



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA



IMPACTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA INTRODUÇÃO DA
TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*, EM AÇUDES PÚBLICOS DO
SEMI-ÁRIDO NORDESTINO, BRASIL

JANDESON BRASIL DIAS

NATAL/RN
2006

JANDESON BRASIL DIAS

**IMPACTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA INTRODUÇÃO DA
TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*, EM AÇUDES PÚBLICOS DO
SEMI-ÁRIDO NORDESTINO, BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Centro de Biociências, Sub-Programa Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

ORIENTADOR: PROF. Dr. JOSÉ LUIZ DE ATTAYDE
CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. FERNANDO BASTOS COSTA

NATAL/RN

2006

JANDESON BRASIL DIAS

**IMPACTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA INTRODUÇÃO DA
TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*, EM AÇUDES PÚBLICOS DO
SEMI-ÁRIDO NORDESTINO, BRASIL**

Aprovado em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Luiz de Attayde - UFRN
Orientador

Prof. Dr. Aldenor Gomes da Silva – UFRN
Examinador Interno

Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa - UEPB
Examinador Externo

*Aos meus pais, João e Socorro,
fonte de inspiração e incentivo
para nunca desistir dos meus
sonhos.*

*Com a certeza de que somente
acreditando nos nossos sonhos
e lutando por eles é que
seremos felizes de verdade.*

AGRADECIMENTOS

Foram inúmeras dificuldades encontradas ao longo deste trabalho, mas com a ajuda de Deus, familiares, amigos e profissionais consegui superá-las e concretizar mais um sonho.

Agradeço a Deus, por ter me concebido forças nos momentos mais difíceis.

A José Luiz de Attayde, por ter acreditado em mim, pelos ensinamentos, orientação e principalmente, pelas longas conversas incentivadoras para traçar o meu caminho.

A Ivaneide Costa e Fernando Bastos pela co-orientação ao longo deste estudo.

Aos professores Edmilson Lopes, Fátima Ximenez e Magnólia pelas sugestões e críticas ao trabalho. Agradeço ainda a Fátima Ximenez pelas fotos relacionadas ao trabalho de campo.

Aos Drs. José Etham de Lucena Barbosa e Aldenor Gomes da Silva por terem aceitado o convite de participar da banca examinadora.

Ao programa de incentivo CAPES/CNPq, e ao Programa Ecológico de Longa Duração (PELD - Caatinga), pelo financiamento do estudo.

Agradeço ao pessoal da Estação de Piscicultura Estevão de Oliveira, especialmente a Dudé e à Fátima, e ao pessoal da Estação Ecológica do Seridó, especialmente a Adson e Irmão, pelo apoio durante a realização do experimento.

Ao pescador Sebastião José da Silva por todo apoio na pesquisa realizada junto à comunidade de pescadores do reservatório Gargalheiras.

Ao Dr. José da Silva Mourão e a Jacqueline Mendes pelo fornecimento de material sobre etnoecologia.

A Gerlândia pela ajuda na organização de planilhas, auxílio nas atividades de campo, inclusive pela paciente revisão e formatação dos textos.

Aos amigos Nils Okun, Patrícia Mesquita, Rosemberg Menezes, Gustavo, Fabrício, Francisco Rivera e Edson Santana pelo grande apoio durante as atividades de campo. Ainda a Nils e a Rosemberg pelo auxílio estatístico.

Agradeço também a todos que fazem parte do Laboratório de Ecologia Aquática/UFRN: Nils Okun, Patrícia Mesquita, Rosemberg Menezes, Elinez Rocha, Wanessa pela oportunidade de troca de idéias durante os ciclos de seminários e trabalho em equipe.

Por fim, mas não menos importante, aos meus pais, Célia Brasil e família Brasil, Francisco Dias Segundo, Fátima Dias e Joselene Marques por todo apoio direto e indireto durante a minha estadia em Natal.

“O rio, estancado em açude, continua depois, em verde sinuoso de capinzais, copas de mangueiras, leques de coqueiros ou canaviais penteados pelo vento. Milhões de metros cúbicos de água – doce, fria e cheirosa – é que a água nos desertos também cheira – esbarrados pela muralha da parede, aninham peixes criam vazantes, dão de beber à criação, fazem crescer raízes, caules, folhas, flores e frutos e se esclerosam em veias pela terra adentro, esverdeando em folhas os sedentos chãos cinzentos daqueles sertões”.

Oswaldo Lamartine de Faria

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

ANEXOS

RESUMO

CONTEÚDO

Introdução Geral	16
Referência Bibliográfica.....	19
Manuscrito I – Impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) em açudes públicos do semi-árido nordestino, Brasil.	22
1.1. Resumo	22
1.2. Abstract.....	23
1.3. Introdução.....	24
1.4. Material e métodos	26
1.5. Resultados.....	27
1.6. Discussão	34
1.7. Conclusões.....	41
1.8. Referências Bibliográficas.....	42
Manuscrito II – A onivoria impede cascatas tróficas em teias alimentares pelágicas tropicais?	47
2.1. Resumo	47
2.2. Abstract.....	48
2.3. Introdução.....	48

2.4. Material e métodos	50
2.4.1. Desenho experimental	50
2.4.2. Coletas e análises laboratoriais.....	50
2.4.3. Análises estatísticas	51
2.5. Resultados	52
2.6. Discussão	57
2.7. Referências bibliográficas	59
Conclusões finais.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Preço dos peixes no açude Gargalheiras - RN.....	31
Tabela 2.1. Valores médios de pH, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido nos 20 mesocosmos em cada semana de coleta do experimento	52

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1. Produtividade pesqueira (Kg/ha) e captura por unidade de esforço (CPUE) anual em 100 reservatórios monitorados pelo DNOCS entre o período de 1971 e 2000. Quadrado cheio = produtividade pesqueira total, quadrado vazio = produtividade da tilápia do Nilo, círculo cheio = CPUE total, círculo vazio = CPUE da tilápia do Nilo. 28
- Figura 1.2. Produtividade pesqueira e captura por unidade de esforço (CPUE) anual no reservatório Gargalheiras entre 1971 e 2000. Coluna cheia = produtividade pesqueira total, coluna vazia = produtividade da tilápia do Nilo, quadrado cheio = CPUE total, quadrado vazio = CPUE da tilápia do Nilo. 29
- Figura 1.3. Médias da produtividade pesqueira (a) e da CPUE (b) total e de tilápias no reservatório Gargalheiras no período anterior (1971-1976) e posterior (1977-2000) à introdução da tilápia do Nilo no reservatório. 29
- Figura 1.4. Contribuição relativa das diferentes espécies para a produção pesqueira (a) e para a renda total bruta advinda da pesca (b) no reservatório Gargalheiras entre os anos de 1971 e 2000. 30
- Figura 1.5. Médias e desvio padrão da renda bruta per capita anual (a), do número de pescadores (b) e da renda bruta total anual (c) antes (1971-1976) e após (1977-2000) a introdução da tilápia do Nilo no reservatório. 32

Figura 1.6. Renda bruta total, contribuição da tilápia do Nilo para a renda bruta total e número médio mensal de pescadores no reservatório Gargalheiras entre 1971 e 2000.	33
Figura 2.1. Biomassa (mg L^{-1}) do zooplâncton total (a), grandes cladóceros (b), pequenos cladóceros (c), copépodos (d) e rotíferos (e) em mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1ª semana a 5ª semana do experimento. Notar a diferença da escala do eixo Y.	54
Figura 2.2. Biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) do fitoplâncton total (a), algas menores $<50\mu\text{m}$ (b), algas maiores $>50\mu\text{m}$ (c) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias na 1ª semana, 3ª semana e 5ª semana do experimento. Notar a diferença de escala do eixo Y	55
Figura 2.3. Concentração de clorofila a ($\mu\text{g L}^{-1}$) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1ª semana a 5ª semana do experimento	56
Figura 2.4. Transparência da água (cm) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1ª semana a 5ª semana do experimento.	56

ANEXOS

ANEXO I – Questionário aplicado aos pescadores do açude Gargalheiras.....	65
---	----

RESUMO

A estocagem de peixes exóticos, principalmente de tilápias tem sido uma prática comum nos açudes públicos da região semi-árida brasileira para melhoria da pesca. Porém os riscos ambientais associados a esta prática podem levar a perda da biodiversidade aquática e deteriorização da qualidade da água, colocando em conflito a atividade da pesca de tilápias com o uso dos açudes para fins de abastecimento público. Com isso, os objetivos deste trabalho foram: verificar os efeitos da tilápia do Nilo sobre a qualidade da água (turbidez, transparência, biomassa algal e de cianobactérias potencialmente tóxicas), avaliar a produção pesqueira total de 100 reservatórios monitorados pelo DNOCS, com ênfase especial no papel desempenhado pela tilápia, analisar os benefícios sócio-econômicos advindos da introdução da tilápia no açude Gargalheiras, verificar os impactos da tilápia sobre as demais espécies de peixes e verificar a percepção dos pescadores com relação aos estoques pesqueiros e à qualidade da água após a introdução da tilápia. Para avaliar o efeito da tilápia sobre a transparência da água foi realizado um experimento no açude da Estação Ecológica do Seridó entre junho e julho de 2004 em 20 mesocosmos distribuídos aleatoriamente entre cinco tratamentos com diferentes densidades de tilápia. Os dados de produção pesqueira e número de pescadores numa escala de tempo de 30 anos foram estimados a partir das estatísticas de pesca do DNOCS. Também foram aplicados questionários com questões

abertas e fechadas a 30 pescadores experientes da colônia do açude Gargalheiras. Os resultados mostraram que os mesocosmos com tilápia apresentaram maior turbidez e menor transparência da água os quais devem aumentar os custos para o seu tratamento. Os resultados mostraram que não houve aumento da produção pesqueira total, da renda bruta total e per capita e no número de pescadores após a introdução da tilápia no açude Gargalheiras. Além disso, ocorreu uma redução nas capturas de espécies nativas e da pescada, que era a espécie comercialmente mais importante e mais abundante antes da introdução da tilápia. Mesmo assim, a grande maioria dos pescadores locais afirmou que a tilápia é atualmente a principal espécie para quem sobrevive da pesca e que a mesma não prejudicou outras espécies de peixes nem a qualidade da água no açude. Porém, os resultados deste trabalho indicam que os alegados benefícios sócio-econômicos, utilizados para justificar as políticas de peixamento dos açudes com a tilápia do Nilo, são superestimados enquanto que os impactos ambientais da introdução desta espécie exótica são subestimados.

Palavras – chave: espécie exótica, tilápia, pesca, reservatório, semi-árido.

Introdução Geral

As áreas semi-áridas do Brasil abrangem uma superfície de 982.563,3 km², representando cerca de 11,5% do território brasileiro e 63,2% da região Nordeste (Brasil 2005). O semi-árido brasileiro destaca-se ainda por ser o mais populoso do mundo (Sperling 1998), com 14,2 milhões de habitantes em 2000, e por apresentar os maiores bolsões de pobreza e inferior qualidade de vida do país (Brasil 2004). Esta região caracteriza-se por chuvas torrenciais concentradas em poucos dias do ano, distribuídas heterogeneamente no tempo e no espaço, e por ser freqüentemente assolada pelo fenômeno da seca. É muito comum na região a prática da açudagem para a retenção de água nos períodos de seca, possuindo tal região, depois da Índia, a segunda maior densidade de reservatórios (>70.000 açudes) do mundo (Lazarro et al. 2003). Os açudes do semi-árido nordestino são destinados a múltiplos usos, sendo eles: abastecimento doméstico, dessedentação de animais, irrigação de áreas agrícolas, culturas de vazantes, pesca, aquicultura e lazer.

O processo de barragem dos rios temporários característicos da região, realizado primeiramente pelo atual Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), implicou em importantes modificações nas condições físico-químicas e do substrato, bem como na estrutura e abundância das comunidades de espécies nativas, com reflexos diretos sobre a capacidade de auto-renovação das populações aquáticas (Macêdo 1981). A rápida depleção dos estoques evidenciada pelo decréscimo da produção de pescado, logo nos primeiros anos após a formação dos açudes, comprovou o fato de que as espécies nativas eram incapazes de suportar a crescente intensificação da atividade pesqueira. Deste modo, duas medidas foram adotadas para evitar o agravamento da situação e, ao mesmo tempo, aumentar a produção disponível para a captura pela

população de pescadores habitantes das áreas adjacentes: (a) aclimatação de espécies de vários regimes fluviais do país e de outros continentes, com destaque para as das famílias Cichlidae, representada por tilápias, tucunarés e apaiari, e Sciaenidae, representada pela pescada do Piauí (Gurgel & Oliveira 1987); (b) utilização do processo de hipofisação para viabilizar a ocorrência artificial da desova independente do processo de piracema (Gurgel 1979).

Desde 1932 o DNOCS vem desenvolvendo um programa de pesca e piscicultura, que teve como um dos seus mais importantes objetivos a introdução de novas espécies de peixes e crustáceos. Foram introduzidas 42 espécies de outros países ou de outras bacias nacionais, sendo 39 espécies de peixes e 3 de crustáceos. Desse total, apenas 14 espécies de peixe e 1 de camarão se adaptaram as condições climáticas da região e chegaram a estabelecer populações viáveis nos açudes da Caatinga (Gurgel & Fernando 1994). No entanto, apenas 9 das espécies introduzidas são atualmente registradas nos ecossistemas aquáticos da Caatinga (Rosa et al. 2003).

A introdução de peixes e crustáceos exóticos de valor comercial contribuiu para o aumento da produtividade pesqueira dos açudes e do rendimento econômico das pescarias (Gurgel & Fernando 1994). No entanto, a produção extensiva de pescado sempre dependeu do repovoamento com alevinos produzidos pelas Estações de Piscicultura do DNOCS, prática indispensável para compensar a rápida depleção dos estoques decorrente da exploração pesqueira e de uma eventual ausência de desova pelas espécies nativas tipicamente lólicas, por ocasião dos períodos da seca (Gurgel 1979).

A administração do sistema de cultivo extensivo de espécies exóticas como uma atividade de caráter sócio-econômico, funciona através de uma política de fomento à produção e distribuição de alevinos por órgãos públicos como o DNOCS, em que os custos sociais são assumidos pelo Governo Federal para poder beneficiar um grande contingente de pessoas que dependem da pesca para sua sobrevivência.

Além dos benefícios sócio-econômicos que a introdução de espécies exóticas pode ter causado na região semi-árida do Nordeste brasileiro, prejuízos ambientais podem ter ocorrido por causa da introdução dessas espécies. A introdução de espécies exóticas representa, atualmente, a segunda maior causa de perda de biodiversidade e tem despertado grande preocupação em todo o mundo (Drake et al. 1989; Williamson 1996). Introduções de peixes exóticos podem reduzir os estoques ou até mesmo causar

extinções locais de espécies nativas através da predação, competição, hibridização, transmissão de doenças, e alterações na qualidade dos habitats (Welcomme 1998; Arthington 1991; Baltz 1991; Crossman 1991; Fernando 1991; Holcik 1991; Ogutu-Ohwayo & Hecky 1991). Alterações na qualidade da água também têm sido registradas após a introdução de peixes exóticos, especialmente peixes onívoros e detritívoros, que tendem a aumentar a turbidez da água ressuspensando sedimentos e aumentando a biomassa de algas através da predação do zooplâncton e excreção de nutrientes (Drenner et al. 1996; Starling et al. 2002; Lazarro et al. 2003; Figueredo & Giani 2005).

Dentre as espécies de peixe introduzidas, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) se destaca por sua abundância e importância sócio-econômica para a região semi-árida. Nos açudes públicos onde a pesca vem sendo monitorada pelo DNOCS desde 1960, a tilápia do Nilo foi aparentemente responsável por uma melhoria da pesca, representando cerca de 30% das capturas pesqueiras totais até 1990 (Gurgel & Fernando 1994). Atualmente, a tilápia do Nilo continua sendo a principal espécie cultivada e estocada nos lagos e reservatórios do semi-árido e representa o principal modelo zootécnico da piscicultura regional e nacional. No entanto, passadas mais de três décadas de políticas de peixamento não sabemos ainda se a tilápia do Nilo produziu algum aumento significativo de renda dos pescadores nem se a magnitude dos possíveis benefícios sócio-econômicos justificam a manutenção dessas políticas. Por outro lado, a introdução de tilápias pode ter causado sérios impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos da Caatinga os quais precisam ser identificados e quantificados.

