projeto de Pesca para o Reservatório de Itaparica.** Recife: CHESF 1987. 167p

BICUDO, C.E. & BICUDO, R.M. **Algas de águas continentais brasileiras.** São Paulo; FUNBEC, 1970.

BOURRELY, P. **Les algues d' eau douce. Initiation a la Systematique.** Paris, Ed. Boubee Science, Vols: I,II,III, 1987.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental,** São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p

BRAGA, R. A. **Alimentação da pirambeba "*Serrasalmus rhombeus*" (L.1766), Lacépède, 1803, no Açude Lima Campos, Icó, Ceará.** DNOCS, Publicação N° 164 Série 1-C, Fortaleza, 1978.

BRANCO, S. M., ROCHA, A. **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas.** São Paulo, Edgard Blücher, CETESB, 1977. 185p

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária.** Ed. São Paulo, 1978. CETESB, 620p. il.

BRANCO, S. M.. **Meio Ambiente & Biologia.** São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2001. 163p

BRITSKI, H. A. **Manual de Identificação de Peixes da Região de Três Marias: com chaves para identificação dos peixes da Bacia do São Francisco.** Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações- CODEVASF, Div. Piscicultura e Pesca, Ed. Revista 1986. 115p.:il.

CAPRA, F.. **A Teia da Vida.** Ed. Cultrix Ltda. São Paulo, SP. 1996. 256p.

CASTAGNOLLI, N. e CYRINO, J. E. P. **Piscicultura nos Trópicos.** São Paulo: Editora Manole Ltda, 1986. 186p., il.

CHESF - **Reservatório de Itaparica: Monitoramento Hidrobiológico e de Pesca.** Relatório I-89 Recife 1989.

CHESF - **Reservatório de Itaparica. Monitoramento Hidrobiológico e de Pesca.** Relatório II-89, Recife 1989.

CHESF - **Reservatório de Itaparica: Monitoramento Hidrobiológico e de Pesca.** Relatório III-89 Recife, 1989.

CHESF - **Reservatório de Itaparica: Monitoramento Hidrobiológico e de Pesca.** Relatório IV/89. Recife 1990.

CHESF - **Reservatório de Itaparica: Monitoramento Hidrobiológico e de Pesca.** Relatório I-92. Recife, 1992

CHESF/HIDROSERVICE - **Reservatório de Itaparica: Perfil das Condições Hidrobiológicas Antes do Represamento.** Recife 1987. 2v. 216p.

CONAMA. RESOLUÇÕES. **Resolução Número 20**, de 18 de junho de 1986. D.O U. de 30 de julho de 1986. 15p

DIAS NETO, J. et al. **Diretrizes Ambientais para o Setor Pesqueiro: Diagnóstico e Diretrizes para a Pesca Marítima.** Brasília (DF), MMA, 1997 124p.: il.

ELETROBRAS- Centrais Elétricas Brasileiras SA. **Peixamento de Sobradinho.** Relatório do Consultor Melquíades Pinto Paiva. Rio de Janeiro. 1977.

ELETROBRAS- Centrais Elétricas Brasileiras SA. Diretoria de Planejamento e Engenharia. **Manual de Estudos de Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos.** Rio de Janeiro, 1986. 91p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Interciência FINEP 1988. 575p. il.

FAO - **Predicting Ecology and Fish Yields in African Reservoirs from Impoundment Physico-chemical Data.** Rome, 1984. Technical Paper N° 12.

FONTENELLE, O.; PEIXOTO, J. T. **Análise dos resultados da introdução de pescada do Piauí, *Plagioscyon squamosissimus* (Heckel, 1840), nos açudes do Nordeste.** B. Téc. DNOCS, Fortaleza, 1978. 36(1): 85-112.

FONTENELLE, O. **Contribuição para o Conhecimento da Biologia do Apaiari, "*Astronotus ocellatus*" (Spix) (*Pisces, Cichlidae*), em cativeiro. Aparelho de Reprodução, Hábitos de Desova e Prolificidade.** DNOCS, Publicação N. 154, Série I-C. Fortaleza, 1978. 27p.

