



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

**INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS
NO CRESCIMENTO DA TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) EM VIVEIROS
ESCAVADOS NO BREJO PARAIBANO**

ANGELO SOUSA OLIVEIRA

**Campina Grande
Paraíba**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação Apresentada na Área de Construções Rurais e Ambiência

**Influência dos fatores ambientais no crescimento
da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em
viveiros escavados no brejo paraibano**

Angelo Sousa Oliveira

CAMPINA GRANDE – PB
AGOSTO DE 2010

Angelo Sousa Oliveira

Influência dos fatores ambientais no crescimento da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados no brejo paraibano

Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, PB, em cumprimento as exigências para obtenção do Grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Construções Rurais e Ambiência

ORIENTADOR: Prof. Dr. Dermeval Araújo da Furtado

CAMPINA GRANDE – PB
AGOSTO DE 2010



FICHA CATALOGRAFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

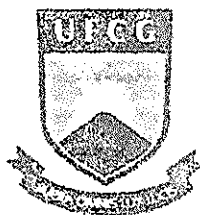
O48i Oliveira, Angelo Sousa
 Influência dos fatores ambientais no crescimento da Tilápia do Nilo
 (*Oreochromis niloticus*) em viveiros escavados no brejo paraibano /
 Angelo Sousa Oliveira. – Campina Grande, 2010.
 84 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade
 Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais
 e Tecnologia.
 Orientador: Prof. Dr. Derneval Araújo Furtado.
 Referências.

 1. Piscicultura - Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2. Curva
 de Crescimento. 3. Sistema Intensivo. I. Título.

639.33(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

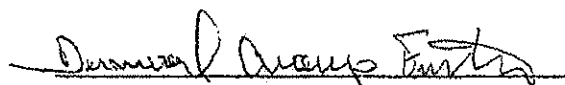


PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

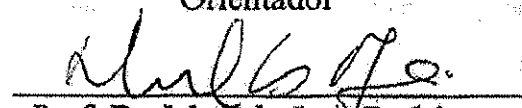
ANGELO SOUSA OLIVEIRA

BANCA EXAMINADORA


PARECER


Prof. Dr. Derneval Araujo Furtado
(UFCG)
Orientador

APROVADO


Prof. Dr. Marcelo Luis Rodrigues
(UFPB)
Examinador Externo

APROVADO


Prof. Dr. George Rodrigo Beltrão da Cruz
(UFPB)
Examinador Externo

APROVADO

CAMPINA GRANDE 2010

A Jesus cristo que me deu força e inspiração para essa dura e árdua caminhada.

Aos meus pais: Marilene e Carlos, e minhas queridas irmãs Paula e Adriana, minha sobrinha linda: Luana, aos meus avós maternos: Seu Raulino e Dona Francisca e paternos Isabel In memoriam e José Dias (Naiola) In memoriam, que me deu força de onde ele está.

Aos meus tios (as): Lucia, Neide, Mauricio e Neves.

Aos meus grandes amigos Glauber (irmão), Marcio e Philippe, meus cunhados Uργο e Clécio.

*A mulher que entrou na minha vida e a transformou...
Dando-me um espelho da vida...*

DEDICO

*A luz da minha casa, que só chegou para iluminar
nossos (papai e mamãe) caminhos com toda sua
alegria e vontade de estar viva, sempre sorrindo, que
de tão pequena se faz grande. Dedico todo meu
amor a você...*

"Minha pequena infante"

Maria Julia

Dedico a vocês...

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Deus, senhor de todas as coisas, pela sua grande misericórdia, ter entrado em minha vida e a ela transformou tão maravilhosa, feliz e vitoriosa.

Aos meus pais: Marilene (Dona Lena) e Carlos (Seu Carlos), por sempre estarem ao meu lado nesta “guerra”, nunca deixando eu desistir ou fraquejar, em todos os momentos de extrema dificuldade que passei, por sempre e sempre acreditarem no meu potencial e apostarem em mim.

As minhas irmãs e amigas Paula e Adriana por estar sempre do meu lado, me ajudando bastante, pela confiança e carinho. A sobrinha que EU MAIS GOSTO Luaninha por sempre me dar um abraço quando eu voltara pra casa.

Meus avós queridos: Seu Raulino e Dona Francisca, Isabel (*In Memoriam*) e Naiola (*In Memoriam*) em especial por sua... ; Meus primos: Glauber, Juliana, Janaina, Cybele , Deivinho e Lucas, agradeço. Meus tios (as): Mau, Lu, Neide, Neve e Roberto, obrigado.

Aos meus amigos de João Pessoa Marcio e Phillipe.

Aos meus cunhados Clécio e Urgo pela credibilidade e amizade.

Aos companheiros de trabalho da piscicultura, que me ajudaram bastante durante meu experimento: Lourdinha, Ângela, Ricardo, Denise, Marcelo, Valnir, Kathyucia, Celina, Emerson e Alencar.

Agradeço em especial aos meus orientadores: Professor Dr. Dermeval Araújo Furtado e professor Dr. Marcelo Luis Rodrigues, que não sei por que, sempre na hora de decidir, decidi...; na hora de me “puxar a orelha” o fez, nas horas difíceis realmente fez seu papel, mas com certeza pela amizade e confiança, meu muito obrigado. Ao professor Dr. George Beltrão, pela amizade e participação neste trabalho e na banca.

A CAPES pela ajuda financeira e o pela oportunidade de cursar o mestrado.

Ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Meu muito obrigado a Universidade Federal de Campina Grande, Pós-graduação em Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiente.

SUMÁRIO

	Páginas
<i>Lista de tabelas</i>	x
<i>Lista de figuras</i>	xi
<i>Resumo</i>	xiii
<i>Abstract</i>	xv
1 – INTRODUÇÃO	17
2 – OBJETIVOS	19
2.1 - Geral.....	19
2.2 - Específicos.....	19
3 – REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 - Situação atual da piscicultura no Brasil e no mundo.....	19
3.2 - A utilização de modelos matemáticos.....	22
3.3 - Modelos de crescimento aplicados a piscicultura.....	29
3.4 - Considerações sobre a Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	30
3.5 - Fatores Climatológicos.....	32
3.5.1 - Temperatura.....	32
3.5.2 - Precipitação.....	34
3.5.3 - Insolação.....	35
3.6 - Parâmetros limnológicos da água.....	35
3.6.1 - Oxigênio Dissolvido.....	35
3.6.2 - pH.....	37
3.6.3 - Amônia.....	37
3.6.4 - Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO).....	38
4. Material e métodos	39
4.1 - Período e local do experimento.....	39

	Páginas
4.2 - Preparação dos viveiros e instalação do experimento.....	40
4.3 - Condução do experimento.....	41
4.4 - Animais e manejo alimentar.....	41
4.5 - Desempenho dos peixes.....	42
4.6 - Monitoramento da água.....	44
4.7 - Variáveis climatológicas.....	44
4.7.1 - Temperatura.....	45
4.7.2 - Precipitação.....	45
4.7.3 - Insolação.....	45
4.8 - Funções utilizadas para o ajuste das curvas.....	45
4.9 - Análises estatísticas usadas para escolha da melhor função.....	47
4.9.1 - Coeficiente de determinação.....	47
4.9.2 - Quadrado médio do resíduo.....	47
4.9.3 - R ² (Ajustado).....	48
4.9.4 - DMA (Desvio médio absoluto dos resíduos).....	48
4.9.5 - Gráfico de distribuição dos resíduos.....	48
4.9.6 - Correlações.....	48
5. Resultados e discussão	49
5.1 - Fatores Ambientais.....	49
5.1.1 - Temperatura Ambiente.....	49
5.1.2 - Precipitação.....	50
5.1.3 - Insolação.....	51
5.2 - Correlações.....	52
5.3 - Qualidade da água.....	53
5.3.1 - Parâmetros físicos.....	53
5.3.1.1 - Temperatura da água.....	53
5.3.2 - Parâmetros químicos.....	55
5.3.2.1 - pH.....	55
5.3.2.2 - Oxigênio Dissolvido.....	56
5.3.2.3 - Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅).....	58
5.3.2.4 - Amônia.....	59
5.4 - Modelos.....	61

6. Conclusões	69
7. Referências	70
8. Bibliografia digital	83
9. Parecerias	84
10. Agradecimentos	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para descreverem o crescimento dos peixes no município de Areia – PB	46
Tabela 2. Valores mensais de parâmetros climáticos – Precipitação Pluviométrica, temperaturas máximas e mínimas e insolação para criação de Tilápia do Nilo em dez viveiros no período de 20/05/2009 a 04/11/2009.....	49
Tabela 3. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), obtidos para expressar as correlações entre as variáveis limnológicas estudadas e os parâmetros climáticos em viveiros escavados no município de Areia – PB.....	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista parcial dos viveiros de engorda de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	41
Figura 2. Captura dos peixes para biometria.....	43
Figura 3. Pesagem (A) e mensuração dos peixes (B).....	43
Figura 4 – Valores médios da temperatura da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.....	54
Figura 5 – Valores médios do pH da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.....	56
Figura 6 – Valores médios do Oxigênio dissolvido da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.....	57
Figura 7 – Valores médios de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅) da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.....	58
Figura 8 – Valores médios da amônia da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.....	60
Figura 9 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo de Gama incompleto.....	62
Figura 10 - Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Gama incompleto.....	63
Figura 11 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo linear hiperbólico.....	64

Figura 12 - Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Linear hiperbólico.....	64
Figura 13 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo linear.....	65
Figura 14 - Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Linear.....	65
Figura 15 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo Quadrático logarítmico.....	67
Figura 16 - Distribuição dos resíduos estimados pelo Quadrático logarítmico.....	67

RESUMO

Dos diversos sistemas de produção empregados na piscicultura, o cultivo de peixes, em viveiros e em barragens de terra, é o mais difundido no mundo. Estudos de curvas de crescimento por meio do ajuste de equações de predição do peso em função da idade do animal tem sido importante porque podem resumir informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de importantes parâmetros biologicamente interpretáveis, como, por exemplo, condições climáticas. Objetivou-se com esse trabalho analisar os modelos não-lineares para descrever o crescimento da Tilápia do Nilo em viveiros escavados associado a fatores ambientais e limnológicos no município de Areia – PB. O experimento foi realizado no Setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba localizado no município de Areia – PB, durante o período de 20 de maio a 04 de novembro de 2009. Foram utilizados 10 viveiros escavados em terreno natural, com área útil de 250m² e com dimensões de 10m (Largura) X 25m (Comprimento) X 1m (profundidade) com abastecimento e escoamento d'água independente. Os viveiros foram povoados com alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada, revertidos sexualmente a macho, com peso médio inicial de 12,38±1,21g e comprimento médio total de 11,51 ± 0,97cm. Inicialmente o monitoramento da água foi realizado quinzenalmente, sendo os quatro últimos monitoramentos feitos com intervalos de 28 dias entre um e outro. Foram levantadas informações sobre o comportamento das principais variáveis meteorológicas durante o período da criação dos peixes, monitorando os seguintes parâmetros: temperatura, pluviosidade e insolação. A estimativa dos parâmetros foi feita por meio de regressões não-lineares, pelo procedimento NLIN do Programa SAS (Statistical Analysis System), utilizando-se o método modificado de Grauss-Newton. Para a escolha dos melhores modelos, utilizou-se, o coeficiente de determinação (R^2) e o gráfico de distribuição de resíduos. A correlação entre os dados climatológicos e peso vivo e parâmetros físicos e químicos da água foram analisados pelo método paramétrico de Pearson (r), utilizando o programa estatístico do SAS (2003). As variações de temperatura do ar observadas ao longo dos 180 dias do período de criação em todo o período, os valores de temperatura médios, máximos e mínimos mensais estão situados na faixa de 18,5°C (mínima) em agosto a 29,1°C (máxima). A precipitação pluviométrica total durante os 180 dias do experimento na região onde estavam instalados os viveiros foi de 1044,2mm. De acordo com os valores encontrados o mês de novembro foi o período com

a maior média de horas de insolação, totalizando 227,5 horas/mês. A análise de Correlação de Pearson (r) indicou correlação positiva da temperatura ambiente com o peso vivo (0,43), a temperatura da água. Entre os modelos estudados, o que apresentou melhor ajuste para o crescimento das tilápias sob as condições do Brejo paraibano foi o modelo quadrático logarítmico.

Palavras-chave: curva de crescimento, piscicultura, sistema intensivo

ABSTRACT

Of different production systems used in fish farming, fish culture in ponds and earth dams, is the most widespread in the world. Studies of growth curves by adjusting the weight prediction equations based on age of the animal has been important because they can summarize information from a data series in a small number of important biologically interpretable parameters, for example, weather . The objective of this work to analyze the nonlinear models to describe the growth of Nile tilapia in ponds associated with environmental factors and limnology in Areia - PB. The experiment was performed at the Fish Culture Centre of Agrarian Sciences, Federal University of Paraíba in the municipality of Areia - PB during the period from May 20 to November 4, 2009. 10 ponds were used in natural terrain, with an area of 250m² and with dimensions of 10m (width) X 25m (length) x 1m (depth) with water supply and drainage independent. The ponds were stocked with fingerlings of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strain Chitralada, sexually reverted to male, with average initial weight of 12.38 ± 1.21 g and average total length of 11.51 ± 0.97 cm. Initially the water monitoring was conducted biweekly, with the last four monitoring done at intervals of 28 days between them. Background information on the behavior of the main meteorological variables during the creation of fish by monitoring the following parameters: temperature, rainfall and sunshine. Estimates of the parameters was done using non-linear regressions, the NLIN procedure of SAS (Statistical Analysis System), using the modified method of Gauss-Newton. To choose the best models, we used the coefficient of determination (R²) and the graphic distribution of residuals. The correlation between meteorological data and the weight, and physical and chemical parameters of water were analyzed using parametric Pearson (r) using the statistical program SAS (2003). The variations in air temperature observed over the 180 days of the growing period for the whole period, the values of average temperature, monthly maximum and minimum are located in the range of 18.5 ° C (minimum) in August to 29.1 ° C (maximum). The total rainfall during the 180 days of the experiment in the region where the nurseries were installed was 1044.2 mm. According to the values found the month of November was the period with the highest average hours of sunshine, totaling 227.5 hours per month. The analysis of Pearson Correlation (r) indicated a positive

correlation of temperature and body weight (0.43), the water temperature. Among the models studied, which showed a better fit for the growth of tilapia under the terms of the Brejo the quadratic model was logarithmic.

Key words: growth curve, pisciculture, intensive system

1. Introdução

Dos diversos sistemas de produção empregados na piscicultura, o cultivo de peixes, em viveiros e em barragens de terra, é o mais difundido no mundo, bem como no Brasil (Medeiros, 2002). Entretanto Oliva-Paterna (2009) comenta que em nosso país, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e suas diferentes linhagens têm sido a principal espécie selecionada dentro do novo modelo zootécnico de criação e produção de pescado, com retorno comercial relativamente garantido na cadeia produtiva. Tanto, que são visíveis os novos incentivos governamentais que estão sendo amplamente disponibilizados para os produtores do setor (Gante et al. 2009).

Nos últimos dez anos a aqüicultura se tornou uma atraente opção de investimento no agronegócio. A atividade cresceu tanto em estruturas empresariais quanto familiares, sobretudo a criação de crustáceos e de peixes. Em 1996, a produção de peixes em cativeiro era de 75 mil toneladas por ano. Segundo o último censo de 2007 do Departamento de Desenvolvimento da Aqüicultura da Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca da Presidência da República (ESTATÍSTICA DA PESCA), a produção nacional foi de 210.644,5 t o que representa 19,6% da produção de pescado total do Brasil. O valor estimado foi de R\$ 781.145.700,00. O ano de 2007 apresentou um crescimento de 10,2% em relação ao ano de 2006 neste seguimento.

A região Nordeste com uma produção de 43.985,5 t representa 20,9% da produção da aqüicultura continental com um valor total estimado de R\$ 130.018.500,00.

A tilapicultura continua em expansão nas regiões Nordeste e Sudeste. A produção nacional de tilápia cultivada no ano de 2007 foi da ordem de 95.091,0 t e no estado da Paraíba foi de 2.100,0 t (IBAMA, 2007).