A tilápia do Nilo é uma espécie onívora e micrófaga, consumindo basicamente fitoplâncton, zooplâncton e detritos em suspensão, e portanto, deve reduzir a biomassa do zooplâncton tanto diretamente pelo consumo dos organismos zooplancônicos como indiretamente pelo consumo dos seus principais recursos alimentares: fitoplâncton e detritos em suspensão (Diana et al. 1991; Elhigzi et al. 1995; Figueredo & Giani 2005). Como os alevinos da maioria das espécies de peixe dependem do zooplâncton como principal recurso alimentar, é possível que o recrutamento dessas espécies seja negativamente afetado pela competição com a tilápia do Nilo. Além da competição por recursos alimentares, a tilápia do Nilo deve afetar outras espécies de peixes através de alterações na qualidade da água. Peixes onívoros filtradores como a tilápia do Nilo, tendem a aumentar a biomassa fitoplanctônica total através da predação sobre o zooplâncton e da reciclagem de nutrientes (Drenner et al. 1996), embora possam reduzir

a biomassa de certas algas e cianobactérias diretamente através da herbivoria (Beveridge & Baird 2000). Além dos impactos ambientais, o aumento da turbidez causada pela tilápia também pode causar impactos econômicos, à medida que aumenta os custos de tratamento da água que é captada nos reservatórios e destinada ao abastecimento público.

O primeiro objetivo deste trabalho foi, avaliar a importância da tilápia do Nilo para a produção pesqueira de 100 reservatórios públicos do Nordeste brasileiro, através da análise das estatísticas de pesca do DNOCS entre os anos de 1971 e 2000. Os resultados desta avaliação são contrastados com aqueles apresentados anteriormente por outros autores e indicam que as avaliações anteriores da produção pesqueira dos açudes e da contribuição das tilápias estão superestimadas (Fernando 1991; Gurgel & Fernando 1994). Em seguida, o benefício sócio-econômico advindo da introdução desta espécie exótica foi analisado com base nas estatísticas de pesca do açude Gargalheiras, onde existe uma colônia de pescadores que há décadas tem sido a mais organizada e produtiva colônia do interior do Rio Grande do Norte. Com base nas estatísticas de pesca do açude Gargalheiras, os possíveis impactos da introdução da tilápia sobre os estoques de peixes nativos foram estimados. Para testar a hipótese de que a tilápia do Nilo reduz a biomassa zooplancônica e aumenta a biomassa fitoplanctônica reduzindo a transparência da água, foi realizado um experimento em mesocosmos no açude da Estação Ecológica do Seridó. Finalmente, questionários com questões abertas e fechadas foram aplicados a 30 pescadores mais experientes da colônia de Gargalheiras (Z – 28) com o intuito de verificar a percepção dos mesmos com relação aos efeitos da tilápia sobre os estoques pesqueiros e a qualidade da água do reservatório.

Referências Bibliográficas

- Arthington, A. H. (1991) Ecological and Genetic Impacts of introduced and Translocated Freshwater Fishes in Austrália. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48** (Suppl.1): 33-43.
- Baltz, D. M. (1991) Introduced fishes in marine systems and inland seas. *Biological Conservation* 56, 151-177.

- Beveridge, M. C. M. & Baird, D. J. (2000) Diet, feeding and digestive physiology. In: Beveridge, M. C. M. & McAndrew, B. J. (eds). *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers. Printed in Great Britain. 129-162.
- Brasil (2005). Ministério da Integração Nacional. Relatório Final, Grupo de Trabalho Interministerial para Redelimitação do Semi-árido Nordestino e do Polígono das Secas.
- Brasil (2004). Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e mitigação dos Efeitos da Seca PAN - Brasil.
- Crossman, E. J. (1991) Introduced freshwater fishes: A review of the North American perspective with emphasis on Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48**(Suppl.1): 46-57.
- Diana, J. S.; Dettweiler, D. J. & Lin, C. K. (1991) Effect of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the Ecosystem of Aquaculture Ponds, and its Significance to the Trophic Cascade Hypothesis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48**: 183-190.
- Drake, J.A.; Money, H. A.; Castri, F. di.; Groves, R. H.; Kruger, F. J.; Rejmanek, M.. & Williamson, M. (1989) *Biological invasions, a global perspective*. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Drenner, R. W.; Smith, J. D. & Threkheld, S. T. (1996) Lake trophic state and limnological effects of omnivorous fish. *Hydrobiologia*. **319**: 213-223.
- Elhigzi, F. A. R.; Haider, S. A. & Larsson, P. (1995) Interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cladocerans in ponds (Khartoum, Sudan). *Hydrobiologia* **307**: 263-272.
- Fernando, C.H. (1991) Impacts of fish introductions in tropical Ásia and América. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl. 1), 24-32.
- Figueredo, C. C. & Giani, A. (2005) Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshwater Biology*. **50**: 1391-1403.
- Gurgel, J. J. S. (1979) Pesca e piscicultura nas águas represadas do Polígono das Secas. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Fortaleza. 60 p.
- Gurgel, J. J. S. & Oliveira, A. G. (1987) Efeitos da introdução de peixes e crustáceos no Semi-árido do Nordeste brasileiro. Mossoró: Col. Mossoroense, n.453, p. 1-32.

- Gurgel, J. J. S. & Fernando, C. H. (1994) Fisheries in semi-arid Northeast Brazil with special reference on the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* **79** (1), 77-94.
- Holcik, J. (1991) Fish introductions in Europe with particular reference to its central and eastern part. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl.1): 13-23.
- Lazarro, X; Bouvy, M.; Ribeiro-Filho, R. A.; Oliveira, L. T. S.; Vasconcelos, A. R. M. & Mata, M. R. (2003) Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs?. *Freshwater Biology*. **48**: 649-668.
- Macêdo, M. V. A. (1981) Características físicas e técnicas dos açudes públicos do Estado do Ceará. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Fortaleza. 140 p.
- Ogutu-Ohwayo, R. & Hecky, R. (1991) Fish introductions in Africa and some of their consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl.1): 8-12.
- Rosa, R. S.; Menezes, N. A.; Britski, H. A. Costa, W. J. E. M. & Groth, F. (2003) Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822p.
- Sperling, E. V. (1998) Seca no Nordeste – yes, temos alternativa. *Água em revista*, ano VI, **10**: 82-84.
- Starling, F.; Lazarro, X.; Cavalcanti, C.; Moreira, R. (2002) Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish Kill. *Freshwater Biology*. **47**: 2443-2452.
- Welcomme, R. L. (1998) International introductions of inland aquatic species. FAO Fisheries Technical Paper 294, FAO, Rome, Italy. 318 p.
- Williamson, M. (1996) *Biological Invasions*. Chapman & Hall, London, UK.

Manuscrito I – Impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em açudes públicos do semi-árido nordestino, Brasil

Jandeson Brasil Dias¹, José Luiz Attayde¹, Roberto Menescal² e Fernando Bastos Costa³

¹Depto de Botânica, Ecologia e Zoologia, CB/UFRN

²Depto. Nacional de Obras Contra as Secas, Natal, RN

³Depto de Ciências Sociais, CCHLA/UFRN

1.1. Resumo

A estocagem de peixes exóticos, principalmente de tilápias, tem sido uma prática comum nos açudes públicos da região semi-árida brasileira. A estocagem de tilápias tem tido como objetivo principal a melhoria da pesca nos açudes e conseqüentemente das condições sócio-econômicas das famílias que vivem da pesca. Porém, os riscos ambientais associados a esta prática são altos e podem levar à perda da biodiversidade aquática e a alterações na qualidade da água. O objetivo deste trabalho foi quantificar os efeitos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo nos açudes públicos do semi-árido nordestino. A análise da produção pesqueira de 100 açudes públicos desde 1970 até 2000 demonstrou que a introdução da tilápia do Nilo aparentemente contribuiu para um aumento da produção pesqueira total do final da década de 70 até meados da década de 80. No entanto, a partir desta época a produção pesqueira dos açudes entrou em declínio para níveis inferiores aos níveis observados antes da introdução da tilápia. A análise das estatísticas de pesca do reservatório Gargalheiras no município de Acari, Rio Grande do Norte, demonstrou que a introdução

da tilápia do Nilo no açude não aumentou significativamente a produção pesqueira, a renda bruta total, a renda bruta per capita e o número de pescadores no açude. Por outro lado, a análise das estatísticas de pesca do reservatório Gargalheiras revelou uma redução significativa nas capturas de outras espécies de peixes comercialmente importantes após a introdução da tilápia. Este resultado sugere que a tilápia do Nilo pode ter afetado negativamente outras espécies de peixe no açude contribuindo para o declínio dos seus estoques. Para avaliar a percepção dos pescadores com relação aos efeitos da tilápia do Nilo sobre as outras espécies de peixe e a qualidade da água, foram aplicados questionários com questões abertas e fechadas a 30 pescadores da colônia do reservatório Gargalheiras. A grande maioria dos pescadores locais afirmou que a tilápia é atualmente a principal espécie para quem sobrevive da pesca e que a mesma não prejudicou outras espécies de peixes nem a transparência da água no açude. Porém, os resultados deste trabalho indicam que os alegados benefícios sócio-econômicos, utilizados para justificar as políticas de peixamento dos açudes com a tilápia do Nilo, são superestimados enquanto que os impactos ambientais da introdução desta espécie exótica são subestimados.

Palavras-chave: espécie exótica, tilápia, pesca, reservatório, semi-árido.

1.2. Abstract

The stocking of exotic fish, especially the tilapia, has become a common practice in the public reservoirs of the Brazilian semi-arid region. The stocking of tilapias has had as its main aim the improvement of the fisheries in the reservoirs and consequently the improvement of the socio-economic conditions of the families that have fishing as the main source of income. However, the environmental risks associated with this practice are high and can lead to a loss in aquatic biodiversity and to changes in the quality of the water. The object of this work was to quantify the socio-economic and environmental effects of the introduction of the Nile tilapia in the public reservoirs of the semi-arid northeastern Brazil. The analysis of the fish yield of 100 public reservoirs from 1970 to 2000 demonstrated that the introduction of the Nile tilapia apparently contributed to an increase in the total fish yield from the late 1970's until the mid-1980's. Nevertheless, from that time onwards the fish yield in these reservoirs has

fallen into decline to levels inferior to those observed prior to the introduction of the tilapia. The analysis of the fishing activity statistics of the Gargalheiras reservoir located in the city of Acari, Rio Grande do Norte, demonstrated that the introduction of the Nile tilapia in the reservoir has not significantly increased the fish yield, the gross overall income, the gross per capita income nor the number of fishermen actively fishing in the reservoir. On the other hand, the analysis of the fishing activity statistics of the Gargalheiras reservoir has revealed a significant reduction in the captures of other commercially important fish species after the introduction of the tilapia. This result suggests that the Nile tilapia could have negatively affected other species of fish in the reservoir, contributing to the decline in their stocks. In order to assess the perception of the fishermen concerning the effects of the Nile tilapia over other species of fish and the quality of the water, questionnaires containing open and multiple choice questions were applied with 30 fishermen from the colony of the Gargalheiras reservoir. The great majority of the local fishermen stated that the tilapia is currently the most important species of fish to those who depend on fishing as a source of income and that they have not caused damage to other species of fish nor to the quality of the water in the reservoir. However, the results of the present work indicate that the alleged socio-economic benefits, employed to justify the introduction of the Nile tilapia in the reservoirs, are overestimated while the environmental impacts of the introduction of this exotic species are underestimated.

Keywords: exotic species, tilapia, fisheries, reservoir, semi-arid.

1.3. Introdução

A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é nativa da África, mas tem sido um componente significativa da pesca e aquicultura em lagos e reservatórios na América e Ásia tropical e no Pacífico (Fernando 1991). A contribuição das tilápias para a aquicultura e a pesca global e tem aumentado exponencialmente nas últimas três décadas e a tilápia do Nilo tem contribuído muito para este aumento (De Silva et al. 2004). O cultivo e a pesca da tilápia do Nilo tem contribuído para a produção de alimentos em muitas regiões tropicais e subtropicais em desenvolvimento (Welcomme 1988; Fernando, 1991; Gurgel & Fernando, 1994; Cowx et al., 2003; De Silva et al. 2004). Portanto, a tilápia do Nilo é geralmente vista como benéfica onde introduzida,

mas seus benefícios sócios - econômicos são usualmente superestimados enquanto os seus impactos ecológicos são geralmente subestimados.

Nos reservatórios do semi-árido do Nordeste brasileiro, a tilápia do Nilo foi introduzida nos anos 70 e foi aparentemente responsável por um aumento na produção pesqueira, representando em média 30% da produção pesqueira total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) registrado em 100 reservatórios públicos na região (Gurgel & Fernando 1994). Porém, os efeitos benéficos da introdução de peixes usualmente ocorrem imediatamente após a introdução, mas não persistem por muito tempo, enquanto que os efeitos danosos ao meio ambiente são freqüentemente mais demorados e podem perdurar para sempre (Allendorf 1991). Dessa forma, nós necessitamos avaliar os custos e benefícios da introdução da tilápia do Nilo em lagos e reservatórios tropicais com uma perspectiva de tempo maior. No entanto, os gestores são freqüentemente defrontados com pressões políticas que visam benefícios de curto prazo à custa da perda da biodiversidade e da qualidade ambiental de um ecossistema, mesmo quando a médio e longo prazo, estes benefícios não são sustentáveis (Philipp 1991).

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar a produção pesqueira total em 100 reservatórios no Nordeste brasileiro e a importância relativa da tilápia do Nilo para a pesca de 1971 a 2000. Nós contrastamos nossos resultados com aqueles de outros autores (Fernando 1991; Gurgel & Fernando 1994) e chegamos a diferentes conclusões destes trabalhos anteriores. Nós então avaliamos os benefícios sócio – econômicos da introdução da tilápia em um reservatório que foi bem monitorado durante três décadas e para o qual temos dados mais detalhados sobre a captura de peixes e a renda dos pescadores. A captura média por unidade de esforço (CPUE), o número de pescadores ativamente pescando, a renda per capita bruta e a renda total bruta por ano, antes e após a introdução da tilápia no reservatório, foram comparados. A comparação das CPUEs de cada espécie de peixe, nestes dois períodos de estudo, foi realizada para avaliar o impacto potencial da introdução da tilápia sobre os estoques de outras espécies de peixe. Outro objetivo do presente estudo foi verificar a percepção dos pescadores com relação aos estoques pesqueiros e à qualidade da água após a introdução da tilápia. Finalmente, a “política” de estocagem de tilápias para aumentar a produção pesqueira nos reservatórios do semi-árido do Brasil é discutida e criticada.

1.4. Material e Métodos

A área individual inundada dos 100 reservatórios públicos monitorados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) varia de 40 a 41.437 ha; porém só três reservatórios são maiores que 10.000 ha e apenas cinco são menores que 100 ha. Os 100 reservatórios são, na grande maioria, rasos com a profundidade média variando entre 1,4 e 28,3 m, sendo que 90% dos mesmos tem uma profundidade média menor que 9,0 m (ver Gurgel & Fernando 1994).

A pesca nestes reservatórios foi controlada e os dados sobre os peixes registrados pelo DNOCS de 1971 a 2000. A tilápia do Nilo foi introduzida nos reservatórios em 1973, mas apareceu nos registros de pesca apenas em 1975. A produção pesqueira total foi estimada dividindo-se o peso total das capturas pela área total inundada dos reservatórios (178.348 ha). A captura por unidade de esforço total (CPUE) e a CPUE de tilápias foram calculadas dividindo-se o peso total das capturas por ano pela soma do número total de pescadores ativamente pescando em cada mês do respectivo ano.

Entre estes reservatórios, nós escolhemos um, onde informações mais detalhadas sobre as capturas e a renda dos pescadores estavam disponíveis para avaliar os benefícios sócio-econômicos e impactos ambientais da introdução da tilápia do Nilo. O reservatório Marechal Dutra (Gargalheiras) está localizado na cidade de Acari na região semi-árida do Nordeste do Brasil nas coordenadas 6° 26'11" S e 36°36'17" W. O reservatório foi construído em 1959 pelo DNOCS e as atividades pesqueiras começaram em 1965. Nós dividimos os registros de pesca do DNOCS referentes ao reservatório Gargalheiras em dois períodos: antes (1971-1976) e após (1977-2000) o estabelecimento da tilápia do Nilo no reservatório. A produção pesqueira total foi estimada dividindo-se o peso total das capturas por ano pela área total inundada do reservatório (340 ha). A captura por unidade de esforço total (CPUE) e a CPUE de tilápias foram calculadas dividindo o peso total das capturas por ano pela média do número de pescadores ativamente pescando em cada mês durante o respectivo ano.

Além disso, os benefícios sócio-econômicos da pesca foram calculados como sendo: a soma das multiplicações da produção de cada espécie de peixe pelo seu respectivo valor de mercado atual. A média da renda per capita bruta foi calculada como a razão entre a renda total bruta e a média do número de pescadores ativamente pescando por mês em cada ano. Um teste-t assumindo variâncias desiguais foi usado

para testar diferenças nas produtividades pesqueiras, CPUEs, renda per capita bruta, número de pescadores e renda total bruta entre os dois períodos de estudo.

