

Sistema de recirculação aquícola: relações peso-comprimento e fatores de condição de quatro espécies de peixes tropicais

Recirculating aquaculture system: Length-weight relationships and condition factors of four tropical fish species

Sistema de recirculación aquícola: relaciones talla-peso y factores de condición de cuatro especies de peces tropicales

Recebido: 24/02/2022 | Revisado: 04/03/2022 | Aceito: 18/03/2022 | Publicado: 2,54/03/2022

Leone de Souza Medina

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9502-749X>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: leonemedina@gmail.com

Maurício Gustavo Coelho Emerenciano

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1370-0316>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: mauricioemerciano@gmail.com

Fábio Bittencourt

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5894-7158>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: fabio.gemaq@gmail.com

Aline Brum

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5801-2317>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: aline.figueredo@udesc.br

Herivelto Beck de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3262-8076>
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil
E-mail: heriveltobeck1994@hotmail.com

Giovanni Lemos de Mello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2783-9968>
Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil
E-mail: giovannidemello@gmail.com

Resumo

Dentre diversos sistemas produtivos, os sistemas de recirculação aquícola (RAS) se caracterizam pelo alto nível de tecnificação e otimização de uso de espaço e água resultando em maiores índices de produtividade. Considerado um sistema produtivo eficiente nota-se na literatura que são escassos estudos comparativos entre diferentes espécies e os efeitos do ambiente sobre o seu desenvolvimento quando cultivadas em condições similares. O objetivo do estudo foi avaliar aspectos zootécnicos de juvenis de quatro espécies de peixes: tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e jundiá (*Rhamdia quelen*) cultivadas em RAS e fatores de condição corporal através da relação peso-comprimento. Foram utilizados 24 exemplares de cada espécie, totalizando 96 peixes. Verificamos nas condições experimentais do presente estudo que todas as espécies se habituaram ao sistema de cultivo evidenciados pelas taxas de sobrevivência e índices zootécnicos, e que o cultivo em RAS promoveu melhorias no fator de condição para a tilápia do Nilo, tilápia vermelha e jundiá, sendo este um importante indicativo do grau de saúde.

Palavras-chave: Biometria; Coeficiente de alometria; Pacu; Jundiá; Tilápia vermelha.

Abstract

Among the various production systems, aquaculture recirculation systems (ASR) are due to the high level of technology and optimization of space and water use, resulting in higher productivity rates. Considered an efficient production system, it is noted in the literature that there are few studies between different species and the effects of the environment on their development when cultivated under similar conditions. The objective of the study was to evaluate the zootechnical aspects of juveniles of four fish species: Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), red tilapia (*Oreochromis* sp.), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and silver catfish (*Rhamdia quelen*) cultivated in RAS and condition factors body weight-length ratio. Twenty-four specimens of each species were used, totaling 96 fish. We verified in the experimental conditions of the present study that all species got used to the culture system evidenced by survival rates and zootechnical indices, and that the cultivation in RAS promotes improvements in the condition factor for Nile tilapia, red tilapia and silver catfish, being This is an important indicator of the degree of health.

Keywords: Biometrics; Allometry coefficient; Pacu; Silver catfish; Red tilapia.

Resumen

Entre los diversos sistemas de producción, los sistemas de recirculación acuícola (RAS) se caracterizan por el alto nivel tecnológico y la optimización del uso del espacio y del agua, resultando mayores índices de productividad. Considerado un sistema de producción eficiente, se observa que en la literatura existen pocos estudios entre diferentes especies y los efectos del medio ambiente en su desarrollo cuando se cultivan en condiciones similares. El objetivo de este estudio fue evaluar los aspectos zootécnicos de juveniles de cuatro especies de peces: tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), tilapia roja (*Oreochromis* sp.), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) y bagre plateado (*Rhamdia quelen*), cultivados en RAS y en factores de condición coporal a través de la relación peso-longitud. Se utilizaron 24 ejemplares de cada especie, totalizando 96 peces. Verificamos que en las condiciones experimentales del presente estudio, todas las especies se acostumbraron al sistema de cultivo, esto evidenciado por las tasas de supervivencia e índices zootécnicos. Además, el cultivo en RAS promueve mejoras en el factor de condición para tilapia del nilo, tilapia roja y bagre plateado, siendo este un indicador importante del grado de salud.

Palabras clave: Biometría; Coeficiente de alometría; Pacu; Bagre; Tilapia roja.

1. Introdução

Os sistemas de recirculação aquícola (RAS – Recirculation Aquaculture System) são unidades de produção intensiva dotadas com alto nível de tecnificação. As principais características do sistema são: tratamento da água, permitindo sua reutilização e, conseqüentemente, menor descarte de efluentes, tornando-o mais sustentável; alta capacidade de suporte de produção devido ao maior controle das variáveis físico-químicas da água e maior biossegurança por se tratar de sistemas fechados, impedindo a entrada ou saída de organismos potencialmente patogênicos (Bregnballe, 2015; Lima et al., 2015; Ferri et al., 2018).

