

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE**

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

**CAUSAS E EFEITOS ENTRE CARACTERES FENOTÍPICOS DE
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM PACU *Piaractus mesopotamicus***

ALENE SANTOS SOUZA

Rio verde, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS RIO VERDE.**

**CAUSAS E EFEITOS ENTRE CARACTERES FENOTÍPICOS DE
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM PACU *Piaractus mesopotamicus***

ALENE SANTOS SOUZA

Trabalho de curso apresentado ao Instituto Federal
Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial
para a obtenção do Grau em Bacharel em Zootecnia.

Orientador : Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa
Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Ribeiro Araújo Neto

Rio verde, GO

2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S729c Souza , Alene Santos
Causas e efeitos entre caracteres fenotípicos de importância econômica em pacu *Piaractus Mesopotamicus* / Alene Santos Souza ; orientador Adriano Carvalho Costa ; co-orientador Francisco Ribeiro de Araújo Neto. -- Rio Verde, 2022.
35 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. avaliação de carcaça. 2. path analysis. 3. peso corporal. 4. variáveis morfométricas. I. Costa , Adriano Carvalho, orient. II. Araújo Neto, Francisco Ribeiro de, co-orient. III. Título.

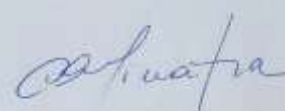
FOLHA DE APROVAÇÃO

CAUSAS E EFEITOS ENTRE CARACTERES FENOTÍPICOS DE IMPORTÂNCIA ECONÔMICA EM PACU *Piaractus mesopotamicus*

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 07 de Março de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



Dra. Hortência Aparecida Botelho
(Avaliadora Externa)



Prof. Dra. Cibele Silva Minafra
(avaliadora Interna)



Zootecnista Marília Fernandes Parreira
(Avaliadora Externa)



Prof. Dr. Francisco Ribeiro Araújo Neto
(Co-orientador)



Prof. Dr. Adriano Carvalho
Costa
(Orientador)

Rio Verde, GO

2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Alene Santos Souza
Matrícula: 2017102203840058
Título do Trabalho: Causas e efeitos entre caracteres fentípicos de importância econômica em pecuária caracter misto
Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 26/03/22

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde (GO) 24/03/22
Local Data

Alene Santos Souza

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

[Assinatura]

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 13/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos sete dias do mês de março de 2022, às 9 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Dr. Adriano Carvalho Costa (orientador), Dra. Cibele Silva Minafra (membro), Dra. Hortência Aparecida Botelho (membro), Dr. Francisco Ribeiro Araújo Neto e Marília Parreira Fernandes, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**Causas e efeitos entre caracteres fenotípicos de importância econômica em pacu (*Piaractus Mesopotamicus*)**" da estudante Alene Souza Santos, Matrícula nº 2017102201840058 do Curso de Bacharelado de Zootecnia do IF Goiano - Campus Rio Verde, Goiás. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelo orientador, em nome dos demais membros externos da banca.

(Assinado Eletronicamente)

Adriano Carvalho Costa

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Cibele Silva Minafra

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dr. Francisco Ribeiro Araújo Neto

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Dra. Hortência Aparecida Botelho

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Marília Parreira Fernandes

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Cibele Silva Minafra, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2022 14:52:06.
- Francisco Ribeiro de Araujo Neto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2022 14:18:15.
- Adriano Carvalho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/03/2022 14:13:08.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 365895

Código de Autenticação: de43aefbda



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, Nono, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600

*Dedico aos meus pais Alberto e Jaciaria, meu irmão Guilherme, e,
minha vó Maria Vera (in memoriam).*

AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais, Jaciaria da Silva Santos e Alberto dos Santos Souza, pelo apoio incondicional, carinho e motivação durante toda a minha caminhada. Vocês são minha inspiração;

À minha família pelo apoio nas dificuldades enfrentadas, em especial minha vó Maria Lúcia;

Ao meu noivo João Pedro, pelo incentivo, compreensão e por acreditar sempre em minha capacidade;

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela oportunidade e amparo de durante a graduação;

A equipe NEPEAQUA que esteve presente e contribuiu imensamente no meu aprendizado e crescimento profissional;

Ao meu orientador, professor Dr. Adriano Carvalho Costa, pelas orientações, paciência, ensinamentos ao longo do curso;

Ao Prof. Dr. Francisco Ribeiro Araújo Neto, pela co-orientação no trabalho;

A banca examinadora composta pela Prof. Dra. Cibele Minafra, Dra. Hortência Aparecida Botelho e a Zootecnista Marília Parreira Fernandes, zootecnista e especialista em Piscicultura, pelas sugestões e melhorias no trabalho;

A todos meus queridos amigos, em especial a Ramanda, Nathan, Allice, Júlia Hanna, Ana Maria, Fayane, Kelly, João Euzébio, Luiz Marcos e Cálita pelo companheirismo e amizade;

A todos meus colegas de curso pelos momentos vividos e que de alguma forma contribuíram em minha trajetória;

Aos professores da Zootecnia pelos ensinamentos que colaboraram em minha formação profissional;

E também àqueles que de alguma forma estiveram presente durante meu percurso.

Minha eterna gratidão!

A verdadeira qualidade de um shinobi não está no número de jutsus ou na quantidade de talento que ele possui, o importante é a determinação de nunca desistir (Jiraiya).

SOUZA, Alene Santos. **Causas e efeitos entre caracteres fenotípicos de importância econômica em pacu *Piaractus mesopotamicus***. 2022. 35p. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

RESUMO: O pacu é uma espécie nativa da América do Sul de destaque na produção aquícola, sendo os produtos mais valorizados pela indústria o peixe eviscerado, filé e costela. Logo surge a necessidade da seleção desses caracteres para o melhoramento genético. A correlação é uma técnica importante no processo de seleção, porém, não permite avaliar a relação de causa e efeito entre os caracteres. Sendo necessário aliar em outros métodos, como a análise de trilha para compreender estes efeitos. Com isso objetivou-se avaliar por meio da análise de trilha a relação de causa e efeito entre as variáveis morfométricas e os pesos corporais do pacu sobre os rendimentos de importância econômica. Para isso foram estocados 400 juvenis, em um tanque escavado (66 m²) durante 196 dias, alimentados com ração comercial 35% de proteína bruta. A cada 28 dias foram selecionados e insensibilizados de 20 peixes, para a avaliação morfométrica e obtenção dos pesos e rendimentos corporais. A multicolinearidade foi eliminada por regressão utilizando o procedimento “Stepwise” com a opção “backward” e posteriormente os coeficientes de trilha foram estimados. Na análise dos caracteres fenotípicos, foram observados efeitos distintos e altas correlações significativas com os produtos obtidos com o processamento do pacu, sendo o CP a medida mais importante para entender a variação no peso de cabeça e AC para o peso de costela e filé. Enquanto para os rendimentos corporais as medidas e razões morfométricas por meio dos coeficientes de trilha não foram determinantes na compreensão destas variáveis, surgindo assim a necessidade de novos estudos avaliando outras medidas mensuráveis.