Para avaliar a percepção dos pescadores quanto aos efeitos da introdução da tilápia do Nilo sobre a ictiofauna e a qualidade da água do açude, foram realizadas entrevistas com 30 pescadores (10% do total de pescadores registrados na colônia), todos com mais de 20 anos de experiência selecionados a partir da Caderneta de Matrícula (1980) no posto de Operação Marechal Dutra do DNOCS. As entrevistas foram realizadas em janeiro de 2006 com duração de duas semanas. Foram aplicados questionários com questões abertas e fechadas, os quais foram registrados eletronicamente com o auxílio de gravador portátil para não correr o risco de perder informações importantes, resultando em, aproximadamente, 5 h de gravação (Anexo 1).

1.5. Resultados

Com base nos relatórios anuais de estatísticas de pesca fornecidos pelo DNOCS, foi calculada a produção média de peixes durante o período de 1971 a 2000 nos 100 açudes monitorados. A produção pesqueira média dos 100 açudes foi de $69,4 \text{ kg.ha}^{-1}$, com um valor máximo de $109,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ registrado em 1978 e um valor mínimo de $21,1 \text{ kg.ha}^{-1}$ registrado em 1996. A produção anual média da tilápia do Nilo no mesmo período foi de $17,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, representando 25,2% da produção pesqueira média anual dos 100 açudes.

Comparando os valores anuais de produção pesqueira total e de CPUE total, podemos observar um aumento na produção pesqueira e na CPUE atribuído a tilápia do Nilo a partir do final da década de 70 até meados da década de 80 (Figura 1.1). Porém, a partir de meados da década de 80 a produção pesqueira e o número de pescadores em exercício nos açudes passaram a cair abruptamente mantendo os valores de CPUE entre 4.000 e 5.000 $\text{kg.pescador.ano}^{-1}$. A contribuição da tilápia do Nilo nas capturas seguiu o mesmo padrão, mas a queda na produção de tilápias foi mais lenta do que a queda observada na produção pesqueira total (Figura 1.1).

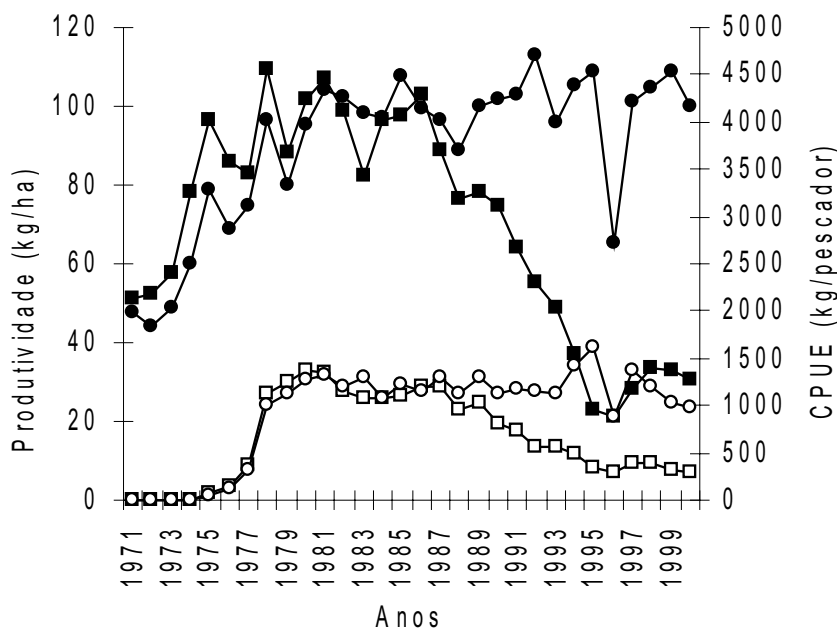


Figura 1.1: Produtividade pesqueira (Kg/ha) e captura por unidade de esforço (CPUE) anual em 100 reservatórios monitorados pelo DNOCS entre o período de 1971 e 2000. Quadrado cheio = produtividade pesqueira total, quadrado vazio = produtividade da tilápia do Nilo, círculo cheio = CPUE total, círculo vazio = CPUE da tilápia do Nilo.

No reservatório Gargalheiras, a tilápia do Nilo começou a aparecer nos registros de pesca em 1976, passando a dominar a produção pesqueira a partir de 1979. Nos anos de 1990 e 1991 a produção pesqueira do reservatório aumentou consideravelmente por conta de um grande aumento na produção de tilápias (Figura 1.2). Entretanto, os resultados do teste t não revelaram diferenças significativas entre os valores médios de produção pesqueira ($t = 1,68$; $P = 0,10$) e CPUE ($t = 1,42$; $P = 0,16$) antes e após o estabelecimento da tilápia do Nilo no reservatório (Figura 1.3).

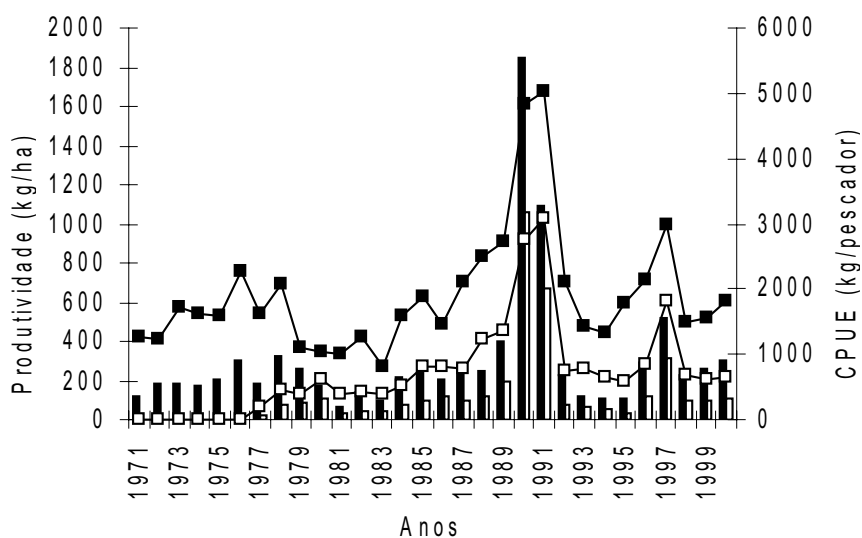


Figura 1.2: Produtividade pesqueira e captura por unidade de esforço (CPUE) anual no reservatório Gargalheiras entre 1971 e 2000. Coluna cheia = produtividade pesqueira total, coluna vazia = produtividade da tilápia do Nilo, quadrado cheio = CPUE total, quadrado vazio = CPUE da tilápia do Nilo.

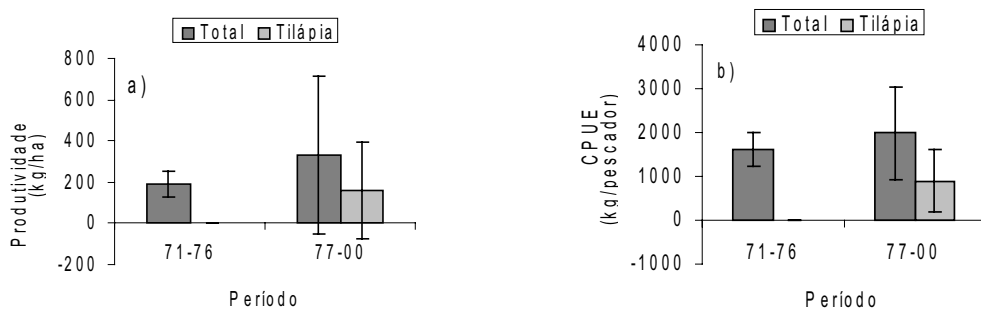


Figura 1.3: Médias da produtividade pesqueira (a) e da CPUE (b) total e de tilápias no reservatório Gargalheiras no período anterior (1971-1976) e posterior (1977-2000) à introdução da tilápia do Nilo no reservatório.

Antes do estabelecimento da tilápia do Nilo, outras espécies introduzidas como a pescada do Piauí, *Plagioscion squamosissimus*, o tucunaré, *Cichla monoculus*, o camarão, *Macrobrachium amazonicum* e o apaiari, *Astronotus ocellatus* já representavam 75% da captura total. Após a introdução da tilápia do Nilo a contribuição

de espécies exóticas aumentou para 96% das capturas totais, sendo os 4% restantes representados por espécies nativas como a curimatã comum, *Prochilodus brevis*, a traíra, *Hoplias malabaricus*, o piauí, *Leporinus sp.* além de outras espécies que aparecem ocasionalmente nas capturas. Após a introdução da tilápia no reservatório, houve uma redução significativa nas capturas de *P. brevis* ($t = 4,08$; $P = 0,006$), *H. malabaricus* ($t = 2,65$; $P = 0,03$) e *Leporinus sp.* ($t = 2,47$; $P = 0,03$) e nas capturas de *P. squamosissimus* ($t = 5,00$; $P < 0,001$) que era a espécie mais abundante (Figura 1.4a) e comercialmente mais importante (Figura 1.4b) nas capturas antes da introdução das tilápias. Após a introdução da tilápia houve um aumento significativo nas capturas de camarão (*M. amazonicum*), mas isto se deve provavelmente a diminuição na abundância de *P. squamosissimus*, já que o camarão é a principal presa da pescada no reservatório Gargalheiras (Figura: 1.4).

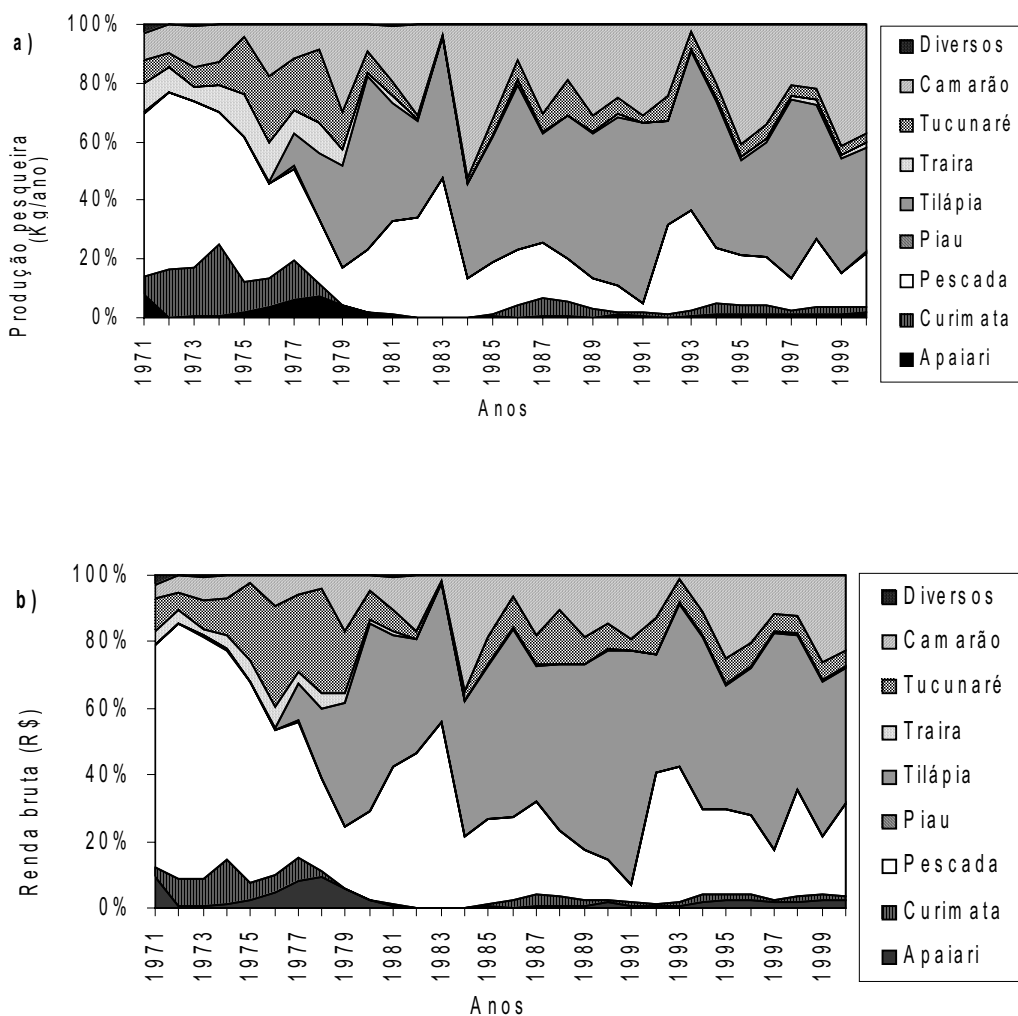


Figura 1.4: Contribuição relativa das diferentes espécies para a produção pesqueira (a) e para a renda total bruta advinda da pesca (b) no reservatório Gargalheiras entre os anos de 1971 e 2000.

É importante enfatizar que a comunidade de pescadores do reservatório Gargalheiras, diferentemente da maioria dos açudes do semi-árido brasileiro, faz o beneficiamento de peixes e de camarão com a produção de filé e de embutido, agregando valor aos mesmos. Esse procedimento tem como consequência um aumento médio no preço do produto “in natura” haja visto o desinteresse por parte dos pescadores em comercializar nessas condições devido à perda de receita decorrente (Tabela 1.1). Em outros açudes do semi-árido brasileiro, que carecem desse processo de beneficiamento, o preço da tilápia “in natura” é inferior a R\$ 3,00/kg. Portanto, para fazer uma avaliação mais representativa do benefício sócio-econômico da pesca em relação aos demais açudes do semi-árido brasileiro, os cálculos realizados no estudo, com dados do açude Gargalheiras, levaram em consideração o valor da tilápia “in natura” e do camarão com casca (Tabela 1.1). Sendo assim, o benefício sócio-econômico atribuído à pesca da tilápia do Nilo no reservatório Gargalheiras deve ser visto como algo superior ao apresentado nos nossos resultados, já que consideramos apenas o valor da tilápia “in natura” sem contabilizar o valor do filé.

Tabela 1.1: Preço dos peixes no açude Gargalheiras – RN.

Espécies	Preços (R\$)/kg
Apaiari	5
Camarão com casca	2
Camarão filé	6
Pescada	5
Tilápia inteira	3,75
Tilápia filé	6
Tucunaré	5
Curimatã	2
Piau	2
Traira	1,75

Câmbio R\$ 2,20 = US\$ 1,00 (17/07/2006)

A comparação dos dois períodos de estudo também não revelou nenhum aumento significativo na renda per capita bruta anual ($t = 0,87$; $P = 0,39$), no número de pescadores em exercício ($t = 1,65$; $P = 0,10$) e na renda bruta total anual ($t = 1,46$; $P = 0,15$) obtida com a pesca (Figura 1.5a,b,c).