Considerado um sistema de cultivo emergente dentro das fazendas aquícolas, principalmente produtoras de salmonídeos (Murray et al., 2014), o RAS apresenta projeções de crescimento no cultivo de espécies nativas sejam por questões ambientais ou por eficiências produtivas evidenciadas pelo direcionamento de novos estudos na área (Sousa et al., 2020; Medina et al., 2021; Santos et al., 2021)

Dentre inúmeras espécies de peixes com potencial de cultivo em RAS destacam-se duas exóticas e duas nativas, sendo elas: tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Cichlidae); tilápia vermelha (*Oreochromis* sp., Cichlidae) híbrido (linhagem “Florida Red”); pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Characidae); e jundiá (*Rhamdia quelen*, Heptaptaridae), respectivamente.

Essas espécies normalmente são cultivadas em sistemas convencionais (viveiros escavados e tanques-rede), podendo ocorrer a produção de alevinos e juvenis em sistemas intensivos (por exemplo RAS e em bioflocos).

Ao longo do tempo diversas linhagens de tilápias surgiram através de seleções em programas de melhoramento genético. A tilápia do Nilo é a espécie de peixe tropical mais produzida no mundo (FAO, 2020), apresenta alto desempenho produtivo, rusticidade no manejo e alta aceitação pelo mercado consumidor (Celik, 2012; Prabu et al. 2019).

A tilápia vermelha é um híbrido que apresenta bons índices produtivos (Brol et al., 2017; Silva¹, 2019), alta capacidade eurialina (Watanabe, 1993; Silva², 2019) e é considerada uma espécie alternativa à tilápia do Nilo, uma vez que sua aceitação pelo mercado consumidor é alta (Hilsdorf, 1995; Kubitza, 2006).

O pacu é uma das principais espécies nativas produzidas no Brasil (IBGE, 2017). Considerado um peixe redondo de alto potencial produtivo (Valladão et al., 2018), a espécie vem se destacando sendo observado a possibilidade de cultivo em diferentes sistemas de produção como em tanques-rede (Bittencourt et al., 2010; Pellegrin et al., 2020), em bioflocos (Schlotfeldt et al., 2017), em sistema aquapônico (Pinho et al., 2018) e pela aptidão no uso de dietas formuladas com proteínas de origem vegetal (Fernandes et al., 2001; Neves et al., 2015) tornando o custo de produção mais vantajoso.

Outra espécie nativa de destaque na aquicultura é o jundiá (*Rhamdia quelen*). A espécie é um siluriforme que apresenta fácil adaptação ao sistema de cultivo e bons índices de produtividade (Signor et al., 2020; Santos et al., 2021), sendo considerada uma espécie promissora na aquicultura brasileira (Valladão et al., 2018).

Convencionalmente, a avaliação do potencial de cultivo dos peixes é realizada através da avaliação de parâmetros zootécnicos de crescimento e produtividade além de correlações de peso-comprimento e avaliação de índices denominados fatores de condição (Nash et al., 2006; Brum et al., 2019; Santos et al., 2020).

A relação peso-comprimento e os fatores de condição são ferramentas que permitem melhor compreensão sobre a modulação do ambiente no desenvolvimento das espécies (Froese, 2006; Camara et al., 2011). Em abordagem similar, este trabalho buscou avaliar o desenvolvimento de juvenis de quatro espécies de peixes de interesse comercial cultivadas em RAS sobre aspectos zootécnicos e relações peso-comprimento.

2. Metodologia

O trabalho foi realizado no Laboratório de Aquicultura de Universidade do Estado de Santa Catarina (LAQ-UDESC). Juvenis das quatro espécies utilizadas no presente estudo foram oriundas de uma piscicultura comercial (Piscicultura Panamá, Paulo Lopes-SC, Brasil). Antes do início do período experimental, realizou-se aclimação de uma semana, em sistemas de recirculação de água em temperatura de 25°C, em água doce.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado constituído de quatro tratamentos (representados pelo nome das espécies) e três réplicas, conduzido durante 42 dias. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em sistemas de recirculação de água independentes, formado por três tanques de 200 litros conectados a um sistema de tratamento de água, com filtro mecânico e biológico. Em cada unidade experimental foram alojados oito peixes, totalizando um número de 96 juvenis.

O manejo alimentar foi realizado duas vezes ao dia, ofertando dieta comercial (32% de proteína bruta, Nutricol, São Ludgero-SC, Brasil) até a saciedade aparente, quando se verificava redução de voracidade na busca de alimento. Diariamente foi realizada a limpeza e manutenção dos filtros mecânicos dos sistemas de recirculação.

Os pesos e comprimentos totais dos peixes ao início do experimento foram de: tilápia do Nilo (47,07±10,54 g e 13,65±0,57 cm), tilápia vermelha (54,36±8,63 g e 14,90±0,90 cm), pacu (37,05±2,57 g e 12,26±0,49 cm) e jundiá (43,73±4,58 g e 17,36±3,54).

