

VANDER BRUNO DOS SANTOS

**CRESCIMENTO TECIDUAL E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE
LINHAGENS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração Produção Animal para a obtenção do título de “Doutor”

Orientador
Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Vander Bruno dos.

Crescimento tecidual e composição corporal de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) / Vander Bruno dos Santos. – Lavras : UFLA, 2007.

90p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

Bibliografia.

1. Tilápia nilótica. 2. Chitralada. 3. Tailandesa. 4. Heterocedasticidade. 5. Fibra muscular. 6. Curva de crescimento. 7. Adipócito. 8. Composição química. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 639.3758

VANDER BRUNO DOS SANTOS

**CRESCIMENTO TECIDUAL E COMPOSIÇÃO CORPORAL DE
LINHAGENS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Curso de Doutorado em
Zootecnia, área de concentração Produção Animal para
a obtenção do título de “Doutor”

APROVADA em 23 de outubro de 2007

Prof. Dr. Luis David Solis Murgas	UFLA
Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues	UFLA
Profa. Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta	EPAMIG
Prof. Dr. Carlos José Pimenta	UFLA

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais,

José Maria dos Santos e Elisabete Bruno dos Santos,

Aos meus irmãos e a todos os demais familiares

A minha esposa, Vanessa Dorigon Bruno dos
Santos, pelo amor, carinho e compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Zootecnia e ao professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela oportunidade de realização do curso.

Aos professores Luis David Solis Murgas e Priscila Vieira Rosa Logato, pela coorientação.

À Fapemig, pelo auxílio financeiro à pesquisa e ao CNPq, pela concessão de bolsa nos dois primeiros anos.

Ao Pólo Regional da Alta Sorocabana da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, pela oportunidade de realização do experimento.

À administração do Parque Ecológico Cidade da Criança, pela disponibilização da represa para colocação dos tanques-rede. Ao prefeito de Presidente Prudente, Agripino Lima, pela autorização para a realização da pesquisa na represa do parque.

Aos funcionários de apoio, pelo auxílio na montagem e condução do experimento e, em especial ao Milton Alves Sobrinho, pelos serviços do dia-a-dia.

Ao pesquisador e amigo Eidi Yoshihara, pela valiosa contribuição nas amostragens e nas coletas teciduais.

A professora Telma Reginato Neves, da Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, pela valiosa contribuição nas análises químicas, por ter conseguido recurso e dedicado seu precioso tempo.

Ao professor Luiz Waldemar de Oliveira, da UNOESTE, pelo auxílio na visualização das lâminas histológicas.

Ao Departamento de Descentralização do Desenvolvimento – APTA, pelo recurso fornecido para a confecção das lâminas histológicas.

A professora Ana Maria Osório Araya Balan, da UNESP de Presidente Prudente, por ter disponibilizado o laboratório de microscopia, que foi indispensável para avaliação das lâminas.

À aluna do curso de Medicina Veterinária da UNOESTE, Juliana Andréa Osório Balan, pelo valioso estágio e auxílio na avaliação das lâminas histológicas.

Aos demais pesquisadores e colegas de trabalho, pelas discussões, opiniões e ajuda em todo o decorrer das atividades.

Aos meus familiares, pelo apoio.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Características das Tilápias.....	03
2.2 Origem das Linhagens Estudadas.....	04
2.3 Biologia do Crescimento.....	04
2.3.1 Curvas de Crescimento.....	06
2.3.2 Crescimento Tecidual.....	08
2.3.2.1 Organização da Musculatura Lateral e Tipos de Fibras.....	08
2.3.2.2 Crescimento de Fibras Musculares.....	11
2.3.2.3 Crescimento do Tecido Adiposo.....	14
2.3.3 Composição Química.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 Localização e Período Experimental.....	22
3.2 Material Biológico, Instalações e Manejo.....	22
3.3 Técnicas Histológicas.....	23
3.4 Determinação da Composição Química do Corpo.....	26
3.4.1 Umidade.....	26
3.4.2 Extrato Etéreo.....	26
3.4.3 Proteína Bruta.....	27
3.4.4 Cinzas.....	27
3.4.5 Carboidratos.....	27
3.4.6 Quantidade de Energia.....	27
3.5 Análise dos Dados.....	28

3.5.1 Curvas de Crescimento.....	28
3.5.2 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	29
3.5.2.1 Tecido Muscular.....	29
3.5.2.2 Tecido Adiposo.....	30
3.5.2.3 Composição Química.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Condições Experimentais.....	33
4.2 Análise do Crescimento.....	35
4.2.1 Curvas de Crescimento.....	35
4.2.2 Histologia.....	40
4.2.2.1 Fibras Musculares.....	42
4.2.2.2 Adipócitos.....	51
4.2.3 Composição Química.....	58
5 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	79

RESUMO

SANTOS, Vander Bruno dos. **Crescimento tecidual e composição corporal de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2007. 90 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*

Objetivou-se avaliar o crescimento inicial de tilápias do Nilo da linhagem Tailandesa e uma linhagem comercial produzida a partir do programa GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*), sob os seguintes aspectos: estabelecer curvas de crescimento de peso/idade, considerando a heterogeneidade de variâncias; avaliar a histologia dos tecidos muscular e adiposo quanto à hiperplasia e à hipertrofia das células e determinar a composição corporal quanto aos teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e energia. Os peixes foram cultivados em tanques-rede, em uma represa em Presidente Prudente, SP, Brasil. Com o crescimento, peixes coletados aleatoriamente de cada linhagem foram pesados e medidos em comprimento. Nas amostras teciduais, avaliaram-se a quantidade de células/área e o diâmetro das fibras musculares brancas, rosas e vermelhas, dos adipócitos viscerais e subcutâneos ventrais. Para o ajuste da curva de crescimento, o modelo exponencial $y = ax^b$ foi ponderado pelo inverso das variâncias dos pesos, a cada pesagem. Apesar de a linhagem Tailandesa ter apresentado maior peso inicial e maior estimativa do mesmo, obteve menor taxa de crescimento quando comparada com a comercial. No modelo ponderado, essa diferença na taxa de crescimento foi da ordem de 32,27%, 10,85% maior que no modelo não ponderado. A linhagem comercial apresentou maior número de fibras musculares brancas/mm² e a Tailandesa maior número de fibras vermelhas/mm² (P<0,05). Peixes na classe de 5-10cm apresentaram maior número de fibras brancas, rosas e vermelhas/mm² e menor diâmetro médio das fibras brancas e rosas, em relação à classe 10-15cm (P<0,05). Isso é um indicativo do processo de hipertrofia. O diâmetro médio das fibras vermelhas aumentou em peixes de 10-15cm, comparados com 5-10cm na linhagem Tailandesa e permaneceu inalterado na comercial. A constatação de fibras brancas menores que 10µm só foi feita na linhagem comercial, indicando maior contribuição do processo de hiperplasia para o crescimento. Isso também pôde ser verificado no tecido

* Comitê Orientador: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Orientador), Luiz David Solis Murgas – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA.

adiposo visceral. A hiperplasia pôde ser detectada também para as fibras rosas e vermelhas, nas duas linhagens. Maior hipertrofia de fibras brancas, dos adipócitos viscerais e dos adipócitos subcutâneos ventrais também foi encontrada na linhagem comercial. A composição corporal mostrou diferenças entre as linhagens quanto a umidade, carboidratos, extrato etéreo e energia, com o crescimento dos peixes ($P < 0,05$). O conteúdo de proteínas e cinzas foi semelhante nas linhagens, mas apenas o conteúdo de cinzas aumentou com o crescimento dos peixes. O modelo exponencial descreveu adequadamente o crescimento dos alevinos das linhagens e a ponderação melhorou a qualidade dos ajustes, a estimação e a confiabilidade dos parâmetros. A dinâmica do desenvolvimento do tecido muscular e adiposo ocorreu diferentemente entre as linhagens. A maior taxa de crescimento, encontrada na linhagem comercial, reflete a maior contribuição do processo de hiperplasia e hipertrofia de fibras musculares brancas e adipócitos viscerais e maior hipertrofia do tecido adiposo subcutâneo ventral. As diferenças encontradas nas taxas de crescimento dessas linhagens de tilápias influenciam as taxas metabólicas de mobilização, principalmente de água e extrato etéreo, alterando a dinâmica de deposição desses elementos e do conteúdo energético.

ABSTRACT

SANTOS, Vander Bruno dos. **Tissue growth and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains**. 2007. 90 p. Thesis (Doctor Program in Animal Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

The objective of this research was to evaluate the initial growth of the Nile tilapias of Thai and Commercial strains, being the latter derived from the GIFT program (Genetically Improved Farmed Tilapia) under the following aspects: establishing growth curves of weight/age, considering the heteroscedastic variance; to evaluate the histology of muscle and adipose tissue, in hyperplasia and hypertrophy of the cells; to verify the body composition, on the levels of moisture, crude protein, ethereal extract, ash and energy. The fish were cultivated in cages in a dam in Presidente Prudente, SP – Brazil. With the growth, fish sampled randomly from each strain were weighed and measured in length. In tissue samples it was evaluated the quantity of cells/area and the diameter of the white, pink, red muscle fiber, visceral and subcutaneous ventral adipocytes. To adjust the curve of growth, the exponential model $y = ax^b$ was weighted by the inverse weight variances. Although the Thai strain had presented higher estimate of the initial weight than the Commercial strain, it obtained lower growth rate. In the weighted model this difference in the growth rate was 32,27%, 10,85% bigger than in the unweighted model. The Commercial strain presented greater number of white and pink fibers/mm² and the Thai greater number of red fibers/mm² ($P < 0,05$). Fish of 5-10cm presented higher number of white, pink and red fibers/mm² and lower average diameter of the white and pink fibers, when compared to 10-15cm ($P < 0,05$) fish. This is indicative of the hypertrophy process. The average diameter of the red and pink fibers increased in fish of 10-15cm, compared with 5-10cm in the Thai strain and remained unchanged in the Commercial ($P < 0,05$). The presence of the white fibers lower than 10 μ m was made only in the Commercial, indicating a greater contribution to the process of hyperplasia growth in this strain. This also could be found in visceral fat. Hyperplasia could also be detected in the red and pink fibers in both strains. The larger white fiber hypertrophy, visceral adipose and ventral subcutaneous adipose were also found in the Commercial. The body composition showed differences between the strains in the levels of moisture, carbohydrates, ethereal extract and energy through the fish growth ($P < 0,05$). The content of protein and ash was similar in the strains, but the percentage of ash increased with the fish growth. The exponential model described adequately the

* Guidance Committee: Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA (Major Professor), Luis David Solis Murgas – UFLA e Priscila Vieira Rosa Logato – UFLA.

growth of the strains and the use of the weighed model improved the quality of fitting, and the trustworthiness estimation of the parameters. The dynamics of the development of muscle and fat tissue occurred differently between the strains. The highest growth rate, found in the Commercial strain, reflects the increased contribution of the process of hyperplasia and hypertrophy of white muscle fibers and visceral adipocytes and hypertrophy of the subcutaneous ventral adipocytes. Differences found in rates of growth of these tilapia strains, influence the metabolic rates of mobilization, particularly of water and ethereal extract, changing the dynamics of deposition of these elements and the energy content.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento dos animais é um processo primordial na produção de carne, pois ela é produzida pelo crescimento dos tecidos corporais por meio da partição dos nutrientes ingeridos. Esses nutrientes, bem como a idade e o peso de abate, são determinantes na qualidade da carne. Isso, evidentemente, sem se desconsiderar fatores ambientais e sociais que também têm ação direta no crescimento e na qualidade da carne.

Pode-se resumir o fenômeno de crescimento em poucos parâmetros descritivos e biologicamente interpretáveis. Isso pode ser feito estabelecendo-se curvas de crescimento de peso em função da idade, as quais descrevem os processos biológicos que ocorrem com o animal em determinadas fases, refletindo as relações de crescimento entre as várias partes do organismo animal até a sua finalização com a maturidade.

O estudo do crescimento de diferentes linhagens de tilápias tem sido realizado principalmente no que diz respeito a medidas de desempenho e rendimentos no processamento. Entretanto, torna-se necessário um conhecimento mais detalhado da mudança proporcional no tamanho relativo dos tecidos ao longo do crescimento, para que se possa maximizar o conteúdo protéico das carcaças durante o cultivo, bem como observar as diferenças no padrão de crescimento de cada linhagem, otimizando a produção de diferentes grupos genéticos e tornando o sistema de produção mais eficiente. Como o músculo esquelético constitui a parte comestível do peixe, o conhecimento do mecanismo de crescimento muscular é importante para o desenvolvimento das criações de peixe.

As qualidades da carne da tilápia e o seu crescimento acelerado são os principais fatores que têm motivado maior interesse de produtores e consumidores por essa espécie. A busca por linhagens de tilápias de desempenho

superior, cada vez mais freqüente entre os produtores, aliada à procura cada vez maior de alimentos saudáveis, entre a população de todo o mundo, têm demandado avaliações desses peixes cultivados em nossos ambientes.

As tilápias da linhagem Chitralada (Tailandesa) e aquelas oriundas do programa GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) estão sendo amplamente difundidas em nossos ambientes, pois têm demonstrado crescimento mais acelerado quando comparadas à comum. Isso pode provocar diferenças no crescimento dos tecidos muscular e adiposo e afetar as qualidades de carcaça e de carne em relação à dinâmica das concentrações de proteínas e lipídios.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento inicial de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem Chitralada (Tailandesa) e uma linhagem comercial proveniente do programa GIFT, sob os seguintes aspectos: estabelecer curvas de crescimento de peso em função da idade, levando em consideração a heterogeneidade de variâncias e avaliando as taxas de crescimento; avaliar a histologia dos tecidos muscular e adiposo, caracterizando e determinando o grau de ocorrência de hiperplasia e hipertrofia das células em diferentes tamanhos; determinar a composição corporal com o crescimento dos peixes, avaliando a dinâmica dos constituintes em diferentes fases de cultivo, quanto aos teores de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), umidade (%U), cinzas e energia nas diferentes linhagens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características das tilápias

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) está amplamente distribuída pelo território brasileiro e é criada nos mais diversos sistemas de produção. A intensificação da produção desta espécie no Brasil e o estabelecimento pelo Ministério da Agricultura de um programa de desenvolvimento da cadeia produtiva, principalmente para combater a importação de pescado, têm demandado pesquisas das linhagens geneticamente melhoradas, criadas em nossos ambientes (Santos, 2004).

Segundo Hilsdorf (1995), várias são as vantagens que tornam as tilápias um grupo de peixes mundialmente cultivado. Estes peixes alimentam-se da base da cadeia trófica, aceitam uma variedade grande de alimentos e apresentam uma resposta positiva à fertilização dos viveiros. São bastante resistentes a doenças, ao superpovoamento e a baixos níveis de oxigênio dissolvido. Além disso, possuem boas características organolépticas, tais como carne saborosa, baixo teor de gordura, ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” (miosseptos) e excelente rendimento de filé de, aproximadamente, 35% a 40% em exemplares, com peso médio de 0,45 kg.

A necessidade de um esforço sistemático que assegure e melhore a futura qualidade genética dos estoques criados de tilápias-do-nilo é amplamente conhecida. A meta, a longo prazo, deveria ser o fornecimento, para a indústria de criação de tilápia, de raças domesticadas que desempenhem tão bem quanto às raças tradicionais de animais domésticos terrestres quando comparados com seus antecessores silvestres (Bentsen et al., 1998).

2.2 Origem das linhagens estudadas

A tilápia Tailandesa foi desenvolvida no Japão e melhorada no Palácio Real de Chitralada, na Tailândia. Esta linhagem foi introduzida no Brasil em 1996, a partir de alevinos doados pelo *Asian Institute of Technology* (AIT) e vem sofrendo um processo de melhoramento genético em nosso país.

O peixe tailandês vem sendo intensamente manipulado (domesticado) há mais de 30 anos. Como consequência, suas taxas de alimentação também são mais elevadas, devido à docilidade e à avidez pelo alimento, observadas mais intensamente na população Chitralada, quando comparada às demais, mesmo lado a lado, em gaiolas flutuantes (Zimmermann, 2000).

Existem linhagens introduzidas no mercado brasileiro oriundas do maior, mais caro e mais longo programa de melhoramento genético de tilápias, o *Genetically Improved Farmed Tilapia* (GIFT), que foi executado nas Filipinas (Zimmerman, 2003). O programa GIFT envolveu quatro linhagens silvestres de tilápias capturadas em 1988-1989, no Egito, Gana, Quênia e Senegal, e quatro linhagens confinadas, introduzidas nas Filipinas, de 1979 a 1984, de Israel, Singapura, Tailândia e Taiwan (Bentsen, 1998).

2.3 Biologia do crescimento

As medidas mais habituais de crescimento dos animais domésticos baseiam-se na medição das mudanças do peso. No entanto, durante o crescimento, os animais não só aumentam em peso e tamanho, como também sofrem alterações nas proporções em que os tecidos são depositados. Esse processo é caracterizado como o desenvolvimento (Hammond, 1932).

O crescimento e o desenvolvimento são determinados, ou influenciados, por fatores extrínsecos e intrínsecos. São extrínsecos os fatores externos que

agem sobre o organismo do indivíduo e dependem das condições sociais e ambientais. Nesta categoria se enquadram a qualidade e a quantidade de absorção dos elementos essenciais à vida: oxigênio e alimentação. Os fatores intrínsecos, isto é, derivados do trabalho do próprio organismo, subdividem-se em: a) fatores genéticos que abrangem todas as características herdadas pelo indivíduo, especialmente as de raça e sexo; b) fatores hormonais que compreendem a ação conjugada do hormônio de crescimento (secretado pela hipófise), hormônios sexuais e hormônios tiroideanos; qualquer alteração em quantidade ou composição química desses hormônios, que poderá gerar alterações no ritmo do crescimento ou do desenvolvimento; c) fatores nervosos, que se conjugam com fatores hormonais (Santos, 2004).

Elias (1998) afirma que o crescimento é caracterizado por um aumento no número de células do indivíduo (hiperplasia) e um aumento do tamanho celular (hipertrofia). Conseqüentemente, em animais saudáveis, deve-se considerar o crescimento como um aumento na massa dos tecidos estruturais e órgãos, acompanhado por uma mudança na forma ou na composição, resultante do crescimento diferencial das partes que compõem o corpo do indivíduo.

Entre todos os vertebrados, os peixes parecem ocupar uma posição única, especialmente quando padrões de crescimento e estratégias são considerados. Dentro de poucas exceções, as espécies de peixes tendem a crescer indeterminadamente, implicando que o tamanho nunca é fixado, mas que algum crescimento continua pela vida (Mommsen, 2001). Crescimento muscular pós-embrionário em peixes envolve a hipertrofia de fibras embriogênicas e a produção de novas fibras. Então, diferentemente de aves e mamíferos, o número de fibras continua a aumentar até um certo ponto da vida (Johnston, 2001).

2.3.1 Curvas de crescimento

Para descrever o crescimento, geralmente utilizam-se diferentes modelos matemáticos de peso em função da idade, que são ferramentas usadas em programas de melhoramento genético, seleção de espécies e ou linhagens a serem cultivadas. As curvas de crescimento que relacionam o peso de um animal com sua idade são importantes para pesquisas e recomendações sobre eficiência de produção (Fitzhugh Júnior, 1976), contribuindo, assim, para aumentar o lucro do produtor.

Geralmente, estudam-se curvas de crescimento por meio do ajuste de funções não-lineares, pois, dessa maneira, é possível sintetizar informações de todo o período de vida dos animais, ou seja, um conjunto de informações em série de peso por idade, em um pequeno conjunto de parâmetros interpretáveis biologicamente, facilitando, assim, o entendimento do fenômeno (Oliveira et al., 2000).

A curva típica de crescimento, durante a vida, apresenta forma sigmóide, ou seja, o crescimento durante a primeira etapa da vida é lento, seguido de um período de auto-aceleração, até atingir o ponto máximo da taxa de crescimento, por volta da puberdade, seguida de uma fase de auto-desaceleração (Berg & Butterfield, 1976).

Segundo Mazzini (2001), dentre as funções não lineares mais utilizadas para ajustar as relações peso-idade, destaca-se a função de Richards (Richards, 1959), a qual se caracteriza por apresentar quatro parâmetros. Outras funções, como as de Brody (Brody, 1945), Gompertz (Laird, 1965), Logística (Nelder, 1961) e von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957), com três parâmetros e classificadas como casos especiais da função de Richards, são as mais comumente usadas. Entretanto, segundo Gamito (1998), embora o modelo exponencial não seja indicado para um longo período de crescimento, seu uso na aquicultura é

relativamente comum pela sua simplicidade, podendo-se descrever facilmente o crescimento de peixes com apenas os pesos inicial e final, durante o tempo considerado necessário.

Na descrição do crescimento, todas as curvas possuem suas vantagens e desvantagens. Comparações entre elas têm sido freqüentes. Entretanto, segundo Valiela (1995), citado por Gamito (1998), as diferenças entre os vários modelos de crescimento são insignificantes quando comparadas com a variabilidade do campo de dados.