Palavras chaves: avaliação de carcaça; path analysis; peso corporal; variáveis morfométricas

SOUZA, Alene Santos. **Causes and effects between phenotypic characters of economic importance in pacu *Piaractus mesopotamicus*.** . 2022. 35p. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

ABSTRACT: Pacu is a species native to South America that stands out in aquaculture production, and the products most valued by the industry are gutted fish, fillets, and ribs. Soon the need arises for the selection of these characters for genetic improvement. Correlation is an important technique in the selection process, however, it does not allow evaluating the cause and effect relationship between the characters. It is necessary to combine other methods, such as trail analysis, to understand these effects. Thus, the objective was to evaluate, through trail analysis, the cause and effect relationship between the morphometric variables and the pacu body weights on the income of economic importance. For this, 400 juveniles were stored in an excavated tank (66 m²) for 196 days, with commercial feed with 35% crude protein. Every 28 days, 20 fish were selected and stunned for morphometric evaluation and obtaining body weights and yields. Multicollinearity was eliminated by regression using the “Stepwise” procedure with the “backward” option and later the trail coefficients were estimated. In the analysis of the phenotypic characters, distinct effects and highly significant correlations were observed with the products obtained from the pacu processing, with CP being the most important measure to understand the variation in head weight and AC for rib and fillet weight. While for body yields, measurements and morphometric ratios through trail coefficients were not decisive in understanding these variables, thus emerging the need for further studies evaluating other measurable measures.

Key words: carcass evaluation; body weight; morphometric variables; path analysis

LISTA PARA TABELAS

TABELA 1- Dados descritivos da média, erro-padrão, máximo e mínimo para o peso corporal dos pacus avaliados.....26

TABELA 2- Valores dos Efeitos diretos e indiretos para peso de carcaça, peso da cabeça, peso do filé, peso da costela e peso do resíduo sobre medidas e razões morfométricas em *Piaractus mesopotamicus*.....29

TABELA 3- Valores dos efeitos diretos e indiretos para rendimento de carcaça, cabeça, filé, costela e resíduo sobre as medidas e razões morfométricas em *Piaractus mesopotamicus*.....31

LISTA DE ABREVIACÕES

AC	altura do corpo
CC	comprimento de cabeça
CP	comprimento padrão
LC	largura do corpo
AC/CP	altura do corpo/ comprimento padrão
CC/AC	comprimento de cabeça/ altura do corpo
CC/CP	comprimento de cabeça/ comprimento padrão
LC/AC	largura do corpo/ altura do corpo
LC/CC	largura do corpo/ comprimento de cabeça

LISTA PARA FIGURAS

FIGURA 1- Imagem ilustrativa do pacu	18
FIGURA 2- Diagrama dos efeitos das variáveis explicativas (X1, X2 e X3) e residual (ϵ) sobre a variável dependente Y.....	22
FIGURA 3- Diagrama ilustrativo dos efeitos das variáveis primárias e secundárias sobre a variável básica.	22
FIGURA 4- Medidas morfométricas realizadas no Pacu	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Características do pacu	18
2.2 Medidas e razões morfométricas	19
2.3 Rendimentos corporais	20
2.4 Análise de trilha.....	21
3 MATERIAL E MÉTODO	23
3.1 Localização e período experimental	23
3.2 Material biológico, instalações e manejo	23
3.3 Avaliação morfométrica	24
3.4 Avaliação dos pesos e rendimentos corporais	25
3.5 Análise estatística	25
4 RESULTADOS	27
5 DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O pacu *Piaractus mesopotamicus* é uma espécie nativa de grande relevância econômica em diversos países da América do Sul, isso se deve ao fato de apresentar boas características nutricionais que são um atrativo para o mercado consumidor. No Brasil é a sexta espécie de peixe mais exportada, sendo as regiões centro-oeste e sudeste as principais produtoras (PEIXE BR, 2021).

Os produtos mais valorizados comercialmente pela indústria são o peixe eviscerado e o filé, portanto estudos sobre pesos e rendimentos destas partes corporais são necessários tendo em vista a importância econômica tanto para a indústria de pescado quanto para piscicultores (REIS NETO et al., 2012).

Em programas de melhoramento genético a seleção dessas características por mensuração direta envolve o sacrifício do animal, ocorrendo perdas de potenciais reprodutores do plantel. Uma das alternativas para seleção dessas características sem precisar abater os animais é avaliar as correlações entre medidas e razões morfométricas com os rendimentos de carcaça (BOTELHO et al., 2019; LIMA et al., 2018).

No entanto, as correlações entre variáveis permitem ao pesquisador avaliar apenas a direção e magnitude da associação entre dois caracteres, ou seja, não determina a influência dos efeitos de um grupo de caracteres sobre uma variável dependente de maior importância (BOTELHO et al., 2019). Entretanto a análise de trilha ou *path analysis* desenvolvida por Wright desdobra as correlações em efeitos diretos e indiretos permitindo a compreensão de causas e efeitos entre as variáveis (WRIGHT, 1923).

Os coeficientes de trilha são obtidos através de equações de regressões, nas quais as variáveis são previamente padronizadas (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Essa técnica tem sido amplamente utilizada em programas de seleção para melhoramento genético em diferentes culturas de plantas (SANTOS et al., 2018; GONÇALVES et al., 2017) e em peixes como tilápias e o tambaqui (RIBEIRO, 2018b; SCATENA et al., 2021).

Com isso estudos sobre as causas e efeitos entre variáveis morfométricas e de rendimentos corporais no pacu são escassos na literatura. Por isso, o presente estudo tem como o objetivo avaliar por meio da análise de trilha a relação de causa e efeito entre variáveis morfométricas e dos pesos e produtos gerados com o processamento do pacu.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características do pacu

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) é um peixe originário das bacias dos Rios Paraguai e Prata, pertence à classe Actinopterygii, ordem Characiformes, família Characidae e subfamília Serrasalminidae (FISHBASE, 2021). É uma espécie de água doce e hábito alimentar onívoro, na natureza sua dieta é baseada em folhas, sementes, flores e frutos. Apresenta rápido crescimento, de fácil adaptabilidade à ração comercial, rusticidade ao manejo e tem uma boa aceitação no mercado consumidor (URBINNATI e GONÇALVES, 2005).

Está entre as espécies nativas que mais vem se destacando na América do Sul, devido suas boas características produtivas e bom valor comercial. No Brasil a produção concentra-se nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Em 2019 a produção do pacu juntamente com a patinga foi de 11.542.632 milhões de toneladas (IBEGE, 2019).

A espécie apresenta escamas, corpo romboide e achatado, coloração uniforme, variando do castanho ao cinza-escuro com o ventre amarelo. A conformação corporal é alta, arredonda e ventralmente comprida (Figura 1). A cabeça é relativamente pequena (comprimento de 2,7 a 4,2 cm). Sua boca terminal apresenta duas séries de dentes e as nadadeiras, dorsal e peitoral são mais escuras que o restante do corpo, enquanto às nadadeiras pélvicas, anal e caudal são de coloração clara (GRAÇA e PAVANELLI, 2007).

