

**PRODUTIVIDADE E ECONOMICIDADE DA  
TILAPICULTURA EM GAIOLAS NA REGIÃO  
SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO:  
ESTUDOS DE CASOS**

**LUCIANE CONTE**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São  
Paulo, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e  
Pastagens.

**PIRACICABA**

Estado de São Paulo - Brasil

Novembro - 2002

**PRODUTIVIDADE E ECONOMICIDADE DA TILAPICULTURA  
EM GAIOLAS NA REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DE  
SÃO PAULO: ESTUDOS DE CASOS**

**LUCIANE CONTE**

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São  
Paulo, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e  
Pastagens.

**P I R A C I C A B A**  
Estado de São Paulo - Brasil  
Novembro - 2002

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Conte, Luciane

Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região sudoeste do Estado de São Paulo : estudos de casos / Luciane Conte. - - Piracicaba, 2002.

59 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

Bibliografia.

1. Região sudeste 2. Rentabilidade 3. São Paulo (SP) 4. Tanque-rede 5. Tilápia-do-Nilo 6. Tilapicultura I. Título

CDD 639.31

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*Aos meus pais Genésio e Maria de Lourdes  
pelo apoio e dedicação em todos  
os momentos da minha vida*

*DEDICO*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor e amigo José Eurico Possebon Cyrino pela orientação durante o curso de mestrado.

Ao Professor e amigo Ricardo Shirota por toda a ajuda e apoio necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos Professores Irineu Umberto Packer e José Fernando Machado Menten pela contribuição à pesquisa, e ao corpo docente do depto. de Ciência Animal e Pastagens que propiciaram as condições necessárias para minha formação acadêmica.

Aos amigos Ana Maria B. M. Sampaio, Cibele M. Ogawa, Luciana Viriato Saboya, Andréa Belém Costa, Daniela Bacconi, Geraldo Silva de Campos Almeida, Leandro Portz pelo incentivo em todos os momentos.

Aos estagiários do Setor de Piscicultura André L. Watanabe, Leonardo S. Takahashi, Roberto L. Pimentel, Rodrigo X. da Silva e Alexandre Okano pelo auxílio na coleta dos dados de pesquisa.

Ao companheiro Daniel Y. Sonoda pelo apoio, auxílio e contribuição na pesquisa durante o curso de mestrado.

Aos meus irmãos Antônio Lázaro Conte, Rosana Conte Boutros e Silvana Conte de Arruda Campos pelo apoio.

Ao proprietário da fazenda Usina Açucareira Paredão, Júlio Giorgi Neto, que propiciou as condições necessárias para a coleta dos dados da pesquisa.

Aos colaboradores da Usina Açucareira Paredão Wilson Relvas, Fábio Aparecido Fonseca e Célio da Silva Lima, pelo auxílio na coleta de dados da pesquisa.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A produção de peixes em tanques-rede ou gaiolas.....	3
2.2 A tilápia do Nilo como espécie para aquicultura intensiva em tanques-rede.....	4
2.3. Influência da estrutura e da densidade de estocagem na produtividade.....	5
2.4 Influência do ambiente na produtividade.....	7
2.5 Biomassa econômica e capacidade de sustentação.....	11
2.6 Alimentação e nutrição dos peixes em tanques-rede.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Caracterização do sistema de produção analisado.....	16
3.2 Metodologia de coleta dos dados biométricos e ambientais.....	17
3.2.1 Fundamentos metodológicos do ajuste das curvas econômicas.....	18
3.2.1.1 Estimativas das curvas de produção.....	18
3.2.1.2 Maximização de lucro a partir de uma função de produção.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1 Indicadores ambientais.....	24
4.2 Determinação das curvas de produção.....	27
4.3 Determinação da biomassa econômica por densidade de estocagem.....	44
5 CONCLUSÕES.....	47

ANEXOS.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Curva hipotética da evolução da biomassa acumulada em função do consumo de ração.....	12
2 Curva hipotética de crescimento para produção de determinada espécie de peixe em função do tempo.....	13
3 Representação da função logística.....	19
4 Representação da função Mitscherlich.....	21
5 Quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em função do tempo (T), nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em mg/L.....	24
6 Temperatura da água (TA) em função do tempo (T), nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em °C.....	25
7 Transparência da água em função do tempo, nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em cm.....	26
8 Curvas de peso unitário médio (P), em gramas, em função do tempo (T), em dias, para as represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH).....	30
9 Curvas de biomassa acumulada (BA), em kg/m <sup>3</sup> , em função do tempo (T), em dias, para as represas CN e CH.....	32
10 Curvas de peso unitário médio (P), em gramas, em função do tempo (T), em dias, para as densidades de 300 a 400 peixes/m <sup>3</sup> e	



500 a 600 peixes/m <sup>3</sup> .....	36
11 Curvas de biomassa acumulada (BA), em kg/m <sup>3</sup> , em função do tempo (T), em dias, para as densidades de 300 a 400 peixes/m <sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m <sup>3</sup> .....	38
12 Curvas de biomassa acumulada (BA) em função da quantidade de ração consumida (RA) durante o ciclo de produção, para as densidades de 300 a 400 peixes/m <sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m <sup>3</sup> .....	42

## LISTA DE TABELAS

	Página
1 Resultados da regressão de peso unitário médio em função do tempo, para as represas Chapadão (CH) e Colônia Nova (CN).....	28
2 Resultados da regressão de biomassa acumulada em função do tempo, para as represas Chapadão (CH) e Colônia Nova (CN).....	31
3 Resultados da regressão de peso unitário médio em função do tempo, para as densidades de 300 a 400 peixes/m <sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m <sup>3</sup> .....	34
4 Resultados da regressão de biomassa acumulada em função do tempo, para as densidades de 300 a 400 peixes/m <sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m <sup>3</sup> .....	37
5 Resultados da regressão de biomassa acumulada em função da quantidade de ração consumida durante o ciclo de produção.....	41

**PRODUTIVIDADE E ECONOMICIDADE DA TILAPICULTURA  
EM GAIOLAS NA REGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DE SÃO  
PAULO: ESTUDOS DE CASOS**

Autor: LUCIANE CONTE

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO

**RESUMO**

Por causa da carência de dados sobre a produtividade de tilápias em tanques-rede em escala comercial, produtores e empresários rurais relutam em investir neste sistema de produção. Este estudo objetivou determinar as funções de produção da tilápia do Nilo em tanques-rede; a biomassa econômica de sistemas de produção comercial de tilápias em tanques-rede de diferentes volumes (300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>); e analisar a influência das condições ambientais no desempenho dos peixes em tanques-rede. Foram estudados 2 casos na região Sudoeste do Estado de São Paulo: (1) represa do Chapadão, 3,3 ha de espelho d'água e profundidade média de 4,00 m, onde foram instaladas nove gaiolas, totalizando 94,50 m<sup>3</sup> de volume útil de produção; e (2) represa da Colônia Nova, 8,8 ha de espelho d'água e profundidade média de 2,60 m, que alojou 27 gaiolas com volume útil total de 235,70 m<sup>3</sup>, ambas localizadas na Usina Paredão, Oriente, SP. De setembro de 2001 a abril de 2002, foram monitorados diariamente o consumo de ração, a mortalidade de cada gaiola e a temperatura da água das represas nos horários das alimentações; pH, oxigênio dissolvido e transparência pelo disco de Secchi foram monitorados quinzenalmente. Foram realizadas biometrias mensais nas gaiolas

das duas represas, compreendendo 3% do lote de peixes de cada gaiola. Os peixes foram alimentados com ração extrusada comercial com 32% de proteína bruta, 3 vezes ao dia (09h00m, 13h00m e 17h00m), 7 dias por semana. A taxa de alimentação foi ajustada com base nas biometrias e mortalidade de cada gaiola. Os dados de desempenho foram analisados por análise de variância e regressão. Para a determinação das funções de produção a partir dos dados de campo, foram utilizadas as funções Logística e de Mitscherlich. Não houve diferença de desempenho em relação à biomassa acumulada e peso médio unitário em função do tempo, na densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, para ambas as represas (P<0,05), possivelmente porque os dois ambientes apresentaram variações dos parâmetros de qualidade de água muito similares e dentro dos limites aceitáveis para a espécie considerada. A densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> apresentou maior biomassa acumulada e maior eficiência alimentar que a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>. Não houve diferença significativa (P<0,05) entre o peso médio unitário dos peixes nas duas densidades, mostrando que o aumento na densidade de estocagem não influenciou o crescimento individual dos peixes. Para a densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>, a biomassa que maximizou a lucratividade da produção (biomassa econômica - BE) foi 145 kg/m<sup>3</sup>, ponto em que os peixes devem ser despescados ou remanejados. Para a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, a BE foi de 121 kg/m<sup>3</sup>. Para a obtenção de peixes com peso médio unitário de 283g, considerando a BE de 145 kg/m<sup>3</sup>, a densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> possibilitou otimização do espaço e tempo de produção, melhor eficiência alimentar, maior produção por m<sup>3</sup> de tanque-rede, sendo portanto mais rentável economicamente que a de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>.

**PRODUCTIVITY AND ECONOMY OF TILAPICULTURA IN  
CAGES IN SÃO PAULO STATE SOUTH-WEST REGION:  
CASES**

Author: LUCIANE CONTE

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO

**SUMMARY**

Cage farming of tilapia is an excellent alternative to utilize lakes, dams and reservoirs inadequate to conventional aquaculture. Low investment on cage or pond farming of tilapia is credited to the lack of reliable production and economical data for commercial scale farming. This study aimed to determine the production functions of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in cages; the economic biomass at stocking densities of 300-400 fish/m<sup>3</sup> and 500-600 fish/m<sup>3</sup> commercially produced tilapia in cages of different volumes; and the influence of environmental conditions in fish performance in cages. Two cases in São Paulo State south-west region were studied: (1) reservoir Chapadão (Usina Paredão , Oriente, SP), 3.3 ha of surface area, 4.00 m deep, with 9, 94.50 m<sup>3</sup> cages; and (2) reservoir Colônia Nova (Usina Paredão, Oriente, SP), 8.8 ha of surface area, 2.60 m deep, with 27, 235.70 m<sup>3</sup> cages. Feed intake, survival rate and water temperature were monitored daily during scheduled feedings from September 2001 - April 2002. Dissolved oxygen, pH and transparency of water were monitored each 15 days. Fish growth was evaluated by measuring and weighing 3% of fish of each cage. Caged tilapia fed on commercial, floating pellets (32% crude protein) at 0900, 1300 and

1700 h, 7 days for a week. Feeding rate was adjusted based on sample weight and survival rate. Data were analyzed statistically by ANOVA and regression analysis. The Logistic and Mitscherlich functions were chosen to elaborate the production functions. Carrying capacity of both stocking densities 300-400 fish/m<sup>3</sup> and 500-600 fish/m<sup>3</sup> was 200 kg/m<sup>3</sup>. No differences were observed in fish performance regarding accumulated biomass and individual average weight over time between both reservoirs for the stocking density of 300-400 fish/m<sup>3</sup>. The stocking density of 500-600 fish/m<sup>3</sup> presented larger accumulated biomass and better feeding efficiency than the stocking density of 300-400 fish/m<sup>3</sup>. No significant differences between individual average weight of fish of both densities were observed ( $P < 0.05$ ), meaning that increasing stocking density didn't influence the individual growth of fish. The biomass that maximized the profit to the stocking density of 500-600 fish/m<sup>3</sup> was 145 kg/m<sup>3</sup>. Economic biomass (BE) for stocking density of 300-400 fish/m<sup>3</sup>, was 121 kg/m<sup>3</sup>. This density had worse feed conversion than 500-600 fish/m<sup>3</sup>. Stocking density of 500-600 fish/m<sup>3</sup>, up to individual average weight of 283 g, present many advantages: optimization of space and production time, better feed efficiency, higher fish production per m<sup>3</sup> of cages, and is more profitable than 300-400 fish/m<sup>3</sup>.

## 1 INTRODUÇÃO

A criação de peixes em tanques-rede ou gaiolas é um sistema intensivo de produção de peixes, com renovação contínua de água (Beveridge, 1987; Colt & Montgomery, 1991). As vantagens da adoção deste sistema de produção são inúmeras, particularmente quando consideramos que o método pode ser utilizado com uma infraestrutura mínima e relativamente barata (Balarin et. al.,1982). A técnica pode ser implantada no mar, estuários, lagos, lagoas e rios bem como em represas formadas por nascentes, canais de irrigação, grandes reservatórios, etc. Trata-se de uma excelente alternativa para o aproveitamento de corpos d'águas que apresentam dificuldades para a prática da piscicultura convencional (McGinty & Rakocy,1989; Schmittou,1993).

O grande potencial hídrico do território brasileiro, estimado em 5,3 milhões de hectares de lâmina d'água de água doce represada em grandes reservatórios naturais e artificiais, associado a condições climáticas adequadas e a disponibilidade de rações completas e balanceadas para piscicultura intensiva, permite uma grande expansão da piscicultura em tanques-rede no país (Cyrino et al., 1998; Zaniboni, 1997; Carneiro et al., 1999a). Os poucos trabalhos realizados sobre a criação de peixes em tanques-rede no Brasil tratam, na maior parte, de espécies nativas como o tambaqui *Colossoma macropumum*, o pacu *Piaractus mesopotamicus*, a piracanjuba *Brycon orbignyianus*, etc (Borghetti & Canzi, 1993; Bozano & Ferraz de Lima, 1994; Chellappa, 1995; Conte et al., 1995; Ferraz de Lima et al., 1992; Merola & Souza, 1988; Souza et al., 1992).

A tilápia vem ocupando lugar de destaque na piscicultura em tanques-rede por ser uma espécie precoce, de rápido crescimento e apresentar excelente desempenho em sistemas intensivos de produção. A criação de tilápias teve suas origens aproximadamente 4.000 anos atrás (Balarin et al., 1982). É uma espécie originária dos

rios e lagos africanos, e a segunda espécie mais criada no mundo, logo após a carpa (Popma & Lovshin, 1996).

Conquanto resultados recentes de pesquisas demonstrem que a tilapicultura em tanques-rede ou gaiolas é uma técnica viável e de alta produtividade (Bozano et al., 1999, Carneiro et al., 1999a, b), existe relativa carência de informações sobre a produção comercial de tilápias em tanques-rede e gaiolas flutuantes. Por isso, muitos produtores e empresários rurais relutam em investir neste sistema de produção em escala comercial. Destas constatações nasceram os objetivos do presente projeto: determinar as funções de produção da tilápia do Nilo em tanques-rede, determinar a biomassa que maximiza a rentabilidade do sistema e analisar a influência das condições ambientais no desempenho dos peixes em tanques-rede, instalados em dois ambientes diferentes.



## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A produção de peixes em tanques-rede ou gaiolas**

Gaiolas ou tanques-rede são estruturas de tela ou rede, fechadas de todos os lados, que retêm os peixes e permitem a troca completa de água, de forma a remover os metabólitos e fornecer oxigênio aos peixes confinados (Balarin & Haller, 1982; Beveridge, 1987). Coche (1982) e Perez & Robledillo (1989) descrevem gaiolas flutuantes como estruturas compostas de uma estrutura de superfície, que consiste de um sistema de sustentação e flutuação, mais uma estrutura submersa, de contenção, que pode ser confeccionada com materiais rígidos (gaiolas) ou flexíveis (tanques-rede). Na presença de correntes d'água com velocidade superior a 20–30 cm/s, a construção rígida é mais indicada. A abertura da malha das redes ou telas deve ser a maior possível, sempre em concordância com o tamanho dos peixes que estão sendo criados, para permitir a passagem de água através da gaiola o maior número de vezes possível por unidade de tempo.