O estudo das curvas de crescimento animal tem sido ampliado no sentido de manipulá-lo em direção a uma melhoria na eficiência da produção animal, com o intuito de associar fatores intrínsecos e extrínsecos para que o momento de abate de diferentes raças seja indicado (Santos, 2002). No estudo de ajuste de funções de crescimento é importante destacar que a forma das curvas pode apresentar variações entre diferentes raças e dentro de uma mesma raça entre o sexo dos animais (Santos, 1999). Portanto, torna-se necessário identificar funções de crescimento que melhor se ajustem a determinadas raças.

No estudo da curva de crescimento, pode ocorrer heterogeneidade das variâncias dos pesos corporais, pois, à medida que a idade aumenta, a variância dos pesos corporais também aumenta. A maior parte dos trabalhos com funções de crescimento não leva em conta essa relação direta entre a variância dos pesos e a idade dos animais (Guedes et al., 2004).

Pasternak & Shalev (1994) afirmam que o simples ajuste de regressões não-lineares com o objetivo de estimar os parâmetros da curva de crescimento é ineficiente, uma vez que a variância dos pesos corporais aumenta muito com a idade, ocorrendo, dessa forma, a heterocedasticidade, o que os autores denominam “distúrbios de regressão”. Segundo esses autores, quanto mais adultos são os animais, maiores são os desvios e o efeito sobre os parâmetros estimados. Os mesmos autores, avaliando o efeito do caráter “distúrbios de

regressão” na eficiência do ajuste da curva de crescimento, concluíram que a regressão não-linear ponderada pelo inverso da variância dos pesos foi a mais eficiente para estimar os parâmetros da curva de crescimento.

Elias (1998) comparou as funções convencionais, ajustadas de maneira não-ponderada e ponderada pelo inverso da variância dos pesos, e verificou que a ponderação melhorou a qualidade dos ajustes e reduziu a variabilidade das estimativas dos parâmetros.

2.3.2 Crescimento tecidual

2.3.2.1 Organização da musculatura lateral e tipos de fibras

O músculo natatório dos peixes teleósteos, compreendendo 60% da massa total do corpo, é constituído de um número de unidades arranjadas em série, os miótomos. Estes são separados uns dos outros por uma camada de tecido conjuntivo, os miosseptos, pelos quais a força de contração da fibra muscular miotomal é transmitida (Videler, 1993, citado por Sängner & Stoiber, 2001).

Cada miótomo contém uma região superficial em forma de cunha disposta logo abaixo da linha lateral, na qual as fibras musculares correm paralelas ao eixo do corpo, e uma região profunda, em que as fibras musculares estão arranjadas em uma forma helicoidal (Figura 1) (Bone, 1978; Sängner & Stoiber, 2001).

O músculo axial consiste, principalmente, de fibras brancas-rápidas, cobertas por uma fina camada de fibras musculares vermelhas-lentas e uma camada de fibras rosas ou intermediárias entre elas (Figura 1). A cor do músculo é indicativa do grau de vascularização de cada tipo de fibra. O músculo vermelho aparece escuro devido ao seu alto conteúdo de mioglobina, densidade

mitocondrial e graus de capilarização, em contraste aos baixos valores desses parâmetros no músculo branco (Tabela 1). O músculo rosa possui características intermediárias. A nomenclatura correspondente de oxidação lenta (aeróbica lenta), oxidativa glicolítica rápida (aeróbica rápida) e glicolítica rápida combina informação de propriedades contráteis e metabólicas (Sänger & Stoiber, 2001).

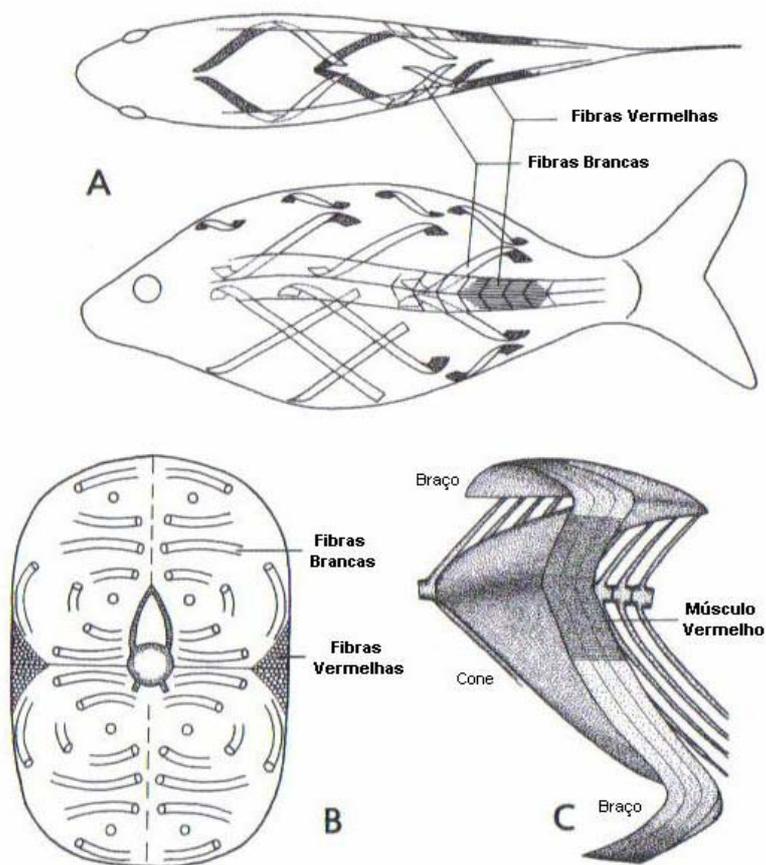


FIGURA 1. Diagrama esquemático do arranjo das fibras musculares dentro do miótomo de teleósteos: (A) vista dorsal e lateral, (B) secção transversal, (C) vista lateral de três miótomos do meio do corpo do salmão rei (*Onchorhynchus tshawytscha*). (Adaptado: Sänger & Stoiber, 2001).

TABELA 1. Densidade (%) de vários componentes celulares em diferentes tipos de fibras musculares.

	Fibras vermelhas	Fibras intermediárias	Fibras brancas
Mitocôndria	21-41	5,7-14,4	0,6-10
Lipídios	0,3-11	0,05-0,2	0
Sistema sarcotubular	2,8-5,1	5,9-13,6	8,2-16,2
Miofibrilas	41-65	65,8-73,5	63-89
Citoplasma subsarcolemal	6,1-11,6	5,8-11,2	3,3-3,7
Núcleo	0,08-1,5	0,5-0,8	0,02-0,6

Adaptado: Sanger & Stoiber, 2001

Um peixe é composto predominantemente de músculo branco (Sanger & Stoiber, 2001; Nejedli et al., 2006). As fibras brancas representam mais que 70% da massa do músculo miotomal e so as fibras de maiores diâmetros, atingindo entre 50 e 100 μm , ou mais. A proporção da área de secção transversal do músculo miotomal, que é composto de músculo branco, varia com o comprimento do peixe, sendo maior na parte anterior do animal e declina caudalmente (Sanger & Stoiber, 2001).

As fibras musculares lentas ou vermelhas são comumente confinadas a uma faixa estreita superficial ao longo da linha lateral e, geralmente, manifestam um alinhamento paralelo ao eixo do corpo (Bone, 1978). Sendo pequenas em diâmetro (25–45 μm), usualmente constituem menos de 10% e no mais que 30% da musculatura miotomal, estando mais presentes na região caudal (Zhang et al., 1996).

A quantidade relativa do músculo intermediário (róseo) difere entre espécies e estágio de desenvolvimento dos peixes. Na carpa comum (*Cyprinus carpio*), essas fibras normalmente compreendem em torno de 10% da massa miotomal fazendo-as ligeiramente mais numerosas do que as fibras vermelhas (Gill et al., 1989). O diâmetro médio dessas fibras fica entre aqueles das fibras brancas e vermelhas.

2.3.2.2 Crescimento de fibras musculares

Embora o crescimento somático possa ser facilmente medido na forma de peso do corpo (ou peso da carcaça ou comprimento e ou fator de condição), isso é somente uma medida indireta do crescimento muscular. Um longo e estabelecido método, que usa dados quantitativos, é a medida dos diâmetros das fibras musculares (ou áreas da secção transversal) em uma área representativa do músculo lateral (tronco) em peixes de diferentes idades, tamanhos ou condições (Veggetti et al., 1990; Kiessling et al., 1991; Rowleron et al., 1995; Alami-Durante et al., 1997; Faucounneau et al., 1997; Johnston et al., 1998; Galloway et al., 1999; Valente et al., 1999). Os diâmetros das maiores fibras dão um índice do crescimento hipertrófico que continua até eles atingirem o máximo valor funcional característico da espécie. As fibras também crescem em comprimento, mas as medidas dessa forma de hipertrofia requerem uma técnica amostral mais complexa e é menos freqüentemente usada (Kiessling et al., 1991; Alami-Durante et al., 1997).

A distribuição dos diâmetros das fibras (ou áreas) e, especialmente, a presença de diâmetros de fibras muito pequenos são freqüentemente usadas como uma medida da aparência de novas fibras, ou seja, da hiperplasia. Entretanto, ao contrário da taxa de crescimento, a presença de pequenas fibras não necessariamente indica o crescimento rápido, porque elas são típicas do tamanho do peixe. Até mesmo peixes de crescimento lento têm fibras de pequenos diâmetros no conteúdo muscular (Weatherley & Gill, 1987).

O crescimento em peixes envolve o recrutamento e a hipertrofia de fibras musculares (Weatherley & Gill, 1987; Koumans et al., 1995). A quantidade de fibras musculares recrutadas para o crescimento em peixes alcança um número variável entre espécies e linhagens dentro de uma mesma espécie e é influenciado por fatores ambientais, incluindo dieta, exercício, luz e

temperatura (Romanello et al., 1987; Usher et al., 1994; Johnston, 1999; Ayala et al., 2001; Johnston, 2007).

Segundo Faucounneau et al. (1997), o controle do tamanho das fibras é mais dependente da idade do que do tamanho (peso do corpo) do peixe, pois trutas criadas em ambientes salinos diferentes obtiveram pesos diferentes, mas nenhuma diferença significativa foi encontrada no tamanho médio das fibras.

Ayala et al. (2001) observaram somente hipertrofia fibrilar ao final da fase vitelina de robalo (*Dicentrarchus labrax*), que é um método menos custoso, em termos de gasto energético do que a gênese de novas fibras, em um período em que as reservas energéticas são limitadas, já que não se recebe alimentação externa. Por outro lado, a hiperplasia fibrilar, associada, geralmente, às fases de rápido crescimento, ocorre principalmente quando os níveis nutricionais não estão limitados e o peixe pode adquirir toda a energia necessária para a geração de novas fibras (Usher et al., 1994).

Tem sido atribuído que células miosatélites (mioblastos), localizadas entre o sarcolema e a lâmina basal da fibra muscular, possuem função de manutenção e reparo do músculo, como também de progenitoras e organizadoras de novas fibras musculares durante o desenvolvimento inicial e o crescimento em mamíferos e em peixes (Figura 2). Essas células continuam a se diferenciar durante o desenvolvimento dos peixes, adicionando número de fibras no músculo (Weatherley & Gill, 1987; Usher et al., 1994; Rowleron & Veggetti, 2001).

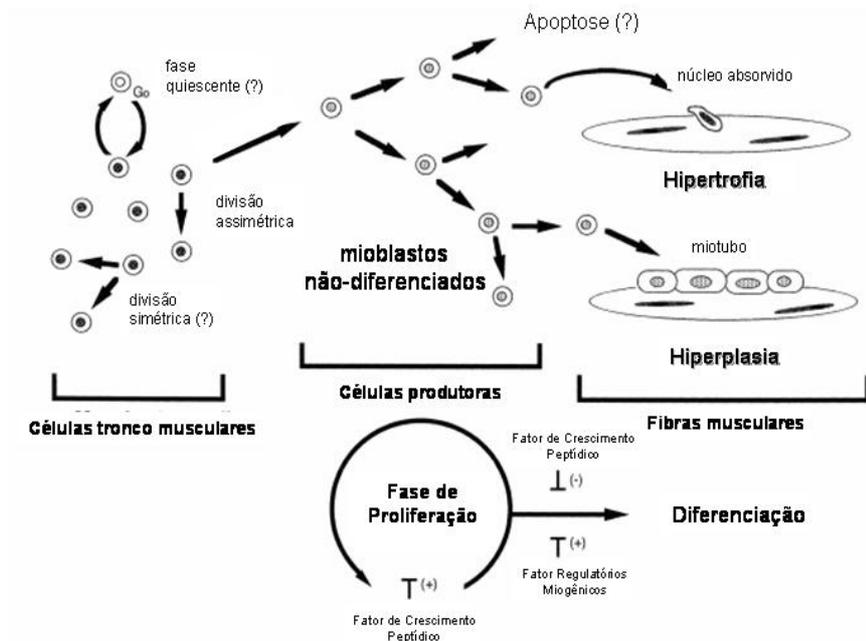


FIGURA 2. Modelo de crescimento muscular em peixes. Imagina-se que as células tronco musculares existem em uma fase quiescente (fase G_0 do ciclo celular) ou são ativadas para sofrer uma divisão assimétrica regenerando células tronco originais e células produtoras. As células produtoras são mioblastos não diferenciados comprometidos à diferenciação terminal. Eles podem sofrer um número limitado de divisões controladas por um balanço de sinais de proliferação e diferenciação. Esses mioblastos são absorvidos dentro das fibras musculares existentes para manter a razão núcleo/citoplasma durante o crescimento hipertrófico ou eles se fundem, formando miotubos que maturam em novas fibras (Adaptado: Johnston, 1999).

Em espécies de crescimento pequeno e lento, exemplificada pelo “bluntnose minnow”, *Pimephales notatus*, o aumento muscular pelo recrutamento de fibras cessa em um pequeno comprimento do corpo e o subsequente crescimento muscular resulta somente do aumento do diâmetro das fibras já existentes. Na truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), a hiperplasia é o principal

processo de crescimento até os 20 cm de comprimento e a hipertrofia assume maior importância por volta de 60 cm, passando a ser o único processo de crescimento. O aumento muscular em peixes do tipo que resulta principalmente de um contínuo recrutamento de novas fibras (identificável pelos seus pequenos diâmetros) está associado a um rápido e contínuo crescimento somático (Weatherley & Gill, 1984). O recrutamento de novas fibras eventualmente cessa também nas grandes espécies e, então, como nas menores, um crescimento adicional de músculo é, presumivelmente, continuado pelo método do aumento do diâmetro das fibras, até elas atingirem o tamanho máximo para suas espécies (Weatherley et al., 1988).

Johnston et al. (2000), estudando o padrão de crescimento muscular de duas linhagens de salmão-do-atlântico (*Salmo salar* L.) concluíram que o desempenho de crescimento superior de uma população precoce estava associado ao período mais longo de recrutamento de fibras e à maior hipertrofia do que na população de maturidade tardia.

Dal Pai-Silva et al. (2003), estudando o crescimento muscular de tilápias-do-nilo, separadas em grupos de diferentes comprimentos do corpo (G1 = 1,36cm; G2 = 3,38cm; G3 = 8,9cm e G4 = 28,3cm), observaram aumento no tamanho das fibras e no número de fibras diferenciadas. Em G4, observaram a presença de mioblastos e a associação de fibras de pequenos e grandes diâmetros, denotando a fenotípica plasticidade do músculo em tilápias, porém, nada relataram sobre o término de recrutamento de fibras nessa espécie.

2.3.2.3 Crescimento do tecido adiposo

O fluxo metabólico do tecido adiposo depende do balanço energético do animal. A célula dominante do tecido adiposo, em termos de tamanho e metabolismo de lipídios, é o adipócito (Vernon, 1980). A deposição de gorduras

em animais não é desejável, devido ao fato de o consumo humano de gordura estar relacionado com doenças coronárias, além de ser um processo energeticamente caro (Grant & Helferich, 1991).

O desenvolvimento do tecido adiposo tem sido pouco analisado em peixes, até mesmo se alguns deles são anatomicamente distintos e poderiam então ser dissecados (Fauconneau et al., 1995). Entretanto, peixes estocam lipídios em tecido adiposo localizado em volta do trato digestivo, em cavidades da cabeça, sob a pele, na carne entre os miômeros e nos miômeros (Fauconneau et al., 1991).

O desenvolvimento do tecido adiposo em peixes, como em mamíferos, ocorre como consequência de recrutamento de novos adipócitos e aumento no tamanho de adipócitos existentes devido à deposição de lipídios (Figura 3). A dinâmica de desenvolvimento dos diferentes tecidos adiposos não é conhecida, embora a gordura visceral e a gordura subcutânea abdominal poderiam ser observadas mais cedo no desenvolvimento do que gordura subcutânea dorsal e subcutânea lateral. O desenvolvimento entre os miômeros e nos miômeros parece ocorrer tardiamente no desenvolvimento (Fauconneau et al., 1991).

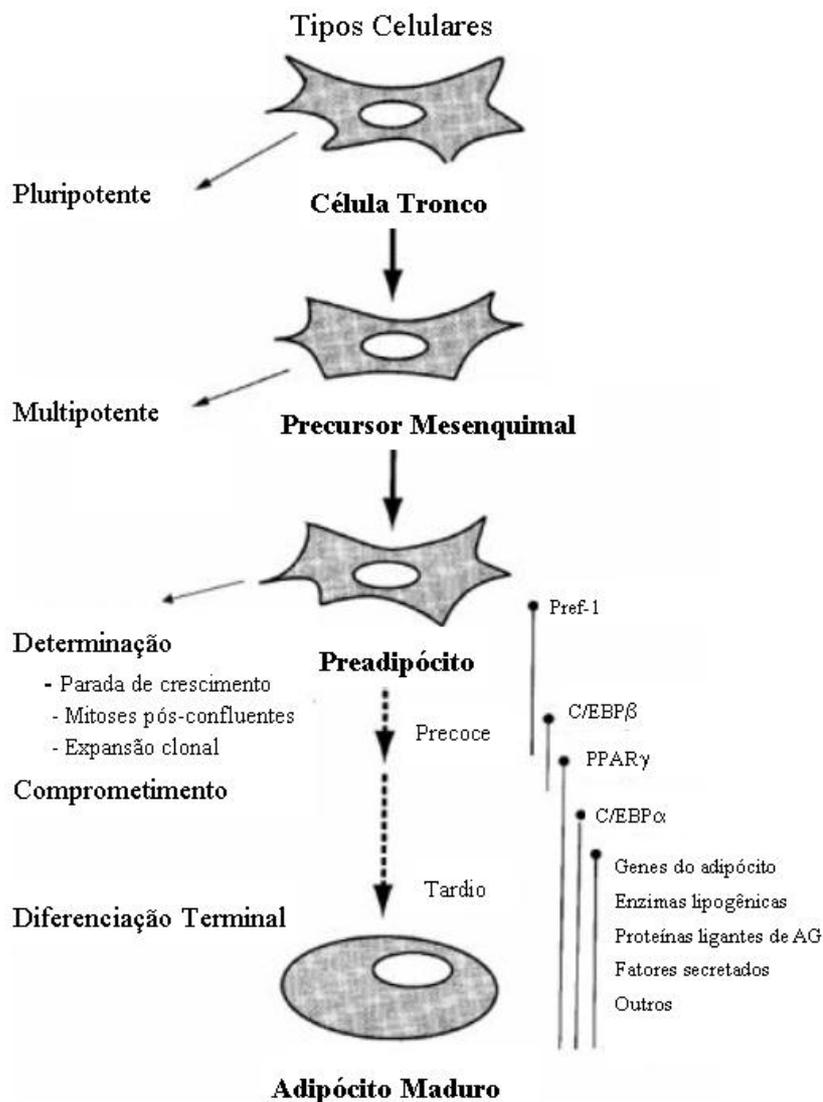


FIGURA 3. Estágios de diferenciação dos adipócitos. Células tronco precursoras pluripotentes dão origem a células precursoras mesenquimais com potencial para diferenciação em adipócitos. Com as devidas condições ambientais e expressão genética, os pré-adipócitos sofrem expansão clonal e subsequente diferenciação terminal. Diferentes eventos moleculares acompanham esse processo. (Adaptado: Gregoire et al., 1998).

Segundo Serlachius & Anderson (2004), células de gorduras maduras são terminalmente diferenciadas e não proliferam, enquanto áreas do tecido adiposo perivascular e estromal abrigam células precursoras como fibroblastos, preadipócitos, com capacidade mitótica e comprometidas com a diferenciação em adipócitos. A formação de novos tecidos de gordura, adipogênese, envolve dois eventos subseqüentes: proliferação clonal de pré-adipócitos, seguida por sua diferenciação terminal a células de gordura maduras. Embora a divisão celular e a diferenciação terminal sejam eventos mutuamente exclusivos, existe uma interação bem combinada entre a regulação do ciclo celular e a diferenciação durante a adipogênese. O fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1) e a insulina atuam como importantes mitógenos no crescimento impedido de pré-adipócitos.

Fauconneau et al. (1997) analisaram quatro regiões distintas de deposição de gordura: perivisceral, subcutânea ventral, subcutânea dorsal e no músculo vermelho de diferentes linhagens de truta arco-íris. Em cada um desses sítios, células adiposas foram encontradas com grande variedade de tamanho, 5-200 μm . A relativa proporção e o tamanho médio das grandes células foram dependentes da localização do tecido adiposo. No tecido adiposo ventral, a população de células grandes e seus tamanhos médios foram maiores do que no tecido adiposo dorsal.

