



ACSA OTTO LUXINGER

**MEDIDAS MORFOMÉTRICAS NA AVALIAÇÃO DE PESOS E
RENDIMENTOS CORPORAIS DE *Arapaima gigas***

LAVRAS-MG

2017

ACSA OTTO LUXINGER

**MEDIDAS MORFOMÉTRICAS NA AVALIAÇÃO DE PESOS E RENDIMENTOS
CORPORAIS DE *Arapaima gigas***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção de Produção de Organismos Aquáticos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Orientador

Profa. Dra. Jucilene Cavali

Profa. Dra. Priscila Vieira Rosa

Coorientadoras

LAVRAS-MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Luxinger, Acsa Otto.

Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de *Arapaima gigas* / Acsa Otto Luxinger. - 2017.

42 p. : il.

Orientador(a): Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

Coorientador(a): Jucilene Cavali.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Pirarucu. 2. Morfometria. 3. Seleção. I. Freitas, Rilke Tadeu Fonseca de. II. Cavali, Jucilene . III. Título.

ACSA OTTO LUXINGER

**MEDIDAS MORFOMÉTRICAS NA AVALIAÇÃO DE PESOS E RENDIMENTOS
CORPORAIS DE *Arapaima gigas***

**MORPHOMETRIC MEASUREMENTS APPLIED IN THE EVALUATION OF
Arapaima gigas BODY COMPONENTS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Produção de Produção de Organismos Aquáticos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 20 DE JUNHO DE 2017

Dra. Jucilene Cavali

UNIR

Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta

UFLA

Dra. Viviane de Olivera Felizardo

UFLA

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Orientador

LAVRAS-MG

2017

Aos meus pais, Lucinéia e Arnaldo, pela dedicação, amor e educação.

Ao meu irmão Matheus pelo companheirismo.

Ao meu esposo Henrique pelos conselhos, amor e apoio em todos os momentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, força e cuidado em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Ciências veterinárias (DMV), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Professor Rilke Tadeu Fonseca de Freitas pela amizade, orientação, paciência e confiança.

Às professoras Jucilene Cavali e Priscila Vieira Rosa, pela disposição em ajudar com este projeto.

Ao meu esposo Henrique, por todo teu amor e cuidado neste período.

As minhas amigas Daniele e Naiara pela importante amizade durante o mestrado, à qual levarei para toda vida.

À Dra. Aline Assis Lago pela amizade, paciência e disponibilidade em me ajudar na análise dos dados da dissertação.

Ao grupo de melhoramento em peixes Jady, Renato, Cícero, Felipe, Victória, Vinícius, Pedro, Romeu, Tima e Ester, pela ajuda.

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa de Tecnologias Ambientais (GPTA), Aline, Fabiane, Gean, Alexandre, Fábio, Letícia, Lucas, Newmar, Lorraine, Janaiara, Laressa, Cleanderson, Carlos, Vanessa, Valdinéia e Rafael, pela força nas coletas de dados.

Muito Obrigada!

“Que todo o meu ser louve ao Senhor, e que eu não esqueça nenhuma das suas bênçãos!”

Salmos 103:2.

RESUMO

Visando uma maior eficiência da aquicultura como atividade zootécnica, buscam-se hoje, métodos de avaliação de índices de produtividade animal que sejam eficazes e permitam sua mensuração sem a necessidade do abate dos animais. É neste contexto que surge a análise de trilha, método capaz de possibilitar o conhecimento dos efeitos diretos e indiretos que variáveis explicativas exercem sobre uma variável principal permitindo, assim, estabelecer qual estratégia será mais eficiente na seleção dos animais com maiores índices produtivos. Assim, o trabalho teve por objetivo avaliar por meio da análise de trilha quais variáveis morfométricas estão diretamente associadas aos pesos e rendimentos corporais do pirarucu (*Arapaima gigas*). Foram utilizados 96 pirarucus criados em cativeiro na Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici – RO – Brasil, com peso corporal médio de $8,63 \pm 1,25$ kg e $104 \pm 4,7$ cm de comprimento. Após insensibilizados, foram eutanasiados, pesados e realizadas as mensurações morfométricas de comprimentos total (CT), padrão (CP), da cabeça (CC), tronco (CTRO) e cauda (CCAU); e de perímetros frontal (PF), maior (PM) e caudal (PCAU). Inicialmente, os dados foram submetidos a uma análise de regressão linear múltipla, utilizando um procedimento “*Stepwise*” na opção “*backward*” para que possíveis efeitos de multicolinearidade fossem eliminados e, as variáveis independentes foram incluídas na análise de trilha pelo critério de Akaike (AIC). Após aferida a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-wilk, as correlações entre as variáveis dependentes e independentes foram calculadas pelo coeficiente de correlação linear de Pearson, aplicando o teste t de Student ($\alpha = 0,05$) para avaliar a sua significância. Posteriormente os coeficientes de correlação foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos. A maioria das medidas e razões morfométricas apresentou correlação significativa com os pesos corporais e de suas partes componentes (carcaça, cabeça, manta, couro, vísceras e espinhas). A medida morfométrica PM apresentou maior efeito direto e positivo e foi determinante para a variação do peso total e do peso de manta (componente de maior valor comercial). As medidas e razões morfométricas podem ser utilizadas com grande precisão para estimar os pesos dos componentes corporais de pirarucu, com exceção do peso das espinhas. Além disso, algumas medidas morfométricas poderiam ser usadas em programas de melhoramento como uma medida de seleção indireta para peixes com melhores características produtivas.

Palavras-chave: Pirarucu. Morfometria. Seleção.

ABSTRACT

Aiming at improving the efficiency of aquaculture as a zootechnical activity, we seek nowadays for methods of evaluating animal productivity indices that are effective and allow their measurement without the need to slaughter the animals. It is in this context that track analysis arises, a method capable of making possible the knowledge of the direct and indirect effects that explanatory variables exert on a main variable, thus allowing to establish which strategy will be more efficient in the selection of animals with higher productive indexes. Thus, the objective of this study was to evaluate the morphometric variables directly associated with the pirarucu weights and body yields (*Arapaima gigas*). A total of 96 pirarucus were raised in captivity at the Federal University of Rondônia, Presidente Médici - RO, Brazil, with a average body weight of $8,62 \pm 1,25$ kg e $104 \pm 4,7$ cm in length. After being desensitized, they were euthanased, weighed, and morphometric measured by total length (CT), standard (CP), head (CC), trunk (CTRO) and tail (CCAU); And frontal perimeters (PF), higher (PM) and tail (PCAU). Initially, the data were subjected to a multiple linear regression analysis using a stepwise procedure in the backward option so that possible multicollinearity effects were eliminated and independent variables were included in the Akaike criterion analysis (AIC). After checking the normality of the data using the Shapiro-wilk test, the correlations between the dependent and independent variables were calculated by Pearson's linear correlation coefficient, applying Student's t-test ($\alpha = 0.05$) to assess their significance and later the correlation coefficients were deployed in direct and indirect effects. Most of the measurements and morphometric ratios showed a significant correlation with body weights and their component parts (carcass, head, blanket, leather, viscera and pimples). The PM morphometric measurement presented a greater direct and positive effect and was determinant for the variation of total weight and manta weight (component with higher commercial value). Measurements and morphometric ratios can be used with great precision to estimate the weights of the body components of pirarucu, with the exception of the weight of the spines. In addition, some morphometric measures could be used in breeding programs as an indirect selection measure for fish with better productive characteristics.

Keywords: Pirarucu. Morphometry. Selection.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Caracterização do Arapaima gigas	13
2.2 Processamento de peixes nativos	14
2.3 Medidas morfométricas	15
2.4. Componentes corporais.....	16
2.5 Análise de trilha	17
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	18
REFERÊNCIAS	19
SEGUNDA PARTE – ARTIGO	22
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33
TABELAS E FIGURAS.....	35
ANEXO	42

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

O mercado global de alimentos tem experimentado expansão sem precedentes e mudança nos padrões alimentares, tornando-se mais homogêneo e globalizado, assim o pescado tem cada vez mais encontrado lugar nas refeições diárias. Esse aumento na demanda mundial por peixe impulsionou a piscicultura nos últimos dez anos, fazendo com que ela se tornasse uma das atividades agropecuárias que mais crescem por ano.

O Brasil apresenta grande potencial para a atividade, por suas condições naturais, clima favorável e por sua matriz energética. Possui também elevada diversidade de espécies nativas com potencial para consumo e ornamentação, além da vasta disponibilidade de recursos hídricos. Dentre as espécies nativas produzidas, o pirarucu se destaca pela qualidade da carne, pela adaptação e rápido crescimento em ambiente de cativeiro, o que possibilita a obtenção de até 10 kg por peixe em um ano de cultivo (ONO et al., 2004; PEREIRA-FILHO e ROUBACH, 2010; NÚÑEZ et al., 2011).