Aferiu-se diariamente os principais parâmetros físico-químicos da água como oxigênio dissolvido (6,93±0,35 mg L⁻¹), temperatura (25±0,80 °C), pH (7,65±0,17), utilizando um multiparâmetro digital YSI-55. Amônia total (0,15±0,09 mg L⁻¹), nitrito (0,04±0,05 mg L⁻¹), nitrato (0,25±0,05 mg L⁻¹), ortofosfato (0,79±0,29 mg L⁻¹) e alcalinidade (35,50±3,79 mg L⁻¹) foram mensurados a cada duas semanas utilizando kit comercial (ALFAKIT, Florianópolis, Brasil), estando dentro dos limites indicados para o cultivo de espécies de peixes tropicais (Leira et al. 2017).

Através dos dados biométricos verificados ao início e ao final do experimento, avaliou-se os indicadores zootécnicos por meio das suas respectivas fórmulas:

- Sobrevivência = [(número de peixes despesados / número de peixes estocados)*100
- Ganho em peso = (peso final – peso inicial)
- Conversão alimentar = (consumo de ração / ganho em peso)
- Taxa de crescimento específico = [(logaritmo natural do peso final – logaritmo natural do inicial) / período experimental]*100).
- Produtividade = [biomassa da unidade experimental * (1000L. m³/volume)]

A relação peso-comprimento, originalmente formulada por Le Cren (1951) foi reformulada, utilizando-se o comprimento padrão ao invés do comprimento total conforme descrita por Caetano e Jané (2018), Santos et al. (2020) e Rotta e Yamamoto (2021). As medidas de peso e comprimento padrão foram plotadas no eixo x e y respectivamente, e posteriormente gerada uma curva que representou a dispersão dos pontos de intersecção entre o eixo x e y, descrito pela equação:

- $Y = a * C^b$

Onde: Y = peso total; a = constante de regressão relacionada com o grau de crescimento do peixe; C= comprimento padrão; e b = coeficiente angular relacionado com o tipo de crescimento da população.

A partir da relação peso-comprimento verificou-se o fator de condição relativo ($K_{relativo}$) e fator de condição de Fulton (K_{fulton}) através das seguintes equações:

- $K_{relativo} = (\text{Peso observado} / \text{peso esperado})$
- $K_{fulton} = (\text{Peso observado} / \text{comprimento padrão}^3) * 100$

Adicionalmente, foi verificado se houve diferenças dos índices avaliados através de análise de variância de uma via (ANOVA) e quando ocorreram diferenças significativas a nível de 5% (p-valor <0,05) aplicou-se o teste de Tukey (5%) para comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software *Statistica 7.0*

3. Resultados e Discussão

Os parâmetros zootécnicos avaliados (Tabela 1), demonstram que a sobrevivência e a conversão alimentar não diferiram entre as espécies estudadas. Observa-se que todas as espécies apresentaram facilidade de adaptação ao sistema de cultivo em RAS, com taxas de sobrevivência superiores a 95% em todos os tratamentos, não sendo observado sinais de lesões provocadas por infecções ou parasitos.

Tabela 1. Desempenho zootécnicos de juvenis de diferentes espécies de peixes cultivadas em sistema de recirculação de água durante 42 dias.

Tratamentos	Sobrevivência (%)	Peso final (g)	Comprimento padrão (cm)	Ganho em peso (g)	Conversão alimentar	Taxa de crescimento específico (%/dia)	Produtividade e (Kg.m ³)
Tilápia do Nilo	95,83±7,22	91,59±2,55 ^A	16,43±0,11 ^B	44,52±2,26 ^A	1,54±0,11	1,58±2,26 ^A	3,51 ±0,23 ^A
Tilápia vermelha	95,83±7,22	104,27±4,42 ^A	17,08±0,50 ^B	49,91±5,20 ^A	1,35±0,11	1,54±0,14 ^A	4,00±0,43 ^A
Pacu	100,00±0,00	54,90±2,16 ^B	14,18±0,61 ^C	17,85±1,99 ^B	1,45±0,11	0,93±0,09 ^B	2,20 ±0,09 ^B
Jundiá	95,83±7,22	65,61±8,16 ^B	19,01±0,61 ^A	21,51±8,50 ^B	1,65±0,31	0,94±0,32 ^B	2,51 ±0,48 ^B
p-valor	NS	< 0,001	< 0,001	< 0,001	NS	0,002	< 0,001

Media ± Desvio padrão. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).
Fonte: Elaborada pelos autores.

Os índices zootécnicos peso final, comprimento padrão, ganho em peso, taxa de crescimento específico e produtividade mostram dois perfis de crescimento significativamente diferentes (p<0,05): o primeiro com índices de crescimento mais elevados, representado pela tilápia do Nilo e a tilápia vermelha, e o segundo com menor índice de crescimento representado pelo pacu e jundiá.

Esse perfil de crescimento mais elevado para as tilápias pode estar relacionado com a o melhoramento genético que vem ocorrendo sobre à produção das espécies (Porto et al. 2015; Dias & Oliveira, 2021) resultando em maior rusticidade, adaptação aos sistemas de cultivo e melhores índices zootécnicos. Os resultados aqui encontrados, corroboram com os índices zootécnicos descritos por Luo et al. (2014) e Rafiee et al. (2020), respectivamente para juvenis das espécies tilápia do Nilo e juvenis de tilápia vermelha em sistema RAS.