Esses autores também verificaram o efeito de diferentes tratamentos hormonais (hormônio do crescimento e prolactina), fontes de ácidos graxos da dieta (alterando as relações n3:n6), linhagens e fatores ambientais (salinidade e temperatura). A porcentagem relativa de pequenos adipócitos (<25 μm) foi maior no grupo tratado com hormônio do crescimento do que no grupo controle e o grupo tratado com prolactina. O tamanho médio das grandes células (>25 μm) foi significativamente menor no grupo tratado com hormônio do crescimento e intermediário no grupo tratado com prolactina. O diâmetro médio

das células adiposas ventrais foi muito maior em peixes alimentados com dieta suplementada com óleo de milho do que no grupo alimentado com óleo de fígado de bacalhau. Tais diferenças resultaram em uma pequena diferença de pequenos e grandes adipócitos, sendo esse efeito acentuado por baixas temperaturas. O tamanho médio das células adiposas foi similar entre as diferentes linhagens estudadas. Linhagens com alta taxa de crescimento foram caracterizadas também por alta taxa de deposição de gordura. Essas diferenças poderiam, então, ser o resultado das diferenças no crescimento hiperplásico desse tecido.

Alterações na relação n-3:n-6 foram observadas em vários tecidos incluindo a carne, mas o conteúdo de lipídio da carne não foi modificado. Isso foi atribuído a uma estimulação para a deposição de gordura por essas células. O mecanismo para tal efeito hipertrófico do óleo de milho foi desconhecido. Além disso, uma inibição no recrutamento de novos adipócitos contribuindo para o crescimento hiperplásico do tecido adiposo pôde ser suspeito. O longo período de alimentação com uma dieta baseada em óleo de milho, que contém uma grande quantidade de ácidos graxos polinsaturados n-6, iria alterar a composição de ácidos graxos dos fosfolípidios da membrana celular e, então, retardar a construção de novas células.

3.3.3 Composição química

O crescimento de peixes cultivados apresenta ampla variabilidade que resulta de uma baixa intensidade de seleção genética e da marcada susceptibilidade às condições ambientais. Então, peixes de idades/pesos variados e peixes produzidos sob muitas condições diferentes são Comercializados. Tal variabilidade no crescimento afeta a qualidade do peixe e se torna uma questão central na aquicultura (Fauconneau et al., 1995).

A composição do corpo de peixes pode ser afetada por alguns fatores, incluindo espécies, condições ambientais, tamanho do peixe, nível de proteína da dieta e taxa de alimentação (Ogata & Shearer, 2000). Para tilápia, numerosos estudos têm mostrado que a composição do corpo se aproxima da composição da dieta, mas pouca informação tem sido gerada comparando a composição geral e do filé de diferentes grupos genéticos (Lugo et al., 2003).

Entretanto, El-Said & Gaber (2005) encontraram diferença significativa na gordura e no conteúdo energético da carne e não do corpo inteiro de tilápias, quando testaram níveis de proteína na dieta (25% e 30%) e níveis de alimentação (1%, 2% e 3 %). A proteína do corpo e o conteúdo de cinzas não foram afetados pelos níveis de proteínas, mas foram afetados pelo nível de alimentação.

As principais categorias de componentes do corpo do peixe são as mesmas daquelas de outros animais: água (com grande predominância), lipídio, proteína e pequena quantidade de carboidratos e minerais (frequentemente designado cinza) que sobram depois que o corpo é queimado durante a calorimetria (Weatherley & Gill, 1987).

O crescimento procede por um harmônico desenvolvimento de principais tecidos, nomeados espinhas, músculo e tecido adiposo. O crescimento diferencial desses tecidos provoca mudanças na composição química. Essas mudanças resultam da estimulação ou da alteração do “turnover” e da retenção de componentes químicos: proteínas, lipídios, carboidratos e minerais, com desenvolvimento normal ou alterado dos específicos tecidos. Além do mais, mudanças na composição desses componentes – classes de lipídios, composição de ácido graxo, natureza e funcionalidade das proteínas – também procedem com o crescimento e diferenciação dos tecidos (Fauconneau et al., 1995).

Fauconneau et al. (1995) relataram que a porcentagem de lipídio e de proteína e o conteúdo de energia aumentam, enquanto o conteúdo de água diminuiu com o aumento do peso corporal.

O conteúdo de lipídio (% peso corporal) em peixes tende a aumentar com a idade (e tamanho), declinar durante o inverno, a migração e a desova e alcança o seu valor máximo no final do principal período de alimentação do ano. Como um estoque energético, ele tende a estar na forma de gorduras neutras – triglicerídeos. Fosfolípidios, ácidos graxos livres, esteróis, etc. compreendem somente uma pequena fração de lipídios (Weatherley & Gill, 1987). Outro fator que afeta o conteúdo de lipídios é a origem genética (Fauconneau et al., 1991).

Shul'man (1974), citado por Weatherley & Gill (1987), notou que, em contraste com a dinâmica de lipídios em peixes, a dinâmica do conteúdo de proteínas é essencialmente indistinguível e, desde que a proteína corporal (% peso corporal) muda, mas pouco pelo ano, somente o atual aumento na quantidade de proteína no corpo é indicativo do crescimento protéico. Ele também notou que enquanto em peixes imaturos o crescimento protéico ocorre no corpo como um todo, em peixes maduros ele está altamente associado com o desenvolvimento gonadal. Em estudos com dourada (*Spaurus aurata*), Lupatsch et al. (2001) relataram que o nível protéico permaneceu basicamente constante, entre 15,7% a 19%, mas grandes alterações ocorreram no conteúdo de lipídios, de 5,5% a 21,0%, com o crescimento dos peixes.

Segundo Weatherley & Gill (1987), o crescimento de peixes também é governado pelo aumento na massa de escamas e tecido ósseo, que são altamente compostos de substâncias inorgânicas (minerais). Entretanto, relativamente pouca atenção tem sido dada à composição elemental inorgânica de peixes. Shearer (1984), estudando a composição elemental inorgânica durante o crescimento de truta arco-íris, constatou que a concentração de alguns elementos

permanece constante enquanto outros aumentam ou diminuem linearmente com o aumento do tamanho do peixe.

Os carboidratos têm sido geralmente ignorados, pois aparecem em pequena porcentagem do peso do corpo (aproximadamente 0,5%), na forma de glicogênio (Weatherley & Gill, 1987).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e período experimental

O experimento foi conduzido em uma represa do Parque Ecológico Cidade da Criança, no município de Presidente Prudente, SP, no período de março a setembro de 2006. O parque está situado a 22°11' de latitude Sul, 51°23' de longitude Oeste e 458,3m de altitude. A temperatura média anual, em 2006, foi de 24,9°C, com máxima de 32,6°C, no mês mais quente e mínima de 14,2°C, no mês mais frio.

3.2 Material biológico, instalações e manejo

Inicialmente, foram utilizados 500 alevinos da linhagem Tailandesa (Chitralada) e 500 de uma linhagem comercial. A linhagem comercial, utilizada neste trabalho é derivada do programa GIFT, executado nas Filipinas e foi nomeada linhagem “Comercial”. Os alevinos foram provenientes de uma população monosexo masculina (tratada com 17 α -metiltestosterona), pesando aproximadamente 10g. Os peixes foram cultivados em 4 tanques-rede de 2,7 m³, tendo cada tanque recebido 250 peixes de cada uma das linhagens.

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, com ração comercial contendo 32% de proteína bruta e mínimo de 7% de extrato etéreo. A quantidade diária foi fornecida de acordo com a biomassa dos tanques, variando de 7% na primeira semana a 4% na última. A temperatura também influenciou o fornecimento, sendo feito da seguinte forma:

- 15°C a 18°C, fornecimento de 40% do calculado;
- 19°C a 21°C, fornecimento de 60%;
- 22°C a 24°C, fornecimento de 80%;

- 25°C a 26°C, fornecimento de 100%;
- 27°C a 28°C, fornecimento de 120%;
- 29°C a 30°C, fornecimento de 140%;
- 30°C a 32°C, fornecimento de 160%.

Semanalmente, dados limnológicos (oxigênio, pH, transparência e alcalinidade) do ambiente de cultivo foram coletados utilizando-se kit técnico comercial de análises de água, sendo realizados no início da manhã (8:00 horas) e à tarde (14:00 horas).

Durante o período de cultivo, foram feitas quatro amostragens de 40 peixes de cada linhagem, após terem passado por um período de jejum de 48 horas, os quais foram insensibilizados por choque térmico e abatidos (anóxia). Os peixes foram pesados e medidos em comprimento. O comprimento foi medido da extremidade anterior da cabeça até o pedúnculo, desconsiderando a nadadeira caudal.

3.3 Técnicas histológicas

Por ocasião das amostragens, 20 peixes de cada linhagem foram submetidos à avaliação tecidual. As amostras de tecidos foram coletadas em 10 peixes compreendidos na classe de 5-10cm de comprimento e 10 peixes na de 10-15cm.

As amostras de tecido muscular foram removidas na porção mediana do corpo, abaixo da nadadeira dorsal (MND) e imediatamente posterior à nadadeira anal (MNA). As amostras de tecido adiposo foram retiradas das vísceras (AV) e do tecido subcutâneo (AS), conforme ilustrado na Figura 4.

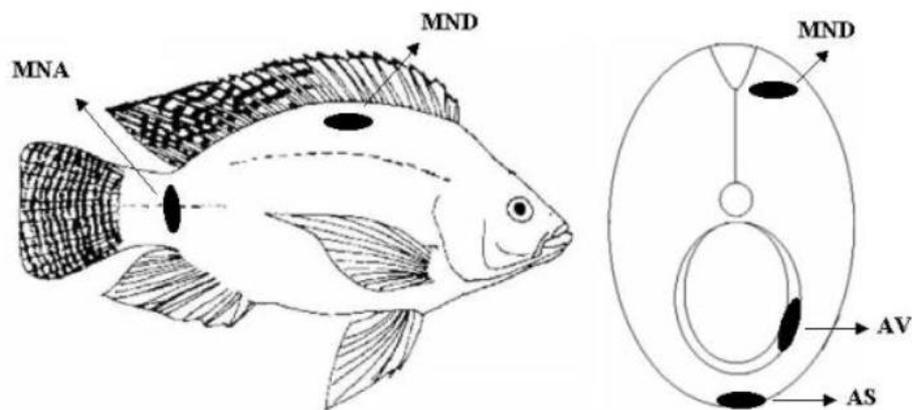


FIGURA 4. Localização das amostras teciduais. À esquerda, vista longitudinal, localizando a amostra do tecido muscular na porção mediana do corpo, abaixo da nadadeira dorsal (MND) e, na região imediatamente posterior, a nadadeira anal (MNA). À direita, seção transversal do corpo, localizando novamente a amostra do tecido muscular tomada na região mediana do corpo, logo abaixo da nadadeira dorsal (MND) e amostras do tecido adiposo visceral (AV) e subcutâneo (AS).

Todos os fragmentos teciduais foram fixados no líquido Bouin durante 24 horas, em temperatura ambiente. Após esse tempo, eles foram transferidos e armazenados em álcool etílico 70% para posterior processamento. Após técnicas rotineiras para inclusão em parafina, seções transversais de 5 a 7 μm foram coradas em Hematoxilina-Eosina e montadas em lâminas de microscopia. Foram, então, avaliadas quanto à quantidade (número de fibras/área) e ao tamanho (μm) das fibras musculares e adipócitos (Figuras 5 e 6).

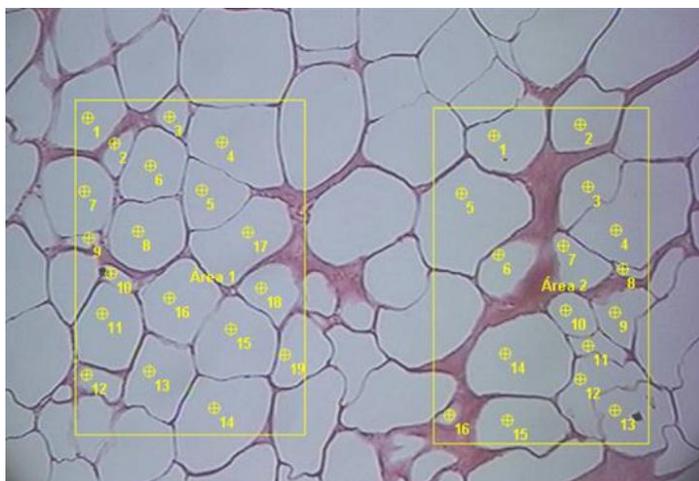


FIGURA 5. Corte transversal do tecido adiposo apresentando a avaliação do número de células por área.

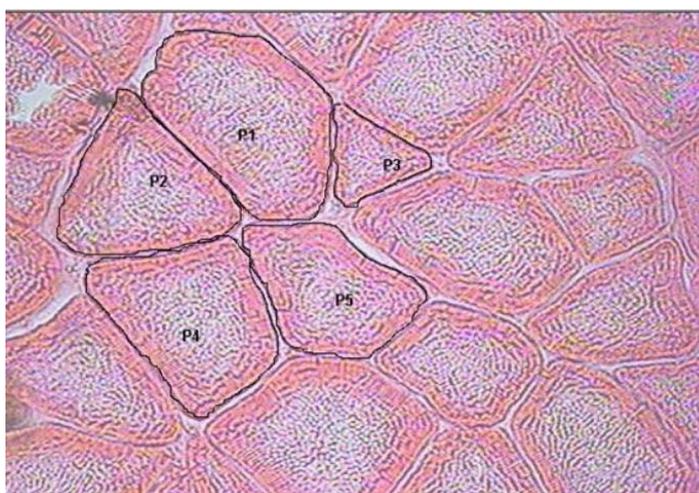


FIGURA 6. Corte transversal do tecido muscular, apresentando a avaliação do tamanho das células (μm). P, perímetro.

Todas as medidas foram tomadas usando um microscópio acoplado a um sistema de análise de imagem com o *software* Image-Pro Plus versão 4.5. Sob o microscópio, áreas convenientemente representativas das seções das fibras musculares e adipócitos foram localizadas para cada amostra, podendo-se, então,

contar o número de células. Aproximadamente 50 células de cada lâmina foram medidas obtendo-se o perímetro. Assumindo que as fibras e adipócitos possuem formato circular, e conhecendo a magnificação da imagem, os diâmetros de cada fibra muscular e adipócito foram determinados ($\text{diâmetro} = \text{perímetro}/\pi$).

3.4 Determinação da composição química do corpo

Por ocasião das amostragens, foram coletadas 18 amostras, compostas por peixes compreendidos nas classes de comprimento de 5-10cm, 10-15cm e 15-20cm. Cada classe de comprimento foi composta por 6 amostras de, aproximadamente, 150g de peixe para cada linhagem.

As amostras foram congeladas, moídas e homogeneizadas para determinação da umidade, extrato etéreo, proteína bruta, cinzas e energia.

3.4.1 Umidade (U)

As amostras foram desidratadas em estufa aquecida a $105\pm 1^\circ\text{C}$, até peso constante, de acordo com a Association of Official Analytical Chemists, AOAC (1995).

3.4.2 Extrato etéreo (EE)

As amostras desidratadas também foram desengorduradas pelo método de Soxhlet, utilizando hexano como solvente extrator, conforme descrito pela AOAC (1995).

3.4.3 Proteína bruta (PB)

A determinação de proteína bruta foi realizada mediante a determinação do nitrogênio total da amostra desidratada e desengordurada, pelo método Kjeldahl, e conversão em proteína, multiplicando-se o valor obtido pelo fator 6,25, de acordo com a AOAC (1995).

3.4.4 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada por incineração da matéria orgânica, mediante submissão da amostra em forno mufla a 550°C, até peso constante, segundo AOAC (1995).

3.4.5. Carboidratos (CHO)

A determinação de carboidratos foi realizada por meio de cálculo por diferença, segundo Silva (1998):

$$\%CHO = 100 - \%U - \%EE - \%PB - \%cinzas$$

3.4.6 Quantidade de energia (kcal)

A quantidade de energia foi calculada tomando-se como base a energia metabolizável de carboidratos, gordura e proteína. Considerou-se o somatório do produto do teor de proteínas por 4, do teor de lipídios por 9 e do teor de carboidratos por 4 (Silva, 1998).

3.5 Análise dos dados

3.5.1 Curvas de crescimento

O estudo do crescimento foi realizado mediante o seguinte modelo da equação exponencial:

$$y_i = Ae^{Kx_i} + e_i,$$

sendo:

y_i , o peso observado de cada peixe, $i = 1, 2, \dots, n$;

A, a estimativa do peso inicial;

e, a base do logaritmo natural;

K, a taxa de crescimento específico;

x_i , a idade referente a cada peixe;

e_i , o erro associado a cada observação que, por suposição, é NID (0, σ^2).

Os parâmetros das curvas para cada linhagem foram comparados pelos seus intervalos de confiança, com probabilidade de 95%. Os ajustes foram obtidos pelo procedimento Model do pacote computacional SAS para Windows versão 8.1. As estimativas foram obtidas pelo método dos Quadrados Mínimos Ordinários e dos Quadrados Mínimos Ponderados. O inverso das variâncias dos pesos foi utilizado como fator de ponderação por meio da opção "Weight" do procedimento Model.

A hipótese de correlação serial dos resíduos não foi testada, pois cada peixe foi pesado uma única vez e abatido. Não haveria explicação biológica se houvesse correlação entre eles.

3.5.2 Delineamento experimental e análise estatística

3.5.2.1 Tecido muscular

O delineamento experimental para avaliação do tecido muscular foi inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 (linhagem X classe de tamanho do peixe), com 10 repetições. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + T_j + LT_{ij} + e_{ijk}$$

em que

μ : média geral;

Y_{ijk} : observação k da linhagem i na idade j;

L_i : efeito da linhagem i, sendo $i = 1, 2$;

T_j : efeito da classe de tamanho, sendo $j = 1, 2$;

LT_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e da classe de tamanho j;

e_{ijk} : erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

Os diferentes diâmetros das fibras musculares e adipócitos encontrados foram separados em classes de medidas e plotados em um histograma de frequência (%) para cada linhagem de tilápia nos diferentes tamanhos dos peixes. A quantidade por área e os diâmetros médios das fibras e adipócitos foram comparados entre as linhagens, pelo teste F, a 5% de significância e, para isso, foi utilizado o procedimento GLM, do pacote computacional SAS para Windows versão 8.1. No caso de constatada a ausência de normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965), os dados foram transformados por $\ln(x)$.

3.5.2.2 Tecido adiposo

Para avaliação do tecido adiposo utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 x 2 (linhagem X classe de tamanho do peixe X posição do tecido no corpo), com 10 repetições. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + T_j + P_k + LT_{ij} + LP_{ik} + TP_{jk} + LTP_{ijk} + e_{ijkl}$$

em que

μ : média geral;

Y_{ijkl} : observação l da linhagem i na idade j e na posição k;

L_i : efeito da linhagem i, sendo i = 1, 2;

T_j : efeito da classe de tamanho do peixe, sendo j = 1, 2;

P_k : efeito da posição, sendo k = 1, 2;

LT_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e da classe de tamanho do peixe j;

LP_{ik} : efeito da interação entre a linhagem i e a posição do tecido no corpo k;

TP_{jk} : efeito da interação entre o tamanho do peixe j e a posição do tecido no corpo k;

LTP_{ijk} : efeito da interação entre a linhagem i, a classe de tamanho do peixe j e a posição do tecido no corpo k;

e_{ijkl} : erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

Os diferentes diâmetros dos adipócitos encontrados foram separados em classes de medidas e plotados em um histograma de frequência (%) para cada

linhagem de tilápia, nos diferentes tamanhos dos peixes. A quantidade por área e os diâmetros médios do adipócitos foram comparados entre as linhagens, pelo teste F, a 5% de significância e, para isso, foi utilizado o procedimento GLM do pacote computacional SAS para Windows versão 8.1.

3.5.2.3 Composição química

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com os tratamentos em esquema fatorial 2 x 3 (linhagem X classe de tamanho), com 6 repetições. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + T_j + LT_{ij} + e_{ijk}$$

em que

μ : média geral;

Y_{ijk} : observação k da linhagem i na classe de tamanho j;

L_i : efeito da linhagem i, sendo $i = 1, 2$;

T_j : efeito da classe de tamanho j, sendo $j = 1, 2, 3$;

LT_{ij} : efeito da interação entre a linhagem i e a classe de comprimento j;

e_{ijk} : erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

Os dados obtidos foram comparados entre as linhagens, pelo teste F, a 5% de significância e, para o efeito de classe de comprimento, aplicou-se o teste de Tukey, a 5%. Para isso, foi utilizado o procedimento GLM, do pacote computacional SAS para Windows versão 8.1. (1996). Todos os dados foram checados quanto à normalidade e à homogeneidade de variância usando os

testes de Kolmogorov & Smirnov (Kronka, 2007*) e Bartlett, respectivamente (Draper & Smith, 1998).