A determinação de rendimento cárneo de uma espécie e de suas relações com o peso de abate permite caracterizar o produto final e avaliar seu potencial comercial (FREATO et al., 2005). O conhecimento das características morfológicas dos peixes apresenta-se como uma solução para a obtenção de informações sobre as características de interesse produtivo com a possibilidade de estas medidas serem efetuadas em animais vivos (RUTTEN; BOVENHUIS; KOMEN, 2004), considerando que as alterações nos valores ou a proporcionalidade entre as medidas morfométricas possam, indiretamente, influenciar as características da carcaça.

Coefficientes de correlação simples entre caracteres não permitem que sejam tiradas conclusões sobre relações de causa e efeito entre eles, ou seja, não compreendem os efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica. Para entender melhor as associações entre diferentes características foi desenvolvida pelo geneticista Sewall Wright em 1918-1921, a análise de trilha ou “path analysis”, um método que consiste no desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos, permitindo medir a influência direta de uma variável, independentemente das demais, sobre a outra, em que as estimativas (coeficientes de trilha) quantificam esses efeitos e são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas (CRUZ et al., 2012).

Visando maior eficiência da aquicultura como atividade zootécnica, buscam-se, hoje, métodos de avaliação de índices de produtividade animal que sejam eficazes e permitam rápida evolução em programas de melhoramento. O rendimento de carcaça tem sido um dos principais objetivos das pesquisas para se obter maior eficiência nos sistemas de produção animal (CREPALDI, 2004). Assim, torna-se cada vez mais importante a análise dos índices zootécnicos, tais como: rendimentos no processamento, composição corporal e o rendimento de carcaça (CREPALDI et al., 2008).

Portanto, o trabalho teve por objetivo avaliar por meio da análise de trilha quais variáveis morfométricas estariam diretamente associadas aos pesos e rendimentos corporais do Pirarucu (*Arapaima gigas*).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização do *Arapaima gigas*

O pirarucu pertence à ordem *Osteoglossiformes*, subordem *Osteoglossoidei*, superfamília *Osteoglossoidae*, família *Osteoglossidae*, gênero *Arapaima*, espécie *A. gigas* (AYALA, 1999). É um dos principais representantes da ictiofauna da bacia amazônica, que geograficamente tem as bacias dos rios Araguaia e Tocantins como afluentes (BARD e IMBIRIBA, 1986). Vive em lagos e rios de pouca correnteza, preferencialmente em águas quentes, pretas e tranquilas da Amazônia, não sendo encontrado em águas ricas em sedimento; ou seja, é uma espécie lacustre ou sedentária (IMBIRIBA, 2001).

O pirarucu possui dois aparelhos respiratórios, as brânquias para a respiração aquática e a bexiga natatória modificada, especializada para funcionar como pulmão. Portanto, sua respiração é aérea fazendo com que o animal venha à superfície para respirar.

Neste processo respiratório, a difusão do oxigênio para o sangue ocorre através da extensa rede de capilares sanguíneos presentes em sua bexiga natatória (ONO et al., 2004). Esse processo é vital para a espécie, que se impedida de vir à superfície, acaba morrendo “afogada”. Essa necessidade é originária da insuficiência das brânquias para processar a oxigenação (IMBIRIBA, 2001). Por ser considerado um produto de alto valor comercial, a sobre pesca aumentou a captura dos pirarucus jovens, levando a redução da população natural.

Quando adulto esse peixe mede aproximadamente três metros de comprimento e pesa cerca de 250 kg; entretanto, são mais comuns os exemplares de porte médio, que são capturados com peso entre 50 e 90 kg, com 1,50 metros de comprimento. Sua carne de coloração naturalmente rósea e desprovida de espinhas é bastante valorizada na região amazônica e é comercializado com preços atrativos nos mercados externos (ONO et al., 2004).

Apesar do pirarucu na natureza ter o hábito alimentar carnívoro, na piscicultura recebe rações comerciais diárias nos tanques de engorda, em forma extrusada, para maior aproveitamento pelo peixe e redução de custos, podendo alcançar até 10 kg no primeiro ano de vida (PEREIRA-FILHO et al., 2003). Entre as diversas espécies nativas com potencial para piscicultura, esta destaca-se como a mais promissora para o desenvolvimento da piscicultura em regime intensivo na região Amazônica.

2.2 Processamento de peixes nativos

Os frigoríficos por sua alta capacidade de produção e geração de renda, tanto em mão de obra quanto no beneficiamento dos produtos, apresentam grande importância em seus locais de instalação. O valor de um pescado processado é estimado em até dez vezes maior que o valor do produto “in natura”. É sabido que os frigoríficos representam 36% da renda total gerada pelo setor pesqueiro na Amazônia (ALMEIDA, 2006).

O setor de produção da aquicultura, ressaltando neste caso a piscicultura, só se consolidará, e se tornará competitivo com outros segmentos industriais produtores de carne (bovinos, caprinos, suínos, entre outros) quando forem solucionados os variados problemas de cunho tecnológico no que se refere ao abate, manipulação, processamento, armazenamento, comercialização, distribuição (MARCHI, 1997) e gestão de qualidade de produtos de valor agregado (BORGHETTI et al., 2003).

A forma de apresentação dos peixes nativos brasileiros para a comercialização limita o consumo principalmente devido à falta de praticidade e de padronização do produto (BOMBARDELLI et al., 2005). Além disso, problemas sanitários e tecnológicos (GAGLEAZZI et al., 2002), podem justificar o cenário de reduzido consumo de pescado em nível nacional. Se o produto tiver boa apresentação (cortes adequados) e embalagem de qualidade, facilmente poderão ser desenvolvidas estratégias de “marketing”, onde inquestionavelmente a procura por um alimento de qualidade e de fácil preparo torna-se uma das maiores estratégias para as indústrias de alimentos (SOUZA, 2002).

Segundo Souza et al. (1999), os estudos de carcaça de peixes têm grande importância econômica e de produção, pois, através destes, pode-se estimar a produtividade, tanto para o piscicultor como para a indústria de processamento. Embora seja extremamente importante a qualidade nutricional do pescado, também se torna necessário verificar o rendimento de filé, que é um produto pronto para a industrialização.

De acordo com Macedo-Viegas e Scorvo (2000), características como sexo, tamanho ou idade do peixe podem influenciar valores de rendimento no processamento após o abate. Machado e Foresti (2009) complementam que a padronização das técnicas de filetagem e a definição do tamanho economicamente viável dos animais são variáveis que necessitam ser estabelecidos para obtenção de maiores rendimentos de filé.

A obtenção de valores referentes ao rendimento dos diversos produtos gerados a partir do processamento mínimo das diferentes espécies de peixe é de grande importância para as empresas envolvidas neste segmento da cadeia produtiva da piscicultura (CARNEIRO, 2004).

O conhecimento da proporção da matéria-prima que será transformada em produtos finais para comercialização, bem como da quantidade que fará parte do resíduo do processamento, permite o planejamento logístico da produção e os cálculos necessários para a avaliação da eficiência produtiva da empresa (CARNEIRO, 2004). Outro aspecto importante a ser analisado em termos de rendimento refere-se à definição do tipo de corte para decapitar o peixe, que proporcione a menor perda de tecido muscular (SOUZA et al., 2000).

Machado e Foresti (2009) apontam que raramente são encontrados trabalhos onde se avaliam rendimentos e processamento dos pescados, principalmente referindo-se à carcaça, não são bem explícitas as formas de padronização no abate e de processamento inicial do pescado, principalmente em relação à retirada do filé e da pele, remoção ou não da cabeça (decapitação), nadadeiras e evisceração, para a obtenção dessas variáveis em espécies de peixes.

Assim, o estabelecimento de categorias ideais de peso ao abate e os rendimentos da carne do pescado, sob suas diferentes formas de apresentação, são de grande importância para as unidades de beneficiamento do pescado (MACEDO-VIEGAS et al., 2002) e para os piscicultores.

2.3 Medidas morfométricas

As medidas morfométricas, contribuem de forma direta para uma quase exata descrição da forma do corpo do peixe, que pode variar dependendo das características de cada espécie, além de influenciarem o peso corporal e os rendimentos cárneos (BOSWORTH; LIBEY; NOTTER, 1998; CIBERT et al., 1999). Conforme Contreras-Guzmán (1994), isto se deve à capacidade diferencial da acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo do animal durante seu crescimento, o que caracteriza o seu formato e influencia os rendimentos corporais.

Na maioria das espécies de peixes, quando se tratando de produção, as medidas morfométricas são utilizadas para a avaliação da qualidade de carcaça como critério de seleção em programas de melhoramento genético (FREATO et al., 2005) obtendo-se resposta correlacionada aos rendimentos que se fazem de interesse comercial (RUTTEN; BOVENHUIS; KOMEN, 2004). Em complemento, estudos estão sendo realizados em correlações fenotípicas e genéticas entre características morfométricas, rendimentos e peso de filé (REIS NETO et al., 2012; RUTTEN; BOVENHUIS; KOMEN, 2004).

