

Fator de condição relativo e hematologia de reprodutores de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)

Relative condition factor and hematology of pacu breeders *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)

Factor de condición relativo y hematología de los reprodutores de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)

Recebido: 30/03/2020 | Revisado: 31/03/2020 | Aceito: 02/04/2020 | Publicado: 04/04/2020

Arlene Sobrinho Ventura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4656-9003>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: arlenesventura@gmail.com

Sheila Nogueira de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7364-3988>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: sheilanoliveira@ufgd.edu.br

Joaquim Azambuja Duarte Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-7331>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: guri_azambuja@gmail.com

Tuanny Trindade Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-0185>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: tuannyt0@gmail.com

Andrea Maria de Araújo Gabriel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8857-3721>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: andreagabriel@ufgd.edu.br

Resumo

Objetivou-se avaliar o fator relativo de condição relativo e os parâmetros hematológicos de machos e fêmeas de pacu *Piaractus mesopotamicus* após o processo de indução hormonal e

desova. Foi realizada pesquisa de campo, com medidas quantitativas e qualitativas em que foram avaliados 30 peixes saudáveis, coletados aleatoriamente, sendo 14 fêmeas e 16 machos. Procedeu-se então uma coleta de sangue para análise dos seguintes parâmetros: hematócrito, proteína plasmática total, número de eritrócitos, hemoglobina, índices hematimétricos, volume corpuscular médio (VCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). Contagem total e diferencial de leucócitos e trombócitos e a glicose plasmática também foram determinadas. O fator de condição foi semelhante para ambos os sexos, com valores próximos a 1. A proteína plasmática total e o número de neutrófilos circulantes foram maiores nas fêmeas ($P < 0,05$). Os demais parâmetros permaneceram inalterados. Essas diferenças constituem uma resposta de adaptação ao manejo. Todos os valores foram próximos aos relatados anteriormente para o pacu, *P. mesopotamicus*, em condições de higiene no sistema de cultivo intensivo, indicando que processo de indução e desova não causa prejuízos ao bem-estar dos peixes a ponto de desencadear alterações no fator de condição e parâmetros hematológicos.

Palavras-chave: Reprodução; Sangue; Sexo; Peixe.

Abstract

The objective of this study was studied relative condition factor and hematological parameters of males and females of pacu *Piaractus mesopotamicus* were after the process of hormonal induction and spawning. Field research was carried out, with quantitative and qualitative measures in which thirty healthy fish were randomly collected, 14 females and 16 males. A blood collection was then carried out to analyze the following parameters: hematocrit, total plasma protein, number of erythrocytes, hemoglobin, hematimetric indices, mean corpuscular volume (MCV) and mean corpuscular hemoglobin (MCHC) concentration. Total and differential leukocyte and thrombocyte count and plasma glucose were also determined. The condition factor was similar for both sexes, with values close to 1. The total plasma protein and the number of circulating neutrophils were higher in females ($P < 0.05$). The other parameters remained unchanged. These differences are an adaptation response to management. All values were close to those previously reported for pacu, *P. mesopotamicus*, under conditions of hygiene in the intensive farming system, indicating that the process of induction and spawning does not damage the well-being of the fish to the point of triggering changes in the factor of hematological condition and parameters.

Keywords: Reproduction; Blood; Sex; Fish.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar factor de condición relativo y los parámetros hematológicos de machos y hembras de pacu *Piaractus mesopotamicus* después del proceso de inducción hormonal y desove. Se realizó una investigación de campo, con medidas cuantitativas y cualitativas en las que se recolectaron al azar treinta peces sanos, 14 hembras y 16 machos. Luego se realizó una recolección de sangre para analizar los siguientes parámetros: hematocrito, proteína plasmática total, número de eritrocitos, hemoglobina, índices hematimétricos, volumen corpuscular medio (VCM) y concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM). También se determinaron el recuento total y diferencial de leucocitos y trombocitos y glucosa en plasma. El factor de condición fue similar para ambos sexos, con valores cercanos a 1. La proteína plasmática total y el número de neutrófilos circulantes fueron más altos en las hembras ($P < 0.05$). Los otros parámetros permanecieron sin cambios. Estas diferencias son una respuesta de adaptación a la manejo. Todos los valores fueron cercanos a los reportados previamente para pacu, *P. mesopotamicus*, bajo condiciones de higiene en el sistema de cultivo intensivo, lo que indica que el proceso de inducción y desove no causa daño al bienestar de los peces hasta el punto de desencadenar cambios en el factor de condición hematológica y parámetros.

