

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CURVAS DE CRESCIMENTO DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) LINHAGEM GIFT**

Acadêmica: Aline Mayra da Silva Oliveira

Aquidauana – MS
Fevereiro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CURVAS DE CRESCIMENTO DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) LINHAGEM GIFT**

Acadêmica: Aline Mayra da Silva Oliveira
Orientador: Carlos Antonio Lopes de Oliveira

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.”

Aquidauana – MS
Fevereiro – 2013

O45c Oliveira, Aline Mayra da Silva

Curvas de crescimento de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) linhagem GIFT/Aline Mayra da Silva Oliveira.
Aquidauana, MS: UEMS, 2013.

50p. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira.

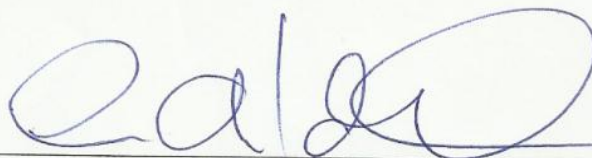
1. Melhoramento genético animal 2. Programa de melhoramento genético de tilápias 3. Curva de crescimento 4. *Oreochromis niloticus*
I. Título.

CDD 20.ed. 636.0321

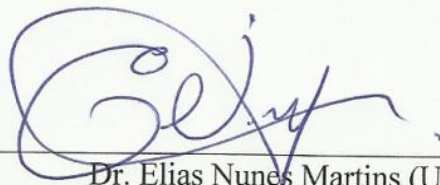
ALINE MAYRA DA SILVA OLIVEIRA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 05-02-2013.



Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira (UEM),
Orientador.



Dr. Elias Nunes Martins (UEM).



Dr. Andre Luiz Julien Ferraz (UEMS).

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e viver com ousadia. Pois o triunfo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante”.

Charles Chaplin

“Aos meus pais, Maria Cristina e Claudivar, por existirem, pelo amor incondicional e dedicação em todos os momentos da minha vida; aos meus irmãos Arielly Cristina e Renan pelo carinho; ao meu noivo Andrei R. Zardin por sempre estar ao meu lado e aos amigos pelo apoio, amor e incentivo durante esta etapa de minha vida.”

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida.

À minha querida mãe, Maria Cristina e meu querido “paidrasto” Claudivar, pelo amor incondicional, apoio e dedicação para comigo sempre.

Aos meus irmãos Renan e Arielly Cristina, que apesar da distância sempre torceram pelas minhas conquistas.

Ao Andrei, meu amável namorado, pela paciência imensurável, compreensão e companheirismo em todos os momentos.

Ao meu orientador Carlos Antonio Lopes de Oliveira, pelos ensinamentos, conselhos, apoio, incentivo, dedicação, compreensão, amizade e colaboração para a realização deste trabalho.

Ao grupo de pesquisa PeixeGen pelos dados fornecidos para o desenvolvimento desta pesquisa.

À professora Cristiane Fátima M. C. Amaral pela co-orientação, colaboração, amizade, confiança e incentivo.

À Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, pela oportunidade do curso de Mestrado em Zootecnia gratuito, de qualidade e entre outras oportunidades oferecidas no decorrer dos dois anos de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio, incentivo, confiança e investimento por meio da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Animal no Cerrado-Pantanal pela dedicação nas aulas ministradas e por compartilhar parte de seus conhecimentos e experiências.

Aos meus amigos em especial, Ana Lúcia, José Luiz, André Luiz, Milena Sanches, Robson Andrade, Marcela Redondo, Lilian da Silva Oliveira, Geize-Bel Odorício, Rosencians e Frank de Paula pelas valiosas contribuições em minha vida e pela amizade verdadeira.

Aos amigos de Maringá-PR, Sheila N. Oliveira, Daniele Portela, Marcia Matos, Graciela Braccini, Dilma, Elenice Reis, Pilar Rodriguez, Yagor Assis, Guilherme Schuroff, Bárbara Matsubara, Natali Kunita, Grazyella Yoshida, Gabriel Rizzato, Fernanda Tanamati, Melanie Digmayer e Daniele Menezes pelas conversas, risadas, contribuição e auxílio durante minha temporada por lá.

Aos meus colegas da primeira turma de Mestrado em Zootecnia – UEMS, pelo convívio, benevolência e amizade.

Aos funcionários da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS, Unidade de Aquidauana, pelo apoio no setor de piscicultura, compartilhando seus conhecimentos e experiências.

Aos colegas de Aquidauana que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento dos trabalhos no setor de Piscicultura da UEMS, em especial a Nandara, Pamela Thomaz, Pamela Nascimento, Letícia Fantini, Jacqueline Duarte.

Às empresas Guabi, Mar & Terra e Piscicultura Piraí pela contribuição ao projeto piloto com os surubins.

...Enfim, agradeço a todos que encontrei nesta caminhada, mesmo que não tenha mencionado e de alguns nem recorde os nomes, rostos ou atos...

...Todos os encontros proporcionaram mudanças em minha vida, portanto...

MUITO OBRIGADA A TODOS!

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	X
ABSTRACT	xii
 CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo geral	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Revisão de Literatura.....	3
1.3.1. <i>Oreochromis niloticus</i>	3
1.3.2. Melhoramento genético de tilápias.....	4
1.3.3. Crescimento	5
1.3.3.1. Medidas morfométricas	8
1.3.4. Curvas de crescimento.....	9
Referências Bibliográficas	12
 CAPÍTULO 2 - PADRÕES DE CRESCIMENTO DE MACHOS E FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) DA LINHAGEM GIFT	18
Resumo	19
<i>Abstract</i>	19

Introdução.....	20
Material e Métodos.....	20
Resultados e Discussão.....	23
Conclusão.....	27
Agradecimentos.....	27
Referências Bibliográficas.....	27

CAPÍTULO 3 - PADRÕES DE CRESCIMENTO DE MACHOS E FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) DE DIFERENTES ESTRATOS GENÉTICOS	29
Resumo.....	30
Implicações.....	31
Introdução.....	32
Material e métodos.....	33
Resultados e discussão	37
Conclusão.....	47
Agradecimentos.....	48
Referências.....	48
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	50

RESUMO

Objetivou-se estimar o padrão de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo da variedade GIFT para verificar possível diferença entre ambos os sexos, além da descrição do crescimento dos peixes com base no seu valor genético predito para a característica ganho em peso diário. Inicialmente, estimou-se o crescimento de machos e fêmeas utilizando o modelo de Gompertz com oito variações, o primeiro modelo sem nenhuma restrição no espaço paramétrico e os demais modelos com diferentes números de restrições para a descrição do crescimento em peso corporal, comprimento total, altura do corpo, largura do corpo e tamanho da cabeça. Os pontos de inflexão das características morfométricas variaram de 121,2 a 156,2 dias para fêmeas e 134,1 a 166,6 dias para machos, enquanto que para peso o ponto de inflexão foi de 340,4 e 322,9 dias para machos e fêmeas respectivamente, indicando que a forma dos peixes foi determinada em idade menor que o peso. O padrão de crescimento das partes constituintes do corpo e do peso de machos e fêmeas de tilápias GIFT é diferente, confirmando o dimorfismo sexual. Machos e fêmeas apresentam mesmo crescimento relativo no ponto de inflexão para a maioria das características avaliadas, com exceção da altura do corpo. Na segunda etapa do estudo, machos e fêmeas foram separados em diferentes estratos genéticos (Superior, Médio e Inferior) para descrição do padrão de crescimento em peso, utilizando o modelo de Gompertz com as oito variações. Machos e fêmeas dos diferentes estratos genéticos apresentaram crescimento semelhante por aproximadamente 165 dias de vida, porém após essa idade, observou-se crescimento lento das fêmeas, possivelmente pela entrada em reprodução. Os pesos assintóticos dos machos Médio e Inferior representaram, respectivamente, 69 % e 49 % do peso assintótico de machos Superior, confirmando o impacto das diferenças genéticas na expressão fenotípica dos peixes. O modelo de Gompertz é uma ferramenta útil com parâmetros diferentes para machos, fêmeas e para peixes dos diferentes estratos genéticos. O padrão de crescimento entre ambos os sexos é diferente independente do estrato genético, confirmando o dimorfismo sexual em tilápias

do Nilo. Os peixes do estrato Superior possuem padrão de crescimento distinto dos demais estratos independente do sexo, com maior peso.

Palavras-chave: medidas morfométricas, modelo de crescimento, peso, taxa de crescimento, tilapicultura, valor genético

ABSTRACT

The aim of this work was to estimate the growth pattern of males and females Nile tilapia of GIFT strain to verifying possible differences between both sexes, besides describe fish growth based on their genetic value predicted to the daily weight gain characteristic. Initially, was estimated the growth of males and females using the Gompertz model within eight variations. The first model had not restriction on the parametric space, but the other models presented several numbers of restrictions, ranged from 1 to 3 restrictions. Were estimated the growth pattern for body weight, total length, body height, body width and head size. The inflection points of the morphometric characteristics ranged from 121.2 to 156.2 day for females and 134.1 to 166.6 day for males, while that for weight the inflection point was 340.4 and 322.9 day to males and females respectively, showing that the form of the fish was determined in smaller age than weight. The growth pattern of the body shares constituents and weight of males and females GIFT differ, confirming sexual dimorphism. Males and females presented equal growth relative in the inflection point for the characteristics majority of evaluated, except for body height. In the second stage of the study, males and females were separated in several genetic strata (Upper, Middle and Lower) for description of the growth pattern in weight, using the Gompertz model within eight variations. Males and females of the several genetic strata presented similar growth by approximately 165 old, but after this age was observed slow growth of females, possibly by get in playback. The asymptotic weights of Middle and Lower males represented, respectively, 69 % and 49 % asymptotic weight of Upper males, impact of genetic differences in the phenotypic expression of fish. Gompertz model is tool useful with different parameters for males, females and for fish several genetic strata. The growth pattern between both sexes is different, independent genetic strata, confirming sexual dimorphism in Nile tilapia. The Upper strata fish have growth pattern different of others strata independent of sex, with weight major.

Keywords: morphometric measurements, growth model, weight, growth rate, tilapia culture, genetic value

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

A pesca não sustentável, desrespeitando os ciclos naturais de reprodução e reposição dos estoques das espécies aquáticas parece ter atingido seu limite e a aquicultura torna-se uma importante alternativa para suprir essa demanda, aumentando bastante sua participação no total de produção de pescados no mundo (SIDONIO et al., 2012). Como resultados da aquicultura e da pesca são produzidos 143 milhões de toneladas por ano, o que movimenta U\$ 400 bilhões em todo o mundo, no qual desse total 47 % da produção é proveniente da aquicultura. Juntas, sustentam cerca de 2,6 bilhões de pessoas, e tem papel estratégico na satisfação da demanda por alimentos proteicos (VIANA; CARVALHO; GOMES, 2010).

No Brasil a aquicultura tem evoluído de forma intensa, principalmente a piscicultura, um dos ramos dessa atividade, que tem se desenvolvido quase exclusivamente em águas continentais (SCORVO FILHO et al, 2006). Dentre os principais destaques da piscicultura continental brasileira, temos a tilápia que atingiu a produção de 155 mil toneladas em 2010, representando 39,4 % do total de pescado cultivado, seguida pelas carpas e algumas espécies nativas como o tambaqui, tambacu e pacu, que juntas representaram 24,6 % da produção (MPA, 2012). Uma das principais razões para tal, é que as tilápias notadamente se mostram extremamente indicadas ao cultivo em tanques rede, o que facilitou sua disseminação pelo país (CHAMMAS; NAKANISHI, 2007).

Com o aumento da produção de pescado, do ponto de vista tecnológico, se faz necessário pesquisar acerca do padrão ou tamanho ideal do peixe para o abate, promovendo melhor rendimento para a indústria e atendimento das exigências dos mercados consumidores mais sofisticados (PINHEIRO et al., 2006). Portanto, o crescimento dos peixes é um fator importante e que determina o potencial das várias espécies para a exploração econômica (ROCHA et al., 2002). Segundo Huang e Liao (1990) o crescimento é o parâmetro de maior importância a ser melhorado no processo de seleção

tendo como um dos componentes principais o estudo da forma do corpo expresso por medidas ou índices morfométricos.

É possível compreender os processos envolvidos no crescimento como mudanças no tamanho, forma e composição corporal dos animais domésticos pelas curvas de crescimento, possibilitando condensar um grande número de informações em pequenos conjuntos de parâmetros biologicamente interpretáveis (LAWRENCE; FOWLER, 2002; SANTOS et al., 2007b). Assim, a utilização de modelos matemáticos pode auxiliar na escolha do melhor método de exploração zootécnica e na uniformidade do lote (RODRIGUES et al., 2007).

Para descrever o padrão de crescimento vários modelos não lineares como Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Gompertz e Richards são utilizados (FITZHUGH, 1976) e de acordo com Costa et al. (2009), o modelo de Gompertz dentre as demais funções é muito usado, pois ele expressa massa em relação à idade do animal, utilizando apenas três parâmetros, diferindo-se das outras curvas por apresentar massa corporal superior à zero, ou seja, considera que o animal já nasce com alguma massa (FIALHO, 1999).

Na descrição do crescimento de peixes jovens, Gamito (1998) salienta que o modelo de Gompertz pode ser mais adequado, já que este representa bem o curso de crescimento dos peixes observados por um curto período de tempo.

A aplicação de modelos não lineares para o ajuste de curvas de crescimento de tilápia do Nilo, de acordo com Santos et al. (2007b) foi satisfatória em todos os modelos, mas os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy apresentaram-se mais indicados, tanto para a linhagem Chitralada quanto para a Supreme.

As pesquisas com funções matemáticas aplicadas ao crescimento de tilápias, visando produção comercial são escassas (PEDROSA et al., 2010), entretanto este trabalho tem o intuito de melhorar a compreensão do crescimento das tilápias por meio destas funções.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Estimar o padrão de crescimento por meio de modelos matemáticos, permitindo o melhor entendimento da forma do crescimento e as alterações resultantes do processo de seleção de tilápias do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual de Maringá, linhagem GIFT.

1.2.2. Objetivos específicos

Estimar o padrão de crescimento de tilápias do Nilo, sob seleção, a partir de modelos de regressão não linear e verificar se existem diferenças no padrão de crescimento de ambos os sexos para analisar a velocidade de crescimento destes peixes;

Estimar o padrão de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo, separados em diferentes estratos genéticos, a partir de modelos de regressão não linear e verificar se existem diferenças no padrão de crescimento dos mesmos e entre machos e fêmeas dos diferentes estratos genéticos para analisar a velocidade de crescimento destes peixes.

1.3. Revisão de Literatura

1.3.1. *Oreochromis niloticus*

Dentre as espécies de tilápias existentes a *Oreochromis niloticus* destaca-se como a espécie mais cultivada, pois possui rápido crescimento, resistência a doenças, capacidade de suportar altas densidades de povoamento (cultivo intensivo) e tolerância a baixos teores de oxigênio dissolvido (NOGUEIRA, 2007), principalmente tratando-se da produção em tanques rede (SCORVO FILHO et al., 2010).