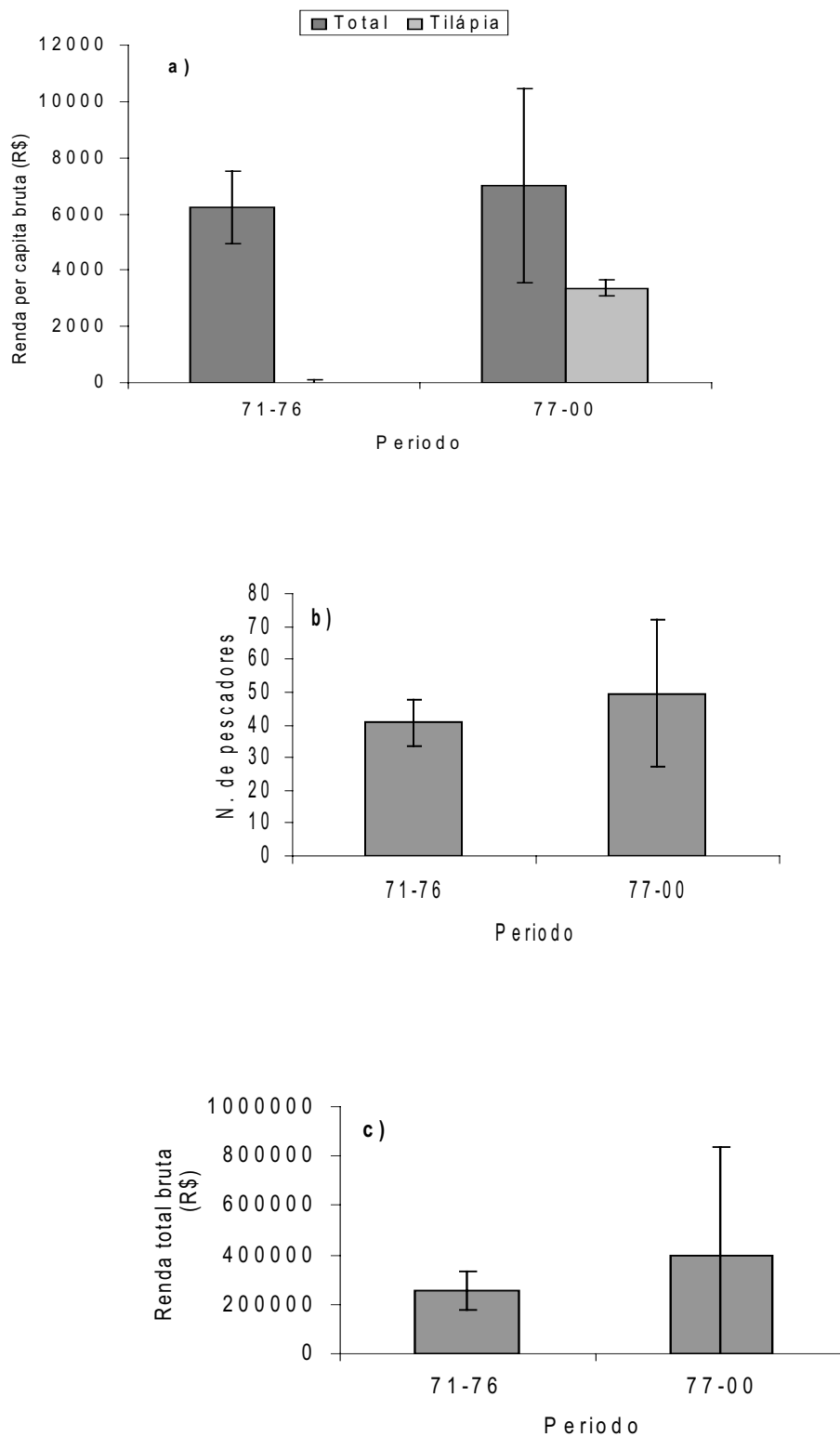


Figura 1.5: Médias e desvio padrão da renda bruta per capita anual (a), do número de pescadores (b) e da renda bruta total anual (c) antes (1971-1976) e após (1977-2000) a introdução da tilápia do Nilo no reservatório.

A grande variabilidade observada na renda per capita bruta anual, no número de pescadores e na renda total bruta anual após a introdução da tilápia no reservatório, deve-se aos picos observados em 1990 e 1991 (Fig.1.6).

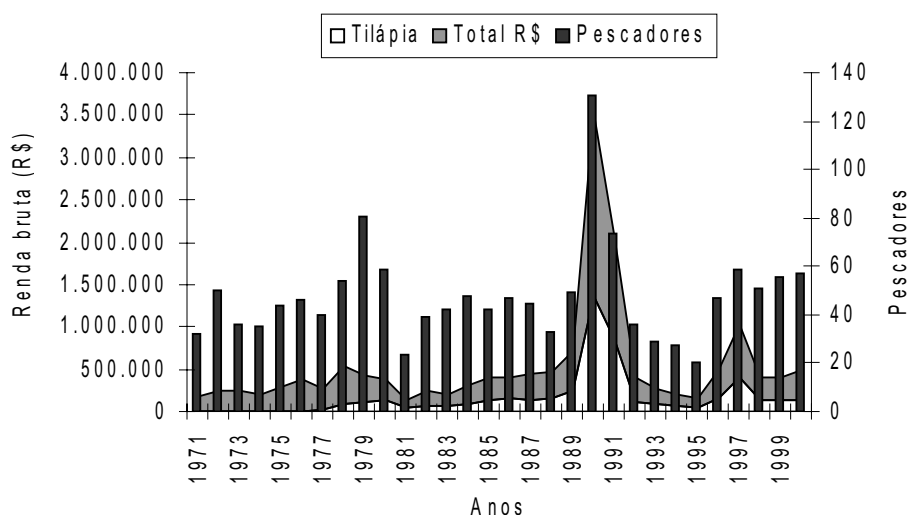


Figura 1.6: Renda bruta total, contribuição da tilápia do Nilo para a renda bruta total e número médio mensal de pescadores no reservatório Gargalheiras entre 1971 e 2000.

Dos 30 pescadores entrevistados, 67% afirmaram que a pesca no reservatório Gargalheiras tem piorado ao longo dos anos devido, principalmente, à pesca predatória. Além da pesca ilegal, o roubo de redes é outro problema que está gerando conflitos entre os pescadores deste reservatório. Todos os pescadores entrevistados falaram que as principais espécies de peixe capturadas atualmente no reservatório são: a pescada, o tucunaré e, principalmente, a tilápia, apesar desta ter começado a aparecer nos estoques pesqueiros algum tempo após as outras. Ainda segundo os mesmos, a pesca mudou com o passar do tempo, já que “antigamente”, as espécies mais importantes eram a pescada e tucunaré, assim como havia também uma maior produção de curimatã, piau, traíra e apaiari mais do que ocorre “atualmente”. Apesar disso, 97% dos entrevistados não relacionam e nem atribuem à tilápia como uma provável causa da redução nas capturas das outras espécies. Do total de pescadores entrevistados, 77% afirmaram que tem ocorrido mudança na qualidade da água ao longo dos anos, porém 60% deles não acreditam que a tilápia possa provocar alterações na qualidade da água dos reservatórios.

1.6. Discussão

A ictiofauna da Caatinga é atualmente composta por 240 espécies sendo 9 espécies introduzidas e 136 espécies consideradas possivelmente endêmicas para a região, mostrando-se bem menos diversificada quando comparada à de outros biomas brasileiros (Rosa et al. 2003). Com o intuito de aumentar a produção pesqueira dos reservatórios desta região o DNOCS vem desenvolvendo, desde a década de 30, um programa de pesca e piscicultura que tem como um dos principais objetivos a estocagem com espécies exóticas (Gurgel & Oliveira 1987). Dentre as espécies introduzidas, a tilápia do Nilo destaca-se por sua abundância nos desembarques pesqueiros dos reservatórios.

Gurgel & Fernando (1994) ao fazerem uma análise da produção pesqueira em 100 reservatórios distribuídos por toda a região semi-árida do Brasil entre 1960-90, concluíram que a introdução da tilápia do Nilo contribuiu para aumentar a produção pesqueira dos açudes. Além disso, esses autores demonstraram que a produção pesqueira dos açudes se manteve elevada desde meados dos anos 70 até meados dos anos 80, embora tenham alertado para o início de uma queda da produção pesqueira a partir do final da década de 80.

Ao darmos continuidade ao estudo dos autores supracitados, observamos que a queda da produção pesqueira a qual eles se referiam progrediu de forma abrupta até o ano 2000 e é possível que tenha continuado até o presente. Este declínio da produção pesqueira observada nos registros de pesca dos açudes pode ter ocorrido por causa de uma redução real dos estoques pesqueiros e também devido à desestruturação do DNOCS que teve início justamente no final da década de 80. Provavelmente esta desestruturação está associada com as crises financeira e fiscal que assolaram o Estado brasileiro nos anos 80, e a política de corte neoliberal dos anos 90, época em que o governo aprofunda a adesão ao Consenso de Washington (Coutinho 2000; Fiori 2001). O DNOCS como outros órgãos públicos foi submetido a seguidos cortes orçamentários prejudicando o custeio dos programas de repovoamento com os alevinos e o monitoramento da pesca em muitos açudes. Isto pode então explicar o declínio da produção pesqueira registrada nos relatórios anuais das estatísticas de pesca do DNOCS.

No entanto, mesmo que a queda observada na produção pesqueira dos açudes possa ter sido causada pela desestruturação do DNOCS, muitos outros fatores podem ter atuado em conjunto ou isoladamente para a queda dos estoques pesqueiros nestes reservatórios. Dentre esses fatores podemos destacar: a poluição, a sobrepesca, a alteração do regime hidrológico, a destruição das matas ciliares e a introdução de espécies exóticas. Esses fatores tem sido apontados como causas do declínio de populações e redução da biodiversidade aquática em todo o mundo (Fernando 1991; Collares-Pereira et al. 2000; Yan et al. 2001; Rosa et al. 2003; Dudgeon et al. 2005). Atualmente, a introdução de espécies exóticas tem sido apontada como a segunda maior causa de perda de biodiversidade global (Drake et al. 1989; Williamson 1996; Neville & Murphy 2001) e existem muitas evidências científicas de que a grande maioria das introduções de peixes exóticos no mundo além de não produzirem benefícios sócio-econômicos duradouros, geraram diversos impactos ambientais (Philippi 1991; Mills et al. 1994; Mack et al. 2000; Yan et al. 2001).

Situação semelhante a esta que ocorreu com a pesca no semi-árido brasileiro, ocorreu também no Sri Lanka. Após a introdução de *Oreochromis mossambicus* em 1952 e *O. niloticus* em 1983, ocorreu um rápido aumento na produção pesqueira, seguido por um decréscimo no fim dos anos 80 e que se estende até meados da década de 90. As principais razões para este declínio é atribuída a questões políticas relacionadas ao suporte financeiro para o desenvolvimento da pesca do Sri Lanka, e devido também à sobrepesca das duas espécies de tilápias citadas anteriormente, que representavam 90% dos desembarques (Amarasinghe & De Silva 2004).

Entretanto, seja devido à redução dos estoques pesqueiros ou pela desestruturação do DNOCS, o fato é que a queda abrupta da produção pesqueira total evidenciada em 100 açudes do semi-árido brasileiro causa preocupação e também levanta dúvidas quanto aos advogados benefícios da introdução da tilápia do Nilo, uma vez que os benefícios da introdução de espécies exóticas como a tilápia geralmente não se sustentam a médio e longo prazo, enquanto que os seus efeitos danosos são mais duradouros e muitas vezes irreversíveis (Philipp 1991).

Existe muita controvérsia quanto aos impactos ambientais da introdução das tilápias em ecossistemas aquáticos. As tilápias do gênero *Oreochromis* têm causado muita preocupação no Lago Nicarágua e na Austrália devido à sua alta capacidade adaptativa e por estarem relacionadas ao declínio de espécies nativas (Arthington 1991;

McKaye et al. 1995). Por outro lado, na Ásia, no Pacífico e no semi-árido brasileiro a tilápia têm sido apontada como a responsável por uma melhoria da pesca, sem causar prejuízos a outras espécies, e por isso tem sido vista como uma espécie benéfica (Welcomme 1988; Fernando 1991; Gurgel & Fernando 1994; Dudgeon 2003; De Silva et al. 2004).

Allendorf (1991) ao fazer uma síntese dos trabalhos apresentados em um simpósio sobre os efeitos ecológicos e genéticos da introdução de peixes em todo o mundo argumenta que as avaliações que têm sido feitas freqüentemente ignoram os possíveis efeitos das introduções sobre a biota nativa. De fato, tanto no semi-árido brasileiro quanto na maioria dos países da Ásia e Pacífico, onde a introdução de tilápias tem sido considerada como um sucesso, o critério de avaliação utilizado é apenas o aumento da contribuição de tilápias para a produção pesqueira total, enquanto poucos estudos tem sido focados sobre os efeitos da tilápia sobre a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (ver Gurgel & Fernando 1994; Dudgeon 2003; De Silva et al. 2004).

Tendo em vista estes problemas, no presente estudo nós tentamos avaliar os impactos sócio-econômicos e ecológicos da introdução da tilápia do Nilo no açude Gargalheiras, de onde dispúnhamos de dados mais completos e confiáveis. Os resultados da produção pesqueira no reservatório Gargalheiras mostraram que não houve aumento na produtividade pesqueira ou na CPUE após a introdução da tilápia. O que ocorreu foi uma substituição da pescada, que era a espécie mais abundante e comercialmente mais importante, pela tilápia do Nilo. E esse aumento da produção de tilápias também culminou na redução das capturas das espécies nativas.

Aproximadamente três décadas após a sua introdução no reservatório Gargalheiras, a tilápia do Nilo representa em média cerca de 50% da produção pesqueira anual total. Além da onivoria, da alta eficiência reprodutiva, do cuidado parental e da resistência à grande variabilidade ambiental (Lowe-McConnell 2000), o sucesso da tilápia nos açudes do semi-árido brasileiro deve-se também ao maior esforço das estações de piscicultura do DNOCS em difundir esta espécie nos seus programas de repovoamento (peixamento). Esse esforço em produzir tilápia se deve não só a boa aceitabilidade desta espécie no mercado consumidor, mas também a maior facilidade e eficiência em produzir alevinos de tilápia nas estações de piscicultura quando comparados com alevinos de outras espécies. Silva (2003) mostra que a tilápia do Nilo

representou 66% do número total de alevinos estocados em 336 açudes públicos no estado do Rio Grande do Norte entre o período de 1997 e 2002. Além do mais, espécies exóticas são geralmente melhor sucedidas em ambientes que já são modificados ou degradados por outras atividades antrópicas (Bunn & Arthington, 2002; Koehn, 2004; Dudgeon et al., 2005). Por isso, as alterações do regime hidrológico advindas da construção dos açudes, aliada à eutrofização e poluição desses ambientes podem contribuir para favorecer a dominância da tilápia do Nilo nos açudes em detrimento das outras espécies de peixe.

Em outro estudo nós observamos que a tilápia do Nilo tem a capacidade de predação grandes cladóceros (Okun et al. 2006) e como a maioria das espécies de peixe se alimenta basicamente de zooplâncton durante os estágios juvenis, é possível que a tilápia esteja interferindo no recrutamento das espécies nativas e da exótica *P. squamosissimus*, no reservatório Gargalheiras, através da competição por zooplâncton com os alevinos das outras espécies. Aliado à competição pelo zooplâncton, outro fator que pode ser decisivo para a redução das espécies que se orientam visualmente para a captura de suas presas é a redução da transparência da água causada pela tilápia do Nilo (Okun et al. 2006). Evidências científicas em outras partes do mundo têm demonstrado também esse efeito da redução da transparência da água sobre a produção de espécies predadoras que se orientam visualmente (Blindow 1993; Scheffer 1998).

A redução dos estoques das espécies nativas após a introdução da tilápia, pode também ser devido à competição destas espécies com a tilápia por locais de desova. Ao contrário da tilápia, a maioria das espécies nativas não defende território e não dispensa cuidados parentais com a prole (Dourado 1981), podendo, dessa forma, levar desvantagem nas relações de competição por espaço com a tilápia. Essa vulnerabilidade das espécies nativas à competição por alimento e espaço com espécies exóticas também foi registrado por Collares - Pereira et al. (2000) na Bacia do Rio Guadiana em Portugal.

Outro fator que pode vir a atuar junto às relações de competição e alteração na transparência da água, promovida pela tilápia, para redução das capturas das espécies nativas é a própria barragem do reservatório Gargalheiras. A barragem do reservatório Gargalheiras, que também lhe serve de vertedouro, funciona como um verdadeiro “bloqueio ecológico” para as espécies nativas migradoras. Possuindo uma altura máxima e de sangria de 25m, a barragem também é desprovida de escadas de peixes ou

qualquer outro meio que permita a migração das espécies nativas de jusante para montante durante o processo de piracema.

Com relação aos impactos sócio-econômicos, nossos resultados sugerem que a introdução da tilápia não trouxe benefícios econômicos para as comunidades de pescadores. Apesar de não ter ocorrido aumento significativo na renda per capita bruta dos pescadores, a introdução da tilápia do Nilo poderia ter resultado num aumento do número de pescadores, o que caracterizaria um efeito sócio-econômico positivo. Porém, também não houve diferenças significativas no número de pescadores entre os dois períodos de estudo. Outra evidência de que não houve melhoria para a qualidade de vida dos pescadores em termos sócio-econômicos, é a indiferença obtida na renda bruta total advinda da pesca comparando-se os períodos antes e após a introdução da tilápia.

Embora não tenhamos observado nenhum benefício sócio-econômico após a introdução da tilápia não sabemos se a pesca no reservatório Gargalheiras teria sido pior ao longo desses anos sem a contribuição das tilápias. No entanto, o presente estudo vem acrescentar às evidências científicas já existentes de que a maioria das introduções de peixes não tem sido bem sucedida e que as mesmas não têm atingido seus objetivos (Allendorf 1991). Embora nossos resultados sejam baseados em um estudo de caso, é bem provável que os impactos da introdução da tilápia não sejam muito diferentes nos demais reservatórios do nordeste brasileiro, uma vez que o reservatório Gargalheiras destaca-se por ser um dos mais produtivos da região (ver Gurgel & Fernando 1994; Fonteles-Filho & Alves 1995).