GESTEIRA, T. C. V. **Aspectos Biológicos Ligados à Produtividade da Pesca nos Açudes Públicos da Área do Polígono das Secas - Nordeste do Brasil.** 1978. 135f..Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Curso de Pós Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ.

GURGEL, J. S. **Pesca e Piscicultura nas Águas Represadas do Polígono das Secas.** Fortaleza: MINTER/DNOCS, 1980.

HIDROSERVICE. **Estudo de Impacto Ambiental da construção da barragem de Itaparica.** Rio de Janeiro, 1986.

FUNDAÇÃO IBGE. **Divisão do Brasil em micro-regiões homogêneas 1968.** Rio de Janeiro, 1970.

IHERING, R. (Ed. Universidade de Brasília). Dicionário dos Animais do Brasil. São Paulo, 1968.

JUCÁ, L. C. F., **Relatório de Atividades na Área de Sobradinho.** Mar/1975. Convênio DNOCS/CHESF/SUDEPE - Estudo das Migrações dos Peixes.

JUCÁ, L. C. F., **Relatório de Atividades na Área de Sobradinho.** Fev/1975 Convênio DNOCS/CHESF/SUDEPE - Estudo das migrações dos Peixes.

KRAUTER, D. & STREBLE, H. **Atlas de los microorganismos de agua dulce.** Barcelona, Ed. Omega, 1997.

KUBITZA, F. **Larvicultura de Peixes Nativos**. Panorama da Aqüicultura. Rio de Janeiro. Vol. 13, nº 77, p 47-56, 2003.

LAEVASTU, T. **Manual de Metodos de Biologia Pesquera**. Zaragoza (Espanña): Editorial Acribia, 1981.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica**: Aspectos Conceituais e Metodológicos. Brasília: IBAMA, Coleção Meio Ambiente, 1995.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20**. Elsevier Science: Amsterdam, 1989. 853p.

LIMA, A. F. **Problemas de Engenharia Sanitária**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1996. 301p.

MAGALHÃES, A C. **Monographia Brasileira de Peixes Fluviaes**. São Paulo: Graficars, 1931. 262p

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona; Ed. Omega, 1983. 1010p

MERONA, B.; CARVALHO, J.P.; BITTENCOURT, M.M. **Les effets immédiats de la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil) sur l'ichtyofaune en aval**. Separata de: Rev. Hydrobiol. Trop. Paris 20(1):73-84. 1987.

MERONA, B. **Amazon Fisheries: General Characteristics Based on Two Case-Studies**. 1990. Interciência, Vol.15 Nº 6, Separata 0378-1844/90/06-461-08

MOLLE, FRANÇOIS; CARDIER, ERIC. **Manual do pequeno açude. Recife**, SUDENE-DPG-PRN-DPP-APR, 1992. p. ilustr.

NEUMANN-LEITÃO, S.; MATSURA-TUNDISI,T.;CALIJURI, M. C. **Distribuição e aspectos ecológicos do zooplâncton da represa do Lobo (Broa-São Paulo)**. In: Encontro Brasileiro de Plâncton, IV. 1990, Recife, Anais, p 393-413.

NOGUEIRA, VICENTE P. Q. **Qualidade da Água em Lagos e Reservatórios**. In: Porto, Rubem de la Lina (Org.). Hidrologia Ambiental. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: ABRH, 1991. Vol. 3.

ODUM, E. P. **Ecologia** (2. Edición). Traducido al español por Carlos Gerhard Ottenwaelder. Mexico: Editorial Interamericana, S.A, 1969. 412p. Título Original: Fundamentals of Ecology.

PAIVA, M. P. **Estimativa do Potencial da Produção de Pescado em Grandes Represas Brasileiras**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1976.