O crescimento da tilapicultura no mundo inteiro e a contínua intensificação dos sistemas de cultivo resultam na busca constante por linhagens de desempenho superior.

Na avaliação destas linhagens, os estudos de curvas de crescimento por meio do ajuste de equações de predição do peso em função da idade do animal tem sido importante porque podem resumir informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de importantes parâmetros biologicamente interpretáveis, como por exemplo, peso estimado inicial, taxas de crescimento e peso à maturidade.

Dentre as funções não lineares mais utilizados para ajustar as relações peso-idade, destacam se as funções de Brody: $Y_i = A(1 - B e^{-kt})$; von Bertalanffy: $Y_i = A(1 - B e^{-kt})^3$; logístico: $Y_i = A(1 + B e^{-kt})^{-1}$; e Gompertz: $Y_i = A \exp(-B e^{-kt})$ (Mazzini, 2003), e ainda Gama incompleto: $Y_t = At^b e^{-ct} + C$ citado por Cruz (2009).

A utilização de modelos matemáticos para o estudo de níveis de crescimento em animais é uma prática que pode auxiliar na escolha do melhor método de exploração de determinada espécie zootécnica. As curvas de crescimento relacionam o peso de um animal com sua idade, sendo importante para pesquisas e recomendações sobre ciência de produção, contribuindo, assim, para aumentar o lucro do produtor.

No estudo da curva de crescimento pode ocorrer heterogeneidade das variâncias dos pesos corporais, pois à medida que a idade aumenta a variância dos pesos corporais também aumenta. (Guedes et al., 2004).

Uma série de dados peso-idade tem sido freqüentemente estudada e modelada. Entretanto, nas populações animais, as variáveis extrínsecas ao indivíduo como, por exemplo, condições climáticas, influenciam claramente esta relação (Santos et al., 2007).

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Estudar o crescimento da Tilápia do Nilo em viveiros escavados utilizando modelos matemáticos associando a fatores ambientais e limnológicos, no município de Areia – PB.

2.2. Objetivos específicos

- a) Identificar o modelo que melhor descreve o crescimento dos animais;
- b) Comparar o ajuste dos modelos matemáticos ao crescimento de Tilápia do Nilo;
- c) Estudar as relações entre variáveis climatológicas e parâmetros físicos e químicos da água.
- d) Definir o (os) modelo (os) mais adequado (os) para estimar o crescimento dos animais;
- e) Verificar que fatores do ambiente interferem diretamente no crescimento dos peixes com o auxílio dos modelos matemáticos.

3. Revisão de literatura

3.1. Situação atual da piscicultura no Brasil e no mundo

O Brasil tem grande potencial aquícola, devido aos seus 8.500 km de costa marítima e 5.500 mil hectares de reservatórios de água doce.

A piscicultura é uma atividade que visa o cultivo racional de peixes, exercendo particular controle sobre o crescimento, a reprodução e a alimentação desses animais, foi introduzida no Brasil em 1904.

A aqüicultura, e em especial a piscicultura, é também considerada pela FAO (2010) como uma das atividades que mais poderá contribuir para o aporte de alimentos para os setores pobres e que passam fome.

No Brasil, durante as últimas décadas, a piscicultura sofreu constantes transformações, consolidando-se como importante atividade no agronegócio brasileiro, substituindo em parte o peixe proveniente da pesca extrativa pelo peixe de criatórios em regime de cativeiro (Firetti et al., 2007).

A organização da cadeia produtiva é um dos principais desafios do setor pesqueiro e da aqüicultura nacional e a obtenção de licenças ambientais para a piscicultura em águas públicas, emperram o aproveitamento desse grande potencial.

A piscicultura brasileira já contribui com os saldos positivos da balança comercial do agronegócio brasileiro. De janeiro a dezembro de 2006 foram exportadas 165 toneladas de tilápia para a Europa e os Estados Unidos. Peixes inteiros congelados, filés congelados e filés frescos obtiveram o valor de R\$ 1,15 milhões na exportação. Espécies nativas, ainda que de forma discreta, têm sido exportadas para diversos países europeus.

Firetti e Sales (2007) apontam a necessidade de obter ganhos de escala nos sistemas produtivos da tilápia, e de aumentar a eficiência e rigidez no controle dos processos produtivos em toda a cadeia, além de reduzir custos com a utilização de ferramentas de gestão no processo produtivo, pois parte desses objetivos pode ser alcançada com um planejamento correto da atividade.

Cada vez é mais necessário que os piscicultores equacionem problemas de volume de produção e periodicidade da oferta do produto, pois a atividade deve ser

encarada não mais como oportunidade de lucros elevados, como o ocorrido nas décadas de 80 e 90, e sim como agronegócio, que precisa ser gerenciado de forma empresarial e profissional.

Uma característica importante da piscicultura brasileira é o grande número de espécies criadas. Hoje, utilizam-se mais de 30 espécies, com os mais variados hábitos alimentares e ambientes de vida. Vão desde espécies de clima tropical (em sua grande maioria) até espécies de clima temperado e frio. E as que oferecem maior produção, em ordem de importância, são: as tilápias, os peixes redondos (Pacu, *Piaractus*, Tambaqui e seus híbridos) e as carpas (comum e chinesas) (Scorvo Filho, 2003).

Outras espécies, porém, como os grandes bagres brasileiros (pintado, surubim e pirara), o dourado e os Bricons (matrinxã, piracanjuba, piraputanga e piabanha), começam a despertar o interesse de criadores não apenas pelo seu valor para a pesca esportiva como também pela facilidade de comercialização.

Apesar da ausência de dados suficientes para analisar a piscicultura de água doce no Brasil, pode-se observar que as principais espécies cultivadas no país são exóticas (Tilápias, Carpas e Bagres Americanos). O principal estímulo para a produção dessas espécies parece estar mais relacionado com a existência de informações básicas para a criação do que com as características relacionadas às espécies (Duarte, 2008).

O Brasil apresenta uma grande variedade de peixes, sendo atualmente descrito um número superior a 3.000 espécies. Existe um grande número de peixes nativos com potencial para utilização dentro da piscicultura como: Dourado, Jaú, Matrinxã, Piau, Pintado, Pirarucu, Jundiá, etc.

Ainda segundo Duarte (2008) apesar do extremo potencial de algumas espécies nativas para a piscicultura, ainda faltam muitas informações para possibilitar a implantação de um processo de cultivo. Vários trabalhos científicos têm sido gerados, embora normalmente, objetivando a solução de aspectos isolados do cultivo das

diferentes espécies, carecendo de pesquisas que avaliem o processo completo de produção, que vise estabelecer um “pacote tecnológico” que responda as principais dúvidas do investidor.

A contribuição das espécies nativas na piscicultura fica abaixo dos 20%, enquanto na Ásia onde está concentrada a maior produção mundial de peixes, cerca de 95% dos cultivos estão baseados em espécies nativas daquele continente. (IBAMA, 2004).

Portanto o Brasil tem um cenário ótimo para continuar o desenvolvimento da piscicultura (além de contar com uma grande biodiversidade de espécies).

3.2. A utilização de modelos matemáticos

Os modelos matemáticos são comumente utilizados para estimar valores mediante uma representação da realidade para diferentes situações como o crescimento ou produção animal. Para o estudo de diferentes modelos utilizam-se representações gráficas construídas a partir de equações matemáticas que utilizam como parâmetros valores biológicos.

As análises de dados de medidas repetidas são de fundamental importância na produção animal, pois incluem as situações em que as unidades experimentais ou indivíduos, de diferentes subpopulações ou tratamentos (sexo, raça, entre outros), são analisados ao longo de diversas condições de avaliação (tempo, doses etc.).

Entre essas análises, destacam-se as curvas de crescimento na produção animal, que relacionam os pesos (y) e as idades (t) dos animais, por meio de modelos não-lineares (Paz, 2004)

Entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, destacam-se:

a) resumir em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não-lineares utilizados possuem interpretabilidade biológica;

b) avaliar o perfil de respostas de tratamentos ao longo do tempo;

c) estudar as interações de respostas das subpopulações ou tratamentos com o tempo;

d) identificar em uma população os animais mais pesados em idades mais jovens; essas informações podem ser obtidas investigando-se o relacionamento entre o parâmetro k das curvas de crescimento, que expressam a taxa de declínio na taxa de crescimento relativa, e o peso limite do animal ou peso assintótico (Sandland e McGilchrist, 1979; Draper e Smith, 1981; Davidian e Giltinan, 1996);

e) obter a variância entre e dentro de indivíduos de grande interesse nas avaliações genéticas (Mansour et al., 1991).

As aplicações de a) a d) são de interesse geral nos estudos de curvas de crescimento.

Tradicionalmente, o ajuste dos modelos não-lineares é feito por meio do procedimento NLIN do SAS (SAS, 2003), utilizando-se o método dos quadrados mínimos ordinários.

De acordo com Gous et al. (1999), o ajuste de um modelo adequado à curva de crescimento dos animais é o primeiro passo para a predição de requerimentos nutricionais dos diferentes genótipos, possibilitando a inserção destes em programas de melhoramento genético. Esta determinação é feita utilizando softwares estatísticos como por exemplo o programa SAS[®]. O conhecimento da curva de crescimento possibilita a adoção de práticas de manejo que aperfeiçoem a produção de carne, priorizando as necessidades nutricionais de cada fase de crescimento.

Também podem ser empregadas para prever a idade ótima ao abate, em função da taxa máxima de crescimento (Braccini Neto, 1993). Com a modelagem do crescimento, os nutricionistas podem prever de maneira dinâmica as exigências em aminoácidos, proteína e energia de acordo com a taxa de crescimento das aves no momento da formulação (Hruby et al., 1994).

Outra importância da curva de crescimento é dar suporte ao processo de seleção, bem como acompanhar o progresso genético. Pode-se, desta maneira, comparar animais, considerando-se efeitos não controlados em grupos de manejo como, por exemplo, o sexo.

Segundo Freitas (2005) a possibilidade de interpretação biológica dos parâmetros, é um importante critério na avaliação dos modelos de curva de crescimento. Assim, as curvas de crescimento permitem resumir em três parâmetros as características de crescimento da população (peso inicial, taxa de crescimento e peso adulto); avaliar o perfil de respostas de tratamentos ao longo do tempo; estudar as interações das respostas das subpopulações ou tratamentos com o tempo; detectar, em uma população, animais mais pesados em idades mais precoces, e, obter a variância entre e dentro de indivíduos nas avaliações genéticas.

A análise do crescimento dos animais por meio de curvas de crescimento não é recente, mas as dificuldades envolvidas nos cálculos praticamente impediam sua implementação. Atualmente, com a difusão do uso de computadores e sendo esses cada vez mais rápidos, não apenas se tornou viável essas abordagens, como também fizeram dela algo cada vez mais popular no meio científico (Medeiros et al., 2000).

Os modelos mais usados para descrever o crescimento dos animais, como Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logística e Gompertz, são funções não-lineares e os parâmetros, têm apresentado resultados desejáveis (Paz, 2002). Pode-se destacar ainda os modelos Quadrático Logarítmico, Linear Hiperbólico e Linear.

Sendo assim temos os modelos assim descritos:

Modelo de Von Bertalanffy

Este modelo baseia-se na suposição de que o crescimento é a diferença entre as taxas de anabolismo e catabolismo dos tecidos, em que o ponto de inflexão é fixo em aproximadamente 0,30 do peso assintótico ou peso final representado pelo parâmetro A (Cruz, 2000; Paz, 2002).

O modelo básico para o crescimento em peso:

$$Y = A (1 - B e^{-kt})^3 + \epsilon$$

Em que:

Y representa o peso do animal na idade t; t representa o tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A representa o peso assintótico ou peso final; B é a constante de integração relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida e k é a taxa de maturação (mudança de peso em relação ao peso à maturidade), ou seja, é o indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu peso adulto e ϵ representa o erro aleatório.

Modelo de Brody

Este modelo foi proposto para descrever o crescimento que ocorre após o ponto de inflexão, alguns autores consideram o nascimento como o ponto de inflexão podendo assim ser utilizado para descrever todo o crescimento pós-natal (Cruz, 2000)

O modelo básico para o crescimento em peso:

$$Y = A(1 - Be^{-kt}) + \epsilon$$

Em que:

Y representa o peso do animal na idade t ; t representa o tempo (idade do animal em dias a partir do nascimento); A representa o peso assintótico ou peso final; B é a constante de integração e k é a taxa de maturação (mudança de peso em relação ao peso à maturidade), ou seja, é o indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu peso adulto e ϵ representa o erro aleatório.

Modelo Gama Incompleto

O modelo Gama Incompleto foi proposto por Wood (1967) citado por Cruz (2000) e é descrito pela seguinte equação:

$$Y_t = A t^b e^{-ct} + \epsilon$$

Em que: t representa o período de tempo desde o nascimento ou parto, podendo ser medido em dias, semanas ou mês; Y representa o peso do animal no instante t ; A , b e c são parâmetros positivos que determinam a forma da curva de crescimento (Cruz, 2000); ϵ representa o erro aleatório.

Modelo de Gompertz

Este modelo foi proposto por Gompertz (1825) citado por Ramos (2000) para descrever uma porção da distribuição de idades em populações humanas. A curva de

Gompertz é uma função comumente usada para descrever o crescimento de animais e tecidos, que tem significado biológico e que obtém informações importantes a respeito do crescimento apenas pela interpretação desses parâmetros (Fialho, 1999).

$$Y = Ae^{-Be^{-kt}} + \epsilon$$

Em que: **Y** representa o peso do animal no instante **t**; **t** representa o tempo ou idade do animal; **A**, representa o peso assintótico, peso máximo que em média o animal pode atingir; **B** é o índice de maturidade; e **K** idade no ponto de inflexão da curva (Fialho, 1999; Ramos, 2000).

Logístico

Segundo Gamito (1998) este modelo é adequado para descrever o crescimento em laboratório de animais com ciclos de vida simples.

$$Y = A (1 + Be^{-Kt})^{-1}$$

Neste modelo, **Y** representa o peso do animal no instante **t**; **t** representa o tempo ou idade do animal; **A**, representa o peso assintótico, peso máximo que em média o animal pode atingir; **B** é o índice de maturidade; **K** idade no ponto de inflexão da curva e **M** é a taxa instantânea de crescimento (Ramos, 2000).

Linear Hiperbólico

O modelo Linear Hiperbólico, considerado simples, foi utilizado por Bianchini Sobrinho e Duarte (1991) para descrever o crescimento em bovinos de corte. Nesse modelo, as estimativas dos parâmetros b_1 e b_2 devem ser negativas para que representem adequadamente a curva de crescimento (Bianchini Sobrinho, 1984).

$Y_t = A + Bt + Ct^{-1} + \epsilon$, em que:

Y_t = peso observado na idade t ; t = tempo (idade do animal, em dias, a partir do nascimento); A, B, C = parâmetros característicos da curva; ϵ = erro aleatório.

Quadrática Logarítmica

O modelo Quadrático Logarítmico foi usado inicialmente por Bianchini Sobrinho (1984) para ajustar à curva de lactação em rebanhos zebuínos. Souza e Bianchini Sobrinho (1994), estudando parâmetros genéticos e ambientais e estimativas de peso aos 24 meses em bovinos de corte por meio de modelos matemáticos, observaram que o modelo Quadrático Logarítmico foi o que melhor estimou o peso dos animais.

$Y_t = A + Bt + Ct^2 + D \ln t + \epsilon$, em que:

Y_t = peso observado no tempo t ; t = tempo (idade do animal em dias, a partir do nascimento); A, B, C e D = parâmetros característicos da curva; ϵ = erro aleatório.

Uma serie de fatores determina a escolha do melhor modelo, as condições de condução do experimento, principalmente o manejo e a temperatura, podem determinar a tendência da curva. Entretanto, o coeficiente de determinação e a distribuição dos resíduos podem contribuir para a escolha quanto a qualidade do ajuste proporcionada por uma função (Cruz, 2000).