Palabras clave: Reproducción; Sangre; Sexo; Peces.

1. Introdução

O pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), é um peixe neotropical originado das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, é considerado uma espécie promissora para a aquicultura na América Latina, devido a sua rusticidade nos diferentes sistemas de cultivo e pela excelente qualidade de sua carne, além do bom rendimento de sua carcaça (Urbinati & Gonçalves, 2013). Esta espécie se caracteriza por estar entre as mais produzidas no Brasil, correspondendo a 0,03% (1,67 mil toneladas) das exportações brasileiras de peixe no ano de 2019 (Peixe BR, 2020).

Por ser uma espécie reófila, o pacu *P. mesopotamicus* não se reproduz em águas lânticas e depende de correntes fluviais para o desenvolvimento cíclico de seus órgãos sexuais e maturação de gametas (Zohar & Mylona, 2007). Em condições de cativeiro requer técnicas de desova artificial como a hipofiseação para liberação de gametas (Paulino et al. 2011). No

sistema comercial de produção de alevinos a desova artificial é um dos métodos mais aplicados na reprodução de peixes (Povh et al. 2010) devido a facilidade de manipulação de gametas e menor exigência de infraestrutura (Zaniboni-Filho & Weingartner, 2007). No entanto esta técnica pode resultar em mortalidade de alguns animais devido ao estresse desencadeado por conta do manejo excessivo (Reynalte-Tataje et al. 2013; Zanuzzo et al. 2018).

Os parâmetros hematológicos podem atuar como indicadores de estresse (Barton & Iwama, 1991) além de importantes ferramentas de monitoramento dos aspectos sanitários, que afetam o grau de higidez de peixes (Tavares-Dias, 2015). Considerando que após a desova induzida por ação hormonal, são comumente relatados surtos de doenças e mortalidades em reprodutores (Zanuzzo et al. 2018), a avaliação dos parâmetros hematológicos se apresenta como ferramenta diagnóstica utilizada como indicador no monitoramento do grau de saúde dos peixes, identificando respostas aos desafios de manejo no sistema de produção (Ranzani-Paiva et al. 2013). Em estudos avaliando os parâmetros hematológicos de reprodutores de diferentes espécies de peixes, foram observados que ocorrem importantes alterações hematológicas neste período (Nascimento et al. 2016; Zanoni et al. 2016; Zanuzzo et al. 2018).

Outro parâmetro comumente utilizado para determinar o bem estar dos peixes é o fator de condição relativo (Kn), medido pela relação entre o peso observado e o peso esperado para um determinado comprimento (Le Cren, 1951). Espera-se que, em condições normais, o fator de condição relativo Kn seja igual a 1, mas sabe-se que pode ser influenciado por inúmeros fatores como nutrição, fatores ambientais e estágio reprodutivo (Ventura et al. 2018).

Embora o pacu, *P. mesopotamicus*, seja uma espécie de relevada importância comercial, existem poucos estudos associados a características hematológicas e fator de condição relativo de reprodutores nessa espécie. Assim objetivou-se com este estudo avaliar o fator de condição e os parâmetros hematológicos de reprodutores de *P. mesopotamicus* após desova induzida.

2. Metodologia

Animais

O presente trabalho representa uma pesquisa de campo, com medidas quantitativas e qualitativas de acordo com Pereira et al. (2018). Foram capturados em tanque escavado (50 m × 10 m × 1,5 m; L × W × D), utilizando uma rede de arrasto, 30 animais aptos para reprodução, 16 machos (2457,50 ± 757,79 g, 49,87±4,58 cm) e 14 fêmeas (2473,57±992,41 g,

49,71±4,53 cm) As fêmeas foram separadas de acordo com características externas visuais, como abdome inchado, papila urogenital avermelhada e cavidade celômica protuberante, e os machos foram selecionados de acordo com a cor e fluidez do espermatozoide extrusado após a aplicação de pressão abdominal suave. Os peixes selecionados, foram separados em quatro tanques internos de 3000 L (2 tanques com fêmeas e 2 com machos), com água continuamente aerada. Os parâmetros de qualidade da água monitorizados durante este período foram: temperatura igual a $26,8 \pm 0,7^\circ \text{C}$, oxigênio dissolvido, $5,3 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ e o pH, $7,2 \pm 0,5$. O fotoperíodo foi de 14 h de luz: 10 h de escuro (fotoperíodo natural).