Apesar da CAA não diferir entre as espécies estudadas, os resultados aqui obtidos corroboram com o observado por Godoy et al. (2021) ao avaliarem a sustentabilidade ambiental da produção de juvenis de tilápia do Nilo em viveiros escavados, encontraram índices produtivos para a espécie similares ao observado neste trabalho. Semelhantemente, a CAA da tilápia vermelha foi próxima ao relatado por Mainardes Pinto et al. (2011) ao cultivarem juvenis de tilápia vermelha da Flórida

(*Oreochromis urolepis hornorum* x *Oreochromis mossambicus*) até a fase adulta em tanques-rede instalados dentro de viveiros.

O pacu apresentou CAA inferior ao descrito por Bittencourt et al. (2010) e semelhante ao descrito por Maciel et al. (2013)

ambos avaliando diferentes densidades de estocagem de juvenis da espécie em tanque-rede e menor TCE quando comparado aos estudos de Pinho et al. (2018) e Pellegrin et al. (2020), ao cultivar juvenis da espécie em RAS. A espécie jundiá apresentou menor CAA comparado ao trabalho de Signor et al. (2020) que avaliaram diferentes manejos alimentares sobre o cultivo da espécie em tanques-rede na fase juvenil e menor TCE quando comparado aos estudos de Piedras et al. (2004) e Costa et al. (2021), ao cultivar juvenis da espécie em RAS. Os distintos padrões de crescimento observados entre os estudos citados podem estar relacionados à nutrição, genética, saúde dos exemplares e qualidade de água Watanabe et al. (2012).

Historicamente, os estudos sobre relações métricas de peixes foram propostos por Galileu Galilei, sendo descrita a lei do cubo quadrado, na qual o volume aumenta com o cubo de dimensões lineares, e posteriormente reformulado por Herbert Spencer em *Principles of Biology of 1864–1867*, onde o autor descreve que em corpos de forma semelhante, os pesos variam com os cubos das dimensões (Froese, 2006).

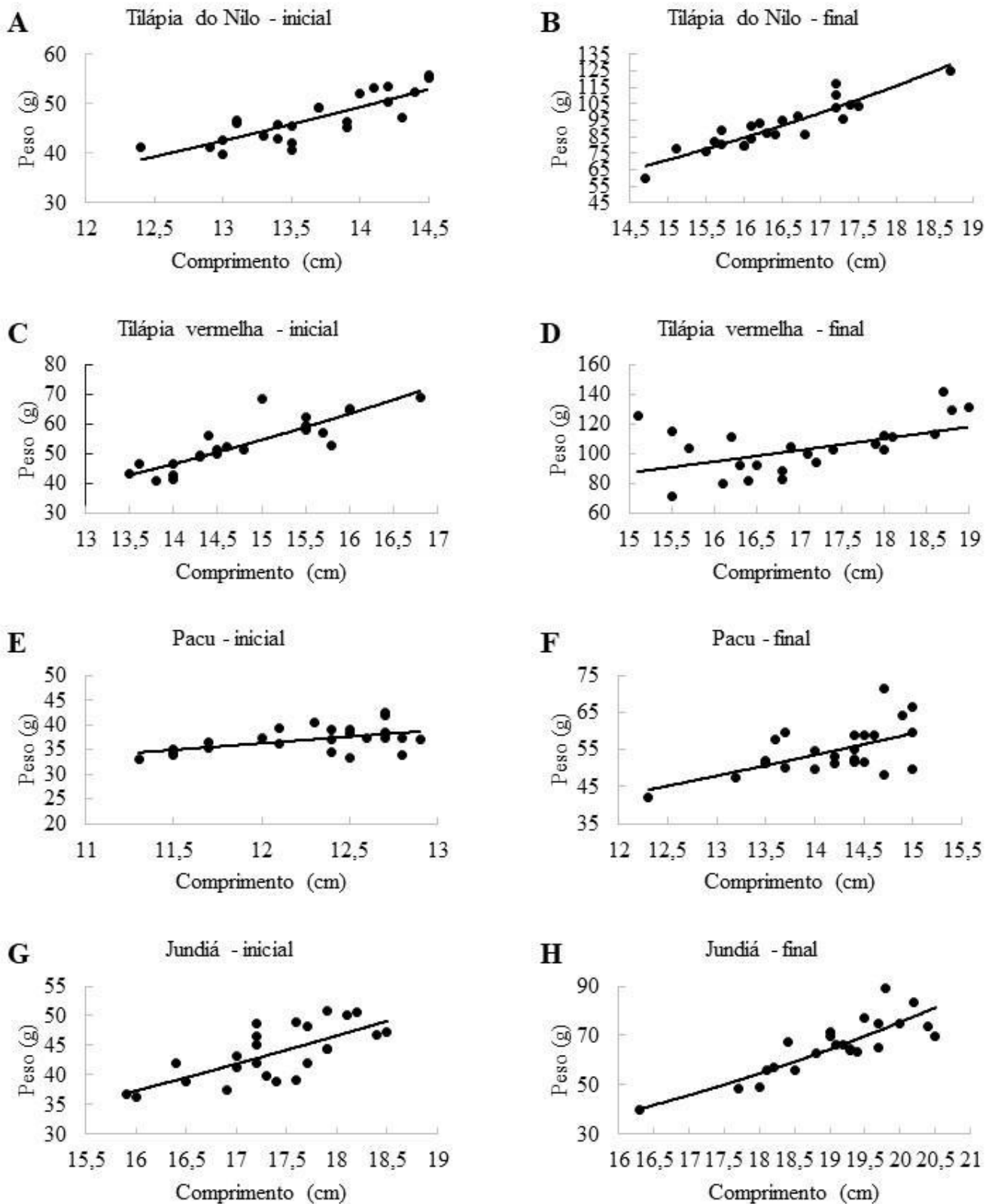
Essa abordagem sobre métricas corpóreas, permitiu inferir que se um peixe dobrasse de tamanho, consequentemente seu peso aumentaria em oito vezes. No entanto, Fulton (1904) descreve que essa lei não era precisa para as medições em peixes e que fatores bióticos e abióticos poderiam inferir sobre o fator de condição dos peixes, como o ambiente, a sazonalidade, a idade dos peixes e entre diferentes espécies.