O sistema de criação de peixes em gaiolas e tanques-rede apresenta vantagens e desvantagens em relação a produção de peixes em viveiros. Como vantagens pode-se citar: menor variação dos parâmetros físico-químicos da água durante a criação; maior facilidade de retirada dos peixes para venda (despesca); menor investimento inicial (60 – 70 % menor que viveiros convencionais); facilidade de movimentação e relocação dos peixes; intensificação da produção; facilidade de observação dos peixes, melhorando o manejo; redução do manuseio dos peixes; e, diminuição dos custos com tratamentos de doenças. Como desvantagens pode-se citar: necessidade de fluxo constante de água através das redes, suficiente para manter um bom nível de oxigênio; dependência total

do sistema em rações balanceadas; risco de rompimento da tela da gaiola e perda de toda a produção; possibilidade de alteração do curso das correntes aumentando o assoreamento dos reservatórios; e, a possibilidade de introdução de doenças ou peixes no ambiente, prejudicando a população natural (Schmittou, 1997; Huguenin & Ansuini, 1978; Geffen, 1979; Castagnolli & Torrieri JR, 1980; FAO, 1984,1992; Beveridge, 1987; Merola & Souza, 1988; Masser, 1992; McGinty, 1991; Borghetti & Canzi, 1993; Bao-Tong, 1994; Bozano & Ferraz de Lima, 1994).

## 2.2 A tilápia do Nilo como espécie para aquicultura intensiva em tanques-rede

A tilápia do Nilo ou nilótica, *Oreochromis niloticus*, é uma espécie originária dos rios e lagos africanos que foi introduzida no Brasil em 1971 em açudes do nordeste, e difundiu-se para todo o país (Proença & Bittencourt, 1994). A tilápia do Nilo é hoje a segunda espécie de peixe mais criada no mundo (Clement & Lovell, 1994; Keenleyside, 1991; Popma & Lovshin, 1996).

Para criação em cativeiro, é desejável que se tenha populações de tilápias somente com machos, pois estes crescem mais rápido e alcançam peso maior que o das fêmeas. A partir de 60g de peso vivo unitário, as fêmeas diminuem seu crescimento devido ao deslocamento da energia para atividades reprodutivas, o que não é desejável em criações comerciais. Machos criados em gaiolas apresentam melhores índices de produção, com taxa de crescimento cerca de 2,4 vezes maior do que a das fêmeas e melhores índices de conversão alimentar (Coche, 1982). Por essas vantagens tem-se como objetivo obter populações monossexo de machos, e para isso é realizada a reversão sexual da tilápia do Nilo. Esse método visa a transformação de fêmeas em machos fenotípicos através do uso de hormônios masculinizantes nas rações das larvas (Lovshin, 1997; Popma & Lovshin, 1996; Afonso et al., 1993).

A tilápia do Nilo é uma espécie precoce que apresenta excelente desempenho em diferentes regimes de criação. Em regimes extensivos, apenas com adubação dos viveiros, alcança produtividades de até 3.500 kg/ha.ano, em densidades entre 8.000 e 10.000 peixes/ha. Em regimes semi-intensivos, com renovação de água (10 L/seg.ha) e

rações de boa qualidade, chega a produzir 15.000 kg de pescado/ha.ano, em densidades de 20.000 a 30.000 peixes/ha. De acordo com Carberry & Hanley (1997), em sistemas com alta renovação de água e aeração é possível a produção de 49.500 a 402.000 kg de tilápia/ha.safra.

Em tanques-rede ou gaiolas, a tilápia do Nilo tem atingido produtividades que variam de 70 kg/m<sup>3</sup> a 300 kg/m<sup>3</sup>, com o uso de rações completas e gaiolas de pequeno volume (Coche, 1982; Schmittou, 1997; Lovshin, 1997)<sup>1</sup>. Na última década, projetos bem sucedidos de melhoramento genético produziram linhagens de tilápias do Nilo com desempenho superior ao de linhagens comuns. É o caso específico da linhagem tailandesa, que exibe maior ganho de peso diário e melhores conversão alimentar aparente e viabilidade econômica na fase inicial de produção (Boscolo et al., 1998).

### 2.3 Influência da estrutura e da densidade de estocagem na produtividade

Muitos fatores influenciam a capacidade de sustentação, o desempenho e a sobrevivência dos peixes em gaiolas e tanques-rede. As características intrínsecas da espécie, qualidade da água, dimensões do tanque-rede, alimentação e a densidade de estocagem são os principais fatores que afetam o sucesso da criação de peixes neste sistema (Beveridge, 1984; 1987).

À medida que se aumenta o número de peixes por m<sup>3</sup>, a taxa de crescimento individual dos peixes decresce, porém a biomassa total obtida é maior (Huguenin et al., 1979; Coche, 1982; Balarin et al., 1982). Salmonídeos são criados comercialmente em gaiolas marinhas normalmente na densidade de 10-20 kg/m<sup>3</sup>. O tunídeo “yellowtail” *Seriola quinqueradiata* é criado comercialmente em grandes gaiolas na densidade de 1-10 kg/m<sup>3</sup> (Huguenin et al., 1978). Entretanto, essas densidades de estocagem são recomendadas apenas quando se pretende obter peixes com peso comercial ao redor de

---

<sup>1</sup> As produtividades obtidas referem-se a capacidade de sustentação da gaiola, ou máxima biomassa acumulada.

1,0 kg na despesca (Fujiya<sup>2</sup> citado por Huguenin et al., 1979). A densidade de estocagem tem efeito direto sobre o potencial de perda de alimento do tanque-rede e sobre o acesso dos peixes ao alimento. O aumento na densidade de estocagem aumenta o potencial de perda de alimento devido à maior turbulência provocada pela movimentação dos peixes durante a alimentação. Quando a densidade de estocagem é maior que 150 a 200 kg/m<sup>3</sup>, o acesso ao alimento durante as alimentações diminui para todos os peixes devido à biomassa que separa alguns peixes do comedouro. É típico em populações de peixes em tanques-rede que 3 a 5% dos indivíduos tenham crescimento reduzido ou nulo (Schmittou, 1997).

A máxima capacidade de sustentação de uma estrutura [C.S.(kg/m<sup>3</sup>)] é determinada pela disponibilidade de oxigênio dissolvido no interior da gaiola, e varia com os tamanhos da malha e da gaiola. Campbell<sup>3</sup> citado por Coche (1982), observou que tilápias do Nilo *Sarotherodon niloticus* criadas em gaiolas plásticas com malha de 25 mm, localizadas em águas bem oxigenadas e com boa circulação (2 cm/s), alcançavam índices de produtividade de 90 kg/m<sup>3</sup> em gaiolas de 1 m<sup>3</sup>; 70 kg/m<sup>3</sup> em gaiolas de 6 m<sup>3</sup>, e 40 kg/m<sup>3</sup> em gaiolas de 20 m<sup>3</sup>. Quanto menor a estrutura, maior o número de renovações completas de água que podem ser feitas por unidade de tempo, o que leva a um aumento na capacidade de sustentação. Isto é explicado pela relação entre a superfície lateral (ASL; m<sup>2</sup>) e o volume (V; m<sup>3</sup>) do tanque-rede ou gaiola. Quanto maior a relação ASL:V, maior é o potencial de troca de água, que pode ocorrer naturalmente ou ser induzido pela movimentação dos peixes (Schmittou, 1997).

Kilambi (1977) não observou influência de diferentes tamanhos de tanques-rede no crescimento de truta arco-íris *Onchochynchus mykiss* e do bagre do canal *Ictalurus punctatus*. Entretanto, testando a influência de diferentes tamanhos de tanques-rede no desempenho do pacu *Piaractus mesopotamicus*, Bozano & Ferraz de Lima (1994) concluíram que tanques-rede de 8 m<sup>3</sup> permitiram melhor crescimento, sobrevivência e

---

<sup>2</sup> FUJIYA, M. Coastal culture of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and red seabream (*Sparus major*) in Japan. In: FAO Technical Conference on Aquaculture, Kioto, 1976. Proceedings. Kioto: FAO, 1976. 10p.

<sup>3</sup> CAMPBELL, D. La technologie de construction des cages d'élevage de *Tilapia nilótica* (L.) dans le Lac de Kossou. Côtes d'Ivoire: Centre Dével. Pêches Lac Kossou, 1978. 31p.

homogeneidade dos peixes em comparação a tanques-rede de 1 m<sup>3</sup>. Uma das razões pode ser a menor perda de ração durante as alimentações nas gaiolas maiores.

#### 2.4 Influência do ambiente na produtividade

A criação de peixes em regime intensivo é baseada em elevadas densidades de estocagem e na utilização de rações de alta qualidade. Nestes sistemas os peixes são totalmente dependentes do alimento externo e, portanto, é indispensável que este alimento contenha todos os nutrientes necessários para um crescimento adequado. Os resíduos deste tipo de criação (alimentos não consumidos e material fecal) aumentam o teor de nutrientes no sistema, principalmente nitrogênio e fósforo, enriquecendo o ambiente. Esses dois nutrientes inorgânicos, associados à luz solar, são considerados fatores fundamentais para o crescimento, abundância e produtividade do fitoplâncton em ecossistemas aquáticos (Henry, 1990; Henry, 1993; Downing et al., 1992; Taylor et al., 1992; Bayne et al., 1992). Este enriquecimento é benéfico até o ponto em que promove aumento na população de peixes do ambiente natural. Entretanto, o super-enriquecimento do ambiente torna-se poluição, uma vez que favorece a proliferação de algas e o acúmulo de lodo anaeróbio, o que diminui a disponibilidade de oxigênio no meio (Beveridge, 1984; Schmittou, 1997). Esse problema pode ser minimizado através de um adequado dimensionamento da produção, no qual são estipulados limites máximos de fornecimento de ração por dia.

O fósforo é o principal nutriente que determina o processo da eutrofização nas águas tropicais (Marsden et al., 1995; Krom et al., 1989). A eutrofização é baseada nos níveis de sólidos em suspensão totais, e em componentes nitrogenados e fosfatados dissolvidos no efluente (Cho et al., 1994). A medida da visibilidade do disco de Secchi ou transparência da água (capacidade de penetração de luz) é comumente usada em tanques e represas destinados à aquicultura, como um indicador da concentração de fitoplâncton e da possibilidade de ocorrência de níveis críticos de oxigênio dissolvido (OD) durante o período noturno (Jamu et al., 1999). Sob condições de transparência maior que 40cm é muita rara a ocorrência de níveis de OD abaixo de 2 mg/L. O

crescimento da biomassa planctônica depende dos processos fotossintéticos do fitoplâncton. Através da fotossíntese, o fitoplâncton produz de 50 a 95% do oxigênio nos sistemas aquícolas, porém chega a consumir cerca de 50 a 80% do OD, em processos respiratórios. Portanto um equilíbrio entre fotossíntese e respiração é pré-requisito para a manutenção de uma constante composição química da água (Boyd, 1990).

Locais adequados para a instalação de tanques-rede devem apresentar o mínimo possível de eutrofização da água. A leitura da transparência da água usando o disco de Secchi é uma maneira simples de se avaliar o grau de eutrofização. Segundo Boyd (1990), se a transparência da água for maior que 200cm pode-se esperar uma produtividade dos tanques-rede elevada, acima de 200 kg/m<sup>3</sup>. Se a transparência da água estiver entre 80 e 200cm, ou seja, o ambiente apresentar nível médio de enriquecimento em nutrientes, a produtividade esperada é de até 200 kg/m<sup>3</sup>. Nos casos que a transparência da água estiver entre 40 e 80cm, a produtividade esperada é de até 150 kg/m<sup>3</sup>. O enriquecimento excessivo da água em nutrientes leva à formação de uma densa população de fitoplâncton nas camadas superficiais dos reservatórios e represas podendo causar problemas como formação de estratificação termoquímica do corpo d'água, morte súbita do fitoplâncton, entre outros.

Em corpos d'água ocorre normalmente o fenômeno da estratificação térmica. Como a densidade da água varia com a temperatura, as águas superficiais, mais quentes e menos densas, perdem a capacidade de se misturar com as águas mais profundas, mais densas e frias, originando três zonas térmicas distintas (epilímnion, termoclina e hipolímnion) ao longo da coluna d'água (Esteves, 1988; Tundisi, 1990). Observações de Henry (1990) sobre as condições limnológicas da Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP), demonstraram a ocorrência de estratificação durante a primavera, verão e outono, e destratificação no período de inverno, ou seja, o gradiente de temperatura oscilou muito pouco no seu perfil vertical neste período. Em períodos em que há a ocorrência da estratificação, as regiões termoclina e hipolímnion tendem a apresentar uma redução acentuada de OD e um aumento significativo do CO<sub>2</sub> total. Forma-se, desta maneira, uma barreira à renovação das águas no sentido vertical e todo o material orgânico sedimentado nas zonas mais profundas entra em processo de

decomposição. O decréscimo dos teores de OD, o incremento de condutividade elétrica e dos teores de CO<sub>2</sub> total são indicativos deste processo. O maior problema da eutrofização em reservatórios, principalmente aqueles considerados rasos, é o estresse causado aos peixes pelas mudanças bruscas de temperatura da água e pela variação nos teores de OD, no momento que o perfil térmico se torna homogêneo e as camadas de estratificação da coluna d'água se misturam de modo repentino.

O OD é o parâmetro de qualidade de água de maior importância para o crescimento e desempenho dos peixes em regimes de criação intensiva. Em projetos de piscicultura na Costa do Marfim, tilápias do Nilo sobreviveram em concentrações de 0,7 mg OD/L, ou 9% da saturação, por vários dias (Coche, 1982). Tilápias são extremamente tolerantes a baixos níveis de OD na água, no entanto o nível de 3,0 mg OD/L deve ser considerado como o limite inferior para criação de tilápias em gaiolas, pois abaixo deste valor ocorre decréscimo na taxa de crescimento dos peixes. Zonneveld & Fadholi (1991) observaram que o OD tem influência direta na taxa de ingestão de alimentos pelos peixes. O manejo correto da qualidade da água é instrumental para o sucesso de qualquer empreendimento na piscicultura. Na maioria das vezes, o baixo crescimento, doenças, parasitas e grandes mortandades de peixes estão associadas a problemas na qualidade da água (Masser, 1989). A água contém gases, íons inorgânicos e substâncias em solução, de origem orgânica ou inorgânica, em uma composição extremamente variada. A introdução de qualquer substância na água acarreta alterações em sua qualidade nem sempre benéficas aos organismos aquáticos (Tavares, 1994). A faixa de pH entre 6,5 e 9,0 é considerada adequada para a produção da maioria das espécies de peixes (Boyd, 1990).

Borgetti & Canzi (1993) discorrem sobre a tolerância térmica dos peixes e temperaturas ótimas para crescimento, resistência a doenças, entre outros. Como os peixes são animais pecilotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal se altera de acordo com a temperatura da água, a dinâmica de crescimento muscular não é só determinada pela genética dos peixes, mas também pelas condições ambientais, sendo a temperatura da água o principal determinante do crescimento desses animais (Weatherley & Gill, 1987). Dentro da faixa de conforto térmico para uma espécie de peixe, quanto maior a

temperatura, maior será a atividade metabólica, o consumo de alimento e, conseqüentemente, o crescimento (Carneiro et al., 1999c; Meade, 1989). Essa faixa ideal para crescimento, reprodução e minimização do estresse varia de acordo com a espécie. Para peixes de águas quentes ou tropicais como a tilápia do Nilo, a faixa de temperatura de 26 a 30°C é considerada ideal para o crescimento. Em temperaturas abaixo de 24°C, o consumo de alimento torna-se reduzido e abaixo de 18°C cessa completamente. Temperaturas de 10 a 14°C são letais para a maioria dos peixes tropicais (Lowe-McConnel, 1975).