Pelo Principio da Alometria, temos que:

‘O crescimento do peso do peixe é proporcional a área da sua superfície externa (anabolismo) e o declínio é proporcional a energia consumida (catabolismo)’

3.3. Modelos de crescimento aplicados a piscicultura

Guedes et al. (2004) informam que o estudo da curva de crescimento na produção animal descreve os processos biológicos que ocorrem com o animal em determinadas fases da sua vida, refletindo as relações de crescimento entre as várias partes do organismo animal até a sua finalização com a maturidade, em situações ambientais distintas.

Gamito (1998) expôs que a escolha do modelo de crescimento a ser usado depende da espécie que está sendo estudada e dos objetivos do estudo ou das possibilidades da pesquisa, e as diferenças entre várias curvas de crescimento são pequenas quando comparadas com a variabilidade dos dados de campo.

A escolha da equação que melhor descreva o crescimento dos peixes não chegou a um consenso, a variedade é resultado de fatores inerentes a cada espécie e as diversas condições ambientais às quais os peixes são submetidos (Frossard, 1998).

Paiva (1981) e Barrionuevo (1991) trabalharam com truta e curimatá respectivamente, os dados de crescimento não puderam ser ajustados pela função de

Von Bertalanffy, pois o parâmetro correspondente ao comprimento assintótico, obtidos no ajuste dos dados de comprimento, foram negativos. Segundo Frossard (1998), a paralisação no crescimento durante o cultivo, é um problema para traçar a curva de Von Bertalanffy, tendo em vista as oscilações das taxas de crescimento.

Gamito (1998) sugeriu que as curvas de Gompertz e Von Bertalanffy fossem utilizadas para descrever o crescimento de peixes quando nas fases juvenil e adulta ressaltando a variabilidade de peso durante o ciclo sexual sazonal.

Em estudo comparativo de equações matemáticas para descrever o crescimento em peso de peixes cultivados, Frossard (1998), através dos modelos de Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz, Linear, Exponencial, Alométrico e Polinomial, recomendou testar várias equações para determinar qual proporciona melhor ajuste, ressaltando que todas as curvas apresentaram bons ajustes nos casos específicos. O mesmo autor apresentou o modelo Polinomial como o de melhor ajuste.

3.4. Considerações sobre a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

O cultivo de tilápia começou no Quênia, em 1924, e seguiu no Congo, em 1937. As primeiras informações sobre as tilápias como espécies promissoras para aqüicultura ocidental surgiram no início da década de 1950, com citações sobre a tilapicultura como um dos melhores negócios para a piscicultura e uma nova fonte para obtenção de proteínas (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 2000).

Dentre mais de setenta espécies de tilápias, a maioria oriunda da África, apenas três conquistaram destaque na aqüicultura mundial: a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), a tilápia-azul ou áurea (*O. aureus*) e a tilápia-mossambicus (*O. mossambicus*).

As exigências nutricionais dos peixes são estabelecidas, em sua maioria, sob condições laboratoriais, o que pode ser responsável por parte das diferenças intra e interespecíficas, às vezes conflitantes, apresentadas na literatura. Entretanto, sabe-se que as reais exigências nutricionais estão diretamente relacionadas aos seguintes fatores: espécie, fase de desenvolvimento, sexo e estágio de maturação sexual, sistema e regime de produção, temperatura da água, frequência de arrazoamento e qualidade da dieta (Pezzato et al., 2004).

A tilápia do Nilo da linhagem Chitralada teve sua introdução oficial no Brasil em 1996, quando 20.800 exemplares foram importados do *Asian Institute of Technology* (AIT), com sede na Tailândia (Zimmermann, 1999), pela associação de produtores de alevinos do Estado do Paraná (Alevinopar) e a Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento do Paraná (SEAB) (Wagner, et al., 2004).

Apesar de sua introdução em caráter experimental no Brasil ainda na metade do século passado, somente em 1971, através do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), foi implementado um programa oficial de produção de alevinos de tilápia para peixamento dos reservatórios públicos da região Nordeste. Segundo Sanches e Jafelice (2004), a espécie mais indicada para a piscicultura intensiva e que possui as características essenciais para esse cultivo é a tilápia do Nilo.

A Tilápia do Nilo é facilmente reconhecida pelas listras verticais presentes na nadadeira caudal, é de coloração cinza azulada, possui corpo curto e alto, cabeça e caudas pequenas. Esta espécie tem rápido crescimento, podendo atingir cinco quilos ou mais, é de grande rusticidade e fácil manejo.

A Tilápia do Nilo apresenta o hábito alimentar planctófago e se alimenta de detritos do fundo, mas aceita bem ração comercial (Menezes e Yancey, 1983). Sabe-se que a ração como insumo pode vir a inviabilizar a implantação da tilapicultura em

algumas comunidades, no entanto, a tilápia pode se servir de vários organismos, mudando seu hábito, caso não tenha alimento suficiente no meio.

Considerando o avanço tecnológico do cultivo de tilápias em diversas regiões do país, e o número de híbridos que estão sendo difundidos em escala comercial, tornam-se necessários estudos com o intuito de estabelecer os padrões comportamentais no tocante ao crescimento dessas linhagens em sistemas de cultivo semi-intensivo em viveiros escavados no terreno natural.

A faixa de temperatura para as atividades normais dessa espécie é de 27 a 29°C. Sendo que, temperaturas abaixo de 15°C e acima dos 35°C podem causar mortalidade. Em condições favoráveis de cultivo, os animais atingem cerca de 5 centímetros e 2 gramas em dois meses de vida, e tamanho comercial a partir de 4 a 5 meses, com peso médio variando de 400 a 700g (Kubitza, 2000).

3.5. Fatores climatológicos

Diversos fatores climáticos, bióticos e abióticos interagem entre si influenciando o metabolismo dos sistemas de criação. Para garantir o sucesso do cultivo deve-se procurar um equilíbrio dinâmico de todos os parâmetros físicos, químicos, biológicos e tecnológicos sob uma forma sustentável, ou seja, ser capaz de atender tantas as necessidades sociais, quanto ambientais e econômicas do empreendimento (Arana, 2004).

3.5.1. Temperatura

Poucos fatores ambientais exercem tanta influência sobre a atividade animal quanto a temperatura. Os animais ectotermos, como a maioria dos peixes teleósteos,

apresentam variações em suas temperaturas corporais conforme a temperatura ambiente, o que resulta em alterações metabólicas induzidas pela elevação ou pela redução da temperatura, enquanto os animais endotermos, como aves e mamíferos, utilizam energia metabólica para termorregulação, em diferentes condições ambientais.

Campana et al. (1996) referem-se à temperatura como fator de controle do crescimento dos peixes, pois afeta diretamente as taxas metabólicas, o consumo de oxigênio, a alimentação e a digestibilidade. Os efeitos da temperatura nestes animais são mais evidentes durante os estágios de rápido crescimento larval e juvenil (Martell et al., 2005).

A temperatura influencia a quantidade de oxigênio presente na água, de forma que águas frias têm uma maior disponibilidade de oxigênio Barbosa et al. (2000). Por outro lado, a elevação na temperatura contribuiu para diminuir a capacidade de retenção do oxigênio dissolvido pela água e aumento do metabolismo dos peixes, vindo o consumo de oxigênio por parte deste, a aumentar em 10% a cada grau elevado na temperatura (Gurgel et al. 2005).

De acordo com Kubitzka (2003) as espécies de peixes tropicais apresentam um excelente crescimento quando submetidos a temperaturas na faixa de 27 a 32 °C, e que, com a variação fora dessa faixa, os peixes diminuem ou cessam a sua alimentação (Frasca-Scorvo et al., 2001).

Dentre os diversos fatores abióticos, a temperatura tem o efeito mais significativo no desenvolvimento e crescimento dos peixes, influenciando a diferenciação e as funções dos tecidos e das estruturas vitais (Martell et al., 2005).

Ainda de acordo com Martell et al. (2005) o calor corporal dos peixes, gerado nos processos metabólicos, é perdido para o ambiente aquático quando o sangue passa pelas brânquias. Assim, mudanças bruscas na temperatura da água ocasionam modificações fisiológicas, como alterações nos batimentos cardíacos e na respiração. De

um modo geral, com a elevação da temperatura da água, a frequência cardíaca aumenta, assim como a ventilação branquial, causadas pelo aumento do metabolismo.

Para que a temperatura seja considerada ótima para determinada espécie de peixe, esta deve lhe proporcionar um melhor crescimento. Segundo Clarke e Johnston (1999), determinadas espécies de peixes têm a capacidade de reduzir o consumo de oxigênio quando a temperatura aumenta, mantendo o seu crescimento por meio da aclimação em temperaturas mais elevadas.

Clarke e Johnston (1999), em revisão sobre o assunto, relataram que um peixe tropical típico mantido a 30,0° C requer, aproximadamente, seis vezes mais oxigênio para o metabolismo de repouso que um peixe polar a 0,0° C.

3.5.2. Precipitação

O conhecimento dos padrões atmosféricos locais, especificamente a chuva, é de fundamental importância para determinar certas práticas e manejos de prevenção, evitando perdas econômicas significativas, provocadas pelo evento em si ou por enfermidades causadas pelo estresse conseqüentes deste evento. Dessa forma, partindo-se do princípio da prevenção ou precaução, teremos um aumento da produtividade.

Os principais fatores que podem afetar a aquicultura são alterações severas da intensidade das chuvas, que causam estresse nos animais, e ainda promovem alterações na salinidade da água. Segundo Andrade e Cavalcante (2004), na América do Sul estes sistemas são responsáveis principalmente por acumulados significativos de chuva e incursões de ar frio.

A interferência das condições do tempo está diretamente relacionada à susceptibilidade do organismo produzido, assim como o tipo de sistema de produção praticado.

3.5.3. Insolação

A radiação absorvida na superfície se transforma em energia calórica e se propaga por condução na água, devendo ao vento a ação de redistribuir o calor por todo o corpo d'água, não permitindo que ocorra queda brusca de temperatura no primeiro metro de profundidade (Sipaúba-Tavares, 1995).

3.6. Parâmetros limnológicos da água

As oscilações nos diversos parâmetros limnológicos de viveiros de piscicultura definem em linhas gerais, as condições da qualidade da água, interferindo na capacidade de produção bem como na qualidade dos organismos produzidos (Sá-Junior e Sipaúba-Tavares, 1997).

Conforme estudo realizado por Souza et al. (2000) o arraçoamento diário e o tempo de residência da água em viveiros de pacu interferiram diretamente nas variáveis limnológicas.

3.6.1 Oxigênio Dissolvido

Em relação às características químicas, o oxigênio dissolvido (O_2D) é a mais importante variável da qualidade da água para a aquicultura, exercendo uma grande influência sobre a atividade, o consumo de alimento, o crescimento e a conversão alimentar dos peixes, devendo ser mantido acima de 4 mg.L^{-1} ou 60% de saturação (Kubitza, 2003).

A fotossíntese responde por aproximadamente 90 % do oxigênio produzido nos

corpos d'água, sendo o restante adquirido por difusão do ar (Medeiros, 2002; Schmittou, 1997). Dependendo da energia luminosa para sua realização, a produção desse gás vai aumentando gradativamente após o nascer do sol, alcançando um máximo no meio da tarde, quando então começa a declinar, em função da diminuição da quantidade de luz disponível.

A quantidade de oxigênio então acumulada na água garante a respiração dos peixes e dos próprios vegetais durante a noite, atingindo o valor mínimo nas primeiras horas antes do nascer do sol, quando sua concentração pode atingir níveis iguais ou próximos à zero. Situações como estas podem acarretar mortalidade de peixes ou piora no seu desempenho.

Schmittou (1997) relata que as concentrações de oxigênio dissolvido serão mais críticas se a turbidez for mais elevada, pois esta comprometerá a realização do processo de fotossíntese. Conte (2002), estudando a produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas no estado de São Paulo, observou que fortes chuvas ocasionaram expressivas entradas de material em suspensão, como silte, argila e matéria orgânica, baixando os níveis de oxigênio de 7 para 1,58 mg.L⁻¹.

Peixes expostos a longos períodos a baixas concentrações de O₂D (hipóxia) desaceleram seu crescimento, não consomem e não conseguem converter o alimento eficientemente (Maffezzolli e Nuñez, 2006), tendo assim a sobrevivência prejudicada, e sua capacidade reprodutiva afetada.

Em casos de depleção de oxigênio, quando a água dos viveiros apresenta baixos níveis de oxigênio dissolvido, as alternativas mais usuais são a aeração mecânica e trocas d'água, sendo esta última a mais empregada no sistema semi-intensivo (Kubitza, 2000).

3.6.2. pH

A respeito do pH da água para cultivo de tilápias, a faixa é a mesma que a de outras espécies aquáticas, onde valores de 6,0 a 8,5 são considerados ótimos para o cultivo (New, 1990; Kubitza, 2003). Valores abaixo ou acima da faixa ótima podem ter efeitos tóxicos sobre os peixes ou adversos sobre a produtividade natural dos viveiros (Proença e Bittencourt, 1994).

Kubitza (2000) expressa que valores de pH inferiores ou iguais a 4,0 acarretam uma baixa sobrevivência. Enquanto que no pH 3,0 a mortalidade se dá entre 1 e 3 dias, no pH 2,0 a mortalidade total ocorre em apenas 12 horas. Baixos valores de pH acarretam uma grande produção de muco e irritação nas brânquias.

De acordo com Kubitza (2003) os principais fatores determinantes do pH na água são o dióxido de carbono (CO_2) e a concentração de sais em solução. No entanto, mesmo altas concentrações de CO_2 não são capazes de abaixar o pH da água para valores menores que 4,5. Condições de pH abaixo de 4,5 são resultantes da presença e diluição na água de ácidos minerais como o ácido sulfúrico (H_2SO_4), clorídrico (HCL) e nítrico (HNO_3), que são compostos tóxicos aos peixes.

3.6.3. Amônia

Pereira e Mercante (2005) discutiram sobre a toxicidade da amônia na piscicultura e ressaltaram a importância de um controle da quantidade e da qualidade do alimento fornecido aos organismos aquáticos, bem como um controle adequado do fluxo da água para evitar o acúmulo da matéria orgânica nos sistemas de criação. Tais recomendações visam à manutenção da qualidade da água nos sistemas de criação de peixes.

De acordo com Medeiros (2002), existem duas formas de amônia na água: ionizada (NH_4^+) e não-ionizada (NH_3), que é a mais tóxica. A amônia não-ionizada acima de 0,20 mg/L já é suficiente para induzir uma toxidez crônica, levando a uma diminuição do crescimento e tolerância dos peixes as doenças (Kubitza, 2000).

Geralmente, a mortalidade massiva de peixes cultivados ocorre devido à combinação sinérgica entre baixo nível de oxigênio dissolvido e alta concentração de amônia presente na água (Serafini et al., 2009).

Serafini et al. (2009) ainda comentam que além da excreção dos peixes, a concentração da amônia também é influenciada pela decomposição do alimento não digerido e através da introdução de fertilizantes no preparo dos viveiros de cultivo. Para Sipaúba-Tavares (1995) valores entre 0,6 e 2,0 mg/L para amônia são aceitáveis em sistemas de produção de peixes.

3.6.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio

Demanda bioquímica de oxigênio, ou DBO, é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microrganismos através da respiração. Em outras palavras, trata-se, essencialmente, de um bioensaio envolvendo a medida de oxigênio consumido por organismos vivos (principalmente bactérias) enquanto utilizam a matéria orgânica presente na água, sobre condições tão similares quanto possível aquelas que ocorrem na natureza.

Realizado a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de incubação também fixo, 5 dias, a DBO é um teste padrão. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenômeno que acontece no corpo d'água (Derisio, 1992).

A demanda bioquímica de oxigênio mede, primariamente, o oxigênio gasto para degradar a matéria orgânica biodegradável na água (APHA, 1998). Assim, esta variável pode fornecer uma estimativa grosseira da “poluição potencial” de um viveiro. Por outro lado, grande quantidade de oxigênio pode ser usado pelas bactérias nitrificantes para oxidar o nitrogênio amoniacal em nitrato. Essa demanda nitrogenosa de oxigênio (DNO) pode atingir cerca de 40% do valor da DBO5 em viveiros de cultivo de catfish nos Estados Unidos da América (Boyd e Gross, 1999). Além disso, o consumo de oxigênio em cinco dias representa apenas uma fração do oxigênio total que será consumido nos processos de decomposição e nitrificação.