Desova induzida

Todos os animais foram submetidos ao tratamento hormonal com extrato bruto de hipófise de carpa (EBHC), para indução da espermição e desova. As fêmeas receberam doses prévias e definitivas consistiram em injeções intramusculares de 0,5 e 5,0 mg de EBHC kg^{-1} de peso corporal respectivamente. Os machos receberam uma única dose de hormônio 2,5 mg de EBHC kg^{-1} de peso corporal, aplicada próximo à base da nadadeira dorsal, no momento da segunda aplicação nas fêmeas. O intervalo entre as aplicações do hormônio foi de 10 horas e o tempo entre a dose definitiva e a coleta de gametas foi em torno de 6 horas. O presente estudo focou apenas nas respostas hematológicas dos reprodutores, assim os dados de fertilização e eclosão não foram avaliados. Após a desova, estes animais foram mantidos em tanques internos com renovação e oxigenação constante de água.

Análise biométrica

Os dados biométricos foram utilizados para a determinação do fator relativo de condição. Os dados da relação peso-comprimento foram analisados seguindo a equação $W_t = a.L^b$, onde W_t é o peso total em gramas, L é o comprimento total em cm e a e b são as constantes. O fator de condição utilizado foi o Kn , representado pela equação $Kn = P_{\text{observado}}/P_{\text{esperado}}$, onde $P_{\text{observado}}$ é o peso obtido da pesagem de cada indivíduo e P_{esperado} é o peso determinado pela curva da relação peso comprimento (Le Cren, 1951).

Análises hematológicas

Após a desova os peixes foram anestesiados em uma solução de óleo de cravo (75 mg/L^{-1}) (Comitê de ética-CEUA/UFMG n° 42/2016), e procedeu-se a coleta sanguínea, seguida do processo de biometria. O sangue foi coletado por venopunção caudal com auxílio de seringas contendo EDTA a 10% (ácido etilenodiaminotetracético). O sangue total foi

imediatamente utilizado para obter o hemograma completo, determinando as concentrações de hemoglobina, hematócrito e o número total de eritrócitos. A partir desses dados foram calculados os índices de volume corpuscular médio (VCM), e concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM), conforme a metodologia descrita por Ranzani-Paiva et al. (2013). Foram confeccionadas extensões sanguíneas em duplicatas e coradas pelo método de coloração rápida MGGW (May-Grünwald-Giemsa Wright) e utilizadas na contagem total e diferencial de trombócitos e leucócitos (Tavares-Dias & Moraes, 2003). A concentração plasmática de glicose foi medida a partir de cada animal, imediatamente após a coleta de sangue, com glicosímetro portátil Accu check® Advantage (Roche Diagnóstica, Brasil). A concentração de proteína total no plasma foi determinada com um refratômetro portátil.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade e ao teste de Levene para avaliar a Homocedasticidade. Ao observar que os dados atendem os pressupostos para análise paramétrica foi realizado à análise de variância ANOVA, seguida de comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

3. Resultados e Discussão

Todos os peixes machos e fêmeas liberaram gametas. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre o fator de condição relativo (Kn) de machos e fêmeas após o período reprodutivo (Tabela 1). De acordo com Le Cren (1951), o fator de condição é essencial para verificar o estado de saúde dos peixes, indicando se o animal está em condições fisiológicas normais através de seu padrão de crescimento. Resultados do presente estudo indicam que o processo de indução hormonal e desova não causou gasto energético a ponto de alterar o fator de condição de reprodutores de pacu, *P. mesopotamicus*.

Em ambiente natural o índice de condição corporal é menor após o período de desova, devido à gordura visceral dos peixes ser utilizada no processo de desenvolvimento gonadal (Dória & Andrian, 1997). Diante do exposto foi possível inferir que em ambiente de cultivo, desde que os animais tenham um manejo alimentar adequado nos meses que antecedem o período reprodutivo, o processo de indução e desova não causa prejuízos ao bem-estar dos peixes a ponto de desencadear alterações no fator de condição, uma vez que, mesmo após a desova, os peixes apresentaram uma boa condição corporal.