Os resultados obtidos nas morfometrias nas diferentes regiões do corpo do peixe podem ser utilizados para descrever a forma do corpo, a qual influencia diretamente o rendimento do filé (BOSWORTH; LIBEY; NOTTER, 1998; CIBERT et al., 1999). Considerada como uma forma indireta de caracterização de carcaça, a morfometria tem representado um procedimento muito importante para estimar pesos e rendimentos corporais, sem a necessidade de abater o animal, podendo dar uma ideia do total da produção do lote (DIODATTI, 2006), tanto para o produtor, quanto para os frigoríficos.

Reis Neto et al. (2012) estudando a inter-relação das variáveis morfométricas em peixes redondos, verificou que existe uma razão entre o comprimento da cabeça e altura do corpo que está diretamente associada com o rendimento da carcaça, conclui ainda que razões morfométricas podem ser usadas como medida de seleção indireta para peixes com melhores características de carcaça em programas de melhoramento genético.

Em trabalho realizado por Melo et al. (2013), avaliando efeitos diretos e indiretos das medidas e razões morfométricas no rendimento de Tilápia do Nilo, verificaram que a razão morfométrica entre a largura do corpo e o comprimento de cabeça está diretamente associada com o rendimento de cabeça e filé. Em trabalhos realizados por Diodatti (2006) e Santos (2004), avaliando medidas morfométricas em tilápias do Nilo, a principal conclusão destes autores foi que as medidas morfométricas podem ser utilizadas na avaliação dos pesos corporais.

2.4. Componentes corporais

O conhecimento dos componentes corporais (rendimentos) dos peixes é necessário para aumento de sua aceitação como alimento alternativo e para a competição com outras fontes proteicas largamente utilizadas, como as carnes bovina, suína e de aves (BELLO & RIVAS, 1992; Freitas, 1988).

Sabe-se que a dieta pode influenciar o crescimento dos peixes e que, se não atender às exigências da espécie ou resultar em baixa ingestão de nutrientes essenciais, pode ocasionar deposição de gordura visceral e corporal, bem como perda da qualidade da carne com elevada oxidação de ácidos graxos e, conseqüentemente, menor vida de prateleira (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994; CHOU e SHIAU, 1996; HAYASHI et al., 2002).

O formato do corpo tem grande influência nos rendimentos durante o processamento dos peixes. Os peixes com forma de torpedo (fusiformes) apresentam rendimentos

relativamente altos devido à massa muscular cilíndrica, superando valores de 54% e rendimento de filé com pele. Além disso, Eyo (1993) constatou que a estrutura anatômica tem influência nos rendimentos do processamento ao observar que, peixes com cabeça grande em relação ao corpo apresentam menor rendimento de filé, comparados aos de cabeça pequena.

2.5 Análise de trilha

A correlação é uma das formas de se verificar as inter-relações entre caracteres, e possui grande importância no melhoramento (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Entretanto, os coeficientes de correlação simples entre caracteres não permitem que sejam tiradas conclusões sobre relações de causa e efeito entre eles, ou seja, não compreende os efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica.

Desta forma a principal utilidade da análise de trilha, proposta por Wright (1921) é a de possibilitar o conhecimento dos efeitos diretos e indiretos que variáveis explicativas exercem sobre uma variável principal permitindo, assim, estabelecer qual estratégia será mais eficiente na seleção, para incrementar o melhoramento genético.

Para Cruz e Carneiro (2003) esta análise pode ser definida como um coeficiente de regressão padronizado, sendo uma expansão da análise de regressão múltipla, quando estão envolvidos inter-relacionamentos complexos, através de uma variável dependente - como os pesos e rendimentos corporais em peixes – e as variáveis independentes, ou seja, as medidas e razões morfométricas.

Segundo Loures et al. (2001), para interpretar a análise de trilha deve-se considerar quatro situações: a) situação A: uma determinada variável independente (x) apresenta alto efeito direto e esta correlacionada, significativamente, com a variável dependente (y), indicando ser determinante da variação em y; b) situação B: a variável independente apresenta efeito direto elevado, mas pouca correlação com y, indicando que, uma análise com às demais variáveis independentes, pode resultar em grandes benefícios para efeito de estimativas, mas não deve ser utilizada isoladamente; c) situação C: a variável x apresenta correlação elevada com y, mas efeito direto reduzido, indicando que seus efeitos ocorrem, principalmente, indiretamente através de outras variáveis do modelo e seu uso é de pouca utilidade nas determinações dos efeitos das variáveis y; d) situação D: a variável x apresenta baixos valores, tanto do efeito direto, como para correlação com (y), indicando ser de pouca utilidade para as estimativas.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A piscicultura hoje se tornou uma alternativa para a ampliação dos limites de exploração dos recursos naturais e para obtenção de proteína animal de baixo custo, porém o sucesso desta atividade está estreitamente relacionado com a capacidade de produção de várias espécies com grande potencial zootécnico, dentre as quais, o pirarucu possui destaque.

Com o aumento do interesse no cultivo da espécie, é necessário também o incremento de pesquisas básicas para o desenvolvimento de sistemas de avaliação de rendimentos corporais do pirarucu. Dados sobre as correlações e análise de trilha, no aspecto de verificar a influência do peso sobre as medidas morfométricas e rendimentos corporais são de suma importância, pois nos dão a possibilidade de se obter conhecimento dos efeitos diretos e indiretos entre essas variáveis e, dessa forma estabelecer uma estratégia de seleção mais eficiente para o melhoramento genético da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. T. de. **A indústria pesqueira na Amazônia**. Manaus: IBAMA; ProVárzea, 2006
- AYALA, C.L. **Manual de piscicultura Del paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier)**. Tratado de CooperacionAmazonica, Secretaria pro Tempore. Caracas, Venezuela, 1999.
- BASSO, L., FERREIRA, M. W. Efeito do peso ao abate nos rendimentos dos processamentos do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Agrarian**. 4(12):134–139.2011.
- BARD, J.; IMBIRIBA, E.M. Piscicultura do pirarucu, *Arapaima gigas*. Belém, EMBRAPA - CPATU, **Circular Técnica** n. 52, 17 p. 1986.
- BELLO, R.A.; RIVAS, W.G. **Evaluación y aprovechamiento de la cachama, *Colossoma macropomum* cultivada, como fuente de alimento**. Mexico: FAO, Proyecto Aquila II, 1992. 113p. (Documento de Campo, 2).
- BOMBARDELLI, R.A.; SYPERRECK, M.A.; SANCHES, E.A. Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.8, n.2, p.181-195, 2005.
- BORGHETTI, N. R. B.; OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. **Aqüicultura –Uma visão geral sobre a produção de organismos aquáticos no Brasil e no mundo**. Curitiba: Grupo Integrado de Aqüicultura e Estudos Ambientais. 129p. 2003.
- BOSWORTH, B. G.; LIBEY, G. S.; NOTTER, D. R. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). **Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Raton, v. 29, n. 1, p. 40-50, Mar. 1998.
- CIBERT, C. et al. Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. **Aquatic Living Resource**, Montrouge, v. 12, n. 1, p. 1-10, Apr. 1999.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.
- CHOU, B.S.; SHIAU, S.Y. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. **Aquaculture**, v.143, n.2, p.185-195, 1996.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 409 p. 1994.
- CREPALDI, D.V. **Avaliação da técnica de ultra-sonografia como indicador de rendimento de carcaça e biometria em surubim**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

CREPALDI, D.V. et al. Rendimento de carcaça em surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) avaliado por ultrassom. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 813-824, 2008.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. v. 1, 514 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 585 p.

EYO, A. A. Carcass composition and filleting yield of ten fish species from Kainji Lake: proceedings of the FAO expert consultation on fish technology in Africa. **FAO Fisheries Report**, Rome, n. 467, p. 173-175, 1993.

FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. (Ed.). Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. 375p.

FREATO, T. A. et. al. **Efeito do peso ao abate nos rendimentos do processamento da Pirancanjuba (*Bryconorbignyanus*, VALENCIENNES, 1849)**, 90 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2005.

FREITAS, J.V. **Estudo de algumas características físicas e da composição química da carpa espelho, *Cyprinus carpio* (L. 1758), criada em cativeiro**. Fortaleza: DNOCS, 1988. p.5-15. (Boletim Técnico, 46).

GAGLEAZZI, U.A.; GARCIA, F.T.; BLISKA, F. M.M. Caracterização do consumo de carnes no Brasil. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 26, n.310, p. 152-160, 2002.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. et. al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no período de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

IMBIRIBA, E.P. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazônica**. Manaus: INPA, v. 31, n. 2, p. 299 – 316. 2001

LOURES, B. T. R. R. et al. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 23, n. 4, p. 877- 883, 2001.