4. Material e métodos

4.1. Período e local do experimento

O experimento foi realizado no Setor de Piscicultura do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, localizado no município de Areia – PB, durante o período de 20 de maio a 04 de novembro de 2009. A cidade localiza-se no interior do estado da Paraíba, na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião do Brejo Paraibano, a uma altitude média de 618 metros, situada a 06°58' de latitude Sul e 35°43' de longitude Oeste. Possui um clima ameno, com temperaturas que chegam a 8°C no inverno e, em dias quentes, a 30°C.

A cidade de Areia possui uma área territorial de 247 km², aproximadamente a 93Km da capital. O clima é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, com média pluviométrica anual de 1350 mm (AESAs).

4.2. Preparação dos viveiros e instalação do experimento

Para iniciar o experimento a equipe do projeto executou a limpeza dos viveiros, com o capina e nivelamento dos mesmos retirando o excesso de sedimento depositado no fundo e, posteriormente, foram drenados e secos ao sol, deixando-os com aproximadamente 1 m de altura.

Após a secagem, foram colhidas amostras de solo de cada viveiro para determinação do pH e, então, os mesmos foram submetidos à calagem com hidróxido de cálcio, conforme a necessidade. Após estas práticas, iniciou-se o abastecimento dos viveiros com água proveniente de açude, localizado no próprio Setor.

Foi realizada uma adubação química de cinco viveiros utilizando superfosfato simples (2,6 kg) e sulfato de amônia (1,54 kg) em cada viveiro. Dos demais cinco viveiros foi realizada adubação orgânica com Bokashi de composição, a saber: 90% Farelo de Trigo; 9% farelo de soja; 1% farinha de peixe. Este fermentado anaerobicamente por 20 dias com adição de solução de Embiotic® diluído a 1% considerando umidade final de 30% do material a ser compostado.

O adubo químico foi aplicado usando-se um saco plástico com perfurações para que o fertilizante fosse liberado gradativamente e uniformemente no viveiro. Uma semana após a adubação, os viveiros foram povoados com alevinos de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), mantendo uma densidade de estocagem de 2,2 peixes/m².

A renovação da água dos viveiros foi realizada a partir do quarto mês de cultivo, isto porque no período anterior a este, havia bastante ocorrência de chuva e/ou apenas quando detectado níveis baixos de oxigênio dissolvido, numa taxa de aproximadamente 10% do volume total.

Os viveiros são do tipo escavado em terreno natural (viveiros de terra), com dimensões de 10m (Largura) X 25m (Comprimento) X 1m (profundidade).

4.3. Condução do experimento

Foram utilizados 10 viveiros escavados em terreno natural, com área útil de 250m² e profundidade média de 0,8m (lamina da água) com abastecimento e escoamento d'água independente (Figura 1).



Foto: Oliveira, A.S.

Figura 1. Vista parcial dos viveiros de engorda de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

4.4. Animais e manejo alimentar

Os viveiros foram povoados com alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada, revertidos sexualmente a macho, com peso médio inicial de $12,38 \pm 1,21$ g e comprimento médio total de $11,51 \pm 0,97$ cm.

Chegando ao local e após aclimatação, os peixes foram contados, pesados em lotes e estocados nos viveiros numa densidade de 2,2 peixes/m², perfazendo um total de 550 peixes por viveiro.

Os peixes foram alimentados com ração comercial, com valores de proteína bruta (PB) específica para cada fase de crescimento (farelada com 55% PB para alevinos, extrusada com 44% para juvenis e extrusada com 40% e 32% para Recria I e Recria II, respectivamente). A porcentagem de oferta da ração correspondeu a cada fase e/ou peso que se encontravam os animais do início ao final do experimento.

A ração foi fornecida inicialmente 5 vezes ao dia (08:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00h) dos início aos 21 dias de cultivo, depois para 4 vezes (09:00, 11:00, 13:00 e 15:00h) até a 10ª semana (70 dias), a partir da 11ª até a 26ª semana passou para 3 vezes ao dia (09:00, 12:00 e 15:00h) e, da 27ª até o fim do experimento passando então para 2 vezes (09:00 e 15:00h) ou apenas em um horário quando o dia se encontrava chuvoso e a temperatura diminuía. Para o fornecimento da ração foi levado em consideração a faixa de peso dos animais e a temperatura da água, sendo feito ajustes quinzenalmente e a cada biometria para evitar falta ou desperdício da ração.

4.5. Desempenho dos peixes

Para acompanhar o desempenho dos peixes, no início do cultivo e a cada 28 dias, uma amostra de 20% da população foi capturada com rede de arrasto (Figura 2).



Figura 2. Captura dos peixes para biometria

Para determinação do peso do lote (g) (Figura 3 A) foi utilizada uma balança digital, e para o comprimento total individual (cm) (Figura 3 B), com régua, para ajuste da oferta de ração. Os peixes coletados foram acondicionados em baldes plásticos com água e, transportados para realização das determinações de comprimento e do peso total. Após esta operação, os peixes foram devolvidos para os viveiros de origem.



A



B

Figura 3. Pesagem (A) e mensuração dos peixes (B)

4.6. Monitoramento da água

O monitoramento da água iniciou 8 dias após o peixamento (fase de adaptação). Inicialmente as análises foram realizadas quinzenalmente, sendo os quatro últimos monitoramentos feitos com intervalos de 28 dias entre um e outro.

Nos dias de coleta/análises, eram determinadas diretamente na água as seguintes variáveis: temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) e oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), com Oxímetro digital portátil e condutividade elétrica da água (Ms.cm^{-1}); sempre entre as 08:00 e 10:00 horas da manhã. Também eram coletadas, na ocasião, amostras de água para determinação do pH, da quantidade de amônia (mg.L^{-1}) presentes na água, conforme metodologia descrita por Golterman et al. (1978) através do método espectrofotométrico. Já para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), as amostras de água foram recolhidas em frasco transparente, preenchendo-o completamente até a tampa, de forma cuidadosa e lenta para evitar a formação de bolhas. A metodologia usada para a determinação da demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias (DBO_5) foi a descrita pelo Standard Methods.

4.7. Variáveis climatológicas

Foram levantadas informações sobre o comportamento das principais variáveis meteorológicas durante o período da criação dos peixes, monitorando os seguintes parâmetros: temperatura, pluviosidade, insolação e umidade relativa do ar (UR%). As informações foram fornecidas pela estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, CAMPUS II, Areia. Segundo a classificação de Koppen (1936) o clima do município é do tipo As' , quente e úmido com chuvas de outono a inverno.

Os valores médios referentes a temperatura máxima e mínima, precipitação e umidade relativa do ar durante o período da amostragem foram 19,5°C, 26,2°C, 149,2mm e 85,3% respectivamente.

4.7.1. Temperatura

As temperaturas máximas e mínimas foram obtidas através dos termômetros de Máxima e Mínima da Estação Meteorológica, ambos da marca INCOTERM, escala de – 15 a + 60°C, divisão 0,2°C.

4.7.2. Precipitação

As leituras de pluviosidade foram obtidas mediante o instrumento denominado Pluviômetro Ville de Paris, cuja área de captação é 400,0cm².

4.7.3. Insolação

Os dados de insolação foram adquiridos por meio do instrumento denominado Heliógrafo de Campbell-Stokes, caracterizado por medir as horas efetivas de sol, por meio de uma esfera de cristal que, recebendo radiação solar direta, queima um cartão especial colocado na base do aparelho.

4.8. Funções utilizadas para o ajuste das curvas

Seguindo a metodologia de Souza (2008) os dados médios das pesagens a cada 28 dias das unidades experimentais foram tabulados para a aplicação das funções matemáticas, (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para descreverem o crescimento dos peixes no município de Areia - PB.

Modelo	Função	Referência
Brody	$Y = A (1 - Be^{-kt}) + \epsilon$	Brody, (1945)
Linear	$Y = A + Bt + \epsilon$	Bianchini Sobrinho, (1984)
Linear hiperbólico	$Yt = A + Bt + Ct^{-1} + \epsilon$	Bianchini Sobrinho e Duarte (1991)
Quadrática - Logarítmica	$y = A + Bt + Ct^2 + D \ln t$	Bianchini Sobrinho, (1984)
Gompertz	$Y = Ae^{\frac{-Be^{-k.t}}{1 + Be^{-k.t}}} + \epsilon$	Daniel e Woods ,(1980)
Bertalanffy	$Y = A (1 - Be^{-kt})^3 + \epsilon$	Bertalanffy, (1957)
Gama incompleto	$Yt = A t^b e^{-ct} + \epsilon$	Wood, (1997)
Logístico	$Y = A(1 + B e^{-kt})^{-1} + \epsilon$	Mazzini, (2001)

Para estas funções, y representa o peso dos peixes (kg); a, b, c e d são parâmetros da curva a serem estimados e, t é o número de dias das pesagens. Os parâmetros das funções foram estimados através de técnicas não-lineares, usando-se o método modificado de Gauss-Newton disponível no PROC NLIN (SAS, 2003).

4.9. Análises estatísticas usadas para escolha da melhor função

4.9.1. Coeficiente de determinação

Segundo Ribeiro (1997), quando se compara um modelo com diferentes números de parâmetros, é adequado utilizar o coeficiente de determinação ajustado ao número de parâmetros de cada modelo, para que estes sejam comparados em iguais condições. De acordo com Draper e Smith (1981) a equação utilizada é:

$$R_a^2 = \frac{(n-1) R^2 - p}{n-p-1}$$

Em que:

R_a^2 = coeficiente de determinação ajustado;

p = número de parâmetros do modelo;

n = número de observações;

R^2 = coeficiente de determinação.

$$R^2 = \frac{\text{Soma dos quadrados de regressão corrigidos}}{\text{Soma de quadrados total corrigido}}$$

4.9.2. Quadrado médio do resíduo

Estimador de máxima verossimilhança da variância residual.

$$\text{QMR} = \frac{\text{SOR}}{\text{n}^\circ \text{ de observações}}$$

4.9.3. R² (Ajustado)

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQTC}$$

SQR = Soma de quadrados de resíduos

SQTC = Soma de quadrados totais corrigidos

4.9.4. DMA (Desvio médio absoluto dos resíduos)

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n}$$

y_i = Valores observados

\hat{y}_i = Valores estimados

Quanto menor o valor do DMA, melhor o ajuste.

4.9.5. Gráfico de distribuição dos resíduos

Para mostrar a qualidade do ajuste proporcionado para cada função, foi utilizado um gráfico de distribuição de resíduos que mostra a dispersão destes em função do tempo. Se os resíduos apresentam-se distribuídos aleatoriamente em relação a variável classificatória t , é indicativo de bom ajuste. Caso estes se apresentem em blocos de valores positivos ou negativos, é indicativo de auto-correlação residual positiva ou negativa, o que indica que ocorreu ajuste não satisfatório.

4.9.6. Correlações

A correlação entre os dados foi analisada pelo método paramétrico de Pearson, utilizando o procedimento corr do programa estatístico do SAS (2003).

5. Resultados e discussão

5.1. Fatores Ambientais

As condições climatológicas durante a realização das coletas incluem, além do acompanhamento das variáveis meteorológicas mais importantes ao longo do período de cultivo, a caracterização dos fatores climáticos durante os dias de coleta de campo, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Valores mensais de parâmetros climáticos: precipitação pluviométrica, temperaturas máximas e mínimas e insolação para criação de Tilápia do Nilo em dez viveiros no período de 20/05/2009 a 04/11/2009.

PARÂMETROS	Período de cultivo						
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	26,1	24,8	24,2	24,9	26,2	28,2	29,1
TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	20,7	19,6	19	18,5	19,2	19,4	19,8
PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)	271,4	212,2	319,6	183,4	40,4	3,6	13,6
INSOLAÇÃO (h) MÉDIA	56,8	127,2	133,5	171,1	172,8	248,5	227,5

5.1.1. Temperatura Ambiente

As variações de temperatura do ar observadas ao longo dos 180 dias do período de criação, conforme apresentado na Tabela 2, mostram que, em todo o período, os valores de temperatura médios, máximos e mínimos mensais estão situados na faixa de 18,5°C (mínima) em agosto a 29,1°C (máxima) em novembro. A amplitude de variação máxima observada no ar alcançou o valor de 9,3°C no mês de novembro. Portanto constituindo-se um fator limitante para a propagação e terminação de tilápias nesta época do ano (Graeff e Amaral Junior, 2005).

Através de trabalhos e pesquisas realizados, verificou-se que a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*), peixe tropical, apresenta uma variação sazonal de crescimento (peso e comprimento), tendendo a uma diminuição e até uma parada no crescimento durante baixas temperaturas (Kubitza, 2000). Este fato pode ser observado neste trabalho, pois quando foram registradas baixas temperaturas os peixes apresentaram redução no crescimento, consideradas insatisfatórias para espécie durante o período de cultivo.

Caetano Filho e Ribeiro (1995) pesquisando a influencia da temperatura no crescimento de tilápias em monocultivo intensivo identificaram os meses de julho e agosto como sendo o período de menor incremento em peso e comprimento para as tilápias. Por outro lado Mainardes Pinto et al. (1989) com cultivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em dois períodos diferenciados demonstra que há uma desaceleração do crescimento mais acentuada no metabolismo, afetando mais drasticamente os peixes na fase inicial do seu desenvolvimento.

A partir de vários trabalhos realizados na região, e depois de um longo período de cultivo pode-se observar que quando a temperatura da água esteve no intervalo de 25 a 28°C, os peixes tiveram um ótimo desempenho em relação ao ganho de peso.

5.1.2. Precipitação

A precipitação pluviométrica total durante os 180 dias do experimento na região onde estavam instalados os viveiros foi de 1044,2mm. A intensidade máxima ocorreu no mês de julho, com 319,6mm e a mínima no mês de outubro com precipitação de 3,6mm. Com estes resultados, levando-se em conta as séries históricas e a distribuição de chuvas na região fisiográfica onde realizou-se o experimento, pode-se caracterizar como um ano com valores típicos de precipitação para a região.

Andrade e Cavalcante (2004) comentam que alterações severas da intensidade da chuva causam estresse nos animais, como consequência teríamos redução e perdas no crescimento dos peixes.

Segundo Henry e Cury (1981) a precipitação também tem forte influência sobre a dinâmica destes ambientes, pois ocasiona um aporte de nutrientes e material particulado, alterando as características físicas e químicas da água

5.1.3. Insolação

A insolação é o número de horas durante o dia, nas quais os raios solares atingem diretamente a superfície da terra. Esta variável meteorológica é bastante correlata à nebulosidade. O número de horas de insolação é um bom indicador da nebulosidade quando comparado ao número teórico de horas de insolação que corresponde ao número de horas entre a aparição do sol e o por do sol. Tal número depende da latitude e do dia.

De acordo com os valores encontrados (Tabela 2), o mês de novembro foi o período com a maior média de horas de insolação, totalizando 227,5 horas/mês, considerando como uma forma de radiação solar de forma direta.

A temperatura da água recebe influência direta da luminosidade externa, pois, parte da luz solar que incide no corpo d'água é refletida, e outra é absorvida. A radiação absorvida na superfície se transforma em energia calórica e se propaga por condução na água, devendo ao vento a ação de redistribuir o calor por todo o corpo d'água, não permitindo que ocorra queda brusca de temperatura no primeiro metro de profundidade (Sipaúba-Tavares, 1995).

5.2. Correlações

A análise de Correlação de Pearson (r) indicou correlação positiva da temperatura ambiente com o peso vivo (0,43), a temperatura da água (0,40), o pH (0,22) e para a DBO alta (acima de 80%) correlação positiva (0,57) (Tabela 3). Em trabalho realizado em pesque-pagues no estado de São Paulo no período de inverno e verão Sandre *et al.* (2009) comprovou alta correlação positiva entre a temperatura da água e a temperatura ambiente de 0,93 no verão e 0,76 no inverno.