Além dos possíveis impactos da tilápia sobre outras espécies de peixe, o aumento da turbidez e redução da transparência da água promovido por esta espécie exótica (Okun et al. 2006) podem resultar em perdas econômicas com o aumento dos custos de tratamento da água que é captada e destinada ao abastecimento público. Tal situação é preocupante, pois colocam em conflito dois importantes usos dos reservatórios do semi-árido: aqueles destinados para fins de pesca e aquicultura, e o uso primordial para a região, que é o abastecimento público. Em um dos poucos estudos existente sobre os efeitos de tilápias em reservatórios brasileiros, Starling e Lazzaro (1997) mostraram que altas densidades de *Tilapia rendalli* no Lago Paranoá provocaram um aumento considerável na biomassa fitoplanctônica e na abundância relativa de algas cianofíceas além de uma redução na transparência da água, causando efeitos negativos sobre a qualidade da água deste reservatório. Starling et al. (2002) ainda reportam que a

qualidade da água do Lago Paranoá melhorou após a remoção de 150 toneladas de tilápias do reservatório devido à redução do aporte interno de fósforo com a redução do estoque de tilápias. Nos açudes de Pernambuco, Lazzaro et al. (2003) demonstram que a abundância relativa de peixes onívoros, incluindo tilápias, esteve positivamente correlacionada com a biomassa fitoplanctônica e a proporção de cianobactérias. Portanto, é possível que a introdução da tilápia do Nilo nos açudes nordestinos tenham causado prejuízos para a qualidade da água dos açudes, encarecendo o custo de tratamento da água e comprometendo o uso dos açudes para fins de abastecimento público.

Os nossos resultados fornecem bases científicas para o direcionamento de políticas relacionadas à gestão dos reservatórios do semi-árido brasileiro. Segundo Tundisi & Tundisi (2003), os problemas que devem ser abordados e discutidos entre cientistas e gestores sobre o melhor aproveitamento dos usos múltiplos dos reservatórios podem ser divididos em três grupos principais: i) processos de eutrofização e suas características, e controle de qualidade da água; ii) impactos da pesca, aquicultura e introdução de espécies exóticas sobre a biota e a qualidade da água; iii) uso sustentável de reservatórios e otimização dos seus usos múltiplos. São necessários mais estudos em outros reservatórios do semi-árido que dêem continuidade ao nosso para verificar de forma objetiva se a introdução da tilápia trouxe realmente algum benefício sócio-econômico e se esta espécie exótica causou impactos ambientais adversos, principalmente sobre as espécies nativas e a qualidade da água dos reservatórios. Só então poderíamos inferir a generalidade dos nossos resultados e avaliar se os programas de estocagem dos açudes com a tilápia do Nilo valem realmente a pena.

Embora não tenhamos observado nenhuma mudança significativa na produção pesqueira total do açude Gargalheiras, todos os pescadores entrevistados denunciam que a produção pesqueira tem reduzido e que “*é a pesca predatória que tá acabando com o nosso peixe*”. Segundo os pescadores mais experientes a pesca ilegal é comumente praticada por pescadores mais jovens que além da utilização de redes com malhas inferiores ao permitido, também praticam a “*pesca do rela ou buia*”, que consiste num cerco de redes tapando algum trecho do reservatório, seguido por batidas consecutivas na água com pedaços de madeira, assustando os peixes que tentam fugir e acabam presos na rede.

Este tipo de pesca é ilegal, mas é praticada durante todo o ano no reservatório Gargalheiras, inclusive no período de desova das espécies nativas migradoras, época em que a pesca é proibida e os pescadores recebem auxílio do governo federal para não exercerem a atividade. Isto se deve, em parte, porque a ova da curimatã, *Prochilodus brevis*, é muito apreciada na região e pela incapacidade do IBAMA em fiscalizar todos os corpos aquáticos da região devido ao reduzido número de funcionários. Este tipo de pesca ilegal também foi observado por Thé (1999) ao fazer um estudo com pescadores da represa Três Marias (MG).

Para os pescadores do reservatório Gargalheiras a espécie mais importante para os que vivem da pesca, é a tilápia do Nilo, devido a sua elevada produção e por ser uma espécie apreciada pela população, sendo por isso uma importante fonte de renda. O sucesso da tilápia, de acordo com os pescadores, é devido à sua alta capacidade reprodutiva, pois a tilápia “é um peixe que desova muito” e “que dá todo o tempo”, é esta espécie “quem dá o sustento pra quem vive pescando”. Este resultado era esperado uma vez que a tilápia representa em torno de 50% da produção pesqueira, como mostrado anteriormente.

Os relatos dos pescadores sobre a pescada como sendo a espécie dominante “antigamente” assim como a redução nas capturas de curimatã, piau e traíra, “atualmente”, revelam a coerência da percepção destes pescadores com relação aos estoques pesqueiros. Porém, estas mudanças nos estoques pesqueiros do reservatório Gargalheiras não são relacionadas e nem atribuídas à tilápia pelo fato de que, para os pescadores, uma determinada espécie de peixe só pode afetar outra, através de uma relação direta de predação. O reconhecimento dos pescadores de categorias comportamentais, tais como “peixe bravo ou devorador” e “peixe manso ou parado”, estão relacionados ao comportamento alimentar das espécies. A tilápia, segundo os pescadores, não prejudica outras espécies porque “ela é um peixe manso”, “ela é um peixe de comer mato, capim, esses troços d’água” (onivoria), já o tucunaré não, “ele é um devorador, ele come todos os peixes, come até o próprio filhote” (piscivoria). Muitos estudos etnoictiológicos compartilham este tipo de relação sobre a ecologia trófica dos peixes (Marques, 1995; Thé, 1999; Mourão & Nordi, 2003).

Com relação aos efeitos da tilápia sobre a qualidade da água do reservatório Gargalheiras, a maioria dos pescadores não acredita que a tilápia seja capaz de promover tais mudanças de águas mais claras para águas mais turvas, assim como

demonstrado experimentalmente por Okun et al. (2006). Para os pescadores as forças determinantes para as mudanças na qualidade da água são fatores abióticos como as chuvas, renovação da água e a poluição. A qualidade da água “*piora porque o açude não sangra*”, e devido “*a água não tá renovando*”, à medida que o reservatório vai “*secando aí engrossa a água*”, ou ainda, “*eu acho que é por conta da poluição*”. Comumente os pescadores utilizavam as expressões “*a água fica mais grossa*” ou então “*porque o açude seca, aí a água cria uma ova, cria um lodo*” que corresponde ao aumento de material em suspensão na água, e no caso específico do reservatório Gargalheiras, principalmente, as constantes florações de cianobactérias potencialmente tóxicas (Costa et al.2006) devido ao elevado estado trófico deste reservatório (Rocha et al. 2006). De fato, Bouvy et al. (2003) ao fazerem um estudo das características limnológicas em um reservatório do nordeste brasileiro durante dois anos, observaram dois períodos distintos: período 1, caracterizado pela redução no volume hídrico do reservatório e aumento de clorofila *a*, representada principalmente por cianobactérias; e o período 2, com chuvas pronunciadas, aumento do volume armazenado no reservatório, ocasionando a diluição da comunidade fitoplanctônica, diminuindo as concentrações de clorofila *a*, material particulado e nutrientes. Esta sobreposição dos conhecimentos científicos e o “conhecimento ecológico tradicional” refletem os aspectos cognitivos dos pescadores do reservatório Gargalheiras com o ambiente no qual está inserido.

1.7. Conclusões

Os argumentos em favor da introdução de peixes, especialmente tilápias, no nordeste brasileiro têm sido baseado na demanda por proteína animal de baixo custo e nos benefícios sócio-econômicos advindos da pesca desta espécie alóctone. Neste trabalho nós fizemos uma avaliação dos impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo em um açude público do semi-árido brasileiro. Com os resultados aqui apresentados “desmistifica-se” a idéia de que a tilápia do Nilo aumenta a produção pesqueira, gera emprego e renda, sem causar danos às espécies nativas do semi-árido brasileiro. Os resultados sugerem que os programas de peixamento dos açudes nordestinos com a tilápia do Nilo não devem ter contribuído para uma melhoria significativa das condições sócio-econômicas das famílias que vivem no entorno dos açudes e sobrevivem da pesca. Além do mais, nossos resultados mostram que a

introdução da tilápia do Nilo pode ter contribuído para o declínio das espécies nativas e de outra espécie exótica de grande importância econômica na região, a pescada *P. squamosissimus*. Muito embora não possamos descartar outros fatores como possíveis causas para as mudanças observadas nos estoques pesqueiros do reservatório Gargalheiras, nós temos argumentos convincentes de que estas mudanças tem sido causadas, pelo menos parcialmente, pela introdução da tilápia do Nilo. Apesar disso a tilápia do Nilo é considerada pelos pescadores como uma espécie muito importante para a pesca uma vez que a mesma passou a ser a espécie dominante e atualmente sustenta grande parte da pesca no açude Gargalheiras. Embora a tilápia do Nilo possa ter atualmente importância para as comunidades de pescadores, os alegados benefícios sócio-econômicos usados para justificar as políticas de peixamento com esta espécie exótica tem sido superestimados enquanto que os impactos ambientais são subestimados.

1.8. Referências Bibliográficas

- Allendorf, F. W. (1991) Ecological and Genetic Effects of Fish introductions: Synthesis and Recommendations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48** (Suppl.1): 178-181.
- Amarasinghe, U. S. & De Silva, S. S. (1999) Sri Lanka reservoir fishery: a case for introduction of a co-management strategy. *Fisheries Management and Ecology*. **6**: 387-399.
- Arthington, A. H. (1991) Ecological and Genetic Impacts of introduced and Translocated Freshwater Fishes in Austrália. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48** (Suppl.1): 33-43.
- Blindow, I.; Andersson, G.; Hargeby, A. & Johansson, S. (1993) Long-term pattern of alternative stable states in two shallow eutrophic lakes. *Freshwater Biology*. **30**: 159-167.
- Bouvy, M.; Nascimento, S. M.; Molica, R. J. R.; Ferreira, A.; Huszar, V. & Azevedo, S. M. F. O. (2003) Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia*. **493**: 115-130.

- Bunn, S. E. & Arthington, A. H. (2002) Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* **30**: 492-507.
- Collares-Pereira, M. J.; Cowx, I. G.; Ribeiro, F.; Rodrigues, J. A. & Rogado, L. (2000) Threats imposed by water resource development schemes on the conservation of endangered fish species in the Guadiana River Basin in Portugal. *Fisheries Management and Ecology*. **7**: 167-178.
- Costa, I. A. S.; Santos, A. P.; Mendonça, J. M. S.; Kujibida, P. Anjos, F. M. & Pinto, E. (2006) Incidência de hepatotoxinas em reservatórios de abastecimento humano no semi-árido potiguar (RN, Brasil). In: IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. São Pedro-SP, Brasil. p. 54.
- Coutinho, L. (2000) Overcoming crises resulting from adherence to the Washington Consensus: lessons from the Republic of Korea and Brazil. UNESCO.
- Cowx, I. G. ; Van Der Knaap, M.; Muiiozi, L. I. & Othina, A. (2003) Improving fishery match statistics for Lake Victoria. *J. Ecosys. Health Mgmt* **6**: 299-310.
- De Silva, S. S.; Subasinghe, R. P.; Bartley, D. M. and Lowther, A. 2004. Tilapias as Alien Aquatics in Asia and the Pacific: a Review. FAO Fisheries Technical Paper 453. Disponível em: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5728e/y5728e00.htm.
- Dourado, O. F. (1981) Principais peixes e crustáceos dos açudes controlados pelo DNOCS. Fortaleza, Convênio SUDENE/DNOCS. 40 p.
- Drake, J.A.; Money, H. A.; Castri, F. di.; Groves, R. H.; Kruger, F. J.; Rejmanek, M. & Williamson, M. (1989) Biological invasions, a global perspective. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Dudgeon, D. (2003) The contribution of scientific information to the conservation and management of freshwater biodiversity in tropical Asia. *Hydrobiologia*. **500**: 295-314.
- Dudgeon, D.; Arthington, A. H.; Gessner, M. O.; Kawabata, Z.; Knowler, D. J.; Lévêque, C.; Naiman, R. J.; Prieur-Richard, A.; Soto, D.; Stiassny, M. L. J. & Sullivan, C. A. (2005) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Freshwater biodiversity*. 1-20. doi: 10.1017/S1464793105006950.

- Fernando, C.H. (1991) Impacts of fish introductions in tropical Ásia and América. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48** (Suppl.1): 24-32.
- Fiori, J. L. (2001) O cosmopolitismo de cócoras. *Educação & Sociedade*, ano XXII, n. 77.
- Fonteles-Filho, A. A. & Alves, A. L. (1995) Produção pesqueira e produtividade biológica em açudes públicos do nordeste do Brasil. *B. Inst. Pesca, São Paulo*. **22** (2): 1-14.
- Gurgel, J. J. S. & Oliveira, A. G. (1987) Efeitos da introdução de peixes e crustáceos no Semi-árido do Nordeste brasileiro. *Mossoró: Col. Mossoroense*, n.453, p. 1-32.
- Gurgel, J. J. S. & Fernando, C. H. (1994) Fisheries in semi-arid Northeast Brazil with special reference on the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* **79** (1), 77-94.
- Koehn, J. D. (2004) Carp (*Cyprinus carpio*) as a powerful invader in Australian waterways. *Freshwater Biology*. **49**: 882-894.
- Lazzaro, X., Bouvy, M., Ribeiro-Filho, R.A., Oliveira, V.S., Sales, L.T., Vasconcelos, A.R.M. & Mata, M.R. (2003). Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs. *Freshwater Biology*. **48**: 649-668.
- Lowe-McConneell, R. H. (2000) The roles of tilapias in ecosystems. In: Beveridge, M. C. M. & McAndrew, B. J. (eds). *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers. Printed in Great Britain. 129-162.
- Mack, R. N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W. M.; Evans, H.; Clout, M. & Bazzaz, F. A. (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*. **10** (3): 689-710.
- Marques, J. G. W. (1995) Pescando Pescadores. *Etnoecologia Abrangente no Baixo São Francisco*. São Paulo: NUPAUB/USP, SP. 304p.
- McKaye, K. R.; Ryan, J. D.; Stauffer Jr.; J. R.; Perez, L. J. L.; Vega, G. I. & Berghe, E. P. (1995) African Tilapia in Lake Nicaragua. *Ecosystem in transition*. *BioScience*. **45** (6): 406-411.
- Mills, E. L.; Leach, J. H.; Carlton, J. T. & Secor, L. (1994) Exotic species and the integrity of the Great Lakes. *Lessons from the past*. *BioScience*. **44** (10): 666-676.
- Mourão, J. da S. & Nordi, N. (2003) Etnoictiologia de pescadores artesanais do estuário do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *B. Inst. Pesca, São Paulo*, **29** (1): 9 – 17.

- Nevile, L. E. & Murphy, S. (2001) Invasive alien species: Forging cooperation to address a borderless issue. International Association for Ecology (INTECOL) Newsletter Spring/Summer 2001:3-7.
- Okun, N., Dias, J. B., Attayde, J. L., Costa, I. A. S. A onivoria impede cascatas tróficas em teias alimentares pelágicas?. In: Dias, J. B. Impactos sócio-econômicos e ambientais da introdução da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em açudes públicos do semi-árido nordestino, Brasil (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Norte). 69p.
- Philipp, D. P. (1991) Genetic implications of stocking Florida largemouth bass, *Micropterus salmoides floridanus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. **48** (Suppl. 1): 58-65.
- Rocha, E. S. (2006) Sustentabilidade ambiental do cultivo intensivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques-redes e a capacidade de suporte de quatro reservatórios em uma região semi-árida. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Norte). 40p.
- Rosa, R. S.; Menezes, N. A.; Britski, H. A. Costa, W. J. E. M. & Groth, F. (2003) Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: Leal, I. R.; Tabarelli, M. & Silva, J. M. C. Recife: Ed. Universitária da UFPE. 822p.
- Scheffer, M. (1998) Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.
- Silva, M. F. M. (2003) Contribuição da estação de piscicultura Estevão de Oliveira Caicó – RN à sustentabilidade sócio-econômica do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró, UERN. (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte). 160p.
- Starling, F. & Lazzaro, X. (1997). Experimental investigation of the feasibility of improving water quality by controlling exotic planktivore overpopulation in eutrophic Paranoá Reservoir (Brasília – DF, Brazil). Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. **26**:789-794.