O fator de condição é um índice qualitativo obtido através da relação peso-comprimento que pode-se utilizar para diagnosticar o desenvolvimento dos peixes. Sua utilização tem sido reportada em estudos ecológicos e de exploração pesqueira (Lima et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Prestes et al., 2019) como também em avaliações de cultivos aquícolas (Salaro et al., 2015; Brum et al., 2019; Santos et al., 2020).

O fator de condição de Fulton é descrito como a relação do peso observado pelo comprimento elevado ao cubo, sendo considerado um dos mais utilizados no campo da ciência pesqueira (Nash et al., 2006; Camara et al., 2011). Há também o fator de condição relativo, obtido pela relação do peso esperado pelo peso observado.

O fator de condição relativo proposto por Le Cren (1951) relaciona o peso observado com o peso esperado para peixes de determinado tamanho, portanto o valor de K_{relativo} esperado é = 1,00. Valores abaixo ou acima de 1,00 podem estar relacionados a peixes magros ou em situações de sobrepeso respectivamente (Figura 1 e Tabela 2).

Figura 1. Relação peso-comprimento de juvenis de tilápia do Nilo (A e B), tilápia vermelha (C e D), pacu (E e F) e jundiá (G e H) cultivados em sistema de recirculação de água durante 42 dias.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 2. Avaliação dos fatores de condição relativo e de Fulton no cultivo de juvenis de tilápia do Nilo, tilápia vermelha, pacu e jundiá durante 42 dias.

INDICADOR	TILÁPIA DO NILO			TILÁPIA VERMELHA		
	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	
a	0,2459	0,0486		0,1026	1,2873	
b	2,0093	2,6915		2,3192	2,6732	
Equação	$Y=0,2459X^{2,0093}$	$Y=0,0486X^{2,6915}$		$Y=0,1026X^{2,3192}$	$Y=1,2873X^{2,6732}$	
Crescimento	Alométrico negativo	Alométrico negativo		Alométrico negativo	Alométrico negativo	
			p-valor			p-valor
$K_{relativo}$	1,00±0,06	1,00±0,07	NS	1,00±0,08	1,01±0,16	NS
K_{fulton}	1,85±0,13 ^B	2,05±0,14 ^A	<0,001	1,64±0,15 ^B	2,12±0,47 ^A	<0,001
	PACU			JUNDIÁ		
	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	
a	4,0620	1,0275		0,1986	0,0077	
b	0,8813	1,4981		1,8886	3,0669	
Equação	$Y=4,0620X^{0,8813}$	$Y=1,0275X^{1,4981}$		$Y=0,1986X^{1,8886}$	$Y=0,0077X^{3,0669}$	
Crescimento	Alométrico negativo	Alométrico negativo		Alométrico negativo	Alométrico positivo	
			p-valor			p-valor
$K_{relativo}$	1,0016±0,0587	1,00±0,10	NS	1,00±0,07	1,00±0,09	NS
K_{fulton}	2,02±0,21	1,93±0,23	0,1573	0,84±0,07 ^B	0,94±0,08 ^A	<0,001

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observou-se que todas as espécies avaliadas apresentaram $K_{relativo}$ próximo a 1,00 ao início e ao final do período experimental indicando que o sistema de recirculação de água não comprometeu o desenvolvimento corporal das espécies nas condições avaliadas.

O valor do K_{fulton} reflete o grau de bem-estar dos peixes, sendo considerado que valores mais altos representam maior grau de higidez (Gomiero et al., 2010; Lima et al., 2017; Ferreira et al., 2018). Com base no comparativo do K_{fulton} (Tabela 2), ao início e ao final do período experimental para a tilápia do Nilo, tilápia vermelha e jundiá infere-se que o sistema de recirculação de água promoveu melhorias no bem-estar animal ($p<0,05$) devido ao aumento desse índice.