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear de Pearson (r), obtidos para expressar as correlações entre as variáveis limnológicas estudadas e os parâmetros climáticos em viveiros escavados no município de Areia - PB

	Peso vivo (g) <i>Weight</i>	Temp. da água <i>Water temp.</i>	OD OD	pH <i>pH</i>	Amônia <i>Ammonia</i>	DBO <i>BOD</i>
Temp. amb. <i>Environ. temp.</i>	0,43*	0,40 ^{n.s.}	-0,20 ^{n.s.}	0,22 ^{n.s.}	-0,27 ^{n.s.}	0,57**
Precipitação <i>Precipitation</i>	-0,89**	-0,84**	0,7**	-0,49**	0,06 ^{n.s.}	-0,43*
Insolação <i>Insolation</i>	0,91**	0,76**	-0,59**	0,46**	0,17 ^{n.s.}	0,35 ^{n.s.}

* ($P < 0,05$); ** ($P < 0,01$); n.s. – não significativo.

Entretanto, a temperatura da água neste trabalho apresentou valores médios entre 18,5°C e 29,1°C (Tabela 2), condições de temperatura adequada para a sobrevivência de peixes tropicais (Kubitza, 2003), permitindo a exploração dessa espécie na região durante esta época do ano.

Quando comparamos a temperatura ambiente com o oxigênio dissolvido (-0,20) e amônia (-0,27), foi observada uma correlação negativa não significativa.

A temperatura da água está em função da temperatura ambiente e da luminosidade que incide em seu corpo. Desta forma, parte da luz que incide sobre a

coluna d'água é absorvida e propagada entre as moléculas, sendo armazenada na forma de calor. Com base nesta afirmativa é esperado, portanto, que a temperatura da água pela manhã, em virtude de receber incidência solar moderada, seja menor que à tarde.

A precipitação apresentou uma alta correlação negativa com a temperatura da água (-0,84) e também com o peso vivo (-0,89), mostrando que temperaturas mais baixas podem causar queda no crescimento dos animais quando a ocorrências por longo período de tempo.

A insolação apresentou uma alta correlação positiva e significativa ($P < 0,01$) para peso vivo (0,91) e para a temperatura da água. Podemos inferir com esses resultados que o aumento da insolação incidente é diretamente proporcional a elevação da temperatura da água (Tabela 2), bem como se reflete também no crescimento dos animais, já que a espécie estudada se encontra nas condições ideais de temperatura para seu desenvolvimento no ambiente estudado.

5.3. Qualidade da água

5.3.1. Parâmetros físicos

5.3.1.1. Temperatura da água

Os extremos de temperatura (24,68 e 28,1 °C) (Figura 4) foram pouco frequentes no decorrer do experimento, e quando constatados não foi observado diminuição no consumo alimentar dos peixes, talvez pela proximidade dos valores com a faixa ótima de temperatura (26 a 30 °C) estabelecida para peixes tropicais (Ostrensky E Boeger, 1998). Entretanto de acordo com Kubitza (2003) durante algumas semanas os registros

de temperatura estiveram abaixo dos limites adequados para o conforto térmico da tilápia, que pode ser alcançado dentro da faixa de temperatura entre 27 a 32°C.

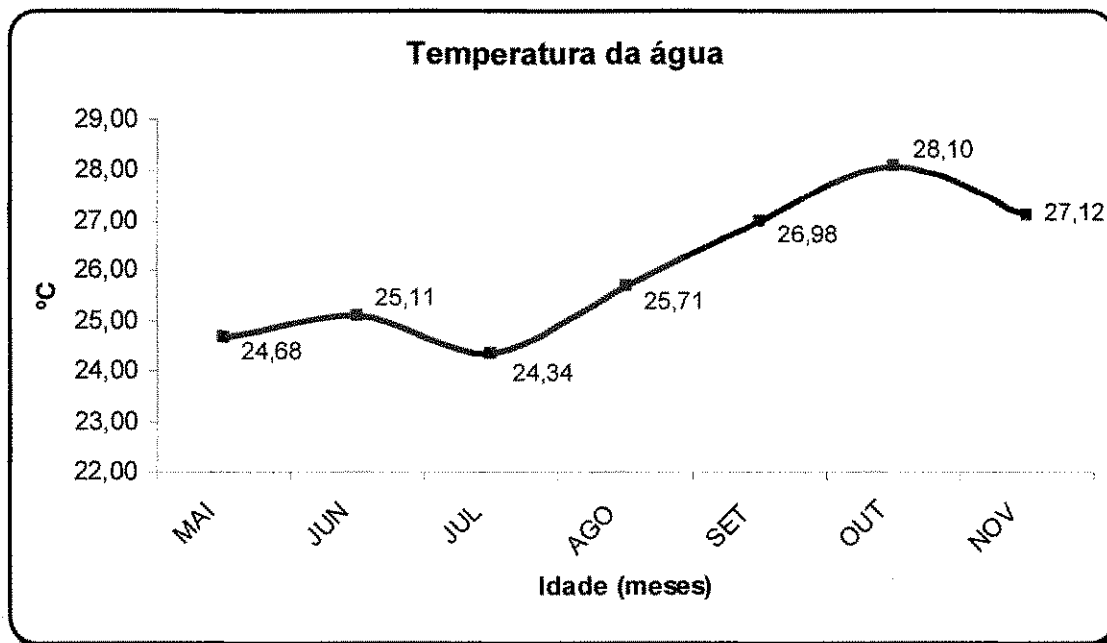


Figura 4 – Valores médios da temperatura da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.

Deve ser considerando que o período de coleta foi realizado pela manhã (entre 08:00 e 9:30h) assim, esta condição não permitia grande acúmulo de calor proveniente da radiação solar.

Ayroza et al. (2000) relatam que a redução da temperatura da água de 25,5 °C para 22,1°C, possivelmente tenha sido a causa da diminuição no consumo alimentar de Tilápia do Nilo criadas em viveiros, acarretando visualmente na redução do crescimento.

De acordo com Gomes et al. (2000) e Kubitza (2000), quando a temperatura ultrapassa a faixa de conforto térmico, maior desvio energético ocorre para a captação de oxigênio, o que reflete em redução do crescimento. Para muitas espécies de peixes, a

redução do incremento da taxa metabólica máxima deve-se à diminuição da concentração de oxigênio, com a elevação da temperatura.

Entretanto, Sollid et al. (2005) verificaram aumento da superfície respiratória branquial de peixes dourados (*Carassius carassius* e *Carassius auratus*) com a elevação da temperatura, o que melhorou a eficiência respiratória em ambientes com baixos níveis de oxigênio.

Por sua vez, Allen et al. (2006) concluíram que temperaturas elevadas e cíclicas entre 19,0 e 24,0° C não afetaram adversamente os juvenis de esturjão verde (*Acipenser medirostris*), na faixa de peso entre 0,1 e 10,0 g, quando não houve falta de alimento e oxigênio.

5.3.2. Parâmetros químicos

5.3.2.1. pH

O pH é um parâmetro de fundamental importância no controle da qualidade da água. Seu efeito sobre os peixes é geralmente indireto, ao influir na solubilidade, forma e toxicidade de diversas substâncias (Bevilacqua et al., 2006).

No período monitorado observou-se que os valores de pH ficaram em sua maioria dentro da faixa recomendada, variando entre 6,76 e 7,99 (Figura 5), durante os meses de cultivo. Esses valores estão dentro do ideal para Kubitzka (2003), na faixa entre 6,5 e 8,0 provavelmente pelas interações com os solos dos viveiros.

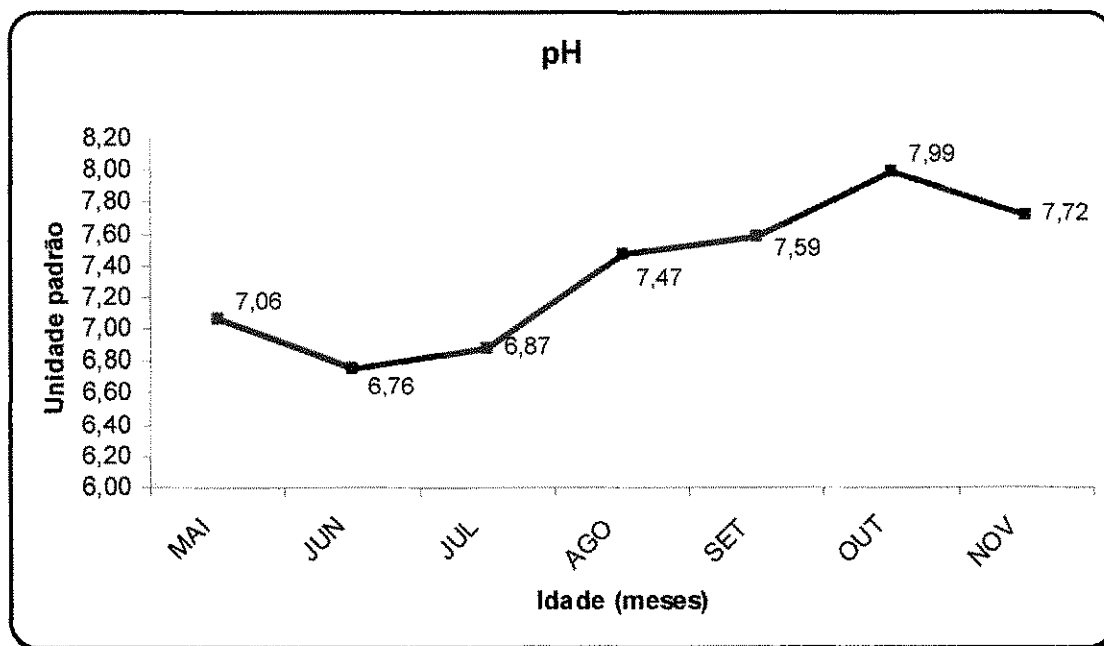


Figura 5 – Valores médios do pH da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.

Os valores médios de pH, variaram em grande parte do tempo, dentro de uma faixa levemente ácida e levemente básica, estando por algumas vezes próximas da neutralidade.

5.3.2.2. Oxigênio Dissolvido

Com relação às concentrações de oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}) foi verificada uma redução no decorrer do experimento (Figura 6), chegando a atingir valores de até $4,44 \text{ mg.L}^{-1}$. As pequenas alterações registradas não foram relacionadas com qualquer um dos fatores estudados, levando a sugerir que a densidade de $2,2 \text{ peixes/m}^2$, pode vir a influenciar as concentrações dos mesmos, caso o cultivo fosse mais prolongado.

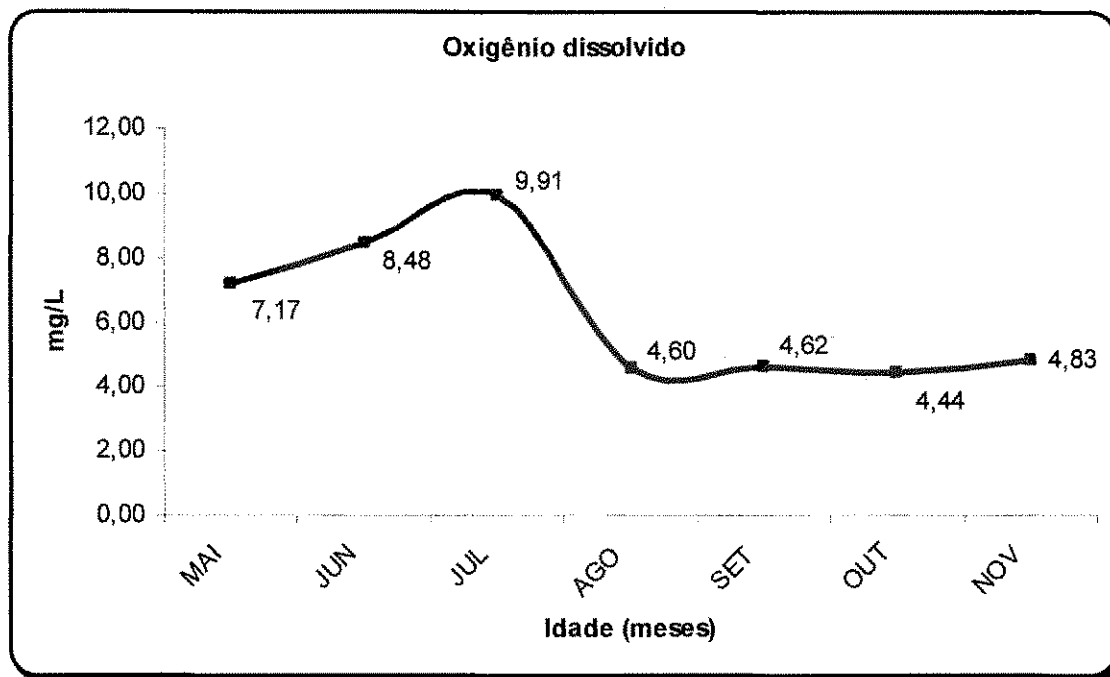


Figura 6 – Valores médios do Oxigênio dissolvido da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.

Verificou-se ainda uma redução brusca a partir do 4^a mês de observação (agosto), chegando a atingir um valor médio de $4,6 \text{ mg.L}^{-1}$.

A queda brusca observada nos valores de OD provavelmente é decorrente do aumento de turbidez da água, pois, segundo Boyd (1999), as concentrações de oxigênio se tornarão mais críticas se a turbidez for mais elevada, pois esta compromete a realização dos processos fotossintéticos.

Durante o período chuvoso, que se estendeu até o início de setembro (Tabela 2), os níveis de oxigênio dissolvido tenderam-se a manter-se elevados, devido a precipitação e conseqüentemente, a oxigenação da água dos viveiros.

Segundo Kubitzka (2003), para cultivo de tilápia, o oxigênio dissolvido deve ser mantido acima de 60% de saturação ou de 4 mg.L^{-1} . O autor enfatiza ainda que as tilápias suportam baixas concentrações de oxigênio, adaptando-se bem à hipóxia,

contudo, esta prática de cultivo deve ser evitada para que a produção não seja comprometida.

5.3.2.3. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

Para o parâmetro DBO₅ os valores registrados estão dentro da faixa estabelecida pela resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que estabelece a classificação das águas doce, pois os máximos valores encontrados para DBO₅ total foi de 7,9 mg.L⁻¹ (Figura 7), sendo esta classificada na Classe III.

A DBO₅ decaiu, do início do experimento até o mês de agosto, este fato possivelmente está atrelado a intensidade da chuva nesse período, essa característica no período certamente contribuiu para uma boa aeração nos viveiros, não resultando em grandes aumentos da demanda bioquímica de oxigênio. A partir do mês de setembro os valores da DBO₅ oscilaram até o final do experimento.

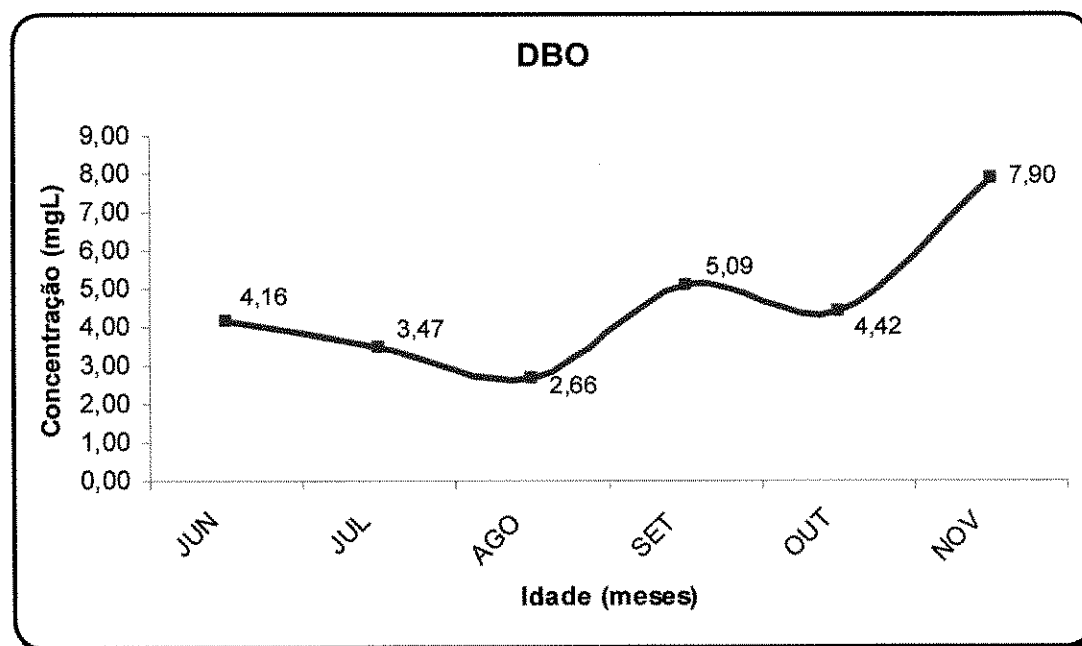


Figura 7 – Valores médios de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.