O monitoramento da qualidade de água e o posicionamento correto dos tanques-rede nos corpos d'águas são de fundamental importância para o sucesso deste sistema de criação, pois os peixes confinados em tanques-rede não têm como se deslocar para locais de melhor qualidade da água (Ballarin & Haller, 1982; Beveridge, 1987).

Quando há grande quantidade de matéria em suspensão nos ambientes aquáticos, como silte ou argila, existe a possibilidade dela depositar-se na superfície das brânquias dos peixes, ocasionando lesões branquiais. Essas lesões são uma porta de entrada para os patógenos presentes nos corpos d'água, além da danificação física das lamelas branquiais secundárias, diminuindo sua capacidade respiratória (Pavanelli et al., 1998). Variações na concentração do OD provocam mudanças na velocidade de batimento opercular e modificam o nível tóxico de outros elementos presentes na água, devido ao aumento da exposição física do epitélio branquial (Carneiro et al., 1999c).

Os componentes físicos, químicos e biológicos dos ambientes aquáticos estão sob constantes mudanças, o que estimula respostas fisiológicas anormais e estresse nos peixes. O estresse ocorre quando um fator ambiental alcança ou ultrapassa os limites da faixa ideal para os peixes e passa a interferir na sua fisiologia. Os fatores estressantes podem ser agudos ou crônicos e, seus impactos sobre os peixes podem ser cumulativos ou aditivos. Densidades de estocagem muito altas, deterioração da qualidade da água, poluição e interações sociais são exemplos de condições ambientais estressantes crônicas para os peixes. Entre alguns indicadores de estresse estão as mudanças no comportamento (procura por ar na superfície da água) e na morfologia (aumento do pigmento melanina na pele) dos peixes. A incidência de doenças e sua severidade são



resultados da supressão do sistema imunológico dos peixes pelas secreções endócrinas produzidas e estimuladas pelo estresse (Pickering, 1993). O indicador fisiológico de estresse mais utilizado é a quantidade de hormônio cortisol no sangue. Em geral, quanto maior a concentração de cortisol maior o nível de estresse. Entre outros indicadores do estresse estão as mudanças na concentração de glicogênio, glicose, ácido lático e equilíbrio osmótico do sangue. Do ponto de vista prático, não é possível monitorar os níveis de cortisol ou outras respostas fisiológicas ao estresse, e por isso é necessário evitar ou minimizar fatores de manejo que possam estressar os peixes, que se refletem numa redução do ganho de peso e má conversão alimentar, fatores predisponentes de baixos níveis de produtividade que podem ser observados em pisciculturas em tanques-rede.

## 2.5 Biomassa econômica e capacidade de sustentação

Para maximizar lucro em piscicultura, alguns conceitos econômicos e de produção são necessários como Capacidade de Sustentação (CS), Biomassa Econômica (BE) e Biomassa Crítica (BC). CS é a biomassa máxima que o sistema de produção suporta, BE é aquela que maximiza o retorno do sistema e BC é o ponto de máximo ganho de peso em função da biomassa (Jolly & Clonts, 1993; Springborn et al., 1992).

A BE de um sistema de produção, ao longo de um ciclo de produção, pode ser determinada a partir da análise de sua produção em relação aos insumos utilizados. Como ração é um insumo de grande peso no custo de produção da tilápia (Scorvo et al., 1996, 1999; Carneiro et al., 1999b) pode-se obter a BE a partir da função de produção biomassa acumulada em função de ração acumulada (Sonoda, 2002). A Figura 1 ilustra o crescimento hipotético de tilápias (acúmulo de biomassa no sistema) em função do consumo de ração acumulado.

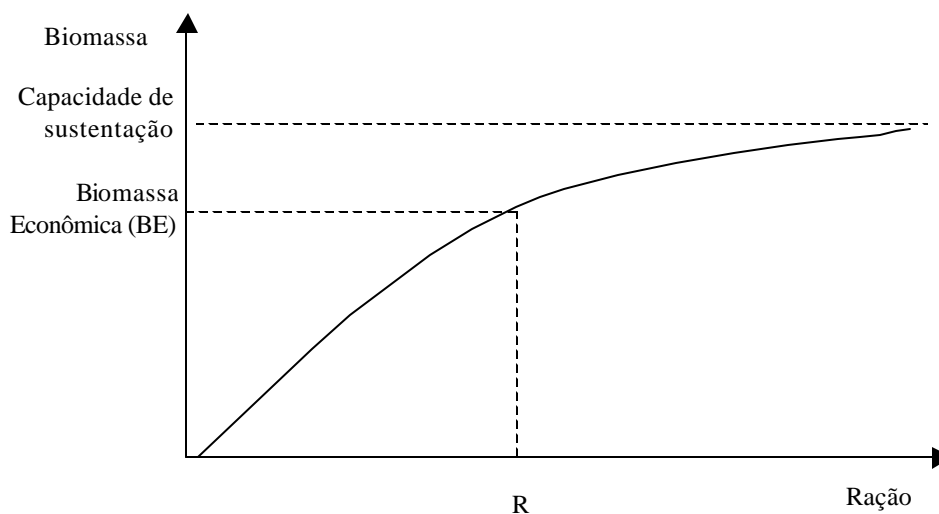


Figura 1 - Curva hipotética da evolução da biomassa acumulada em função do consumo de ração.

Fonte: Adaptado de Jolly & Clonts (1993).

Pela análise da Figura 1 pode-se inferir que há incrementos decrescentes de biomassa a medida que o consumo acumulado de ração aumenta. Isto implica num maior incremento nos custos de produção à medida que os peixes crescem.

A Figura 2 ilustra a curva hipotética de crescimento da biomassa do sistema em função do tempo. Considerando o número de peixes constante, observa-se na Figura 2 que para se atingir uma biomassa maior ou peixes de maior tamanho, é necessário um ciclo de produção mais longo, resultando num menor número de ciclos produtivos durante a vida útil do projeto à medida que os ciclos produtivos se prolongam.

Os incrementos de ganho de peso são crescentes até o ponto de inflexão da curva de crescimento, que corresponde a BC. A partir da BC, os incrementos de ganho de peso passam a ser decrescentes para um mesmo período de tempo (Jolly & Clonts, 1993). Quando os peixes atingem a CS, o ganho de peso torna-se nulo. Entre a biomassa crítica e a capacidade de suporte, ocorre a biomassa econômica (BE), que é o ponto ótimo de despesa, pois maximiza a lucratividade da produção. Continuar a criação além da BE resulta em redução da receita por volume, além do gasto adicional de tempo com a ocupação desnecessária da unidade de produção.

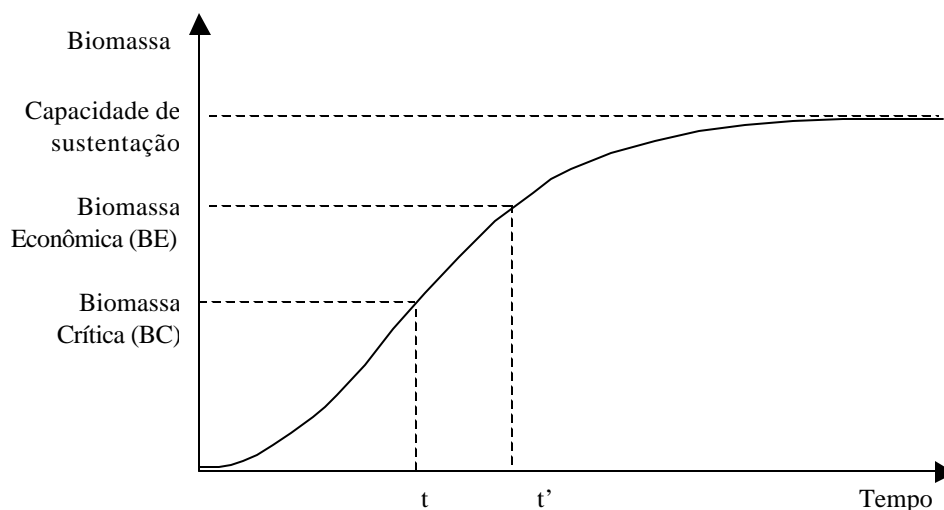


Figura 2 - Curva hipotética de crescimento para produção de determinada espécie de peixe em função do tempo.

Fonte: Adaptado de Jolly & Clonts (1993).

## 2.6 Alimentação e nutrição dos peixes em tanques-rede

Segundo Hepher (1978), o consumo total de alimento aumenta de forma proporcional ao tamanho dos peixes. À medida que o peixe cresce há uma maior exigência absoluta de energia para manutenção, como proposto pela equação de Winberg:

$$M = 0,071 \cdot (W)^{0,8}$$

Onde:

M = exigência diária em energia (kcal/dia) para a manutenção

W = peso vivo dos peixes (g)

Quanto menor for o peixe maior será a exigência relativa em energia para a manutenção (kcal/kg de peso corporal). Com o crescimento do peixe, há uma redução no

consumo relativo de alimento (% do peso corporal/dia). A capacidade de crescimento absoluta dos peixes aumenta proporcionalmente ao tamanho dos peixes de acordo com a equação de Yashouv (Hepher, 1978):

$$GDP = 0,18 \cdot (W)^{0,66}$$

Onde:

GPD = ganho diário de peso do peixe (g/dia)

W = peso vivo dos peixes (g)

Embora o crescimento absoluto dos peixes aumente proporcionalmente ao seu tamanho, quanto menor for o peixe, maior será o crescimento relativo (% de crescimento/dia). Das equações acima podemos inferir que a exigência de alimento para manutenção aumenta mais rápido que a taxa de crescimento, pois  $W^{0,8} > W^{0,66}$ . Portanto, a medida que o peixe cresce, maior será a quantidade de alimento necessária por unidade de peso acumulado, o que explica o aumento nos valores de conversão alimentar (CA) - relação entre a quantidade de alimento consumido por unidade de ganho de peso ou biomassa acumulada - com o crescimento dos peixes.

Segundo Cyrino et al. (1998), os índices de conversão alimentar aparente podem diferir entre espécies como resultado de diferenças no hábito alimentar, disponibilidade de nutrientes na ração, idade ou tamanho do peixe, estado de maturação sexual, temperatura da água e diferenças anatômicas e fisiológicas do trato gastrointestinal. O estresse nutricional é muito comum em peixes criados em tanque-rede e gaiolas. Alimentação e nutrição adequadas são fundamentais para um bom desempenho e sobrevivência dos peixes. Os maiores problemas de deficiências e distúrbios nutricionais em piscicultura intensiva são relativos às vitaminas, que são compostos muito instáveis e sujeitos a perdas por degradação, tanto no processamento como no armazenamento das rações.

Os sinais de deficiência nutricional decorrentes do uso de alimentos deficientes em algum nutriente, ou desbalanceados, ou ainda manufaturados com ingredientes de

baixa qualidade, podem aparecer em um curto espaço de tempo. Deficiências em aminoácidos essenciais, o triptofano em particular, podem causar lordose e escoliose, e a deficiência de metionina pode provocar o aparecimento de cataratas, especialmente em salmonídeos. Silva et al. (1989) consideram que a relação entre exigência de proteína e taxa de crescimento específico é linear, independente da espécie de peixe. As exigências de proteína na dieta geralmente decrescem com o aumento do tamanho e/ou idade dos peixes. Embora as exigências dietéticas de alevinos de tilápia, pesando entre 1 e 5 gramas, pudessem ser satisfeitas com 28% de proteína, o máximo crescimento dos peixes ocorreu apenas quando receberam uma dieta com 34% de proteína.

Balarin et al. (1982) constataram que alevinos de 20 a 40 g, estocados em uma biomassa inicial de 20 kg/m<sup>3</sup> e alimentados numa taxa de alimentação de 2,5 a 4,0% do peso corporal, alcançaram 200 g de peso vivo entre 120 a 150 dias, com conversão alimentar entre 2,0 e 2,5, quando alimentados com uma ração com 25% de proteína bruta. *S. aureus* podem alcançar uma taxa de crescimento de 1,0 a 1,7 g/dia e conversão alimentar de 1,0 a 1,8, quando criadas em densidades entre 200 a 300 kg/m<sup>3</sup>, com ração extrusada com 40% de proteína (Coche, 1982). *O. niloticus*, criadas na mesma densidade, obtiveram uma taxa de crescimento de 1,0 a 2,3 g/dia com conversão alimentar de 1,9 a 2,2, utilizando ração granulada com 25 a 30 % de proteína bruta. Tilápias vermelhas estocadas na densidade de 99 kg/m<sup>3</sup>, alimentadas com ração comercial com 28% de PB, apresentaram uma conversão alimentar de 2,2 (Carneiro et al., 1999a).

Em relação à taxa alimentar, Clark et al. (1990) observaram que a alimentação *ad libitum* entre 90 e 100% da saciedade promoveu melhor crescimento. Estas observações estão de acordo com afirmações de Schmittou (1997), que recomenda uma taxa de alimentação de 90% da saciedade como a quantidade ideal para criação de peixes em tanques-rede de pequeno volume.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do sistema de produção analisado

No presente estudo foi avaliada uma piscigranja comercial que englobou duas represas, situadas na propriedade rural Usina Açucareira Paredão, Município de Oriente, SP. As represas possuíam diferentes regimes de vazão e foram denominadas de Chapadão e Colônia Nova. Na Represa Chapadão, com área de espelho d'água de 3,3 ha, foi instalada uma piscigranja composta por nove gaiolas providas de tampas, feitas em tela de aço galvanizado revestido de PVC, com malha de 25,4 mm entre nós. A estrutura de flutuação foi construída utilizando-se barras de aço galvanizado de 3 mm e barricas plásticas de 200 L. Seis das gaiolas possuíam volume útil de 11,25 m<sup>3</sup> (4,50 x 2,50 x 1,00 m dentro da água), e 3 gaiolas contavam com volume útil de 9,00 m<sup>3</sup> (3,00 x 3,00 x 1,00 m), totalizando 94,50 m<sup>3</sup> de produção de peixes na represa. Anéis de alimentação, construídos em tela plástica rígida de malha 4 mm e emoldurados com mangueira plástica de 13 mm, foram fixados no centro das gaiolas. Estas gaiolas foram ancoradas no local da represa com profundidade de 3,5 m e fixadas em duas séries, uma de 5 e outra de 4 gaiolas, transversais ao fluxo de água.

Na represa da Colônia Nova, com área de espelho d'água de 8,8 ha, foram instaladas 27 gaiolas flutuantes, de tela de aço galvanizado revestido de PVC com malha de 25,4 mm entre nós. As gaiolas não eram uniformes em relação ao tamanho, com volume útil variando de 8 a 9 m<sup>3</sup> e formatos retangulares e quadrados. As tampas foram feitas com o mesmo material de construção das gaiolas. O volume útil de produção da represa foi de 235,70 m<sup>3</sup>. As estruturas de flutuação foram construídas na propriedade

com barras de aço galvanizado de espessura 3 mm e barricas plásticas de 200 L. As gaiolas estavam providas de anéis de alimentação, iguais àqueles anteriormente descritos e ancoradas em local com profundidade de 2,6 m. Foram fixadas em 2 séries: uma com 13 e outra com 14 gaiolas, transversais ao fluxo de água.

O sistema de manejo adotado foi criação intensiva de população monosexo masculina da tilápia do Nilo, linhagem tailandesa, em densidades que variaram de 300 a 600 peixes/m<sup>3</sup>. Os peixes foram alimentados 3 vezes ao dia (09h00m, 13h00m e 17h00m) até 100 g de peso vivo, com uma ração comercial extrusada flutuante (4mm) com 32% de proteína bruta (PB). Após esse peso, passaram a ser arraçoados 2 vezes ao dia (09h00m e 17h00m), com ração comercial extrusada flutuante (6 mm) com 32% PB. O manejo alimentar foi realizado manualmente e o acesso aos tanques-rede foi através de um barco. O produtor foi responsável pela aquisição dos insumos, pela produção e pela comercialização do produto, assumindo todos os riscos inerentes a atividade.