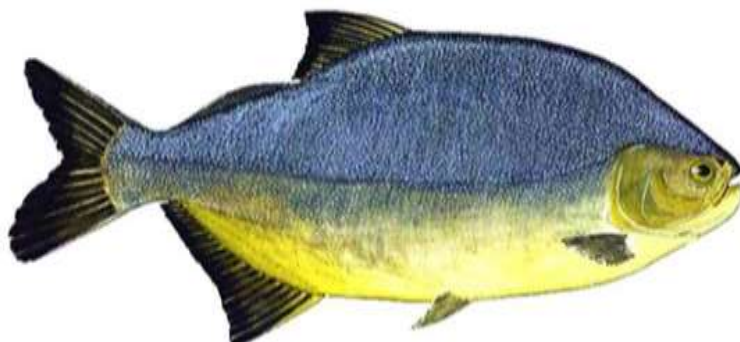


FIGURA 1- Imagem ilustrativa do pacu.

Fonte: <https://www.pinterest.com.mx/pin/572449802626374953/>. Acesso em 14. Fev. 2022.

O pacu apresenta características zootécnicas atraentes para a criação intensiva, tais como, boa adaptação aos sistemas de cultivo, excelente ganho em peso e carne branca de boa

qualidade nutricional para o consumo humano. Por ser um peixe natural da bacia do Prata consegue tolerar melhor baixas temperaturas se comparado às demais espécies de peixes redondos (SERAPHIM, 2017). Esse acaba sendo o grande diferencial, a tolerância do frio faz com que o pacu seja o mais apropriado para produção em determinadas regiões do Brasil.

2.2 Medidas e razões morfométricas

As medidas morfométricas podem ser obtidas através de diferentes regiões do corpo, e são usadas para caracterizar o formato anatômico do peixe. Esse formato irá variar de espécie para espécie, e ainda pode influenciar diretamente o peso corporal, e os rendimentos dos produtos processados, ou seja, cabeça, tronco, carcaça, filé e costela entre outros. Existem diversos estudos avaliando a influência das medidas e razões morfométricas sobre os pesos corporais de diferentes espécies de peixes por meio de correlações e análise de trilha (RIBEIRO et al., 2019a; MELO et al., 2013; CIRNE et al., 2019).

A avaliação das características fenotípicas em peixes é de importante entendimento, uma vez que por meio dessas é possível relacionar de forma indireta o rendimento de filé com o percentual dos subprodutos gerados. Sendo uma prática de fácil aplicabilidade, pois para a mensuração das medidas morfométricas necessita apenas de um paquímetro e um ictiômetro que são de fácil manipulação e acessível economicamente (COSTA, 2011).

Em programas de melhoramento genético as características fenotípicas já são utilizadas como forma de seleção, por exemplo, para tilápias que foi observado que existe a manutenção dos ganhos genéticos em velocidade de crescimento e elevadas respostas à seleção quanto a peso, largura, altura e comprimento do tronco (PORTO et al., 2015). Shiotsuki et al., 2019 afirmam que as características de fácil medição, como peso, comprimento (total ou padrão), largura e altura do animal podem ser critérios para selecionar tambaqui e demais peixes redondos nas pisciculturas comerciais.

Conforme Goodman (1973), o emprego das variáveis morfométricas como critério de seleção só se justificam quando são observadas altas correlações com as medidas dos produtos corpóreos de valor comercial, como pesos e os rendimentos de filé e de carcaça. Em tilápias *Oreochromis niloticus*, já foi constatado que as medidas do corpo apresentam alta correlação com o peso corporal e o peso do filé (TURRAS et al., 2010).

Para o Pirarucu *Arapaima gigas*, resultados semelhantes foram relatados sendo avaliado o peso, comprimentos, diâmetros, alturas e larguras, tendo a mais alta correlação entre peso e comprimento total igual a 0,9948 (SOBRINHO et al., 2020). Botelho et al.

(2019), em seu estudo sobre os efeitos diretos e indiretos nas medidas, proporções e pesos corporais de duas espécies de lambaris observaram que as medidas morfométricas explicaram a causa e efeito entre o peso e componentes do corpo.

Na avaliação das características morfométricas da traíra *Hoplias malabaricus*, foi observado uma alta correlação entre o peso de abate com o comprimento total (0,97) e comprimento padrão (0,98), e com o peso do filé (0,96), ou seja, à medida que o peso de abate aumenta, maior é o comprimento total e padrão e consequentemente, o peso do filé (ARAÚJO et al., 2018).

2.3 Rendimentos corporais em peixes

Estudos sobre as avaliações de pesos e rendimentos corporais com medidas morfológicas em peixes são de extrema relevância do ponto de vista econômico, uma vez que através desses é possível fazer uma estimativa da produtividade tanto para os piscicultores quando para a indústria de processamento de pescado (SOUZA et al., 2000).

Peixes que apresentam valores superiores de rendimentos de carcaça ou de corte nobre como filé são mais bem visto e valorizados pelo mercado consumidor. Todavia a seleção desses caracteres para programas de melhoramento genético apresenta dificuldades, visto que, requer o sacrifício do animal para mensuração de suas medidas corporais e consequentemente ocorre a perda de um potencial reprodutor (CREPALDI et al., 2008). Com isso existem diversas pesquisas sobre as correlações e análise de trilha com os rendimentos em função das medidas e razões morfométricas, a fim de entender o inter-relacionamento e efeitos entre essas variáveis e utilizá-las como critérios indiretos para seleção (RIBEIRO, 2018b; CAVALI et al., 2021).

Melo et al. (2013), avaliando os efeitos diretos e indiretos das características fenotípicas sobre o rendimento corporal da tilápia do Nilo observaram que a razão entre a largura do corpo (LC) com o comprimento da cabeça (CC), para diferentes classes de peso, foi a variável mais altamente correlacionada e com maior efeito direto sobre o rendimento de filé e de cabeça, mostrando assim ser a variável morfométrica mais importante para a determinação das características de carcaça.

Em tambaquis *Colossoma macropomum*, observou-se que os indivíduos com menor peso vivo apresentaram menor rendimento de vísceras e maior rendimento de filés, tais resultados, podem ser utilizados pela indústria de processamento para estabelecer estratégias de comercialização (LIMA et al., 2018). Trabalhos com a pescada branca *Plagioscion*

squamosissimus, verificou-se alta correlação do CC/CP (comprimento da cabeça/comprimento padrão) e do CC/AC (comprimento da cabeça/altura da cabeça) com os rendimentos corporais (FILHO et al., 2019).

Cavali et al. (2021), constataram correlação significativa ($p < 0,05$), entre o rendimento de filé do pacu e as medidas morfométricas, exceto para faixa de peso 4 das cinco faixas avaliadas (peso 1: $< 1,2$ kg; peso 2: 1,2 a 1,8 kg; peso 3: 1,81 a 2,4 kg; peso 4: 2,41 a 3,5 kg e peso 5: $> 3,5$ kg). Em geral, as medidas corporais normalmente apresentam alta correlação fenotípica com peso corporal e o peso de filé, no entanto, baixa para os rendimentos. E diferenças entre populações, idade e peso dos animais filetados dificultam a obtenção de um modelo que melhor explique as variações entre os rendimentos corpóreos (TURRAS et al., 2010).