O material orgânico presente nos viveiros de criação de peixes deve-se as sobras de alimentação (ração), que são ricas em proteínas e que oferecem nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das algas no processo da fotossíntese.

Em relação à Classe III, esse constituinte em nenhum momento ultrapassou o limite máximo de 10 mg.L^{-1} .

Lima (2004) em estudo realizado no Rio Cuiabá, entre os anos de 1999 a 2004, observou valores da mediana acima de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de DBO_5 na época de seca, atingindo concentrações de $3,0 \text{ mg/L}$ de DBO_5 em época de chuva. Segundo a autora, as diferenças nas concentrações de DBO_5 , nos períodos sazonais, resultam da alta disponibilidade de oxigênio engendrado ao meio pelas corredeiras, no período de seca. No período de chuva, entretanto, registraram-se picos de variação devido ao carreamento de matéria orgânica junto com as águas da chuva para o leito do rio.

5.2.2.4. Amônia

As concentrações de amônia total (Figura 8) só começaram a aumentar a partir a 3ª coleta, onde foi registrado o valor mais elevado para esta variável $0,57 \text{ mg.L}^{-1}$ no mês de julho, a partir deste período foi verificado queda acentuada no valores da variável, tomando a um ligeiro aumento no mês de outubro e, voltando novamente a cair em novembro, para o valor de $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$.

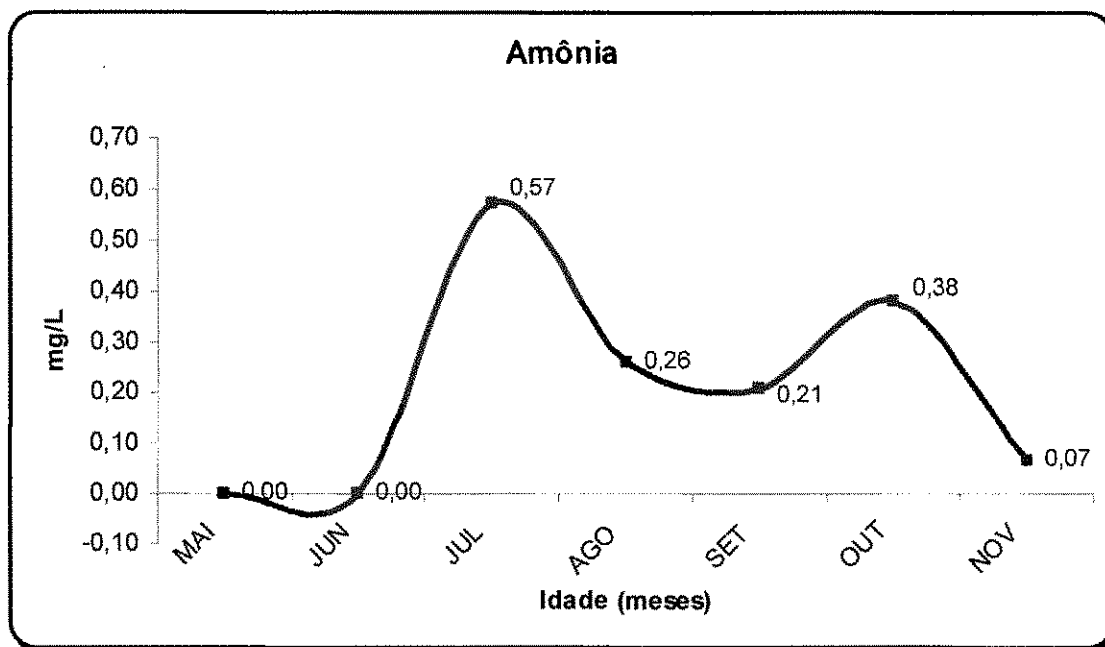


Figura 8 – Valores médios da amônia da água em viveiros escavados no município de Areia – PB no período de maio a novembro de 2009.

Zimmo et al. (2004) relatam que níveis acima de 0,5 mg/L de amônia total (NH_3 , forma não ionizada que é tóxica para os peixes), fato que foi observado neste trabalho, geralmente são prejudiciais a criação de peixes, podendo levar a incapacidade de transformar a energia alimentar em ATP. Kubitza (2000) completa que altas concentrações deste composto pode tanto prejudicar o desenvolvimento dos peixes, como aumentar a incidência de doenças e até mesmo causar a morte indireta dos mesmos por intoxicação.

Pereira e Mercante (2005) realizaram revisão sobre a formação de amônia tóxica afetando negativamente o cultivo de organismos aquáticos.

Em ambiente aquático, 80 % da amônia é derivada das excretas dos peixes, e quando em excesso torna-se tóxica para os mesmos (Westers, 2001).

Kubitza (2000) afirma que, em águas com pH acima de 9,3, os níveis de amônia são tóxicos quando maiores que 1mg.L^{-1} . Este mesmo autor afirma que amônia não ionizada acima de $0,2\text{mg.L}^{-1}$ já é suficiente para induzir uma toxidez crônica, levando

a uma diminuição do crescimento e tolerância dos peixes a doenças. Já concentrações de amônia abaixo de 0,24 mg. L⁻¹ são consideradas adequadas para tilápia.

5.4. Modelos

Os dados de pesos por idade dos animais foram ajustados para cada um dos modelos propostos, com o valor médio dos parâmetros da curva de crescimento estimados para os modelos utilizados, e o erro padrão da media dos parâmetros de cada modelo.

Ajustes dos modelos

Considerando o R² (coeficiente de determinação) os modelos de Brody, Gompertz e Logístico não se ajustaram aos pesos observados dos animais utilizados neste trabalho, atingindo um R² de 0,54, 0,80 e 0,83 para os modelos de Brody, Gompertz e Logístico. O mesmo foi observado por Santos et al. (2008) trabalhando com curvas de crescimento de tilápia até os 160 dias de idade e, Costa et al. (2009) que trabalharam com três diferentes linhagens de tilápia, os modelos citados a cima não se ajustaram a nenhuma linhagem estudada.

Segundo Fonseca (1991) os modelos de Von Bertalanffy e de Gompertz foram desenvolvidos com base na suposição de que o crescimento de um organismo é a diferença entre as taxas de anabolismo e catabolismo de seus tecidos.

Vários autores recomendaram o modelo Bertalanffy como o mais apropriado para descrever o crescimento total, pois, para a maioria das fases consideradas, apresentou boa predição e não mostrou deficiências graves no aspecto computacional.

Já o modelo logístico, segundo Fonseca (1991), foi proposto para descrever o crescimento de populações. Ele caracteriza-se por apresentar ponto de inflexão fixo, na metade do peso final; então, é uma curva simétrica em torno do ponto de inflexão.

Freitas et al. (1984) trabalhando com os modelos de Gompertz e Logístico em frangos de corte apresentaram estimativas adequadas ao peso e idade desses animais.

No modelo de Gama incompleto, o parâmetro A da curva de crescimento foi estimado em 444,11 (Figura 9). Esse modelo representou adequadamente a curva média de crescimento dos animais em estudo, porém subestimou o peso no início do experimento (0,74 g) e aos 30 dias (48,59 g), superestimou aos 60 dias de idade (114,17 g), subestimou nitidamente os pesos entre 90 e 120 dias de idade, com resíduos de até 5,37 g (Figura 10), e voltou a superestimar aos 150 dias com resíduos de até -4,43g, já ao final subestimou novamente aos 180 dias com resíduo de 0,65g.

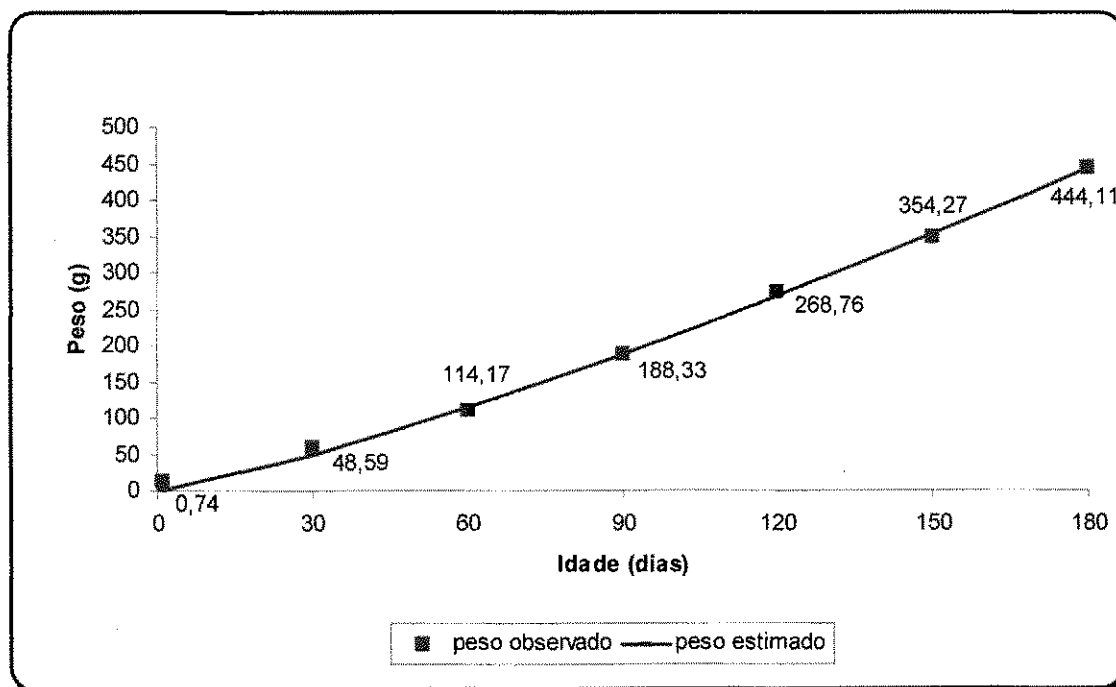


Figura 9. Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo de Gama incompleto.

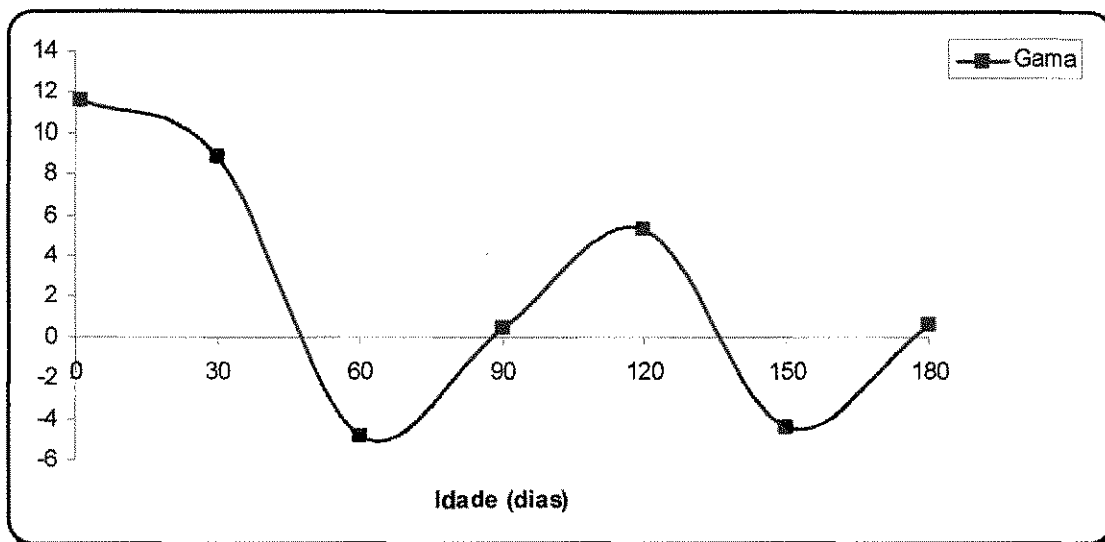


Figura 10 – Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Gama incompleto.

O modelo Gama incompleto estimou bem a curva média, com resíduos de no máximo 0,65g até os 180 dias. Esse fato também pode ser observado no gráfico de distribuição dos resíduos (Figura 10).

O modelo Linear Hiperbólico (Figura 11), proposto por Bianchini Sobrinho (1984), apresenta um parâmetro a mais em relação à função linear, o qual está associado ao inverso do tempo (b_2t^{-1}). Esse modelo sub e superestimou os pesos em diversos segmentos da curva, principalmente no início do crescimento.

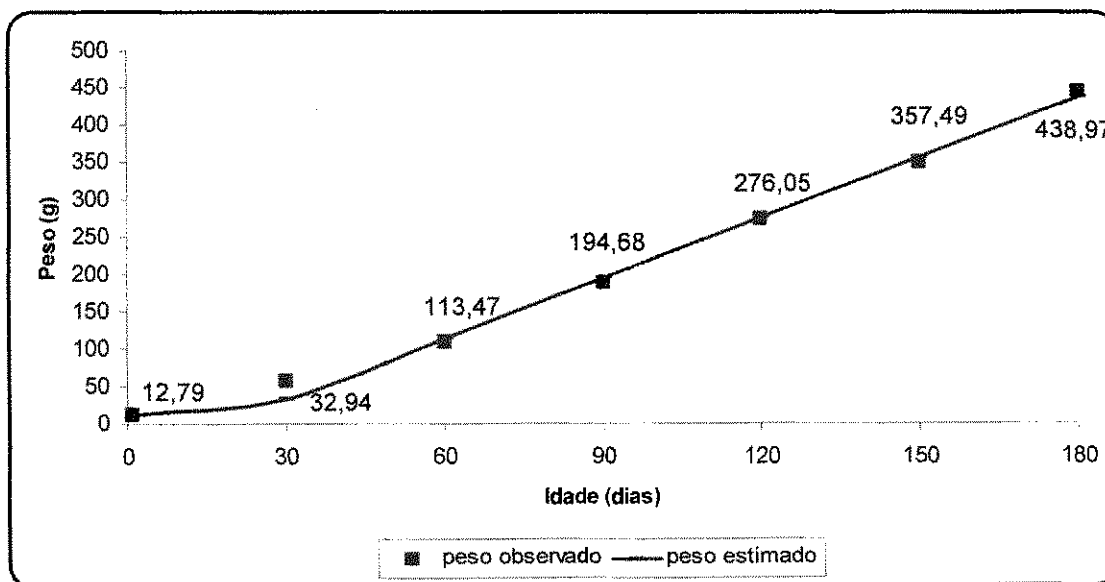


Figura 11. Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo linear hiperbólico.

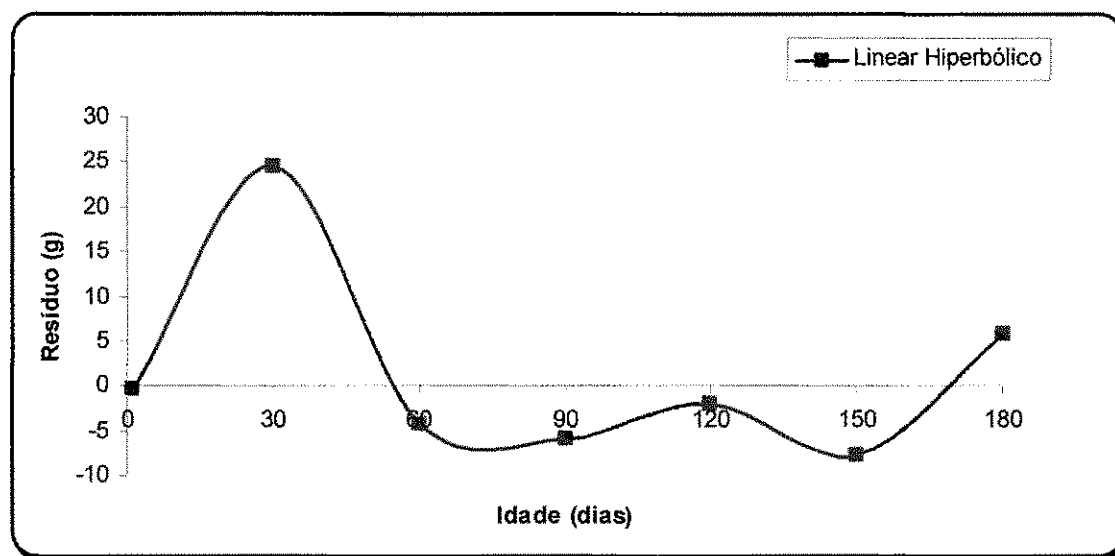


Figura 12 - Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Linear hiperbólico.