### 3.2 Metodologia de coleta dos dados biométricos e ambientais

As coletas dos dados de produção das criações de tilápias em tanques-rede foram conduzidas no período de setembro de 2001 a abril de 2002. Em setembro de 2001, foram realizadas biometrias iniciais nas gaiolas das 2 represas, e até abril de 2002 foram efetuadas biometrias mensais para coleta de dados de comprimento total e peso individual de uma amostra de 3% do total de peixes estocados. Para manuseio, os peixes foram retirados com puçás, colocados em caixas de plástico de 100 L, anestesiados com mentol, medidos individualmente e pesados em balança analógica com precisão de 5,0 g. O controle do uso de insumos (ração, medicamentos, entre outros) foi realizado diariamente por meio de planilhas preenchidas pelos tratadores, para o registro diário do consumo de alimento e ocorrências como mortalidades.

A temperatura da água foi monitorada diariamente nos horários de alimentação, pelos tratadores. As medições foram feitas com o uso de termômetro de mercúrio, a 5 cm da superfície d'água. Os demais indicadores de qualidade de água como pH, OD, amônia, transparência, dureza total e alcalinidade total, foram monitorados

quinzenalmente. As medições de OD foram realizadas a 5 cm da superfície d'água, com um oxímetro portátil YSI modelo 55 (Yellow Springs Instruments, OH, USA), em dez pontos ao longo do espelho d'água das represas, entre 08h00m e 09h00m, de setembro de 2001 a abril de 2002.

As análises de amônia, pH, dureza total e alcalinidade total foram realizadas utilizando-se um kit de análise de água portátil HACH (Mod. FF-42 Aqüicultura). A transparência da água foi medida pela visibilidade do disco de Secchi.

### 3.2.1 Fundamentos metodológicos do ajuste das curvas econômicas

#### 3.2.1.1 Estimativas das curvas de produção

As regressões foram realizadas com o auxílio do programa Econometric Views (Eviews). É um pacote estatístico desenvolvido de um conjunto de ferramentas para manipular dados de séries temporais (coletados ao longo do tempo). Com o Eviews é possível desenvolver uma relação estatística entre os dados e usar esta relação para prever valores futuros (QMS, 1998). Na determinação das funções de produção a partir dos dados de campo foram utilizados os seguintes formatos de curvas:

##### a) Função logística

Hoffmann (1998) apresenta a função logística como:

$$Y_i = \frac{\alpha}{1 + e^{-(\beta + \gamma \cdot X_i)}} \cdot e_i \quad (1)$$

onde  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são parâmetros,  $\alpha > 0$  e  $\gamma > 0$  e,  $e_i$  é o erro que se pressupõe proporcional ao valor da variável  $Y_i$ . O parâmetro  $\alpha$  representa a capacidade de sustentação da unidade de produção,  $\gamma$  está relacionado com a taxa de crescimento da função. E,  $\beta$  é um parâmetro de posição, isto é, mudando o valor de  $\beta$  enquanto os outros parâmetros são



mantidos fixos, a curva apenas se movimenta horizontalmente. A função tem ponto de inflexão para a abscissa  $X = -\beta/\gamma$ , quando  $f(X) = \alpha/2$  e, neste ponto a derivada da função é máxima. A representação da função logística está na Figura 3.

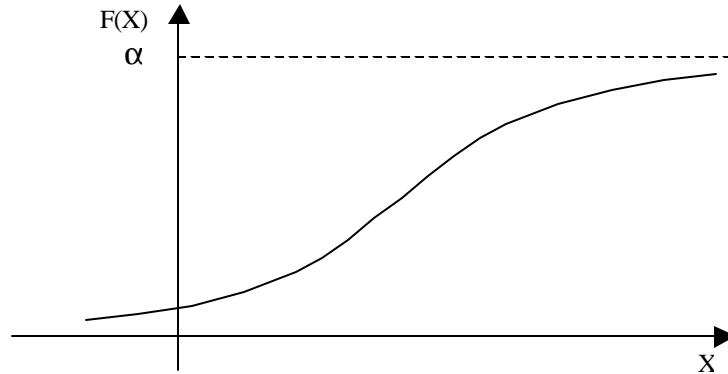


Figura 3 - Representação da função logística.

Fonte: Adaptado de Hoffmann (1998).

Uma das maneiras de se obter as estimativas preliminares de  $\beta$  e  $\gamma$  é desprezando-se o erro de (1), de forma a obter-se  $\ln[Y_i/(a - Y_i)] = \mathbf{b} + \mathbf{g} \cdot \mathbf{X}_i$  como a seguir:

$$\begin{aligned} \frac{Y_i}{a - Y_i} &= \frac{\frac{a}{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}}}{a - \frac{a}{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}}} = \frac{a}{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}} \cdot \frac{1}{\frac{a \cdot (1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}) - a}{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}}} \\ &= \frac{a}{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}} \cdot \frac{1 + e^{-(b+g \cdot X_i)}}{a \cdot (1 + e^{-(b+g \cdot X_i)} - 1)} = e^{(b+g \cdot X_i)} \\ \therefore \ln\left(\frac{Y_i}{a - Y_i}\right) &= \ln(e^{-(b+g \cdot X_i)}) = \mathbf{b} + \mathbf{g} \cdot \mathbf{X}_i \end{aligned} \quad (2)$$

Esse resultado sugere que, conhecida uma estimativa preliminar de  $\alpha$ , as estimativas de  $\beta$  e  $\gamma$  podem ser obtidas ajustando uma regressão linear simples de  $\ln[Y_i/(a - Y_i)]$  contra  $X_i$ .

#### b) Função de Mitscherlich

Hoffmann (1998) apresenta a função de Mitscherlich como:

$$f(X) = a \cdot [1 - 10^{-g \cdot (X + q)}] \quad (3)$$

onde  $\alpha > 0$ ,  $|10^{-\gamma}| < 1$  e  $-\alpha \cdot 10^{-\gamma \cdot \theta} < 0$ . O valor da função se aproxima assintoticamente de  $\alpha$  quando  $X$  tende para o infinito. O parâmetro  $\alpha$  corresponde a uma característica biológica da espécie, ou seja, à produção máxima que pode ser alcançada com o fornecimento de um determinado insumo em abundância, que neste caso é a ração. O parâmetro  $\theta$  representa a quantidade do insumo disponível no ambiente. E, o parâmetro  $\gamma$  é denominado coeficiente de eficácia e está relacionado com a intensidade do efeito da unidade de insumo no desenvolvimento da espécie. A representação gráfica da função Mitscherlich está na Figura 4.

Conhecida uma estimativa preliminar de  $\alpha$ , as estimativas de  $\gamma$  e  $\theta$  podem ser obtidas através do Método dos Mínimos Quadrados (Hoffmann, 1998).

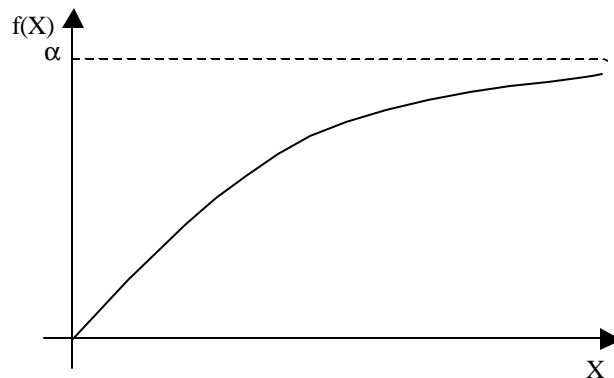


Figura 4 - Representação da função Mitscherlich.  
Fonte: Adaptado de Hoffmann (1998).

### 3.2.1.2 Maximização de lucro a partir de uma função de produção

A biomassa acumulada (BA) pode ser estimada por uma função de produção, tendo como argumentos as quantidades de insumos utilizados ( $X_i$ )<sup>4</sup>, os fatores ambientais<sup>5</sup> e os fatores ligados ao manejo do sistema<sup>6</sup>. Na presente pesquisa a BA foi calculada em função do principal insumo utilizado, a quantidade de ração acumulada no período (RA):

$$BA = f(RA) \quad (4)$$

A biomassa econômica é o valor de BA que maximiza o retorno econômico do sistema. Isto é, o ponto de despesca que maximiza o lucro. O lucro (L) representa a diferença entre a receita obtida com a venda do produto (R) e os custos de produção do sistema (C) (Varian, 1990):

$$L = R - C \quad (5)$$

<sup>4</sup> Entre outros podem ser citados os seguintes insumos: ração, alevinos e mão de obra.

<sup>5</sup> Oxigênio dissolvido, temperatura e qualidade da água são alguns exemplos de fatores ambientais.

<sup>6</sup> Densidade de estocagem, quantidade de ração fornecida, parcelamento deste arraçoamento, tipo de ração e de anel de alimentação são exemplos de variáveis relacionadas com o manejo.

A receita (R), é igual ao preço de venda (P) multiplicado pela quantidade total produzida (BA):

$$R = P \cdot BA \quad (6)$$

O custo (C), é igual a somatória dos preços de cada insumos ( $W_{RA}, W_1, \dots, W_n$ ) multiplicado por sua respectiva quantidade ( $RA, X_1, \dots, X_n$ ), acrescida dos custos fixos (F):

$$C = (RA \cdot W_{RA} + X_1 \cdot W_1 + \dots + X_n \cdot W_n) + F \quad (7)$$

Como a ração é o fator de peso preponderante nos custos, a equação (7) é reduzida para<sup>7</sup>:

$$C = RA \cdot W_{RA} \quad (8)$$

Substituindo-se as equações 6 e 8, em 5, obtém-se a seguinte função lucro (L):

$$L = P \cdot f(RA) - [RA \cdot W_{RA}] \quad (9)$$

Para maximizar a função lucro, deriva-se esta função em relação a ração acumulada:

$$\frac{\partial L}{\partial RA} = P \cdot f'(RA) - W_{RA} \quad (10)$$

A quantidade de ração (RA) que maximiza o lucro pode ser obtida fazendo (10) igual a zero e resolvendo para RA. Se a condição de segunda ordem for satisfeita, o valor obtido ( $RA_{m\acute{a}x}$ ) pode ser substituído na função de produção (4) para obter a biomassa que maximiza o lucro. Isto é, a biomassa econômica (BE) é dada por:

---

<sup>7</sup> no caso da piscicultura a ração representa um valor entre 50 a 70% do custo total de produção.

$$BE = f(RA_{m\acute{a}x}) \quad (11)$$

Substituindo-se os valores de biomassa e quantidade de insumos que maximizam o lucro na função lucro (9), mantendo-se os demais parâmetros constantes, obtém-se o lucro máximo do sistema:

$$L_{m\acute{a}x} = P \cdot BE - [(RA_{m\acute{a}x} \cdot W_{RA} + X_2 \cdot W_2 + \dots + X_n \cdot W_n) + F] \quad (12)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Indicadores ambientais

Os dados de OD das represas CN e CH são apresentados na Figura 5 e no Anexo 1, e os de temperatura da água (TA) na Figura 6 e no Anexo 2.

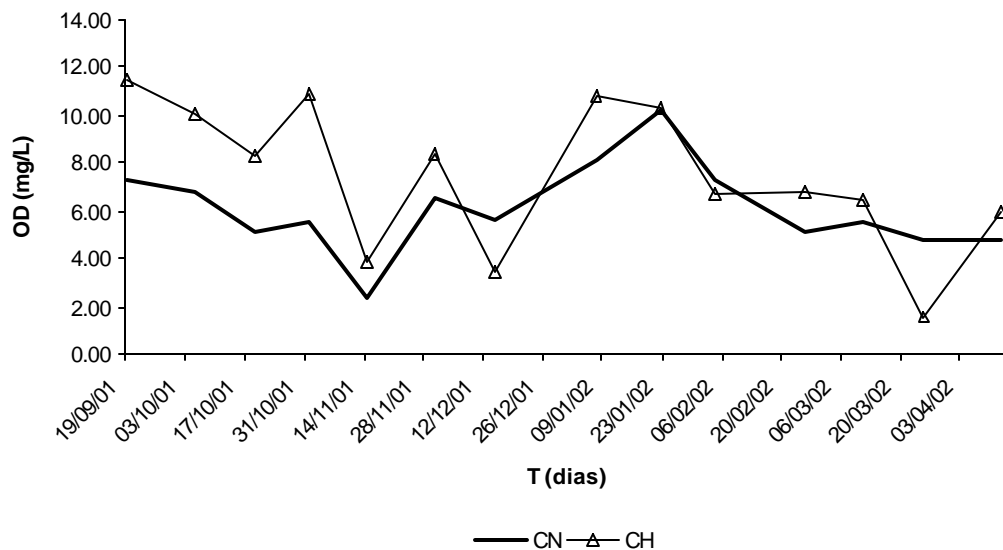


Figura 5 – Quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em função do tempo (T), nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em mg/L.

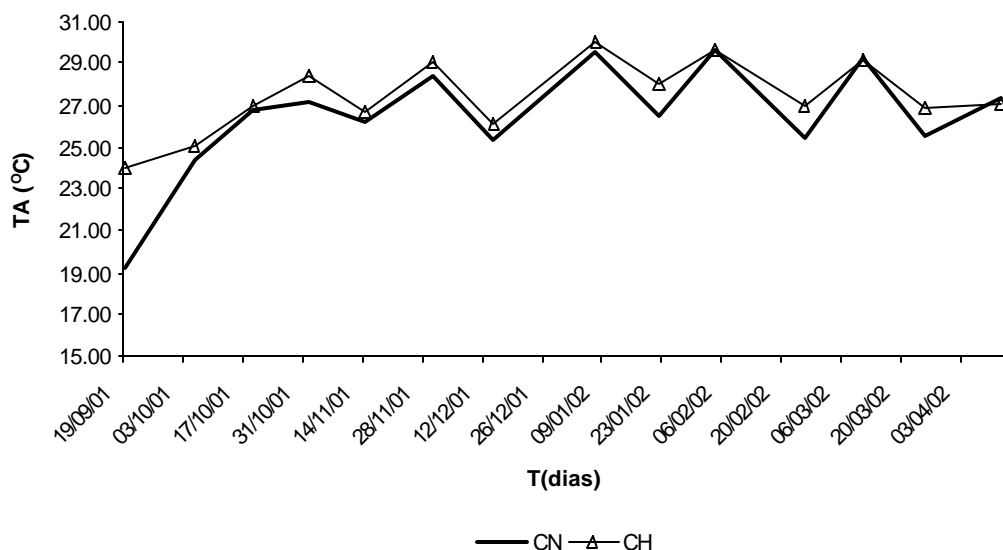


Figura 6 – Temperatura da água (TA) em função do tempo (T), nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em °C.