MACEDO-VIEGAS, E. M. et al. Rendimento e composição centesimal de filés *in natura* e pré-cozido em truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Wallbaum). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, 24(4): 1191-1195. 2002.

MACEDO-VIEGAS, E. M. e C. M. D. F. SCORVO. Efeito das classes de peso sobre a composição corporal e o rendimento de processamento de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 23: 725-728. 2000.

MACHADO, M.R.F. e FORESTI, F. Rendimento e composição química do filé de *Prochilodus lineatus* do Rio Mogi Guaçu, Brasil. **Archivos de Zootecnia**. 2009.

MARCHI, J. F. **Desenvolvimento da avaliação de produtos à base de polpa e surimi produzidos a partir de tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus***. Viçosa. 85p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Viçosa). 1997.

NÚÑEZ, J. et al. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. **Aquaculture Research**, v.42, p.815-822, 2011.

ONO, E.A.; HALVERSON, M.R.; KUBITZA, F. Pirarucu, o gigante esquecido. **Panorama da Aquicultura**, v.14, p.14-25, 2004.

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

PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. **Pirarucu (*Arapaima gigas*)**. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. de C. (Org.). Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. 2.ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2010. p.27-56.

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

SOUZA, M.L.R., E.M. MACEDO-VIEGAS e S.N. KRONKA. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre o rendimento de carcaça, filé e pele de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Zootecn.**, 28: 1-6.1999.

SOUZA, M. L. R. et al. Rendimento do processamento da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): tipos de corte da cabeça em duas categorias de peso. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 22, n. 3, p. 701-706, 2000.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 31(3): 1076 – 1054. 2002.

VILAS BOAS, G. C. **Morfometria, rendimento do processamento e composição química do filé de matrinchã *Brycon cephalus* (GUNTHER, 1869)**. 2001. 59 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal Agricultural Research**, v.20, p.557-585, 1921.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1: Medidas morfométricas na avaliação dos componentes corporais de *Arapaima gigas*.

Luxinger, A. O., Cavali, J., Porto, M. O., Sales-Neto, H. M., Lago, A. A, Freitas, R. T. F.

MEDIDAS MORFOMÉTRICAS NA AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES CORPORAIS DE *Arapaima gigas*

Luxinger, A. O.^{1*}, Cavali, J.², Porto, M. O.², Sales-Neto, H. M.¹, Lago, A. A.¹, Freitas, R. T. F.¹

¹Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, caixa postal 3032, 37200-000, Lavras, Minas Gerais, Brasil*

²Universidade Federal de Rondônia, Campus Universitário, 76916-000, Presidente Médici, Rondônia, Brasil.

RESUMO

Este trabalho foi realizado com objetivo de estudar a morfometria e os efeitos diretos e indiretos das medidas e relações morfométricas sobre o peso de cada componente corporal do *Arapaima gigas* (Pirarucu). Foram utilizados 96 pirarucus criados em cativeiro na Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici – RO – Brasil, com peso corporal médio de $8,62 \pm 1,25$ kg e $104 \pm 4,77$ cm de comprimento. Após insensibilizados, foram eutanasiados, pesados e realizadas as mensurações morfométricas de comprimentos total (CT), padrão (CP), da cabeça (CC), tronco (CTRO) e cauda (CCAU); e de perímetros frontal (PF), maior (PM) e caudal (PCAU). Os peixes foram dissecados mensurando-se os componentes corporais: couro com escamas, cabeça, vísceras e carcaça dividida em manta e espinhas. Os dados obtidos foram submetidos às análises descritiva e de regressão múltipla e os coeficientes de correlação foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos pela análise em trilha. A maioria das medidas e razões morfométricas apresentou correlação significativa com os pesos corporal e de suas partes componentes (carcaça, cabeça, manta, couro, vísceras e espinhas). A medida morfométrica PM apresentou maior efeito direto e positivo e foi determinante para a variação do peso total e do peso de manta (componente de maior valor comercial). Os coeficientes de determinação (R^2) ajustados para as equações obtidas foram, com exceção do peso das espinhas, superiores a 0,74 para o peso total e dos componentes corporais, possibilitando maior elucidação sobre a relação entre as medidas e razões morfométricas na determinação de suas variações.

Palavras-chave: Análise de trilha. Pirarucu. Correlação. Seleção.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate morphometry and direct and indirect effects of measurements and morphometric relationships on the weight of *Arapaima gigas* (Pirarucu) body components. A total of 96 pirarucus were raised in captivity at the Federal University of Rondônia, Presidente Médici - RO, Brazil, with a mean body weight of 9.18 ± 0.1 kg and 104 ± 0.3 cm in length. After desensitizing, the fish were sacrificed, weighed and morphometric measurements of total (CT), standard (CP), head (CC), trunk (CTRO) and tail (CCAU) lengths and frontal perimeter (PF), larger perimeter (PM) and tail perimeter (PCAU) were determined. The fish were dissected and the following body components were measured: leather (with scales), head, viscera and carcass divided into meat layer and spines. The data were submitted to descriptive and multiple regression analyses and the correlation coefficients were separated into direct and indirect effects by a path analysis. Most of the measurements and morphometric ratios showed significant correlations with body weights and body components (carcass, head, meat layer, leather, viscera and spines). PM showed a greater direct and positive effect and was determinant for the variation of total weight and meat layer weight (the component with higher commercial value). The coefficients of determination (R^2) adjusted for the obtained equations were, with the exception of spine weight, higher than 0.74 for total weight and body component weight, allowing further insights on the relationship between measurements and morphometric ratios in the determination of their variations.

Keywords: Path analysis. Pirarucu. Correlation. Selection.

INTRODUÇÃO

Dentre os vários setores zootécnicos, a aquicultura em países em desenvolvimento se destaca pela contínua expansão. Estima-se que a produção aquícola aumente em 26% na próxima década na América Latina. Esse crescimento será visto especialmente no Brasil, país que fez investimentos significativos no setor e que pode gerar um crescimento de 104% a mais do que o atual (FAO, 2016).

Dentre as espécies com grande potencial aquícola está o pirarucu *Arapaima gigas*, peixe que se destaca como importante espécie para a aquicultura brasileira (Cavole, Arantes, Castello, 2015; Martins, Martins, Pena, 2015; Torres, Malásquez, Troncoso, 2015). É nativo da região amazônica e tem ocupado espaço no comércio mundial por possuir excelentes características biológicas e zootécnicas (Malheiros, Maciel, Videira, Tavares-Dias, 2016).

O peso corporal e os rendimentos são características econômicas importantes na seleção de animais. Esses atributos possuem estreita associação com variáveis explicativas, como idade, raça e caracteres morfológicos (Abreu, Teodoro, Pantaleão, Correa, 2016).

Em várias espécies, as medidas e as razões morfométricas, por serem metodologicamente baratas e de fáceis mensurações, têm sido estudadas como medidas auxiliares na avaliação de peso e rendimentos corporais (Diodatti, Freitas, Freato, Ribeiro, Murgas, 2008; Rutten, Bovenhuis, Komen, 2004).

Técnicas avançadas para avaliações morfométricas em peixes como comparações uni e multivariadas (Mojekwu, Anumudu, 2015), e correlações associadas ao rendimento do animal tem sido objeto de vários estudos (Diodatti, Freitas, Freato, Ribeiro, Murgas, 2008; Melo, Reis-Neto, Costa, Freitas, Freato, Souza, 2013; Reis Neto, Freitas, Serafini, Costa, Freato, Rosa, Allaman, 2012). Entretanto, usar coeficientes de correlação simples entre o peso corporal e as medidas morfométricas não é suficiente para explicar as relações em todos os

seus aspectos (Abdullah, Numan, Shafique, Shakoor, Rehman, Ahmad, 2016), e pode ser inadequada para os estudos de correlação entre variáveis biologicamente relacionadas.

Desta forma, a análise de trilha ou “*path analysis*” surge como uma ferramenta para elucidar com detalhes as causas envolvidas nas associações entre caracteres, pois permite o estudo dos efeitos diretos e indiretos de várias variáveis independentes sobre uma variável dependente (Cruz, Regazzi, Carneiro, 2004). É uma extensão da regressão múltipla, que permite a determinação das variáveis explicativas que afetam a variável resposta.

Atualmente, existem poucos dados publicados referentes ao pirarucu e não há relatos entre a relação das medidas e razões morfométricas, sobre o peso das partes corporais desta espécie. Desse modo, este estudo avaliou os efeitos diretos e indiretos das medidas e das razões morfométricas, para as estimativas do peso de cada componente corporal do Pirarucu.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados noventa e seis pirarucus pesando em média de $8,62 \pm 1,25$ kg e $104 \pm 4,7$ cm de comprimento. As análises morfométricas e de rendimento foram conduzidas no laboratório de Pesca e Aquicultura - LPA da Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici - RO.