O perfil hematológico em peixes pode ser influenciado por diversos fatores, como sazonalidade, fotoperíodo, nutrição, estágio reprodutivo e ambiente (Tavares-Dias & Moraes, 2004; Ranzani-Paiva et al. 2013). Os parâmetros hematócrito, hemoglobina, eritrócitos, VCM, CHCM e glicose não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) entre os animais avaliados após o período reprodutivo (Tabela 1).

Tabela 1 Valores médios \pm desvio padrão, de parâmetros biométricos e eritrocitários de reprodutores de pacu *Piaractus mesopotamicus* (n = 30) após indução hormonal, criados em ambiente de cultivo comercial.

Parâmetros	Macho (n=16)	Fêmea (n=14)
Peso (g)	2457,50 \pm 757,79	2473,57 \pm 992,41
Comprimento (cm)	49,87 \pm 4,58	49,71 \pm 4,53
Fator condição (Kn)	1,05 \pm 0,02	1,06 \pm 0,03
Hematócrito (%)	32,94 \pm 3,54	32,64 \pm 7,07
Hemoglobina (g.dL ⁻¹)	7,93 \pm 0,60	8,31 \pm 0,55
Eritrócitos (x10 ⁻⁶ . μ l ⁻¹)	1,21 \pm 0,21	1,33 \pm 0,27
VCM (fL)	286,17 \pm 19,66	249,47 \pm 12,94
CHCM (g.dL ⁻¹)	61,19 \pm 7,15	63,44 \pm 5,01
Glicose (g.dL ⁻¹)	131,35 \pm 5,66	139,50 \pm 6,36
PPT (g.dL ⁻¹)	5,22 \pm 0,14a	6,30 \pm 0,42b

VCM= Volume corpuscular médio; CHCM= Concentração de hemoglobina corpuscular média; PPT= proteína plasmática total. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os sexos ($p < 0,05$). Fonte: Autor próprio.

Na tabela 1 estão demonstrados os valores biométricos e relação peso comprimento (Kn), bem como os valores do eritrograma e do metabólito plasmático glicose de machos e fêmeas de pacu *P. mesopotamicus*, após indução hormonal.

O percentual de hematócrito e número de eritrócitos não diferiu ($p > 0,05$) entre os sexos. Resultados semelhantes foram observados com pacu, *P. mesopotamicus*, por Tavares-Dias et al. (2003) e Jerônimo et al. (2014) e seus híbridos, tambacu (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) e patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachypomum*) por Brum et al. (2019). De acordo com Nascimento et al. (2016), peixes em idade reprodutiva apresentam maiores valores de hematócrito e número de eritrócitos, permitindo um maior transporte de oxigênio para manutenção basal do organismo. O volume corpuscular médio dos eritrócitos não diferiu entre os sexos ($p > 0,05$). Contudo, foi superior aos valores anteriormente relatados para a espécie (Sado et al. 2014; Jerônimo et al. 2014) mas, se assemelha aos resultados obtidos em estudo anterior com híbrido tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) cultivado na mesma região do presente estudo (Brum et al. 2019). Além

disso, estudos mostram que os eritrócitos jovens são maiores que os maduros (Esteban et al. 1989). Assim possivelmente o manejo de indução hormonal e reprodução artificial em pacus, *P. mesopotamicus*, levou a um aumento na produção de eritrócitos jovens que tendem a ter maiores volumes.

Isso também pode explicar os menores valores de hemoglobina observados no presente estudo, porque os eritrócitos jovens contêm menos hemoglobina que as células mais antigas (Kumar et al. 1999). Fatores endógenos, como comprimento e peso corporal são passíveis de influenciar o hemograma em peixes teleósteos (Ranzani-Paiva et al. 2013). Em um estudo com tilápia-do-Nilo, cultivada em diferentes faixas de peso, foi observada influência significativa do tamanho corporal no CHCM (Tran-Duy et al. 2008), corroborando os resultados do presente estudo. Além disso os maiores valores de CHCM podem ser atribuídos a diferenças determinadas nas taxas metabólicas durante o período reprodutivo (Nascimento et al. 2016).

A ocorrência de estresse agudo no manejo de indução e desova, pode predispor a enfermidades devido a imunossupressão causado pelo estresse (Barton & Iwama, 1991). Durante o estresse o metabolismo de carboidratos é alterado, principalmente os níveis de glicose no sangue. Os valores de glicose não diferiram ($p > 0,05$) entre os reprodutores de pacu, *P. mesopotamicus*. Estudos demonstraram que a taxa de glicose retorna aos níveis basais 24 horas após cessar o estresse (Zanoni et al. 2016). Os valores aqui obtidos para este metabólito foram semelhantes aos valores basais para pacus, *P. mesopotamicus*, sadios criados em cultivo intensivo (Tavares-Dias & Moraes, 2010).