2.4 Análise em trilha

A análise em trilha (*path analysis*) técnica estatística multivariada desenvolvida por Wright em 1921 baseia-se no desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos, permitindo medir a influência de uma variável independente sobre uma dependente, por meio dos coeficientes de trilha ou caminho. Inicialmente é definido o diagrama dos caminhos, sendo previamente padronizadas as variáveis (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Essas estimativas são obtidas a partir do método do mínimo dos quadrados e em geral, a execução da análise é realizada em duas partes:

1. Construção de um diagrama de caminho que, embora não seja essencial para a análise numérica, é muito útil para exibir graficamente o padrão de hipóteses das relações de causa e efeito entre o conjunto de variáveis, ou seja, estabelece uma relação de causa e efeito entre variáveis;
2. Decomposição das correlações observadas em um conjunto de coeficientes (coeficientes de caminho) que indica o efeito direto de uma variável hipoteticamente tomada como causa sobre uma variável tratada como efeito. (SOUZA, 2013).

A análise trilha possibilita a compreensão detalhada das influências exercidas entre os caracteres envolvidos através de um diagrama pré-estabelecido (figura 2 e 3), e explica a existência, magnitude e direção das correlações positivas e negativas de altas e baixas magnitudes entre as variáveis estudadas (SILVA et al., 2005). O que permite determinar qual critério será mais eficiente na seleção para incrementar o melhoramento genético.

Além disso, nessa análise há possibilidade de ser uma metodologia de identificação das variáveis menos explicativas no comportamento da variável dependente principal e, assim, eliminá-la do estudo (CRUZ e CARNEIRO, 2003). A figura 2 ilustra o diagrama causal, entre as variáveis associadas por um único modelo de regressão, já para o diagrama em cadeia representado na figura 3 a análise de trilha deve ser feita antes e por partes sendo a análise separada com cada diagrama causal (SOUZA et al., 2013).

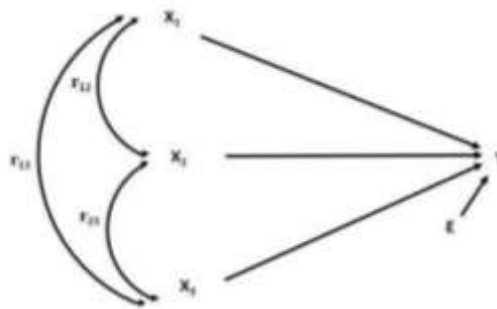


FIGURA 2- Diagrama dos efeitos das variáveis explicativas (X_1 , X_2 e X_3) e residual (ϵ) sobre a variável dependente Y .

Fonte: Souza (2013).

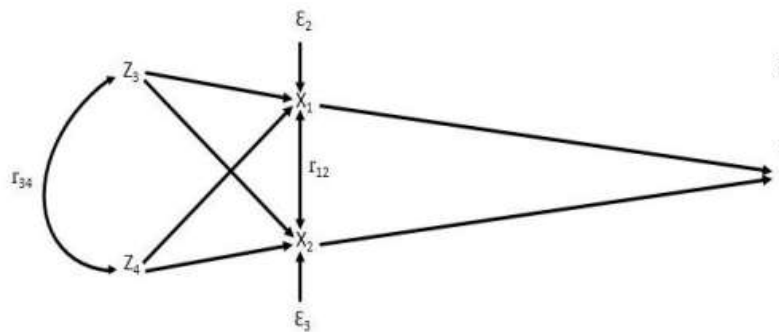


FIGURA 3- Diagrama ilustrativo dos efeitos das variáveis primárias e secundárias sobre a variável básica.

Fonte: Souza (2013).

Os resultados da análise de trilha podem se enquadrar em quatro situações possíveis (LOURES et al, 2001):

- a) a variável independente (x) apresenta alto efeito e alta correlação significativa com a variável dependente (y), indicando ser determinante da variação em y ;
- b) a variável independente (x) apresenta efeito direto elevado, mas pouca correlação com (y), indicando que, em uma análise conjunta com as demais variáveis independentes,

pode resultar em grandes benefícios para efeito de estimativas, mas não deve ser utilizada isoladamente;

- c) a variável (x) apresenta correlação elevada com (y), mas efeito direto reduzido indicando que seus efeitos ocorrem, indiretamente através de outras variáveis do modelo e seu uso é de pouca utilidade nas determinações dos efeitos das variáveis independentes sobre (y);
- d) a variável independente apresenta baixos valores, tanto do efeito direto, como correlação com (y), indicando ser de pouca utilidade para as estimativas.

O método de análise de trilha é amplamente utilizado em diversas áreas de conhecimento principalmente no melhoramento genético de diferentes culturas agrônômicas como o milho (PINHEIRO et al., 2021) e em peixes há estudos sobre efeitos diretos e indiretos das medidas morformétricas sobre peso e rendimentos corporais em algumas espécies, como tilápia (LIMA, 2018), mas para o pacu tem poucos trabalhos na literatura.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Localização e período experimental

A pesquisa foi desenvolvida no Setor de Piscicultura da Escola Agrotécnica Federal de Colatina – ES (EAFCOL), situada a 17 quilômetros de Colatina, durante um período de 196 dias.

3.2 Material biológico, instalações e manejo

O material biológico do experimento foi obtido por meio do cruzamento entre três machos e três fêmeas de Pacu, do plantel de reprodutores do Setor de Piscicultura da EAFCOL, dos quais foram acasalados aleatoriamente por meio de estímulo hormonal, conforme proposto por Ihering, (1935).

Iniciou-se o experimento com 400 juvenis provenientes desta reprodução com peso médio de 66,18g ($\pm$ 13,49g), que foram cultivados em um viveiro de terra de 66 m² (6m x 11m) durante o período experimental. Neste período, os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada com 35% de proteína bruta, e fornecida de acordo com a biomassa e fase de criação. Após os 196 dias de cultivo, os peixes estavam com peso médio de 867,88g ($\pm$ 95,34 gramas).

Os parâmetros de qualidade de água foram averiguados da seguinte forma: temperatura medida diariamente no início e no final do dia por meio de um “termômetro de mercúrio”; o oxigênio foi medido semanalmente, utilizando “medidor de oxigênio dissolvido digital HI 98186”; o pH foi aferido semanalmente, com auxílio de um peagâmetro.

A cada 28 dias, foram feitas amostragens de 20 peixes, os quais foram avaliados, após um jejum de 24 horas. Os peixes foram insensibilizados através da secção da medula, conforme proposto por Pedrazzani et al. (2009). Esta foi realizada com uso de uma faca inox de 20 cm de comprimento, a qual foi introduzida por um dos opérculos do peixe na posição de 30°, até atingir a medula realizando-se imediatamente a secção da mesma. Em seguida, os peixes foram submetidos à avaliação morfométrica e processados para obtenção dos pesos e rendimentos corporais.

3.3 Avaliação morfométrica

As medidas métricas (cm) avaliadas no Pacu estão ilustradas na figura 4.

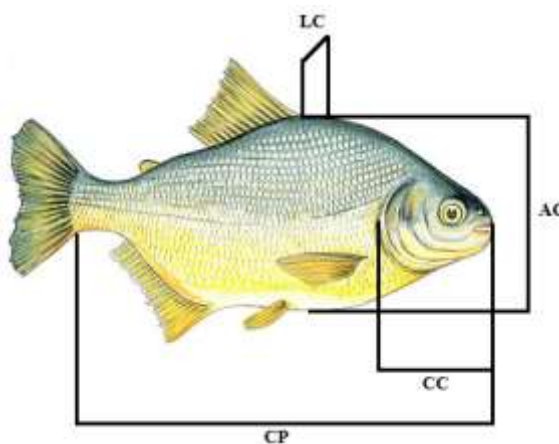


FIGURA 2- Medidas morfométricas realizadas no Pacu.