A tilápia nilótica apresenta hábito alimentar fitoplanctófago, mas aceita muito bem rações comerciais e artesanais elaboradas à base de subprodutos da agropecuária (OLIVEIRA et al, 2007). Ainda apresentam dimorfismo sexual, ou seja, é possível diferenciar machos de fêmeas, no qual os machos apresentam dois orifícios, o ânus e o orifício urogenital (abertura por onde

passam urina e sêmen) e as fêmeas apresentam três orifícios, o ânus, a abertura genital (microscópica, semelhante à meia lua) e a urinária (RIBEIRO, 2001), além da diferença de porte entre eles, sendo os machos maiores que as fêmeas (LIMA; LOURES, 2001).

A grande maioria das tilápias produzidas no Brasil descende da espécie *O. niloticus* (KUBITZA, 2005). Além disso, apresentam os requisitos típicos dos peixes preferidos pelo mercado consumidor como carne branca de textura firme, sabor delicado e fácil filetagem, ausência de espinhas em forma de "Y" e não possui odor desagradável (NOGUEIRA, 2007; SILVA et al., 2009).

A *O. niloticus*, introduzida no Brasil em 1971 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS, é nativa de diversos países africanos e recebeu o nome de tilápia do Nilo ou nilótica por ser originária da bacia do rio Nilo (NOGUEIRA, 2003). Sua introdução visava à produção de alevinos para peixamentos dos reservatórios públicos da Região Nordeste e das companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais contribuindo para a rápida disseminação da espécie nessas regiões (NOGUEIRA, 2007).

Em 1996 foram trazidas para o país 20.800 exemplares de tilápias do Nilo, linhagem Chitralada da Tailândia (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004), a partir de alevinos doados pelo Asian Institute of Technology (AIT) e são manipulados há mais de 30 anos (SANTOS, 2006). Esta é a mais cultivada no país e comumente conhecida por tilápia Tailandesa ou Chitralada (OLIVEIRA et al., 2007). Foi desenvolvida na Ásia a partir da combinação de materiais genéticos de *O. niloticus* originários de diversos locais da África (KUBITZA, 2005) e melhorada no Palácio Real de Chitralada na Tailândia em 1965.

1.3.2. Melhoramento genético de tilápias

As ampliações das formas de consumo e de comercialização levaram à necessidade de se desenvolver linhagens de tilápias com rápido crescimento, com adaptação a diferentes sistemas de cultivo e de acordo com a finalidade de consumo para a obtenção de maior quantidade de carne e com menor custo de produção (DIODATTI, 2006).

Com isso, algumas experiências mostraram que o melhoramento genético sobre a taxa de crescimento pode proporcionar ganhos de cerca de 15 % por geração em programas bem conduzidos, como a aplicação de

métodos de seleção para a tilápia nilótica (*O. niloticus*) realizado pelo WorldFish Center (antigo ICLARM em 1990) (PONZONI et al., 2005).

O WorldFish Center desenvolveu a linhagem GIFT, sendo o produto do maior, mais caro e mais longo programa de melhoramento genético de tilápias o *Genetic Improved Farmed Tilapia* (GIFT), que foi executado nas Filipinas (SANTOS, 2009). Este programa envolveu quatro linhagens silvestres capturadas no Egito, Gana, Quênia e Senegal além de quatro linhagens produzidas nas Filipinas, Israel, Taiwan e Tailândia (BENTSEN et al., 1998).

A partir de 2005 no Brasil foi iniciado o programa de melhoramento genético da tilápia do Nilo, com a introdução de 30 famílias da linhagem GIFT por meio de um convênio entre a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e o WorldFish Center, com o apoio da SEAP – Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca atual Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA) (RESENDE et al., 2010). O objetivo principal de seleção, segundo os mesmos autores é a taxa de crescimento, porém, outras características, como medidas corporais e mortalidade à idade comercial, têm sido coletadas para incrementar o número de informações por animal.

Após três anos de acasalamentos, o programa de melhoramento iniciado em Maringá-PR apresentou resultados que apontaram ganhos genéticos da ordem de 6 % para peixes produzidos no ano de 2008, em relação à geração anterior (SANTOS, 2009).

Atualmente a linhagem melhorada pela UEM é distribuída para 92 produtores em todo o Brasil, além de núcleos de seleção em Cuba e Uruguai, que tem alcançado ganhos de 5 % por geração. Um levantamento feito pela mesma universidade, com produtores no Paraná, principais produtores de peixe para engorda, verificaram que as tilápias melhoradas já representam cerca de 58,18 % da produção paranaense (ROYO, 2010).

1.3.3. Crescimento

O crescimento é caracterizado pelo aumento de peso, comprimento, altura e circunferência em função da idade (RODRIGUES FILHO et al., 2011) e esta definição pode ser aplicada a uma parte do organismo, ao indivíduo como um todo ou a uma população. É complexo devido às diferenciações das partes

do organismo, as quais podem crescer em taxas diferentes ou mesmo em taxas negativas (ROYCE, 1996).

A compreensão dos processos envolvidos no crescimento, como mudanças de tamanho, forma e composição corporal dos animais domésticos é fundamental para todos os aspectos da produção e as alterações dinâmicas que ocorrem no animal, conforme seu crescimento são bastante complexas. Este processo não é uniforme, visando apenas à transformação de um embrião em um animal adulto, mas uma série de adaptações às necessidades atuais e futuras do animal (LAWRENCE; FOWLER, 2002).

O crescimento sofre variações decorrentes de fatores intrínsecos (hormônios, genética) e extrínsecos (decorrentes do ambiente) que proporcionam variações entre as fases da vida do animal e são medidos pelo peso e ganhos de peso nessas diferentes fases, baseado na multiplicação celular (hiperplasia) e no aumento do volume das células (hipertrofia) (DIBIASI, 2006; SOUSA, 2007).

Nos ruminantes, em geral, os machos são mais pesados que as fêmeas em todas as fases do crescimento, sendo esta diferença denominada dimorfismo sexual que é, em grande parte, devido aos hormônios, que são os principais fatores que dão aos machos maior capacidade de crescimento em todas as fases da vida, em decorrência da sua definição sexual ocorrer antes do que nas fêmeas, permitindo-lhe iniciar seu processo de formação primeiro (SOUSA, 2007).

Em aves a diferença de peso entre machos e fêmeas é marcante, evidenciando o dimorfismo sexual. Um exemplo disso são os patos da barbária ou patos muskê, no qual os machos são cerca de 40 % mais pesados que as fêmeas em idade de abate, e em torno de 65 % mais pesados quando adultos. Os machos são abatidos por volta de 12 semanas, enquanto que as fêmeas em 10 semanas, já que estas a partir daí depositam gordura nos cortes como peito, pernas e coxas (LECLERCQ, 1990). Em frangos, a diferença é menor, os machos são cerca de 15 a 20 % mais pesados que as fêmeas (SINGH et al., 1990 citado por MIGNON-GRASTEAU et al., 1998; TAKAHASHI et al., 2012).

Diferenças no crescimento muscular e diferenças morfométricas também são encontradas em peixes devido o dimorfismo sexual, sendo possível observar variações no tamanho do corpo e peso entre machos e

fêmeas (IMSLAND et al., 1997). Essa variação no tamanho do corpo, em machos, pode ser maior que nas fêmeas (ROBERTS, 1998) ou nas fêmeas podem ser maior que nos machos (MCMILLAN, 1999).

Em ciclídeos, Fryer e Iles (1972) citado por Lundstedt, Lundstedt e Dias (1997) afirmam que o crescimento superior dos machos tem base genética e não é apenas uma função do processo reprodutivo.

Na análise do crescimento de machos de tilápias híbridas (cruzamento de *O. hornorum* e *O. niloticus*), machos e fêmeas de tilápias *O. niloticus*, Mainardes-Pinto et al. (1986) verificaram que o crescimento, tanto em peso quanto em comprimento, foram praticamente duas vezes menores nas fêmeas quando comparadas aos machos controle e machos híbridos.

Ao verificar a ocorrência de diferenças morfométricas entre machos e fêmeas não revertidas e machos e fêmeas revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Lundstedt, Lundstedt e Dias (1997) constataram que as fêmeas não revertidas apresentaram menor estrutura corpórea, quando comparadas aos demais grupos.

Diferenças nos pesos de machos e fêmeas em tilápias do Nilo desde idades mais jovens foram observadas por Rutten, Komen e Bovenhuis (2005), além disso, machos com aproximadamente 300 dias de vida apresentaram quase o dobro do peso corporal das fêmeas.

Em contraste com aves e mamíferos, várias espécies de peixes, moluscos, crustáceos e anfíbios são capazes de continuarem crescendo após a maturidade sexual (DUMAS; FRANCE; BUREAU, 2010), aumentando a massa muscular através do recrutamento de novas fibras musculares (hiperplasia), bem como o aumento do tamanho das fibras já existentes (hipertrofia) (STICKLAND, 1983). Mesmo após o período larval, na qual a forma dos peixes torna-se semelhante à do adulto, algumas alterações nas proporções corporais continuam a ocorrer, tais como comprimento de nadadeiras, gordura corporal e as alterações temporárias associadas com a maturação das gônadas (ROYCE, 1996).

O crescimento pode ser descrito e predito usando modelos matemáticos que são ajustados aos dados de crescimento empregando regressão não linear (DUMAS; FRANCE; BUREAU, 2010). O conhecimento e o controle do crescimento permitem que programas de seleção animal sejam

elaborados para as características de crescimento inerentes a cada grupo genético (FITZHUGH, 1976).

1.3.3.1. Medidas morfométricas

A morfometria de um modo geral é definida como o estudo da forma e do tamanho, e de como estas duas variáveis se relacionam entre si, constituindo uma ferramenta para entender a relação destas com diversas outras variáveis, como, por exemplo, a idade, o sexo, ou as relações históricas entre os organismos estudados (MORAES, 2003).

Em peixes, as medidas morfométricas contribuem para a descrição da forma do corpo e variam de acordo com as características de cada espécie, além de poderem influenciar o peso corporal e o rendimento do filé (BOSWORTH; LIBEY; NOTTER, 1998).

Uma grande vantagem da utilização de medidas corporais para obtenção de informações sobre as características de interesse produtivo é a possibilidade de estas medidas serem efetuadas em animais vivos, permitindo o uso de algumas delas como critério de seleção (RUTTEN; BOVENHUIS; KOMEN, 2004).

Segundo Contreras-Gusmán (1994) os peixes em geral possuem a capacidade diferencial da acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo durante seu crescimento, o que caracteriza o seu formato e influencia os rendimentos cárneos.

A avaliação do crescimento de diferentes linhagens de tilápias é realizada principalmente no que diz respeito a medidas de desempenho e rendimentos em seu processamento (MARTINS et al., 2009).

A altura do corpo tomada no primeiro raio da nadadeira dorsal e o comprimento da cabeça foram importantes medidas para a determinação do peso em peixes redondos, e estas medidas estão associadas diretamente com o rendimento da carcaça (REIS NETO et al., 2012).

As medidas corporais normalmente apresentam alta correlação fenotípica com peso corporal e o peso do filé e baixa com o rendimento de filé (TURRA et al., 2010).

Rutten, Komen e Bovenhuis (2005) verificaram que a largura e o comprimento padrão podem ser utilizados como critérios de seleção para a determinação do peso e do rendimento de filé em tilápias do Nilo.

Em estudo das características morfométricas e dos rendimentos corporais de tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso, Silva et al. (2009) concluíram que o crescimento das partes constituintes do corpo é proporcional ao aumento do peso corporal.

A forma do corpo possui grande importância na escolha de equipamentos para pesca, estocagem e processamento na indústria, pois pode afetar as operações de decapitação, evisceração, limpeza geral, além de influenciar os rendimentos da carne quando processada na forma de corpo limpo, a velocidade de resfriamento e o congelamento (CONTRERAS-GUSMÁN, 1994).

Ao avaliar as relações entre as medidas e os parâmetros morfométricos com os rendimentos corporais, Diodati et al. (2008) concluíram que a caracterização da carcaça utilizando medidas morfométricas é um procedimento muito importante para se estimar os pesos e rendimentos corporais das diferentes partes do corpo, sem a necessidade de abater o peixe, considerando que as alterações nos valores ou na proporcionalidade entre as medidas morfométricas afetam, indiretamente, as características da carcaça.

1.3.4. Curvas de crescimento

O crescimento da tilapicultura e a contínua intensificação dos sistemas de cultivo resultaram na busca constante por linhagens de desempenho superior (COSTA et al., 2009), de maneira que para avaliar estas 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 de grande importância, pois ela condensa as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (SANTOS et al., 2007b) e podem ser utilizados na identificação de animais mais precoces ou mais produtivos para serem empregados em programas de seleção e melhoramento genético (BARICHELO et al., 2009).

Segundo Lawrence e Fowler (2002) é possível compreender os processos envolvidos no crescimento como mudanças no tamanho, forma e composição corporal dos animais domésticos pelas curvas de crescimento.

De acordo com Gamito (1998), diferentes equações têm sido desenvolvidas para descrever o crescimento dos peixes e a escolha do modelo

dependerá da espécie que está sendo estudada e também do propósito do estudo ou das possibilidades de pesquisa. Mazzini et al. (2003) citam que, dentre as funções não lineares mais utilizadas para ajustar as relações peso-idade destacam-se Richards, Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz.

O estudo dos parâmetros dessas equações é fundamental para os programas de melhoramento genético que visam alterar a forma das curvas de crescimento dos animais, possibilitando estimar, após os modelos ajustados, o tempo (idade) ótimo para o abate do animal, ou seja, o momento em que a curva de crescimento médio dos animais atinge o seu máximo, a maturidade (SILVA et al., 2011).

Por intermédio dos modelos não lineares, pode-se selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto (conhecidas como taxas de maturidade). Animais com maiores taxas de maturidade são mais precoces do que animais que apresentam menores taxas de maturidade (GOMIERO, 2005).

A curva típica de crescimento, durante a vida, apresenta forma sigmoide, ou seja, o crescimento durante a primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de autoaceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, por volta da puberdade, quando ocorre uma fase de autodesaceleração (BERG; BUTTERFIELD, 1976).

Pedrosa et al. (2010) testaram alguns modelos não lineares para ajustar as curvas de crescimento de tilápias do Nilo e observaram que a função quadrática logarítmica estabeleceu bom ajuste para as curvas de crescimento dos peixes.

Na avaliação de tilápias do Nilo durante um ciclo comercial de produção Aguilar, Tellez e Muñoz-Ramírez (2010) testaram seis modelos de regressão não linear para peso corporal e com os resultados obtidos recomendaram o modelo de Von Bertalanffy para descrever o crescimento desta espécie.

Ao avaliar o crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) Gomiero et al. (2009) concluíram que todos os modelos não lineares testados apresentaram bons ajustes, sendo o de Brody e o de Von Bertalanffy os que descreveram melhor o crescimento morfométrico da piracanjuba.

No ajuste da curva de crescimento em peso de rãs-touro Rodrigues et al. (2007) avaliaram diversos modelos não lineares e concluíram que o formato sigmoidal da curva dos modelos de Gompertz e Logístico descreveram melhor o crescimento desta espécie na recria para as condições avaliadas no experimento.

Em estudo do crescimento em função da idade para ajustar a curva de crescimento de diversas espécies de animais, Freitas (2005) verificou que o modelo de Gompertz estimou o crescimento para a maioria das espécies testadas, entre elas camarão, rã, frango, suíno e bovino.