O teor de proteína plasmática total das fêmeas foi maior ($p < 0,05$) quando comparado com os machos de pacu, *P. mesopotamicus* (Tabela1), mas os valores para ambos os sexos estavam dentro do intervalo de referência registrado para esta espécie em cultivo intensivo (Tavares-Dias & Moraes, 2010). As alterações nas proteínas plasmáticas totais são causadas principalmente por alterações no volume plasmático devido ao desequilíbrio osmótico entre os compartimentos intracelular e extracelular (Melo et al. 2009).

As proteínas são necessárias para a manutenção da homeostase em vertebrados e estão entre as responsáveis pelas funções vitais do organismo, como o carreamento de metabólitos, defesa humoral e coagulação (Satake et al. 2009). Os maiores índices de proteínas plasmáticas totais em fêmeas de pacu *P. mesopotamicus* podem estar relacionados às características sexuais primárias e secundárias ou às adaptações resultantes das diferentes estratégias empregadas para a reprodução (Zuim et al. 1988). Assim, é possível inferir que estas

diferenças sugerem uma possível redistribuição das proteínas essenciais necessárias à formação dos gametas femininos no período reprodutivo.

Tabela 2- Valores médios \pm desvio padrão, de parâmetros leucocitários de reprodutores de *Piaractus mesopotamicus* (n = 30) após indução hormonal, criados em ambiente de cultivo comercial.

Parâmetros	Macho (n=16)	Fêmea (n=14)
Leucócitos Totais ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	31,85 \pm 6,08	37,34 \pm 3,79
Trombócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	22,24 \pm 6,54	24,35 \pm 5,43
Neutrófilos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	13,75 \pm 1,10a	19,75 \pm 3,18b
Linfócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	9,49 \pm 1,01	9,45 \pm 1,35
Monócitos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	2,06 \pm 0,90	3,07 \pm 0,76
LG – PAS ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	3,39 \pm 0,98	2,57 \pm 0,94
Eosinófilos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	1,39 \pm 0,08	0,64 \pm 0,03
Leucócito Imaturos ($10^3 \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	1,77 \pm 0,24	1,86 \pm 0,40

Letras diferentes indicam diferença significativa entre os sexos ($p < 0,05$).

Fonte: Autor próprio.

Na tabela 2 estão demonstrados os valores do leucograma de machos e fêmeas de pacu *P. mesopotamicus*, após indução hormonal. Observa-se que houve diferença estatística ($p < 0,05$) apenas para o número de neutrófilos, os demais parâmetros não diferiram estatisticamente.

Os seguintes parâmetros leucocitários, eosinófilos, leucócito granular PAS-positivos (LG-PAS), monócito, linfócito e leucócito imaturo não diferiram ($p > 0,05$) entre os sexos (Tabela 2). Na contagem diferencial de leucócitos, os neutrófilos predominaram, seguidos pelos linfócitos para ambos os sexos. Essa proporção contradiz os resultados de outros estudos hematológicos com pacu, *P. mesopotamicus* em diferentes sistemas de produção (Tavares-Dias et al. 2003; Tavares-Dias, 2015), bem como seu híbrido tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) (Brum et al. 2019). Contudo nenhum destes estudos havia sido realizado com peixes em período reprodutivo. A quantidade de leucócitos no sangue é indicativa da capacidade imunológica e pode ser influenciada por fatores ambientais (Figueredo et al. 2014), além de variações intraespecíficas (Tavares-Dias et al. 1999). Portanto cada indivíduo pode responder diferente a certos estímulos, sendo esperadas variações em peixes no período reprodutivo.

O processo de reprodução e extrusão de gametas pode causar alterações nos parâmetros leucocitários, como resposta à síndrome de adaptação geral (Zanoni et al. 2016; Zanuzzo et al. 2018), portanto a produção de células de defesa pode ser aumentada para evitar infecções, ou diminuída em consequência de imunossupressão. Contudo não foram observadas alterações

significativas no número total de leucócitos, para ambos os sexos, se assemelhando aos resultados descritos na literatura para esta espécie (Tavares-Dias et al. 2003; Jerônimo et al. 2014; Tavares-Dias, 2015).