* Comunicação pessoal. KRONKA, S. kronka@unoeste.br 2007.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições experimentais

As condições liminológicas médias de pH, transparência e alcalinidade, durante o período de cultivo, foram de 7,5, 54 cm e 166 mg/L, respectivamente e tiveram pouca oscilação. Os dados de temperatura e oxigênio tiveram grande variação no decorrer do experimento. A temperatura variou de 27°C, no mês de março a 19,5°C, no mês de julho. O oxigênio variou de 1,4 mg/L no início da manhã a 9 mg/L à tarde, apresentando médias de 4,27 mg/L pela manhã e de 6,77 mg/L à tarde.

As alterações que ocorreram na densidade (peixes/m³) e biomassa (kg), por ocasião do crescimento dos peixes e das amostragens realizadas, estão apresentadas na Figura 7. Os dados de conversão alimentar aparente e ganho de peso diário (g), nas diferentes fases de crescimento, podem ser visualizados na Figura 8.

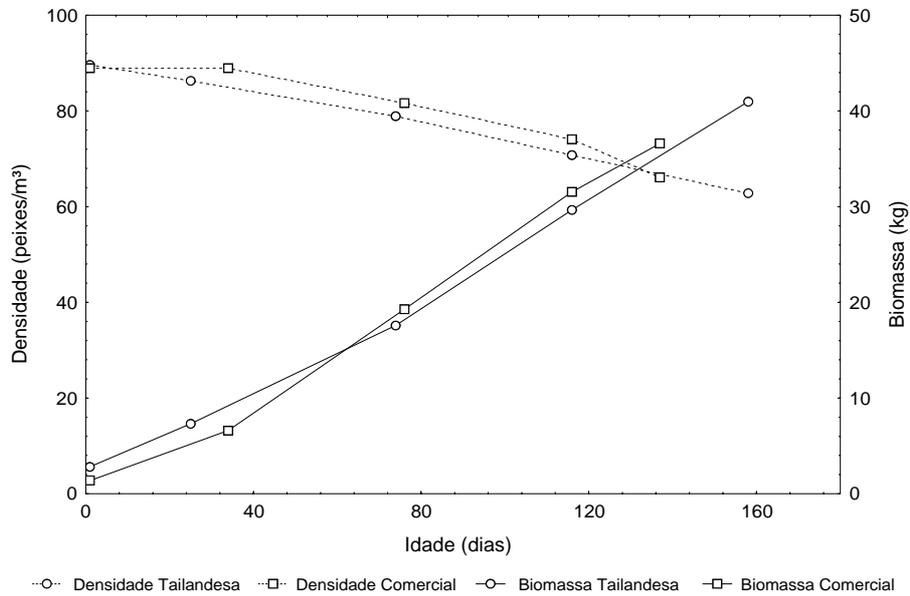


FIGURA 7. Mudanças na densidade (peixes/m³) e na biomassa (kg) dos tanques, em todo o período de cultivo das linhagens de tilápias.

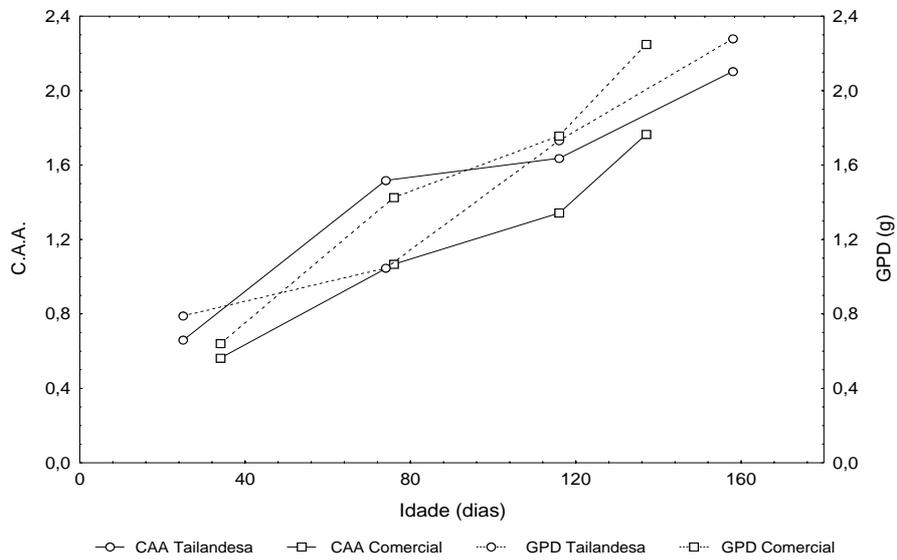


FIGURA 8. Conversão alimentar aparente (C.A.A.) e ganho de peso diário (GPD), em gramas, nas diferentes fases de crescimento das linhagens de tilápias.

4.2 Análise do crescimento

4.2.1 Curvas de crescimento

Os pesos médios, mínimos e máximos (g), de todas as idades de amostragem dos alevinos, bem como a variância dos pesos e o fator de ponderação estão apresentados na Tabela 2. Pode-se observar que as variâncias dos pesos não se mantiveram constantes no decorrer do tempo e, portanto, o fator de ponderação considerado foi o recíproco dessas variâncias. Isso porque, segundo Guedes et al. (2004), as pesagens que apresentam maiores variâncias influenciam menos nas estimativas dos parâmetros dos modelos.

TABELA 2. Pesos médios, mínimos e máximos (g) dos alevinos de tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, nas diferentes idades (dias).

Linhagem	Idade	Peso médio	Peso mínimo	Peso máximo	Variâncias dos pesos (g ²)	Fator de ponderação
Tailandesa	Inicial	11,63	5,27	21,51	21,178404	0,047218
	25	31,37	13,46	43,03	63,196140	0,015824
	74	82,59	31,39	147,88	907,36500	0,001102
	116	155,30	56,56	264,41	3314,5470	0,000302
	158	242,24	108,81	430,86	4836,6320	0,000207
Comercial	Inicial	5,73	2,66	10,63	4,87658889	0,205061
	34	27,51	16,76	40,69	38,1627400	0,026204
	76	87,39	44,47	146,99	742,513500	0,001347
	116	157,69	99,36	257,31	1637,19000	0,000611
	137	204,94	103,39	367,55	4503,40300	0,000222

A plotagem dos resíduos e_i , versus estimativas de \hat{Y}_i , indicaram claramente a existência de heterogeneidade de variâncias, exibindo um alargamento na banda de resíduos para a direita (Draper and Smith, 1998), conforme a Figura 9.

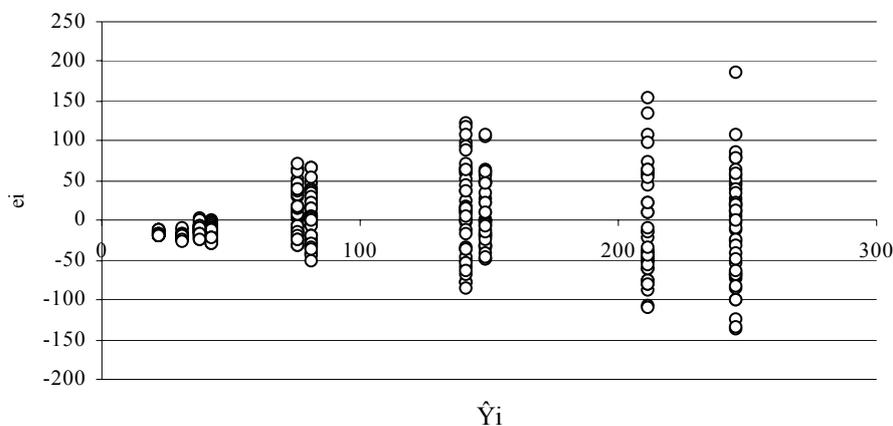


FIGURA 9. Plotagem dos resíduos (e_i) versus valores estimados (\hat{Y}_i), em quadrados mínimos não-ponderados.

Os parâmetros estimados do modelo exponencial, em quadrados mínimos não-ponderados, bem como as diferenças existentes entre as linhagens estudadas, encontram-se na Tabela 3. Nota-se que as estimativas de A não apresentaram diferenças significativas, indicando que os pesos iniciais das linhagens eram semelhantes. Já em relação às taxas de crescimento K, as estimativas indicaram uma diferença de 21,42% entre as linhagens, sendo maior para a linhagem Comercial. O comportamento das curvas pode ser visualizado na Figura 10.

TABELA 3. Estimativas dos parâmetros, intervalo de confiança e coeficiente de determinação ajustado do modelo não ponderado de crescimento exponencial dos alevinos de tilápia das linhagens Tailandesa e Comercial.

Linhagem	Parâmetros Estimados		Intervalo de Confiança				R^2 Aj.
			A (g)		K (g/dia)		
	A (g)	K (g/dia)	Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	
Tailandesa	30,5771 A*	0,0132 A	24,0544	37,0998	0,0117	0,0147	0,7500
Comercial	21,6209 A	0,0168 B	16,3100	26,9319	0,0148	0,0187	0,7760

* Estimativas seguidas de letras maiúsculas diferentes, em uma mesma coluna, não são iguais pela sobreposição de intervalo de confiança, a 5 %

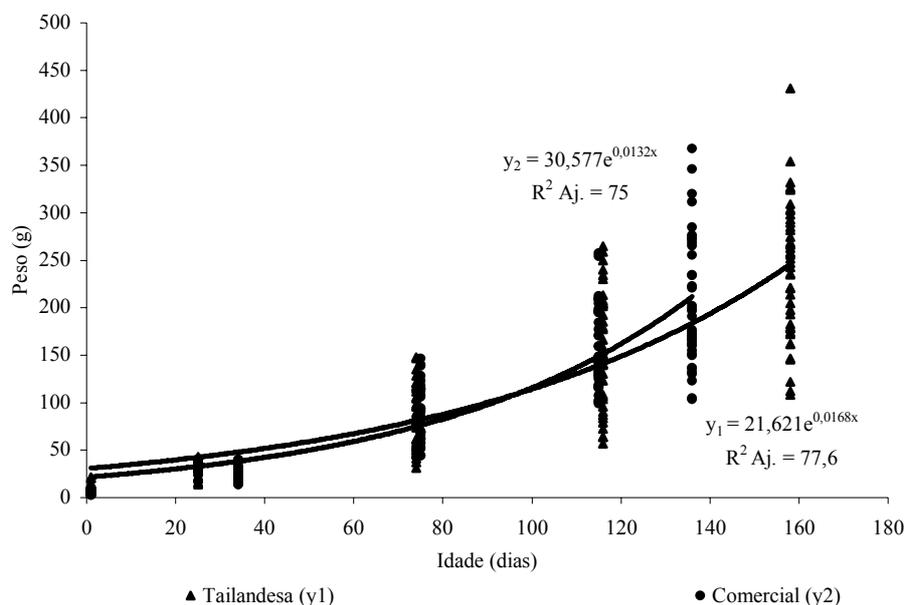


FIGURA 10. Peso (g), em função da idade (dias), do modelo exponencial de crescimento das linhagens de tilápia Tailandesa e Comercial, utilizando-se quadrados mínimos não ponderados nas estimativas dos parâmetros das curvas.

Na Tabela 4 são apresentados os parâmetros estimados do modelo exponencial em quadrados mínimos ponderados, bem como as diferenças existentes entre as linhagens estudadas. Nota-se que as estimativas de A apresentaram valores mais próximos dos pesos médios observados (Tabela 2). Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as linhagens e essa diferença foi da ordem de 53,88%, tendo a linhagem Tailandesa sido a que apresentou maior estimativa do peso inicial. Já em relação às taxas de crescimento K, as estimativas indicaram uma diferença de 32,27% entre as linhagens. O comportamento das curvas pode ser visualizado na Figura 11.

TABELA 4. Estimativas dos parâmetros, intervalo de confiança e coeficiente de determinação ajustado do modelo ponderado de crescimento exponencial dos alevinos de tilápia das linhagens Tailandesa e Comercial.

Linhagem	Parâmetros Estimados		Intervalo de Confiança				R ² Aj.
	A (g)	K (g/dia)	A (g)		K (g/dia)		
			Limite Inferior	Limite Superior	Limite Inferior	Limite Superior	
Tailandesa	18,1101 A*	0,0170 A	16,4443	19,7759	0,0162	0,0179	0,7747
Comercial	8,3518 B	0,0251 B	7,4820	9,2216	0,0240	0,0262	0,7960

* Estimativas seguidas de letras maiúsculas diferentes, em uma mesma coluna, não são iguais pela sobreposição de intervalo de confiança a 5 %

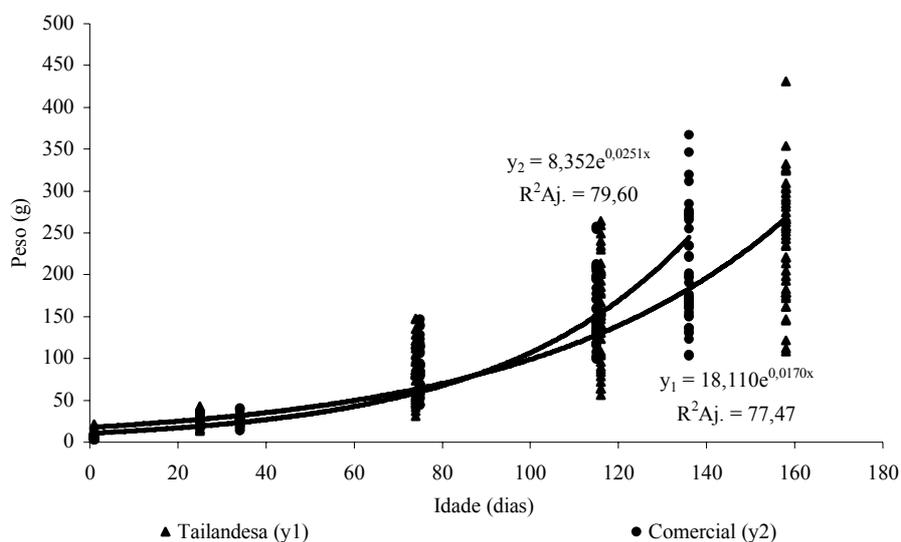


FIGURA 11. Peso (g), em função da idade (dias), do modelo exponencial de crescimento das linhagens de tilápia Tailandesa e Comercial, utilizando-se quadrados mínimos ponderados nas estimativas dos parâmetros das curvas.

Segundo Gamito (1998), no modelo de crescimento exponencial, o parâmetro “K” representa a taxa de crescimento específico e é constante, podendo ser calculado como $(\ln x_t - \ln x_0)/t$, em que x_t representa o peso final, x_0 o peso inicial e “t” o número de dias considerado.

Pode-se notar que, neste experimento, os pesos iniciais estimados (A) das duas linhagens foram superiores aos valores médios iniciais observados, tanto no modelo não ponderado como no ponderado pelo inverso das variâncias dos pesos. Além disso, embora a linhagem Tailandesa tenha apresentado uma estimativa do peso inicial mais elevada, sua taxa de crescimento específico foi menor em ambos os modelos, indicando menor velocidade de crescimento (g/dia), quando comparada com a Comercial (Tabelas 2, 3 e 4).

O crescimento de algumas espécies de peixes tem sido melhorado por programas de seleção e muitos criadores consideram a principal característica de desempenho. Entretanto, a taxa de crescimento apresenta certa complexidade de determinação, pois ela se altera durante o crescimento dos peixes de juvenis a adultos. Para o desenvolvimento da linhagem GIFT (do inglês *genetically improved farmed tilapia*) executado nas Filipinas, a taxa de crescimento foi a principal preocupação e, para o melhoramento dessa característica, foram escolhidos peixes de 90 a 120 dias. Essa foi uma escolha razoável como um indicador da taxa de crescimento global (Asian Development Bank, 2005).

Além disso, Santos (2004) relata que o estudo do crescimento de peixes por meio do ajuste de função matemática que descreva o peso em relação à idade é, muitas vezes, difícil, uma vez que as condições climáticas influenciam claramente essa relação, pois, em um determinado período, os peixes podem não estar crescendo. Entretanto, o estudo comparativo do crescimento entre linhagens de tilápias pode ser mais facilmente realizado quando elas são submetidas ao mesmo ambiente e condições de cultivo.

A ponderação do modelo exponencial para descrever o crescimento de tilápias apresentou-se como ferramenta eficaz nas estimativas dos parâmetros das curvas, aumentando os valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}). As estimativas de A não foram superestimadas como no modelo não ponderado e foram mais precisas, pois os intervalos de confiança foram mais

estreitos. Em relação às taxas de crescimento K, além de apresentarem valores maiores no modelo ponderado, as estimativas foram mais precisas. Embora o modelo não ponderado também tivesse apresentado diferença em K entre as linhagens, observa-se que o limite superior do intervalo de confiança da linhagem Tailandesa (0,0147) é apenas 0,0001 g/dia menor que o limite inferior da linhagem Comercial (0,0148) e os intervalos de confiança mais estreitos, encontrados no modelo ponderado, garantem maior confiabilidade dos resultados. Além disso, a diferença na taxa de crescimento entre as linhagens alterou de 21,42% para 32,27% no modelo ponderado em relação ao não ponderado e essa diferença de 10,85% pode ser mais decisiva na escolha de uma linhagem a ser cultivada pelos produtores.

4.2.2 Histologia

Imagens de secções transversais da musculatura lateral tomadas na região da nadadeira anal (MNA), abaixo da nadadeira dorsal (MND), do tecido adiposo subcutâneo (AS) e adiposo visceral (AV), estão apresentadas na Figura 12. Pôde-se notar tipos de fibras distintos que, presumivelmente, se referem às fibras brancas, rosas ou intermediárias e vermelhas, por suas características morfométricas e de localização.

Na amostra tomada na região da musculatura anal, foram observados os três tipos de fibras (brancas, rosas e vermelhas), separados por miosseptos (Figura 12a,c,d). Isso já não foi possível observar na amostra tomada abaixo da nadadeira dorsal, devido à profundidade do corte, onde se localiza basicamente músculo branco (Figura 12b).

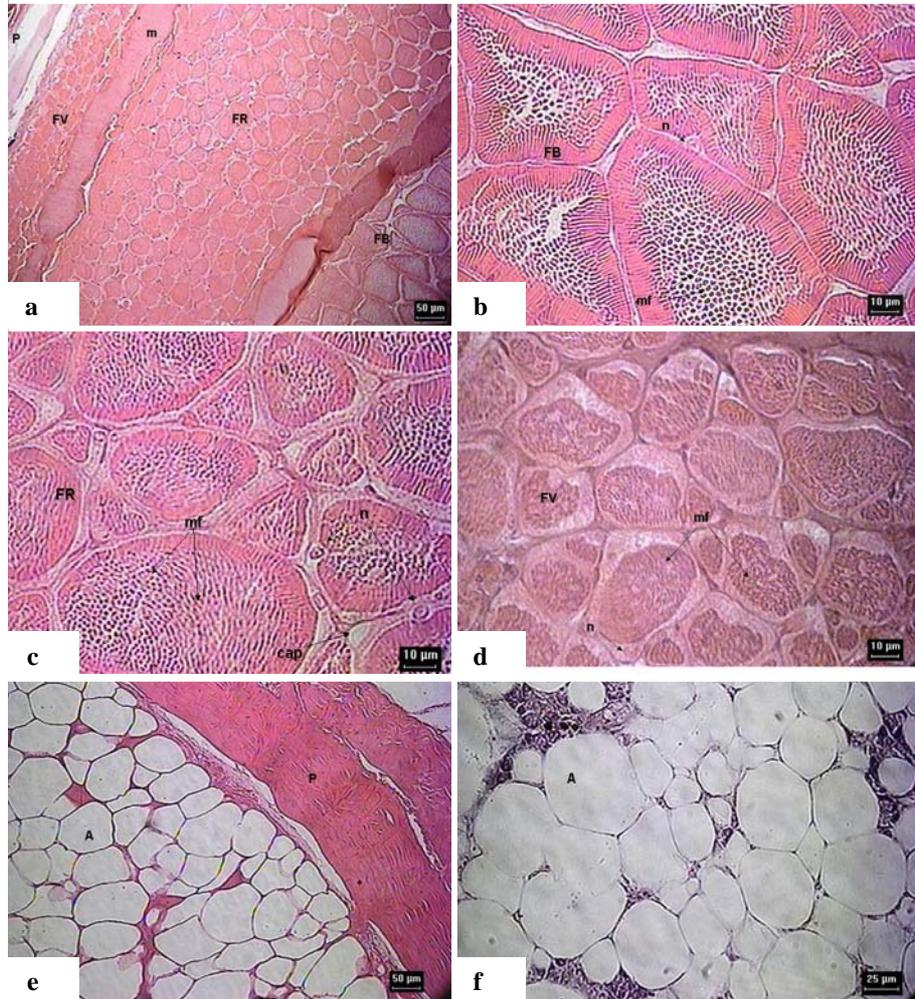


FIGURA 12. Corte transversal das diferentes amostras teciduais: (a) musculatura lateral na região caudal, (b) musculatura branca, (c) musculatura rosa ou intermediária, (d) musculatura vermelha, (e) tecido adiposo subcutâneo, (f) adiposo visceral. Abreviações: A, adipócito; P, pele; FB, fibras brancas; FR, fibras rosas; FV, fibras vermelhas; m, miossepto; n, núcleo; mf, miofibrila; cap, capilar.