Inicialmente os animais foram pesados em balança de precisão. Após a pesagem, os animais foram submetidos à avaliação morfométrica. Todas as medidas dos caracteres morfométricos foram obtidas com o auxílio de uma fita métrica com precisão de 0,5 mm.

Foram avaliadas as seguintes medidas: comprimento total (CT), da extremidade anterior da cabeça ao final da cauda do peixe; (CP) da extremidade anterior da cabeça ao final do pedúnculo caudal; comprimento da cabeça (CC), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a borda caudal do opérculo; comprimento do tronco (CTRO), medida da

cabeça até a nadadeira anal; comprimento caudal (CCAU) medida tomada no início da nadadeira anal até o fim da nadadeira caudal; perímetro caudal (PCAU), medido na região caudal do animal; perímetro maior (PM), tomado na porção maior do corpo, e perímetro frontal (PF), medido ao término do opérculo (Figura 1). Como complemento foram calculadas as razões morfométricas.

Após a morfometria, os peixes foram insensibilizados pela secção medular, cortados os arcos branquiais e imediatamente imersos em uma mistura de água e gelo durante cinco minutos para potencializar a sangria, conforme o protocolo descrito por Ono e Kehdi (2013), em seguida foram pesados. A cabeça foi seccionada, e os peixes foram eviscerados pesando-se separadamente vísceras, carcaça e cabeça. Logo após, os animais foram dissecados, retirando-se o couro com escamas, as vísceras (gerada a carcaça, parte composta de carne e espinhas), a manta (parte composta somente de carne) e espinhas (composto pelas espinhas da manta, coluna, costela e nadadeiras). A cada passo de dissecação, os produtos gerados foram pesados.

Neste estudo, os pesos das partes corporais obtidas foram considerados variáveis resposta (dependentes) e as medidas morfométricas como variáveis independentes. As estimativas dos efeitos diretos e indiretos foram obtidas por equações de regressão, que utilizam o sistema de solução de equações $X'X = X'Y$. Assim, faz-se necessário o devido condicionamento da matriz $X'X$, para que as estimativas de mínimos quadrados possam ser confiáveis (Cruz, Carneiro, 2003).

Inicialmente, os dados foram submetidos a uma análise de regressão linear múltipla, utilizando um procedimento “*Stepwise*” na opção “*backward*” (Chagas, 2010; Charnet, Freire, Charne, Bonvino, 2008; Coimbra, Giovani, Vieira, Oliveira, Carvalho, Guidolin, Soares, 2005) para que possíveis efeitos de multicolinearidade fossem eliminados. As variáveis independentes foram incluídas na análise de trilha pelo critério de Akaike (AIC) (Charnet,

Freire, Charne, Bonvino, 2008; Coimbra, Giovani, Vieira, Oliveira, Carvalho, Guidolin, Soares, 2005).

Após aferida a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-wilk, as correlações entre as variáveis dependentes e independentes foram calculadas pelo coeficiente de correlação linear de Pearson, aplicando o teste t de Student ($\alpha = 0,05$) para avaliar a sua significância (Charnet, Freire, Charne, Bonvino, 2008) e posteriormente os coeficientes de correlação foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos.

Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* "R" versão 3.3.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015), utilizando os pacotes *agricolae*, *nortest*, *MASS* e *car*. Para a interpretação dos resultados da análise de trilha foram considerados os critérios adaptados por Loures *et al.* (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comercialização do pescado na região amazônica gera renda e trabalho para todo o arranjo produtivo, evidenciando a importância do conhecimento das características corporais do peixe para todos que participam da cadeia de comercialização (Macedo, Rosanova e Aranha, 2015). As médias, valores máximo e mínimo, desvio padrão e o coeficiente de variação dos pesos dos componentes corporais e das medidas morfométricas podem ser observados nas Tabelas 1 e 2.

As medidas morfométricas, ou de conformação, contribuem para a descrição da forma do corpo do peixe, segundo Contreras-Guzmán (1994), isto ocorre pela capacidade da acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo do animal durante seu crescimento (crescimento alométrico), o que determina seu “formato” e influencia seus rendimentos.

Em relação às características morfométricas, as medidas do comprimento total e do comprimento da cabeça foram maiores quando maior foi o peso dos animais. O peso da cabeça apresentou média acima de 10% do peso total dos peixes e mais de 20% de seu comprimento (tabela 2). Para a estimativa do peso desta parte corporal, observou-se que o PF apresentou alto efeito direto e correlação positiva significativa, tornando-se uma medida importante para seu conhecimento.

Oliveira (2007) corrobora com os resultados deste trabalho, declarando que o peso da cabeça de pirarucus pode representar de 10,3% a 12,8% de seu peso corporal e classifica-se como a segunda maior fração do resíduo do abate. Isso influencia diretamente o rendimento dos cortes comerciais, o que confirma a importância de se explicar por meio de medições, os possíveis valores que esta parte corporal representará no peso total do peixe, já que não possui valor comercial.

A maioria dos coeficientes de correlação foram significativos e os coeficientes de determinação apresentaram valores acima de 0,74 para o peso das partes corporais do pirarucu (Tabela 3), demonstrando a eficácia do uso das medidas e razões morfométricas neste estudo. Reis Neto *et al.* (2012) trabalhando com peixes redondos, também relatam que as medidas do corpo foram eficazes na estimativa de rendimentos corporais.

Observou-se que o maior coeficiente de correlação e porcentagem de efeito direto entre as variáveis e o peso total do pirarucu foi PM, com o valor de 0,93 (Tabela 3). Freato *et al.* (2005), trabalhando com piracanjubas, sugeriu que a circunferência tomada na inserção da barbatana dorsal é adequada para a determinação do peso total da espécie, assim como neste estudo para o pirarucu.

A medida CT também apresentou correlação elevada e alta porcentagem de efeito direto, corroborando com Barbosa *et al.* (2008), que indicou o comprimento como a medida mais correlacionada (0,93), com o peso vivo em tilápias.

O CT possui alto efeito direto (72,63%) e forte correlação (0,85) com o peso de carcaça, igualmente relatado por Martorell (2014) que estudando a morfometria de alevinos de pirarucu encontrou relação linear entre o comprimento e o peso total dos animais, com equações que apresentaram o coeficiente de determinação acima de 0,96.

A medida PM também possui uma correlação bastante elevada com o peso de carcaça (0,93), mas atua similarmente entre efeito direto (47,3%) e indireto (52,7%). Em pesquisa com pintados, Mateo (2008), tentando relacionar as medidas morfométricas à espécie e seus híbridos, não obteve correlação significativa do perímetro medido na porção maior dos animais.

Já Diodatti et. al (2008) em estudo com tilápias observou um coeficiente de correlação significativa entre o rendimento de carcaça, entretando com o perímetro medido na inserção anal. Esta divergência de resultados para medidas morfométricas correlacionadas ao peso de algumas partes corporais é comum, pois, cada espécie apresenta uma variação em sua forma corpórea, Parsons et al. (2003) ressalta que até espécimes interespecíficos apresentam diferenças morfológicas.

Para peso de manta (Tabela 4), as medidas morfométricas CTRO, PCAU, PM e a razão CC/PF apresentaram correlações significativas. Sendo que CTRO apresentou efeito indireto, e as medidas PCAU e PM apresentaram efeitos diretos e indiretos com proporções semelhantes. No pirarucu, a manta é a parte composta somente por carne, conhecida também como filé. Fogaça et al. (2011) relata que peixes entre 7 e 9 kg, faixa de peso dos animais utilizados neste trabalho, possui filés de melhor qualidade por possuírem baixo teor de gordura muscular.

De acordo com Cruz et al. (2004), variáveis com alta correlação, que possuem baixo efeito direto, indicam que uma seleção na variável auxiliar pode proporcionar resultados satisfatórios na variável principal.

As vísceras, couro e espinha são classificados pela agroindústria como resíduos de abate, portanto quanto menor os pesos equivalentes, maior a lucratividade por animal. Para o peso de vísceras (tabela 4), a variável determinante é CT, ou seja, quanto maior o comprimento total do peixe, maior o peso de vísceras, possivelmente em função do maior comprimento dos componentes do trato gastrointestinal – TGI.

Pode-se inferir que peixes mais compridos apresentam maior proporção de resíduos devido ao maior comprimento de cabeça (CC), maiores proporções em couro com escamas e também de espinhas.

O PM apresentou forte correlação com o peso de carcaça (Tabela 3) e, conseqüentemente com o peso de manta (0,86); assim como com a proporção de couro com escamas (0,89) e com as espinhas (0,50) que recobrem e compõem estas mantas, respectivamente (Tabela 4).

No gráfico 1 é possível conhecer o valor do peso da manta através da medida de PM (possui alto valor direto). E também o valor do peso total (gráfico 2) através da mesma medida. Tais predições são de extrema validade e importância, tanto para o produtor quanto para a indústria, pois trabalhar com predições, resulta em estimativas próximas ao valor real buscado.