Os valores médios de OD nas represas CH e CN foram  $7,49 \text{ mg/L} \pm 3,08$  e  $6,08 \text{ mg/L} \pm 1,86$ , respectivamente. Na represa CN, foi constatado nível de OD abaixo de  $3 \text{ mg/L}$  em apenas uma ocasião, em 14/11/2001. Fortes chuvas ocasionaram expressiva entrada de material em suspensão, como silte e argila, e matéria orgânica na represa, através de enxurradas. Uma redução no nível de OD, pela mesma razão, ocorreu na represa CH, no dia 25/03/2002, atingindo o valor de  $1,58 \text{ mg/L}$ . Esta apresenta mata ciliar em quase todo o seu perímetro. Um projeto de recomposição da vegetação ao redor a represa CN está em andamento. Ambas são circundadas por áreas de pastagens e as respectivas nascentes que as abastecem estão localizadas fora da propriedade Usina Açucareira Paredão. O problema das enxurradas pode ser atribuído à má conservação do solo das propriedades a montante das represas. Material em suspensão, principalmente silte e argila, são altamente prejudiciais aos peixes, podendo depositar-se na superfície de suas brânquias, ocasionando lesões que são uma porta de entrada para os patógenos presentes nos corpos d'água, além da danificação física das lamelas branquiais

secundárias, diminuindo sua capacidade respiratória.

As temperaturas médias das águas das represas CN e CH foram de  $26,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,66$  e  $27,4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,73$ , respectivamente. Durante a maior parte do período de coleta de dados, os dois ambientes apresentaram temperaturas na faixa ideal de crescimento da tilápia do Nilo. Dentro da faixa de conforto térmico, de  $26$  a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , quanto maior a temperatura, maior a atividade metabólica, o consumo de alimento e conseqüentemente, o crescimento.

As temperaturas mínimas e máximas que ocorreram nas represas foram  $19,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  para CN e  $23,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  para CH, ambas dentro dos limites de tolerância térmica da espécie. Em temperaturas abaixo de  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o consumo de alimento torna-se reduzido e abaixo de  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  cessa completamente. Temperaturas de  $10$  a  $14^{\circ}\text{C}$  são letais para a maioria dos peixes tropicais (Lowe-McConnel, 1975). Na Figura 7 e no Anexo 3, são apresentados os dados de transparência da água, medida através da visibilidade do disco de Secchi.

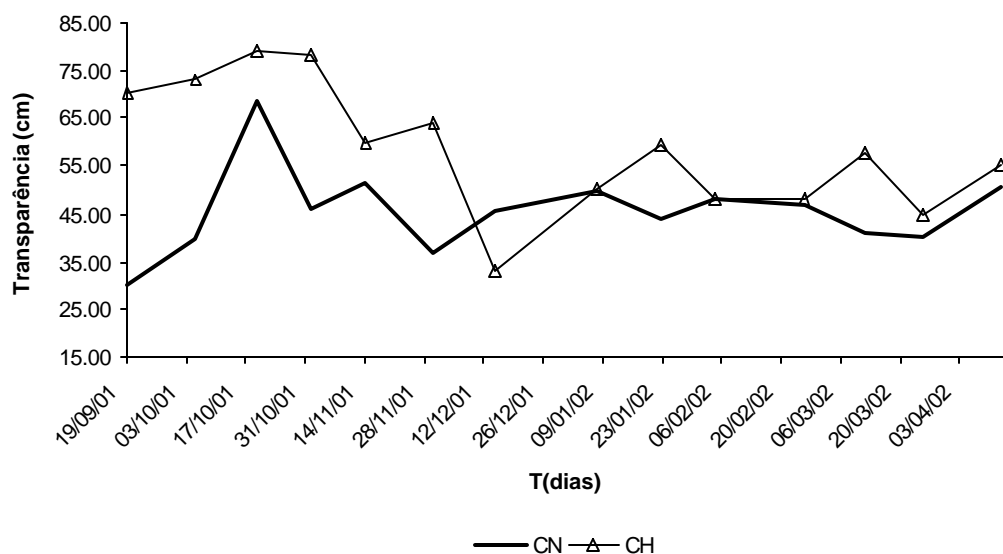


Figura 7 – Transparência da água em função do tempo, nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em cm.



Nas represas CN e CH os valores de transparência da água foram de  $45,7 \text{ cm} \pm 8,85$  e  $58,7 \text{ cm} \pm 13,34$ , respectivamente. A leitura da transparência da água usando o disco de Secchi é uma maneira simples de se avaliar o grau de eutrofização de corpos d'águas. Segundo Schmittou (1993), locais adequados para a instalação de tanques-rede devem apresentar o mínimo possível de eutrofização da água, para que não ocorram mudanças bruscas de OD e níveis críticos durante o período noturno. Os valores de transparência da CN e CH estiveram acima de 40 cm durante a maior parte do período de coleta de dados, valor limite para evitar a ocorrência de níveis de OD abaixo de 2 mg/L. No entanto em ambas as represas os valores médios de transparência estiveram bem próximos ao limite. Isso é um indicativo que essas águas estão com elevado nível de enriquecimento em nutrientes, possivelmente nitrogênio e fósforo. Esses dois nutrientes inorgânicos, associados à luz solar, são responsáveis pelo crescimento do fitoplâncton em ecossistemas aquáticos (Henry, 1990; Downing, 1992; Taylor et al., 1992; Bayne et al., 1992).

Durante a construção da represa CN não foi retirada a vegetação que ocupava grande parte da área inundada. Essa vegetação em decomposição pode estar gerando os nutrientes necessários para o desenvolvimento do fitoplâncton e consumindo parte do OD da água. O monitoramento constante da evolução da densidade planctônica das represas se faz necessário, visto que estes corpos d'água ainda recebem uma carga adicional de nitrogênio e fósforo, provenientes de fezes e restos de alimentos dos peixes dos tanques-rede.

#### 4.2 Determinação das curvas de produção

Para atingir os objetivos propostos no presente trabalho, as funções de produção foram divididas em 3 categorias. Na primeira categoria, as funções foram estimadas para CH e CN, separadamente. O intuito foi o de captar os efeitos das diferenças ambientais sobre o crescimento das tilápias. Foram estimadas funções tanto para o peso unitário médio (P) quanto para a biomassa acumulada (BA), ambas em função do tempo. Nessas

regressões foram considerados os dados dos tanques com densidade entre 300 e 400 peixes/m<sup>3</sup>.<sup>8</sup>

A forma funcional escolhida foi a representada na equação (1) e o seu parâmetro  $\alpha$  foi estimado em 200 kg/m<sup>3</sup>, que corresponde a biomassa acumulada máxima ou capacidade de sustentação dos tanques-rede nos dois ambientes analisados. Este valor foi baseado nos dados encontrados na literatura científica e pela escolha do melhor ajuste das curvas de regressão e corresponde, em termos de peso unitário médio, a 581g para a represa CN e 654g para CH, em função das densidades médias de estocagem dos tanques-rede dessas represas.

Para o peso unitário médio (P), os resultados obtidos nessa regressão são apresentados na Tabela 1. Observa-se que as estimativas são altamente significativas, tanto para CN quanto para CH.

Tabela 1. Resultados da regressão de peso unitário médio em função do tempo, para as represas Chapadão (CH) e Colônia Nova (CN).

	Estimativas	
	CN	CH
$\gamma$	0,018338 (17,08712) <sup>1</sup>	0,022279 (15,04459) <sup>1</sup>
$\beta$	-1,736945 (-32,39788) <sup>1</sup>	-2,256961 (-29,16694) <sup>1</sup>
R <sup>2</sup>	0,904016	0,974176
R <sup>2</sup> ajustado	0,900920	0,969872
SE da regressão <sup>2</sup>	0,202947	0,130214
SQ do resíduo <sup>3</sup>	1,276816	0,101734
F <sup>4</sup>	291,9698	226,3397
Prob.(F)	0,000000	0,000005

<sup>1</sup> Estatística “t” de Student

<sup>2</sup> Soma dos erros da regressão

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do resíduo

<sup>4</sup> Estatística F

<sup>8</sup> As densidades médias de estocagem consideradas foram de 306 peixes/m<sup>3</sup> e 344 peixes/m<sup>3</sup> para as represas CH e CN, respectivamente.

Durante o período de coleta de dados, nenhum tanque-rede dos ambientes analisados atingiu a capacidade de sustentação, sendo que a maior biomassa acumulada obtida foi de  $135 \text{ kg/m}^3$ . As estimativas de  $\beta$  e  $\gamma$  foram obtidas de acordo com a equação (2).

Algebricamente, as curvas estimadas podem ser representadas por:

$$P_{CN} = f(T) = \frac{581}{1 + e^{(-0,018338T + 1,736945)}} \quad (13)$$

$$P_{CH} = f(T) = \frac{654}{1 + e^{(-0,022279T + 2,256961)}} \quad (14)$$

onde:

P é o peso unitário médio do peixe (g); e,

T é a variável tempo (dias)

Graficamente, essas funções são apresentadas na Figura 8.

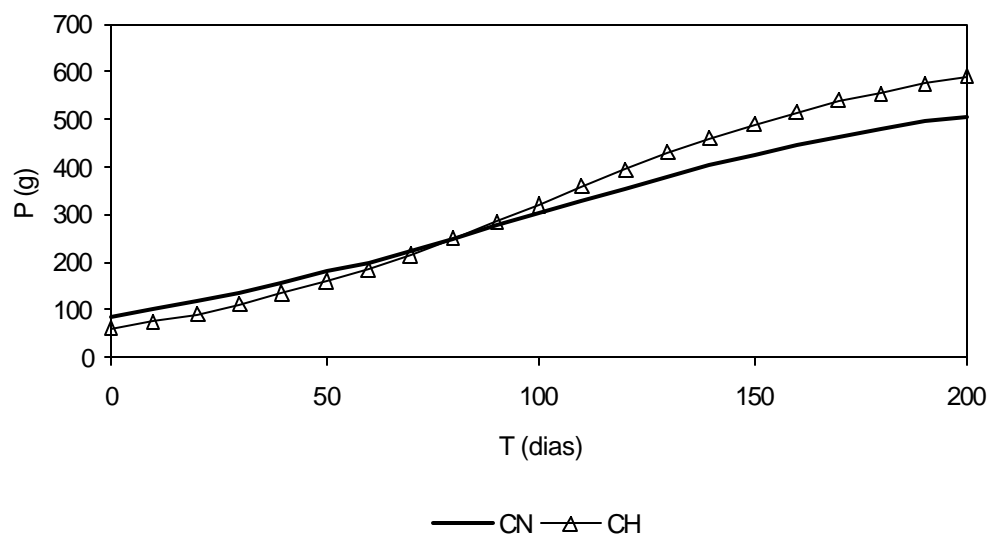


Figura 8 - Curvas de peso unitário médio (P), em gramas, em função do tempo (T), em dias, para as represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH).

O teste estatístico para medir uma possível diferença entre o desempenho de crescimento entre as represas CN e CH foi feito mediante o uso de uma variável “Dummy” nos dados agregados das duas represas. O teste indicou que o parâmetro estimado desta variável não é estatisticamente diferente de zero, e portanto, o crescimento dos peixes nas duas represas pode ser considerado semelhante.

O mesmo tipo de análise foi feito para a variável biomassa acumulada (BA)<sup>9</sup>. Os resultados dessa regressão, para CN e CH, são apresentados na Tabela 2. Observa-se que as estimativas são altamente significativas, tanto para CN quanto para CH.

<sup>9</sup> Biomassa acumulada (BA) = Densidade média de estocagem (nº de peixes/m<sup>3</sup>) x peso médio unitário dos peixes (P). Não foi constatada mortalidade em nenhum dos tanques-rede das duas represas.

Tabela 2. Resultados da regressão de biomassa acumulada em função do tempo, para as represas Chapadão (CH) e Colônia Nova (CN).

	Estimativas	
	CN	CH
$\gamma$	0,018384 (17,22478) <sup>1</sup>	0,022316 (14,99878) <sup>1</sup>
$\beta$	-1,735352 (-32,54671) <sup>1</sup>	-2,253537 (-28,98520) <sup>1</sup>
$R^2$	0,90539	0,974022
$R^2$ ajustado	0,902348	0,969692
SE da regressão <sup>2</sup>	0,201834	0,130832
SQ do resíduo <sup>3</sup>	1,262845	0,102702
$F^4$	296,6931	224,9633
Prob.(F)	0,000000	0,000006

<sup>1</sup> Estatística “t” de Student

<sup>2</sup> Soma dos erros da regressão

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do resíduo

<sup>4</sup> Estatística F

Algebricamente, as curvas estimadas podem ser representadas por:

$$BA_{CN} = f(T) = \frac{200}{1 + e^{(-0,018384T + 1,735352)}} \quad (15)$$

$$BA_{CH} = f(T) = \frac{200}{1 + e^{(-0,022316T + 2,253537)}} \quad (16)$$

onde:

BA é a biomassa acumulada (kg/m<sup>3</sup>); e,

T é a variável tempo (dias)

Graficamente, essas funções são apresentadas na Figura 9.

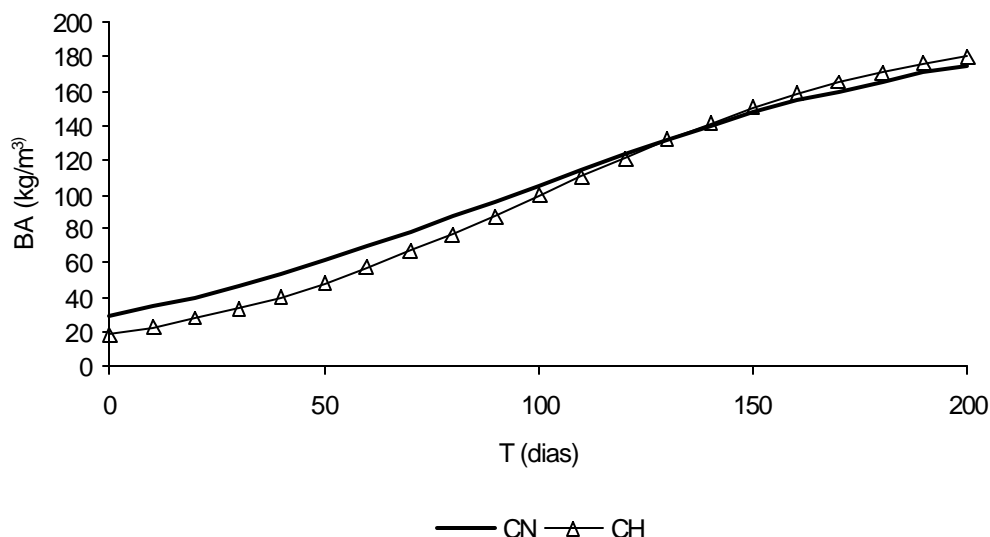


Figura 9 - Curvas de biomassa acumulada (BA), em  $\text{kg/m}^3$ , em função do tempo (T), em dias, para as represas CN e CH.

Da mesma forma que para o peso unitário médio, foi realizado o teste estatístico para medir uma possível diferença entre a biomassa acumulada dos tanques-rede das represas CN e CH. O teste indicou que o parâmetro estimado desta variável não é estatisticamente diferente de zero, e portanto, a biomassa acumulada nos tanques-rede nas duas represas pode ser considerada semelhante.

O desempenho similar dos peixes das represas CN e CH, em relação ao crescimento e a biomassa acumulada em função do tempo, pode ser explicado pelas condições de qualidade de água muito semelhantes com relação a OD, temperatura e transparência da água, considerando que a origem dos alevinos e da ração utilizada foi a mesma.

Em ambas as represas, embora os níveis médios de OD tenham sido satisfatórios, em alguns períodos estiveram abaixo de  $3,0 \text{ mg/L}$ , limite mínimo recomendado por Coche (1982). Os níveis mais baixos observados foram de  $1,58 \text{ mg OD/L}$  e  $2,40 \text{ mg OD/L}$ , nas represas CH e CN, respectivamente. Não foi constatada mortalidade nos tanques-rede nesses períodos, mas como medida de precaução a quantidade de

alimentação fornecida foi reduzida por aproximadamente 3 dias. Esses dados estão em concordância com os obtidos por Coche (1982), onde as tilápias do Nilo sobreviveram em baixas concentrações de OD por vários dias em projetos de piscicultura.