Para a descrição do crescimento de peixes jovens, Gamito (1998) salienta que o modelo de Gompertz pode ser mais adequado, pois este modelo representa bem o curso de crescimento de peixes observados por um curto período de tempo.

Utilizando o modelo não linear de Gompertz, Mello et al. (2012) estimaram o padrão de crescimento de machos e fêmeas de tambaquis (*Colossoma macropomum*), e observaram diferenças no padrão de crescimento de ambos os sexos para peso e para as características morfométricas, evidenciando o dimorfismo sexual da espécie na fase adulta.

A função de Gompertz, de acordo com Santos et al. (2007a) descreveu adequadamente o padrão de crescimento do incremento de peso de piracanjubas (*Brycon orbignyanus*) de até 800 g e possibilitou a determinação de importantes parâmetros biológicos.

Segundo Fialho (1999), a curva de Gompertz tem propriedades desejáveis numa curva de crescimento, pois, ao contrário de outras funções, a massa corporal inicial é sempre superior à zero, o que reflete no fato de que o animal já nasce com algum peso. Borges (2008) afirma que o modelo Gompertz tanto pode ser usado para descrever o crescimento em peso quanto em comprimento.

Referências Bibliográficas

AGUILAR F. A.; TELLEZ, G. A.; MUÑOZ-RAMÍREZ, A. P. Avaliação de modelos matemáticos de crescimento em um ciclo comercial de produção de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* var. Chitralada). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM.

BARICHELO, F.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, P. F. Curvas de crescimento em altura de fêmeas Nelore, Aberdeen Angus x Nelore, Canchim x Nelore e Simental x Nelore nascidas em duas estações do ano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2009. CD-ROM.

BENTSEN, H. B.; EKNATH, A. E.; VERA, M. S. P.; DANTING, J. C.; BOLIVAR, H. L.; REYES, R. A.; DIONISIO, E. E.; LONGALONG, F. M.; CIRCA, A. V.; TAYAMEN, M. M.; GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.160, p. 145-173, 1998.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney Univerty, 1976. 240 p.

BORGES, A. I. C. **Interface “Comparação de curvas de crescimento”**: aplicação informática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática). Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

BOSWORTH, B. G.; LIBEY, G. S.; NOTTER, D. R. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). **Journal of World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 29, n. 1, p. 40-50, mar., 1998.

CHAMMAS, M. A.; NAKANISHI, L. I. T. **Status da aquicultura no mundo, no Brasil e em Sergipe**. Sergipe: Sebrae, 2007. 20 p.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

COSTA, A. C.; 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 dos modelos não lineares. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, Supl. 1, p. 561-564, 2009.

DIBIASI, N. F. **Estudo do crescimento, avaliação visual, medidas por ultrassonografia e precocidade sexual, em touros jovens pertencentes a vinte e uma raças de aptidão para corte**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2006.

DIODATI, F. C.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; RIBEIRO, P. A.; MURGAS, L. S. Parámetros morfológicos en el rendimiento de los componentes

corporales de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Anales de Veterinaria**, Murcia, v. 24, p. 45-55, 2008.

DIODATTI, F. C. **Medidas morfométricas no peso e rendimento de componentes corporais de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2006. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2006.

DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going? **Aquaculture Research**, Oxford, v. 41, p. 161-181, 2010.

FIALHO, F. B. **Interpretação da curva de crescimento de Gompertz**. Comunicado Técnico 237. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1999. 4 p.

FITZHUGH JR., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 1036-1051, apr., 1976.

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

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 133, p. 83-94, nov., 1998.

GOMIERO, J. S. G. **Crescimento morfométrico e alométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) em função do peso corporal**. 2005. 26 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2005.

GOMIERO, J. S. G.; FREITAS, R. T. F.; SANTOS, V. B.; SILVA, F. F.; RODRIGUES, P. B.; LOGATO, P. V. R. Curvas de crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 882-889, maio/jun., 2009.

HUANG, C. M.; LIAO, J. C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 85, p. 199-205, 1990.

IMSLAND, A. K.; FOLKVORD, A.; GRUNG, G. L.; STEFASSON, S. O.; TARANGER, G. L. Sexual dimorphism in growth and maturation of turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque,1810). **Aquaculture Research**, Oxford, v. 28, p. 101-114, 1997.

KUBITZA, F. Tilápia em água salobra e salgada: Uma boa alternativa de cultivo para estuários e viveiros litorâneos. **Panorama da Aquicultura**, Laranjeiras, v. 15, n. 88, p. 14-18, mar./abr., 2005.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. 2nd ed. New York: CAB International, 2002. 384 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=6YycK_V2fJQC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10 jul. 2012.

LECLERCQ, B. Croissance et composition corporelle du canard de Barbarie. In: SAUVEUR, B.; CARVILLE, H. **Le canard de Barbarie**. Paris: Inra, 1990. p. 169-193. Disponível em: <http://librairie.immateriel.fr/fr/read_book/9782738002341/e9782738002341_c03>. Acesso em: 15 ago. 2012.

LIMA, S.; LOURES, B. R. R. Fisiologia de peixes. In: MOREIRA, L. M. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da aquicultura moderna**. Canos: ULBRA, 2001. p. 91 – 121.

LUNDSTEDT, L. M.; LUNDSTEDT, J. H.; DIAS, A. N. Alterações morfológicas induzidas pela reversão sexual em tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). **Revista Unimar**, Maringá, v. 19, n. 2, p. 461-472, 1997.

MAINARDES-PINTO, C. S. R.; VIRANI, J. R.; PAIVA, P.; TABATA, Y. A. Estudo comparativo do crescimento de *Oreochromis* (Osteichthyes, Cichlidae) em cultivos monosséxo: crescimento em comprimento e peso, rendimento em biomassa. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 85-93, 1986.

MARTINS, T. R.; SANTOS, V. B.; PERES, P. V.; SILVA, T. T. Variação da composição química corporal de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com o crescimento. **Colloquium Vitae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 2, p. 117-122, 2009.

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

MCMILLAN, P. J. New grenadier fishes of the genus *Coryphaenoides* (Pisces; *Macrouridae*), one from off New Zealand and one widespread in the southern Indo West pacific and Atlantic Oceans. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, Melbourne, v. 33, n.3, p. 481-489, 1999.

MELLO, F.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; RESENDE, E. K.; STREIT JR, D. Curvas de crescimento em tambaquis (*Colossoma macropomum*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 9., 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBMA, 2012. CD-ROM.

MIGNON-GRASTEAU, S.; BEAUMONT, C.; POIVEY, J. P.; ROCHAMBEAU, H. Estimation of the genetic parameters of sexual dimorphism of body weight in “label” chickens and Muscovy ducks. **Genetic Selection Evolution**, Paris, v. 30, n. 5, p. 481-491, 1998.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA – MPA. **Estatística da pesca e aquicultura**: Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil 2010. 2012. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%20C3%ADstico%20MPA%202010.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2012.

MORAES, D. A. A morfometria geométrica e a “revolução na morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. **Boletim - Revista de Divulgação Científica dos Estudantes de Biologia**, Recife, n. 3, 2003. Disponível em: <http://www.ufpe.br/mastozoologia/images/documentos/astua_de_moraes_2003_morfometria_geometrica.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2012.

NOGUEIRA, A. C. **Criação de tilápias em tanques rede**. Salvador: SEBRAE, 2007. 23 p.

NOGUEIRA, A. J. **Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de crescimento da tilápia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, (Linhagem**

Chitralada) em cultivos experimentais. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2003.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J. S.; PEREIRA, A. M. L.; LIMA, C. B. **Produção de tilápia: mercado, espécie, biologia e recria.** Circular Técnica 45. Teresina: Embrapa Meio Norte/MAPA, 2007. 12 p.

PEDROSA, R. U.; OLIVEIRA, A. S.; RODRIGUES, M. L., FURTADO, D. A.; SILVA, D. A.; CAMPOS, V. M. Aplicação de modelos matemáticos no ajuste da curva de crescimento de tilápia do Nilo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM.

PINHEIRO, L. M. S.; MARTINS, R. T.; PINHEIRO, L. A. S. PINHEIRO, L. E. L. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis ssp.*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.58, n.2, p.257-262, 2006.

PONZONI, R. W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; KAMARUZZAMAN, N. Genetic parameters an response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 247, p. 203-210. 2005.

REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; SERAFINI, M. A.; COSTA, A. C.; FREATO, T. A.; ROSA, P. V.; ALLAMAN, I. B. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 7, p.1576-1582, 2012.

RESENDE, E. K.; OLIVEIRA, C. A. L.; LEGAT, A. P.; RIBEIRO, R. P. Melhoramento genético animal no Brasil: uma visão crítica - espécies aquáticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: SBMA, 2010. CD-ROM.

RIBEIRO, R. P. Espécies exóticas. In: MOREIRA, L. M. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da aquicultura moderna.** Canoas: ULBRA, 2001. p. 91-121.

ROBERTS, T. Systematic revision of the balitorid loach genus *Sewellia* of Vietnam and Laos, with diagnoses of four new species. **The Raffles Bulletin of Zoology**, Singapore, v. 46, n. 2, p. 271-288, 1998.

ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F. Parâmetros de crescimento e suas correlações em idades entre 60 a 240 dias na carpa húngara (*Cyprinus carpio*). **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 29-34, jan./jun., 2002.

RODRIGUES FILHO, M.; ZANGERONIMO, M. G.; LOPES, L. S.; LADEIRA, M. M.; ANDRADE, I. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento do tecido muscular e sua relação com a qualidade da carne em bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 1431-1443, mar./abr., 2011.

RODRIGUES, M. L.; LIMA, S. L.; MOURA, O. M.; AGOSTINHO, C. A.; SILVA, J. H. V.; CRUZ, G. R. B.; CAMPOS, V. M.; CASALI, A. P.; MENDES, R. R. B.;

ALBUQUERQUE, A. G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 56, n. 214, p. 125-136, 2007.

ROYCE, W. F. **Introduction to the practice of fishery science**. San Diego: Academic Press, 1996. 448 p.

ROYO, J. **Peixes - Tilápia Gift**: espécie tem ganho de peso de 5% por geração. 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21767&secao=Pacotes%20Tecnol%F3gicos>>. Acesso em: 10 set. 2011.

RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v.231, n.1/4, p.113-122, mar., 2004.

RUTTEN, M. J. M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 246, p. 101-113, 2005.

SANTOS, A. I. **Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em tilápias (*Oreochromis niloticus*)**. 2009. 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, 2009.

SANTOS, V. B. **A disponibilidade de diferentes linhagens de tilápias**. 2006. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=278>. Acesso em: 31 ago. 2011.

SANTOS, V. B.; FREATO, T. A.; FREITAS, R. T. F.; REIS NETO, R. V.; ALLAMAN, I. B.; FERREIRA, V. F.; LAGO, A. A. Curva de crescimento de piracanjubas *Brycon orbignyanus*. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce, 1., Encontro de Piscicultores de Mato Grosso do Sul, 1., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa/CPAO, 2007a. CD-ROM.

SANTOS, V. B.; FREITAS, R. T. F.; SILVA, F. F.; FREATO, T. A. Avaliação 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., 2007b.

SCORVO FILHO, J. D.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; ALVES, J. M. C.; SOUZA, F. R. A. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p.112-118, 2010 (supl. especial).

SCORVO FILHO, J. D.; PINTO, C. S. R. M.; VERANI, J. R.; SILVA, A. L. Custo operacional de produção da criação de tilápias vermelha da flórida e tailandesa em tanques rede de pequeno volume. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 71-79, out., 2006.

SIDONIO, L.; CAVALCANTI, L.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JR, A. J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista BNDES Setorial**, n. 35, p. 421-463, 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3512.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2012.

SILVA, F. L.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; PACKER, I. U.; MOURÃO, G. B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 46, n. 3, p. 262-271, mar., 2011.

SILVA, F. V.; SARMENTO, N. L. A. F.; VIERIA, J. S.; TESSITORE, A. J. A.; OLIVEIRA, L. L. S.; SARAIVA E. P. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 8, p.1407-1412, 2009.

SOUSA, M. F. A. **Estimativas dos fatores genéticos e ambientais e da tendência genética sobre os pesos da desmama a um ano e meio de idade em bovinos nelore na região norte e sub-região meio - Norte do Brasil**. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2007.

STICKLAND, N. C. Growth and development of muscle fibres in the rainbow trout (*Salmon gairdneri*). **Journal of Anatomy**, Oxford, v. 137, n. 2, p. 323-333, 1983.

TAKAHASHI, S. E.; MENDES, A. A.; MORI, C.; PIZZOLANTE, C. C; GARCIA, R. G. PAZ, I. C. A.; PELÍCIA, K.; SALDANHA, E. S. P. B.; ROÇA, J. R. O. Qualidade da carne de frangos de corte tipo colonial e industrial. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, Garça, n. 18, jan., 2012.

TURRA, E. M.; OLIVEIRA, D. A. .A.; TEIXEIRA, E. A.; PRADO, S. A.; MELO, D. C.; SOUSA, A. B. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé das tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, p. 29-36, jan./mar., 2010.

VIANA, A.; CARVALHO, J. C.; GOMES, A. Aquicultura e pesca. In: BRASIL. **Brasil 2022: Trabalhos preparatórios**. Brasília: Presidência da Republica, Secretaria de assuntos Estratégicos, 2010. p. 61-69.

ZIMMERMANN, S.; FITZSIMMONS, K. Tilapicultura Intensiva. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M. CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 239-266.

CAPÍTULO 2

PADRÕES DE CRESCIMENTO DE MACHOS E FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) DA VARIEDADE GIFT

REVISTA SEMINA: CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Padrões de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT¹

Growth patterns of male and female of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) GIFT variety¹

Aline Mayra da Silva Oliveira^{2*}, Carlos Antonio Lopes de Oliveira^{3,4}, Bárbara Joyce Akemi Matsubara³, Sheila Nogueira de Oliveira³, Natali Miwa Kunita³, Grazyella Massako Yoshida³, Ricardo Pereira Ribeiro³

¹Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Bolsista CAPES.

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Produção Animal no Cerrado-Pantanal. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana. Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000, Aquidauana, MS. E-mail: alimayrazoo@yahoo.com.br

³Grupo de Pesquisa PeixeGen - Universidade Estadual de Maringá, UEM, Centro de Ciências Agrárias. Av. Colombo, 5790, Zona 7, CEP 87020-900, Maringá, PR. E-mail: caloliveira@uem.br; baakemi@hotmail.com; she_uem@hotmail.com; nat_kunita@hotmail.com; grazzyoshida@hotmail.com; rpribeiro@uem.br

⁴Docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Produção Animal no Cerrado-Pantanal. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana. Rod. Aquidauana-UEMS, km 12 - C.P. 25, CEP 79200-000, Aquidauana, MS. E-mail: caloliveira@uem.br

*Autor para correspondência.