Os resíduos deste modelo foram de até 24,8 g (Figura 12). Esse modelo foi representado por uma reta crescente. O modelo Linear Hiperbólico superestimou o peso inicial com resíduo de -0,44 g, subestimou aos 30 dias voltando a superestimar dos 60 até os 150 dias e, até o final do período estudado, subestimou o peso em 5,79 g, o que pode ser explicado pela tendência linear apresentada por este modelo. O coeficiente de determinação ajustado (R^2) foi de 98% para o ajuste sobre a média.

Neste trabalho este modelo representou a curva real em praticamente todo o período estudado, apresentando resíduos relativamente baixos a partir dos 60 aos 150 dias de idade.

O modelo Linear Hiperbólico estimou adequadamente o peso inicial, mas apresentou, a partir dos 30 dias, tendência linear, começou a super e subestimar os pesos dos animais em diversos pontos, o que confirma que o coeficiente de determinação ajustado (R_a^2), isoladamente, não é um bom indicador da qualidade de ajuste, está observação também foi feita por Cruz et al. (2009), trabalhando com caprinos mestiços,

pois não permite visualizar diferenças que podem ser facilmente percebidas no gráfico de distribuição de resíduos.

O modelo Linear (Figura 13) promoveu uma estimativa de peso ao nascer negativa com $-28,77$ g. O peso nos primeiros 30 dias de vida é de extrema importância na fase de recria dos animais. De maneira geral o modelo acompanhou as oscilações de peso durante o período de observação.

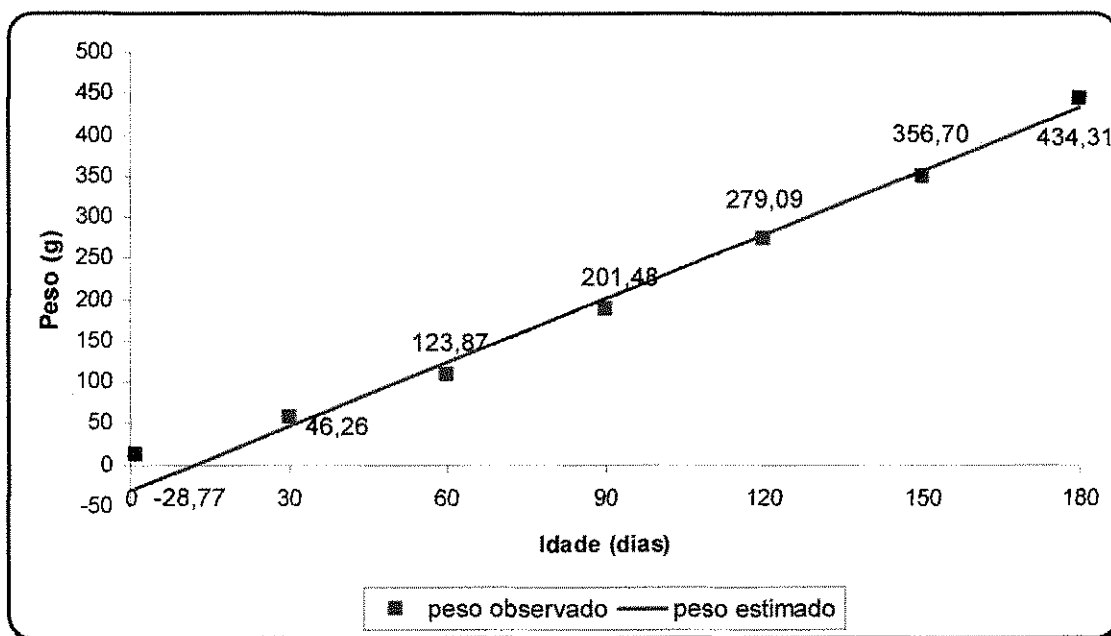


Figura 13 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo linear.

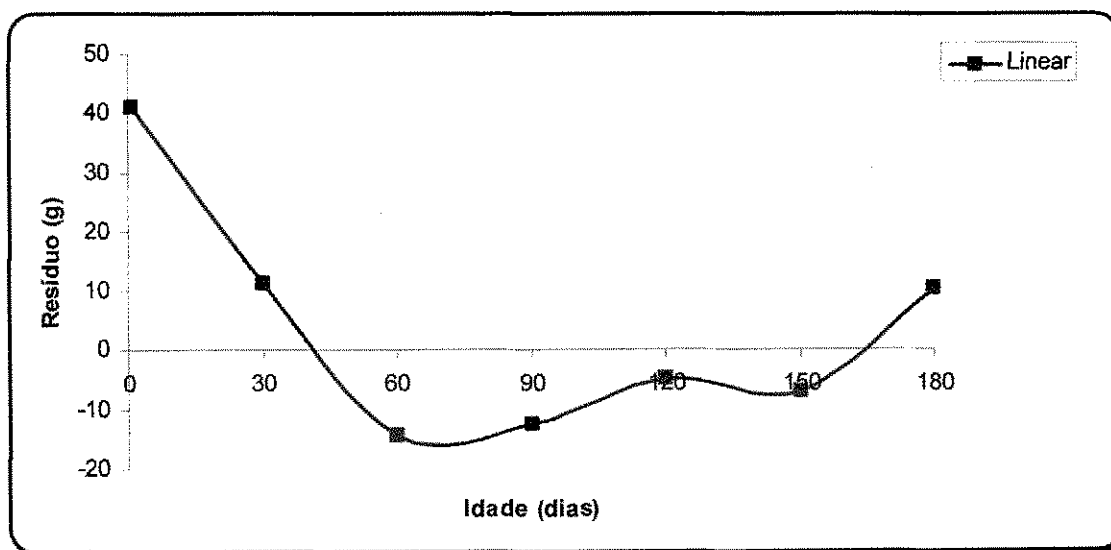


Figura 14 - Distribuição dos resíduos estimados pelo modelo Linear.

Entretanto a partir dos 60 até os 150 dias o modelo superestimou o peso dos animais com resíduos de até - 14,55 g. Em trabalho com Rã-touro (*Rana catesbeiana*) na fase de recria, Rodrigues et al. (2007) observou que a função de Brody e Bertalanffy também estimou negativamente o peso inicial dos animais, inclusive a distribuição dos resíduos de todos os pesos estimados foi idêntica. Este fato pode ser atribuído a convergência dos dados seguirem os padrões de rigidez dos modelos testados.

A distribuição dos resíduos estimados por esse modelo se apresentou constantemente elevados, flutuando tanto negativamente como positivamente durante a pesquisa, com resíduos de -14,55 g até 41, 12 g. Apesar do alto valor do coeficiente de determinação (R^2) 98%, ele isoladamente, não é um bom indicador da qualidade de ajuste, está observação também foi feita por Cruz et al. (2009), trabalhando com caprinos mestiços, pois não permite visualizar diferenças que podem ser facilmente percebidas no gráfico de distribuição de resíduos.

O modelo Quadrático Logarítmico promoveu uma ótima estimativa do peso inicial com 13 g (Figura 15) já que o peso observado foi de 12,35 g com resíduo de 0,61g, análogo ao modelo Linear Hiperbólico com 44 g, porém subestimou o peso aos 30 dias com 8,85 g.

Semelhante ao modelo Linear Hiperbólico a maior superestimativa ocorreu no início do experimento (0,61 g). Os resíduos estimados por este modelo (Figura 16) foram menores quando comparados aos demais, fato associado à flexibilidade deste modelo, em decorrência da inclusão de mais um parâmetro, fazendo com que acompanhe as oscilações do peso ao longo do crescimento.

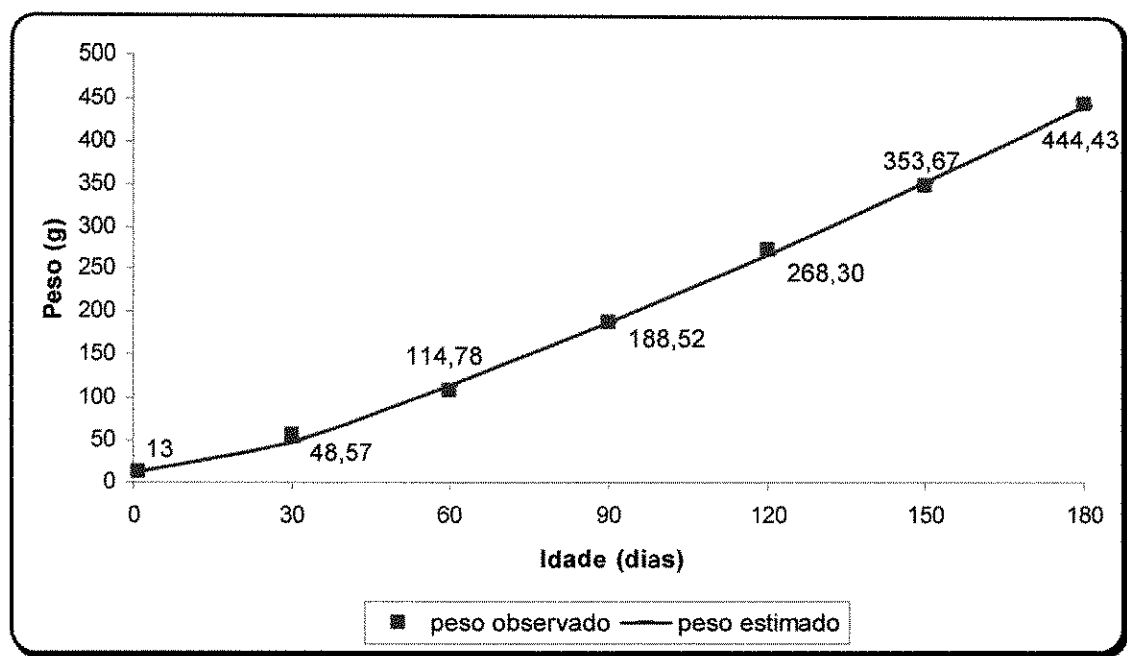


Figura 15 - Pesos observados e curva média de crescimento estimada pelo modelo Quadrático logarítmico.

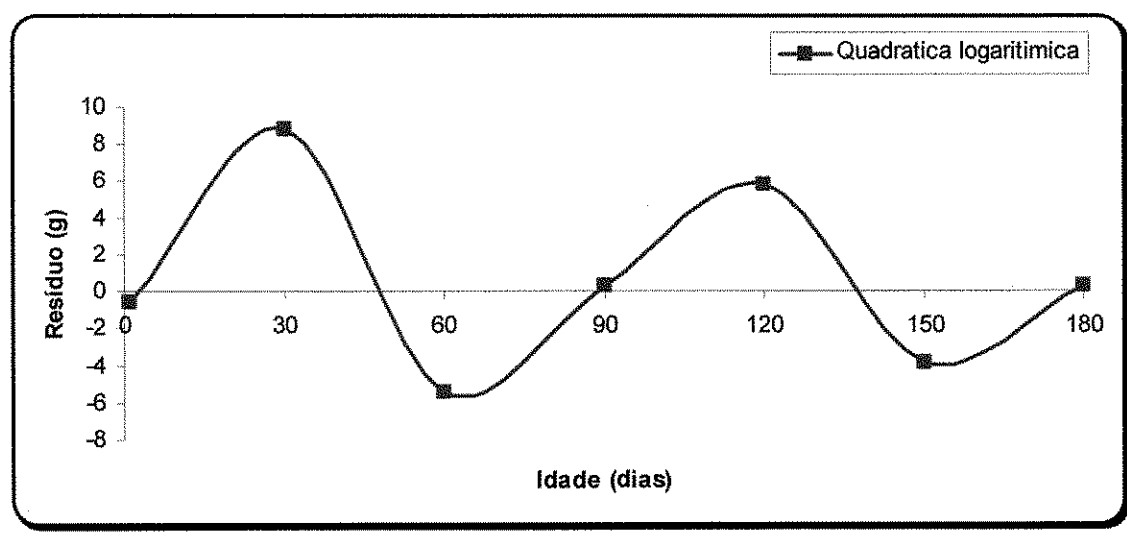


Figura 16 - Distribuição dos resíduos estimados pelo Quadrático logarítmico.

Souza (2008) também avaliou o modelo Quadrático Logarítmico no Cariri Paraibano e, afirmou que este modelo foi entre os modelos estudados, o que apresentou o valor que mais se aproximou do peso médio observado e peso estimado de colméias *Apis mellifera*.

Dentre os diversos modelos avaliados, o Quadrático Logarítmico foi o que mais se aproximou do peso final observado, com resíduo aos 180 dias de 0,33 g.

A importância do estudo de curvas de crescimento em tilápias reside em permitir, através de modelos matemáticos, o fornecimento de parâmetros que possam ser utilizados na interpretação biológica dos dados, uma vez que essas informações possibilitarão a determinação dos períodos máximos e mínimos de crescimento populacional dessa espécie. Com esses resultados, é possível traçar estratégias de manejo que viabilizem a produção.

Uma série de fatores determina a escolha do melhor modelo, as condições experimentais, e principalmente o manejo e temperatura pode determinar a tendência da curva. Todavia, o coeficiente de determinação e a distribuição dos resíduos, podem contribuir para a tomada de decisão quanto a qualidade de ajuste proporcionada por uma função (Cruz, 2000)

6. Conclusões

Com base nas interpretações dos resultados apresentados e nas condições em que esse trabalho foi realizado pode-se concluir que:

- ✓ O melhor modelo que descreveu o comportamento da curva de crescimento nas condições estudadas foi o Quadrático Logarítmico;
- ✓ A temperatura ambiente indicou correlação positiva com o peso dos animais, assim como a insolação. Podendo-se inferir que tais fatores são diretamente proporcionais ao ganho de peso dos animais. Em contra partida a precipitação, que apontou alta correlação negativa com o peso dos animais é inversamente proporcional ao mesmo;
- ✓ Durante a maior parte do período de cultivo, a temperatura da água se manteve abaixo do ideal para a espécie. Provavelmente por isso os peixes chegaram ao final do experimento com o peso abaixo do esperado. Para as variáveis pH, oxigênio dissolvido, DBO e amônia, estes se apresentaram dentro de uma faixa tolerável para a espécie.

7. Referências

ALLEN, P. J.; NICHOLL, M.; COLE, S. *et al.* Growth of larval to juvenile green sturgeon in elevated temperature regimes. Transactions of the American Fisheries Society, v.135, n.1, p. 89–96, 2006.

ANDRADE, K. M.; CAVALCANTI, I. F. A. **Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul.** In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. CD - Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

APHA (American Public Health Association). GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L. S. & EATON, A.D. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, Washington. 1569p, 1998.

ARANA, L. V. Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 231p. 2004.

AYROSA, L. M. S.; SPINOSA, W. A.; SOARES, MANOEL, S. J.; REZENDE, D. M. M.; SIMÕES, F. S.; CALIARI, M.; SANTOS, V. J. **Característica de alguns parâmetros limuológicos de viveiros de criação de tilápias no vale do Parauapauema.** In: Anais da Tilapia aquaculture: Proceedinga from the fifth international symposium on tilapia aquaculture. vol. 2. Rio de Janeiro- Brasil, 3 – 7 september, 2000. p. 279 – 287

BARBOSA, D. S.; OLIVEIRA, M. D.; NASCIMENTO, F. L.; SILVA, E. L. V. Avaliação da qualidade da água na piscicultura em tanques-rede, Pantanal-MS. In: III

Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômico do Pantanal – Os desafios do novo milênio. Corumbá-MS, 27 – 30 de novembro, 2000. 14p.