O estudo das variações nos parâmetros leucocitárias possibilita um maior entendimento dos eventos imunes (Tavares-Dias et al. 1999) que ocorrem no período pós-extrusão dos gametas em reprodutores de pacu, *P. mesopotamicus*. As fêmeas de reprodutores de pacu apresentaram um maior número de neutrófilos ($p < 0,05$), quando comparada com os machos (Tabela 2). Corroborando com este estudo Zanoni et al. (2016) relataram neutrofilia em fêmeas de Piracanjuba, *Brycon orbignyanus*, submetidas ao processo de indução reprodutiva para extrusão de gametas. Os neutrófilos contribuem para a resposta imune inata, portanto um aumento no número destas células pode ser uma reação do organismo para se preparar para possíveis infecções. No entanto estudos demonstram que o processo de indução hormonal e extrusão de gametas causa estresse e imunossupressão (Zanuzzo et al. 2018), resultados estes que não foram observados no presente estudo.

A diferença entre gêneros reflete em uma diferenciação de vários componentes do sangue, dependendo das atividades metabólicas do organismo (Svoboda et al. 2001). Em fêmeas de carpa, *C. carpio*, após a indução hormonal, foi observado um número maior de neutrófilos circulantes, o que não ocorreu nos machos, nos quais o número de neutrófilos foi menor (Baghizadeh & Khara, 2015). Logo, acredita-se que a diferença entre o número de neutrófilos circulantes entre machos e fêmeas de pacu, *P. mesopotamicus*, seja uma decorrência do uso de protocolo hormonal. Isso porque as fêmeas receberam duas doses hormonais, enquanto os machos receberam apenas uma dose única, essa diferença possivelmente pode explicar um maior número de neutrófilos nas fêmeas.

Não foram observados basófilos, corroborando estudos anteriores em que essas células também não foram encontradas em sangue de pacu, *P. mesopotamicus* (Tavares-Dias et al. 2003). As contagens médias de linfócitos, monócitos, eosinófilos e leucócito granular PAS-positivos (LG-PAS), foram semelhantes aos valores de referência obtidos para a espécie em cultivo intensivo (Tavares-Dias, 2015), e também não foi observada diferença entre os sexos. O mesmo ocorreu com os trombócitos, células que realizam coagulação e resposta imune (Nagasawa et al. 2009). Além disso o aumento no número de trombócitos e leucócito granular PAS-positivos estão relacionados ao estresse (Schalch et al. 2005; Tavares-Dias & Oliveira, 2009). Portanto, a não ocorrência de diferença entre os sexos e permanência destes parâmetros dentro do intervalo de referência para espécie, permite inferir que os reprodutores de pacu *P. mesopotamicus* mantiveram condições de homeostase, após o processo de indução

reprodutiva e extrusão de gametas.

4. Conclusão

O processo de indução e desova não causa prejuízos ao fator de condição relativo, os peixes apresentaram uma boa condição corporal. As características hematológicas demonstram que o pacu *Piaractus mesopotamicus* se adapta ao manejo reprodutivo de desova induzida sem prejuízo fisiológico, se mantendo dentro da faixa considerada ideal para a espécie.

Referências

Baghizadeh, E., & Khara, H. (2015). Variability in hematology and plasma indices of common carp *Cyprinus carpio*, associated with age, sex and hormonal treatment. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 14, 99-111. <http://aquaticcommons.org/22759/1/IFRO-v14n1p99-en.pdf>.

Barton, B. A., & Iwama, G. K. (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. Annual Review of Fish Diseases, 1, 3-26. [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90019-G](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-G).

Brum, A., Ventura, A. S., Pádua, S. B. de., Ishikawa, M. M., Martins, M. L., & Jerônimo, G. T. (2019). Hematological parameters of the hybrid serrasalmids farmed in central-western Brazil. Boletim Instituto de Pesca, 45, 1-9. <http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305.2019.45.4.504>.

Dória, C.R.C., & Andrian, I.F. (1997). Variation in energy content of somatic and reproductive tissues, related to the reproductive cycle and feeding of female *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) and *Schizodon borellii* Boulenger, 1895 (Characiformes, Anostomidae). Revista Unimar, 19, 421-437. <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevUNIMAR/article/view/4490/3069>.