O coeficiente b, obtido na relação-peso comprimento ($Y = a * C^b$), é relacionado com o tipo de crescimento, considerado isométrico ($b=3,0$), significando que o peso do peixe aumenta com o comprimento elevado ao cubo, alométrico positivo ($b>3,0$), quando o incremento é maior no ganho em peso do que em comprimento e alométrico negativo ($b<3,0$) quando o incremento é mais evidente no comprimento comparado ao ganho em peso (Caetano & Jané, 2018, Santos et al. 2020; Rotta & Yamamoto, 2021).

As relações peso-comprimento (Tabela 2) revelaram que o padrão de crescimento de todas as espécies avaliadas é isométrico $b\neq 3,0$. Verificou-se que juvenis de tilápia do Nilo, tilápia vermelha e pacu apresentaram coeficiente alométrico negativo no início e ao final do experimento retratando que nesse período as espécies tiveram maior aporte de crescimento através do comprimento do que no ganho em peso. No entanto, o jundiá apresentou diferentes tipos de crescimento ao longo do período experimental, retratando inicialmente um crescimento caracterizado pelo ganho em comprimento e posteriormente em peso.

Destaca-se que os perfis de crescimento descritos podem estar relacionados com a plasticidade natural do desenvolvimento animal, uma vez que animais jovens tendem a ter taxa de crescimento mais altas que indivíduos maiores (Rocha et al., 2008). Portanto a tilápia do Nilo, a tilápia vermelha e o pacu podem modular seu perfil de crescimento em diferentes classes de tamanho, assim como o observado para o jundiá, que direcionou sua energia ao ganho em peso conforme a espécie cresceu.

Os resultados aqui apresentados podem servir como valores biométricos de referência para juvenis de tilápia do Nilo, tilápia vermelha, pacu e jundiá. Além disso, a metodologia utilizada pode ser aplicada para avaliação de diferentes espécies ou sistemas de cultivo permitindo maior compreensão do ambiente de cultivo sobre o desenvolvimento animal.

4. Conclusão

Juvenis de tilápia do Nilo, tilápia vermelha, pacu e jundiá apresentam fácil adaptação ao cultivo em sistema de recirculação de água, evidenciados pelos índices zootécnicos e fator de condição relativo.

Nas condições experimentais o cultivo em RAS promoveu aumento significativo do fator de condição de Fulton para as espécies tilápia do Nilo, tilápia vermelha e jundiá, indicando melhorias no bem-estar das espécies.

Sugerimos que trabalhos futuros sejam realizados durante maior período experimental, comparando fatores de condições das espécies de peixes entre diferentes sistemas produtivos.

Referências

- Bittencourt, F., Feiden, A., Signor, A., Boscolo, W. R., Lorenz, E. K., & Maluf, M. L. F. (2010). Densidade de estocagem e parâmetros eritrocitários de pacus criados em tanques-rede. *Revista brasileira de zootecnia*, 39, 2323-2329. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100002>
- Bregnballe, J. (2015). A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. *FAO and EUROFISH International Organization*.
- Brol, J., Pinho, S. M., Sgnaulin, T., Pereira, K. R., Thomas, M. C., Mello, G. L., Miranda-Baeza, A., & Emerenciano, M. (2017). Tecnologia de bioflocos (BFT) no desempenho zootécnico de tilápias: efeito da linhagem e densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia*, 66, 229-235. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49553570010>
- Brum, A., Sinfronio, L. C., Mello, G. L., Martins, M. L., & Jerônimo, G. T. (2019). Condition factor and hematology of Nile tilapia from polyculture with shrimp in brackish water. *Archivos de Zootecnia*, 68, 228-234. <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4141>.
- Caetano, D. L. F., & Jané, D. R. (2018). Peso-comprimento e fator de condição relativo de *bryconamericus iheringii* em riachos do paranapanema. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 11, 825-841. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n3p825-841>.
- Camara, E. M., Caramaschi, E. P., & Petry, A. C. (2011). Fator de Condição: Bases Conceituais, Aplicações e Perspectivas de uso em Pesquisas Ecológicas com Peixes. *Oecologia Australis*, 15, 249-274. <https://10.4257/oeco.2011.1502.05>.
- Celik, E. (2012). *Tilapia culture review*. Dissertação (mestrado acadêmico) - Norwegian University of Life Sciences.
- Costa, L. L., Adorian, T. J., Goulart, F. R., Leitemperger, J., Amaral, A. M. B., Loro, V. L., Robalo, S. S., & Silva, L. P. (2021). Phytic acid in *Rhamdia quelen* nutrition: Antioxidant or antinutrient?. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114915. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.114915>.
- Dias, M. E. D., & Oliveira, E. L. (2021). A piscicultura brasileira pela ótica do desenvolvimento da genética da tilápia: das horizontalidades ao processo de verticalização. *Estudos geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, 19, 3-15. <https://doi.org/10.5016/estgeo.v19i1.16040>
- FAO. (2020) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Sustainability in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
- Fernandes, J. B. K., Carneiro, D. J., & Sakomura, N. K. (2001). Fontes e Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, 30, 617-626. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000300003>.
- Ferreira, C. F. C., Cardoso, R. L., Medeiros, J. C. C., Azevedo, J. W. J., & Castro, A. C. L. (2018). Relação peso-comprimento e fator de condição do peixe prata, *Diapterus rhombeus* (Perciformes - Gerreidae), capturado no litoral ocidental do Maranhão, Brasil. *Anais Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental*, 9, 1-6.
- Ferri, L. S., Rocha, W. S., & Filho, M. S. P. B. (2018). Tendências e tecnologias sustentáveis na aquicultura: recirculação, aquaponia e bioflocos. *Incaper em Revista*, 9, 66-78.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22, 241-253.