Resumo

Objetivou-se estimar o padrão de crescimento de tilápias GIFT por meio do modelo não linear de Gompertz e verificar se existem diferenças no padrão de crescimento de machos e fêmeas. O modelo de Gompertz foi testado com oito variações, sendo o primeiro modelo sem nenhuma restrição no espaço paramétrico e os demais modelos com diferentes números de restrições para descrever o padrão de crescimento em peso corporal, comprimento total, altura do corpo, largura do corpo e tamanho da cabeça. O modelo de melhor ajuste para peso, comprimento total, largura do corpo, e tamanho da cabeça foi o modelo 3 e para altura do corpo foi o modelo 1. Comparando o incremento do peso com as demais características, observou-se que os pontos de inflexão das características morfométricas variaram de 121,2 a 156,2 dias para fêmeas e 134,1 a 166,6 dias para machos, enquanto que para peso o ponto de inflexão foi de 340,4 e 322,9 dias para machos e fêmeas respectivamente, indicando que a forma dos peixes foi determinada em idade menor que o peso. O padrão de crescimento das partes constituintes do corpo e do peso de machos e fêmeas de tilápias GIFT é diferente, confirmando o dimorfismo sexual. Machos e fêmeas apresentam mesmo crescimento relativo no ponto de inflexão para a maioria das características avaliadas, com exceção da altura do corpo.

Palavras-chave: aceleração, crescimento relativo, incremento corporal, medidas morfométricas, modelo de crescimento, tilapicultura

Abstract

The aim of this work was to estimate the growth pattern of GIFT tilapia using nonlinear model Gompertz and verifying the differences between growth pattern of males and females. The Gompertz model has been tested within eight variations. The first model had not restriction on the parametric space, but the other models presented several numbers of restrictions, ranged from 1 to 3 restrictions. Were estimated the growth pattern for body weight, total length, body height, body width and head size. Model three was the fittest for total length, weight, body width, and size of the head, while for height of the body the model one has the better fit than the other models. Comparing the weight increment with the other characteristics, it was observed that the inflection points of the morphometric characteristics ranged from 121.2 to 156.2 day for females and 134.1 to 166.6 day for males, while that for weight the inflection point was 340.4 and 322.9 day to males and females respectively, showing that the form of the fish was determined in smaller age than weight. The growth pattern of the body shares constituents and weight of males and females GIFT differ,

confirming sexual dimorphism. Males and females presented equal growth relative in the inflection point for the characteristics majority of evaluated, except for body height.

Key words: acceleration, relative growth, body increment, morphometric measures, growth model, tilapia culture

Introdução

O crescimento da tilapicultura no mundo e a contínua intensificação dos sistemas de cultivo resultaram na busca constante por linhagens de desempenho superior (COSTA et al., 2009), de maneira que para avaliar estas 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 de grande importância, pois condensam as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (SANTOS et al., 2007b) e podem ser utilizados na identificação de animais mais precoces ou mais produtivos para serem empregados em programas de seleção e melhoramento genético (BARICHELLO et al., 2009).

A curva típica de crescimento, durante a vida, apresenta forma sigmoide, ou seja, o crescimento durante a primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de autoaceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, por volta da puberdade, quando ocorre uma fase de autodesaceleração (BERG; BUTTERFIELD, 1976). Avaliação de modelos matemáticos para descrever o padrão de crescimento tem indicado que modelos de regressão não linear são os mais adequados, Mazzini et al. (2003) citam que dentre as funções não lineares mais utilizadas para ajustar as relações peso-idade destacam-se Richards, Brody, Von Bertalanffy, Logístico e Gompertz. Entretanto, o modelo de Gompertz dentre as demais funções é muito usado (COSTA et al. 2009), pois ele expressa massa em relação à idade do animal, utilizando apenas três parâmetros, diferindo-se das outras curvas por apresentar massa corporal superior à zero, ou seja, considera que o animal já nasce com alguma massa (FIALHO, 1999).

A aplicação de modelos não lineares para o ajuste de curvas de crescimento de tilápias do Nilo, de acordo com Santos et al. (2007b), foi satisfatória em todos os modelos, mas os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy apresentaram-se mais indicados, tanto para a linhagem Chitralada quanto para a Supreme.

Para a descrição do crescimento de peixes jovens, Gamito (1998) salienta que o modelo de Gompertz pode ser mais apropriado, pois representa adequadamente o curso de crescimento de peixes observados por um curto período de tempo. Borges (2008) afirma que o modelo Gompertz tanto pode ser usado para descrever o crescimento em peso quanto em comprimento.

Com o intuito de auxiliar a compreensão do crescimento de tilápias do Nilo da variedade GIFT (*Genetically Improved Farming Tilapia*) objetivou-se estimar o padrão de crescimento por meio do modelo de regressão não linear Gompertz e verificar se existem diferenças no padrão de crescimento de machos e fêmeas deste grupo genético.

Material e Métodos

O conjunto de dados utilizado neste estudo foi cedido pelo grupo de pesquisa PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá – UEM e continha informações de peso vivo e medidas morfométricas de 972 machos e 747 fêmeas de tilápias do Nilo da variedade GIFT (*Genetically Improved Farming Tilapia*).

Os peixes utilizados foram produzidos na Estação de Piscicultura UEM - CODAPAR, pertencente à Universidade Estadual de Maringá, no município de Floriano – PR (23° 31' 8" S 52° 2' 21' O), durante a estação reprodutiva compreendida entre os meses de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. Os peixes, após o nascimento foram mantidos com as mães em hapas de 1 m³ até o final da estação reprodutiva, em seguida foram transferidos para tanques de alevinagem, sendo mantidos em hapas de 1m³ em grupos de 50 indivíduos por cerca de 30 dias.

Após atingirem peso superior a 10 gramas, os animais foram identificados, utilizando-se microchips implantados na cavidade visceral. Uma vez identificados se realizou a primeira biometria e em seguida os peixes foram enviados para a Unidade Demonstrativa de Produção em tanques rede da UEM, no Município de Diamante do Norte – PR (22° 39' 24" S 52° 46' 51" O), no Rio do Corvo, tributário do Rio Paranapanema no reservatório de Rosana.

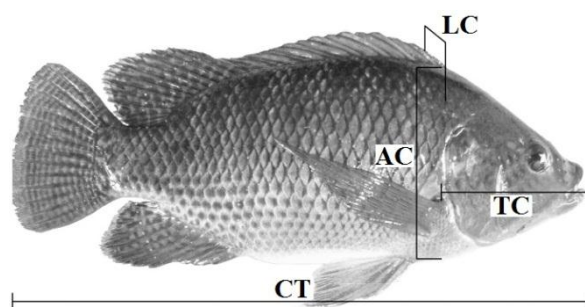
Os pesos médios iniciais foram de $23,83 \pm 7,7$ g e $22,15 \pm 6,9$ g para machos e fêmeas, respectivamente. Os valores médios iniciais de CT, AC, LC e TC foram $10,2 \pm 1,1$ cm, $9,9 \pm 1,04$ cm; $2,7 \pm 0,4$ cm, $2,6 \pm 0,4$ cm; $1,4 \pm 0,2$ cm, $1,1 \pm 0,3$ cm; $2,2 \pm 0,4$ cm, $2,1 \pm 0,4$ cm dos machos e fêmeas, respectivamente.

Os peixes foram cultivados em três tanques rede com volume de 6 m³ e densidade média de 100 peixes/m³ durante os meses de maio a setembro de 2009, realizando-se cinco biometrias em intervalos de aproximadamente 30 dias. A alimentação era fornecida às 8, 13 e 17 horas e continha 32 % PB. O ajuste para fornecimento da ração foi de acordo com as biometrias realizadas no decorrer do cultivo.

Os dados biométricos mensurados foram:

- Peso corporal em gramas (Peso);
- Comprimento total em cm (CT - compreendido da extremidade anterior da cabeça e o final da nadadeira caudal);
- Altura do corpo em cm (AC - medida à frente do 1º raio da nadadeira dorsal);
- Largura do corpo em cm (LC – medida à frente do 1º raio da nadadeira dorsal);
- Tamanho da cabeça em cm (TC - compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o bordo caudal do opérculo) (Figura 1).

Figura 1. Medidas morfométricas mensuradas em cada peixe.



Fonte: Elaboração dos autores.

Na obtenção do peso foi utilizada uma balança digital com precisão de 0,1g. O comprimento total e o tamanho da cabeça foram mensurados utilizando um ictiômetro e as demais medidas foram realizadas com auxílio de um paquímetro.

Para descrever o comportamento do crescimento dos peixes foi utilizado o modelo de regressão não linear de Gompertz (FIALHO, 1999), descrito a seguir:

$$M = A * e^{-e^{-B * (t - C)}}$$

Em que:

M = peso (g) ou tamanho (cm) estimado à idade t ;

A = peso (g) ou tamanho (cm) assintótico quando t tende a mais infinito, ou seja, este parâmetro pode ser interpretado como peso ou tamanho à idade adulta;

B = crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia por g ou cm/dia por cm);

C = idade no ponto de inflexão (dias);

t = idade (dias);

$e = 2,718281828459$.

Os modelos foram ajustados para descrever o padrão de crescimento de machos e fêmeas em peso corporal (peso), comprimento total (CT), altura do corpo (AC), largura do corpo (LC) e tamanho da cabeça (TC). Os parâmetros da curva de crescimento foram estimados pelo método de Gauss Newton modificado no procedimento NLIN do programa SAS versão 9.1.3 (SAS, 2002-2004).

Foram testados oito modelos, o primeiro sem nenhuma restrição no espaço paramétrico (M1), considerando que os parâmetros da curva de crescimento de Gompertz para machos e fêmeas foram diferentes. Os demais modelos apresentaram diferentes números de restrições, descrevendo curvas de crescimento de machos e fêmeas, que apresentavam um, dois ou três parâmetros do modelo comuns, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos modelos testados.

Ajuste dos modelos								
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
Parâmetros	a_i	a_i	a_i	-	a_i	-	-	-
	b_i	b_i	-	b_i	-	-	b_i	-
	c_i	-	c_i	c_i	-	c_i	-	-
	a_j	a_j	a_j	-	a_j	-	-	-
	b_j	b_j	-	b_j	-	-	b_j	-
	c_j	-	c_j	c_j	-	c_j	-	-
	-	-	-	A	-	A	A	A
	-	-	B	-	B	B	-	B
	-	C	-	-	C	-	C	C

Os parâmetros a , b e c são do modelo de Gompertz sendo i =machos e j =fêmeas. Parâmetros descritos por letras maiúsculas são comuns para machos e fêmeas.

Fonte: Elaboração dos autores.

A adequacidade dos diferentes modelos foi avaliada por meio do teste da razão de verossimilhança com aproximação pela estatística qui-quadrado (X^2) conforme descrito por Regazzi e Silva (2004).

Resultados e Discussão

Os modelos utilizados descreveram adequadamente o padrão de crescimento das características estudadas para machos e fêmeas. O modelo 7 apresentou valor assintótico e idade no ponto de inflexão superestimados em relação aos demais, para característica peso (Tabela 2).

De acordo com os resultados, os modelos que apresentaram melhor ajuste foram aqueles que consideraram a existência de diferentes parâmetros para machos e fêmeas. Dessa forma, o modelo 3 foi mais adequado que o modelo mais complexo (M1) para as variáveis peso, CT, LC e TC. Porém, para AC o modelo 1 apresentou melhor ajuste que os demais, indicando que os três parâmetros do modelo de Gompertz foram diferentes para machos e fêmeas (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros dos modelos sem restrição e modelos com restrições ajustados para peso, comprimento total (CT), largura do corpo (LC), altura do corpo (AC) e tamanho da cabeça (TC) de machos e fêmeas de tilápias GIFT e respectivas somas de quadrados do resíduo da regressão (SQRR).

Parâmetros		Estimativas dos parâmetros dos modelos							
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
Peso	a_i	1166,7	1082,8	1111,2	-	1063,5	-	-	-
	b_i	0,00551	0,00574	-	0,00590	-	-	0,00190	-
	c_i	348,2	-	340,4	328,7	-	494,8	-	-
	a_j	627,6	754,6	695,6	-	771,6	-	-	-
	b_j	0,00604	0,00540	-	0,00460	-	-	0,00197	-
	c_j	306,2	-	322,9	391,3	-	528,1	-	-
	A	-	-	-	1030,6	-	2465,0	31220,4	868,1
	B	-	-	0,00566	-	0,00566	0,00371	-	0,00584
	C	-	336,4	-	-	335,4	-	1101,2	324,5
	SQRR	17459209	17463044	17460613*	17477198	17522904	17906294	18130265	22784071
CT	a_i	40,5234	38,9304	39,6213	-	38,7985	-	-	-
	b_i	0,00543	0,00572	-	0,00584	-	-	0,00731	-
	c_i	165,1	-	160,9	154,9	-	171,6	-	-
	a_j	33,4721	36,2419	34,6711	-	35,4588	-	-	-
	b_j	0,00589	0,00528	-	0,00492	-	-	0,00558	-
	c_j	143,0	-	149,1	168,8	-	192,5	-	-
	A	-	-	-	38,3252	-	42,3121	33,4555	37,021
	B	-	-	0,00560	-	0,00563	0,00482	-	0,00567
	C	-	157,6	-	-	155,7	-	136,5	153,9
	SQRR	29246,9	29274,8	29253,8*	29312,8	29398,5	30388,5	29994,8	34973,1
AC	a_i	9,8414	9,4895	9,6463	-	9,5082	-	-	-
	b_i	0,00850	0,00903	-	0,00929	-	-	0,00998	-
	c_i	134,6	-	132,5	129,3	-	128,8	-	-
	a_j	8,1357	8,7859	8,3906	-	8,5393	-	-	-
	b_j	0,00946	0,00819	-	0,00724	-	-	0,00728	-
	c_j	121,2	-	123,8	137,0	-	150,1	-	-
	A	-	-	-	9,3745	-	9,8245	9,1234	9,0247
	B	-	-	0,00883	-	0,00887	0,00769	-	0,00894
	C	-	130,0	-	-	129,0	-	128,8	128,1
	SQRR	4593,9*	4608,1	4596,9	4625,7	4615,8	4857,0	4654,2	5359,3
LC	a_i	4,3681	4,2827	4,3500	-	4,3033	-	-	-
	b_i	0,00869	0,00898	-	0,00924	-	-	0,00991	-
	c_i	134,6	-	134,1	130,9	-	130,7	-	-
	a_j	3,8328	4,0026	3,8594	-	3,9127	-	-	-

	b_j	0,00888	0,00822	-	0,00746	-	-	0,00751	-
	c_j	126,9	-	127,6	138,3	-	149,4	-	-
	A	-	-	-	4,2231	-	4,3997	4,1122	4,1131
	B	-	-	0,00876	-	0,00878	0,00785	-	0,00883
	C	-	132,1	-	-	131,5	-	130,4	130,8
	SQRR	1389,8	1390,6	1389,9*	1392,6	1392,1	1428,4	1398,4	1510,0
TC	a_i	9,9141	9,4199	9,5692	-	9,3791	-	-	-
	b_i	0,00586	0,00624	-	0,00638	-	-	0,00805	-
	c_i	172,4	-	166,6	161,3	-	176,2	-	-
	a_j	7,8914	8,6956	8,3336	-	8,5136	-	-	-
	b_j	0,00664	0,00581	-	0,00536	-	-	0,00609	-
	c_j	147,5	-	156,2	175,7	-	196,6	-	-
	A	-	-	-	9,272	-	10,2016	8,442	8,9141
	B	-	-	0,00613	-	0,00616	0,00529	-	0,00622
	C	-	163,8	-	-	162,0	-	143,6	160,2
	SQRR	2785,6	2788,7	2786,8*	2792,4	2795,7	2867,9	2850,5	3168,2

Os parâmetros a, b e c são do modelo de Gompertz sendo i=machos e j=fêmeas. Parâmetros descritos por letras maiúsculas são comuns para machos e fêmeas. *Modelo de melhor ajuste pela estatística X^2 ($P < 0,05$).