BASTOS, R.K.X. *et al.* Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R.K.X. (Coordenador). **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: RJ, Rima, ABES, 2003. P. 193-223.

BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. *Quantitative Review of Biology*, Chicago, v. 32, p. 230-270, Sep. 1957.

BEVILACQUA, P.D; BASTOS, R.K.X e LANNA, E.A.T. Uso de esgotos tratados para produção animal. In: Florêncio L, Bastos RKX & Aisse MM (Org.). Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, ABES, 1: 275-330. (Projeto PROSAB) (2006).

BIANCHINI SOBRINHO, E. Estudo da curva de lactação em vacas da raça Gir. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 1984, 88p. Tese Doutorado.

BIANCHINI SOBRINHO, E.; DUARTE, F. A. M. Modelos matemáticos aplicados ao crescimento de bovinos da raça Nelore. In: Reunião Anual da Sociedade Internacional de Biometria, 36, 1991, Goiânia. Anais..., Goiânia: Sociedade Internacional de Biometria, 1991. p.24.

BOYD, C.E.; GROSS, A. Biochemical oxygen demand in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) pond waters. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, p. 349-356, 1999

BRACCINI NETO, J. Estudo genético de curvas de crescimento de aves de postura. 1993. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Pelotas, RS.

BRODY, S. Bioenergetics and growth. New York: Reinhold Publishing Corp, 1945. 1023 p.

CAETANO FILHO, M. e S. C. RIBEIRO. Monocultivo de *Oreochromis niloticus* com alta densidade de estocagem. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia, nov.1995. **Resumos...** Campinas.

CAMPANA, S. E.; MOHN, R. K.; SMITH, S. J.; *et al.*. Reply: spatial implications of a temperature-based growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*) off the eastern coast of Canada. **Canadian Journal Fish. Aquatic Science**, v.53, n. 12, p.2912-2914, 1996.

CLARKE, A.; JOHNSTON, N. M.. Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. **Journal. Animals. Ecology.**, v. 68, p. 893-905, 1999.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiental. **Resolução Nº. 357 de 17 de março de 2005.** Definição critérios para classificação das águas, doces, salobras e salinas do território Nacional. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso: 13/07/2010.

CONTE, L. **Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região Sudoeste do Estado de São Paulo: Estudos de casos.** Piracicaba, SP: USP, 2002. 59p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, 2002.

COSTA, A. C.; REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; LAGO, A. A.; SANTOS, V. B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através de modelos não lineares. **Archivos de Zootecnia**, vol. 58, núm. 1, diciembre, 2009, pp. 561-564. Universidad de Córdoba España.

CRUZ, G. R. B. Aplicação de modelos matemáticos no ajuste da curva de crescimento de caprinos no estado da Paraíba. 2000. 84p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

CRUZ, GEORGE R. B. DA; COSTA, ROBERTO G.; RIBEIRO, MARIA N. Curva de crescimento de caprinos mestiços no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 4, n. 2, p. 204-210. abr. - jun., 2009. Recife – PE, UFRPE.

DAVIDIAN, M.; GILTINAN. D.M. Nonlinear models for repeated measurement data. 2.ed. London: Chapman Hall, 1996. 359p.

DUARTE, M. Aqüicultura no Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/zootecnia/aquicultura-no-brasil>>. Acesso em: 03 de mar. 2010.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. Applied regression analysis. 2.ed. New York: Wiley, 1981. 709p.

FAO (Organización de la Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación). Fish production in irrigation canals a review. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/w7499e/w7499e14.htm>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2010.

FIALHO, F. B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. CT/237/ Embrapa Suínos e Aves, Concórdia- SC, p.1-4. set./1999

FREITAS, A. R de; ALBINO, L. F. T.; MICHELAN-FILHO, T.; ROSSO, L. A. de. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 9, p. 1057-1064, 1984.

FREITAS, A. R de; COSTA, C. N. Ajustamento de modelos não-lineares a dados de crescimento de suínos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 10, p. 1147-1154, 1983.

FIRETTI, R.; GARCIA, S.M.; SALES, D.S. **Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura, 2007.** Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm>. Acesso em 13 jan. 2010.

FIRETTI, R., SALES, D.S. Ganho de produtividade na criação de peixes em tanque-rede. In: ANUALPEC 2007. Instituto FNP. São Paulo. 2007. p.312-315.

FONSECA, O.J.M. Aspectos limnológicos da lagoa Emboaba, planície costeira setentrional do Rio Grande do Sul: Morfometria, hidroquímica e degradação de *Scirpus*

californicus (C.A. Meyer) Steud. São Carlos : Universidade Federal de São Carlos. (1991).

FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; CARNEIRO, D.J.; MALHEIROS, E.B. Comportamento alimentar do matrinxã (*Brycon cephalus*) no período de temperaturas mais baixas. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 27(1): 1-5. 2001.

FREITAS, A.R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: na application to a fish population. **Ecological Modelling**. n.113, p. 83-94, 1998.

GANTE, H.F.; MICAÉ, J.; OLIVA-PATERNA, F.J.; DOADRIO, I.; DOWLING, T.E. & ALVES, M.J. Diversification within glacial refugia: tempo and mode of evolution of the polytypic fish species *Barbus sclateri*. **Molecular Ecology**, v.18, n. 15, p. 3240-3255, 2009.

GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & OHNSTAD, M.A.M. (1978) Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: IBP, *Blackwell Sci. Pub.*

GOMES, L. C.; GOLOMBIESKI, J.; CHIPARI-GOMES, A. R.; *et al.* Biologia do Jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v.30, n.1, p. 179 185, 2000.

GOUS R.M. Making progress in the nutrition of broilers. **Poultry Science**, v.77, n.1, p.111-117, 1998.

GOUS R.M. *et al.* Evaluation of the parameters needed to describe overall growth, the chemical growth and the growth of feathers and breast muscles of broiler. **Poultry Science**, v.78, p.812-821, 1999.

GRAEFF, A. e AMARAL JUNIOR, H. Engorda final de tilápias (*Oreochromis niloticus*) no meio-oeste catarinense no período de verão com alevinos nascidos no outono-inverno oriundos do litoral de Santa Catarina (BRASIL). **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v. 13, n. 3, p. 87-91, ago./2005.

GUEDES, M. H. P. *et al.* Estudo das curvas de crescimento de cordeiro das raças Santa Inês e Bergamacia considerando heterogeneidade de variâncias. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388. 2004.

GURGEL, J. J. S.; VINATEA, J. E. Métodos de aumento da produtividade aquática natural (Parte 2). Programa Cooperativo Governamental - FAO (Itália). Disponível em: <www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/ab486p02.htm>. Acesso em: 55 de fev. 2010.

HENRY, R, CURY, P.R.P. Influências de parâmetros climatológicos sobre alguns fatores físico-químicos da água na represa do Rio Pardo. (Botucatu-SP). **Revista Brasileira de Biologia**. n. 41, p. 209-306, 1981.

HRUBY M. *et al.* Growth modeling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.3, n.4, p.403-415, 1994.

KÖPPEN, W., 1936. Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, Volume 1, Part C. Berlin. (In German).

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarão**. 1. ed. Jundiaí, SP: ESALQ, 2003. 229 p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Jundiaí - São Paulo: Fernando Kubitza, 2000. 97p.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. Estatística da Pesca, 2005: grandes regiões e unidades da federação. Brasília: IBAMA, 2007. p.147.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 12 de dez. de 2009.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Introdução de espécies Exóticas, já introduzidas e Estabelecidas em cultivo aquícolas**. Ministério do Meio Ambiente, Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros – DIFAP, Coordenadoria Geral de Recursos Pesqueiros – CGREP, Coordenadoria de Ordenamento Pesqueiros – COOPE. Brasília, 2004.

LIMA, E. B. N. R. Estudo Integrado para Gestão Urbana da Bacia do Rio Cuiabá (GESBAC). **Relatório de Atividades - Fiuep**. 169p., Projeto de Pesquisa. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá/MT, 2004.

MAFFEZZOLLI, G.; NUÑER A.P.O. Crescimento de alevinos de Jundiá, *Rhamdia quelen* (Pisces, Pimelodidae), em diferentes concentrações de oxigênio dissolvido. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 41-45, 2006.

MANSOUR, H.; JENSEN, E.L.; JOHNSON, L.P. Analysis of covariance structure of repeated measurements in Holstein conformation traits. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.8, p.2757-2766, 1991.

MARTELL, D. J.; KIEFFER, J. D.; TRIPPEL, E. A.. Effects of temperature during early life history on embryonic and larval development and growth in haddock. **Journal Fish Biology**. v. 66, p.1558–1575, 2005.

MAZZINI, A. R. A.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L. H.; SILVA F. F. Análise da curva de crescimento de machos hereford. **Ciência Agrotecnica**, Lavras. V.27, n.5, p.1105-1112, set./out., 2003.

MEDEIROS, FC. **Tanque-rede: mais tecnologia e lucro na piscicultura**. 1a ed. Cuiabá/MT: Centro América, 2002. 110 p.

MEDEIROS, H.A.; AQUINO, L.H. BEARZOTI, E. FERREIRA, D.F. Avaliação da qualidade do ajuste da função logística monofásica com estrutura de erros independentes e autorregressivos através de simulação. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.24, n.4, p.973-985, out./dez., 2000.

MENEZES J. R. M. e YANCEY D. R. Manual de Criação de peixes – Campinas: Instituto Campineiro de ensino Agrícola, 1983 p. 2.

MERCANTE, C. T. J. ; SILVA, D. ; COSTA, S. V. ; CABIANCA, M. ; ESTEVES, K. Qualidade da água em pesque-pagues da Região Metropolitana de São Paulo, Brasil: avaliação dos fatores abióticos (período seco e chuvoso). **Acta Scientiarum**, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Programa nacional de apoio à competitividade e a sustentabilidade da cadeia da tilápia. Versão preliminar. Brasília: Departamento de Pesca e Aquicultura, 2000. 35 p.

NEW, M. B. Freshwater prawn culture: a review. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 88, p. 99-143, 1990.

OLIVA-PATERNA, F. J.; TORRALVA, M.; CARVALHO, E. D. Length-weight relationships for 20 species collected in the Jurumirim reservoir (Paranapanema Basin, Brazil). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, n. 3, p. 360-361, 2009.

OSTRENKY, A; BOEGER, W. **Piscicultura: Fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíbas: Agropecuária, 1998. 211p.

PAZ, C.C.P.; PACKER, I.U.; FREITAS, A.R.; TAMBASCO-TALHARI, D.; REGITANO L.C. A., ALENCAR, M. M.; CRUZ, G. M. Ajuste de modelos não-lineares em estudos de associação entre polimorfismos genéticos e crescimento em bovino de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1416-1425, 2004.

PAZ, C. C. P. 2002. Associação entre polimorfismos genéticos e parâmetros da curva de crescimento em bovinos de corte. ESALQ, Piracicaba. 107p. Tese (Doutorado).

PEREIRA, L. e MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2005.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. p. 75-170.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 196p

RAMOS, E. M. Características Alométricas e químicas de rã touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). 2000. 103 p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RIBEIRO, M.N.; ALBUQUERQUE, L.G.; PIMENTA FILHO, E.C. Comparação de funções matemáticas no ajuste da curva de lactação de cabras mestiças no Cariri paraibano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p. 272-274.

SANCHES, C. F.M.; R.S.M. JAFELICE, Modelagem Matemática para o Crescimento de Peixes. **FAMAT**, Uberlândia: v. 1, n. 3, 2004.

SANDRE, L.C.G.; TAKAHASHI, L.S.; FIORELLI, J.; SAITA, M.V.; GIMBO, R.Y.; RIGOBELLO, E.C. Influencia dos fatores climáticos na qualidades de águas em pesque-pagues. **Veterinária e Zootecnia**. v.16, n.3, p. 509-518, set., 2009.

SÁ-JÚNIOR, W.P. SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Produtividade primária fitoplanctônica e variação de parâmetros limnológicos ao longo do dia, em tanques de cultivo planctônico da estação de hidrobiologia e piscicultura de Furnas. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 9, p. 83-91, 1997.

SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST, C.A. Stochastic growth curve analysis. **Biometrics**, v.35, n.1, p.255-271, 1979.

SANTOS, V.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Avaliações de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n.5, p. 1486-1492, set./out., 2007.

SANTOS, V.B., YOSHIHARA, E.; FREITAS, R.T.F.; REIS NETO, R.V. Exponential growth model of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains considering heteroscedastic variance. **Aquaculture**, v. 274, n. 14, p. 96-100, 2008.

SCHMITTOU, H. R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques redes de pequeno volume**. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de Soja, 1997. 78p. Campinas: ASA, 1997, 78 p.

SCORVO FILHO, J.D. Panorama da Aquicultura Nacional. In: Informes Técnicos – Associação Catarinense de Aquicultura, 2003. Disponível em:

<http://www.acaq.org/arquivos/panorama_aquicultura_nacional/pdf. Acesso em: 07 de mai. 2010.

SERAFINI, R.L.; ZANIBONI-FILHO, E.; BALDISSEROTTO, B. Effect of Combined Non-ionized Ammonia and Dissolved Oxygen Levels on the Survival of Juvenile Dourado, *Salminus brasiliensis* (Cuvier). **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 40, n.5, p. 695–701, 2009.

SILVA, V.K.; FERREIRA, M.W.; LOGATO, P.V.R. **Qualidade da água na piscicultura**. Boletim de Extensão da UFLA, Larvas, MG, nº 94, 2001. Disponível em: <www.editora.ufla.br>. Acesso em: 13 de fev. de 2009.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H., (1995) Limnologia aplicada à aquicultura. *Boletim Técnico Centro de Aquicultura*. Unesp. Jaboticabal **1**, 72pp.

SOLLID, J.; WEBER, R. E.; NILSSON, G. E. Temperature alters the respiratory surface area of crucian carp (*Carassius carassius*) and goldfish (*Carassius auratus*) **Journal Experimental Biology**, v. 208, n. 6, p.1109–1116, 2005.

SOUZA, D.N. Modelos matemáticos aplicados ao crescimento e produção de mel em colméias de *Apis mellifera* L. (hymenoptera, apidae) no cariri paraibano. 2008. 125f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

SOUZA, V. L.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; URBINATI, E. C. Manejo alimentar e tempo de residência da água em viveiros de pacu (*Piractus mesopotamicus*). **Ciência Animal Brasileira**, v.1, n. 2, p. 115-121, 2000.

SOUZA, J. C. de; BIANCHINI SOBRINHO, E. Estimativa do peso de bovinos de corte, aos 24 meses, da raça Nelore, usando curvas de crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 85-91, jan./fev. 1994.

WAGNER, P.M. *et al.* Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes fases de criação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.2, p. 187-196, 2004.

WESTERS, H. Fish hatchery management. 2^a ed. Bethesda: American Fisheries Society. p. 31-90, 2001.

WOOD, P.D.P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, v.216, p.164-165, 1967.

ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica que permite a produção de tilápias-do-nilo geneticamente superiores. *Revista Panorama da Aqüicultura*. Rio de Janeiro, v. 9, n. 54, p. 15-21, 1999.

ZIMMO, O. R.; VAN DER STEENB, N. P.; GIJZEN H. J. *et al.* Nitrogen mass balance across pilot-scale algae and duckweed-based wastewater stabilization ponds. **Water Research**, Great Britain, v.38, p. 913-920, 2004.

8. Bibliografia digital

<http://areia.pb.gov.br>

www.aesa.pb.gov.br/

9. Parcerias

O experimento foi realizado em uma parceria entre a Universidade federal de Campina Grande e a Universidade Federal da Paraíba – Areia/PB e teve o apoio financeiro do Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do CT-HIDRO sob o título: MANEJO SUSTENTÁVEL DE EFLUENTES DE PISCIUCLTURAS E SUA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS E FORRAGEM.

10. Agradecimentos

Meu muito obrigado ao CNPq, pelo apoio financeiro a este projeto e a Universidade Federal da Paraíba, onde foi realizado o experimento.

Agradeço a Universidade Federal de Campina Grande, onde obtive a possibilidade de concluir mais essa etapa da minha carreira acadêmica.