Fonte: Adaptado de COSTA et al., 2020b.

Comprimento padrão (CP), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o menor perímetro do pedúnculo (inserção da nadadeira caudal); comprimento de cabeça (CC), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a borda caudal do opérculo; altura do corpo medida à frente do 1º raio das nadadeiras dorsal (AC); largura do corpo tomada na região do 1º raio das nadadeiras dorsal (LC);

O comprimento padrão foi medido através de um ictiômetro e as demais medidas foram realizadas com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros (mm).

Como complementação, foram calculadas as seguintes razões morfométricas:

CC/CP = comprimento da cabeça / comprimento padrão

AC/CP = altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento padrão

LC/CP = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento padrão

CC/AC = comprimento da cabeça / altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal

LC/CC = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / comprimento da cabeça

LC/AC = largura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal / altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal

3.4 Avaliação dos pesos e rendimentos corporais

Para obtenção dos pesos e rendimentos corporais, os peixes sacrificados foram eviscerados, pesando-se a carcaça (peixe eviscerado) e peixe inteiro, em seguida a pele foi retirada, juntamente com as escamas, com auxílio de um alicate, no sentido crânio-caudal. Após a retirada da pele, seccionou-se por meio de cortes na linha após a extremidade caudal do opérculo, separando a cabeça do tronco. Com o uso de uma faca de filetagem, separou-se da espinha dorsal (resíduo) o filé com costelas, sendo, posteriormente, os filés separados das costelas e pesados os produtos gerados, para obtenção dos pesos e rendimentos de cada parte.

O rendimento de cada produto foi calculado como porcentagem do peso de abate (peixe inteiro), obtendo os seguintes rendimentos:

%Rendimento da carcaça = peso da carcaça / peso de abate

%Rendimento de cabeça = peso da cabeça / peso de abate

%Rendimento de filé = peso do filé / peso de abate

%Rendimento de costela = peso da costela / peso de abate

%Rendimento de resíduo = peso do resíduo / peso de abate

2.5 Análise estatística

Inicialmente, foi realizada a consistência do banco de dados para todas variáveis, sendo considerados “outliers” valores extremos apresentados em análises “boxplot”. As estatísticas descritivas de média, erro-padrão, mínimo e máximo para o peso corporal, durante as avaliações estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 2 – Dados descritivos da média, erro-padrão, máximo e mínimo para o peso corporal dos pacus avaliados.

Idade (dias)	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
84	331, 08	10,53	255, 35	454, 34
112	517,97	16,01	385,68	649, 98
140	682,87	19,05	542, 34	861, 65
168	804,28	19,01	710, 31	1037, 19
196	907,62	29,83	754, 42	1226, 99

Para este estudo, os pesos das partes corporais e os rendimentos corporais foram considerados como variáveis dependentes, as medidas e as razões morfométricas como variáveis independentes.

Foi realizada regressão linear múltipla, para os pesos e rendimentos corporais, utilizando procedimento “Stepwise” com a opção “backward”, para eliminar a multicolinearidade (COIMBRA et al., 2005; CHARNET, et al., 2008; CHAGAS, 2010). Posteriormente foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade com base no fator de condição (razão entre o maior e o menor autovalor), sendo verificado $NC < 100$, indicando que a multicolinearidade é considerada fraca e não constitui problema para a análise (CRUZ E CARNEIRO, 2003).

As correlações fenotípicas entre as variáveis dependentes e as independentes foram calculadas por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson e, posteriormente, aplicou-se o teste de “Student” para verificar a significância das correlações (CHARNET, et al., 2008). A interpretação dos coeficientes de correlações obtidos se deu por meio da seguinte escala: baixa ($\leq 0,30$); moderada ($0,30 < r \leq 0,70$); e alta ($r > 0,70$).

Em seguida, as correlações obtidas foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos por meio de análise de trilha (CRUZ e CARNEIRO, 2003) e as contribuições de cada variável quantificadas percentualmente. Para as análises estatísticas utilizou programa computacional R Development Core Team (2016).

Para interpretação dos resultados foram considerados os critérios adaptados de Loures et al., (2001), com quatro situações possíveis: a) uma determinada variável independente (x) apresenta alto efeito direto e alta correlação (coeficiente de trilha e de correlação acima de 70% respectivamente), com a variável dependente (y), indicando ser determinante na variação em y; b) a variável independente apresenta efeito direto elevado (coeficiente de trilha acima de 70%), mas pouca correlação com y, indicando que, em uma análise com as demais variáveis independentes, pode resultar em grandes benefícios para efeito de estimativas, mas

não deve ser utilizada isoladamente; c) a variável x apresenta correlação elevada ($r > 0,70$) com y, mas efeito direto reduzido (coeficiente de trilha abaixo de 70%), 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 independentes sobre y; d) a variável independente apresenta baixos valores tanto do efeito direto (abaixo de 70%), como para correlação com y, indicando ser de pouca utilidade para as estimativas.

4 RESULTADOS

No decorrer do período experimental, a temperatura da água de cultivo variou, em média, de 25,26 ($\pm 1,00$) °C a 28,80 ($\pm 1,08$) °C respectivamente. O valor médio (desvio padrão) de oxigênio dissolvido foi de 4,33 ($\pm 0,45$) mg/L e 6,89 ($\pm 0,16$) de pH.

As relações de causas e efeitos entre os pesos e rendimentos de carcaça, cabeça, filé, costela e resíduo com as variáveis morfométricas corporais estão apresentados na tabela 1 e 2, por meio do desdobramento das correlações e obtenção dos coeficientes de trilha diretos e indiretos.

Pela decomposição do coeficiente de correlação do peso da carcaça observaram-se baixos efeitos diretos para todas as variáveis morfométricas, sendo negativo para o CC/CP e LC/AC, e positivo para as demais. A correlação entre o peso da carcaça as variáveis morfométricas foram altas e significativas (Tabela 2).

Observou-se que o CP apresentou alto efeito direto e correlação com o peso da cabeça, sendo ambos positivos. A razão morfométrica LC/CP apresentou efeito direto alto e correlação moderada, sendo ambos positivos. As demais razões apresentaram baixo efeito direto com o peso da cabeça. A AC e apresentou alta correlação positiva com o peso da cabeça e as razões morfométricas CC/AC, LC/CC e LC/AC correlação moderada, sendo negativa apenas para CC/AC.

Para o peso do filé observou baixos efeitos diretos e altas correlações significativas positivas para as variáveis morfométricas CC, LC, LC/CC e CC/AC, sendo negativa para CC/AC. Em relação às razões morfométricas LC/CP e LC/AC, foram observados também baixos efeitos diretos e correlações moderadas. A razão AC/CP foi a única variável de correlação a correlação não significativa, com seu efeito direto baixo.