PAIVA, M. P.; Gesteira, Tereza Cristina U. **Produtividade da Pesca nos Principais Açudes Públicos do Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1981.

PAIVA, M.P. **Grandes Represas do Brasil**. Brasília, (DF), Editerra, 1982. 304p. il.

PARSONS, T. R., STRICKLAND, J. D. H. **Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments, with revised equations of ascertaining chlorophyll *a* and carotenoids**. Journal of Marine Research, New Raven, v.21, n.3, p. 155-163. 1963.

PASSAVANTE, J. Z.; FEITOSA, F. A. N. **Produção Primária do Fitoplâncton da Plataforma Continental de Pernambuco (Brasil): Área de Piedade**. Tamandaré - PE, Bol. Técn. Cient. CEPENE, 3(1): 7-22, 1995.

PEIXOTO, J. T. **Alimento do tucunaré "*Cichla ocellaris*" Bloch e Schneider no Açude Lima Campos, Icó, Ceará**. DNOCS, Publicação Nº 162 Série 1-C, Fortaleza, 1978. 9p.

PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. Wiley: New York. 1977. 385p.

PLANVASF - **Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco**. Programa para o Desenvolvimento da Pesca e da Aqüicultura, Brasília, 1989. 192p.: il., mapas

PORTO, Monica F. A.; Branco, S. M.; Luca, J. **Caracterização da Qualidade da Água**. In: Porto, Rubem de la Laina (Org). Hidrologia Ambiental. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. Vol. 3.

PRIMEIRO SEMINÁRIO de **Avaliação dos Estudos do Acompanhamento Evolutivo do Lago de Sobradinho**. Salvador: Seplantec/CAR, 1979.

REIS, R. S. **Qualidade da Água, Deposição de sedimentos e Sensoriamento Remoto: um estudo de caso nos reservatórios do submédio São Francisco**. 2002. 247f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

REIS, A. C. S. **O tempo e o clima do Nordeste**. Recife, CECINE-Centro de Ciências do Nordeste. 1969.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Ambito Cultural Edições LTDA. Rio de Janeiro, 1997. 747p.

ROCHA, G. **O Rio São Francisco: fator precípua da existência do Brasil**. São Paulo, Ed. Nacional, 1983. [Brasília]: CODEVASF.

ROHLF, F. J., FISHER, D. L. **Test for hieratchical structure in randon data sets**. Systematic Zool., [s.l.], v. 17, p. 407-412, 1968.

SCHÖERBEL, JURGEN. **Métodos de Hidrobiologia**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1981.

SETTI, A. A. **A Necessidade do Uso Sustentável dos Recursos Hídricos**. Brasília: IBAMA, 1996. 344p.; il.

SHANNON, C. E. **A mathematical theory of communication**. Boll. Syst. Tech. J., v. 27, p. 379-423, 1948.

SIGRID, N. L., ROCHA, TAKAKO, M. T., CALIJURI, M.C. **Distribuição e aspectos ecológicos do zooplâncton da Represa do Lobo (Broa- São Paulo)** In: Anais Encontro Brasileiro de plâncton, 9., 1990, Recife. Anais: DO/UFPE, 1990. p. 393-413.

SILVA, J. W. B. **Recursos Pesqueiros de Águas Interiores do Brasil Especialmente do Nordeste**. Fortaleza: MINTER/DNOCS, 1981.

TIAGO, G. G. **Aqüicultura, Meio Ambiente e Legislação**. São Paulo, Ed. Annablume, 2002. 162p

TOMASI, L. R. **Monitoragem Biológica para Controle da Qualidade de Corpos Hídricos de Superfície**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca., 2., 1981, Recife. Anais. Recife: SUDENE, 1981. 31-47p

TRAVASSOS, H. **Catálogo dos Peixes do Vale do São Francisco**. Fortaleza: Bol. Soc. Cear. Agron. 1:1 -66, 1960.

VALENTIN, J L. **Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro, Interciência, 2000. 117p

VINATEA ARANA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997. 166p.