- Fulton, T.W. (1904) The rate of growth of fishes. *22nd Annual Report of the Fishery Board of Scotland*, 3, 141-241.
- Gomiero, L. M., Villares Jr., G. A., & Braga, F. M. S. (2010). Relação peso-comprimento e fator de condição de *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Santa Virgínia, Mata Atlântica, estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropical*, 10, 101-105. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000100009>.
- Hilsdorf, A. W. S. (1995). Genética e cultivo de tilápias vermelhas - uma revisão. *Boletim do Instituto de Pesca*, 22, 73-84.
- IBGE. (2017). *Produção da Pecuária Municipal 2016*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em 01/02/2022 <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=resultados>.
- Kubitza, F. (1993). Questões sobre a qualidade dos alevinos de tilápia. *Panorama da Aqüicultura*, 16, 14623.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219. <http://www.jstor.org/stable/1540>
- Leira, M. H., Cunha, L. T., Braz, M. S., Melo, C. C. V., Botelho, H. A., & Reghim, L. S. (2017). Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. *Pubvet*, 11, 11-17. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.11-17>
- Lima, E. M. M., Sousa, K. N. S., Santos, P. R. B., Ferreira, L. A. R., Rodrigues, A. F., & Pantoja, A. S. (2017). Relação peso-comprimento e fator de condição da pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*, Heckel 1840) comercializada no município de Santarém, Pará, Brasil. *Biota Amazônia*, 7, 44-48. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v7n2p44-48>.
- Lima, J. F., Tavares-Dias, M., Yoshioka, E. T. O., Santos, E.F., Duarte, S. S., Bastos, A. M., & Montagner, D. (2015). Sistema fechado simples de recirculação para recria de peixes ou camarões de água-doce. (Comunicado Técnico 136), *Embrapa*.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, Li., & Tan, H. (2014). Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422-423, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.023>
- Maciel, E. C. S., Feitosa, K. C. O., Neto, C. R. C., Macedo, F. F., Mattioli, W. O., Abimorad, E. G., & Abreu, J. S. (2013). Desempenho produtivo e parâmetros fisiológicos de juvenis de pacu criados em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14 (1), 185-194.
- Mainardes Pinto, C. S. R., Paiva, P., Verani, J. R., Scorvo Filho, J. D., & Silva, A. L. (2011). Desempenho produtivo da tilápia tailandesa e da tilápia vermelha da Flórida estocadas em diferentes densidades, em tanques-rede instalados em viveiros. *Boletim do Instituto de Pesca*, 37 (3), 225-234.
- Medina, L. S., Emerenciano, M. G. C., Bittencourt, F., & Mello, G. L. Growth of *Geophagus brasiliensis* reared at different temperatures and feeding regimes. *Boletim do Instituto de Pesca*, 47 (616). <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e616>
- Murray, F., Bostock, J., & Fletcher, D. (2014). Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application. Highlands and Islands Enterprise. *University of Stirling Aquaculture*. <http://www.hie.co.uk/common/handlers/download-document.ashx?id=236008c4-f52a-48d9-9084-54e89e965573>
- Nash, R. D. M., Valencia, A. H., & Geffen, A. J. (2006). The origin of Fulton's Condition Factor - Setting the Record Straight. *Fisheries*, 31, 236-238.
- Neves, M., Balen, R. E., Meurer, F., Baumgartner, G., & Braga, A. F. (2015). Exigência de proteína digestível para alevinos de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) alimentados com ração à base de farelo de soja. *Revista Agrarian*, 8, 204-209.
- Pellegrin, L., Nitz, L. F., Maltez, L. C., Copatti, C. E., & Garcia, L. (2020). Alkaline water improves the growth and antioxidant responses of pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture*, 519, 734713. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734713>.
- Piedras, S. R., Moraes, P. R. R., & Pouey, J. L. O. (2004). Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), de acordo com a temperatura da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, 30 (2), 177-182.
- Pinho, S. M., Mello, G. L., Fitzsimmons, K. M., Emerenciano, M. G. C. (2018). Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. *Aquaculture International*, 26, 99-112. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0198-y>.
- Porto, E. P., Oliveira, C. A. L., Martins, E. N., Ribeiro, R. P., Conti, A. C. M., Kunita, N. M., Oliveira, S. N., & Porto, P. P. (2015). Respostas à seleção de características de desempenho em tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50 (9), 745-752. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000900002>
- Prabu, E., Rajagopalsamy, C. B. T., Ahilan, B., Jeevagan, J. M. A., & Renuhadevi, M. (2019). Tilapia –An Excellent Candidate Species for World Aquaculture: A Review. *Annual Research & Review in Biology*, 31 (3), 1-14. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>
- Prestes, L., Oliveira, M. S. B., Tavares-Dias, M., Soares, M. G. M., & Cunha, F. C. (2019). Length-weight relationship and condition factor of eight fish species from the upper Araguari River, State of Amapá, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 41, 1-6. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v41i1.46666>
- Rafiee, G., Saad, C. R., Kamarudin, M. S., Ismail, M. R., & Sijam, K. (2020). Feed-nutrients uptake rates of different weight groups of red tilapia (*Oreochromis* sp.) in a recirculating aquaculture system. *International Journal of Aquatic Biology*, 8, 337-343. <https://doi.org/10.22034/ijab.v8i5.410>
- Rocha, M. A., Ribeiro, E. L. A., Mizubuti, I. Y., Borosky, J. C., & Antunes, M. P. P. (2008). Comparações entre famílias de meios irmãos paterno através do fator de condição de fulton, alométrico e a taxa de crescimento em curimatá (*Prochilodus lineatus*). *Semina: Ciências Agrárias*, 29, 947-954. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n4p947>.