Para variável peso de costela a razão morfométrica CC/AC apresentou efeito direto e correlação alta, sendo ambos negativos. As medidas CC, AC e LC constatou-se correlação

alta positiva, entanto baixo efeito direto. As razões CC/CP e LC/CC apresentaram baixos efeitos diretos e correlação moderada com o peso da costela.

Todas as variáveis apresentaram baixo efeito direto com o peso do resíduo. O CP, CC e LC possuem correlações positivas altas, o CC/AC correlação moderada negativa e a variável LC/CP fraca. Já o AC/CP apresentou correlação não significativa.

TABELA 2- Valores dos Efeitos diretos e indiretos para peso de carcaça, peso da cabeça, peso do filé, peso da costela e peso do resíduo sobre medidas e razões morfométricas em *Piaractus mesopotamicus*.

Variáveis	Efeito direto	%	Efeito Indireto	%	Correlação
Peso de carcaça					
CC	0,3031	36,52	0,5269	63,48	0,8300**
AC	0,4581	47,22	0,5119	52,78	0,9700**
LC	0,1828	20,77	0,6972	79,23	0,8800**
CC/CP	-0,3373	46,20	-0,3927	53,80	0,7300**
CC/AC	0,3372	23,84	-1,0772	76,16	0,7400**
LC/CC	0,3198	45,69	0,3802	54,31	0,7000**
LC/AC	-0,2949	30,41	0,6749	69,59	0,3800**
Peso de cabeça					
CP	0,8460	89,05	0,1040	10,95	0,9500**
AC	-1,2823	36,38	2,2423	63,62	0,9600**
LC	2,0853	63,76	-1,1853	36,24	0,9000**
LC/CP	0,3938	78,77	0,1062	21,23	0,5000**
CC/AC	-0,2225	34,22	-0,4275	65,78	-0,6500**
LC/CC	-0,5953	31,82	1,2753	68,18	0,6800**
LC/AC	-0,9308	39,92	1,4008	60,08	0,4700**
Peso de filé					
CC	-0,7609	32,49	1,5809	67,51	0,8200**
AC	1,9868	65,71	-1,0368	34,29	0,9500**
LC	0,4017	45,14	0,4883	54,86	0,8900**
AC/CP	-0,0702	31,86	0,1502	68,14	0,0800ns
LC/CP	-0,3120	30,17	0,7220	69,83	0,4100**
CC/AC	0,8388	34,55	-1,5888	65,45	-0,7500**
LC/CC	0,0448	6,22	0,6752	93,78	0,7200**
LC/AC	0,1492	36,38	0,2608	63,62	0,4100**
Peso de costela					
CC	2,0664	61,82	-1,2764	38,18	0,7900**
AC	-0,7343	30,24	1,6943	69,76	0,9600**
LC	-1,7828	40,10	2,6628	59,90	0,8800**
CC/CP	-0,4621	67,95	-0,2179	32,05	-0,6800**
CC/AC	-0,5383	76,90	-0,1617	23,10	-0,7000**
LC/CC	1,2598	68,48	-0,5798	31,52	0,6800**
Peso de resíduo					
CP	1,9457	65,26	-1,0357	34,74	0,9100**
CC	0,0782	10,86	0,6418	89,14	0,7200**
LC	-1,5276	40,25	2,2676	59,75	0,7400**
CC/CP	1,2907	39,45	-1,9807	60,55	-0,6900**
AC/CP	-0,4988	48,54	0,5288	51,46	0,0300ns
LC/CP	0,5688	63,37	-0,3288	36,63	0,2400**
CC/AC	-1,3776	66,07	0,7076	33,93	-0,6700**

** (significativo a 1%, 5% e 10% de probabilidade); ns (não significativo); CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AC: altura do corpo, LC: largura do corpo, CC/CP: comprimento do corpo/ comprimento padrão; AC/CP: altura do corpo/ comprimento padrão; LC/CP: largura do corpo/ comprimento

padrão; CC/AC: comprimento da cabeça/ altura do corpo; LC/CC: largura do corpo/ comprimento do corpo; LC/AC: largura do corpo/ altura do corpo.

Para o rendimento de carcaça o CP teve baixo efeito direto e correlação não significativa. Enquanto as demais variáveis apresentaram também baixo efeito direto e correlação não significativa, exceto para variável LC/CP que apresentou correlação moderada negativa (tabela 3).

O CP foi a variável que apresentou alto efeito direto e correlação alta negativa com o rendimento de cabeça, e as demais variáveis apresentaram baixo efeito direto. O LC, LC/CC e o CC/AC apresentaram correlação moderada, sendo negativa para os dois primeiros, e, positiva para o CC/AC com o rendimento de cabeça. O LC/CP e o LC/AC apresentaram correlação baixa e negativa.

Para os rendimentos de filé as medidas e razões morfométricas tiveram baixo efeito diretos e correlações moderadas, sendo não significativa para AC/CP. Já o rendimento de costela não apresentou correlação com as variáveis, tendo alto efeito direto para o CC baixo para o LC/CP. Os rendimentos de resíduo as variáveis também apresentaram baixo efeito direto, com correlação significativa apenas para o LC, sendo esta negativa e baixa.

TABELA 3- Valores dos efeitos diretos e indiretos para rendimento de carcaça, cabeça, filé, costela e resíduo sobre as medidas e razões morfométricas em *Piaractus mesopotamicus*.

Variáveis	Efeito direto	%	Efeito indireto	%	Correlação
Rendimento de carcaça					
CP	-1,4505	49,15	1,5006	50,85	0,0500ns
LC	0,5028	30,55	-1,1384	48,51	0,0700ns
LC/CP	0,1487	26,21	0,3587	35,61	-0,2900**
CC/AC	-0,5829	31,93	-0,7461	45,43	0,1500*
LC/CC	-1,4571	63,51	-2,9168	51,05	-0,1200ns
LC/AC	0,5265	38,91	1,8717	48,83	-0,0900ns
Rendimento de cabeça					
CP	-0,8498	88,56	0,1098	11,44	-0,7400**
LC	0,5028	30,55	-1,1428	69,45	-0,6400**
LC/CP	0,1487	26,21	-0,4187	73,79	-0,2700*
CC/AC	-0,5829	31,93	1,2429	68,07	0,6600**
LC/CC	-1,4571	63,51	0,8371	36,49	-0,6200**
LC/AC	0,5265	38,91	-0,8265	61,09	-0,3000**
Rendimento de filé					
CC	-0,9502	38,94	1,4902	61,06	0,5400**
LC	2,7680	56,31	-2,1480	43,69	0,6200**
CC/CP	0,7944	39,16	-1,2344	60,84	-0,4400**
AC/CP	-0,0980	62,82	0,0580	37,18	-0,0400ns
LC/CP	-1,1785	43,86	1,5085	56,14	0,3300**
Rendimento de costela					
CC	-0,2241	80,56	0,0541	19,44	-0,1700*
LC/CP	0,1319	58,94	-0,0919	41,06	0,0400*
Rendimento de resíduo					
CP	1,8969	49,74	-1,9169	50,26	-0,0200ns
LC	-2,5219	51,85	2,3419	48,15	-0,1800*
CC/CP	-2,0210	50,75	1,9610	49,25	-0,0600ns
AC/CP	1,1512	47,52	-1,2712	52,48	-0,1200ns
CC/AC	2,9346	50,00	-2,9346	50,00	0,0000ns
LC/CC	1,3336	47,00	-1,5036	53,00	-0,1700*

(*significativo a 1% de probabilidade); (**significativo a 1%, 5% e 10% de probabilidade); ns (não significativo); CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AC: altura do corpo, LC: largura do corpo, CC/CP: comprimento do corpo/ comprimento padrão; AC/CP: altura do corpo/ comprimento padrão; LC/CP: largura do corpo/ comprimento padrão; CC/AC: comprimento da cabeça/ altura do corpo; LC/CC: largura do corpo/ comprimento do corpo; LC/AC: largura do corpo/ altura do corpo.