4.2.2.1 Fibras musculares

A análise de variância do número de fibras/mm² mostrou efeito significativo (P<0,05) para linhagem e tamanho dos peixes (Tabela 1A, 2A e 3A). Os valores médios de cada linhagem e de cada classe de comprimento padrão estão apresentados na Tabela 5, 6 e 7. Pode-se observar que a linhagem Comercial apresentou maior número de fibras musculares brancas/mm², quando comparada com a Tailandesa. Em relação ao comprimento, peixes na classe de 5 a 10 cm também apresentaram maior número de fibras brancas/mm², quando comparados com a classe de 10 a 15 cm. (Tabela 5). As fibras musculares intermediárias ou rosas obtiveram o mesmo comportamento (Tabela 6).

TABELA 5. Médias do número de fibras musculares brancas/mm², em função da linhagem e do tamanho dos peixes.

Efeitos	Fibras brancas/mm ² (média ± erro padrão)		
		Dados transformados	Originais*
Linhagem	Tailandesa	5,8192 ± 0,0746 B	336,72
	Comercial	6,0610 ± 0,0751 A	428,81
Tamanho	5-10 cm	6,1708 ± 0,0769 A	478,56
	10-15 cm	5,7095 ± 0,0727 B	301,71

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

* Dados médios obtidos por meio da função inversa de ln (x);

TABELA 6. Médias do número de fibras musculares rosas/mm², em função da linhagem e do tamanho dos peixes.

Efeitos	Fibras rosas/mm ² (média ± erro Padrão)		
Linhagem	Tailandesa	1033,54 ± 69,95	B
	Comercial	1262,17 ± 63,83	A
Tamanho	5 - 10 cm	1361,91 ± 67,03	A
	10 - 15 cm	933,80 ± 66,88	B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

TABELA 7. Médias do número de fibras musculares vermelhas/mm², em função da linhagem e do tamanho dos peixes.

Efeitos		Fibras vermelhas/mm ² (média ± erro padrão)	
Linhagem	Tailandesa	2550,51 ± 112,19	A
	Comercial	2236,71 ± 106,09	B
Tamanho	5 - 10 cm	2617,36 ± 108,84	A
	10 - 15 cm	2169,87 ± 109,52	B

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

As observações de maior número de fibras/mm², tanto brancas quanto rosas, na Comercial, sugerem que, o programa de melhoramento genético nessa linhagem, voltado para aumento nas taxas de crescimento, proporcionou maior taxa de hiperplasia dessas fibras musculares. Isso é aceitável, uma vez que as fibras brancas e as rosas ocupam a maior parte do corpo de peixes teleósteos.

Segundo Sanger e Stoiber (2001), as fibras brancas representam mais de 70% da massa do músculo miotomal. Já a quantidade relativa de músculo rosa (intermediário) difere entre espécies e estágio de desenvolvimento dos peixes, sendo que, na carpa-comum (*Cyprinus carpio*), corresponde a cerca de 10% e é mais numerosa que o músculo vermelho (Gill et al., 1989). Entretanto, Sanger et al. (1988) afirmam que, nos ciprinídeos, a quantidade de fibra vermelha é sempre maior que a de fibra intermediária.

Pode-se observar que a linhagem Tailandesa apresentou um maior número de fibras musculares vermelhas/mm², quando comparada à Comercial. Em relaçao ao comprimento, peixes na classe de 5 a 10 cm também apresentaram maior número de fibras vermelhas/mm², quando comparados à classe de 10 a 15 cm (Tabela 7).

As fibras musculares vermelhas, sendo pequenas em diâmetro (25–45 μm), usualmente constituem menos de 10% e nunca mais que 30% da musculatura miotomal (Greer-Walker e Pull, 1975), estando mais presentes na região caudal (Zhang et al., 1996). A proporcao do músculo vermelho, na região

posterior, reflete o estilo de vida em particular. Predadores possuem não mais que 5% de músculo vermelho na região caudal (Luther et al., 1995). Segundo Katz (2002), uma motivação potencial para se ter mais músculos vermelhos é simplesmente a necessidade de manter maior velocidade aeróbica do que presas potenciais ou predadores competitivos, definindo, assim, uma estratégia efetiva.

A redução no número de células/mm², com o aumento do tamanho dos peixes, também é informativo da ocorrência do processo de hipertrofia celular e isso pôde ser verificado nos três tipos de fibras musculares.

A análise de variância para o tamanho médio das fibras musculares também mostrou efeito (P<0,05) do comprimento dos peixes (Tabela 4A e 5A), indicando que aqueles da classe de 5-10cm possuem menor diâmetro médio das fibras brancas e rosas (Tabela 8 e 9), quando comparados com peixes da classe de 10-15cm. Isso ocorre, provavelmente, como resultado da hipertrofia celular. Pode-se observar uma hipertrofia de 26% nas fibras brancas e de 13% nas rosas, indicando a grande capacidade de aumento da musculatura e a maior extensibilidade das fibras brancas em relação às rosas, nessas classes de tamanho de peixes estudadas.

TABELA 8. Diâmetro médio das fibras musculares brancas (μm), em função do comprimento das tilápias.

Comprimento do peixe	Diâmetro das fibras brancas (média \pm erro padrão)	
5-10 (cm)	56,70 \pm 2,30	B
10-15 (cm)	76,75 \pm 2,23	A

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

TABELA 9. Diâmetro médio das fibras musculares rosas (μm), em função do comprimento das tilápias.

Comprimento do peixe	Diâmetro das fibras rosas (média \pm erro padrão)
5-10 (cm)	29,79 \pm 1,34 B
10-15 (cm)	34,33 \pm 1,34 A

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

Para o diâmetro médio das fibras musculares vermelhas, a análise de variância mostrou efeito ($P < 0,05$) da interação entre linhagem e tamanho dos peixes (Tabela 6A).

Na Tabela 10, pode-se observar que tilápias da linhagem Tailandesa, na classe de tamanho de 10-15 cm, apresentaram aumento no tamanho médio das fibras musculares vermelhas de, aproximadamente, 13% em relação aos peixes de 5-10cm. Esse comportamento já não pôde ser observado na linhagem Comercial, em que o aumento no comprimento dos peixes não alterou o tamanho médio das fibras vermelhas. Isso pode ser um indicativo de uma maior contribuição de hiperplasia para o processo de crescimento dessas fibras na linhagem Comercial do que na Tailandesa e, ao contrário, maior contribuição de hipertrofia na linhagem Tailandesa do que na Comercial.

TABELA 10. Diâmetro médio das fibras musculares vermelhas (μm), em função do comprimento das tilápias (média \pm erro padrão).

Linhagem	Diâmetro das fibras vermelhas (μm)	
	Classe de comprimento	
	5-10cm	10-15cm
Tailandesa	17,45 \pm 0,5724 Ab	20,05 \pm 0,6491 Aa
Comercial	18,71 \pm 0,5724 Aa	18,91 \pm 0,5431 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha, não são iguais, pelo teste F, a 5%.

As fibras musculares crescem por hipertrofia, pela vida pós-embriogênica, até atingirem um diâmetro máximo funcional que é de, aproximadamente, 100–300 μ m para fibras brancas em muitos peixes, mas menor para fibras vermelhas que são muito mais dependentes do suprimento de oxigênio e de capilares adjacentes (Egginton & Johnston, 1982; Sanger, 1993).

A taxa de crescimento hipertrófico irá variar com a taxa de crescimento somático e em diferentes estágios de vida. Por exemplo, em larvas de pargos (*Sparus aurata*) cultivadas, o crescimento hipertrófico foi muito lento para os primeiros poucos dias depois da eclosão (máximo diâmetro de aproximadamente 11 μ m). Seguindo a transiao para a alimentaao exógena, aumentou rapidamente nas próximas 2-3 semanas (para um máximo de 30 μ m), atingindo uma taxa intermediária de crescimento que continuou pela vida juvenil até um peso do corpo de 200g (quando o diâmetro máximo atingiu 140 μ m), e durante o período inicial de maturao sexual como machos (para um diâmetro máximo de 170 μ m em 600g). Atingiu, finalmente, valor máximo de 200 μ m depois da subsequente transformaao em fêmea (2.800g).

A persistência de um crescimento hipertrófico pela vida juvenil até estágios adultos, até mesmo depois do crescimento hiperplastico ter cessado, também tem sido descrito para uma variedade de peixes (Rowlerson et al., 1995).

Rowlerson & Veggetti (2001) e Johnston (2007) dividem o crescimento hiperplastico pós-embrionário em fases “estratificada” e “mosaica”. A primeira fase é, em alguns aspectos, uma continuaçao da miogênese embriogênica, desde que ela ocorre por justaposiao entre uma zona de crescimento e completa a formaao das camadas musculares definitivas (vermelhas, ro-seas e brancas). Geralmente, em peixes com um crescimento para um grande tamanho final (por exemplo, truta, salmão, carpa, etc.), isso é seguido por um segundo e totalmente diferente processo hiperplastico, resultando em um grande aumento no número

total de fibras em todas as camadas musculares, especialmente na camada rápida-branca, com uma aparência mosaica típica.

A hiperplasia estratificada é o principal mecanismo responsável pelo aumento do número de fibras vermelhas, depois da eclosão (Veggetti et al., 1990; Rowleron et al., 1995; Barresi et al., 2001) e a hiperplasia mosaica é o principal mecanismo de crescimento das fibras brancas em estágios juvenis e adultos da maioria das espécies, continuando até, aproximadamente, 40% do máximo comprimento dos peixes (Weatherley et al., 1988).

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 está ilustrada a distribuição dos diâmetros das fibras musculares vermelhas, rosas e brancas, nas duas classes de comprimento dos peixes, 5-10cm e 10-15cm, das linhagens Tailandesa e Comercial. Essa distribuição caracteriza uma aparência mosaica e mostra a contribuição da hiperplasia e da hipertrofia para o crescimento dos peixes. Embora a fase de crescimento hiperplásico mosaico seja classificada como uma fase distinta de hiperplasia, ela ocorre simultaneamente ao processo de hipertrofia.

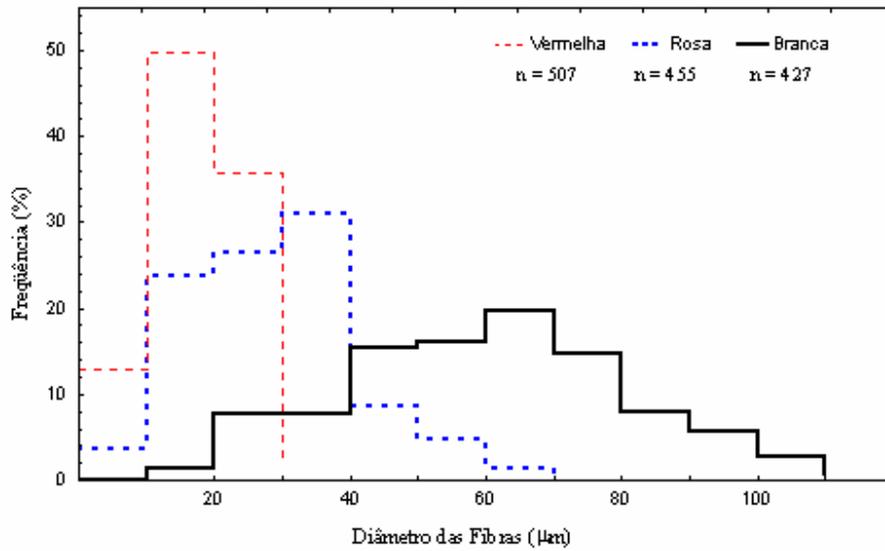


FIGURA 13. Distribuição dos diâmetros dos diferentes tipos de fibras musculares de tilápias de 5-10 cm da linhagem Tailandesa.

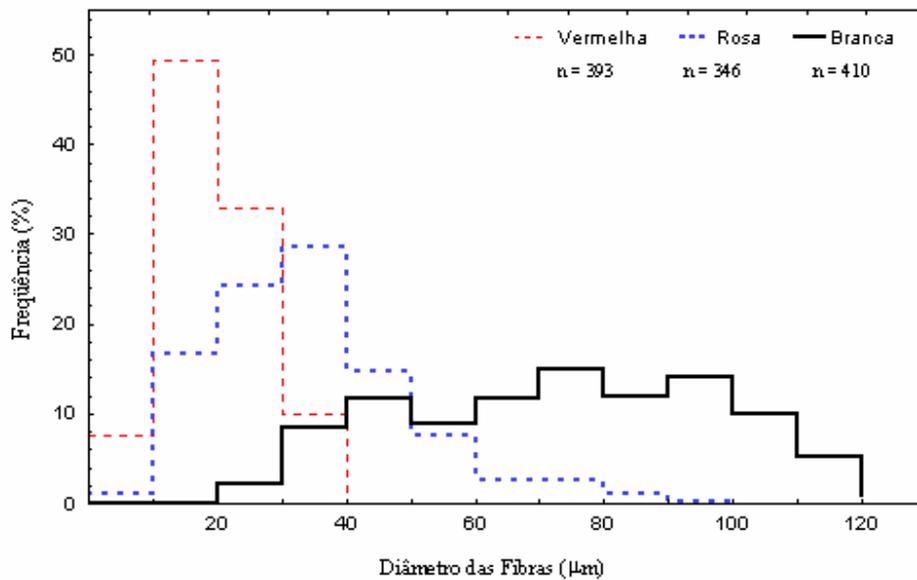


FIGURA 14. Distribuição dos diâmetros dos diferentes tipos de fibras musculares de tilápias de 10-15 cm da linhagem Tailandesa.

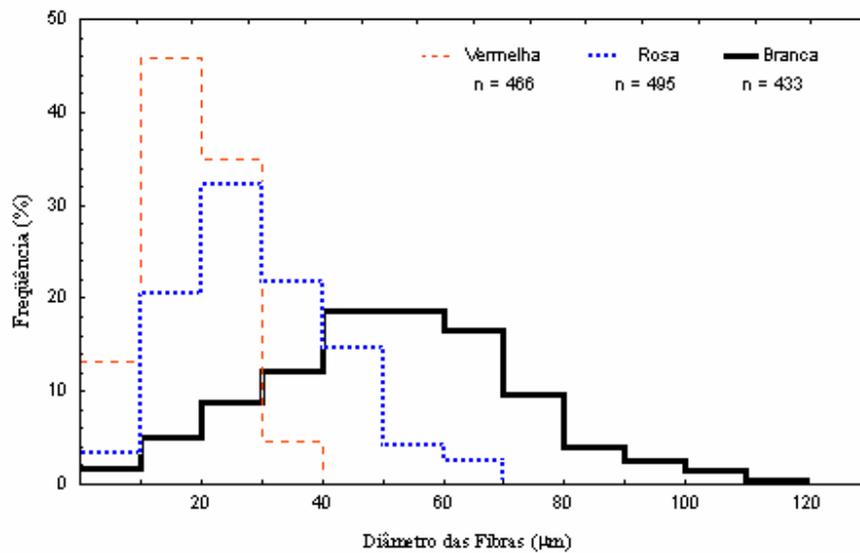


FIGURA 15. Distribuição dos diâmetros dos diferentes tipos de fibras musculares de tilápias de 5-10 cm da linhagem Comercial.

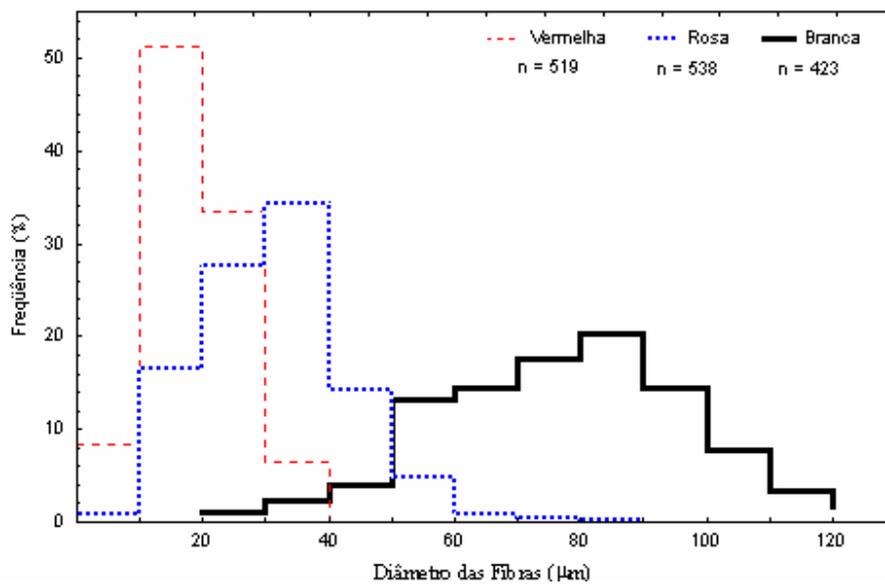


FIGURA 16. Distribuição dos diâmetros dos diferentes tipos de fibras musculares de tilápias de 10-15 cm da linhagem Comercial.

Aparentemente, tilápias da linhagem Tailandesa, nas classes de comprimento estudadas, possuem hiperplasia somente de fibras vermelhas e rosas. A maior contribuição para o crescimento da musculatura branca ocorre pelo processo de hipertrofia. A ausência de fibras brancas na menor classe de diâmetro, nas duas classes de comprimento dessa linhagem (Figuras 13 e 14), indica que o processo de hiperplasia, provavelmente, já tenha cessado como contribuição para o crescimento desse tipo muscular. Pode-se observar que também ocorre redução da contribuição da hiperplasia de fibras vermelhas e rosas, com o aumento do comprimento desses peixes. Essa redução é de 42% nas fibras vermelhas e acima de 50% nas rosas.

A hipertrofia dos diferentes tipos de fibras, na linhagem Tailandesa, pode ser facilmente observada pelo aparecimento da classe de diâmetro de 30 a 40 μ m nas fibras vermelhas, das classes de 70 a 80 μ m, 80 a 90 μ m e 90 a 100 μ m nas rosas e da classe de 110 a 120 μ m nas brancas. Além disso, pôde-se observar diminuição na proporção de fibras nas menores classes de diâmetros e aumento na proporção de fibras nas classes de maiores diâmetros.

Diferentemente da linhagem Tailandesa, a Comercial parece ter maior contribuição do processo de hiperplasia para o crescimento da musculatura branca, uma vez que foi constatada a presença da menor classe de diâmetro nesse tipo de fibra nos peixes com comprimento de 5-10cm. Isso já não foi observado nos peixes de 10-15cm e, interessante, o desaparecimento nas classes de diâmetro 0 a 10 μ m e 10 a 20 μ m indica o crescimento acelerado em hipertrofia nessa faixa de comprimento. A contribuição da hiperplasia de fibras vermelhas e rosas obteve comportamento semelhante ao da Tailandesa, embora a redução das fibras vermelhas na classe de menor diâmetro tenha sido de aproximadamente 35%, ou seja, 17% menor que a Tailandesa.

Da mesma forma que a Tailandesa, observou-se diminuição na proporção de fibras nas menores classes de diâmetros e aumento na proporção

de fibras nas classes de maiores diâmetros na linhagem Comercial. Entretanto, nas fibras rosas e brancas, esse processo parece ter ocorrido de modo mais acentuado nessa linhagem.

Santos (2004) e Santos et al. (2006) têm relatado maior precocidade da linhagem Tailandesa, quando comparada com a Comercial. Provavelmente, essa maior precocidade está associada com o aporte de energia voltado para o desenvolvimento gonadal. Uma vez que o processo de síntese de novas fibras (hiperplasia) é de maior custo energético do que a hipertrofia (Usher et al., 1994), a mobilização de energia para o crescimento muscular possivelmente é maior em uma linhagem tardia, quando comparada com uma precoce. Isso pode explicar a maior contribuição do processo de hiperplasia de fibras para o crescimento da linhagem Comercial em relação à Tailandesa.

Esses resultados diferem do trabalho de Johnston et al. (2000), com as linhagens de salmão-do-atlântico, no qual as populações precoces tiveram um desempenho de crescimento superior associado a um período mais longo de recrutamento de fibras.

4.2.2.2 Adipócitos

A análise de variância para o número de adipócitos/área mostrou efeito significativo somente da interação entre linhagem e classe de comprimento dos peixes (Tabela 8A). Não houve efeito, portanto, de local de amostragem, indicando que os tecidos adiposo visceral e subcutâneo ventral são semelhantes quanto ao número de adipócitos/área, independentemente do tamanho dos peixes.

O desdobramento da interação (Tabela 9A) mostrou efeito significativo de linhagem em cada classe de comprimento. Os peixes de 5-10cm da linhagem Tailandesa apresentaram menor quantidade de células/mm² do que a Comercial

entretanto, o oposto ocorreu nos peixes de 10-15cm, nos quais a Comercial apresentou menor adipócitos/área do que a Tailandesa. Além disso, na linhagem Comercial observa-se que, com o aumento do comprimento dos peixes, ocorre redução no número de adipócitos/mm² (Tabela 11). Essa redução foi da ordem de 49%. Isso já não foi observado na linhagem Tailandesa, na qual o aumento do comprimento não influenciou no número de células de gordura/área.

TABELA 11. Médias do número de adipócitos/mm², em função da linhagem e do tamanho dos peixes.