Esteban, M.A., Meseguer, J., Garcia Ayala, A., & Agulleiro, B. (1989). Erythropoiesis and thrombopoiesis in the head-kidney of the sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): an

ultrastructural study. *Archives of Histology and Cytology*, 52, 407-419. <http://dx.doi.org/10.1679/aohc.52.407>.

Figueredo, A. B., Tancredo, K. R., Hashimoto, G. S. O., Roubledakis, K., Marchiori, N. C., & Martins, M. L. (2014). Haematological and parasitological assessment of silver catfish *Rhamdia quelen* farmed in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 23, 157-163. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-29612014028>.

Jerônimo, G. T., Pádua, S. B., Bampi, D., Gonçalves, E. L. T., Garcia, P., Ishikawa, M. M., & Martins, M.L. (2014). Haematological and histopathological analysis in South American fish *Piaractus mesopotamicus* parasitized by monogenean (Dactylogyridae). *Brazilian Journal of Biology*, 74, 1000-1006. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.09513>.

Kumar, S., Lata, S., & Gopal, K. (1999). Deltamethrin induced physiological changes in freshwater catfish *Heteropneustes fossilis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 254-258. <http://dx.doi.org/10.1007/s001289900867>.

Le-Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and conditions in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal Animal Ecology*, 20, 201-219. <http://dx.doi.org/10.2307/1540>.

Melo, D. C., Oliveira, D. A. A., Melo, M. M., Junior, D. V., Teixeira, E. A., & Guimarães, S. R. (2009). Proteic electrophoretic profile of chitralada tilapia nilotic (*Oreochromis niloticus*), exposed to hypoxia chronic stress. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61, 1183-1190. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352009000500022>.

Nagasawa, T., Somamoto, T., & Nakao, M. (2009). Carp thrombocyte phagocytosis requires activation factors secreted from other leukocytes. *Developmental and Comparative Immunology*, 52, 107-111. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2015.05.002>.

Nascimento, N. F. do., Nakaghi, L. S. O., Hilbig, C. C., Ventura, A. S., Azevedo, A. C. B. de., Dean, A.F., & Bombardelli, R. A. (2016). Influences of Sex and Age on the Hematological Profile of the Jundiá (Silver Catfish) *Rhamdia quelen*. *Journal Aquatic Animal Health*, 28, 161-165. <https://doi.org/10.1080/08997659.2016.1173603>.

Paulino, M. S., Sampaio, M., Miliorini, A. B., Murgas, L. D. S., & Felizardo, V. O. (2011). Desempenho reprodutivo do pacu, piracanjuba e curimba induzidos com extrato de buserelina. *Boletim do Instituto de Pesca*, 37, 39-45. https://www.pesca.sp.gov.br/37_p1_39-45.pdf.

PEIXEBR. Anuário Peixe BR da Piscicultura, (2020). São Paulo: PeixeBR, São Paulo, 383 Brasil, 2020, p.136. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 01 abril 2020.

Povh, J. A., Ribeiro, R. P., Sirol, R. N., Streit Junior, D. P., Moreira, H. L. M., Siewerdt, F., Lopera-Barrero, N. M., Mangolin, C. A., & Vargas, L. (2010). Microsatellite analysis of the parental contribution of *Piaractus mesopotamicus* to the production of offspring in the semi-natural system of reproduction. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53, 389-396. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132010000200018>.

Ranzani-Paiva, M. J. T., Páuda, S.B., Tavares-Dias, M., & Egami, M.I. (2013). Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: Eduem, 140p.

Reynalte-Tataje, D. A., Lopes, C.A., Ávila-Simas, S., Garcia, J. R. E., & Zaniboni-Filho, E. (2013). Artificial reproduction of neotropical fish: Extrusion or natural spawning? *Nature and Science*, 5, 1-6. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2013.57A001>.

Sado, R. Y., Bicudo, A. J. A., & Cyrino, J. E. P. (2014). Hematology of juvenile pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) fed graded levels of mannan oligosaccharides (MOS). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42, 30-39. <http://dx.doi.org/10.3856/vol42-issue1-fulltext-3>.

Satake, F., Pádua, S. B., & Ishikawa, M.M. (2009). Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. In: Tavares-Dias, M. (Org.), Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Embrapa Amapá, Macapá, 330-345p.