5 DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos da água apresentaram-se dentro do recomendado para o bom desenvolvimento dos peixes o que não afetou o ganho em peso (SILVA et al., 2016).

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que as medidas e razões morfométricas causam efeitos distintos nos pesos e rendimentos dos produtos gerados com o processamento do pacu. A correlação alta e positiva entre esses caracteres determinam que quanto maiores os peixes, ou seja, CP, CC, AC e LC maiores serão os pesos dos produtos gerados com o processamento. Corroborando com Reis Neto et. al (2012), que observaram

que as correlações positivas e significativas entre peso, peso de carcaça, peso de filé com as medidas morfométricas.

Os animais sofrem alteração no formato corporal, seja por larguras, alturas ou comprimentos e alteram também os pesos e os rendimentos corporais. Dessa forma os peixes no início da vida têm crescimento isométrico, pois sua proporção corporal se mantém iguais, e a partir de determinada fase eles passam a ter crescimento alométrico onde as suas proporções corporais mudam devido a demandas energéticas distintas advindas de diferentes fontes de estresse (CIRNE et al., 2019).

O estresse, o aumento de densidade, de estocagem, alterações bruscas de temperaturas, doenças e restrição alimentar são alguns fatores que influenciam negativamente e diretamente no ganho de peso e formato corporal dos peixes, especialmente a largura corporal (OLIVEIRA et al., 2017; COLIHUEQUE e ARANEDA, 2014). Neste presente estudo, os peixes foram avaliados durante o crescimento, sendo ofertado ração *ad libitum* em um ambiente com densidade e temperatura favorável para o seu crescimento.

Embora as variáveis morfométricas tenham apresentado alta correlação com os pesos das partes corporais, esta associação foi causada por meio de efeitos indiretos via outras variáveis. Os altos efeitos coeficientes de trilha diretos e correlações do CP com o peso da cabeça e do CC/AC com o peso da costela indicam que estas variáveis morfométricas causam efeitos nesses pesos corporais. Dessa forma, é possível realizar seleção ou escolha de forma eficaz para estes caracteres de peso corporal de forma direta por meio destas variáveis morfométricas (RIBEIRO et al., 2019).

Luxinger et al. (2018) avaliando os componentes corporais do pirarucu, observaram que a altura da cabeça apresentou alto efeito direto e correlação positiva significativa com o peso de cabeça, está é, portanto uma medida importante para o conhecimento do peso dessa parte, isso influencia diretamente no rendimentos corporais para fins comerciais.

O AC mostrou-se a variável que causa maior efeito com o peso da carcaça e do filé, que são produtos de grande importância comercial. Já para o peso do resíduo foi o CP. Essa relação pode ser entendida devido ao pacu ter um morfotipo elíptico e arredondado, onde a altura (AC) e largura (LC) corporal tem uma maior proporção, em relação ao comprimento padrão (CP), características típicas de peixes redondos (SERAFINI, 2010; FREITAS et al., 2021).

As correlações fenotípicas possuem efeitos ambientais e genéticos. Geralmente a correlação genética tem o mesmo sentido da correlação fenotípica. Dessa forma, as medidas morfométricas do formato do corpo podem ser usadas como critério para programas de

melhoramento genético e devem ser selecionadas conforme o objetivo do programa (FREITAS et al., 2021). Se a meta é obter maiores peso de filé e carcaça por indivíduo, pacus mais altos devem ser selecionados. Baseado nisso correlações genéticas entre o peso, altura do corpo, comprimento total e padrão, apontam que a seleção para peso pode resultar em aumento do comprimento e o ganho de peso diário, fato este que pode confirmar assim a influência entre caracteres fenotípicos com o ganho genético para seleção (KUNITA et al., 2013).

Neste estudo o CP apresentou baixo efeito direto no rendimento de carcaça, e correlação não significativa apresentando assim influências de outras medidas indiretamente. Em outras espécies como o lambari, quanto aos rendimentos corporais, às medidas e razões morformétricas também foram insuficientes para explicar as variações entre os rendimentos (BOTELHO et al., 2019a).

Para os rendimentos de cabeça foram observadas correlações negativas, ou seja, quando as medidas e razões morformétricas aumentam menor será o rendimento, sendo o CP a variável com alto efeito direto. Isto é explicado devido ao pacu apresentar crescimento heterogônico negativo para a cabeça, ou seja, a cabeça cresce em menor proporção que o peso corporal (BOTELHO et al., 2019b).

No geral a indústria de processamento busca sempre por peixes com menores rendimentos de cabeça em razão do rendimento de filé, como isso o CP é a variável a ser utilizada para seleção. Pois o crescimento corporal está relacionado ao peso e rendimento de filé em maior proporção (SERAFINI, 2010). O rendimento de filé tem correlação moderada com LC e CC, para tilápias foi observada que a razão LC/CC é a mais importante na determinação do rendimento de filé (MELO et al., 2013).

Em pirapitinga, as medidas morformétricas apresentaram efeitos diretos sobre o rendimento de filé, sendo o CP e AC as medidas mais determinantes, porém, com baixa correlação (RIBEIRO et al., 2019.) Ou seja, uma ou mais variáveis não mensuradas, podem influenciar os rendimentos avaliados, ou que nos rendimentos dependem mais do processamento do que das características intrínsecas à matéria-prima, como peso corporal, a forma do corpo e suas relações, pois o método de filetagem, experiência do filetador, e peso de abate interfere diretamente no rendimentos de filé (BASSO e SILVA, 2011; GARCIA e MARCIEL, 2021).