A medida da visibilidade do disco de Secchi (transparência) é usada em represas destinadas à aqüicultura como um indicador da concentração de fitoplâncton (Jamu et al., 1999). As represas CH e CN apresentaram valores médios de transparência de 58,7 cm e 45,7 cm, respectivamente, indicando elevadas concentrações planctônicas (Figura 7). A entrada de enxurradas, trazendo grande quantidade de material em suspensão para esses ambientes, causou o sombreamento do fitoplâncton, acelerando sua mortalidade. Com isso, o fitoplâncton deixou de realizar fotossíntese para geração de oxigênio na água e, adicionalmente, iniciou-se uma demanda de OD para sua decomposição, justificando os períodos de baixos níveis de OD nesses ambientes.

Vários autores concordam que quando os peixes são expostos a agentes estressantes como variações bruscas de componentes químicos, físicos ou biológicos dos ambientes aquáticos ou a práticas de manejo podem ocorrer os efeitos lesivos do estresse, resultando em redução do ganho de peso (Carneiro et al., 1999c; Pickering, 1993). Não se observou diferença entre os dois ambientes analisados, em relação a ganho de peso, biomassa final e sobrevivência para a densidade de estocagem de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> (Figuras 8 e 9). Acredita-se que a piora na qualidade da água das represas CH e CN por curtos períodos de tempo, cerca de 15 dias, não foi suficiente para afetar o desempenho das tilápias em tanques-rede, por ser uma espécie extremamente tolerante a baixos níveis de OD na água.

A segunda categoria de função de produção estimada levou em consideração a diferença entre densidade de estocagem (300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> versus 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>). O objetivo foi verificar o efeito de diferentes densidades na velocidade de crescimento, medida tanto em relação ao peso unitário médio (P) quanto em relação a BA. Para aumentar o número de observações nesta regressão, os dados da CH e CN foram agregados. Além disso, em função do peso médio inicial das duas densidades de estocagem serem diferentes (80 g para a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 35 g para 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>), para comparar o desempenho delas foi necessário desconsiderar o

peso médio inicial dos dados acumulados e ajustar as curvas de produção a partir de então. Para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> foram determinadas as densidades médias de 344 peixes/m<sup>3</sup> e 512 peixes/m<sup>3</sup>, respectivamente. A forma funcional escolhida foi a representada na equação (1) e o seu parâmetro  $\alpha$  foi estimado em 200 kg/m<sup>3</sup> e corresponde, em termos de peso unitário médio, a 581g para a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 390g para 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>, em função das densidades médias de estocagem dos tanques-rede dessas represas. As estimativas de  $\beta$  e  $\gamma$  foram obtidas de acordo com (2).

Para o peso unitário médio (P), os resultados obtidos nessa regressão são apresentados na Tabela 3. Observa-se que as estimativas são altamente significativas, para ambas as densidades.

Tabela 3. Resultados da regressão de peso unitário médio em função do tempo, para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>

	Estimativas	
	300 a 400 peixes/m <sup>3</sup>	500 a 600 peixes/m <sup>3</sup>
$\gamma$	0,031635 (11,17844) <sup>1</sup>	0,046388 (11,15706) <sup>1</sup>
$\beta$	-3,415325 (-22,28128) <sup>1</sup>	-4,042246 (-16,02211) <sup>1</sup>
R <sup>2</sup>	0,791083	0,879842
R <sup>2</sup> ajustado	0,784752	0,872774
SE da regressão <sup>2</sup>	0,369712	0,518041
SQ do resíduo <sup>3</sup>	4,510679	4,562228
F <sup>4</sup>	124,9574	124,4801
Prob.(F)	0,000000	0,000000

<sup>1</sup> Estatística “t” de Student

<sup>2</sup> Soma dos erros da regressão

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do resíduo

<sup>4</sup> Estatística F

Pela estatística “t” de Student nota-se que os parâmetros  $\gamma$  e  $\beta$  são diferentes de zero, tanto para a densidade de 300 a 400 como para a de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>. Portanto



pode-se afirmar que o peso dos peixes variou em função do tempo de cultivo para ambas as densidades.

Algebricamente, as curvas estimadas podem ser representadas por:

$$P_{300a400} = f(T) = \frac{581}{1 + e^{(-0,0316T+3,4153)}} \quad (17)$$

$$P_{500a600} = f(T) = \frac{390}{1 + e^{(-0,0464T+4,0422)}} \quad (18)$$

onde:

P é o peso unitário médio do peixe (g); e,

T é a variável tempo (dias)

Graficamente, essas funções são apresentadas na Figura 10.

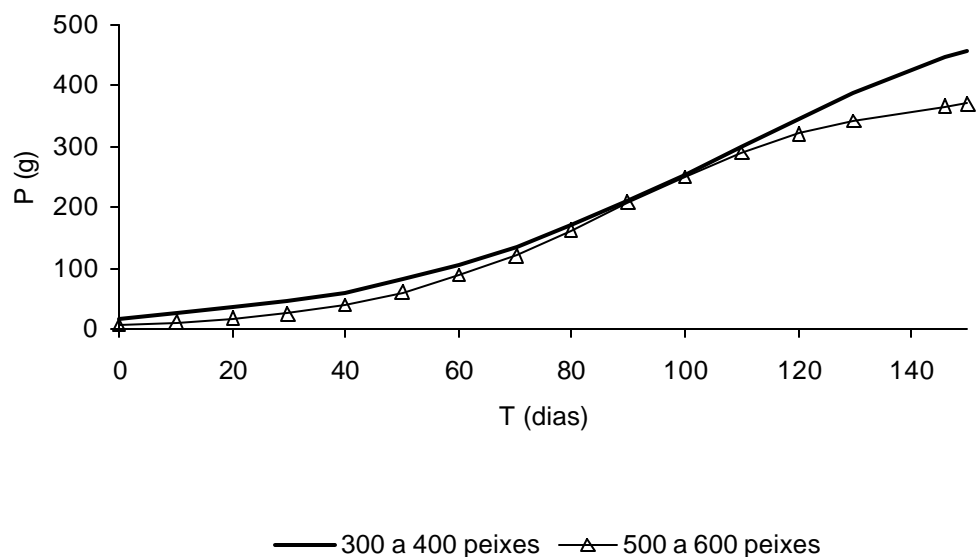


Figura 10 - Curvas de peso unitário médio (P), em gramas, em função do tempo (T), em dias, para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>.

O teste estatístico para medir uma possível diferença entre o desempenho de crescimento entre as duas densidades de estocagem foi feito mediante o uso de uma variável “Dummy” nos dados agregados das duas represas. O teste indicou que o parâmetro estimado desta variável não é estatisticamente diferente de zero, e portanto, o crescimento dos peixes nas duas densidades de estocagem pode ser considerado semelhante.

O mesmo tipo de análise foi feito para a variável biomassa acumulada (BA). Os resultados dessa regressão, para as duas densidades de estocagem, são apresentados na Tabela 4. Os dados de biomassa acumulada foram obtidos a partir dos dados de peso unitário do peixe desconsiderado o seu peso inicial da curva anterior. Multiplicaram esses valores por suas respectivas densidades médias.

Tabela 4. Resultados da regressão de biomassa acumulada em função do tempo, para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>

	Estimativas	
	300 a 400 peixes/m <sup>3</sup>	500 a 600 peixes/m <sup>3</sup>
$\gamma$	0,031556 (11,16431) <sup>1</sup>	0,047059 (11,30040) <sup>1</sup>
$\beta$	-3,422918 (-22,35825) <sup>1</sup>	-4,025777 (-15,93120) <sup>1</sup>
$R^2$	0,790665	0,882515
$R^2$ ajustado	0,784321	0,875604
SE da regressão <sup>2</sup>	0,369259	0,518874
SQ do resíduo <sup>3</sup>	4,499616	4,576918
$F^4$	124,6419	127,6991
Prob.(F)	0,000000	0,000000

<sup>1</sup> Teste “t” de Student

<sup>2</sup> Soma dos erros da regressão

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do resíduo

<sup>4</sup> Estatística F

Algebricamente, as curvas estimadas podem ser representadas por:

$$BA_{300a400} = f(T) = \frac{200}{1 + e^{(-0,0316T + 3,4229)}} \quad (19)$$

$$BA_{500a600} = f(T) = \frac{200}{1 + e^{(-0,0471T + 4,0258)}} \quad (20)$$

onde:

BA é a biomassa acumulada (kg/m<sup>3</sup>); e,

T é a variável tempo (dias)

Graficamente, essas funções são apresentadas na Figura 11.

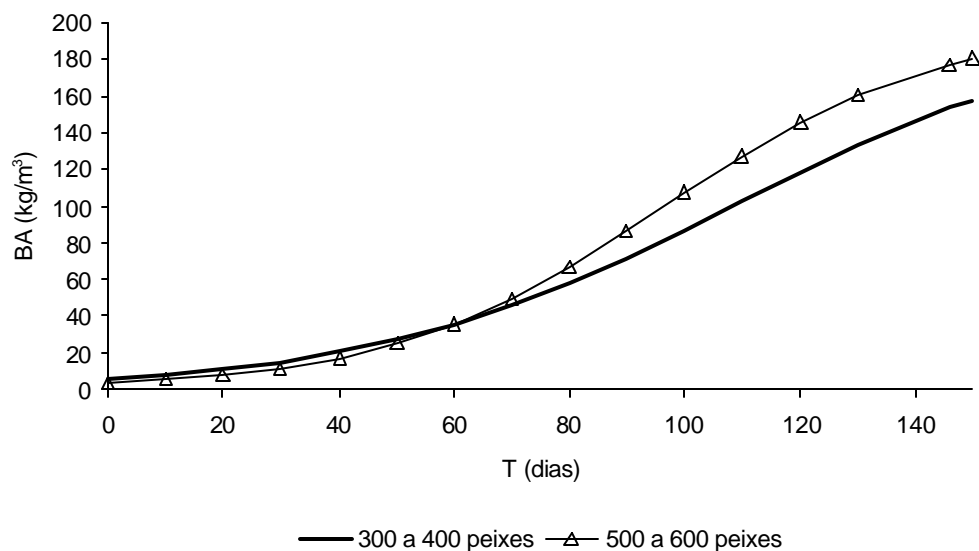


Figura 11 - Curvas de biomassa acumulada (BA), em  $\text{kg/m}^3$ , em função do tempo (T), em dias, para as densidades de 300 a 400 peixes/ $\text{m}^3$  e 500 a 600 peixes/ $\text{m}^3$ .

O mesmo tipo de teste estatístico para o peso médio unitário foi feito para a variável biomassa acumulada (BA), para medir uma possível diferença entre a biomassa acumulada entre as duas densidades de estocagem. O teste indicou que o parâmetro estimado desta variável é estatisticamente diferente de zero, e portanto, a biomassa acumulada nas duas densidades pode ser considerada diferente, sendo que a densidade de 500 a 600 peixes/ $\text{m}^3$  apresentou maior biomassa acumulada em função do tempo que a densidade de 300 a 400 peixes/ $\text{m}^3$ .

Isto pode ser explicado pelo fato da velocidade de crescimento individual dos peixes não ter sido afetada pelo aumento na densidade de estocagem, e os incrementos de biomassa passaram a ser maiores para a densidade de 500 a 600 peixes/ $\text{m}^3$ , em razão desta apresentar uma maior quantidade de peixes por  $\text{m}^3$  (Figura 11). Para a densidade de 300 a 400 peixes/ $\text{m}^3$ , o ganho de peso foi de 2,35g/dia e para a densidade de 500 a 600 peixes/ $\text{m}^3$  foi de 2,45 g/dia até cerca de 300 g de peso vivo unitário. Esses valores são superiores aos obtidos por McGinty (1991). O autor avaliou o desempenho de

tilápias do Nilo em gaiolas de 0,64, 0,83 e 1,25 m<sup>3</sup>, fixadas em viveiros. Os peixes foram estocados com 62 g de peso médio unitário, na densidade de 250 peixes/m<sup>3</sup>, por 146 dias. O ganho de peso foi de 2,10g/dia, 2,09g/dia e 2,24 g/dia para as gaiolas de 0,64, 0,83 e 1,25 m<sup>3</sup>, respectivamente. Para essa densidade de estocagem, o autor ponderou que o desempenho, em termos de ganho de peso, poderia ter sido melhor se não fossem as perdas de ração ocorridas durante a alimentação, em razão do pequeno volume das gaiolas. Yi & Lin (2001) obtiveram ganhos de peso de 4,27g/dia  $\pm$  0,18 para peixes estocados em gaiolas de 4 m<sup>3</sup>, colocadas em viveiros de 335 m<sup>2</sup>. Esse elevado valor de ganho foi devido à baixa densidade de estocagem utilizada, 50 peixes/m<sup>3</sup>.

Densidade de estocagem adequada é aquela representada pela maior quantidade de peixes produzida eficientemente por unidade de volume de um tanque-rede. Produção eficiente não significa o peso máximo que pode ser produzido, mas sim o peso que pode ser produzido com uma melhor conversão alimentar, num período curto e com um peso final aceito pelo mercado consumidor (Schmittou, 1969; Coche, 1982).

A maior biomassa acumulada por m<sup>3</sup> obtida com 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> foi 135 kg/m<sup>3</sup> e com 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> foi 180 kg/m<sup>3</sup>. Em nenhum dos casos observou-se perda de ração através da superfície d'água. Essas constatações foram feitas através de avaliação visual, por parte dos tratadores dos peixes. Estes forneciam ração a lanço, e ficavam observando os peixes consumirem todo o alimento. O procedimento foi facilitado pelo fato das rações serem extrusadas flutuantes. Essas observações contrastam com as obtidas por Schmittou (1997). O autor verificou que o incremento na densidade de estocagem aumentava a potencial perda de alimento devido à maior turbulência provocada pela movimentação dos peixes durante a alimentação, com destaque a densidade superior a 150 kg/m<sup>3</sup>. McGinty (1991) constatou aumento da conversão alimentar, devido a perda de alimento, para peixes em gaiolas de 0,64 m<sup>3</sup>.

Em todos os tanques-rede foram utilizados anéis de alimentação, e estes se mostraram um instrumento muito eficiente para conter a ração dentro dos tanques. Por outro lado pode ser um dos causadores da elevada variação de peso entre os peixes. Os peixes maiores tendem a dominar a área próxima ao anel de alimentação, dificultando a alimentação por parte dos peixes de menor tamanho. Uma solução seria passar a adotar

manejos seletivos para tamanho, como forma de minimizar o elevado coeficiente de variação dos peixes, em torno de 40%. São consideradas aceitáveis, do ponto de vista comercial, variações de peso de até 10%. Acima desse valor, torna-se um problema nas piscigranjas comerciais, devido à necessidade de padronização do peso dos peixes destinados à venda.

Biometrias e separação ou repicagem do lote de peixes são práticas de manejo necessárias para o acompanhamento do desenvolvimento dos animais e manutenção da ótima densidade de estocagem para desempenho e otimização do uso das instalações. No entanto, Carneiro et al. (1999c) afirmam que esses procedimentos são causadores de estresse agudo, principalmente devido à manipulação dos peixes que muitas vezes sofrem ferimentos. E recomendam que sejam feitos de forma rápida e cautelosa, de preferência com o uso de anestésicos e outros produtos como sal, além de ser indispensável o treinamento do pessoal responsável pela tarefa.

Finalmente a terceira categoria de função de produção estimada é aquela de biomassa acumulada (BA) em função da quantidade de ração acumulada (RA) para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>. Esta regressão foi estimada para determinar a biomassa econômica (BE) e comparar a conversão alimentar dos peixes entre as densidades analisadas. Neste caso, ao invés de utilizar a forma funcional (1), foi escolhida a forma funcional (3). Isto decorreu do fato desta apresentar o melhor coeficiente de determinação. O seu parâmetro  $\alpha$  foi estimado em 200 kg/m<sup>3</sup>. As estimativas de  $\gamma$  e  $\theta$  foram obtidas através do Método dos Mínimos Quadrados Não Lineares.

