

# CÉLULAS SANGUÍNEAS E RESPOSTA HEMATOLÓGICA DE *Oxydoras niger* (PISCES, DORADIDAE) ORIUNDOS DA BACIA DO MÉDIO RIO SOLIMÕES, ESTADO DO AMAZONAS (BRASIL), NATURALMENTE PARASITADOS

Rayla Beatriz da Silva SANTOS<sup>1</sup> e Marcos TAVARES-DIAS<sup>2,3</sup>

## RESUMO

O *Oxydoras niger* Valenciennes, 1821 (Doradidae) é um peixe endêmico de bacias hidrográficas da América Sul (rios Amazonas, São Francisco, Essequibo e Orinoco) e consumido por algumas populações da Amazônia brasileira. O principal objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do parasitismo, por protozoários e metazoários, no hemograma e em características de leucócitos do *O. niger* provenientes da bacia do Rio Solimões, Estado do Amazonas, Brasil. Os peixes (70,3%) estavam parasitados por *Ichthyophthirius multifiliis* (Protozoa), *Chilodonella* sp. (Protozoa), *Cosmetocleithrum* spp. (Monogenoidea), *Paracavisona impudica* (Acanthocephala), *Cucullanus grandistomis* (Nematoda), Digenea e Cestoda, mas a maior abundância foi de espécies de monogenóideas. Essa associação parasitária causou aumento significativo ( $p < 0,05$ ) nos níveis de hemoglobina e concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM). Nas extensões sanguíneas de peixes parasitados e não-parasitados foram observados linfócitos, monócitos, neutrófilos, leucócitos granular PAS-positivos (LG-PAS) e eosinófilos, mas somente neutrófilos apresentaram aumento influenciado pelo parasitismo, enquanto linfócitos, redução significativa ( $p < 0,05$ ). Esse foi o primeiro estudo sobre parâmetros hematológicos de *O. niger* na Amazônia e os resultados obtidos poderão servir de comparação para outros estudos com essa espécie de peixe.

**Palavras-chave:** Hemoglobina; infecções; leucócitos; sangue; parasitos

## BLOOD CELLS AND HEMATOLOGICAL RESPONSE OF *Oxydoras niger* (PISCES, DORADIDAE) COLLECTED FROM THE BASIN OF THE MIDDLE SOLIMÕES RIVER, AMAZONAS STATE (BRAZIL), NATURALLY PARASITIZED

## ABSTRACT

The *Oxydoras niger* Valenciennes, 1821 (Doradidae) is an endemic fish from the South America rivers basins (Amazonas, São Francisco, Essequibo and Orinoco Rivers) that is used as food by some Amazon people. The aim of this work was to study the effects of parasitism by protozoans and metazoans in the hemogram and the leukocytes features of *O. niger* collected in the Solimões River basin, Amazonas State, Brazil. Fish (70.3%) were parasitized by *Ichthyophthirius multifiliis* (Protozoa), *Chilodonella* sp. (Protozoa), *Cosmetocleithrum* spp. (Monogenoidea), *Paracavisona impudica* (Acanthocephala), *Cucullanus grandistomis* (Nematoda), Digenea and Cestoda, but the highest abundance was of monogenoideans species. This association of parasites caused a significant ( $p < 0.05$ ) increase in hemoglobin concentration and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC). In blood smears of parasitized and non-parasitized fish were found lymphocytes, monocytes, neutrophils, PAS-positive granular leukocytes (PAS-GL) and eosinophils, but only neutrophils had its increase influenced by parasitism, while lymphocytes had a significant ( $p < 0.05$ ) decrease. This was the first study on blood parameters of *O. niger* in Amazon and the results may be used for comparison in others studies about this fish species.

**Key words:** Hemoglobin; infections; leukocytes; blood; parasites

---

**Artigo Científico:** Recebido em 07/09/2010 – Aprovado em 20/02/2011

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Saúde e Biotecnologia (ISB). Coari – AM - Brasil

<sup>2</sup> Embrapa Amapá, Laboratório de Aquicultura e Pesca. Macapá – AP - Brasil

<sup>3</sup> Endereço/Address: Embrapa Amapá. Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, Nº 2600 - Caixa Postal: 10 - CEP: 68.903-419 - Macapá – AP - Brasil. e-mail: marcostavares@cpafap.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

Os peixes são importantes fontes de proteínas para alimentação, para o comércio e economia de populações em todo o mundo, incluindo as da Amazônia. Entre os peixes da família Doradidae, encontra-se a espécie *Oxydoras niger* Valenciennes, 1821, conhecida como cuiu-cuiu na Amazônia brasileira, e como abotoado, no Pantanal Mato-Grossense. É endêmica da América Sul (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru e Venezuela) e está distribuída pelas bacias dos rios Amazonas, São Francisco, Essequibo e Orinoco (SABAJ e FERRARIS JR, 2003). Esse Doradidae é apreciado na alimentação de algumas populações da Amazônia pela sua carne de aspecto avermelhado e saborosa.