- Starling, F., Lazzaro, X., Cavalcanti., C. & Moreira, R.(2002). Contribution of omnivorous tilápia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. *Freshwater Biology*. **47**: 2443-2452.
- Thé, A. P. G. (1999) Etnoecologia e produção pesqueira dos pescadores da represa de Três Marias, MG. São Carlos, UFSCar. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos). 84p.
- Tundisi, J. G. & Matsumura-Tundisi, T. 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and Brazilian case studies. *Hydrobiologia* **500**: 231-242.
- Welcomme, R. L. (1988) International introductions of inland aquatic species. FAO Fisheries Technical Paper 294, FAO, Rome, Italy. 318 p.
- Williamson, M. (1996) *Biological Invasions*. Chapman & Hall, London, UK.
- Yan, X.; Zhenyu, L.; Gregg, W. P. & Dianmo, L. (2001) Invasive species in China – an overview. *Biodiversity and Conservation*. **10**: 1317 – 1341.

Manuscrito II – A onivoria impede a ocorrência de cascatas tróficas em teias alimentares pelágicas tropicais?

Jandeson B. Dias, Nils Okun, José Luiz Attayde, Ivaneide A. S. Costa

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia, Natal, Brasil

2.1. Resumo

Onivoria é considerado um fator importante para limitar cascatas tróficas em teias alimentares. Cascatas tróficas fortes têm sido bem documentadas em teias alimentares pelágicas de lagos temperados, mas é uma questão controversa se cascatas tróficas fortes são esperadas em teias alimentares pelágicas de lagos tropicais onde peixes onívoros filtradores são espécies chaves. Para medir os efeitos de peixes onívoros filtradores sobre as comunidades planctônicas e a transparência da água de um pequeno lago artificial, nós realizamos um experimento *in situ* com mesocosmos onde cinco densidades da tilápia onívora foram aleatoriamente distribuídas em vinte mesocosmos. A biomassa zooplânctônica e fitoplânctônica, assim como a transparência da água, foram monitoradas semanalmente desde o primeiro dia de experimento. Os resultados mostram que a onívora tilápia diminuiu significativamente a abundância de grandes cladóceros, aumentou a abundância de algas pequenas ($GALD < 50\mu m$) e diminuiu a transparência da água como predito pela teoria de cascata trófica. De fato, a onivoria não foi um fator suficiente para impedir uma cascata trófica nestas comunidades pelágicas, muito embora o efeito cascata não tenha sido amplo o suficiente para afetar a biomassa total do zooplâncton e do fitoplâncton.

Palavras-chave: cascata trófica, efeitos diretos e indiretos, onivoria, heterogeneidade de presas, lagos tropicais.

2.2. Abstract

Omnivory is considered an important factor to limit trophic cascades in food webs. Strong trophic cascades have been well documented in pelagic food webs of temperate lakes but it is a contentious issue whether similar strong cascades are to be expected in the pelagic food webs of tropical lakes where omnivorous filter-feeding fish are keystone species. To measure the effects of omnivorous fish on planktonic communities and water transparency of a small man-made tropical lake, we performed a 5-week in situ enclosure experiment where five densities of omnivorous tilapia were randomly allocated to 20 enclosures. Zooplankton and phytoplankton biomass as well as water transparency were measured weekly since the start of the experiment. Results show that omnivorous tilapia significantly decreased the abundance of large cladocerans, increased the abundance of small algae (GALD < 50 μ m) and decreased water transparency as predicted by trophic cascade theory. Therefore, omnivory was not a sufficient factor to prevent a trophic cascade in this pelagic community, even though the cascading effect was not widespread enough to affect the total biomass of zooplankton and phytoplankton.

keywords: trophic cascade, direct and indirect effects, omnivory, prey heterogeneity, tropical lakes.

2.3. Introdução

Estudos de teias alimentares em lagos temperados têm demonstrado um forte efeito de peixes predadores de topo sobre a abundância, composição de espécies e estrutura de tamanho das comunidades planctônicas (Carpenter & Kitchell 1993). Vários estudos têm documentado exemplos de interações tróficas em cascata onde um aumento na abundância de peixes planctívoros leva a uma redução na abundância do zooplâncton herbívoro e, conseqüentemente, a um aumento na biomassa e produção primária do fitoplâncton. No entanto, tais cascatas tróficas nem sempre são evidenciadas em lagos e tem sido sugerido que fatores complicadores da dinâmica das teias alimentares tais como a onívoros, ou a capacidade de um consumidor se alimentar em mais de um nível trófico, podem impedir que cascatas tróficas ocorram (Polis & Strong 1996, Pace et al. 1999).

A onivoria dos consumidores pode exercer um tipo de regulação nas teias alimentares que não é predita pela teoria de cascatas tróficas devido a complexos efeitos indiretos envolvidos nas interações onívoras tais como predação intraguilda, competição aparente e mutualismo trófico (Diehl 1995, Mylius et al. 2001, Vanni et al. 2005). Em lagos e reservatórios tropicais, peixes onívoros são bem sucedidos, devido a sua plasticidade alimentar em explorar recursos em muitos níveis tróficos (Lowe-McConnel 2000). Nestes sistemas aquáticos, o zooplâncton não parece capaz de controlar a biomassa fitoplanctônica como predito pela teoria de cadeias alimentares, um papel que pode ser desempenhado principalmente por peixes onívoros filtradores via efeitos diretos e indiretos da sua alimentação (Lazzaro 1987, Komárková 1998, Turker et al. 2003).

Muitos peixes onívoros são comercialmente importantes, tanto para a pesca esportiva quanto para a piscicultura, e eles têm sido amplamente introduzidos em sistemas aquáticos tropicais (Fernando 1991). Recentemente tem aumentado as evidências de que a introdução de peixes exóticos podem modificar dramaticamente a estrutura das comunidades e os processos ecossistêmicos através da predação, competição, transmissão de doenças e alterações na qualidade do hábitat (Arthington 1991, Baltz 1991, Crossman 1991, Fernando 1991, Ogutu-Ohwayo & Hecky 1991).

No nordeste brasileiro, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus), é atualmente a espécie mais abundante nos lagos e reservatórios (Gurgel & Fernando 1994). Esta espécie de tilápia é um peixe onívoro filtrador, originário da África, que consome basicamente zooplâncton, fitoplâncton e detritos em suspensão (Drenner et al. 1998, Starling et al. 2002, Lazzaro et al. 2003). Dessa forma, a tilápia pode mudar a biomassa e composição do zooplâncton por ambos, predação e competição pelo fitoplâncton e detritos, e pode também afetar o fitoplâncton indiretamente pela captura do zooplâncton e diretamente via ingestão de algas (Datta & Jana 1998, Turker et al. 2003). Porém, apesar da tilápia ter sido estocada nos sistemas aquáticos do Brasil por mais de três décadas, os impactos ecológicos desta espécie exótica nos ecossistemas aquáticos permanecem desconhecidos. Estudos recentes têm mostrado que altos estoques de tilápia podem contribuir para a eutrofização de reservatórios por acelerar a ciclagem interna de nutrientes (Starling et al. 2002, Lazzaro et al. 2003, Figueredo & Giani 2005), mas o papel da tilápia na rede alimentar pelágica de lagos e reservatórios precisa ser mais investigado.

O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que peixes onívoros filtradores como a tilápia do Nilo reduzem a densidade do zooplâncton e aumentam indiretamente a biomassa de algas menores e do fitoplâncton total. Além disso, nós analisamos a importância da heterogeneidade dentro dos níveis tróficos para o impacto dos consumidores sobre as comunidades de presas. Para testar a hipótese, um experimento de campo em mesocosmos foi realizado manipulando-se a densidade de tilápias estocadas e monitorando-se os efeitos sobre as comunidades zooplânctônica e fitoplânctônica e sobre a transparência da água em um reservatório na região semi-árida do nordeste do Brasil.

2.4. Material e Métodos

2.4.1. Desenho experimental

O experimento foi realizado entre junho e julho de 2004 em 20 mesocosmos de aproximadamente 10m³ em um pequeno açude (1 ha), raso e mesotrófico, da Estação Ecológica do Seridó, localizado no município de Serra Negra, Rio Grande do Norte, no semi-árido brasileiro. Os mesocosmos foram construídos com uma armação de ferro presa a quatro flutuadores de isopor e revestidos com plástico de polietileno transparente (espessura: 0,45 µm), sendo completamente isolado do ambiente aquático adjacente, mas abertos para a atmosfera e para o sedimento. Os mesocosmos foram colocados lado a lado ao longo da margem do açude a uma profundidade de 2,00 – 2,20 m. O desenho experimental consistiu em cinco tratamentos replicados quatro vezes e aleatoriamente distribuídos nos 20 mesocosmos contendo a água e a comunidade planctônica natural do açude. Os cinco tratamentos representaram um gradiente de densidade de tilápias com 0, 2, 4, 6 e 8 peixes/mesocosmo ou, respectivamente 0,00, 0,28, 0,56, 0,84 e 1,13 peixe/m³. Os peixes estocados tinham um comprimento médio de 15 cm.

2.4.2. Coletas e análises laboratoriais

A duração do experimento foi de 5 semanas e as coletas foram realizadas semanalmente desde o primeiro dia de experimento. O fitoplâncton foi coletado apenas na primeira, terceira e quinta semana. As amostras foram coletadas com um tubo de PVC (com capacidade para 15 litros) em três diferentes pontos de cada mesocosmo e

agrupadas em uma única amostra de aproximadamente 45 litros representativa do respectivo mesocosmo. Dessa amostra integrada foram retirados 100 mL de água para análise de clorofila *a* e 100 mL para estimar a biomassa do fitoplâncton através da contagem de células e cálculo de biovolume. O volume restante da amostra foi filtrado por uma rede de 65µm de abertura de malha para a concentração de organismos para análise do zooplâncton. A concentração de clorofila *a* foi determinada em fluorímetro após a filtração do material particulado em filtros GF/C e extração de clorofila em etanol à temperatura ambiente por 20 horas (Jespersen & Christoffersen 1987). As amostras de fitoplâncton e zooplâncton foram preservadas com solução Lugol para posterior identificação e contagem de organismos em microscópio invertido. O peso úmido do zooplâncton foi calculado pela regressão comprimento-peso (Mehner et al. 1995). O zooplâncton foi então agrupado em: pequenos (principalmente *Bosmina* e *Ceriodaphnia*) e grandes cladóceros (principalmente *Daphnia* e *Diaphanosoma*), copépodos (calanóides e ciclopóides) e rotíferos. O volume celular do fitoplâncton foi estimado usando aproximações de formas geométricas sólidas similares. As algas foram classificadas dentro de dois grupos de tamanho com base na dimensão de seu maior eixo linear (GALD): pequenas (GALD < 50µm) e grandes algas (GALD > 50µm). A transparência da água foi medida com um disco de Secchi e os parâmetros físico-químicos da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez foram medidos com o auxílio de um analisador multiparâmetro da HORIBA.

2.4.3. *Análise estatística*

As análises estatísticas foram realizadas usando a densidade de peixes (0, 2, 4, 6 e 8 peixes/mesocosmo) e o tempo como variáveis independentes. Nós usamos a MANOVA para evitar qualquer problema de circularidade inerente à ao desenho de ANOVA com medições repetidas. Uma análise de contraste foi utilizada para descrever as interações entre os fatores densidade e tempo. Posteriormente, foram utilizadas análises univariadas (ANOVA) e testes de Tukey para detectar diferenças nas variáveis analisadas entre os tratamentos. Antes das análises, os dados foram transformados para logaritmos $\ln(x + 1)$ para estabilizar as variâncias. Todas as análises estatísticas foram feitas com o software STATISTICA 7.0 (Statsoft, Inc).

2.5. Resultados

Os resultados da ANOVA mostram que, com exceção da condutividade elétrica, não houve diferenças significativas nas variáveis limnológicas básicas entre os tratamentos ao longo do experimento. As diferenças significativas na condutividade elétrica foram observadas somente entre os tratamentos sem tilápia (0 FISH) e com 8 tilápias (8 FISH) e apenas na terceira semana de coleta. Portanto, as condições de pH, condutividade elétrica, temperatura e as concentrações de oxigênio dissolvido na água dos mesocosmos são descritas pela média dessas variáveis nos 20 mesocosmos durante as cinco semanas (W1-W5) de experimento (Tabela 2.1).

Tabela 2.1: valores médios de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura nos 20 mesocosmos em cada semana de coleta do experimento.

Variáveis	W1	W2	W3	W4	W5
pH	7,92	7,3	7,39	7,44	8,14
Condutividade	0,144	0,147	0,148	0,148	0,148
Oxigênio	8,92	7,11	7,46	7,96	9,33
Temperatura	29,9	27,9	28,4	27,5	28

Diferenças na biomassa total do zooplâncton e na biomassa de pequenos cladóceros, copépodos e rotíferos entre os tratamentos não foram significantes durante o período experimental (Figura 2.1). No entanto, a biomassa dos grandes cladóceros foi significativamente maior no tratamento sem tilápia do que nos outros tratamentos com tilápia (Figura 2.1b). Os resultados da ANOVA revelaram diferenças significantes entre os tratamentos somente durante as três últimas semanas. Os testes Tukey revelaram que estas diferenças foram apenas entre os tratamentos sem tilápia e os quatro tratamentos com tilápia, enquanto que diferenças entre os tratamentos com peixe não foram significantes. De fato, a biomassa dos grandes cladóceros foi afetada apenas pela presença, e não pela densidade de tilápia.

Não houve diferenças significativas para as classes taxonômicas de algas entre os mesocosmos sem tilápia e com tilápia. Da mesma forma, o biovolume total do fitoplâncton e o biovolume de algas maiores (GALD > 50µm) não diferiram significativamente entre os tratamentos, sendo estas algas maiores representadas principalmente por *Botryococcus braunii*, que representou em torno de 90% do

biovolume total do fitoplâncton (Figura 2.2a). Porém, a adição de tilápias teve efeitos significantes sobre o biovolume de algas menores ($GALD < 50\mu m$), representadas principalmente por *Aulacoseira* spp., *Dictyosphaerium* spp., *Kirchneriella* spp. e *Scenedesmus* spp. (Figura 2.2b). Assim como o biovolume total do fitoplâncton, não houve diferenças significantes nas concentrações de clorofila *a* entre os tratamentos durante o experimento (Figura 2.3).

No entanto, os resultados mostram que o tratamento sem tilápia (0 FISH) apresentou maior transparência da água do que os tratamentos com tilápia e que não houve diferenças entre os tratamentos que continham tilápias. Portanto, estes resultados indicam que a presença da tilápias provocou uma redução significativa na transparência da água, mas que esta redução na transparência foi independente da densidade de tilápias (Figura 2.4).

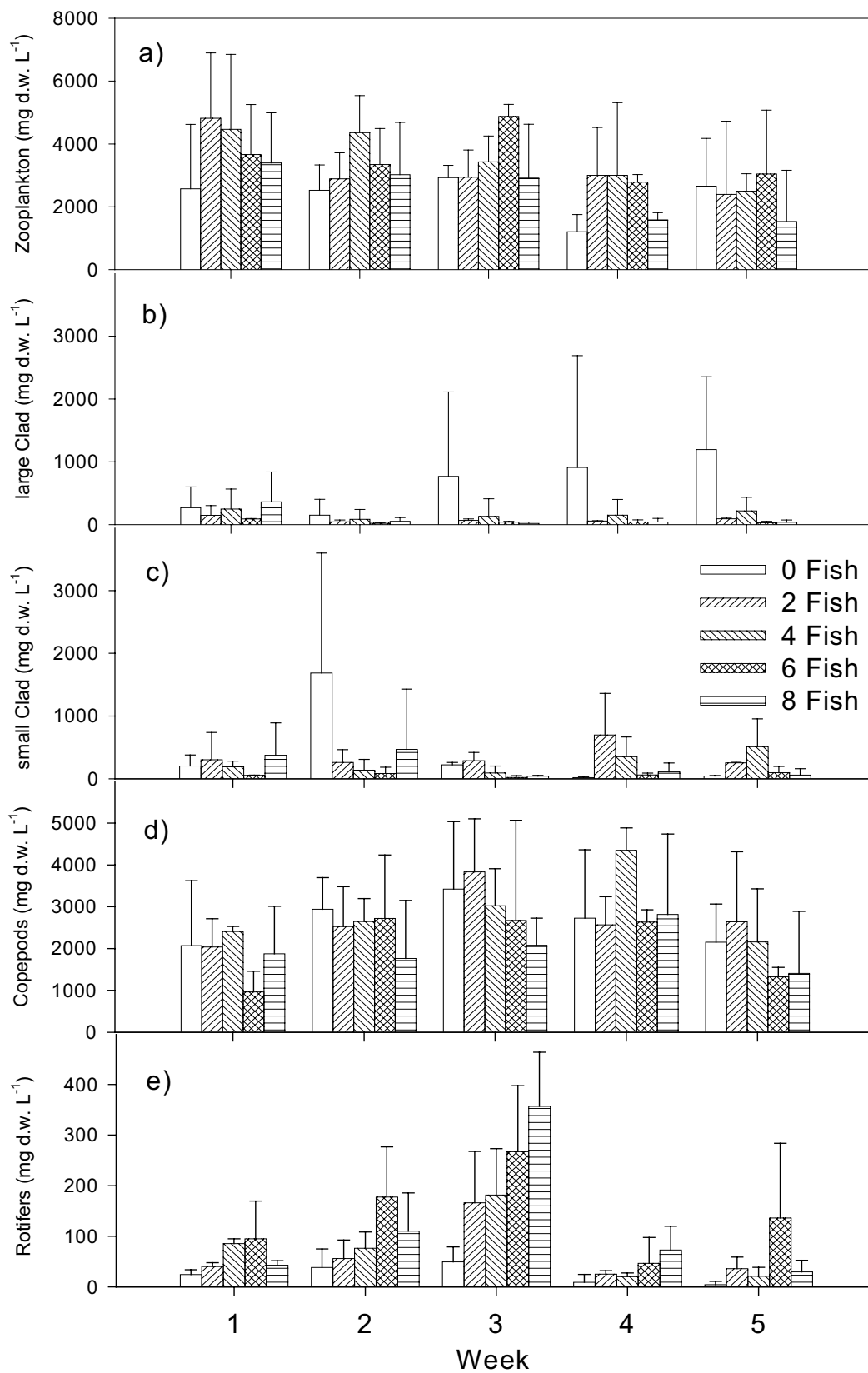


Figura 2.1. Biomassa (mg L^{-1}) do zooplâncton total (a), grandes cladóceros (b), pequenos cladóceros (c), copépodos (d) e rotíferos (e) em mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1ª semana a 5ª semana do experimento. Notar a diferença da escala do eixo Y.