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que as medidas morfométricas e as razões possuem efeitos distintos para os pesos e rendimentos produtos gerados com o processamento de pescado. Dentre os caracteres fenotípicos de importância econômica, o peso e o rendimento de cabeça, tem maior eficácia através da seleção indireta por meio do comprimento padrão que apresenta alto efeito direto e alta correlação com estas variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, K. C. de. *et al.* Características morfométricas, rendimento de filé e composição química da traíra. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 25-36, 2018.
- EL-IBIRAY, H. M.; JOICE, J. A. Heritability of body size traits, dressing weight and lipid content in channel. **Journal Of Animal Science**, Champaign, v. 47, n.1, p. 82-88, 1978.
- BASSO, L.; FERREIRA, M. W.; SILVA, A. R. Efeito do peso ao abate nos rendimentos dos processamentos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 5, p. 1260-1262, 2011.
- BARROS, F. A. L. *et al.* Características morfométricas, rendimentos de cortes e composição centesimal do híbrido tambacu. **Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 89-96, 2019.
- BOTELHO, H. A. *et al.* Application of morphometric measures in estimation of body weight and discrimination of *Astyanax lacustris* and *Astyanax fasciatus*. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 9, p. 2429-2436, 2019a.
- BOTELHO, H. A. *et al.* Determinação da curva de crescimento e alometria de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos. **Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 97-103, 2019b.
- CAVALI, J. *et al.* Morphometric Evaluations and Yields from Commercial Cuts of Black Pacu *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) in Different Body Weights. **The Scientific World Journal**, v. 2021, 2021.
- CIRNE, L. G. A. *et al.* Características morfométricas e da carcaça de tambaqui abatidos com diferentes pesos. **Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2019.
- COLIHUEQUE, N.; ARANEDA, C. **Appearance traits in fish farming: Progress from classical genetics to genomics, providing insight into current and potential genetic improvement**. *Front. Genet.*, 5 (2014), p. 251, 10.3389/fgene.2014.00251.
- CHAGAS, M. M. **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 Natal**. 2010. 238p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

CHARNET, R.; LUNA, C.A.L.; CHARNET, E.M.R.; BONVINO, H. **Análise de modelos de regressão linear com aplicações**. 2ª ed. Editora da UNICAMP, 2008. 356p.

COIMBRA, J. L. M. *et al.* Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, v.35, n.2, p. 347-352, 2005.

COSTA, A. C. **Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2011. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2011a.

COSTA, A. C. *et al.* Similarity between *Piaractus mesopotamicus*, *Colossoma macropomum* and their interspecific hybrids. **Aquaculture**, v. 526, p. 735397, 2020b.

COSTA, G. M.; LIMA, A. R.; OLIVEIRA, L. C.; SCHUINGES, O. C. Descrição Morfológica dos componentes sanguíneos do Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **1º Seminário de Biodiversidade e agroecossistemas amazônicos**. Alta Floresta- MT, 2013.

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.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 585p.

FISHBASE. 2021. *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 18887). Disponível em: <https://www.fishbase.se/Summary/SpeciesSummary.php?ID=55383&AT=pacu>. Acesso em 30 ago. 2021.

GARCIA, A. M. L.; MACIEL, H. M. Rendimento de tambaqui em diferentes métodos de filetagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e13210413849-e13210413849, 2021.

GONÇALVES, D. L. *et al.* Correlação genética e análise de trilha de feijão comum coletados em Cáceres-MT, Brasil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, 2017.

GOODMAN, R. K. A. 1973. **A comparison of morphometric characteristics of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) from seven different geographical locations**. 27 f. Dissertation (Master in Fisheries and Allied Aquacultures) - Auburn University, Auburn.

GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. Peixes da planície de inundação do alto rio paraná e áreas adjacente. Maringá: **EDUEM**. p. 241, 2007.

IHERING, R. V. Die wirkung von Hypophysehinyektion auf den Laichakt von Fischen. **Zool Anz**, v.111, p.273-279,1935..

Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE). Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/18/16459>. Acesso em 30 de Agosto de 2021.

KUNITA, N. M. *et al.* Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 555-566, 2013.

LIMA, L. K. F. de. *et al.* Rendimento e composição centesimal do tambaqui (*Colossoma macropomum*) por diferentes cortes e categorias de peso. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, v. 12, n. 2, p. 223-235, 2018.

LIMA, M. **Análise de trilha de caracteres morfométricos com pesos e rendimentos de filés em tilápia (*Oreochromis niloticus*)**. 2018. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2018.

LIMA SOBRINHO, P. S. *et al.* Medições morfométricas aplicadas na avaliação do peso corporal de pirarucus (*Arapaima gigas*). **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR (Online)**, p. 1-5, 2020.

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**, v. 23, n. 4, p. 877-883, 2001.

MELO, C. C. C. *et al.* Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, p. 357-363, 2013.

FREITAS, M. V. *et al.* Genotype by environment interaction and genetic parameters for growth traits in the Neotropical fish pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, v. 530, p. 735933, 2021.

OLIVEIRA FILHO, R. do. N. *et al.* Análise da morfometria corporal, rendimento de corte e sensorial da Pescada branca *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840). **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 10, n. 2, p. 25-29, 2020.

OLIVEIRA, M.W. M. de. *et al.* Influence of temperature and exercise on growth performance, muscle, and adipose tissue in pacus (*Piaractus mesopotamicus*). **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 221-227, 2017.

PEDRAZZANI, A. S. *et al.* Impacto negativo de secção de medula e termonarcose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.188-197. jan/mar, 2009.

PEIXE BR - (Associação Brasileira da Piscicultura). Anuário da Piscicultura de 2021. p. 71, 2021. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em 31 de Agosto de 2021.

PORTO, E. P. *et al.* Respostas à seleção de características de desempenho em tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 745-752, 2015.

PINHEIRO, L. da. S. *et al.* Path analysis of physical attributes in maize (*Zea mays* L.) under conventional cultivation system. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. e8010110832, 2021.

R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

RIBEIRO, F. M. *et al.* Associations between morphometric variables and weight and yields carcass in Pirapitinga *Piaractus brachypomus*. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 7, p. 2004-2011, 2019.

REIS NETO, R.V. *et al.* Interrelations between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. *Brazilian Journal of Animal Science*, Brasília, v.41, n.12, p. 2390-2395, 2012.

SCATENA, Y. *et al.* Análise de trilha de caracteres fenotípicos morfométricos em tambaqui sobre o peso da carcaça. In: **Congresso Brasileiro de Aquicultura e Biologia Aquática, AQUACIÊNCIA**. 2021.

SERAFINI, M. A. **Cruzamento dialélico interespecífico entre pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum***. 2010. 68p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SERAPHIM, G. D. N. **Curva de crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e do seu híbrido patinga (*P. Mesopotamicus* X *P. Brachypomus*)**. 2017. 34 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2017.

SHIOTSUKI, L. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos para medidas morfométrica em juvenis de tambaqui. In: **Embrapa Pesca e Aquicultura-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 13., 2019, Salvador, BA. Anais. Salvador: SBMA, 2019.

SILVA, B. C. *et al.* Morphometric measurements and phenotypic correlations of the tilapia Gift (*Oreochromis niloticus*) after individual selection. **Agropecuária Catarinense**, v. 31, n. 3, p. 38-40, 2018.

SILVA, T. S. C. *et al.* Noções para aquicultura familiar: qualidade de água – cartilha. EMBRAPA, 2016, Dourados, MS.

SOUZA, M. L. R. de. *et al.* Estudo de carcaça do bagre africano (*Clarias gariepinus*) em diferentes categorias de peso. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 21, p. 637-644, 14 jul. 2000.

SOUZA, T. V. de. Aspectos estatísticos da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas. 2013. 82p. Dissertação (mestrado) – Universidade federal de lavras, Lavras, 2013.

TURRA, E. M. *et al.* Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Reprod. Animal**, Belo Horizonte, v.34, n.1, p.29-36. 2010.

URBINATI, E. C.; GONÇALVES, F. D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UFSM, 2005. 470p.

VALLADÃO, G. M. R; GALLANI, S. U.; PILARSKI, F. South American fish for continental aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 2, p. 351-369, 2018.

WRIGHT, S. 1921. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, Washington, v.20, n.7, p.557-585.