Tabela 5. Resultados da regressão de biomassa acumulada em função da quantidade de ração consumida durante o ciclo de produção.

	Estimativas	
	300 a 400 peixes/m <sup>3</sup>	500 a 600 peixes/m <sup>3</sup>
$\gamma$	-0,001884 (-15,03444) <sup>1</sup>	-0,002680 (-6,113579) <sup>1</sup>
$\theta$	-0,066106 (-12,94272) <sup>1</sup>	-0,061152 (-3,062550) <sup>1</sup>
R <sup>2</sup>	0,859530	0,758188
R <sup>2</sup> ajustado	0,856604	0,748112
SE da regressão <sup>2</sup>	9,529149	25,94786
SQ do resíduo <sup>3</sup>	4358,625	16159,00
F <sup>4</sup>	293,7103	75,25060
Prob.(F)	0,000000	0,000000

<sup>1</sup> Estatística “t” de Student

<sup>2</sup> Soma dos erros da regressão

<sup>3</sup> Soma dos quadrados do resíduo

<sup>4</sup> Estatística F

Algebricamente, as curvas estimadas podem ser representadas por:

$$BA_{300a400} = f(RA) = 200 \cdot (1 - 10^{(-0,001884 \cdot RA - 0,066106)}) \quad (21)$$

$$BA_{500a600} = f(RA) = 200 \cdot (1 - 10^{(-0,002680 \cdot RA - 0,061152)}) \quad (22)$$

onde:

f(RA) = (BA) biomassa acumulada (kg/m<sup>3</sup>)

RA = quantidade de ração consumida (kg/m<sup>3</sup>)

Graficamente, essas funções são apresentadas na Figura 12.

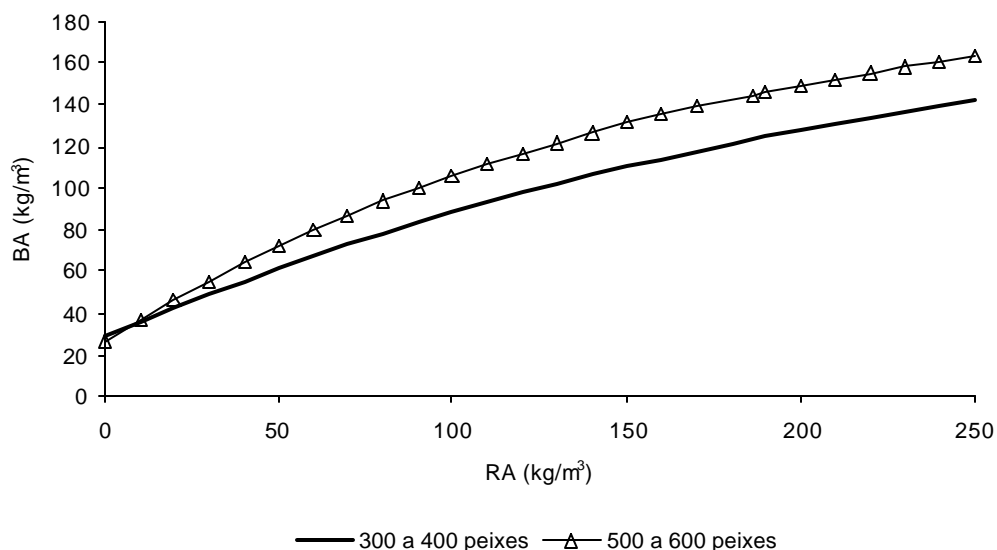


Figura 12- Curvas de biomassa acumulada (BA) em função da quantidade de ração consumida (RA) durante o ciclo de produção, para as densidades de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> e 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>.

O teste estatístico para medir uma possível diferença entre a biomassa acumulada em função de ração acumulada entre as duas densidades de estocagem foi feito mediante o uso de uma variável “Dummy” nos dados agregados das duas represas. O teste indicou que o parâmetro estimado desta variável é estatisticamente diferente de zero, e portanto, a biomassa acumulada nas duas densidades de estocagem pode ser considerada diferente, sendo que a densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> apresentou maior biomassa acumulada em função da ração acumulada ou melhor índice de conversão alimentar que a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>. Para 100 kg de ração acumulada (RA), a CA da densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup> foi de 1,65 kg ração por kg de peixe. A densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> apresentou, para a mesma quantidade de ração, a CA de 1,25. Ou seja, para 100 kg de ração o ganho de biomassa foi de 60 kg de peixes/m<sup>3</sup> para a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, e de 80 kg para a densidade de 500 a 600. Se for considerado o mesmo peso final para ambas as densidades, 258 g de peso vivo unitário,



observou-se que praticamente não houve diferença, em termos de tempo, para que os peixes alcançassem este peso, cerca de 82 dias (Figura 10).

O presente estudo mostrou que para obtenção de peixes de cerca de 412 g, ou biomassa acumulada de 141 kg/m<sup>3</sup>, a CA foi de 2,2, na densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>. Lovshin (1997) destaca que em sistemas super intensivos de produção, como tanques-rede, a conversão alimentar de peixes pode ser de 1,7 a 2,0, para peixes de 400 a 500g. Para *S. niloticus* criadas também em densidades de 200 a 300 kg/m<sup>3</sup>, Coche (1982) observou uma taxa de crescimento de 1,0 a 2,3 g/dia e conversão alimentar de 1,9 a 2,2, utilizando ração granulada com 25 a 30 % de proteína bruta. Carneiro et al. (1999a) constatou em experimento com tilápias vermelhas alimentadas com ração comercial com 28% de PB e criadas em gaiolas de 13,5 m<sup>3</sup>, numa densidade de estocagem de 99 kg/m<sup>3</sup> (240 peixes/m<sup>3</sup>), uma conversão alimentar de 2,2.

A tilápia do Nilo é um peixe filtrador extremamente eficiente, que utiliza o alimento natural como base de sua dieta. Quando criada no sistema de tanques-rede, a complementação que esta fonte de alimento natural pode fazer às rações fornecidas normalmente não é suficiente para suprir as exigências em vitaminas, minerais e aminoácidos da espécie (New et al., 1994). No entanto, não se pode descartar a hipótese de contribuição do plâncton para o crescimento dos peixes na densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>, visto que o consumo de ração por peixe foi menor e estes apresentaram crescimento semelhante aos dos peixes da densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>.

O cálculo da quantidade de ração fornecida para os peixes dos dois ambientes foi baseado no guia de taxas de alimentação diária e frequência de alimentação para a produção de tilápia do Nilo em tanques-rede, utilizando uma ração de 32% de proteína bruta e alimentando os peixes até o ponto de saciedade, elaborado por Schmittou (1997). Nesse guia, a quantidade de ração foi calculada de acordo com o peso médio unitário dos peixes, biomassa e com a temperatura superficial da água. Clark et al. (1990) encontraram que a alimentação *ad libitum* entre 90 e 100% da saciedade (ingestão voluntária – IV) promoveu melhor crescimento, o que está de acordo com Schmittou (1993), que recomenda uma taxa alimentar de 90% da saciedade como quantidade ideal.

A quantidade diária de ração fornecida para os peixes em tanques-rede, nas represas CH e CN, foi de 90% da IV. Para Schmittou (1993), a administração de menores quantidades resultaria em melhores índices de CA, uma vez que as perdas alimentares seriam reduzidas. Entretanto, a taxa de crescimento seria reduzida também. Taxas alimentares maiores que 90% da IV geralmente resultam em piores índices de CA, mas garantem melhores taxas de crescimento.

A qualidade da ração, a taxa de alimentação e a conversão alimentar são essenciais para que o sistema de criação de peixes em tanques-rede seja viável economicamente. Além disso, a utilização de rações de boa qualidade diminui a poluição do ambiente.

#### 4.3 Determinação da biomassa econômica por densidade de estocagem

A partir da função de produção de biomassa em função da ração foi possível encontrar a biomassa econômica do sistema.

Para 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, substituindo (19) em (9), obtém-se (23) e (24):

$$L = P \cdot BA - W_R \cdot RA - F \quad (23)$$

$$L = P \cdot a \cdot (1 - 10^{(-g \cdot RA)}) - W_R \cdot RA - F \quad (24)$$

Derivando a função lucro (24) em relação à quantidade de ração utilizada obtemos:

$$\frac{\partial L}{\partial RA} = -a \cdot P \cdot \left( \frac{\ln 10}{10^{(-g \cdot RA)}} - g \right) - W_R \quad (25)$$

Igualando (25) a zero obtemos a quantidade de ração que maximiza o lucro (L):

$$RA_{máx} = \frac{\log\left(\frac{W_R}{\mathbf{a} \cdot P \cdot \ln 10 \cdot \mathbf{g}}\right)}{-\mathbf{g}} \quad (26)$$

Substituindo (26) em (19) obtemos a biomassa econômica (BE):

$$BE = \mathbf{a} \cdot \left(1 - \frac{W_R}{\mathbf{a} \cdot P \cdot \ln 10 \cdot \mathbf{g}}\right) \quad \text{ou,} \quad (27)$$

$$BE = 200 \cdot \left(1 - \frac{W_R}{200 \cdot P \cdot \ln 10 \cdot 0,001884}\right) \quad (28)$$

Para 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup>, a BE pode ser expressa algebricamente por:

$$BE = 200 \cdot \left(1 - \frac{W_R}{200 \cdot P \cdot \ln 10 \cdot 0,002680}\right) \quad (29)$$

Foram considerados os preços de ração, dos peixes adultos e dos alevinos vigentes no mercado, de R\$ 0,68/kg, R\$ 2,00/kg e R\$ 55,00 por milheiro, respectivamente. O custo fixo (F) foi calculado considerando-se um investimento total de R\$ 36.446,44 (deflacionados para 2001) para instalação de 330,20 m<sup>3</sup> de tanques-rede mais: veículo de transporte, barcos e construções de instalações. Considerando a vida útil dos tanques-rede de 5 anos e 2 ciclos de produção ao ano, obteve-se uma depreciação (D) de R\$ 11,04/m<sup>3</sup> por ciclo. O valor dos custos operacionais descontado os custos da ração e dos alevinos (CO) foi de R\$ 17.219,38 ao ano e englobam gastos com: funcionários, assistência técnica, telefone e com a manutenção de veículos e instalações. Obteve-se um custo operacional, descontado ração e alevinos, de R\$ 26,07 /m<sup>3</sup> por ciclo. Portanto o custo fixo (F) para as diferentes densidades nada mais é do que

a depreciação acrescida dos custos operacionais descontada a ração. Para a densidade média de 344 peixes/m<sup>3</sup>, o valor de F é igual a R\$ 37,11/m<sup>3</sup> por ciclo (D + CO) acrescido do custo dos alevinos R\$ 18,92/m<sup>3</sup> por ciclo, totalizando R\$ 56,03. Para a densidade de 512 peixes/m<sup>3</sup>, o custo de alevinos foi de R\$ 28,16/m<sup>3</sup> por ciclo e o valor de F, neste caso foi de R\$ 65,27/m<sup>3</sup> por ciclo.

A biomassa econômica encontrada para a densidade média de estocagem de 344 peixes/m<sup>3</sup> foi de 121 kg/m<sup>3</sup>, ou seja, peixes de 354 g em média. A receita obtida foi de R\$ 242,00/m<sup>3</sup> por ciclo para um L máximo de R\$ 64,82/m<sup>3</sup> por ciclo de produção.

Para a densidade de estocagem de 512 peixes/m<sup>3</sup>, a biomassa econômica foi de 145 kg/m<sup>3</sup>, para peixes de 283 g em média. A receita obtida foi de R\$ 290,00/m<sup>3</sup> por ciclo para um L máximo de R\$ 98,06/m<sup>3</sup> por ciclo de produção.

## 5 CONCLUSÕES

A criação de tilápias em tanques-rede é uma excelente alternativa para o aproveitamento racional de corpos d'água impróprios para a prática da piscicultura convencional. Por causa da carência de dados sobre a produtividade de tilápias em tanques-rede ou gaiolas, muitos produtores e empresários rurais relutam em investir neste sistema de produção.

O presente estudo buscou analisar e compreender a influência das condições ambientais no desempenho dos peixes em tanques-rede, determinar as funções de produção da tilápia do Nilo e a biomassa econômica para diferentes densidades de estocagem através de dois estudos de caso.

Não foram observadas diferenças de desempenho dos peixes em tanques-rede das represas Chapadão e Colônia Nova, para a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, devido ao fato dos dois ambientes possuírem indicadores de qualidade de água como oxigênio dissolvido, temperatura da água e transparência muito parecidos e dentro dos limites aceitáveis para a tilápia do Nilo. Embora os resultados obtidos de desempenho dos peixes tenham sido satisfatórios, os elevados níveis de enriquecimento das águas das duas represas analisadas não são desejáveis para criações de peixes em tanques-rede, recomendando-se não produzir mais que 150 kg de peixes/m<sup>3</sup> de tanque-rede nessas condições. Vale destacar que locais adequados para a instalação de tanques-rede devem apresentar o mínimo possível de eutrofização da água.

A densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> apresentou maior biomassa acumulada que a densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação a peso médio unitário dos peixes em função do tempo, indicando que o

aumento na densidade de estocagem não afetou a taxa de crescimento individual dos peixes, apresentando vantagens como otimização do espaço e tempo de produção.

Outra vantagem apresentada foi em relação à conversão alimentar. A densidade de 500 a 600 peixes/m<sup>3</sup> apresentou maior eficiência alimentar indicando um maior ganho de biomassa para a mesma quantidade de ração consumida. O lucro por ciclo de produção foi 51,3% superior ao da densidade de 300 a 400 peixes/m<sup>3</sup>, sendo portanto mais rentável economicamente.

Muitos piscicultores ainda levam suas produções até a capacidade de sustentação dos tanques-rede ou fazem as despescas antes deles atingirem a biomassa crítica, o que resulta, em ambos os casos, numa redução de lucro para o produtor.

O conceito de biomassa econômica deve ser entendido e incorporado na rotina das piscigranjas comerciais, como forma de maximização de lucro. No mercado atual, o monitoramento constante dos custos de produção e a escolha de densidades de estocagem mais eficientes não são mais vantagens competitivas e sim uma necessidade, visto o crescente aumento dos preços dos insumos e a impossibilidade de repasse desses aos pesque-pagues, atividade de lazer relacionada a pesca esportiva.

O peso de venda dos peixes é outro ponto a ser destacado. Nesse trabalho visou-se a avaliação da produção de juvenis. Antes da escolha da densidade de estocagem, primeiro o piscicultor precisa analisar a demanda do mercado por determinado peso de venda dos peixes, para então dimensionar a quantidade de peixes por m<sup>3</sup> e reavaliar seus custos de produção.

O aumento do número de piscicultores e da quantidade produzida de peixes por piscicultor tem acirrado a concorrência e trazido dificuldades na comercialização dos peixes vivos junto aos pesque-pagues. Dentre as dificuldades pode-se citar a redução do preço do peixe pago ao piscicultor e a excessiva demora na colocação do produto.

Estudos de densidade de estocagem para outras dimensões de tanques-rede em diferentes ambientes seriam bastante pertinentes para o dimensionamento de novos projetos de produção e para geração de mais informações, com o objetivo de aumentar a rentabilidade dos piscicultores. Para piscigranjas comerciais que visam produção em larga escala, gaiolas grandes apresentam vantagens como menor necessidade de mão de

obra para alimentação e manutenção dos tanques, e menor custo de investimento. Existem muito poucos estudos nesse sentido.