Os coeficientes de correlação significativos entre as variáveis morfométricas e o peso de couro, foram altos e indiretos (CT, CP, PCAU e PM). No gráfico 3, pode-se observar que a cada dezenove centímetros a mais no comprimento total do peixe, obtém-se aproximadamente setenta e seis centímetros de couro. Como o couro é considerado uma importante parte comercial, é interessante sua predição através de medidas com correlação alta e direta.

Para as espinhas, observaram-se coeficientes de correlação muito baixos ($\leq 0,5$), indicando que as variáveis não são viáveis para estimativa destas características.

Muitas espécies de peixes apresentam diferenças morfológicas durante os ciclos de maturação sexual (Jonsson, Jonsson, 2011; Robinson, Wilson, 1994; Smith, Skúlason, 1996; Taylor, 1999), o que poderia influenciar os resultados deste trabalho, contudo, tal fenômeno não ocorre na espécie estudada (Carreiro, Furtado-Neto, Mesquita, Bezerra, 2011).

Em geral, as medidas e razões morfométricas em pirarucu, estavam diretamente relacionadas com peso total e peso dos componentes corporais. Entretanto são escassos na literatura trabalhos com esta espécie, assim, recomenda-se que sejam realizados estudos futuros na avaliação de correlações fenotípicas em pirarucus.

CONCLUSÃO

As medidas e razões morfométricas podem ser utilizadas com grande precisão para estimar os pesos dos componentes corporais de pirarucu, com exceção do peso das espinhas. Além disso, algumas medidas morfométricas poderiam ser usadas em programas de melhoramento como uma medida de seleção indireta para peixes com melhores características produtivas.

REFERÊNCIAS

- Abdullah, M., Numan, M., Shafique, M.S., Shakoore, A., Rehman, S., Ahmad, M., 2016. Genetic variability and interrelationship of various agronomic traits using correlation and path analysis in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Academia Journal of Agricultural Research*. 4, 315-318.
- Abreu, H.K.A., Teodoro, P.E., Pantaleão, A.A., Correa, A.M., 2016. Parâmetros genéticos, correlações e análise de trilha em genótipos de arroz de terras altas. *Bioscience Journal*. 32, 354-360.
- Barbosa, A.C.B., Carneiro, P.L.S., Malhado, C.H.M., 2008. Desempenho e avaliação sensorial de duas linhagens de Tilápia do Nilo. *Revista Científica de Produção Animal*. 10, 50-59.
- Carreiro, C.R.P., Furtado-Neto, M.A.A., Mesquita, P.E.C., Bezerra, T.A., 2011. Sex determination in the Giant fish of Amazon Basin, *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes, Arapaimatidae), using laparoscopy. *Acta Amazonica*. 41, 415-420.
- Cavole, L.M., Arantes, C.C., Castello, L., 2015. Uma estimativa para a pesca do Pirarucu na Amazônia. *Fisheries Research*. 168, 1-5.
- Chagas, M.M., 2010. Análise da relação causal entre imagem de destinos, qualidade, satisfação e fidelidade: um estudo de acordo com a percepção do turista nacional no destino turístico, Turismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, pp. 238.
- Charnet, R., Freire, C.A.L., Charne, E.M.R., Bonvino, H., 2008. Análise de modelos de regressão linear com aplicações. UNICAMP, Campinas.
- Coimbra, J.L.M., Giovani, B., Vieira, E.A., Oliveira, A.C., Carvalho, F.I.F., Guidolin, A.F., Soares, A.P., 2005. Conseqüências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. *Ciência Rural*. 35, 347-352.
- Contreras-Guzmán, E. S. Bioquímica de pescados e derivados. 1994. 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 409 p.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S., 2003. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV, Viçosa.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S., 2004. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. UFV, Viçosa.
- Diodatti, F.C., Freitas, R.T.F., Freato, T.A., Ribeiro, P.A.P., Murgas, L.D.S., 2008. Parâmetros morfométricos em rendimentos dos componentes corporais de tilápia do nilo (*Oreochromis oreochromis*). *Anales de Veterinaria de Murcia*. 24, 45-55.
- Fogaça, F., H., S. 2011. Yield and composition of pirarucu fillet in different weight classes. *Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá*, v. 33, n. 1, p. 95-99.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations. O estado das pescas mundiais e da aquicultura : contribuir para a segurança alimentar e nutricional de todos. Rome, 200 p, 2016
- Freato, T.A., 2005. Morfometria, rendimento no processamento e inter-relações na avaliação da carcaça de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849). Universidade Federal de Lavras, Lavras, pp. 90.
- Jonsson, B., Jonsson, N., 2011. Polymorphism and speciation in Arctic char. *Journal of Fish Biology*. 58, 605-638.
- Loures, B.T.R.R., Ribeiro, R.P., Vargas, L., Moreira, H.L.M., Sussel, F.R., Povh, J.A., Cavichiolo, F., 2001. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. *Animal Sciences, Maringá*. 23, 877-883.
- Macedo, D. B.; Rosanova, C.; Aranha, J. L. Panorama da Criação de Pirarucu (*Arapaima gigas*) no Estado de Tocantins. In: XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia zootec. dimensões tecnológicas e sociais da zootecnia. Fortaleza-CE, 2015.
- Malheiros, D.F., Maciel, P.O., Videira, M.N., Tavares-Dias, M., 2016. Toxicity of the essential oil of *Mentha piperita* in *Arapaima gigas* (Pirarucu) and antiparasitic effects on *Dawestrema* spp. (Monogenea). *Aquaculture*. 455, 81-86.
- Martins, M.G., Martins, D.E.G., Pena, R.S., 2015. Secagem cinética e comportamento higroscópico do filé de pirarucu (*Arapaima gigas*) com diferentes teores de sal. *LWT - Food Science and Technology*. 62, 144-151.

- Martorell, J.C., Belvis, B.D.C., Orozco, R.B., González, G.M., 2014. Morfometría externa de alevines de *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). Revista Iberoamericana Interdisciplinaria de Métodos, Modelización y Simulación. 6, 39-45.
- Mateo, F.J., Delgado, N., López, H., 2008. Caracterización Morfométrica del Híbrido Yaque Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum* x *Leiarius marmoratus*) y sus Progenitores (Siluriformes: Pimelodidae). Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela. 49, 47-60.
- Melo, C.C.V., Reis-Neto, R.V., Costa, A.C., Freitas, R.T.F., Freato, T.A., Souza, U.N., 2013. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Acta Scientiarum. 35, 357-363.
- Mojekwu, T.O., Anumudu, C.I., 2015. Advanced techniques for morphometric analysis in fish. Journal of Aquaculture & Research. 6, 354.
- Oliveira, P.R., 2007. Qualidade do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) procedente de piscicultura, estocado em gelo, congelado e de seus produtos derivados. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, pp. 119.
- Ono, E., Kehdi, J., 2013. Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Brasília.
- Parsons, K.J., Robinson, B.W., Hrbek, T., 2003. Getting into shape: An empirical comparison of traditional truss-based morphometric methods with a newer geometric method applied to New World Cichlids. Environmental Biology of Fishes. 67, 417-431.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015. R: uma linguagem e ambiente para computação estatística. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reis Neto, R.V., Freitas, R.T.F., Serafini, M.A., Costa, A.C., Freato, T.A., Rosa, P.V., Allaman, I.B., 2012. Inter-relações entre as variáveis morfométricas e rendimentos corpo do peixe arredondada avaliados pela análise do caminho. Revista Brasileira de Zootecnia. 41, 1576-1582.
- Robinson, B.W., Wilson, D.S., 1994. Character release and displacement in fishes: a neglected literature. American Naturalist. 144, 596-627.
- Rutten, M.J.M., Bovenhuis, H., Komen, H., 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture. 231, 113-122.
- Smith, T.B., Skúlason, S., 1996. Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. Annual Review of Ecology and Systematics. 27, 111-133.
- Taylor, E.B., 1999. Species pairs of north temperate freshwater fishes: evolution, taxonomy, and conservation. Fish Biology and Fisheries. 9, 299-324.
- Torres, F.G., Malásquez, M., Troncoso, O.P., 2015. Impact and fracture analysis of fish scales from *Arapaima gigas*. Materials Science and Engineering. 51, 153-157.