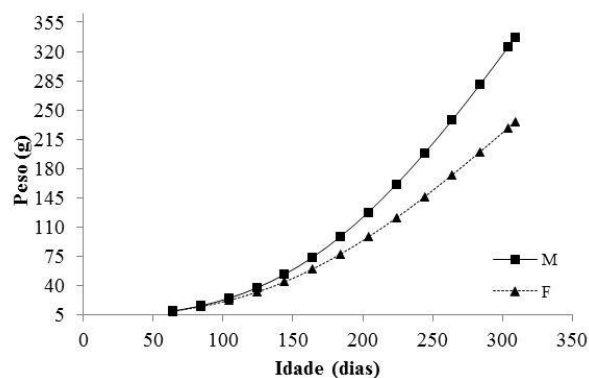
Fonte: Elaboração dos autores.

Os resultados encontrados indicaram que para a característica peso, houve diferença no padrão de crescimento entre machos e fêmeas, uma vez que o peso assintótico e a idade no ponto de inflexão dos machos foram maiores para todos os modelos testados em relação às fêmeas. Isso porque as fêmeas atingiram a idade no ponto de inflexão com cerca de 323 dias, havendo uma desaceleração em seu crescimento. Ambos os sexos apresentaram mesmo crescimento relativo, porém nos machos o processo de desaceleração ocorreu em torno de dezoito dias após o ponto de inflexão das fêmeas, determinando as diferenças observadas no peso assintótico (Tabela 2).

A descrição do padrão de incremento do peso para machos e fêmeas, de acordo com o modelo de melhor ajuste, indicou que por aproximadamente de 165 dias de vida machos e fêmeas possuíram crescimento semelhante, e após esta idade as fêmeas apresentaram crescimento lento, provavelmente devido à entrada em reprodução (Figura 2), redirecionando a energia utilizada do crescimento corporal para o crescimento das gônadas (BALDISSEROTTO, 2009). Em situações de cultivo de ciclo curto e menor peso ao abate, para a produção de processados, estes resultados indicam que o cultivo monossexo não precisaria ser praticado, reduzindo os custos da inversão sexual. Em avaliação da qualidade tecnológica de tilápias do Nilo enlatadas, Pizato et al. (2012) concluíram que o enlatado de tilápia fora do padrão (tamanho comercial inadequado) apresentou características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais compatíveis com os produtos comerciais similares, confirmando a viabilidade do produto para o mercado de conservas, no qual estes resultados foram obtidos com tilápias de 5 a 10 cm. No presente trabalho, peixes apresentaram cerca de 15 cm de CT com cerca de 165 dias de idade (Figura 3).

Diferenças nos pesos de machos e fêmeas em tilápias do Nilo desde idades mais jovens foram observadas por Rutten, Komen e Bovenhuis (2005). Estes mesmos autores ainda relataram que machos com aproximadamente 300 dias de vida apresentaram quase o dobro do peso corporal das fêmeas. No presente estudo o peso assintótico das fêmeas equivaleu a 62,5% do peso dos machos.

Figura 2. Curvas de crescimento do peso em função da idade de machos (M) e fêmeas (F) de tilápias GIFT.

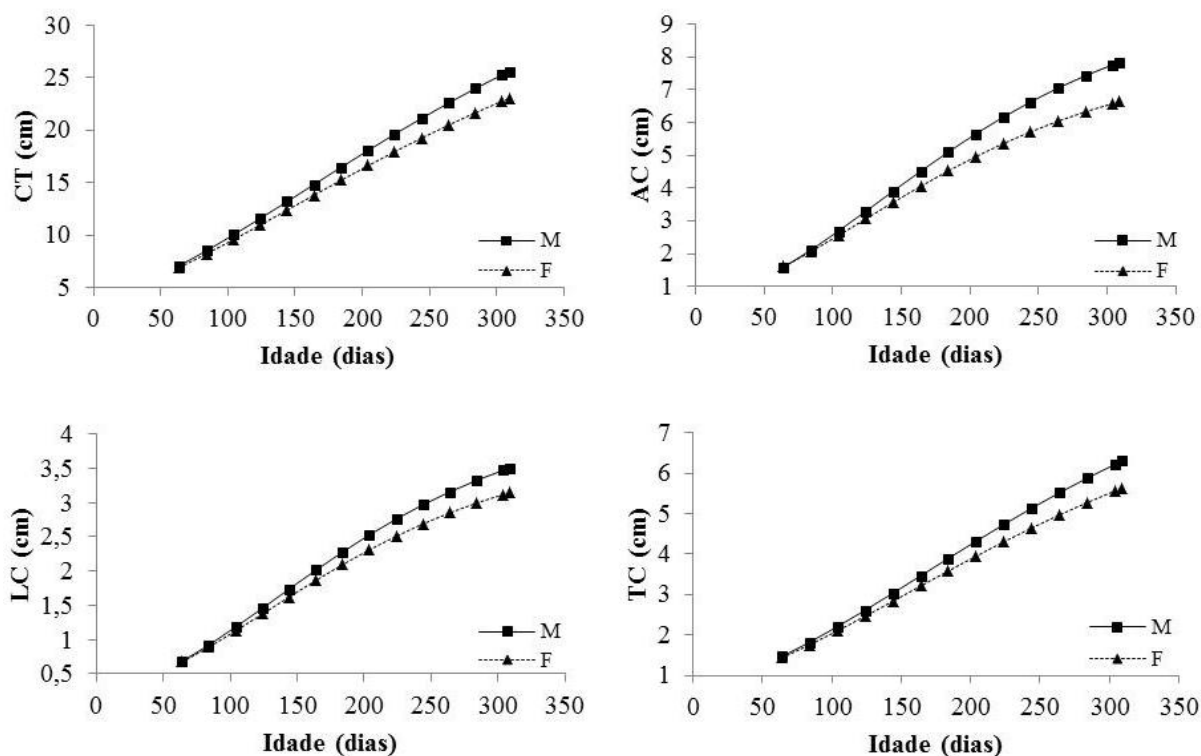


Fonte: Elaboração dos autores.

Devido às condições de manejo na fase de larvicultura e alevinagem, a idade dos peixes e seu desempenho foram diferentes das condições de cultivo comercial. Estas práticas impuseram restrição de espaço e pode ter interferido no crescimento inicial, o que possivelmente afetou o peso e a idade a maturidade estimados.

Quanto às características morfométricas CT, LC e TC foram verificados padrões de crescimento semelhantes ao descrito anteriormente para peso, no qual os valores assintóticos e a idade no ponto de inflexão para machos foram maiores que os valores encontrados para as fêmeas, confirmando a manutenção do crescimento em taxas elevadas por maior período de tempo nos machos (Tabela 2 e Figura 3).

Figura 3. Curvas de crescimento para comprimento total (CT), altura do corpo (AC), largura do corpo (LC) e tamanho da cabeça (TC) em função da idade de machos (M) e fêmeas (F) de tilápias GIFT.



Fonte: Elaboração dos autores.

A partir das estimativas do modelo 1 para AC observou-se que o crescimento relativo das fêmeas foi superior àquela estimada para os machos, porém o valor assintótico foi inferior para fêmeas devido às fêmeas atingirem mais rapidamente o ponto de inflexão (Tabela 2 e Figura 3). Segundo Fialho (1999) valores maiores de b concentram o crescimento em torno do ponto de inflexão, aumentando a taxa de crescimento máximo, com isso seu crescimento inicial e final é mais lento. Por outro lado, valores menores de b fazem com que o crescimento seja mais distribuído ao longo do tempo.

Em relação ao crescimento relativo das características AC e LC, estas foram maiores que o crescimento relativo das características CT e TC para ambos os sexos, o que indica crescimento mais rápido em altura e largura que em comprimento e tamanho da cabeça, atingindo seu crescimento máximo em menor período de tempo. Gomiero et al. (2009) ao avaliarem modelos de regressão não linear para descrever curvas de crescimento de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), obtiveram crescimento mais rápido em cabeça e largura que em comprimento padrão e altura do corpo em todos os modelos testados, incluindo o modelo Gompertz. Na análise de diversos modelos de regressão não linear para estimar a forma de crescimento de tilápias das linhagens Chitralada e Supreme, Santos et al. (2007b) encontraram, para o modelo Gompertz, valores semelhantes aos estimados no presente trabalho para AC e inferiores para LC nos machos.

Ao comparar o incremento do peso com as demais características, observou-se que os pontos de inflexão das características morfométricas variaram de 121,2 a 156,2 dias para fêmeas e 134,1 a 166,6 dias para machos, enquanto que o ponto de inflexão do peso foi de 340,4 e 322,9 dias para machos e fêmeas respectivamente, apontando padrões de incrementos na forma e massa diferentes, sendo determinada a forma dos peixes em idade menor. Isto indica que outras medidas corporais deveriam ter sido realizadas, pois percebeu-se deficiência na explicação do incremento no peso após o ponto de inflexão das características morfométricas. É provável que a largura ou altura em outros pontos do corpo do peixe tenha sofrido aumento acompanhando o incremento de peso, sugerindo aumento do volume corporal.

Segundo Contreras-Gusmán (1994) os peixes em geral possuem capacidade diferencial de acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo durante seu crescimento, o que caracteriza o seu formato e influencia os rendimentos cárneos. O mesmo autor afirma que as tilápias possuem a forma do corpo fusiforme com compressão lateral uniforme, possivelmente esta compressão está reduzindo com a seleção dos peixes. As medidas morfométricas segundo Bosworth, Libey e Notter (1998), contribuem para a descrição da forma do corpo do peixe e varia de acordo com as características de cada espécie, além de poderem influenciar o peso corporal e o rendimento do filé.

Constatou-se que a seleção dos peixes dentro do programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo é realizada após o ponto de inflexão da característica TC, ou seja, os peixes selecionados ainda aumentam o peso com a desaceleração do crescimento da cabeça, apresentando menor participação da cabeça no crescimento corporal dos peixes, ocorrendo aumento mais significativo de partes comestíveis.

Para as características avaliadas verificou-se que machos e fêmeas mantiveram seu crescimento com o avanço da idade (Figuras 2 e 3). Estes resultados estão de acordo com Weatherley e Gill (1987) citados por Gamito (1998) que afirmam que os peixes podem ter crescimento contínuo se houver suprimento alimentar enquanto viverem. Todas as características morfométricas avaliadas no presente estudo

aumentaram com o aumento do peso dos peixes, porém em velocidades diferentes. Em estudo do rendimento do processamento de linhagens melhoradas em função do peso, Santos et al. (2007a) concluíram que as linhagens Chitralada e Supreme possuíam crescimento das partes componentes do corpo proporcional ao aumento do peso corporal e que este aumento não alterou o rendimento desses constituintes.

Conclusão

O modelo de Gompertz é uma ferramenta útil na descrição do crescimento das tilápias melhoradas, auxiliando na avaliação das variáveis, melhorar os pontos da curva de crescimento e selecionar as características desejáveis dentro do sistema de produção.

O padrão de crescimento das partes constituintes do corpo e do peso de machos e fêmeas de tilápias melhoradas é diferente, confirmando o dimorfismo sexual em tilápias do Nilo, apesar dos machos apresentam mesmo crescimento relativo no ponto de inflexão que as fêmeas para a maioria das características avaliadas, com exceção de altura do corpo.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- BALDISSEROTTO, B. *Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura*. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2009. 349 p.
- BARICHELO, F.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, P. F. Curvas de crescimento em altura de fêmeas Nelore, Aberdeen Angus x Nelore, Canchim x Nelore e Simental x Nelore nascidas em duas estações do ano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA - SBZ, 46., 2009, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2009. CD-ROM.
- BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. *New concepts of cattle growth*. Sydney: Sydney Univerty Press, 1976. 240 p.
- BORGES, A. I. C. *Interface “Comparação de curvas de crescimento”*: aplicação informática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ensino da Matemática) - Universidade do Porto, Porto.
- BOSWORTH, B. G.; LIBEY, G. S.; NOTTER, D. R. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). *Journal of World Aquaculture Society*, Baton Rouge, v. 29, n. 1, p. 40-50, mar. 1998.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. *Bioquímica de pescados e derivados*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.

- COSTA, A. C.; NETO REIS, R. V.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; LAGO, A. A.; SANTOS, V. B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através dos modelos não lineares. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 58, supl. 1, p. 561-564, 2009.
- FIALHO, F. B. *Interpretação da curva de crescimento de Gompertz*. Concórdia: Embrapa - CNPSA, 1999. 4 p. (Comunicado Técnico 237).
- GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. *Ecological Modelling*, Amsterdam, v. 133, p. 83-94, nov. 1998.
- GOMIERO, J. S. G.; FREITAS, R. T. F.; SANTOS, V. B.; SILVA, F. F.; RODRIGUES, P. B.; LOGATO, P. V. R. Curvas de crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 3, p. 882-889, maio/jun. 2009.
- MAZZINI, A. R. A.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; SILVA, F. F. Análise da curva de crescimento de machos Hereford. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1105-1112, set./out. 2003.
- PIZATO, S.; KRAIESKI, J.; SARMENTO, C.; PRENTICE, C. Avaliação da qualidade tecnológica apresentada por tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) enlatada. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 667-674, abr. 2012.
- REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear: dados no delineamento inteiramente casualizado. *Revista de Matemática e Estatística*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 33-45, 2004.
- RUTTEN, M. J. M.; KOMEN, K.; BOVENHUIS, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 246, p. 101-113, may. 2005.
- SANTOS, V. B.; FREITAS, R. T. F.; LOGATO, P. V. R.; FREATO, T. A.; ORFÃO, L. H.; MILIOTTI, C. L. Rendimento do processamento de linhagens de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 2, p. 554-562, mar./abr. 2007a.
- SANTOS, V. B.; FREITAS, R. T. F.; SILVA, F. F.; FREATO, T. A. Avaliação 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. 2007b.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS Institute Inc., SAS 9.1.3. *Help and Documentation*. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002-2004.

CAPÍTULO 3

**PADRÕES DE CRESCIMENTO DE MACHOS E FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO
(*Oreochromis niloticus*) DE DIFERENTES ESTRATOS GENÉTICOS**

REVISTA ANIMAL JOURNAL

Padrões de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de diferentes estratos genéticos¹

A.M.S. Oliveira^{2,a}, C.A.L. Oliveira^{3,4}, B.J.A. Matsubara³, S.N. Oliveira³, N.M.

Kunita³, G.M. Yoshida³, C.M. Campos⁴ e R.P. Ribeiro³

¹Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

²Aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Produção Animal no Cerrado-Pantanal. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana. C.P. 25, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil. Bolsista CAPES.

³Grupo de Pesquisa PeixeGen - Universidade Estadual de Maringá, UEM, Centro de Ciências Agrárias. CEP 87020-900, Maringá, PR, Brasil.