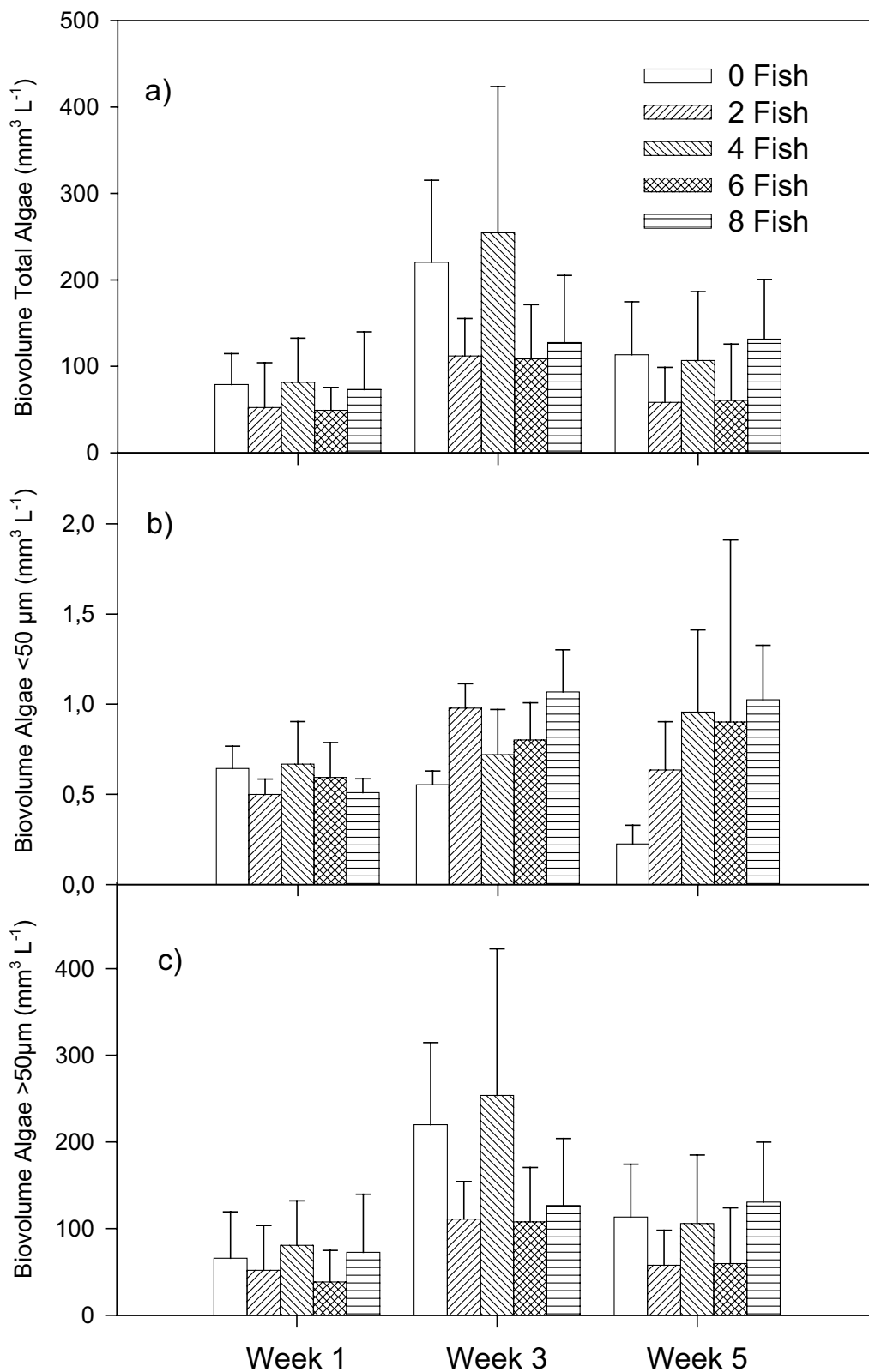


Figura 2.2. Biovolume ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) do fitoplâncton total (a), algas menores $<50 \mu\text{m}$ (b), algas maiores $>50 \mu\text{m}$ (c) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilápias na 1ª semana, 3ª semana e 5ª semana do experimento. Notar a diferença de escala do eixo Y.

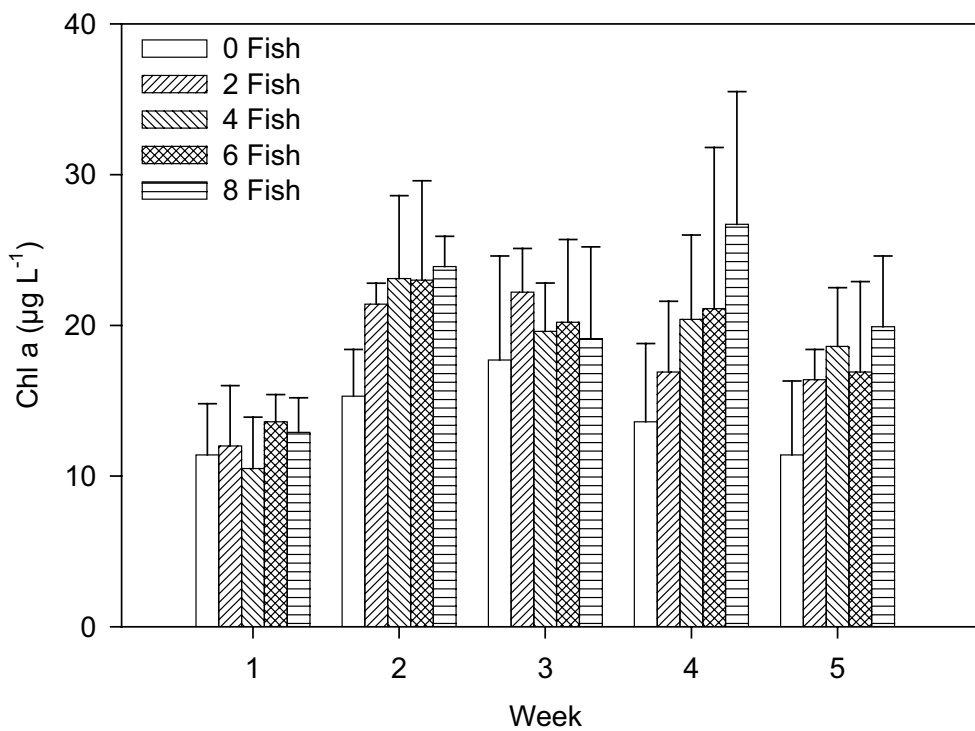


Figura 2.3. Concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1^a semana a 5^a semana do experimento

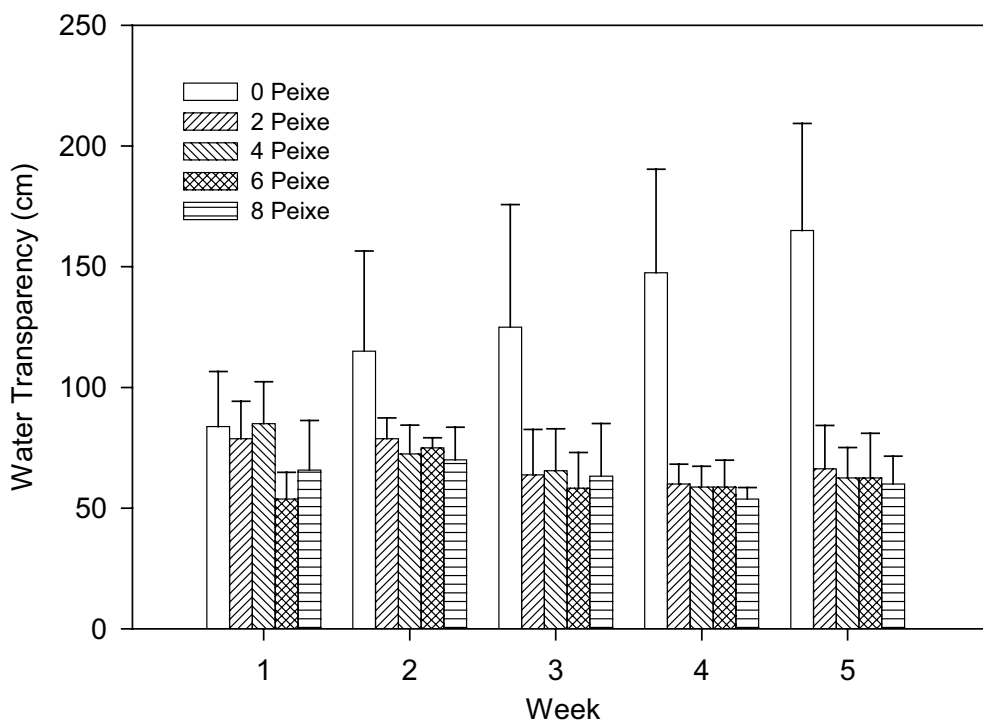


Figura 2.4. Transparência da água (cm) nos mesocosmos com 0, 2, 4, 6 e 8 tilapias da 1^a semana a 5^a semana do experimento.

2.6. Discussão

Nosso estudo sugere que, mudanças nos níveis tróficos superiores não necessariamente se propaga para baixo da teia alimentar provocando impactos significantes sobre a biomassa total de níveis tróficos inferiores. Além disso, nosso experimento sustenta a idéia de que a heterogeneidade dentro dos níveis tróficos pode ter efeitos consideráveis sobre a força e dinâmica de cascatas tróficas (Bell 2002, Hansson et al. 2004). Como mostrado aqui, e em vários estudos anteriores, a biomassa de grandes cladóceros foi primeiramente suprimida pela tilápia, enquanto que copépodos e os zooplânctons menores, tais como pequenos cladóceros e rotíferos não mostraram nenhuma resposta significativa à adição de tilápia. Além disso, nossos resultados sugerem que a onívora tilápia também exibe uma predação seletiva por tamanho sobre o zooplâncton, selecionando taxa com maior tamanho e/ou menor capacidade evasiva (Drenner & McComas 1980, Starling & Rocha 1990).

Estudos prévios têm evidenciado uma maior capacidade de grandes cladóceros, comparados aos pequenos cladóceros, rotíferos e copépodos, de regular a comunidade fitoplanctônica (Mazumder 1994, Matveev et al. 2000, Vakkilainen et al. 2004). De fato, quando as taxas de herbivoria são supostamente maiores, como no tratamento sem tilápia onde grandes cladóceros foram mais abundantes, a biomassa de algas $< 50\mu\text{m}$ declinou. A adição de tilápia nos mesocosmos pode ter liberado estas algas menores da predação pelos grandes cladóceros promovendo, dessa forma, um efeito positivo indireto sobre as algas $< 50\mu\text{m}$ (Tatrai et al. 1990, Drenner et al. 1998, Komárková 1998).

Comunidades de produtores primários que são mais homogêneas em termos de vulnerabilidade à herbivoria dos consumidores primários devem ser mais facilmente reguladas por forças de controle descendentes (“top-down”) do que comunidades de produtores heterogêneas (Bell 2002, Persson et al. 2004). É evidente que a adição de um terceiro nível trófico deve ter poucos efeitos sobre os níveis tróficos inferiores se os produtores primários são dominados por organismos que não são comestíveis pelos consumidores primários, a não ser que o consumidor secundário tenha flexibilidade alimentar e comportamental para suplementar sua dieta através da predação direta sobre os produtores primários superando, dessa forma, o efeito cascata (Diehl 1995, Drenner et al. 1998, Bell 2002). Como uma espécie onívora, a tilápia do Nilo também consome fitoplâncton, e desta maneira pode mudar a biomassa e a estrutura da comunidade

fitoplanctônica não apenas indiretamente pela predação seletiva por tamanho do zooplâncton, mas também diretamente via ingestão de certos grupos de algas selecionados a partir do seu tamanho (Robinson et al. 1995, Starling et al. 2002, Lazzaro et al. 2003). Conseqüentemente, em teoria, tilápia e zooplâncton podem atuar como predador e presa assim como competidores. Porém, devido à seletividade determinada pelo tamanho da rede de seus arcos branquiais, a tilápia tem uma baixa capacidade de filtrar espécies menores que 50 μ m (Lazzaro 1987, Turker et al. 2003). Como os espectros de tamanho de algas consumidas pelas tilápias e pelo zooplâncton não se sobrepõem muito, a predação seletiva da tilápia sobre o zooplâncton de maior porte deve ter sido o principal mecanismo pelo qual a tilápia afetou a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

A baixa variação na biomassa das algas maiores (GALD > 50 μ m), parece inconsistente com a capacidade de alimentação direta que a tilápia tem sobre esses componentes do fitoplâncton. No entanto, peixes podem aumentar a biomassa fitoplanctônica não só via cascata trófica, mas pode também aumentar consideravelmente via excreção e mesmo translocação de nutrientes (Attayde & Hansson 2001, Watson et al. 2003, Figueredo & Giani 2005). Estudos experimentais tem demonstrado um efeito estimulatório sobre a biomassa algal em particular por peixes que se alimentam de presas ou detritos associados ao sedimento (Drenner et al. 1996, Glaholt & Vanni 2005, Levine et al. 2005). A tilápia do Nilo pode promover a ressuspensão de sedimento pelo hábito de fuçar na lama em busca de alimento, processo conhecido como bioturbação, o que deve explicar a maior quantidade de material em suspensão e a baixa transparência da água nos mesocosmos com tilápia quando comparados com o tratamento sem tilápia (Starling et al. 2002, Lazzaro et al. 2003). Conseqüentemente, o fluxo de nutrientes do sedimento para a coluna d'água pode aumentar a produção primária nos mesocosmos com tilápia. No entanto, a baixa variabilidade da biomassa fitoplanctônica total sugere que os efeitos positivos da tilápia sobre o fitoplâncton via translocação de nutrientes e cascata trófica, podem compensar os efeitos negativos potenciais através do consumo direto do fitoplâncton.

Os efeitos de predadores sobre níveis tróficos inferiores pode depender, entre outros fatores, da densidade dos predadores (Holt 1984, Figueredo & Giani 2005). No entanto, em nosso experimento, a queda na biomassa dos grandes cladóceros e o subsequente efeito cascata sobre as algas menores e a transparência da água, foram

observadas primeiramente entre os tratamentos com e sem peixe. Além do mais, o aumento na densidade de peixes até o nível de 8 tilápias por mesocosmo, não foi acompanhado pelo aumento da regulação *top-down*. Estes resultados levantam a questão se as taxas de predação per capita são independentes ou não da densidade de peixes. Devido a forte resposta do zooplâncton já nas menores densidades de tilápia, nós assumimos então que as relações entre taxa de predação e densidade de predador são não-lineares. Concluimos portanto, que a presença de peixes onívoros mais do que a sua densidade pode ser o maior responsável por controlar teias alimentares pelágicas nos reservatórios do nordeste brasileiro.