# **ANEXOS**



Anexo 1. Quantidade de oxigênio dissolvido (OD) em função do tempo, nas represas Colônia Nova (CN) e Chapadão (CH), de setembro de 2001 a abril de 2002, em mg/L.

Data	Oxigênio Dissolvido (OD)	
	mg/L	
	CN	CH
19/09/01	7,27	11,47
05/10/01	6,82	10,05
19/10/01	5,09	8,25
01/11/01	5,55	10,87
14/11/01	2,40	3,87
30/11/01	6,54	8,37
14/12/01	5,61	3,42
07/01/02	8,11	10,80
22/01/02	10,25	10,30
04/02/02	7,30	6,72
25/02/02	5,10	6,79
11/03/02	5,60	6,45
25/03/02	4,75	1,58
12/04/02	4,71	6,00
Média	6,08	7,49
Desvio Padrão	1,86	3,08

Anexo 2. Temperatura da água (TA) em função do tempo, nas represas CN e CH, de setembro de 2001 a abril de 2002, em °C.

<b>Data</b>	<b>Temperatura da água (TA)</b>	
	<b>°C</b>	
	<b>CN</b>	<b>CH</b>
19/09/01	19,20	23,90
05/10/01	24,30	25,10
19/10/01	26,81	26,98
01/11/01	27,10	28,35
14/11/01	26,17	26,70
30/11/01	28,40	29,00
14/12/01	25,33	26,07
07/01/02	29,49	29,97
22/01/02	26,49	27,97
04/02/02	29,60	29,60
25/02/02	25,45	26,95
11/03/02	29,22	29,13
25/03/02	25,51	26,88
12/04/02	27,30	27,06
Média	26,46	27,40
Desvio Padrão	2,66	1,73

Anexo 3. Transparência da água em função do tempo, nas represas CN e CH, de setembro de 2001 a abril de 2002, em cm.

Data	Transparência	
	cm	
	CN	CH
19/09/01	30,00	70,00
05/10/01	40,00	73,00
19/10/01	68,60	79,30
01/11/01	46,22	78,30
14/11/01	51,60	59,90
30/11/01	37,00	64,00
14/12/01	45,57	33,40
07/01/02	50,00	50,30
22/01/02	44,10	59,20
04/02/02	48,00	48,00
25/02/02	47,00	48,00
11/03/02	41,20	57,50
25/03/02	40,10	44,90
12/04/02	50,70	55,30
Média	45,72	58,65
Desvio Padrão	8,85	13,34

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFONSO, L.O.B.; D.H. GUDDE, E.M; LEBOUTE, E.S.M.G.; SOUZA, S.M.G.  
Método para a incubação artificial de ovos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.502-505, 1993.
- BALARIN, J.D., HALLER, R.D. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In: MUIR, J.F.; ROBERTS, R.J. (Ed.). **Recent Advances in Aquaculture**. Londres: Croom Helm, 1982. p.267-355.
- BAO-TONG, H. Cage culture development and its role in aquaculture in China. **Aquaculture and Fisheries Management**, v.24, p.305-310, 1994.
- BAYNE, D.R.; A.K. RAI, P.L. JOSHI; WILLIAMS, J.C. Limnological factors influencing growth of cage-cultured bighead carp female x silver carp male hybrids. **Journal of Applied Aquaculture**, v.1, n.4, p. 29-50, 1992.
- BEVERIDGE, M.C.M. **Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact**. Rome: FAO, 1984. 131p.
- BEVERIDGE, M.C.M. **Cage aquaculture**. Chichester, England: Fishing News Books, 1987. 346p.
- BORGHETTI, J.R.; CANZI, C. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. **Aquaculture**, v.114, p.93-101, 1993.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; FURUYA, W.M.; NAGAE, M.Y. Desempenho de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens Tailandesa e comum na fase inicial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., Recife, 1998. **Resumos**. Recife: Persona, 1998, v.2. p.353.
- BOZANO, G.L.N.; FERRAZ DE LIMA, J.A. Avaliação do crescimento do pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887, em gaiolas com diferentes espaços de confinamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8., Piracicaba, 1994. **Resumos**. Piracicaba: Fealq, 1994. p.4.
- BOZANO, G.L.N.; RODRIGUES, S. R. M.; CASEIRO, A.C.; CYRINO, J.E.P. Desempenho da tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* (L.) em gaiolas de pequeno volume. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.819-825, 1999.

- BOYD, C.E. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Auburn: Birmingham, 1990. 482p.
- CARBERRY, J.; HANLEY, F. Commercial intensive tilapia culture in Jamaica. In: SIMPOSIO CENTROAMERICANO DE ACUACULTURA, 4., Honduras, 1997. **Anais**. Honduras: ANDAH/World Aquaculture Society, 1997. p.64-67.
- CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. “Stress” e Crescimento de peixes em piscicultura intensiva. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, 3., Campinas, 1999. **Anais**. Campinas: CBNA, 1999c. p. 25-40.
- CARNEIRO, P. C. F.; CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J.E.P. Produção da tilápia vermelha da Flórida em tanques-rede. **Scientia Agrícola**, v.56, n.3, p. 673-679, 1999a.
- CARNEIRO, P. C. F.; MARTINS, M. I. E. G.; CYRINO, J. E. P. Estudo de caso da criação comercial da tilápia vermelha em tanques-rede – Avaliação econômica. **Informações Econômicas**, v.29, n.8., p. 52-61, 1999b.
- CASTAGNOLLI, N.; TORRIERI JUNIOR, O. Confinamento de peixes em tanques-rede. **Ciência e Cultura**, v.32, n.11, p.1513-1517, 1980.
- CHELLAPPA, S. Growth and production of the Amazonian tambaqui in fixed cages under different feeding regimes. **Aquaculture International**, v.3, p.11-21, 1995.
- CHO, C.Y.; HYNES, J.D.; WOOD, K.R.; YOSHIDA, H.K. Development of high-nutrient-dense, low pollution diets and production of aquaculture wastes using biological approaches. **Aquaculture**, v.124, p.293-305, 1994.
- CLARK, J.H.; WATANABE, W.O., ERNST, D.H. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in floating marine cages. **Journal of The World Aquacult. Society**, v.21, n.1, p.16-24, 1990.
- CLEMENT, S., LOVELL, R.T. Comparison of processing yield and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, v.119, p.299-310, 1994.
- COCHE, A.G. Cage culture of tilapias. In: PULLIN, R.S.V.; LOWE McCONNEL, R.H. (Ed.). **Biology and Culture of Tilapias**. Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1982. cap.3 , p. 205-246.
- COLT, J., MONTGOMERY, J.M. Aquaculture production systems. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4183-4192, 1991.
- CONTE, L.; BOZANO, G.L.N.; FERRAZ DE LIMA, J.A. Influência do sistema de alimentação no crescimento da piracanjuba *Brycon orbignyanus*, em gaiolas. **Boletim Técnico do CEPTA**, v.8, p.49-59, 1995.
- CYRINO, J.E.P.; CARNEIRO, P.C.F.; BOZANO; G.L.N.; CASEIRO A.C. Desenvolvimento da criação de peixes em tanques-rede: uma análise dos

- fundamentos, viabilidade e tendências, baseada em experiências bem sucedidas no Sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., Recife, 1998. **Anais**. Recife: Persona, 1998. p 409-433. v.1.
- DOWNING, J.A.; McCAULEY, D.E. The nitrogen:phosphorus relationship in lakes. **Limnology Oceanography**, v.37, n.5, p. 936-945, 1992.
- ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 575p.
- FAO. **Cage and pen fish farming**. Rome, 1984. 131p. (FAO Fish. Tech. Pap., 255).
- FAO. **Criação de peixes em cercados e gaiolas**. Roma, 1992. 83p. (Série melhor agricultura, 38).
- FERRAZ DE LIMA, J.A.; BUSTAMANTE, A.; CHABALIN, E.; PALHARES, F.J.V.; DE SOUZA, J.H.; GASPAR, L.A. Utilização de resíduos de produtos hortifrutigranjeiros para a criação do pacu *Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887 em gaiolas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 7.,; ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 2., Peruíbe, 1992. **Resumos**. Peruíbe: Associação Brasileira de Aqüicultura, 1992. p.46.
- GEFFEN, A. Rotating fish cages to prevent fouling. **Aquaculture**, v.16, p.83-85, 1979.
- GREENE, W.H. Econometric analysis. London: Prentice Hall, 1990. 791p.
- HENRY, R. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, n.4, p.883-892, 1990.
- HENRY, R. Primary production by phytoplankton and its controlling factors in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.3, p.489-499, 1993.
- HEPHER, B. Ecological aspects of warm-water fishpond management. In: GERKING, S.D. (Ed.) **Ecology of Freshwater Fish Production**. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. p. 447-468.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão – Uma introdução à econometria**. 3.ed. São Paulo: Editora Hucitec. 1998. 379p.
- HUGUENIN, J.E.; ANSUINI, F.J. A review of the technology and economics of marine fish cage systems. **Aquaculture**, v.15, p.151-170, 1978.
- HUGUENIN, J.E.; ROTHWELL, G.N. The problems, economic potentials and system design of large future tropical marine fish cage systems. **Proceedings of The World Mariculture Society**, v.10, p.162-181, 1979.

- JOLLY, M.J.; CLONTS, H.A. **Economics of Aquaculture**. New York: Food Products Press, 1993. 319p.
- JAMU, M.D.; LU, Z.; PIEDRAHITA, R.H. Relationship between Secchi disk visibility and chlorophyll *a* in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v.170, p.205-214, 1999.
- KEENLEYSIDE, M., H., A. **Cichlid fishes: behavior, ecology and evolution**. Fish and fisheries. Chapman & Hall, 1991. 378p.
- KILAMBI, R.V. Effects of stocking density and cage size on growth, feed conversion, and production of rainbow trout and channel catfish. **The Progressive Fish-Culturist**, v.39, n.2, p.62-66, 1977.
- KROM, M.D.; NEORI, A. Importance of water flow rate in controlling water quality processes in marine and freshwater fish ponds. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.41, n.1, p.23-33, 1989.
- LOVSHIN, L.L. Tilapia farming: A growing worldwide aquaculture industry. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, Campinas, 1997. **Anais**. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1997. p.137-164.
- LOWE-McCONNELL, R.H. **Fish Communities in Tropical Freshwaters**. London: Longman Group Limited, 1975. 337p.
- MARSDEN, M.W.; FOZZARD, I.R.; CLARK, D.; McLEAN, N.; SMITH, M.R. Control of phosphorus inputs to a freshwater lake: a case study. **Aquaculture Research**, v.26, p.527-538, 1995.
- MASSER, M. P. **What is cage culture**. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center, 1992. 1v (SRAC Publication, 160).
- MASSER, M. P. **Cage culture : Site selection and water quality**. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center. 1989. 2v
- McGINTY, A.S. Tilapia Production in Cages: Effects of Cage Size and Number of Non-caged Fish. **The Progressive Fish Culturist**, v.53, p.246-249, 1991.
- McGINTY, A.S.; RAKOCY, J.E. **Cage culture of tilapia. Southern Regional Aquaculture Center**. Auburn: SRAC Publication, 1989. 281p.
- MEADE, J.W. **Aquaculture management**. New York: Chapman & Hall, 1989. 175p.
- MENDES, P.P. **Estatística Aplicada à Aqüicultura**. Recife: Editora Bagaço, 1999. 265p.
- MEROLA, N.; SOUZA, J.H. Preliminary studies on the culture of the pacu *Colossoma mitrei* in floating cages: effects of stocking density and feeding rate on growth performance. **Aquaculture**, v.68, p.243-248, 1988.

- NEW, M.B.; TACON, A.G.J.; CSAVAS, I. **Farm-made aquafeeds**. Rome: FAO, 1994. 434p.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá: EDUEM, 1998. 264p.
- PEREZ, M.T., ROBLLEDILLO, J.M.M. **Piscicultura en jaulas flotantes**. Madrid: Hojas Divulgadoras, 1989. 24p.
- PICKERING, A.D. Growth and stress in fish production. **Aquaculture**, v.111, p.51-63, 1993.
- POPMAN, T.J.; LOVSHIN, L.L. **Worldwide prospects for commercial production of tilapia**. Alabama: International Center for Aquaculture and Aquatic Environments, 1996. 23p. (Research and Development Series, 41).
- PROENÇA, E.C.M., BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 195p.
- QUANTITATIVE MICRO SOFTWARE. **Eviews – User’s Guide**. Irvine, Califórnia: Quantitative Micro Software, 1998. 371p.
- SCORVO FILHO, J.D.; AYROSA, L.M.S. A situação da piscicultura no Estado de São Paulo. **Panorama da Aqüicultura**, v.35, n.6, p.18-19, 1996.
- SCORVO FILHO, J.D.; MARTIN, N.B.; AYROZA, L.M.S. Preços na piscicultura no Estado de São Paulo, 1995 e 1997. **Informações Econômicas**, v.29, n.3, p.1-10, 1999.
- SCHMITTOU, H.R. **High density fish culture in low volume cages**. Singapore: American Soybean Association, 1993. 78p.
- SCHMITTOU, H.R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume**. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 1997. 78p.
- SCHRECK, C.B.; MOYLE, P.B. **Methods for fish biology**. Bethesda: American Fisheries Society, 1990. 684p.
- SHANG, Y. C. **Aquaculture economic analysis: an introduction**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1990. 2v. 211p.
- SILVA, S.S.; GUNASEKERA, R.M.; ATAPATTU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost dietary protein levels. **Aquaculture**, v.80, p.271-284, 1989.
- SONODA, D.Y. Análise econômica do sistema de produção de tilápias em tanques rede para diferentes mercados. Piracicaba, 2002. 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.



- SONODA, D. Y.; OBA, L. C., SHIROTA, R. Estimativa de Custo de Produção de Tilápia em Cativeiro na Região Oeste do Estado do Paraná: Simulação pelo Método de Monte Carlo. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 3., Corumbá, 2000. Os desafios do novo milênio: **resumos**. Corumbá: Embrapa Pantanal; UFMS, 2000. p.447.
- SOUZA, J. H.; FERRAZ DE LIMA, J.A.; CHABALIN,E. Importância da seleção fenotípica para a criação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em gaiolas flutuantes. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO DE PESCA DE SÃO PAULO, 1., São Paulo, 1992. **Resumos**. São Paulo: Instituto de Pesca de São Paulo, 1992. p.49.
- SPRINGBORN, R.R.; JENSEN, A.L.; CHANG, W.Y.B.; ENGLE, C. Optimum harvest time in aquaculture: an application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), growth model. **Aquaculture and Fisheries Management**, v.23, p.639-647, 1992.
- TAVARES, L.H.S. **Limnologia aplicada à aquíicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.
- TAYLOR, W.D.; BENTZEN,E. The importance of dissolved organic phosphorus to phosphorus uptake by limnetic plankton. **Limnology and Oceanography**, v.37, n.2, p.217-231, 1992.
- TUNDISI, J.G. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, n.4, p.937-955, 1990.
- WEATHERLEY, A.H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. Orlando: Academic Press, 1987. 443p.
- YI,Y.; LIN, C.K. Effects of biomass of caged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and aeration on the growth and yields in an integrated cage-cum-pond system. **Aquaculture**, v.195, p.253-267, 2001.
- VARIAN, H.R. **Microeconomia – princípios básicos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 1990. 710p.
- ZANIBONI, E.F. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, n.1, p.3-9, 1997.
- ZONNEVELD,N.; FADHOLI, R. Feed intake and growth of red tilapia at different stocking densities in ponds in Indonesia. **Aquaculture**, v.99, p.83-94, 1991