Adipócitos/mm ² (média ± erro padrão)						
Linhagem	Classe de comprimento					
	5-10cm		10-15cm			
	Dados transformados	Originais*	Dados transformados	Originais		
Tailandesa	5,13 ± 0,07	Ba	168,68	5,08 ± 0,08	Aa	160,65
Comercial	5,55 ± 0,06	Aa	257,79	4,87 ± 0,06	Bb	130,89

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes em uma mesma coluna, não são iguais, pelo teste F, a 6%. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes em uma mesma linha não são iguais pelo, teste F, a 5%.

* Dados médios obtidos por meio da função inversa de ln (x).

Pode-se notar que o número de adipócitos/área da linhagem Comercial, na primeira classe de comprimento, é muito superior ao da linhagem Tailandesa. Isso indica um maior processo de hipertrofia das células de gordura nessa linhagem.

O maior número de células de gordura/área encontrado na linhagem Comercial na classe de comprimento de 5-10cm pode estar associado a uma série de fatores, como: efeito materno, nutrição e alimentação no estágio larval e pós-larval, capacidade filtradora, comportamento alimentar, metabolismo, etc., associados a fatores hormonais e à genética dessa linhagem. O fato é que esse maior número de células encontrado em um menor estágio de crescimento pode ser favorável, no sentido de reservar maior proporção de nutrientes essenciais na formação de novas células (ácidos graxos poliinsaturados, fosfolípidios, etc.)

em estágios posteriores, como fibras musculares, por exemplo. Por outro lado, também poderia estar associado à maior capacidade de deposição de gordura em outros estágios de crescimento, tendo, portanto, maior predisposição para a deposição de lipídios.

A análise de variância para diâmetro dos adipócitos mostrou efeito significativo do local de amostragem e da interação entre linhagem e classe de comprimento dos peixes (Tabela 10A). O desdobramento da interação (Tabela 11A) mostrou efeito significativo de linhagem na classe de 5-10cm e do tamanho na linhagem Comercial. Isso indica que, com o crescimento da linhagem Comercial, ocorre aumento no diâmetro médio dos adipócitos. Os diâmetros médios dos adipócitos em cada local de amostragem, bem como das linhagens em cada classe de tamanho, estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12. Médias dos diâmetros (μm) dos adipócitos e erro padrão (EP) nos diferentes locais de amostragem e nas linhagens em diferentes classes de comprimento dos peixes.

Local		Diâmetro \pm EP			
Visceral		107,36	\pm 3,65	A	
Subcutâneo Ventral		119,58	\pm 2,71	B	
Linhagem	Classe de comprimento				
	5-10 cm			10-15 cm	
Tailandesa	108,99	\pm 3,95	A a	118,82	\pm 5,63 A a
Comercial	96,83	\pm 4,10	B a	129,24	\pm 4,30 A b

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha não são iguais, pelo teste F, a 5%.

O tecido adiposo subcutâneo ventral apresentou maior diâmetro médio dos adipócitos, quando comparado com o tecido visceral. Essa diferença foi na ordem de 10,2%. Zhou et al. (1996), estudando a distribuição de adipócitos em salmão do Atlântico, na região das nadadeiras ventrais, tecido mesentérico e miossepto do músculo branco, por procedimentos de digestão tecidual

enzimática e secção histológica, não encontraram diferenças no tamanho médio dos adipócitos das nadadeiras ventrais e do mesentério. Nenhuma diferença significativa foi observada na morfologia e na distribuição de tamanho desse tecido de peixes de diferentes tamanhos.

A linhagem Comercial apresentou aumento de 34,2% no diâmetro médio dos adipócitos nos peixes de 10-15cm, quando comparados com os peixes na classe de 5-10cm. Isso indica um claro processo de hipertrofia de adipócitos nesta linhagem. Esse aumento de tamanho dos adipócitos já não foi observado na linhagem Tailandesa.

A presença de adipócitos de pequenos diâmetros ($<20\mu\text{m}$) no tecido adiposo visceral ocorreu apenas na linhagem Comercial e isso permanece em peixes de 10-15cm, sugerindo a continuidade do processo de hiperplasia, ocorrendo concomitantemente à hipertrofia. Na verdade, interessante, a ausência de adipócitos de $20-40\mu\text{m}$ nos peixes de 10-15cm sugere o início de um segundo processo de hiperplasia, devido ao acentuado processo de hipertrofia que pôde ser observado nessa linhagem, como ilustrado nas Figuras 17 e 18. Isso pode ter ocorrido pelo fato de as células de gordura possuírem um limite de extensibilidade que pode ocorrer em torno de 180 a $220\mu\text{m}$ nessa linhagem, pois, segundo Palmquist & Mattos (2006), o maior diâmetro já encontrado em animais excessivamente gordos é ao redor de $250\mu\text{m}$. Entretanto, estudos dos diâmetros dos adipócitos devem ser realizados em peixes em maiores classes de comprimento, como 15-20 e 20-25cm, por exemplo.

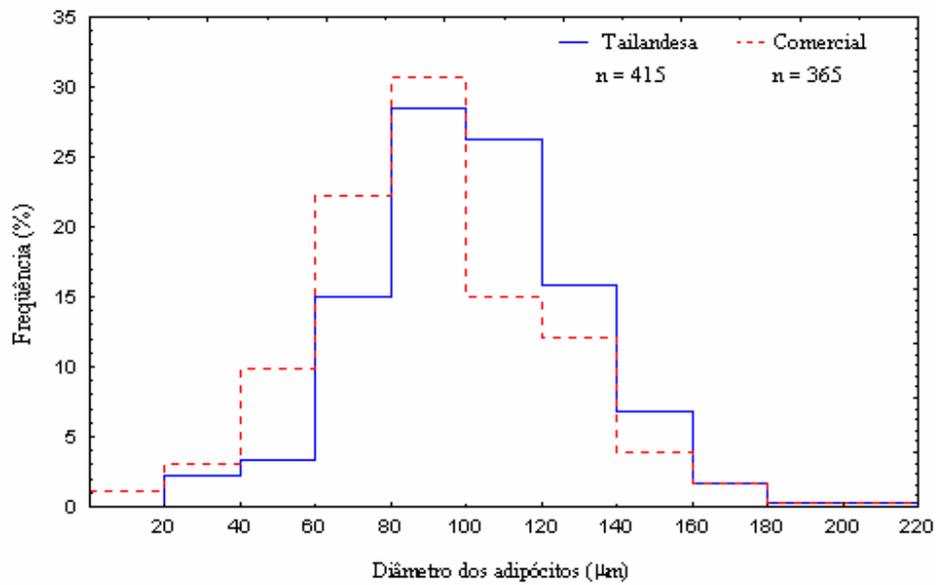


FIGURA 17. Distribuição dos diâmetros dos adipócitos viscerais de tilápias de 5-10 cm das linhagens Tailandesa e Comercial.

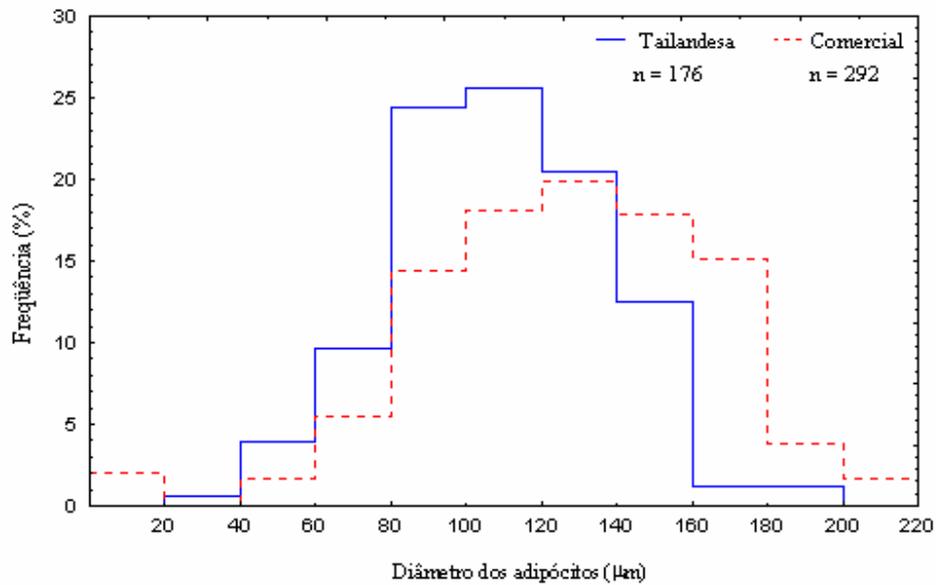


FIGURA 18. Distribuição dos diâmetros dos adipócitos viscerais de tilápias de 10-15 cm das linhagens Tailandesa e Comercial.

Para a linhagem Tailandesa, parece não ocorrer alteração na distribuição dos diâmetros dos adipócitos viscerais com o aumento do comprimento dos peixes de 5-10cm para 10-15cm (Figuras 17 e 18).

O tecido adiposo subcutâneo não apresentou células menores que 40 μ m nas duas linhagens de tilápias e nas duas classes de comprimento (Figuras 19 e 20). Por outro lado, células maiores que 220 μ m puderam ser encontradas nas duas linhagens de tilápias em peixes de 10-15 μ m e elas não foram maiores que 260 μ m.

Apesar disso, a hipertrofia de adipócitos não foi muito clara no tecido adiposo subcutâneo, quando se observou a distribuição dos diâmetros das células. A linhagem Comercial apresentou redução na proporção de células de 80 a 100 μ m e aumento nas de 140 a 160 μ m, indicando o processo de hipertrofia. Porém, na linhagem Tailandesa, não foram observadas alterações significativas na distribuição dos diâmetros dos adipócitos.

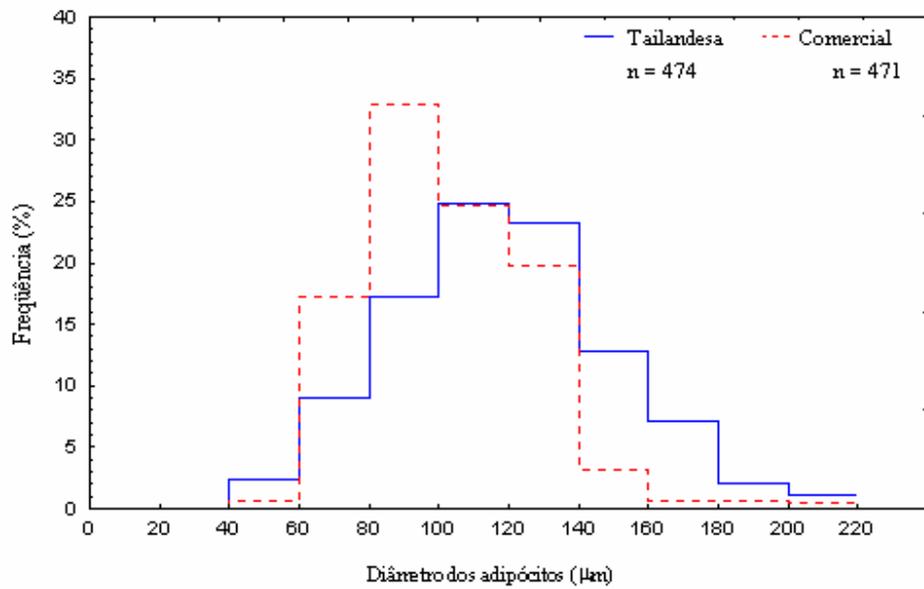


FIGURA 19. Distribuição dos diâmetros dos adipócitos subcutâneos ventrais de tilápias de 5-10 cm das linhagens Tailandesa e Comercial.

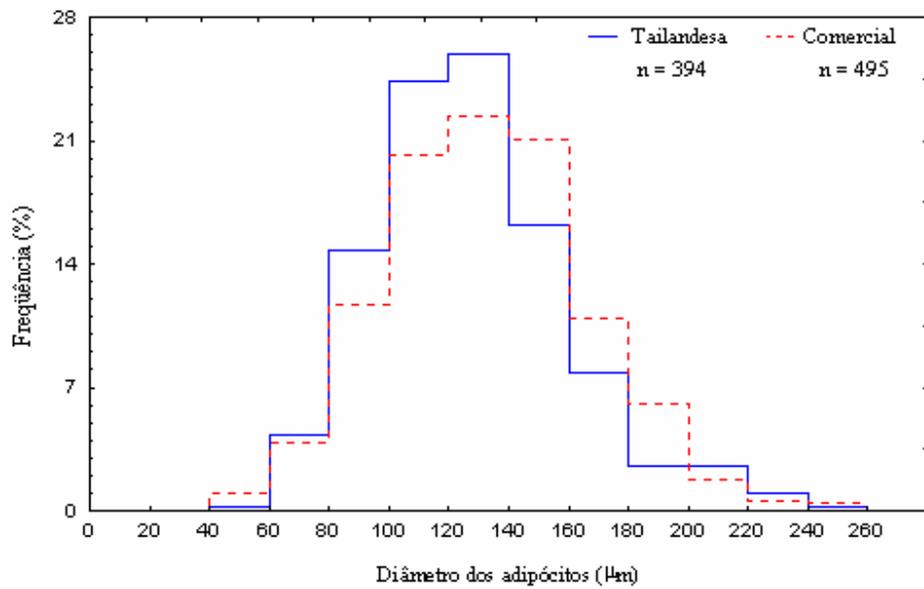


FIGURA 20. Distribuição dos diâmetros dos adipócitos subcutâneos ventrais de tilápias de 10-15 cm das linhagens Tailandesa e Comercial.

4.2.3 Composição química

A análise de variância mostrou efeito ($P < 0,05$) da interação entre linhagem e classe de tamanho para umidade, extrato etéreo, carboidratos e energia (Tabelas 15A, 19A, 23A e 26A). A porcentagem de cinzas mostrou efeito significativo do tamanho do peixe, independentemente da linhagem (Tabela 18A). Por outro lado, a porcentagem de proteínas não obteve nenhum efeito significativo ($P > 0,10$), apresentando média de 10,12% (Tabela 22A).

Todos os desdobramentos das interações mostraram efeito significativo do tamanho dos peixes em cada linhagem de tilápia (Tabelas 16A, 20A, 24A e 27A) e de linhagem nas classes de tamanho 5-10cm e 10-15cm (Tabelas 17A, 21A, 25A e 28A). Não houve diferença entre as linhagens quanto à composição química na classe de 15-20cm. Os valores médios dos componentes químicos estão apresentados na Tabela 13.

TABELA 13. Médias e erros padrões (EP) das variáveis de composição química do corpo de linhagens de tilápias, em função do tamanho dos peixes.

Variável	Linhagem	Tamanho (cm)			EP
		5-10	10-15	15-20	
Umidade (%)	Tailandesa	76,74 aB	73,55 bB	73,34 bA	0,6176
	Comercial	80,53 aA	75,58 bA	72,35 cB	
EE (%)*	Tailandesa	4,76 bA	9,34 aA	8,77 aA	0,4117
	Comercial	3,09 bB	7,81 aB	8,77 aA	
PB (%)	Tailandesa	10,15 aA	9,71 aA	9,90 aA	0,3377
	Comercial	10,19 aA	10,40 aA	10,37 aA	
Cinzas (%)	Tailandesa	2,99 aA	3,02 aA	3,72 bA	0,1632
	Comercial	2,99 aA	3,43 aA	3,52 aA	
Carboidratos (%)	Tailandesa	5,36 aA	4,38 aA	4,28 aA	0,316
	Comercial	3,21 bB	2,79 bB	4,98 aA	
Energia (kcal/g)	Tailandesa	104,87 bA	140,38 aA	135,62 aA	3,9242
	Comercial	81,35 cB	123,02 bB	140,34 aA	

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna não são iguais, pelo teste F, a 5%. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha não são iguais, pelo teste de Tukey, a 5%.

*Interação entre linhagem e tamanho, significativa a 10%.

Pode-se observar, pelos dados da Tabela 13, que os peixes na classe de menor comprimento (5-10cm) apresentaram maior % de umidade e menor % de lipídios e energia (kcal/g), quando comparados com os peixes das demais classes, e esse comportamento foi semelhante para as duas linhagens de tilápias.

A linhagem Tailandesa não apresentou diferença nos componentes químicos nas classes de 10-15 e de 15-20cm. Isso já não foi observado na linhagem Comercial, na qual peixes de 15 a 20cm apresentaram menor porcentagem de umidade, maior porcentagem de carboidratos e energia do que peixes de 10-15cm. Isso indica um maior dinamismo dos componentes químicos na linhagem Comercial, quando comparada com a Tailandesa.

A linhagem Comercial apresentou maior porcentagem de umidade nas classes de comprimento de 5-10cm e 10-15cm e menor na classe de 15-20cm quando comparada com a Tailandesa. Isso indica maior redução na porcentagem de umidade na linhagem Comercial com o crescimento dos peixes. A linhagem Tailandesa apresentou decréscimo de 4,4%, enquanto a Comercial, decréscimo de 10,2% na porcentagem de umidade de peixes na classe de comprimento de 5-10cm, quando comparados com peixes de 15-20cm. Isso pode ser visualizado na Figura 21.

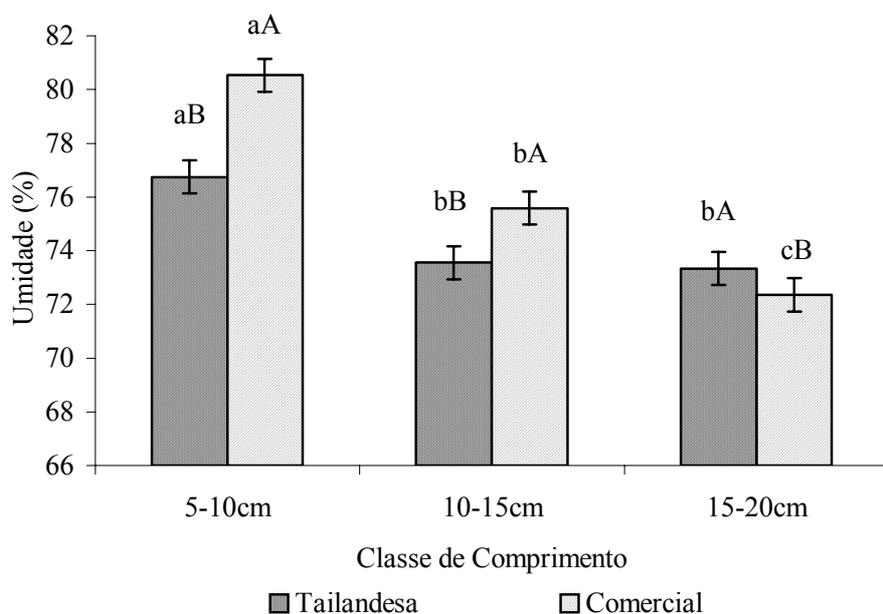


FIGURA 21. Histograma ilustrando o comportamento da umidade (%) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

O conteúdo de extrato etéreo, como indicativo do conteúdo de gordura, aumentou consideravelmente nos peixes de 10-15, quando comparado aos peixes de 5-10cm e não foi diferente dos peixes de 15-20cm. Esse acréscimo foi

semelhante nas duas linhagens e mais acentuado na Comercial do que na Tailandesa (153% e 96%, respectivamente). Entretanto, a linhagem Tailandesa apresentou maior % de extrato etéreo nos peixes de 5-10cm e 10-15cm do que a Comercial. Na classe de 15-20cm não houve diferença entre as linhagens. Isso pode ser melhor visualizado na Figura 22.

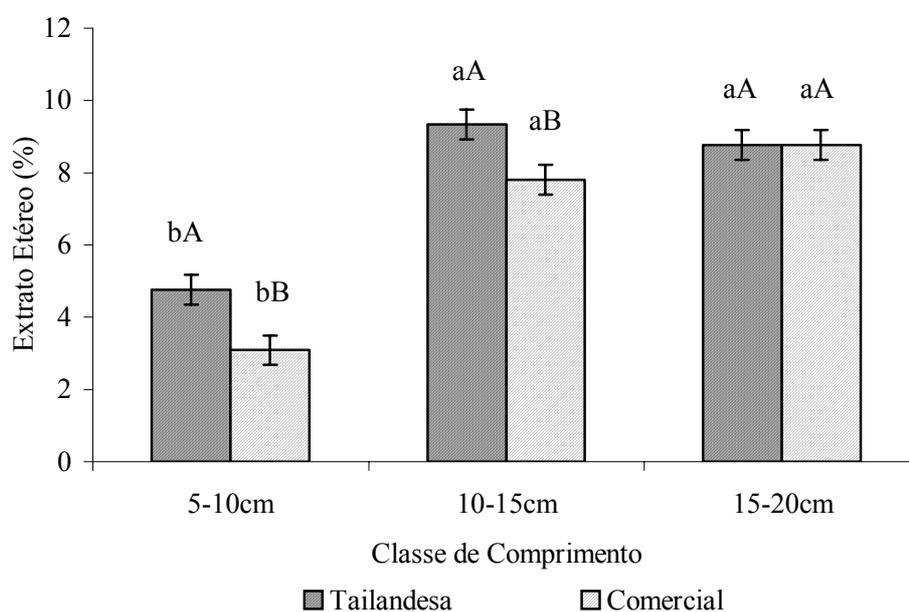


FIGURA 22. Histograma ilustrando o comportamento do extrato etéreo (%) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

Neste trabalho, pôde-se observar uma relação inversa entre a porcentagem de água e a de gordura. Isso tem sido observado em inúmeros trabalhos conduzidos em peixes e parece ser uma consistência entre as diversas espécies que vivem sob diferentes condições de alimentação, crescimento e desenvolvimento reprodutivo (Jobling et al., 2002).