⁴Docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Produção Animal no Cerrado-Pantanal. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana. C.P. 25, CEP 79200-000, Aquidauana, MS, Brasil.

^aAutor para correspondência. E-mail: alimayrazoo@yahoo.com.br

Resumo

Objetivou-se estimar o padrão de crescimento de tilápias melhoradas, separadas em diferentes estratos genéticos utilizando o modelo de Gompertz e verificar a existência de diferenças no padrão de crescimento de ambos os sexos em função do valor genético predito para velocidade de crescimento. O modelo de Gompertz foi testado com oito variações, o primeiro modelo sem nenhuma restrição no espaço paramétrico e os demais modelos com diferentes números de restrições para descrever o padrão de crescimento em peso corporal. Os peixes foram separados em três estratos genéticos: Superior, Médio e Inferior conforme o valor genético predito para a característica ganho em peso diário. O modelo cinco, mais adequado para machos e fêmeas dos estratos Superior (contraste um) e Inferior (contraste três) considerou pesos assintóticos diferentes para ambos os sexos. Para o estrato Médio o modelo três apresentou melhor ajuste, com peso assintótico e

ponto de inflexão maior nos machos (contraste dois). O padrão de crescimento dos estratos genéticos indicou por 165 dias de vida que machos e fêmeas possuíam crescimento semelhante e a partir desta idade, observou-se crescimento lento das fêmeas possivelmente pela entrada em reprodução. Na comparação do crescimento de machos Superior e Médio (contraste quatro), Superior e Inferior (contraste cinco) o modelo três foi mais adequado, considerando diferenças nos pesos a maturidade e ponto de inflexão. O modelo cinco descreveu o crescimento dos machos Médio e Inferior (contraste seis) com peso assintótico diferente entre os estratos. Os pesos assintóticos estimados para machos dos estratos Médio e Inferior representaram, respectivamente, 69 % e 49 % do peso assintótico de machos Superior, confirmando o impacto das diferenças genéticas na expressão fenotípica dos peixes. Ao comparar fêmeas Superior e Médio (contraste sete), Superior e Inferior (contraste oito), Médio e Inferior (contraste nove), os modelos que melhor descreveram o crescimento foram os modelos três, um e cinco, respectivamente. Os parâmetros estimados são diferentes para machos, fêmeas e para peixes dos diferentes estratos genéticos. O padrão de crescimento entre machos e fêmeas é diferente independente do estrato genético, com desaceleração do crescimento mais precoce nas fêmeas e maior peso assintótico nos machos. Os peixes do estrato Superior possuem padrão de crescimento distinto dos peixes dos estratos Médio e Inferior independente do sexo, com maior peso.

Palavras-chave: medidas morfométricas, modelo de crescimento, peso, tilapicultura, valor genético

Implicações

As tilápias são cultivadas em várias partes do mundo e por esta razão, programas de melhoramento genético são desenvolvidos para produzir peixes

precoces e com altas taxas de crescimento, porém o padrão de crescimento de tilápias melhoradas não está caracterizado. A avaliação de programas de melhoramento a partir do comportamento de características de interesse econômico resulta em informações que podem orientar na tomada de decisão para manutenção ou mudança dos critérios de seleção em tilápias.

Introdução

O crescimento da tilapicultura mundial e a contínua intensificação dos sistemas de cultivo resultaram na busca constante por linhagens de desempenho superior (Costa *et al.*, 2009). Para avaliar as linhagens de tilápias, os estudos de curvas de crescimento por meio do ajuste de equações de predição do peso em função da idade do animal têm sido muito importantes, pois condensam as informações de uma série de dados em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (Santos *et al.*, 2007).

Segundo Fitzhugh (1976) a curva de crescimento tem forma sigmoide, que representa o comportamento do peso corporal, comprimento ou altura em função da idade do animal. O crescimento durante a primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de autoaceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, próximo à puberdade, quando ocorre uma fase de autodesaceleração (Berg e Butterfield, 1976).

De acordo com Falcão *et al.* (2008) vários modelos não lineares tem se mostrado adequados ao relacionar o peso e a idade para descrever a curva de crescimento, sendo os modelos tradicionalmente utilizados Brody, Richards, Von Bertalanffy, Gompertz e Logístico (Freitas, 2005).

A aplicação de modelos não lineares para o ajuste de curvas de crescimento de tilápia do Nilo, conforme Santos *et al.* (2007) foi satisfatória para todos os

modelos testados, porém os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy apresentaram melhores ajustes para as linhagens Chitralada e Supreme.

Segundo Fialho (1999), o modelo de Gompertz apresenta propriedades desejáveis para curvas de crescimento, pois ao contrário de outras funções, a massa corporal inicial é sempre superior à zero, o que reflete no fato do animal nascer com algum peso. De acordo com Gamito (1998) o modelo de Gompertz pode ser mais apropriado para a descrição do crescimento de peixes jovens e Borges (2008) afirma que este modelo tanto pode ser usado para descrever o crescimento em peso quanto em comprimento.

Em programas de melhoramento de tilápias, o critério de seleção utilizado é a taxa de crescimento, que está relacionado com a forma do corpo expresso por medidas ou índices morfométricos (Huang e Liao, 1990). A existência de diferentes padrões de crescimento em função do estrato genético dos peixes pode ser um indicador de resultados do programa de melhoramento.

Com o intuito de melhorar a compreensão do crescimento e a necessidade de avaliação dos resultados do programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo em condições brasileiras, objetivou-se estimar o padrão de crescimento de machos e fêmeas separados em diferentes estratos genéticos, por meio do modelo não linear de Gompertz e verificar a existência de diferenças no padrão de crescimento de ambos os sexos em função do valor genético predito para a velocidade de crescimento.

Material e métodos

O conjunto de dados utilizado neste estudo foi cedido pelo grupo de pesquisa PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá – UEM e continha informações de peso vivo de machos e fêmeas de tilápias do Nilo da linhagem GIFT

(Genetically Improved Farming Tilapia) do Programa de Melhoramento Genético da UEM. Os peixes utilizados foram produzidos na Estação de Piscicultura UEM - CODAPAR, pertencente à Universidade Estadual de Maringá, no município de Floriano – PR (23° 31' 8" S 52° 2' 21" 'O), durante a estação reprodutiva compreendida entre os meses de novembro de 2008 a fevereiro de 2009. Os peixes, após o nascimento foram mantidos com as mães em hapas de 1 m³ até o final da estação reprodutiva, em seguida foram transferidos para tanques de alevinagem, sendo mantidos em hapas de 1 m³ em grupos de 50 indivíduos por cerca de 30 dias.

Após atingirem peso superior a 10 gramas, os peixes foram identificados, utilizando-se microchips implantados na cavidade visceral. Uma vez identificados se realizou a primeira biometria e em seguida os peixes foram enviados para a unidade demonstrativa de produção em tanques rede da UEM, no Município de Diamante do Norte – PR (22° 39' 24" S 52° 46' 51" O), no Rio do Corvo, tributário do Rio Paranapanema no reservatório de Rosana.

Os machos e as fêmeas foram cultivados em três tanques rede, com volume de 6 m³ na densidade de 100 peixes/m³ durante os meses de maio a setembro de 2009, realizando-se cinco biometrias em intervalos de aproximadamente 30 dias para a obtenção do peso corporal (g). A alimentação era fornecida às oito, 13 e 17 horas e continha 32 % PB. O ajuste para fornecimento da ração foi de acordo com as biometrias realizadas no decorrer do cultivo. Durante as biometrias os peixes foram anestesiados utilizando eugenol com intuito de minimizar o estresse durante o manejo.

Para descrever o comportamento do crescimento dos peixes utilizou-se o modelo de regressão não linear de Gompertz (Fialho, 1999), descrito a seguir:

$$M = A * e^{-e^{-B * (t - C)}}$$

130 Em que:

131 M = peso (g) estimado à idade t ;

132 A = peso (g) assintótico quando t tende a mais infinito, ou seja, este parâmetro
133 pode ser interpretado como peso à idade adulta;

134 B = crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia por grama);

135 C = idade no ponto de inflexão (dias);

136 t = idade (dias);

137 $e = 2,718281828459$.

138 Para a taxa de crescimento em peso dos peixes utilizou-se a derivada da
139 equação anterior, conforme sugerido por Fialho (1999).

$$\frac{dM}{dt} = A * B * e^{-B * (t - C)} - e^{-B * (t - C)}$$

140

141 A partir do modelo Gompertz foram estimadas curvas de crescimento para
142 1719 peixes de 58 famílias de irmãos completos e meio irmãos da terceira geração
143 de tilápias. Estes peixes foram separados em três estratos, conforme o valor
144 genético predito para a característica ganho em peso diário. Os valores genéticos
145 dos peixes utilizados foram preditos por Oliveira (2011), utilizando as equações dos
146 modelos mistos de Henderson (Ponzoni *et al.*, 2005; Rezk *et al.*, 2009). Os estratos
147 para classificação dos valores genéticos aditivos dos peixes foram determinados
148 pela razão da amplitude dos valores genéticos pelo número de estratos, gerando
149 dessa forma:

150 Estrato Superior: 0,615 a 0,216; contendo 142 machos e 142 fêmeas (31
151 famílias) com pesos médios iniciais de $30,8 \pm 8,2$ g e $25,1 \pm 6,6$ g, respectivamente;

152 Estrato Médio: 0,216 a 0,014; contendo 645 machos e 528 fêmeas (57
153 famílias) com pesos médios iniciais de $23,7 \pm 6,9$ g e $21,8 \pm 6,7$ g, respectivamente;

Estrato Inferior: 0,0134 a -0,248; contendo 184 machos e 77 fêmeas (35 famílias) com pesos médios iniciais de $19,0 \pm 5,5$ g e $19,2 \pm 6,3$ g, respectivamente.

Realizou-se a comparação do padrão de crescimento dos peixes dentro dos estratos para cada sexo gerando os seguintes contrastes:

C1 = Machos Superior x Fêmeas Superior;

C2 = Machos Médio x Fêmeas Médio;

C3 = Machos Inferior x Fêmeas Inferior.

Comparou-se também o padrão de crescimento entre os estratos genéticos com peixes de mesmo sexo, gerando os seguintes contrastes:

C4 = Machos Superior x Machos Médio;

C5 = Machos Superior x Machos Inferior;

C6 = Machos Médio x Machos Inferior;

C7 = Fêmeas Superior x Fêmeas Médio;

C8 = Fêmeas Superior x Fêmeas Inferior;

C9 = Fêmeas Médio x Fêmeas Inferior.

Foram testados oito modelos, o primeiro modelo (M1) não apresentou restrição no espaço paramétrico, de maneira que todos os parâmetros da curva de Gompertz foram diferentes para cada sexo ou estrato. Os demais modelos apresentaram diferentes números de restrições tendo um, dois ou três parâmetros comuns, situação que considerou que os peixes de sexos diferentes e mesmo estrato genético ou peixes de diferentes estratos genéticos e de mesmo sexo apresentaram mesmo comportamento de crescimento. Na tabela 1 estão descritos os modelos utilizados.

178 **Tabela 1** Descrição dos modelos testados

Ajuste dos modelos								
Parâmetros	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
	a_i	a_i	a_i	–	a_i	–	–	–
	b_i	b_i	–	b_i	–	–	b_i	–
	c_i	–	c_i	c_i	–	c_i	–	–
	a_j	a_j	a_j	–	a_j	–	–	–
	b_j	b_j	–	b_j	–	–	b_j	–
	c_j	–	c_j	c_j	–	c_j	–	–
	–	–	–	A	–	A	A	A
	–	–	B	–	B	B	–	B
	–	C	–	–	C	–	C	C

179 Parâmetros a , b e c são do modelo de Gompertz em que i e j identificaram os sexos
 180 ou diferentes estratos genéticos. Parâmetros descritos por letras maiúsculas são
 181 comuns para machos e fêmeas dentro do mesmo estrato ou dos diferentes estratos
 182 genéticos dentro do mesmo sexo.

183

184 Os parâmetros das curvas de crescimento foram estimados utilizando o
 185 método de Gauss Newton modificado no procedimento *NLIN* do programa SAS 9.1.3
 186 (SAS, 2002-2004). A adequacidade dos diferentes modelos foi avaliada pelo teste da
 187 razão de verossimilhança com aproximação pela estatística qui-quadrado (X^2)
 188 descrito por Regazzi e Silva (2004).

189 Resultados e discussão

190 Os modelos descreveram adequadamente o padrão de crescimento de
 191 machos e fêmeas dos estratos Superior, Médio e Inferior das tilápias melhoradas,
 192 porém os modelos seis (M6), sete (M7) e oito (M8) apresentaram valores de peso
 193 assintótico e idade no ponto de inflexão superestimados em relação aos demais
 194 (Tabelas 2, 3 e 4).

195 O modelo que considerou pesos assintóticos diferentes para machos e
 196 fêmeas Superior (C1) e machos e fêmeas Inferior (C3) foi o modelo cinco (M5),
 197 sendo o modelo de melhor ajuste. Apesar das diferenças nos pesos assintóticos, o

198 crescimento relativo e o ponto de inflexão foram iguais para ambos os sexos nos
 199 estratos Superior e Inferior (Tabela 2).

200 Na comparação do crescimento de machos e fêmeas Médio (C2), a melhor
 201 adequação foi observada para o modelo três (M3), no qual o peso assintótico e
 202 ponto de inflexão para machos e fêmeas foram diferentes, indicando que ambos os
 203 sexos do estrato Médio possuem padrão de crescimento diferente (Tabela 2).