- Rotta, M., & Yamamoto, K. C. (2021). Relação peso-comprimento de peixes de interesse ornamental da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé – Manaus, Amazonas - Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 7, 15085-15100. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-230>.
- Salaro, A. L., Campelo, D. A. V., Pontes, M. D., Miranda, L. T. V., Oliveira, K. R. B., & Luz, R. K. (2015). Relação peso/comprimento e fator de condição de juvenis de *Hoplias lacerdae* em duas densidades de estocagem. *Revista Brasileira De Engenharia De Pesca*, 7, 12-20. <https://doi.org/10.18817/repesca.v8i1.1073>.
- Santos, E. S., Silva, T. G., Freitas, R. M., Vasconcelos Filho, J. I. F., Silva, L. C. B., Santiago, C. S., Assis, C. S. R., & Silva, J. W. A. (2020). Desempenho de juvenis de tambatingas em diferentes sistemas de cultivo. *Brazilian Journal of Development*, 6, 8670-8684. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-251>.
- Santos, F. A. C., Boaventura, T. P., Julio, G. S. C., Cortezzi, P. P., Figueiredo, L. G., Favero, G. C., Palheta, G. D. A., Melo, N. F. A. C., & Luz, R. K. (2021). Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): Importance of stocking density and classification. *Aquaculture*, 534, 736274. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736274>
- Santos, H. K., Dias, P. S., Balen, R. E., Zadinelo, I.V., Bombardelli, R. A., & Meurer, F. (2021). Crescimento e biologia de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) em um sistema de criação em recirculação de água. *Brazilian Journal of Development*, 7, 32827-32848. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-821>.
- Schlotefeldt, C., Santos, A. F. M., Rodrigues, A. I., Costa, L. P., Machado, T. G. M., & Lopes, P. R. S. (2017). Fator de condição corporal de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a diferentes densidades no sistema de bioflocos. *Anais do 9º SIEPE Salão Internacional de Ensino Pesquisa e Extensão*.
- Signor, A. A., Reidel, A., Coldebella, A., Ferreira, H. K. A., Signor, F. R. P., Buglione, C., & Watanabe, A. L. (2020). Manejo alimentar de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) cultivado em tanques-rede: tipos de rações, taxas de arraçoamento e estratégia alimentar. *Brazilian Journal of Development*, 6, 48531-48546. [10.34117/bjdv6n7-483](https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-483)
- Silva¹, D. M. (2019). *Exúvia de Tenebrio molitor no Desempenho Produtivo de Alevinos de Tilápia Vermelha*. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras.
- Silva², A. G. G. (2019). *Efeito da salinidade sobre ganho de peso e sobrevivência de Tilápias Vermelha*. Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
- Sousa, R. M., Silva, R. R. S., Santos, A. S., Silva, C. V., Magalhães, J. A., & Fogaça, F. H. S. (2020). Tambatinga juveniles performance in a recirculation aquaculture system with diferente stocking densities. *Research, Society and Development*, 9 (5), 178953317. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3317>
- Valladão, G. M. R., Gallani S. U., & Pilarski, F. (2018). South American fish for continental aquaculture. *Aquaculture*, 10, 351 – 369. <https://doi.org/10.1111/raq.12164>
- Watanabe, W. O., Ernst, D. H., Chasar M. P., Wicklund, R. I., & Olla, B. L. (1993). The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating system. *Aquaculture*, 112, 309-320.
- Watanabe W. O., Losordo T. M., Fitzsimmons K., Hanley, F. (2012) Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Reviews in Fisheries Science*. 10, 465–498. <https://doi.org/10.1080/20026491051758>
- Zeppenfeld, C. C., Hernández, D. R., Santinón, J. J., Heinzmann, B. M., Da Cunha, M. A., Schmidt, D., & Baldisserotto, B. (2020). Essential oil of *Aloysia triphylla* as feed additive promotes growth of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture Nutrition*, 22, 933-940. <https://doi.org/10.1111/anu.12311>.