As diferenças nas taxas de crescimento, encontradas entre as linhagens Tailandesa e Comercial, sugerem diferentes taxas metabólicas na mobilização de nutrientes que alteram a composição centesimal, particularmente o conteúdo de água e lipídios encontrados neste experimento. Ressalta-se que as duas linhagens foram cultivadas com a mesma dieta, contendo níveis de proteína e lipídios recomendados para esses peixes, na mesma qualidade de água.

O conteúdo protéico (%) não apresentou alteração com o crescimento dos peixes e foi semelhante entre as linhagens (Figura 23). Shearer (1994) afirma que o conteúdo protéico de salmonídeos em crescimento é determinado somente pelo tamanho do peixe e não é afetado pela taxa de crescimento, dieta ou fatores ambientais. O conteúdo protéico de muitas espécies de peixes aumenta suavemente ou permanece mais ou menos estável com o aumento do peso do corpo (Ramseyer, 2002).

Heinsbroek et al. (2007) encontraram até mesmo diminuição no conteúdo protéico, com o aumento de tamanho de enguias *Anguilla anguilla*. Essas informações explicam a falta de significância do efeito do comprimento no conteúdo protéico das tilápias, encontrada neste experimento.

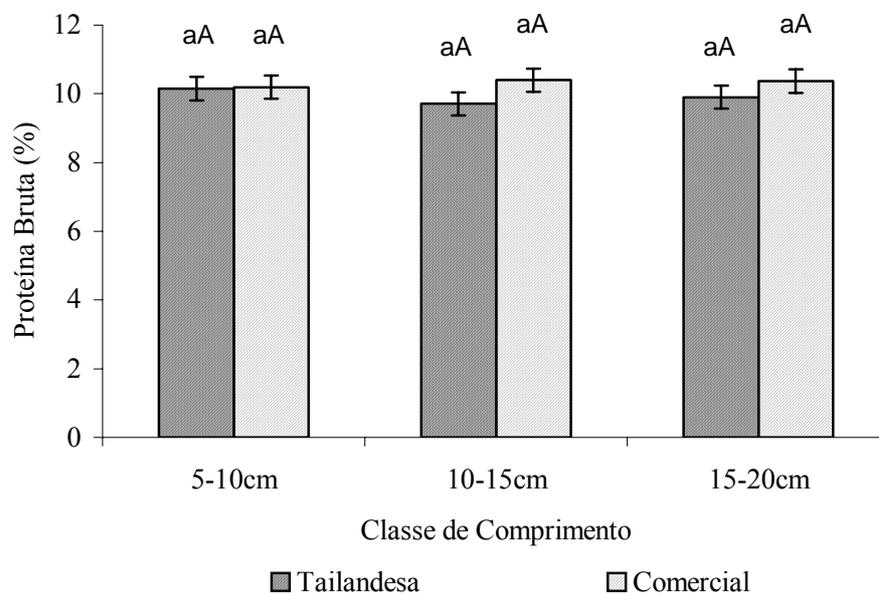


FIGURA 23. Histograma ilustrando o comportamento da proteína bruta (%) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

Os peixes na classe de 15 a 20cm também apresentaram maior porcentagem de cinzas quando comparados com os peixes de 5-10cm, embora não tenha sido diferente dos peixes de 10-15cm. O acréscimo na porcentagem de cinzas foi de 21% e não houve diferença entre as linhagens Tailandesa e Comercial. Na Figura 24 estão ilustrados esses resultados.

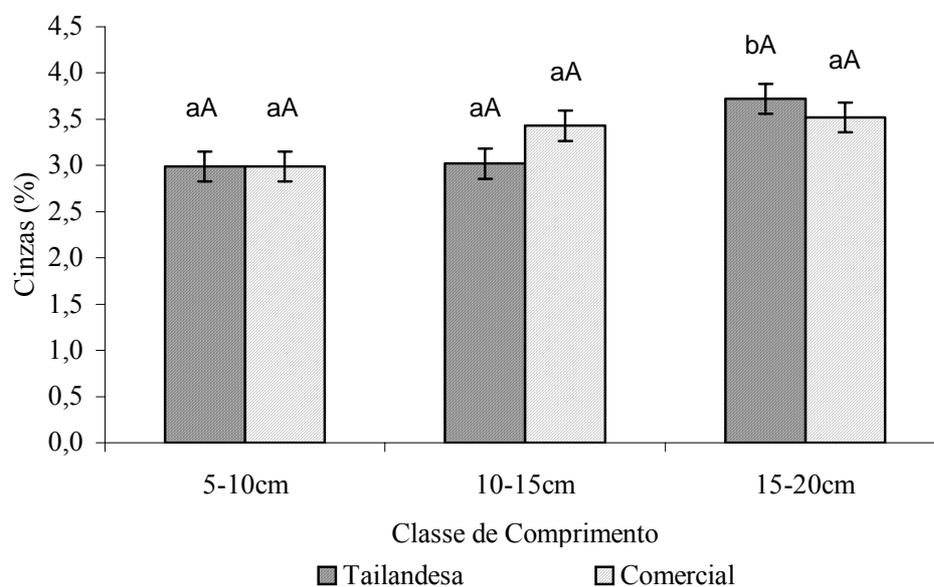


FIGURA 24. Histograma ilustrando o comportamento das cinzas (%) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

Quanto à porcentagem de carboidratos, pôde-se observar que não houve alteração entre as diferentes classes de comprimento na linhagem Tailandesa, ao passo que, na Comercial, os peixes da classe de 15-20cm apresentaram aumento de 55%, quando comparados com os das classes de 5-10 e 10-15cm (Figura 25). Esse acréscimo com o crescimento dos peixes na linhagem Comercial e a diferença encontrada em relação à Tailandesa pode estar associado a diferenças no crescimento alométrico do tecido muscular dessas linhagens, uma vez que os carboidratos encontrados correspondem basicamente ao glicogênio muscular. Santos et al. (2006) encontraram diferenças significativas no crescimento alométrico do filé nas linhagens Tailandesa e Supreme, tendo a linhagem Supreme coeficiente alométrico positivo ($b > 1$), ou seja, o desenvolvimento do

filé é proporcionalmente maior do que o corpo. Já para a Tailandesa, o crescimento do filé foi isogônico ($b=1$), ou seja, desenvolvimento proporcional ao corpo.

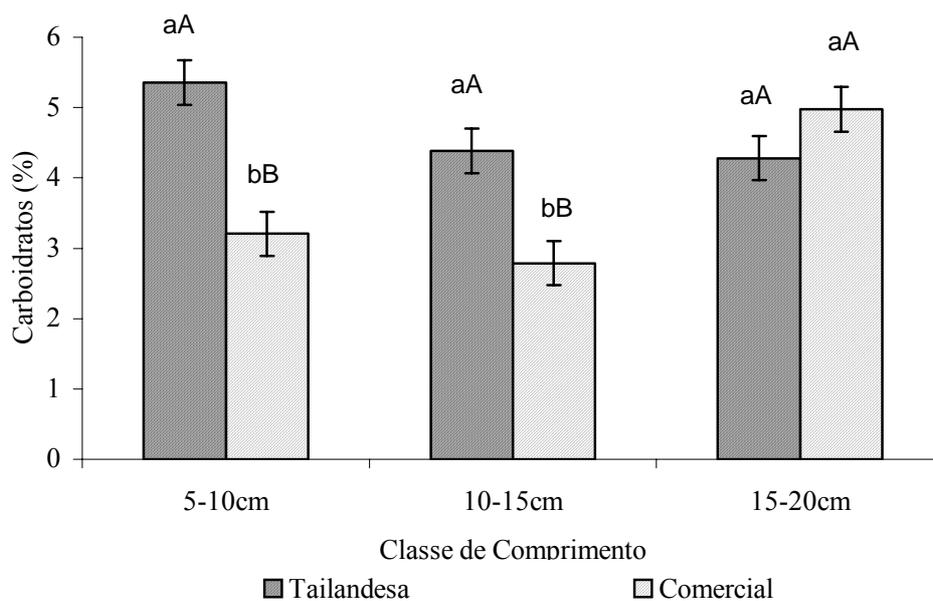


FIGURA 25. Histograma ilustrando o comportamento dos carboidratos (%) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

Ganho em biomassa (em peso vivo), em animais, é o resultado da deposição de água, proteína, gordura, minerais e uma pequena quantidade de outros componentes (glicogênio, etc.). A quantidade de componentes depositados por unidade de ganho de peso vivo não é constante, mas altera com o peso do animal, o alimento utilizado, o estado fisiológico e outros fatores (Bureau et al., 2006). O conteúdo protéico de peixes permanece relativamente constante entre os estágios de vida e é pouco afetado por fatores da dieta; o

conteúdo de lipídios do peixe é variável, dependendo do aporte de energia e do crescimento (Shearer, 1994).

A quantidade de energia (kcal/g) aumentou com o crescimento dos peixes, nas duas linhagens. Esse acréscimo foi de 32% na Tailandesa e 72% na Comercial. A linhagem Tailandesa apresentou maior quantidade de energia nas classes de 5-10cm e 10-15cm, quando comparada com a Comercial e, na classe de 15-20cm, não houve diferenças entre elas. Nos peixes de 5-10cm, essa diferença foi da ordem de 22% e, nos peixes de 10-15, de 12%. Isso está ilustrado na Figura 26.

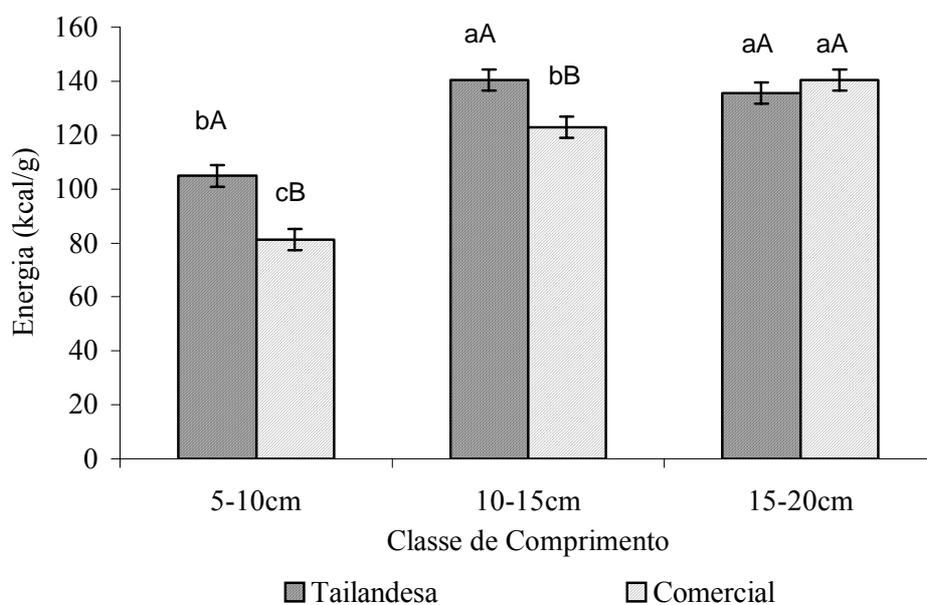


FIGURA 25. Histograma ilustrando o comportamento da energia (kcal/g) com o crescimento das tilápias das linhagens Tailandesa e Comercial, diferenciando as classes de comprimento por letras minúsculas e as linhagens por letras maiúsculas.

Carboidratos, proteína bruta e lipídios contêm 17,2, 23,6 e 39,5 kJ/g de energia bruta, respectivamente. Desde que o conteúdo de carboidratos é

relativamente pequeno em peixes (Shearer, 1994), sua contribuição para o conteúdo de energia bruta do corpo inteiro é desprezível. O conteúdo de energia de peixes é, portanto, dependente da proteína bruta e de lipídios (Gunther et al., 2005). Entretanto, nesse experimento, o conteúdo de carboidratos foi de aproximadamente 5% e não poderia ser desconsiderado.

Segundo Weatherley & Gill (1983), valores de conteúdo calórico obtidos a partir de calorimetria direta foram maiores do que aqueles obtidos indiretamente dos valores de proteínas e lipídios em trutas. Entretanto, mesmo desconsiderando a energia proveniente de carboidratos, esses autores admitiram que as diferenças foram pequenas entre essas formas de obtenção do conteúdo de energia.

No presente estudo, o conteúdo de proteína se manteve basicamente constante com o aumento do comprimento dos peixes e foi praticamente o mesmo nas linhagens de tilápias e, embora o conteúdo de lipídios tenha apresentado interação significativa entre linhagem e tamanho, somente a 10% de significância, eles, provavelmente, foram os responsáveis pelas diferenças encontradas no comportamento do conteúdo de energia entre as linhagens nas diferentes classes de tamanho.

Lugo et al. (2003) compararam a composição corporal de dois grupos genéticos de tilápias. Ambos foram semelhantes, apresentando diferenças somente na composição do filé. Um exemplo de diferenças significativas foi reportado por Cook et al. (2000) que compararam o crescimento e a composição corporal de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) transgênico e não-geneticamente modificado. O genótipo transgênico obteve 2,62-2,85 vezes maior crescimento que o genótipo não-transgênico, mas a composição corporal do genótipo transgênico apresentou menor conteúdo de matéria, proteína, cinzas e lipídios. A diferença no conteúdo de lipídio foi notável, com 2,84% no transgênico e 5,57%

no não-transgênico. A redução no conteúdo de proteínas e lipídios no genótipo transgênico foi devida a sua maior taxa metabólica.

O fato da linhagem Tailandesa, aparentemente, apresentar maior conteúdo de lipídios nas primeiras classes de comprimento, poderia sugerir um maior desenvolvimento de seu tecido adiposo. Entretanto, a linhagem Comercial foi a que apresentou maior hiperplasia e hipertrofia desse tecido. Na verdade, a massa corporal correspondente ao tecido adiposo não foi estudada entre as linhagens e nem mesmo o conteúdo de lipídios na carcaça, mas, visivelmente, a Tailandesa apresentou maior quantidade de tecido adiposo visceral.

Lugo et al. (2003) concluíram que possível foco de estudos poderia ser a avaliação de outros componentes corporais e características para determinar elementos que poderiam auxiliar na proveitosa exploração de tilápias. Isso deve ser realizado principalmente considerando diferenças entre grupos genéticos.

5 CONCLUSÕES

O modelo exponencial descreveu adequadamente o crescimento dos alevinos das linhagens de tilápias Tailandesa e Comercial, nas condições de realização deste experimento. Entretanto, deve ser aplicado somente com o intuito de comparação entre espécies ou linhagens em períodos curtos e não como um modelo generalizado de crescimento.

A ponderação do modelo exponencial de crescimento, pelo inverso da variância dos pesos, melhorou a qualidade dos ajustes, a estimação e a confiabilidade dos parâmetros.

A dinâmica do desenvolvimento do tecido muscular e adiposo ocorreu diferentemente entre as linhagens Tailandesa e Comercial.

A maior taxa de crescimento, encontrada na linhagem Comercial, reflete a maior contribuição do processo de hiperplasia e hipertrofia de fibras musculares brancas e hipertrofia de adipócitos, observando-se maior dinâmica dos processos de hiperplasia e hipertrofia do tecido adiposo visceral e hipertrofia do adiposo subcutâneo ventral, quando comparada com a Tailandesa.

As diferenças encontradas nas taxas de crescimento dessas linhagens de tilápias influenciam as taxas metabólicas de mobilização, principalmente de água e lipídios, alterando a dinâmica de deposição desses elementos e do conteúdo energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMI-DUARTE, H.; FAUCONNEAU, B.; ROUEL, M.; ESCAFFRE, A. M.; BERGOT, P. Growth and multiplication of white skeletal muscle fibres in carp larvae in relation to somatic growth rate. **Journal of Fish Biology**, v. 50, p.1285-1302, 1997.

ASIAN DEVELOPMENT BANK. **An impact evaluation of the development of genetically improved farmed tilapia and their dissemination in selected countries**. 2005. Disponível em: <<http://www.adb.org/Publications>> Acesso em: 14 fev. 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18.ed. Arlington, 1995. 2v.

AYALA, M. D.; GARCÍA-ALCÁZAR, A.; GIL, F. Crescimento muscular en larvas de lubina atlántica, *Dicentrarchus labrax* L., cultivadas a diferentes temperaturas. **Anales de Veterinaria de Murcia**, Murcia, v. 17, p. 81-89, 2001.

BARRESI, M. J.; ANGELO, J. A. D'; HERNÁNDEZ, L. P.; DEVOTO, S. H.. Distinct mechanisms regulate slow-muscle development. **Current Biology**, v. 11, p.1432-1438, 2001.

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.; GJERD, B. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 160, n. 1/2, p. 145-173, 1998.

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

BERTALANFFY, L. von. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quartely Review of Biology**, v. 32, p. 217-230, 1957.

BONE, Q. Locomotor muscle. In: RANDALL, D. J.; CONTE, F. P. **Fish physiology**. New York: Academic, 1978. v.7.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**; with special reference to the efficiency complex of domestic animals. New York: Hafner, 1945. 1023 p.

BUREAU, D. P.; HUA, K.; CHO, C. Y. Effect of feeding level on growth and nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) growing from 150 to 600g. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 1090-1098, 2006.

COOK J. T.; MCNIVEN, M. A.; RICHARDSON, G. F.; SUTTERLIN, A. M. Growth rate, body composition and feed digestibility/conversion of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 188, p. 15-32, 2000.

DAL PAI-SILVA, M.; CARVALHO, R. F.; PELLIZZON, C. H.; DAL PAI, V. Muscle growth in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): histochemical, ultrastructural and morphometric study. **Tissue & Cell**, v. 35, p. 179-187, 2003.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3.ed. New York: J.Wiley, 1998. 706p.

EGGINTON, S.; JOHNSTON, I. A. A morphometric analysis of regional differences in myotomal muscle ultrastructure in the juvenile eel (*Anguilla anguilla* L.). **Cell Tissue Res.**, v. 222, p. 579-596, 1982.

ELIAS, A. M. **Análise de curvas de crescimento de vacas da raça Nelore, Guzerá e Gir**. 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

EL-SAID, D. M. S.; GABER, M. M. A. Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. **Aquaculture Research**, v. 36, p. 163-171, 2005.

FAUCONNEAU, B.; ALAMI-DURANTE, H.; LAROCHE, M.; MARCEL, J.; VOLLT, D. Growth and meat quality relations in carp. **Aquaculture**, v. 129, p. 265-297, 1995.

FAUCONNEAU, B.; ANDRÉ, S.; CHMITILLY, J.; LEBAIL, P. Y.; KRIEG, F.; KAUSHIK, S. J. Control of skeletal muscle fibres and adipose cells size in the flesh of rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v. 50, p. 296-314, 1997.

FAUCONNEAU, B.; CORRAZE, G.; LEBAIL, P.Y.; VERNIER, J. M. Lipid storage in fish: cellular, metabolic and hormonal control. **Inra, Production Animal**, v. 3, p. 369-381, 1991.

FITZHUGH Jr., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 42, n. 4, p. 717-725, 1976.

GALLOWAY, T. F.; KJØRSVIK, E.; KRYVI, H. Muscle growth and development in Atlantic cod larvae (*Gadus morhua* L.) related to different somatic growth rates. **Journal of Experimental Biology**, v. 202, p. 2111-2120, 1999.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 133, n. 1/3, p. 83-94, Nov. 1998.

GILL, H. S.; WEATHERLEY, A. H.; LEE, R.; LEGERE, D. Histochemical characterization of myotomal muscle of five teleost species. **Journal of Fish Biology**, v.34, p.375-386, 1989.

GRANT, A. L.; HELFERICH, W. G. An overview of growth. In: PERSON, A. M.; DUTSON, T. R. **Growth regulation in farm animals: advances in meat research**. London/New York: Elsevier Applied Science, 1991. v. 7, 629 p.

GREGOIRE, F. M.; SMAS, C. M.; SUL, H. S. Understanding adipocyte differentiation. **Physiological Reviews**, v. 78, n. 3, 1998.

GUEDES, M. H. P.; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J. R. O.; SILVA, F. F.; AQUINO, L. H.; SANTOS, C. L. Estudo das curvas de crescimento de cordeiros das raças santa inês e bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 28, n. 2, p. 381-388, 2004.

GUNTHER, S. J.; MOCCIA, R. D.; BUREAU, D. P. Growth and whole body composition of lake trout (*Salvelinus namaycush*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and their hybrid, F1 splake (*Salvelinus namaycush* X *Salvelinus fontinalis*), from first-feeding to 16 weeks post first-feeding. **Aquaculture**, v. 249, p. 195-204, 2005.

HAMMOND, J. **Growth and development of mutton qualities in the sheep**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1932.