204

205 **Tabela 2** Estimativas dos parâmetros dos modelos sem restrição e modelos com
 206 restrições ajustados para peso de machos e fêmeas de tilápias GIFT dos estratos
 207 Superior (C1), Médio (C2) e Inferior (C3) e respectivas somas de quadrados do
 208 resíduo da regressão (SQRR)

Parâmetros	Estimativas dos parâmetros dos modelos							
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
C1								
a_i	1099,5	1064,4	1089,3	-	1055,7	-	-	-
b_i	0,00688	0,00702	-	0,00731	-	-	0,00188	-
c_i	307,8	-	306,5	294,9	-	474,3	-	-
a_j	659,5	710,3	671,9	-	715,7	-	-	-
b_j	0,00701	0,00666	-	0,00544	-	-	0,00196	-
c_j	292,7	-	295,3	356,3	-	513,6	-	-
A	-	-	-	1000,4	-	2835,5	53196,4	813,3
B	-	-	0,00692	-	0,00692	0,00401	-	0,00724
C	-	303,3	-	-	302,9	-	1150,8	291,7
SQRR	2495756	2496042	2495777	2500843	2505300*	2644508	2714593	4632857
C2								
a_i	743,4	706,0	725,0	-	703,6	-	-	-
b_i	0,00697	0,00723	-	0,00746	-	-	0,00207	-
c_i	281,6	-	278,0	268,6	-	394,1	-	-
a_j	433,1	496,6	456,6	-	502,2	-	-	-
b_j	0,00741	0,00667	-	0,00544	-	-	0,00217	-
c_j	254,4	-	261,9	324,1	-	430,3	-	-
A	-	-	-	677,2	-	1402,7	16246,5	616,6
B	-	-	0,00710	-	0,00706	0,00447	-	0,00698
C	-	274,3	-	-	274,5	-	946,7	275,5
SQRR	9902807	9906178	9903439*	9924133	9953389	10347742	10589231	13797610
C3								
a_i	518,6	523,8	532,1	-	522,3	-	-	-
b_i	0,00703	0,00698	-	0,00715	-	-	0,00291	-
c_i	268,9	-	272,6	265,5	-	312,4	-	-
a_j	415,1	394,6	370,9	-	398,0	-	-	-
b_j	0,00634	0,00657	-	0,00556	-	-	0,00313	-

c_j	278,1	-	260,9	310,4	-	342,3	-	-
A	-	-	-	506,4	-	675,1	3114,7	461,7
B	-	-	0,00690	-	0,00690	0,00562	-	0,00708
C	-	270,3	-	-	270,2	-	625,0	263,6
SQRR	2084806	2084835	2084976	2085112	2087507*	2116675	2154676	2357112

209 Os parâmetros a, b e c são do modelo de Gompertz sendo i =machos e j =fêmeas.

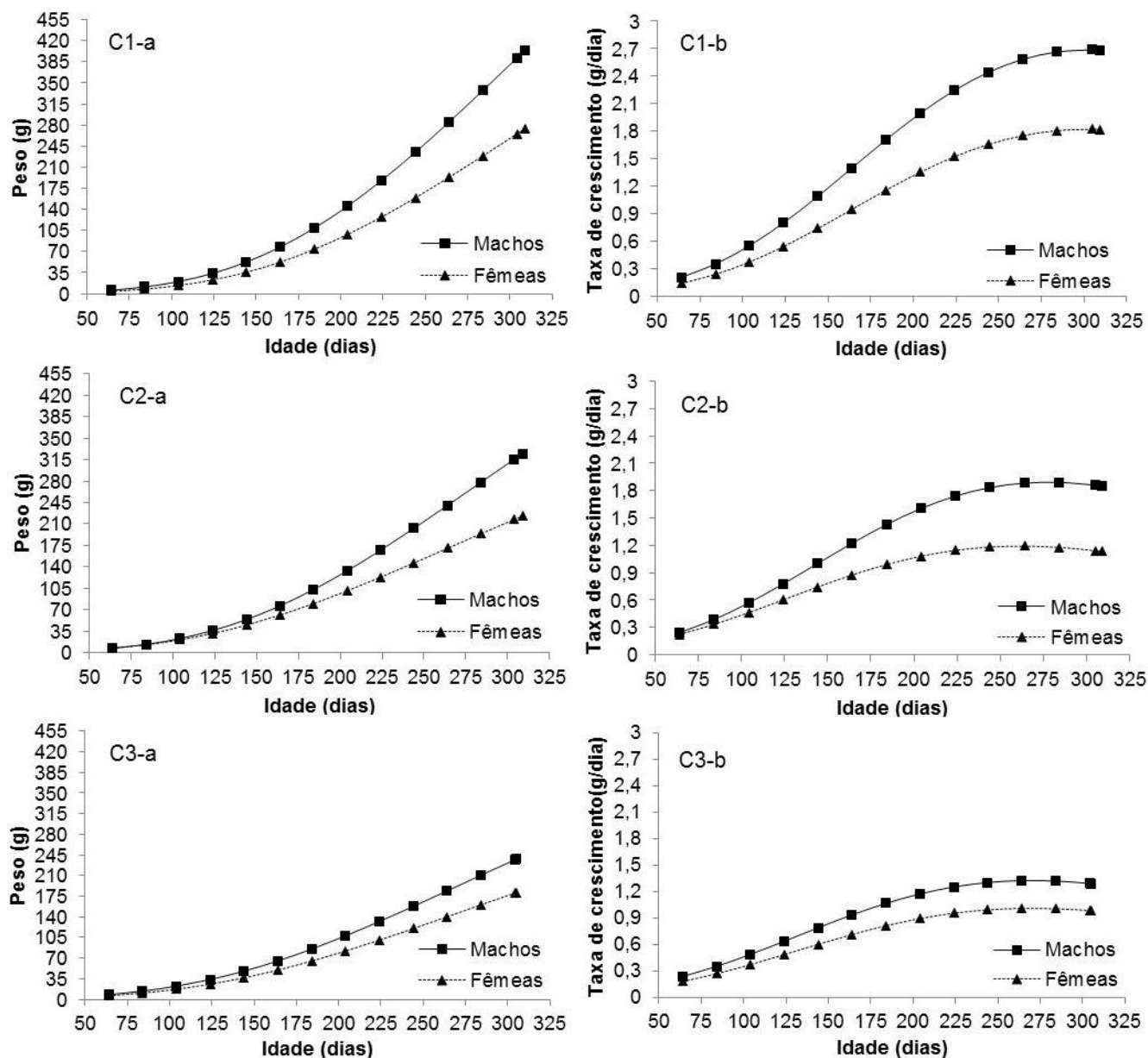
210 Parâmetros descritos por letras maiúsculas são comuns para machos e fêmeas.

211 *Modelo de melhor ajuste pela estatística X^2 ($P < 0,05$).

212

213 No C2 o modelo de melhor ajuste apresentou maior peso assintótico e idade
 214 no ponto de inflexão para os machos, no qual o menor peso assintótico das fêmeas
 215 esta relacionado com o número de dias para atingir o ponto de inflexão. Apesar de
 216 ambos os sexos apresentarem mesmo crescimento relativo, os machos o
 217 mantiveram por mais 16 dias (Figura 1, C2-a e C2-b). Segundo Sparre e Venema
 218 (1998) os parâmetros de crescimento em geral possuem valores diferentes para
 219 machos e fêmeas e devem ser estimados separadamente, principalmente quando
 220 houverem diferenças pronunciadas entre ambos os sexos.

221 Segundo estimativas encontradas para os diferentes estratos genéticos, os
 222 machos apresentaram maior peso à maturidade que as fêmeas, caracterizando o
 223 dimorfismo sexual reportado em tilápias do Nilo. O menor peso assintótico das
 224 fêmeas esta relacionado as menores taxas de crescimento e possivelmente á
 225 entrada em reprodução, redirecionando a energia utilizada do crescimento corporal
 226 para o crescimento das gônadas (Baldisserotto, 2009) (Figura 1).



227 **Figura 1** Curvas de crescimento do peso em função da idade e taxa de crescimento de
 228 machos e fêmeas dos estratos Superior (C1-a e C1-b), Médio (C2-a e C2-b) e Inferior (C3-a
 229 e C3-b) de tilápias do Nilo do Programa de Melhoramento Genético da Universidade
 230 Estadual de Maringá.

231
 232 A descrição do padrão de incremento do peso, de acordo com os três
 233 estratos genéticos, indicou que por aproximadamente 165 dias de vida machos e
 234 fêmeas de cada estrato possuíam crescimento semelhante, e após esta idade as

fêmeas apresentaram crescimento lento, provavelmente devido à entrada em reprodução (Figura 1).

A comparação do padrão de crescimento de machos dos estratos Superior e Médio (C4) e, Superior e Inferior (C5) indicou que o modelo três foi mais adequado, apontando diferenças entre os pesos assintóticos e idade no ponto de inflexão. Os machos do estrato Superior apresentaram maior peso assintótico e idade no ponto de inflexão que os machos dos estratos Médio e Inferior, com mesmo crescimento relativo. Estes resultados indicaram manutenção do crescimento em taxas elevadas por mais tempo, sendo aproximadamente 24 e 35 dias a mais que os machos do estrato Médio e Inferior, respectivamente. As taxas máximas de crescimento estimadas foram de 2,8, 1,9 e 1,4 g/dia para peixes dos estratos Superior, Médio e Inferior, respectivamente (Tabela 3, Figura 2).

Tabela 3 Estimativas dos parâmetros dos modelos sem restrição e modelos com restrições ajustados para peso entre machos de tilápias GIFT dos estratos Superior e Médio, Superior e Inferior, Médio e Inferior e, respectivas somas de quadrados do resíduo da regressão (SQRR)

Parâmetros	Estimativas dos parâmetros dos modelos							
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
C4	a_i	1099,5	961,9	1082,1	-	989,0	-	-
	b_i	0,00688	0,00752	-	0,00817	-	0,00319	-
	c_i	307,8	-	305,6	274,6	-	341,4	-
	a_j	743,4	785,9	746,9	-	830,0	-	-
	b_j	0,00697	0,00671	-	0,00635	-	0,00335	-
	c_j	281,6	-	282,3	302,2	-	359,5	-
	A	-	-	-	855,8	-	1268,1	4080,0
	B	-	-	0,00695	-	0,00669	0,00535	-
	C	-	289,6	-	-	296,3	-	576,1
SQRR		8282534	8284869	8282560*	8293443	8376483	8560859	8744236
C5	a_i	1099,5	1024,6	1087,2	-	1179,0	-	-
	b_i	0,00688	0,00720	-	0,00743	-	0,0241	-
	c_i	307,8	-	306,2	291,7	-	779,6	-
	a_j	518,6	630,8	528,9	-	771,3	-	-

	b_j	0,00703	0,00615	-	0,00482	-	-	0,00875	-
	c_j	268,9	-	271,7	371,0	-	819,5	-	-
	A	-	-	-	976,8	-	11490,0	375,7	9108,6
	B	-	-	0,00693	-	0,00620	0,00256	-	0,00287
	C	-	298,1	-	-	320,8	-	207,5	717,0
	SQRR	3286535	3288409	3286564*	3297419	3368788	3536015	4488771	5538646
C6	a_i	743,4	735,2	742,2	-	741,0	-	-	-
	b_i	0,00697	0,00703	-	0,00712	-	-	0,0129	-
	c_i	281,6	-	281,4	277,3	-	312,4	208,8	-
	a_j	518,6	559,9	523,4	-	572,7	-	-	-
	b_j	0,00703	0,00666	-	0,00568	-	-	0,00848	-
	c_j	268,9	-	270,2	319,2	-	338,7	-	-
	A	-	-	-	721,1	-	902,8	389,9	801,3
	B	-	-	0,00698	-	0,00693	0,00596	-	0,00642
	C	-	280,0	-	-	281,4	-	208,8	299,3
	SQRR	8511195	8511492	8511200	8515047	8522034*	8632773	9473587	9589535

252 Os parâmetros a, b e c são do modelo de Gompertz, sendo C4 i =Superior e j =Médio;
 253 C5 i =Superior e j =Inferior; C6 i =Médio e j =Inferior. Parâmetros descritos por letras
 254 maiúsculas são comuns para os diferentes estratos genéticos. *Modelo de melhor
 255 ajuste pela estatística χ^2 ($P < 0,05$).

256

257 O padrão de incremento do peso para os peixes no C4 foi semelhante por
 258 aproximadamente 225 dias de vida, porém a partir desta idade os machos do estrato
 259 Médio apresentaram desaceleração no crescimento, conforme observado nas taxas
 260 de crescimento estimadas, que após os 150 de idades os machos do estrato
 261 Superior apresentaram taxa maior.

262 A curva de crescimento no C5 por cerca de 180 dias foi semelhante, porém
 263 após o ponto de inflexão, observou-se aumento das diferenças nos pesos dos
 264 peixes, diferenças evidenciadas pelas taxas máximas de crescimento, sendo que o
 265 estrato Superior atingiu o dobro do valor da taxa de crescimento máxima do estrato
 266 Inferior (Figura 2, C4-a e C4-b; C5-a e C5-b).

267 Ao descrever o crescimento de machos Médio e Inferior (C6), o modelo
 268 cinco foi mais adequado com mesmo crescimento relativo e ponto de inflexão entre
 269 ambos estratos, porém peso à maturidade diferentes, com maior peso para machos

do estrato Médio. Este resultado está relacionado com as taxas máximas de crescimento de 1,9 e 1,4 g/dia para machos Médios e Inferior, respectivamente (Tabela 3 e Figura 2, C6-a e C6-b). O crescimento dos peixes no C6 foi semelhante por cerca de 165 dias, a partir deste ponto as curvas de crescimento se distanciaram.

Os valores dos pesos assintóticos estimados para machos dos estratos Médio e Inferior representaram, respectivamente, 69 e 49 % do peso assintótico de machos do estrato Superior, confirmando o impacto das diferenças genéticas na expressão fenotípica dos peixes (Tabela 3).

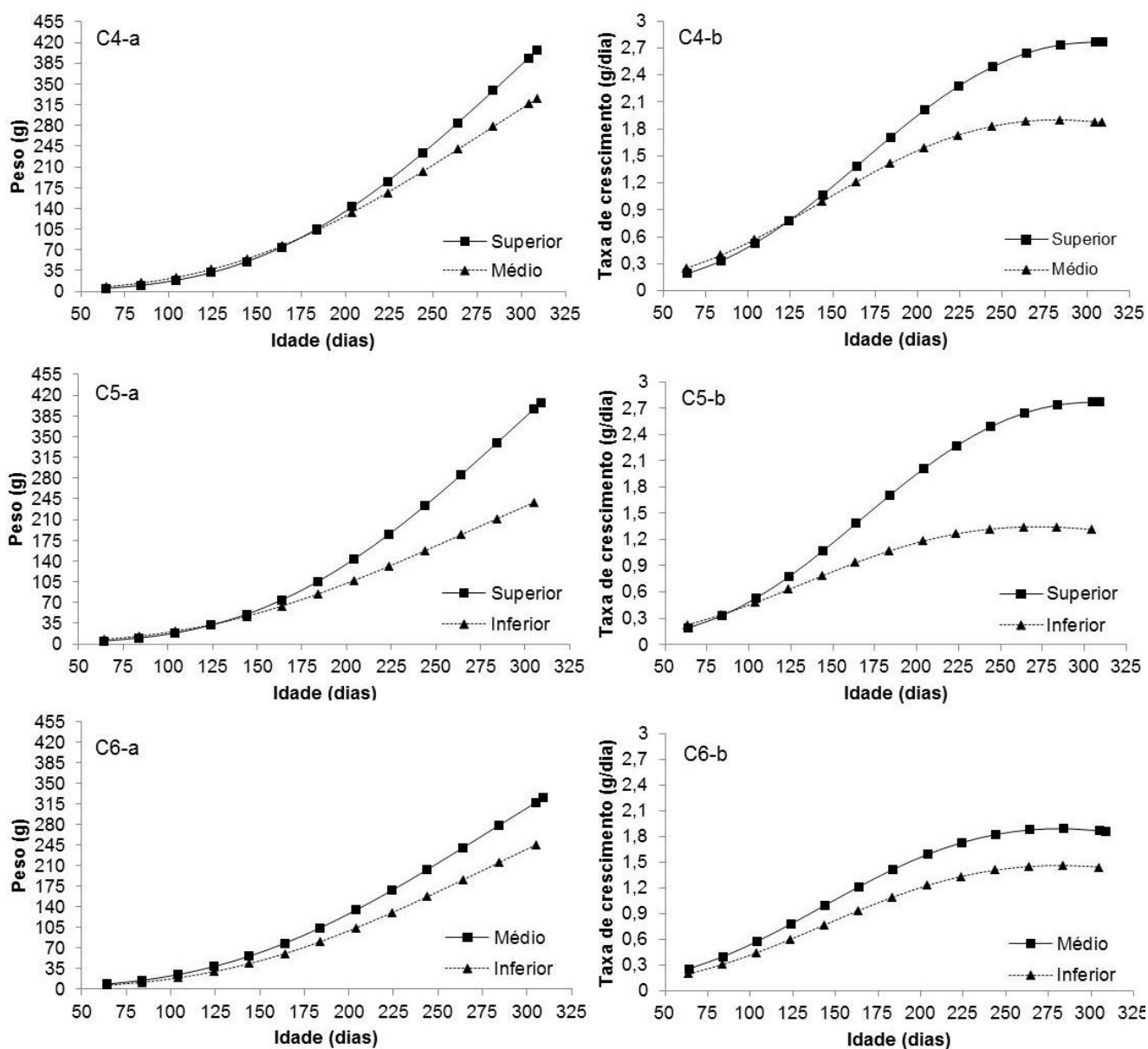


Figura 2 Comparação das curvas de crescimento do peso em função da idade e taxa de crescimento entre machos dos estratos Superior e Médio (C4-a, C4-b), Superior e Inferior (C5-a, C5-b), Médio e Inferior (C6-a, C6-b) de tilápias Nilo do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá.