2.7. Referências Bibliográficas

- Arthington, A.H. (1991). Ecological impacts and genetic impacts of introduced and translocated freshwater fishes in Australia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl. 1), 33-43.
- Attayde, J.L. & Hansson, L.A. (2001). Fish-mediated nutrient recycling and the trophic cascade in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58** (10), 1924-1931.
- Baltz, D.M. 1991. Introduced fishes in marine systems and inland seas. *Biological Conservation* **56**, 151-177.
- Bell, T. 2002. The ecological consequences of unpalatable prey: Phytoplankton response to nutrient and predator additions. *Oikos* **99**, 59-68.
- Carpenter, S.R. & Kitchell, K.L. (1993). *The trophic cascade in lakes*. Cambridge: Cambridge University Press, USA.
- Crossman, E.J. 1991. Introduced freshwater fishes: A review of the North American perspective with emphasis on Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **48** (Suppl. 1), 46-57.
- Datta, S. & Jana, B.B. 1998. Control of bloom in a tropical lake: grazing efficiency of some herbivorous fishes. *Journal of Fish Biology* **53**, 12-24.
- Diehl, S. 1995. Direct and indirect effects of omnivory in a littoral lake community. *Ecology* **76**(6), 1727-1740.
- Drenner, R. & McComas, S.R. (1980). The role of zooplankter escape abilities in the selective feeding and impact of planktivorous fish, pp. 587-593. In Kerfoot, W.C.

- (ed.): Evolution and Ecology of zooplankton communities, University Press of New England, Hanover, New Hampshire, USA
- Drenner, R.W., Smith, J.D. & Threkheld, S.T. (1996). Lake trophic state and limnological effects of omnivorous fish. *Hydrobiologia* **319**, 213-223.
- Drenner, R.W., Gallo, K.L., Baca, R.M. & Smith, J.D. (1998). Synergistic effects of nutrient loading and omnivorous fish on phytoplankton biomass. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **55**, 2087-2096.
- Fernando, C.H. 1991. Impacts of fish introductions in tropical Asia and America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl. 1), 24-32.
- Figueredo, C.C. & Giani, A. (2005). Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). *Freshwater Biology* **50**, 1391-1403.
- Glaholt, J.R. & Vanni, M.J. (2005). Ecological responses to stimulated benthic-derived nutrient subsidies mediated by omnivorous fish. *Freshwater Biology* **50**, 1864-1881.
- Gurgel, J.J.S. & Fernando, C.H. 1994. Fisheries in semi-arid Northeast Brazil with special reference on the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie* **79** (1), 77-94.
- Hansson, L.A., Gyllström, M. Stahl-Delbanco, A. & Svensson, A.M. 2004. Responses to fish predation and nutrients by plankton at different levels of taxonomic resolution. *Freshwater Biology* **49**, 1538-1550.
- Holt, R.D. (1984). Spatial heterogeneity, indirect interactions, and the coexistence of prey species. *American Naturalist* **124**, 377-406.
- Jespersen, A. M. & Christoffersen, K. (1987). Measurements of chlorophyll-a from phytoplankton using ethanol as extraction solvent. *Arch. Hydrobiol.* **109**: 445-454.
- Komárková, J. (1998). Fish stock as a variable modifying trophic pattern of phytoplankton. *Hydrobiologia* **369/370**, 139-152.
- Lazzaro, X, (1987). A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia* **146**, 97-167.
- Lazzaro, X., Bouvy, M., Ribeiro-Filho, R.A., Oliveira, V.S., Sales, L.T., Vasconcelos, A.R.M. & Mata, M.R. (2003). Do fish regulate phytoplankton in shallow eutrophic Northeast Brazilian reservoirs. *Freshwater Biology* **48**, 649-668.

- Levine, S.N., Zehrer, R.F., Burns, C.W. (2005). Impact of resuspended sediment on zooplankton feeding in Lake Vaihola, New Zealand. *Freshwater biology* **50**, 1515-1536.
- Lowe-McConneell, R. H. (2000) The roles of tilapias in ecosystems. In: Beveridge, M. C. M. & McAndrew, B. J. (eds). *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers. Printed in Great Britain. 129-162.
- Matveev, V., Matveeva, L. & Jones, G.J. (2000). Relative impacts of Daphnia grazing and direct stimulation by fish on phytoplankton abundance in mesocosm communities. *Freshwater Biology* **44**. 375-385.
- Mazumder, A. (1994). Patterns of algal biomass in dominant odd- vs. even-link ecosystems. *Ecology* **75**, 1141-1149.
- Mehner, T., Schultz, H. and Herbst, R. (1995). Interaction of zooplankton dynamics and diet of 0+ perch (*Perca fluviatilis* L.) in the top-down manipulated Bautzen Reservoir (Saxony, Germany) during summer. *Limnologica* **25**, 1-9.
- Mylius, S.D., Klumperr, K., de Roos, A.M. & Persson, L. (2001). Impact of intraguild predation and stage structure on simple communities along a productivity gradient. *American Naturalist* **158**, 259-275.
- Ogutu-Ohwayo, R. & Hecky, R. (1991). Fish introductions in Africa and some of their consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **48** (Suppl. 1), 8-12.
- Pace, M.L., Cole, J.J., Carpenter, S.R. & Kitchell, J.F. (1999). Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* **14**, 483-488.
- Persson, L., Byström, P., Wahlström, E. & Westman, E. (2004). Trophic dynamics in a whole lake experiment: size-structured interactions and recruitment variation. *Oikos* **106**, 263-274.
- Polis, G.A. & Strong, G.A. (1996). Food web complexity and community dynamics. *American Naturalist* **147**, 813-846.
- Robbinson, R.L., Turner, G.F., Grimme, A.S. & Pitcher, T.J. (1995). An experimental study of phytoplankton feeding in three tilapiine cichlids. *Journal of Fish Biology* **46** (3), 449-456.
- Starling, F. & Rocha, A. (1990). Experimental study of the impacts of planktivorous fishes on plankton community and eutrophication of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia* **200/201**, 581-591.

- Starling, F., Lazzaro, X., Cavalcanti, C. & Moreira, R. (2002). Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. *Freshwater Biology* **47**: 2443-2452.
- Tatraí, I., Tóth, L.G., Ponyi, J.E., Zlinszky, J. & Istvánovics, V. (1990). Bottom-up effects of bream (*Abramis brama* L.) in Lake Balaton. *Hydrobiologia* **200/201**, 167-175.
- Turker, H., Eversole, A.G. & Brune, D.E. (2003). Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the portioned aquaculture system. *Aquaculture* **215**, 93-101.
- Vakkilainen, K., Kairesalo, T., Hietala, J., Balayla, D.M., Bécares, E., Wouter, J., van de Bund, W., Van Donk, E., Fernández-Aláez, M., Gyllström, M., Hansson, L.-A., Miracle, M.R., Moss, B., Romo, S., Rueda, J. & Stephen, D. (2004). Response of zooplankton to nutrient enrichment and fish in shallow lakes: a pan-European mesocosm experiment. *Freshwater Biology* **49**, 1619-1632.
- Vanni, M.J., Arend, K.K., Bremigan, D.B. Bunnell, D.B., Garvey, J.E., González, M.J., Renwick, W.H., Soranno, P.A. & Stein, R.A. (2005). Linking landscape and food webs: Effects of omnivorous fish and watersheds on reservoir ecosystems. *BioScience* **55** (2), 155-167.
- Watson, D.L., Bayne, D.R., DeVries, D.R. & Williams, J. (2003). Influence of gizzard shad on phytoplankton size and primary productivity in mesocosms and earthen ponds in southeastern U.S. *Hydrobiologia* **495**, 17-32.

Conclusões finais

Devido à sua ampla tolerância às variações ambientais, sua alta taxa de reprodução e crescimento populacional, assim como, sua facilidade de cultivo, tem tornado a tilápia do Nilo o principal modelo zootécnico da piscicultura regional e nacional. No entanto, as mesmas características que a tornam uma espécie atrativa para a pesca e aqüicultura a tornam uma espécie invasora bem sucedida com grande potencial para causar sérios impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos do semi-árido brasileiro. Porém, os argumentos em favor da introdução e do cultivo de tilápias no nordeste brasileiro têm sido baseados no possível aumento que esta espécie exótica pode provocar na produção pesqueira, sendo por isso considerada uma importante fonte de proteína animal, de geração de empregos e de renda. Contudo, os resultados deste trabalho mostram que:

- ✓ O declínio da produção pesqueira nos 100 reservatórios do semi-árido brasileiro pode ter ocorrido devido a uma redução real dos estoques pesqueiros e à desestruturação do DNOCS com relação à falta de repovoamento com alevinos e monitoramento da pesca nos reservatórios;
- ✓ Não houve aumento da produção pesqueira total, CPUE total, renda total bruta, renda per capita bruta e nem no número de pescadores após a introdução da tilápia no açude Gargalheiras;
- ✓ A introdução da tilápia no reservatório Gargalheiras pode ter contribuído para o declínio de espécies nativas e da pescada, uma espécie exótica de grande importância econômica para região;
- ✓ Os resultados do experimento com mesocosmos mostraram que a tilápia diminuiu a biomassa de grandes cladóceros, aumentou a biomassa de algas menores que 50 μ m e diminuiu a transparência da água, evidenciando um efeito

casata. Porém, a manipulação na biomassa de tilápia não teve efeitos sobre a biomassa do zooplâncton total e do fitoplâncton total;

- ✓ A redução da transparência da água causada pelas tilápias pode resultar em perdas econômicas por aumentar os custos de tratamento da água para abastecimento público;
- ✓ A grande maioria dos pescadores locais afirmou que a tilápia é atualmente a principal espécie para quem sobrevive da pesca e que a mesma não prejudicou outras espécies de peixes nem a qualidade da água no açude Gargalheiras;
- ✓ Por fim, embora a tilápia do Nilo tenha atualmente importância para as comunidades de pescadores, os alegados benefícios sócio-econômicos usados para justificar as políticas de peixamento com esta espécie exótica têm sido superestimados enquanto que os impactos ambientais são subestimados.

ANEXO I

AÇUDE/MUNICÍPIO:

NOME PESCADOR:

APELIDO:

DATA:

IDADE:

QUESTIONÁRIO

- 1) Qual a distância da casa do Sr. ao açude?
- até 100m entre 500 a 800m
 100 a 300m entre 800 a 1000m
 300 a 500m mais de 1000m
- 2) Quantos filhos o Sr. tem?
- nenhum 5 a 8 filhos
 1 a 3 filhos 8 a 10 filhos
 3 a 5 filhos mais de 10 filhos
- 3) Qual o grau de instrução do Sr.?
- analfabeto
 educação para jovens e adultos
 ensino fundamental incompleto
 ensino fundamental completo
 ensino médio incompleto
 ensino médio completo
 ensino superior
- 4) Há quanto tempo o Sr. trabalha com pesca?
- 0 a 10 anos entre 20 e 25 anos
 entre 10 e 15 anos entre 25 e 30 anos
 entre 15 e 20 anos mais de 30 anos
- 5) Há quanto tempo o Sr. pesca neste açude?
- 0 a 10 anos entre 20 e 25 anos
 entre 10 e 15 anos entre 25 e 30 anos
 entre 15 e 20 anos mais de 30 anos
- 6) O Sr. pesca apenas neste açude? Sim ou não
- 7) Se a resposta foi não, onde mais o Sr. pesca e por quê?
- sobrevivência
 proximidade dos outros açudes
 a pesca neste açude está fraca
 os outros açudes têm muito peixe
- 8) O Sr. vive só vive da pesca? Sim ou Não
- 9) Se a resposta foi não, qual a outra(s) atividade(s) que o Sr. exerce?
- 10) Isso ocorre em todos os anos? Sim ou Não

- | | |
|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tilápia do Nilo | <input type="checkbox"/> Pirambeba |
| <input type="checkbox"/> Tucunaré comum | <input type="checkbox"/> Piranha |
| <input type="checkbox"/> Outros | <input type="checkbox"/> Sardinha |
| | <input type="checkbox"/> Traíra |
| | <input type="checkbox"/> Outros |

18) Quais os peixes que vocês pescam mais hoje em dia?

INTRODUZIDAS

REGIONAIS

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Apaiari | <input type="checkbox"/> Beiru ou branquinha |
| <input type="checkbox"/> Camarão | <input type="checkbox"/> Cangati |
| <input type="checkbox"/> Pescada do Piauí | <input type="checkbox"/> Curimatã comum |
| <input type="checkbox"/> Pirarucu | <input type="checkbox"/> Piau comum |
| <input type="checkbox"/> Tilápia do Nilo | <input type="checkbox"/> Pirambeba |
| <input type="checkbox"/> Tucunaré comum | <input type="checkbox"/> Piranha |
| <input type="checkbox"/> Outros | <input type="checkbox"/> Sardinha |
| | <input type="checkbox"/> Traíra |
| | <input type="checkbox"/> Outros |

21) Sempre foi assim? Sim ou Não

22) Se a resposta foi não, quais os peixes que vocês mais pescavam antigamente?

INTRODUZIDAS

REGIONAIS

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Apaiari | <input type="checkbox"/> Beiru ou branquinha |
| <input type="checkbox"/> Camarão | <input type="checkbox"/> Cangati |
| <input type="checkbox"/> Pescada do Piauí | <input type="checkbox"/> Curimatã comum |
| <input type="checkbox"/> Pirarucu | <input type="checkbox"/> Piau comum |
| <input type="checkbox"/> Tilápia do Nilo | <input type="checkbox"/> Pirambeba |
| <input type="checkbox"/> Tucunaré comum | <input type="checkbox"/> Piranha |
| <input type="checkbox"/> Outros | <input type="checkbox"/> Sardinha |
| | <input type="checkbox"/> Traíra |
| | <input type="checkbox"/> Outros |

23) Continuando a pergunta anterior, por que o Sr. acha que ocorreu essa mudança?

24) Vocês utilizam a água do açude para outra finalidade?

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> não utiliza | <input type="checkbox"/> dessedentação de animais |
| <input type="checkbox"/> abastecimento | <input type="checkbox"/> irrigação |
| <input type="checkbox"/> outros usos domésticos | <input type="checkbox"/> lazer |
| <input type="checkbox"/> cultura de vazante | |

25) E a qualidade de água para as pessoas é boa? Sim ou Não

26) Por que?

27) Desde que o Sr. começou a pescar neste açude, o Sr. acha que a qualidade da água mudou? Sim ou Não

28) Se a resposta foi sim, por que o Sr. acha que mudou?

29) Qual é o peixe que o Sr. vende mais? Por que? Qual o valor?

30) Entre os tipos de peixes, qual é o de maior valor? Quanto? Por que?

31) O que o Sr. acha da tilápia: acha que ela melhorou a pesca no açude?

Sim ou Não

32) Por que?

33) O Sr. acha que a tilápia melhorou a renda de sua família? Sim ou Não

34) O Sr. acha que a tilápia pode ter prejudicado outros peixes que viviam neste açude antes dela? Sim ou Não

35) Se a resposta foi sim, por que o Sr. acha que a tilápia pode ter contribuído para diminuir a quantidade de outros peixes?

a tilápia come outros peixes

a tilápia ocupa os locais de desova dos outros peixes

a tilápia faz ninho e cuida dos filhotes e os outros peixes não

a tilápia come a mesma coisa que os outros peixes

a tilápia afeta a qualidade da água

a tilápia contamina outros peixes com doenças novas

36) Ainda continuando, se sua resposta foi sim na questão anterior, quais os peixes que diminuiram depois que a tilápia chegou no açude?

INTRODUZIDAS

REGIONAIS

Apaiari

Beiru ou branquinha

Camarão

Cangati

Pescada do Piauí

Curimatã comum

Pirarucu

Piau comum

Tilápia do Nilo

Pirambeba

Tucunaré comum

Piranha

Outros

Sardinha

Traíra

Outros

37) Algum peixe aumentou a quantidade depois que a tilápia chegou no açude?

INTRODUZIDAS

REGIONAIS

Apaiari

Beiru ou branquinha

Camarão

Cangati

Pescada do Piauí

Curimatã comum

Pirarucu

Piau comum

Tilápia do Nilo

Pirambeba

Tucunaré comum

Piranha

Outros

Sardinha

Traíra

Outros

38) O Sr. acha que a tilápia pode deixar a água mais barrenta ou mais verde?

Sim ou Não

39) Se a resposta foi sim, por quê?

40) Qual das duas formas de criar tilápia o Sr. acha mais interessante?

Extensiva ou Intensiva

41) Por que?

42) O Sr. acha uma boa idéia a política de estímulo da criação de tilápias em tanques-redes? Sim ou Não

43) Por que?

44) Por que razões o Sr. (a) acha que não deu certo o cultivo de tilápia em tanques-redes no reservatório de Gargalheiras?

Custo elevado da ração

Morte de muitos peixes

Falta de comprador

Falta de crédito/financiamento

Outros