HEINSBROEK L. T. N.; VAN HOOFF P. L. A.; SWINKELS W.; TANCK, M. W.T.; SCHRAMA, J. W.; VERRETH, J. A. J. Effects of feed composition on life history developments in feed intake, metabolism, growth and body composition of European eel, *Anguilla anguilla*. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 267, p. 175–187, 2007.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas – uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 73-84, jan./jun. 1995.

JOBLING, A.; LARSEN, A.V.; ANDREASSEN, B.; OLSEN, R. L. Adiposity and growth of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. **Aquaculture research**, v. 33, p. 533-541, 2002.

JOHNSTON, I. A. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. **Aquaculture**, v. 177, p. 99-115, 1999.

JOHNSTON, I. A. Genetic and environmental determinants of muscle growth patterns. In: _____. **Muscle development and growth**. London: Academic, 2001a. v. 18.

JOHNSTON, I. A. Genetic and environmental determinants of muscle growth patterns. **Fish Physiology**, v. 18, p.141–186, 2001b.

JOHNSTON, I. A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **The Journal of Experimental Biology**, v. 209, p. 2249-2264, 2007.

JOHNSTON, I. A.; ALDERSON, R.; SANDHAM, C.; MITCHELL, D.; SELKIRK, C.; DINGWALL, A.; NICKELL, D.; BAKER, R.; ROBERTSON, B.; WHYTE, D.; SPRINGATE, J. Patterns of muscle growth in early and late maturing populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture**, v. 189, p. 307-333, 2000.

JOHNSTON, I. A.; COLE, N. J.; ABERCROMBY, M.; VIEIRA, V. L. A. Embryonic temperature modulates muscle growth characteristics in larval and juvenile herring. **Journal Exp. Biology**, v. 201, p. 623-686, 1998.

KATZ, S. I. Design of heterothermic muscle in fish. **The Journal of Experimental Biology**, v. 205, p. 2251-2266, 2002.

KIESSLING, A.; STOREBAKKEN, T.; ÅSGÅRD, T.; KIESSLING, K. H. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. I. Growth dynamics. **Aquaculture**, v. 93, p. 335-356, 1991.

KOUMANS, J. T. M.; ASKER, H. A. Myogenic cells in development and growth of fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 110 A, p. 3-20, 1995.

LAIRD, A. K. Dynamics of relative growth. **Growth**, v. 29, n. 9, p. 249-263, 1965.

LUGO, M. G.; ALVAREZ, I. G.; NOVOA, M. A. O; CÓRDOVA, G. M. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia X Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research**, v. 34, p. 1023-1028, 2003.

LUPATSCH, I.; KISSIL, G. WM.; SKLAN, D.; PFEFFER, E. Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). **Aquaculture Nutrition**, v. 7, p. 71-80, 2001.

LUTHER, P. K.; MUNRO, P. M. G.; SQUIRE, J. M. Muscle ultrastructure in the teleost fish. **Micron**, v. 26, p. 431-459, 1995.

MAZZINI, A. R. A. **Análise da curva de crescimento de machos Hereford considerando heterogeneidade de variâncias e autocorrelação dos erros**. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOMMSEN, T. P. Paradigms of growth in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 129, p. 207-219, 2001.

NEJEDLI, S.; KOZARIA, Z.; KANTURA, V. G.; PETRINEC, Z.; ZOBUNDZIJA, M.; SARUSIA, G.; SUSIA, V. Growth dynamics of white muscle fibres in relation to somatic growth of larvae of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). **Veterinary Research Communications**, v. 30, p. 523-529, 2006

NELDER, J. A. The fitting of a generation of the logistic curve. **Biometrics**, v. 17, p. 89-110, 1961.

OGATA, H. Y.; SHEARER, K. D. Influence of dietary fat and adiposity on feed intake of juvenile red sea bream *Pargus major*. **Aquaculture**, v. 189, p. 237-249, 2000.

OLIVEIRA, H. N.; LÔBO, R. B.; PEREIRA, C. S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1843-1851, 2000.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídios. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. P.; OLIVEIRA, S. G. de. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.

PASTERNAK, H.; SHALEV, B. A. The effect of a feature of regression disturbance on the efficiency of fitting growth curves. **Growth, Development & Aging**, Bar Harbor, v. 58, n. 1, p. 33-39, 1994.

RAMSEYER, L. J. Predicting whole-fish nitrogen content from fish wetweight using regression analysis. **North American Journal of Aquaculture**, v. 64, p. 195-204, 2002.

RICHARDS, J. F. A flexible growth function for empirical use. **Journal of Experimental Botany**, v. 10, p. 290, 1959.

ROMANELLO, M. G.; SCAPOLO, P. A.; LUPRANO, S.; MASCARELLO, F. Post-larval growth in the lateral white muscle of the eel, *Anguilla anguilla*. **Journal of Fish Biology**, v. 30, p. 161-172, 1987.

ROWLERSON, A.; MASCARELLO, F.; RADAELLI, G.; VEGGETTI, A. Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L): II. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 16, p. 223-236, 1995.

ROWLERSON, A.; VEGGETTI, A. Cellular mechanisms of post-embryonic muscle growth in aquaculture species. In: _____. **Muscle development and growth**. London: Academic, 2001. v. 18.

SÄNGER, A. M. Limits to the acclimation of fish muscle. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 3, p.1-15, 1993.

SÄNGER, A. M.; STOIBER, W. Muscle fiber diversity and plasticity. In: JOHNSTON, I. A. **Muscle development and growth**. London: Academic, 2001. v. 18.

SÄNGER, A. M.; STOIBER, W. Muscle fiber diversity and plasticity. **Fish Physiology**, v. 18, p. 187, 2001.

SÄNGER, A. M.; CLAASSEN, H.; ADAM, H. The arrangement of muscle fiber types in the axial muscle of various cyprinids (Teleostei). **Zoologischer Anzeiger**, v. 221, p. 44-49, 1988.

SANTOS, C. L. **Estudo do desempenho, das características de carcaça e do crescimento alométrico de cordeiros da raça Santa Inês e Bergamácia**. 1999. 143 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, C. L. **Estudo do crescimento e da composição química dos cortes de carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia**. 2002. 257p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, V. B. dos. **Crescimento morfométrico e alométrico de linhagens de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, V. B.; FREATO, T. A.; FREITAS, R. T. F.; LOGATO, P. V. R. Crescimento relativo e coeficientes alométricos do corpo de linhagens de tilápias do Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, p. 357-364, 2006.

SERLACHIUS, M.; ANDERSSON, L. C. Upregulated expression of stanniocalcin-1 during adipogenesis. **Experimental Cell Research**, v. 296, p. 256– 264, 2004.

SHAPIRO S. S.; WILK M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika** v. 52, n. 3, p.591-599, 1965.

SHEARER, K. D. Changes in elemental composition of hatchery-reared rainbow trout, *Salmo gairdneri*, associated with growth and reproduction. **Canadian Journal of Fish and Aquatic Science**, v. 41, p. 1592-1600, 1984.

SHEARER, K. D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, v. 119, p. 63– 88, 1994.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1998. 165p.

USHER, M. L.; STICKLAND, N. C.; THORPE, J. E. Muscle development in Atlantic salmon (*Salmo salar*) embryos and the effect of temperature on muscle cellularity. **Journal of Fish Biology**, v. 44, p. 953-964, 1994.

VALENTE, L. M.; ROCHA, E.; GOMES, E. F. S.; SILVA, M. W.; OLIVEIRA, M. H.; MONTEIRO, R. A. F.; FAUCONNEAU, B. Growth dynamics of white and red muscle fibres in fast- and slow- growing strains of rainbow trout. **Journal of Fish Biology**, v. 55, p. 675-691, 1999.

VEGGETTI, A.; MASCARELLO, F.; SCAPOLO, P. A. ROWKERSON, A. Hyperplastic and hipertrophic growth of lateral muscle in *Dicentrarchus labrax* (L.). An ultrastructural and morphometric study. **Anatomy Embryology**, v. 182, p. 1-10, 1990.

VERNON, R. G. Lipid metabolism in the adipose tissue of ruminant animals. **Prog. Lipid Research**, v. 19, p. 23, 1980.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. Protein, lipid, water and caloric contents of immature rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, growing at different rates. **Journal of Fish Biology**, v. 23, p. 653-673, 1983.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. Growth dynamics of white myotomal muscle fibres in the bluntnose minnow, *Pimephales notatus* Rafinesque, and comparison with rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Biology**, v. 25, p. 13-24, 1984.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. London: Academic, 1987. 443 p.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S.; LOBO, A. F. Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleosts and their relationship to somatic growth and ultimate size. **Journal of Fish Biology**, v. 33, p. 851-859, 1988.

ZHANG, G.; SWANK, D. M.; ROME, L. C. Quantitative distribution of muscle fiber types in the scup *Stenotomus chrysops*. **Journal of Morphology**, v. 229, p. 71-81, 1996.

ZHOU, S.; ACKMAN, R. G.; MORRISON, C. Adipocytes and lipid distribution in the muscle tissue of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 66, p. 365-371. 1996.

ZIMMERMANN, S. O bom desempenho das Chitraladas no Brasil. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 60, p. 15-19, jul./ago. 2000.

ZIMMERMANN, S. Um moderno instrumental genético no melhoramento e na rastreabilidade de tilápias nilóticas. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, p. 69, mar./abr. 2003. p. 69.

ANEXOS

ANEXO		Página
TABELA 1A.	Quadro de análise de variância para número de fibras brancas/mm ²	82
TABELA 2A.	Quadro de análise de variância para número de fibras rosas/mm ²	82
TABELA 3A.	Quadro de análise de variância para número de fibras vermelhas/mm ²	82
TABELA 4A	Quadro de análise de variância do diâmetro (µm) médio das fibras brancas.....	83
TABELA 5A	Quadro de análise de variância do diâmetro (µm) médio das fibras rosas.....	83
TABELA 6A	Quadro de análise de variância do diâmetro (µm) médio das fibras vermelhas.....	83
TABELA 7A	Quadro de análise de variância do diâmetro médio das fibras musculares vermelhas, para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	84
TABELA 8A	Quadro de análise de variância do diâmetro médio das fibras musculares vermelhas, para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	84
TABELA 9A	Quadro de análise de variância para número de adipócitos/mm ²	84
TABELA 10A	Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm ² para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	85

TABELA 11A.	Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm ² para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	85
TABELA 12A.	Quadro de análise de variância do diâmetro (µm) médio dos dipócitos.....	85
TABELA 13A.	Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm ² para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	85
TABELA 14A.	Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm ² para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	86
TABELA 15A.	Quadro de análise de variância da variável umidade (%)......	86
TABELA 16A.	Quadro de análise de variância da % de umidade para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	86
TABELA 17A.	Quadro de análise de variância da % de umidade para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	86
TABELA 18A.	Quadro de análise de variância da variável cinzas (%)......	87
TABELA 19A.	Quadro de análise de variância da variável extrato etéreo (%)......	87
TABELA 20A.	Quadro de análise de variância da % de extrato etéreo para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	87
TABELA 21A.	Quadro de análise de variância da % de extrato etéreo para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	88
TABELA 22A.	Quadro de análise de variância da variável proteínas (%)......	88

TABELA 23A.	Quadro de análise de variância da variável carboidratos (%).....	88
TABELA 24A.	Quadro de análise de variância da % de carboidratos para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	89
TABELA 25A.	Quadro de análise de variância da % de carboidratos para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	89
TABELA 26A.	Quadro de análise de variância da variável energia (Kcal/g).....	89
TABELA 27A.	Quadro de análise de variância de energia (kcal/g) para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.....	89
TABELA 28A.	Quadro de análise de variância de energia (kcal/g) para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.....	90

TABELA 1A. Quadro de análise de variância para número de fibras brancas/mm².

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	0,52274	0,52274	5,22	0,0291
Tamanho	1	1,90331	1,90331	19,00	0,0001
Lin*Tamanho	1	0,02055	0,02055	0,21	0,6536
Erro	32	3,2056	0,10017		
Total Corrigido	35	5,53718			
CV (%)	5,34				
Média geral	5,93				

TABELA 2A. Quadro de análise de variância para número de fibras rosas/mm².

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	391177,64	391177,64	5,83	0,0228
Tamanho	1	1371472,68	1371472,68	20,44	0,0001
Lin*Tamanho	1	115013,33	115013,33	1,71	0,2015
Erro	27	1811776,58	67102,84		
Total Corrigido	30	3440013,943			
CV (%)	22,29				
Média geral	1162,01				

TABELA 3A. Quadro de análise de variância para número de fibras vermelhas/mm².

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	880679,82	880679,82	4,13	0,0500
Tamanho	1	1791032,20	1791032,20	8,4	0,0067
Lin*Tamanho	1	17681,45	17681,45	0,08	0,7752
Erro	32	6823525,87	213235,18		
Total Corrigido	35	9648235,14			
CV (%)	19,35				
Média geral	2386,13				

TABELA 4A. Quadro de análise de variância do diâmetro (μm) médio das fibras brancas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	16,241	16,241	0,18	0,6729
Tamanho	1	3510,23	3510,23	39,26	<0,0001
Lin*Tamanho	1	175,138	175,138	1,96	0,1715
Erro	31	2771,47	89,4023		
Total Corrigido	34	6416,28			
CV (%)	14,09				
Média Geral	67,09				

TABELA 5A. Quadro de análise de variância do diâmetro (μm) médio das fibras rosas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	32,1595	32,1595	1,00	0,3244
Tamanho	1	183,7920	183,7920	5,73	0,0228
Lin*Tamanho	1	87,0399	87,0399	2,71	0,1094
Erro	32	1.027,1657	32,0989		
Total Corrigido	35	1.308,6150			
CV (%)	17,75				
Média Geral	31,92				

TABELA 6A. Quadro de análise de variância do diâmetro (μm) médio das fibras vermelhas.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	0,03375	0,0338	0,0100	0,9155
Tamanho	1	16,79108	16,7911	5,6900	0,0233
Lin*Tamanho	1	12,33049	12,3305	4,1800	0,0495
Erro	31	91,4268	2,9493		
Total Corrigido	34	118,5830			
CV (%)	9,18				
Média Geral	18,71				

TABELA 7A. Quadro de análise de variância do diâmetro médio das fibras musculares vermelhas, para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	1	26,50712	26,50712	8,99	0,0053
Comercial	1	0,189263	0,189263	0,06	0,8017

TABELA 8A. Quadro de análise de variância do diâmetro médio das fibras musculares vermelhas, para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	7,1442	7,1442	2,42	0,1298
10-15cm	1	5,3018	5,3018	1,80	0,1897

TABELA 9A. Quadro de análise de variância para número de adipócitos/mm².

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	0,14930	0,14930	2,57	0,1156
Tamanho (Tam)	1	1,63900	1,63900	28,19	<0,0001
Local (Loc)	1	0,06967	0,06967	1,2	0,2791
Lin*Tam	1	1,22848	1,22848	21,13	<0,0001
Lin*Loc	1	0,08636	0,08636	1,49	0,2289
Tam*Loc	1	0,00153	0,00153	0,03	0,8716
Lin*Tam*Loc	1	0,02568	0,02568	0,44	0,5095
Erro	48	2,79061	0,05814		
Total Corrigido	55	7,06576			
CV (%)		4,65			
Média Geral		5,19			

TABELA 10A. Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm² para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	1	0,01239	0,01239	0,21	0,6464
Comercial	1	3,53001	3,53001	60,72	<0,0001

TABELA 11A. Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm² para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	1,3465	1,3465	23,16	<0,0001
10-15cm	1	0,2227	0,2227	3,83	0,0562

TABELA 12A. Quadro de análise de variância do diâmetro (µm) médio dos adipócitos.

FV	GL	SQ	QM	F	P>F
Linhagem (Lin)	1	10,13445	10,13445	0,04	0,849
Tamanho (Tam)	1	5983,46548	5983,46548	21,6	<0,0001
Local	1	2001,75911	2001,75911	7,23	0,0095
Lin*Tam	1	1710,61315	1710,61315	6,17	0,0161
Lin*Local	1	202,15070	202,15070	0,73	0,3968
Tam*Local	1	4,13811	4,13811	0,01	0,9032
Lin*Tam*Local	1	50,60658	50,60658	0,18	0,6708
Erro	54	14959,68475	277,03		
Total Corrigido	61	26917,9593			
CV (%)	14,60				
Média Geral	114,02				

TABELA 13A. Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm² para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	1	565,3785	565,3785	2,04	0,1589
Comercial	1	8248,1452	8248,1452	29,77	<0,0001

TABELA 14A. Quadro de análise de variância do número de adipócitos/mm² para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	1264,6623	1264,6623	4,57	0,0372
10-15cm	1	599,4782	599,4782	2,16	0,1471

TABELA 15A. Quadro de análise de variância da variável umidade (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	23,3933	23,3933	10,22	0,0033
Tamanho	2	212,271	106,136	46,37	<0,0001
Lin*Tamanho	2	34,9449	17,4725	7,634	0,0021
Erro	30	68,6666	2,28889		
Total corrigido	35	339,276			
CV (%)	2,01				
Média geral:	75,3483				

TABELA 16A. Quadro de análise de variância da % de umidade para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	2	43,6724	21,8362	9,54	0,0006
Comercial	2	203,5435	101,7718	44,463	<0,0001
Resíduo	30	68,6666	2,2889		

TABELA 17A. Quadro de análise de variância da % de umidade para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	43,0544	43,0544	18,8100	0,0002
10-15cm	1	12,3830	12,3830	5,4100	0,027
15-20cm	1	2,9008	2,9008	1,2670	0,2692
Resíduo	30	68,6666	2,2889		

TABELA 18A. Quadro de análise de variância da variável cinzas (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	0,04551	0,04551	0,285	0,5974
Tamanho	2	2,43049	1,21524	7,609	0,0021
Lin*Tamanho	2	0,55082	0,27541	1,724	0,1955
Erro	30	4,79137	0,15971		
Total corrigido	35	7,81819			
CV (%)	12,18				
Média geral:	3,28056				

TABELA 19A. Quadro de análise de variância da variável extrato etéreo (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	10,1867	10,1867	10,017	0,0035
Tamanho	2	180,572	90,2859	88,784	<0,0001
Lin*Tamanho	2	5,17511	2,58755	2,545	0,0953
Erro	30	30,5076	1,01692		
Total corrigido	35	226,441			
CV (%)	14,23				
Média geral:	7,08861				

TABELA 20A. Quadro de análise de variância da % de extrato etéreo para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	2	74,614	37,307	36,686	<0,0001
Comercial	2	111,133	55,5665	54,642	<0,0001
Resíduo	30	30,5076	1,01692		

TABELA 21A. Quadro de análise de variância da % de extrato etéreo para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	8,4001	8,4001	8,2600	0,0074
10-15cm	1	6,9616	6,9616	6,8460	0,0138
15-20cm	1	0,0001	0,0001	0,0000	0,9932
Resíduo	30	30,5076	1,0169		

TABELA 22A. Quadro de análise de variância da variável proteínas (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	1,42404	1,42404	2,082	0,1594
Tamanho	2	0,09007	0,04503	0,066	0,9364
Lin*Tamanho	2	0,65296	0,32648	0,477	0,6251
Erro	30	20,523	0,6841		
Total corrigido	35	22,6901			
CV (%)	8,17				
Média geral:	10,1183				

TABELA 23A. Quadro de análise de variância da variável carboidratos (%).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	9,31267	9,31267	15,544	0,0004
Tamanho	2	6,77627	3,38813	5,655	0,0082
Lin*Tamanho	2	13,6575	6,82874	11,398	0,0002
Erro	30	17,9735	0,59912		
Total corrigido	35	47,7199			
CV (%)	18,59				
Média geral:	4,16417				

TABELA 24A. Quadro de análise de variância da % de carboidratos para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	2	4,240344	2,12017	3,539	0,0404
Comercial	2	16,193411	8,09671	13,514	0,0001
Resíduo	30	17,97345	0,59912		

TABELA 25A. Quadro de análise de variância da % de carboidratos para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	13,8890	13,8890	23,1830	<0,0001
10-15cm	1	7,6321	7,6321	12,7390	0,0012
15-20cm	1	1,4491	1,4491	2,4190	0,1304
Resíduo	30	17,9735	0,5991		

TABELA 26A. Quadro de análise de variância da variável energia (Kcal/g).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Linhagem (Lin)	1	1307,43	1307,43	14,15	0,0007
Tamanho	2	14168,8	7084,4	76,674	<0,0001
Lin*Tamanho	2	1322,7	661,348	7,158	0,0029
Erro	30	2771,91	92,3969		
Total corrigido	35	19570,8			
CV (%)	7,95				
Média geral:	120,928				

TABELA 27A. Quadro de análise de variância de energia (kcal/g) para o estudo dos efeitos de Tamanho em cada Linhagem.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tailandesa	2	4458,438544	2229,2193	24,127	<0,0001
Comercial	2	11033,05388	5516,5269	59,705	<0,0001
Resíduo	30	2771,908383	92,396946		

TABELA 28A. Quadro de análise de variância de energia (kcal/g) para o estudo dos efeitos de Linhagem em cada Tamanho.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
5-10cm	1	1.659,5712	1.659,5712	17,9610	0,0002
10-15cm	1	903,7616	903,7616	9,7810	0,0039
15-20cm	1	667,8801	667,8801	0,7230	0,4019
Resíduo	30	2.771,9084	92,3397		