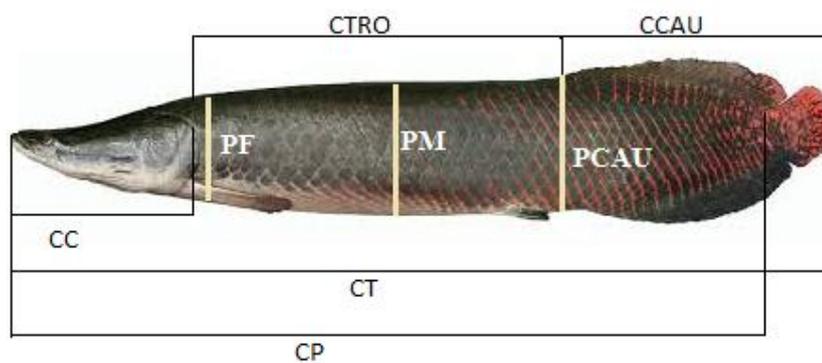
TABELAS E FIGURAS

Figura 1 Medidas morfométricas para *Arapaima gigas*, comprimento total (CT) comprimento padrão (CP), comprimento de cabeça (CC), comprimento do tronco (CTRO), comprimento caudal (CCAU), perímetro frontal (PF), perímetro maior (PM) e perímetro caudal (PCAU).

Tabela1 Média, desvio padrão, representatividade em porcentagem, e coeficiente de variação dos pesos corporais do *Arapaima gigas*.

Pesos (kg)	Média (DP)	%	CV (%)
Peso Total	8.62 (1.25)	100%	14.54
Cabeça	0.96 (0.13)	11,13%	13.33
Carcaça	5.81 (0.87)	67,40%	14.99
Manta	4.59 (0.74)	53,24%	16.18
Espinhas	1.22 (0.35)	14,15%	13.32
Vísceras	0.43 (0.11)	4,99%	25.54
Couro	1.42 (0.22)	16,47%	15.39

DP: desvio padrão; **CV:** coeficiente de variação; **CT:** comprimento total; **CP:** comprimento padrão; **CC:** comprimento de cabeça; **CTRO:** comprimento do tronco; **CCAU:** comprimento caudal; **PCAU** perímetro caudal; **PM:** perímetro maior e **PF:** perímetro frontal.

Tabela2 Média, desvio padrão, representatividade em porcentagem e coeficiente de variação dos pesos corporais do *Arapaima gigas*.

Medidas (cm)	Média (DP)	%	CV (%)
CT	104.23 (4.77)	100%	4.57
CP	96.54 (4.51)	92,62%	4.68
CC	21.67 (1.25)	20,79%	5.77
CTRO	34.93 (2.34)	33,51%	6.71
CCAU	47.63 (2.65)	45,70%	5.57
PCAU	38.65 (2.20)	37,08%	5.69
PM	45.59 (2.64)	43,74%	5.78
PF	43.16 (2.32)	41,41%	5.37

DP: desvio padrão; **CV:** coeficiente de variação; **CT:** comprimento total; **CP:** comprimento padrão;

CC: comprimento de cabeça; **CTRO:** comprimento do tronco; **CCAU:** comprimento caudal; **PCAU**

perímetro caudal; **PM:** perímetro maior e **PF:** perímetro frontal.

Tabela 3 Valores dos efeitos diretos e indiretos para peso total, peso de couro, peso de cabeça, peso de vísceras e peso da carcaça do *Arapaima gigas*.

Variáveis	Correlação	Efeito direto	Efeito indireto via						
			Peso Total						
			CT	CP	CC	CTRO	PCAU	PM	Total
CT	0.89 *	2.32		-0.016	-1.737	0.813	0.071	-0.566	-1.43
CP	0.88 *	-0.02	2.054		-1.476	0.826	0.069	-0.566	0.90
CC	0.70 ns	-2.16	1.700	-0.012		-0.517	2.259	-0.568	2.86
CTRO	0.63 ***	1.14	1.836	-0.012	-1.293		-0.518	-0.527	-0.52
PCAU	0.89 *	0.09	1.359	-0.013	-1.293	0.675		0.075	0.80
PM	0.93 ***	1.64	0.302	-0.002	-1.358	0.344	0.003		-0.71
R ² 0,94									
			Peso de cabeça						
			CT	CC	PCAU	PF	CT/CC	CC/PF	Total
CT	0.87 *	0.29		-0.715	-0.146	1.472	0.029	-0.061	0.58
CC	0.67 *	-1.04	0.200		-0.111	1.057	-0.045	0.605	1.71
PCAU	0.78 ns	-0.18	0.229	-0.622		1.578	0.002	-0.230	0.96
PF	0.79 ***	1.89	0.226	-0.660	-0.150		0.006	-0.521	-1.10
CT/CC	0.02 ns	0.07	0.038	0.653	-0.006	0.181		-0.918	-0.05
CC/PF	-0.07 ns	1.21	-0.015	-0.518	0.035	-0.731	-0.053		-1.28
R ² 0,87									
			Peso de carcaça						
			CT	CP	CC	PCAU	PM	PF	Total
CT	0.85 ***	1.36		-0.004	-0.288	-0.190	0.352	-0.384	-0.51
CP	0.84 *	0.00	1.233		-0.284	-0.087	0.352	-0.379	0.84
CC	0.68 *	-0.42	0.941	-0.003		-0.058	0.494	-0.276	1.10
PCAU	0.86 *	-0.11	1.058	-0.003	-0.251		0.365	-0.199	0.97
PM	0.93 ***	0.44	1.299	-0.003	-0.251	-0.095		-0.458	0.49
PF	0.90 *	-0.49	1.089	-0.003	-0.214	-0.082	0.599		1.39
R ² 0,92									

*(P<0,05); ***(P<0,001); ns (não significativo); **CT**: comprimento total; **CP**: comprimento padrão; **CC**: comprimento de cabeça; **CTRO**: altura do corpo; **CCA**: comprimento caudal; **PCAU** perímetro caudal; **PM**: perímetro maior e **PF**: perímetro frontal

Tabela 4 Valores dos efeitos diretos e indiretos para peso de manta, peso de vísceras, peso de couro e peso de espinha do *Arapaima gigas*.

Variáveis	Correlação	Efeito direto	Efeito indireto via						Total
			Peso de manta						
			CTRO	PCAU	PM	CC.PM	CC/PF	-	
CTRO	0.62 ***	0.15		0.198	0.285	-0.013	-0.003	-	0.47
PCAU	0.84 ***	0.37	0.082		0.401	-0.009	-0.002	-	0.47
PM	0.86 ***	0.48	0.09	0.305		-0.015	-0.003	-	0.38
CC.PM	-0.33 ns	0.03	-0.06	-0.096	-0.22		0.008	-	-0.4
CC/PF	-0.23 *	0.01	-0.05	-0.07	-0.15	0.03		-	-0.2
R ² 0,81									
			Peso de Vísceras						
			CT	CC	PCAU	CP/CC	CTRO/PCAU	-	Total
CT	0.79 *	0.5		0.026	0.252	0.007	0.009	-	0.29
CC	0.63 ***	0.04	0.468		-0.02	0.099	0.046	-	0.59
PCAU	0.81 *	0.3	0.022	0.002		0.059	0.432	-	0.51
CP/CC	-0.07 ns	0.03	-0.01	0.018	-0.08		-0.037	-	-0.1
CTRO/PCAU	-0.35*	-0.24	-0.12	-0.055	0.015	-0.053		-	-0.2
R ² 0,75									
			Peso de Couro com escamas						
			CT	CP	PCAU	PM	CC/PF	-	Total
CT	0.91 ***	0.26		0.2598	0.262	0.1109	0.0246	-	0.65
CP	0.90 ***	0.27	0.253		0.261	0.1084	0.013	-	0.63
PCAU	0.89 *	0.31	0.224	0.2246		0.1134	0.0206	-	0.58
PM	0.89 ***	0.13	0.232	0.2327	0.277		0.0227	-	0.76
CC/PF	- 0.36 ns	-0.67	-0.07	-0.065	-0.12	-0.063		-	-0.31
R ² 0,89									
			Peso das espinhas						
			CT	CP	CC	CTRO	PCAU	PM	Total
CT	0.47 *	0.22		0.0706	0.116	0.2536	-0.1891	1.204	0.25
CP	0.46 *	0.07	0.212		0.184	0.1804	-0.1819	1.204	0.39
CC	0.48 *	0.17	0.151	0.0495		-0.322	0.4336	0.903	0.31
CTRO	0.19 *	-1.34	0.155	0.0531	1.45		-0.1292	0.888	1.53
PCAU	0.39 ns	-0.24	0.173	0.0553	0.101	0.3053		1.249	0.63
PM	0.50 ***	1.5	0.175	0.0582	0.101	-0.992	-0.3487		-1.0
R ² 0,79									

*(P<0,05); ***(P<0,001); ns (não significativo); **CT**: comprimento total; **CP**: comprimento padrão; **CC**: comprimento de cabeça; **CTRO**: altura do corpo; **CCA**: comprimento caudal; **PCAU** perímetro caudal; **PM**: perímetro maior e **PF**: perímetro frontal

Gráfico 1 Predição do peso da manta através do conhecimento da medida PM.