Schalch, S. H. C., Belo, M. A. A., & Soares, V. E. (2005). Diflubenzuron effective ness in *Dolops carvalhoi* (Crustacea: Branchiura) control in juvenile pacus *Piaractus mesopotamicus* (Osteichthyes: Characidae) naturally infected. Acta Scientiarum Animal Sciences, 27, 297-302. [http:// dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i2.1235](http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i2.1235).

Svoboda, M., Kouril, J., Hamackova, J., Kalab, P., Savina, L., Svobodova, Z., & Vykusová, B. (2001). Biochemical profile of blood plasma of tench (*Tinca tinca*L.) during pre- and postspawning perio. Acta Veterinaria Brno, 70, 259-268. <https://doi.org/10.2754/avb200170030259>.

Tavares-Dias, M. (2015). Parâmetros sanguíneos de referência para espécies de peixes cultivados. In Tavares-Dias, M., & Mariano, W. S., no [Orgs.] *Aquicultura* no Brasil: novas perspectivas. [Vol. 1]. São Carlos: Pedro & João. Editores, 11-31 p.

Tavares-Dias, M., Sandrim, E. F. S., & Campos-Filho, E. (1999). Características hematológicas de tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier (Osteichthyes, Characidae) em um sistema de monocultivo intensivo: II., leucócitos. Revista Brasileira de Zoologia, 16, 175-184. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751999000100012>.

Tavares-Dias, M., Schalch, S. H. C., & Moraes, F. R. (2003). Hematological characteristics of Brazilian Teleosts. VII. Parameters of seven species collected in Guariba, São Paulo state, Brazil. Boletim do Instituto de Pesca, 29, 109-115. <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/Dias/Dias>.

Tavares- Dias, M., & Moraes, F. R. (2010). Biochemical parameters for *Piaractus mesopotamicus*, *Colossoma macropomum* (Characidae) and hybrid tambacu (*P. mesopotamicus* X *C. macropomum*). Ciência Animal Brasileira, 11, 363-368. <http://dx.doi.org/10.5216/cab.v11i2.1364>.

Tavares-Dias, M., & Oliveira, S. R. (2009). A review of the blood coagulation system of fish. *Brazilian Journal of Biosciences*, 7, 205-224. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1144>.

Tavares-Dias, M., & Moraes, F. R. (2004). *Hematologia de peixes Teleósteos*. Villimpress, Ribeirão Preto, 144p.

Tran-Duy, A. N., Schrama, J. W., Van Dam, A. A., & Verreth, J. A. J. (2008). Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275, 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.12.024>.

Urbinati, E. C., & Gonçalves, F. D. (2013). Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), In: Baldisserotto, B., Gomes, L. C. (Eds.), *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. UFMS, Santa Maria, 225-246p.

Ventura, A. S., Jerônimo, G. T., Ferri, G. H., Pádua, S. B., Martins, M. L., & Ishikawa, M. M. (2018). Erythrocyte parameters and condition factor of *Gymnotus* spp. (Gymnotiformes: Gymnotidae) under culture conditions. *Brazilian Journal of Veterinary Medicine*, 40, 1-6. <https://doi.org/10.29374/2527-2179.bjvm020318>.

Zohar, Y., & Mylonas, C.C. (2007). Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197, 99-136. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00584-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00584-1).

Zaniboni-Filho, E., & Weingartner, M. (2007). Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 31, 367-373. <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/367.pdf>.

Zanoni, M. A., Costa, F. G., Carvalho, S. De., & Seiva, F. R. F. (2016). Physiological and biochemical changes of females of Piracanjuba, subjected to induced reproduction. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, 673-679. <https://doi.org/10.1111/jpn.12425>.

Zanuzzo, F. S., Oda, G. M., Hoshiba, M.A., Senhorini, J. A., Zaiden, S. F., & Urbinati, E. C. (2018). A description of liver and blood changes in matrinxã (*Brycon amazonicus*) during induced spawning. *Aquaculture*, 495, 345-350. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.013>.

Zuim, S. M. F., Rosa, A. A. M., & Castagnolli, N. (1988). Sex and sexual cycle influences over metabolic parameters in pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Bulletin Canadian of Aquaculture of the Association Proceeding Vancouver*, 88, 55-56.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Arlene Sobrinho Ventura – 35%

Sheila Nogueira de Oliveira – 10%

Joaquim Azambuja Duarte Junior – 10%

Tuanny Trindade Silva – 15%

Andrea Maria de Araújo Gabriel – 30%