O padrão de crescimento das fêmeas Superior e Médio (C7) foi semelhante ao descrito para machos destes estratos, sendo o modelo três mais adequado. As fêmeas do estrato Superior apresentaram maior peso assintótico e idade no ponto de inflexão que as fêmeas Médio apesar de mesmo crescimento relativo. Além disso, fêmeas Superior mantiveram seu crescimento em torno de 28 dias a mais que as fêmeas Médio. Embora estas diferenças tenham ocorrido, o crescimento entre ambas foi semelhante por aproximadamente 250 dias de vida, a partir desta idade observou-se desaceleração no crescimento das fêmeas do estrato Médio. Este resultado está relacionado com as taxas de crescimento máxima encontradas para ambos os estratos, que foram de 1,7 e 1,2 g/dia para fêmeas Superior e Médio, respectivamente (Tabela 4, Figura 3, C7-a e C7-b).

Tabela 4 Estimativas dos parâmetros dos modelos sem restrição e modelos com restrições ajustados para peso entre fêmeas de tilápias GIFT dos estratos Superior e Médio (C7), Superior e Inferior (C8), Médio e Inferior (C9) e, respectivas somas de quadrados do resíduo da regressão (SQRR)

Parâmetros		Estimativas dos parâmetros dos modelos							
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
C7	a_i	659,5	549,0	623,1	-	577,0	-	-	-
	b_i	0,00701	0,00803	-	0,00855	-	-	0,00351	-
	c_i	292,6	-	284,7	258,1	-	310,2	-	-
	a_j	433,1	475,2	440,9	-	505,5	-	-	-
	b_j	0,00741	0,00689	-	0,00656	-	-	0,00368	-
	c_j	254,4	-	256,9	277,8	-	323,8	-	-

	A	-	-	508,3		697,9	1776,1	597,3
	B	-	-	0,00730	-	0,00688	0,00569	0,00632
	C	-	267,8	-	-	275,9	-	496,1
	SQRR	4116029	4119097	4116231*	4123530	4178233	4250880	4330011
C8	a_i	659,5	651,2	678,3	-	726,5	-	-
	b_i	0,00701	0,00707	-	0,00721	-	-	0,00202
	c_i	291,7	-	296,7	287,0	-	478,1	-
	a_j	415,2	449,8	372,6	-	528,6	-	-
	b_j	0,00634	0,00600	-	0,00489	-	-	0,00210
	c_j	278,1	-	261,6	349,7	-	509,2	-
	A	-	-	-	633,3	-	1858,6	18629,5
	B	-	-	0,00687	-	0,00632	0,00386	-
	C	-	290,9	-	-	308,2	-	1021,4
	SQRR	1294027*	1294086*	1294185*	1295077*	1317586	1362519	1384547
C9	a_i	433,1	437,7	439,8	-	439,1	-	-
	b_i	0,00741	0,00735	-	0,00743	-	-	0,00440
	c_i	254,4	-	256,5	254,1	-	266,1	-
	a_j	415,2	358,2	344,5	-	360,6	-	-
	b_j	0,00634	0,00707	-	0,00616	-	-	0,00496
	c_j	278,1	-	250,2	284,5	-	288,2	-
	A	-	-	-	432,2	-	468,1	959,8
	B	-	-	0,00732	-	0,00730	0,00686	-
	C	-	255,9	-	-	256,4	-	391,0
	SQRR	3476417	3476677	3476880	3476432	3477808*	3497162	3563819
								3644538

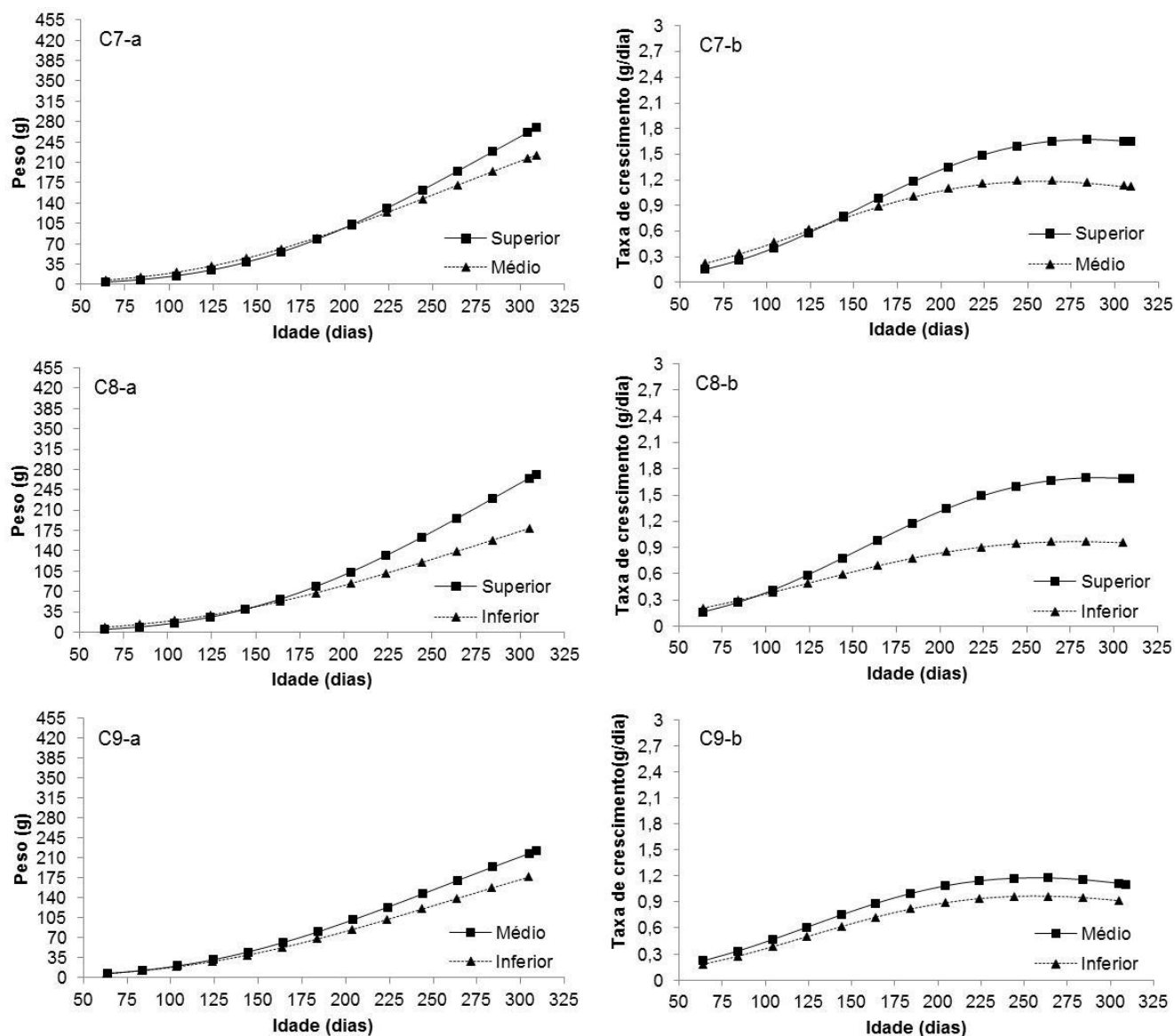
301 Os parâmetros a, b e c são do modelo de Gompertz, sendo C7 i =Superior e j =Médio;
302 C8 i =Superior e j =Inferior; C9 i =Médio e j =Inferior. Parâmetros descritos por letras
303 maiúsculas são comuns para os diferentes estratos genéticos. *Modelo de melhor
304 ajuste pela estatística X^2 ($P < 0,05$).

305

306 Ao descrever o crescimento das fêmeas dos estratos Superior e Inferior (C8)
307 quatro modelos foram adequados conforme o teste da razão de verossimilhança
308 com aproximação da estatística qui-quadrado, tanto ao nível de 0,05 e 0,01 de
309 significância (Regazzi e Silva, 2004). Porém, devido o menor valor da SQRR
310 estimado, o modelo um foi considerado de melhor ajuste. Verificaram-se diferenças
311 nos três parâmetros da curva, sendo todos os parâmetros maiores para fêmeas
312 Superior. As taxas máximas de crescimento foram, respectivamente, 1,7 e 1,0 g/dia
313 para fêmeas Superior e Inferior, portanto fêmeas Superior apresentaram maior peso
314 á maturidade e maior taxa máxima de crescimento. Observou-se crescimento

315 semelhante no C8 por aproximadamente 210 dias, contudo após este período
 316 ocorreu distanciamento das curvas de crescimento entre os estratos, evidenciando
 317 as diferenças resultantes da qualidade genética para a velocidade de crescimento
 318 (Figura 3, C8-a e C8-b).

319



320 **Figura 3** Comparação das curvas de crescimento do peso em função da idade e
 321 taxa de crescimento entre fêmeas dos estratos Superior e Médio (C7-a, C7-b),
 322 Superior e Inferior (C8-a, C8-b), Médio e Inferior (C9-a, C9-b) de tilápias Nilo do
 323 Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá.

O crescimento relativo e a idade à maturidade foram iguais para as fêmeas dos estratos Médio e Inferior (C9), porém as fêmeas Médio apresentaram maior peso assintótico. Em relação as taxas máximas de crescimento encontradas para as fêmeas Médio e Inferior foram de 1,2 e de 1,0 g/dia, respectivamente. Com isso as diferenças nos pesos acentuaram-se a partir dos 210 dias, resultado das diferenças do valor genético no C9 (Figura 3, C9-a e C9-b).

De acordo com Loaiza-Echeverri (2011) a forma das curvas de crescimento pode apresentar variações entre diferentes grupos genéticos. Conforme Sparre e Venema (1998) os parâmetros de crescimento em peixes diferem de espécie para espécie podendo variar dentro da mesma espécie e os parâmetros de crescimento em geral possuem valores diferentes para machos e fêmeas concordando com os resultados obtidos no presente estudo, que dentro da mesma linhagem foram evidenciadas tais diferenças.

Conclusão

O modelo de Gompertz é uma ferramenta útil na descrição do crescimento das tilápias melhoradas, com parâmetros diferentes para machos, fêmeas e para peixes dos diferentes estratos genéticos, .

O padrão de crescimento entre machos e fêmeas é diferente independente do estrato genético, com desaceleração do crescimento mais precoce nas fêmeas e maior peso assintótico nos machos, confirmando o dimorfismo sexual em tilápias do Nilo.

Os peixes do estrato Superior possuem padrão de crescimento distinto dos peixes dos estratos Médio e Inferior independente do sexo, com maior peso.

O processo de seleção para a velocidade de ganho em peso mostra-se eficiente promovendo maior incremento do peso nas tilápias melhoradas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

Baldisserotto B 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura, 2^a ed. UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Berg RT e Butterfield R M 1976. New concepts of cattle growth. Sydney University, Sydney, NSW, Australia.

Borges AIC 2008. Interface “Comparação de curvas de crescimento”: aplicação informática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Costa AC, Neto Reis RV, Freitas RTF, Freato TA, Lago AA e Santos VB 2009. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através dos modelos não lineares. Archivos de Zootecnia 58 (Supl. 1), 561-564.

Falcão AJS, Mazucheli J, Ferreira JL e Lopes FB 2008. Análise de curvas de crescimento de bovinos da raça Nelore criados nos estados do Tocantins e Pará, utilizando modelos não lineares. Trabalho apresentado no 7º Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, 10-11 Julho 2008, São Carlos, Brasil.

Fialho FB 1999. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa-Cnpes, Concórdia, SC, Brasil. (Comunicado Técnico 237).

Fitzhugh JR HA 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. Journal of Animal Science 42, 1036-1051.

Freitas AR 2005. Curvas de crescimento na produção animal. Revista Brasileira de Zootecnia 34, 786-795.

- 373 Gamito S 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish
374 population. *Ecological Modelling* 113, 83-94.
- 375 Huang CM and Liao JC 1990. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis*
376 *niloticus*. *Aquaculture* 85, 199-205.
- 377 Loaiza-Echeverri AM 2011. Utilização de modelos não lineares para descrever o
378 crescimento do perímetro escrotal em ruminantes. *Revista Veterinaria y Zootecnia* 5, 9-23.
- 379 Oliveira SN 2011. Parâmetros genéticos e fenotípicos para características de desempenho e
380 morfométricas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de Mestrado,
381 Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.
- 382 Ponzoni RW, Hamzah A, Tan S e Kamaruzzaman N 2005. Genetic parameters and
383 response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
384 *Aquaculture* 247, 203-210.
- 385 Regazzi AJ e Silva CHO 2004. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade
386 de modelos de regressão não linear. *Revista de Matemática e Estatística* 22, 33-45.
- 387 Rezk MA, Ponzoni RW, Khaw HL, Kamel E, Dawood T e John G 2009. Selective breeding
388 for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*:
389 response to selection and genetic parameters. *Aquaculture* 293, 187-194.
- 390 Santos VB, Freitas RTF, Silva FF e Freato TA 2007. Avaliação de curvas de crescimento
391 morfométrico de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência e*
392 *Agrotecnologia* 31, 1486-1492.
- 393 Sparre P e Venema SC 1998. Introduction to tropical fish stock assessment. Parte I –
394 Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306/1, FAO, Roma, Itália.
- 395 Statistical Analyses System - SAS Institute Inc., SAS 9.1.3 2002-2004. Help and
396 Documentation. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de Gompertz é uma ferramenta útil na descrição do crescimento das tilápias melhoradas, que além de auxiliar na avaliação das variáveis dentro da população de peixes, permite adotar medidas para melhorar os pontos da curva de crescimento e selecionar as características desejáveis dentro do sistema de produção.

O padrão de crescimento das partes constituintes do corpo e do peso de machos e fêmeas de tilápias melhoradas é diferente, confirmando o dimorfismo sexual, principalmente pela maior taxa de crescimento nos machos.

Sugerem-se pesquisas em condições reais de produção para analisar se os peixes apresentarão altos rendimentos de acordo com seu padrão de crescimento, para que assim os produtores possam cultivar peixes padronizados e com rápido crescimento, permitindo melhor desempenho zootécnico, maximizando a produção e auxiliando a indústria em relação ao processamento do pescado.