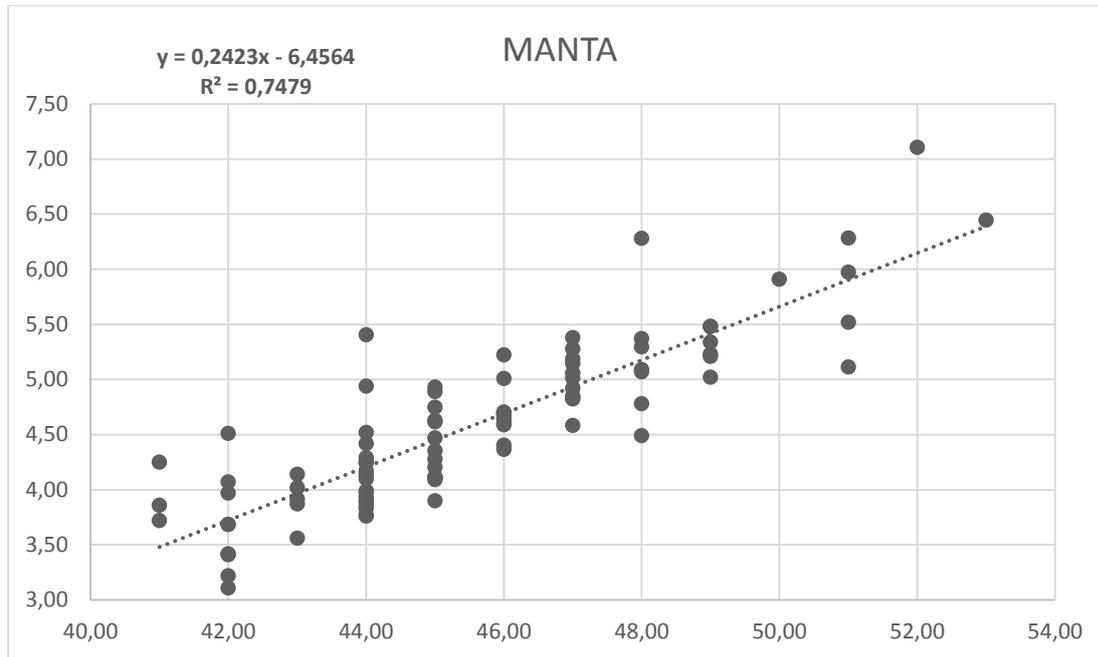


Gráfico 2 Predição do peso da total do peixe através do conhecimento da medida PM.

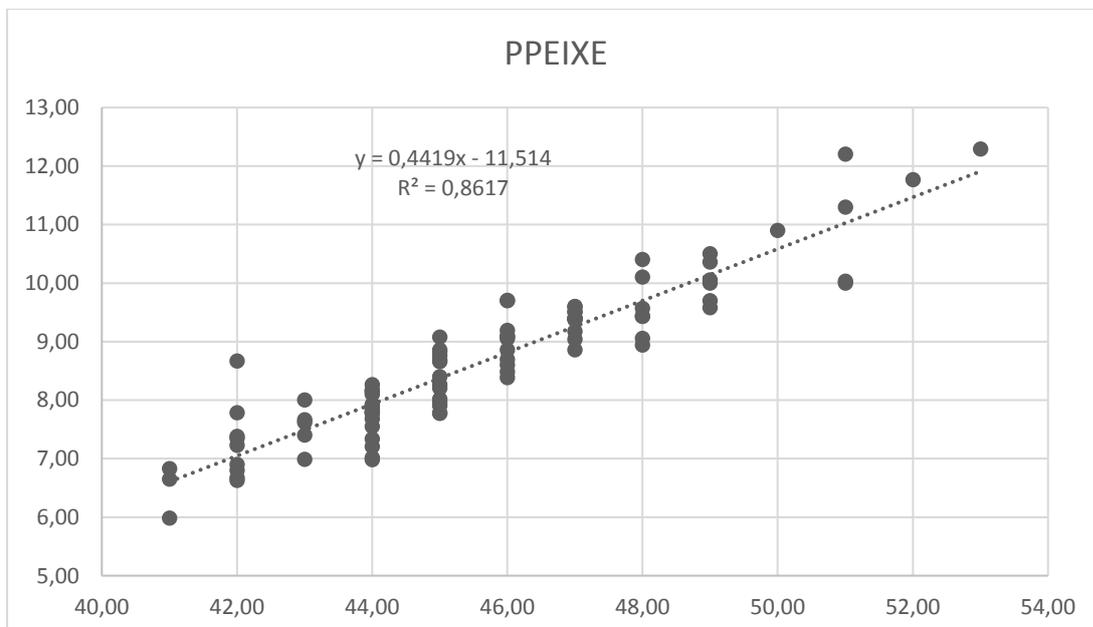
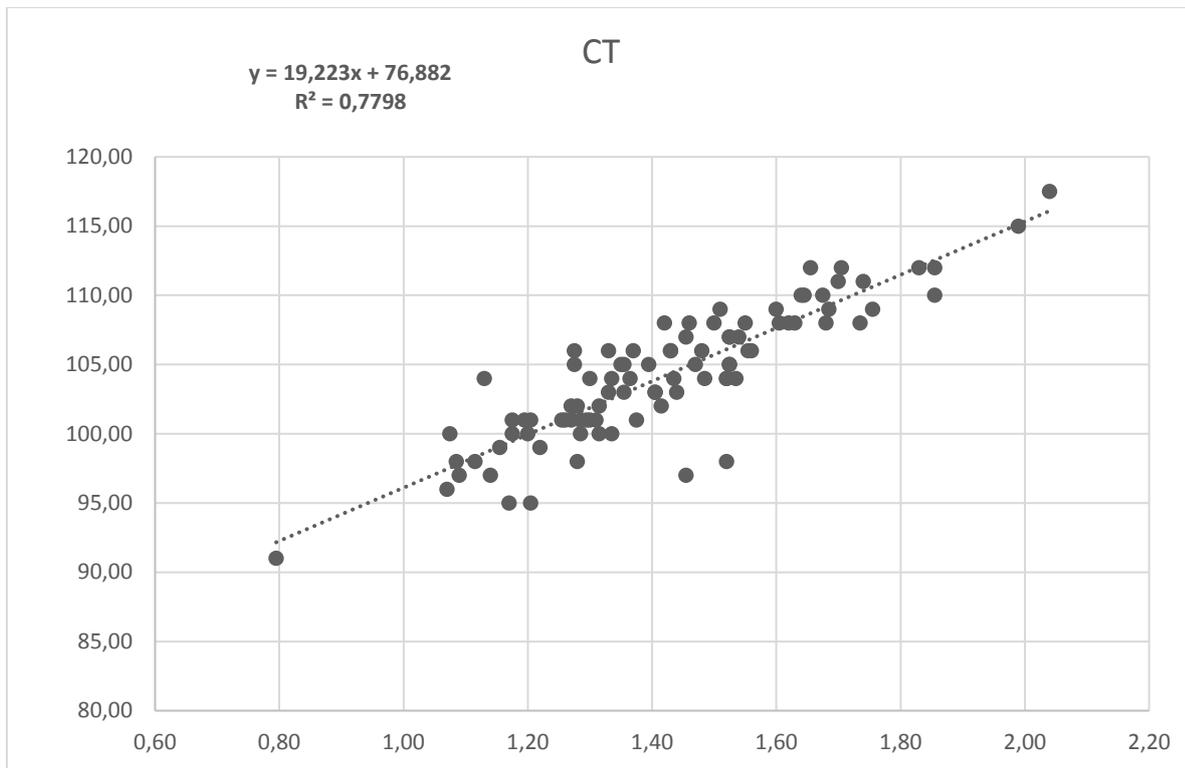


Gráfico 3 Predição do peso do couro através do conhecimento da medida CT.

ANEXO



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS ROLIM DE MOURA
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA



**Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR**

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo número PP 019/2014 do projeto de pesquisa intitulado: **“Sistemas de alimentação e classes de peso do pirarucu (*Arapaima gigas* Schinz, 1822) em viveiro escavado: características físico-químicas, hematológicas e de desempenho”**, sob responsabilidade do Profa. Dra. Jucilene Cavali, está de acordo com o disposto na Lei Federal nº 11.794 de 8 de Outubro de 2008 (Lei AROUCA). O referido projeto cumpre, também, as exigências da Resolução n. 879, de 15/02/2008 do CFMV; Decreto 6.899, de 15/07/2009; Resolução Normativa n.1, de 09/07/2010 do CONCEA; Resolução normativa nº 3, de 14/12/2011 do CONCEA e "Princípios Éticos na Experimentação Animal", elaborado pela Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório – SBCAL. Portanto, o projeto supracitado foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, em reunião ordinária realizada em 13 de junho de 2014.

Rolim de Moura (RO), 13 de junho de 2014.

Profa. Dra. Thais Rabelo dos Santos
Presidente da CEUA