*O. niger* é um peixe onívoro, que se alimenta de larvas de insetos e outros invertebrados, incluindo camarões e moluscos, vivendo em meio aos detritos do fundo de lagos e rios (SANTOS *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2007). Há pouco conhecimento sobre a biologia dessa importante espécie da ictiofauna da região amazônica; porém não há estudos sobre a sua fisiologia, especialmente no que se refere aos parâmetros sanguíneos.

Os estudos dos parâmetros sanguíneos dos peixes permitem o conhecimento da capacidade respiratória da espécie (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a), pela análise de seu eritrograma, e também auxiliam na compreensão de seu sistema imunológico (TAVARES-DIAS e MORAES, 2007; CAMPBELL, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a), a partir da análise quantitativa e qualitativa dos leucócitos (morfológica). Assim, parâmetros eritro-leucocitários têm sido recomendados para diagnóstico e prognóstico de condições mórbidas em populações de peixes (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS e MORAES, 2007; SHAH *et al.*, 2009) e também para avaliação de condições de estresse (CAMPBELL, 2006; DAVIS *et al.*, 2008; ARAÚJO *et al.*, 2009), tanto em animais de ambiente natural como em cativeiro.

Em ambiente natural, a maioria dos peixes está infectada por pelo menos uma espécie de parasito, mas na grande maioria dos casos, nenhum dano significativo para o hospedeiro é

identificado. Assim, há poucos estudos informando que os parasitos são a causa de mortalidade ou dano sério em populações de peixes selvagens. Esses problemas ocorrem quando o equilíbrio da relação ambiente-parasito-hospedeiro é rompido e, conseqüentemente, as infecções parasitárias podem causar alterações sanguíneas significativas em populações parasitadas (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a). Esse fato foi documentado em *Oreochomis niloticus* (TAVARES-DIAS *et al.*, 2002), *Leporinus macrocephalus* (MARTINS *et al.*, 2004; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008b), *Cyprinus* sp. e *Schizothorax* sp. (SHAH *et al.*, 2009) e *Arapaima gigas* (ARAÚJO *et al.*, 2009). Como a conservação da fauna nativa depende de estudos que aumentem o conhecimento sobre os mecanismos pelos quais os parasitos e os seus hospedeiros se relacionam, é necessário investigar os parâmetros sanguíneos de cada espécie de peixe. Assim, o presente estudo teve como objetivo descrever os parâmetros sanguíneos e as características morfológicas dos leucócitos de *Oxydoras niger* não infectados e naturalmente infectados por parasitos protozoários e metazoários.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Peixes e procedimentos de coleta*

Vinte e sete espécimes de *Oxydoras niger* foram coletados no Lago de Coari, no médio rio Solimões (AM), com auxílio de rede malhadeira (malha 55). Em seguida, procedeu-se imediatamente a coleta do sangue no local de pesca, que foi transportado em isopor contendo gelo para a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto de Saúde e Biotecnologia (Coari, AM), para análises hematológicas. No laboratório, todos os peixes foram necropsiados, para análises parasitológicas.

### *Avaliação dos parâmetros sanguíneos*

Após contenção mecânica dos peixes, de cada espécime, foi coletada uma alíquota de sangue, por punção do vaso caudal, com auxílio de seringas contendo EDTA (10%). Essas amostras de sangue foram usadas na determinação do número de eritrócitos totais, em câmara de Neubauer, concentração da hemoglobina, usando reagente de

Drabkin, e leitura em espectrofotômetro em 540 nm de absorvância, e do hematócrito, pelo método do microhematócrito. De posse desses dados, foram calculados os índices hematimétricos de Wintrobe: volume corpuscular médio (VCM) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Parte do sangue também foi usada para confecção de extensões sanguíneas pancromicamente coradas com uma combinação de May Grünwald-Giemsa-Wright (TAVARES-DIAS e MORAES, 2003), para contagem diferencial de leucócitos em até 200 células de interesse, em cada extensão. A determinação do número de leucócitos e trombócitos totais seguiram recomendações prévias (TAVARES-DIAS e MORAES, 2007).

#### Análises parasitológicas

Todos os peixes foram pesados (g), medidos em comprimento total (cm) e examinados para verificação da presença de parasitos, após comoção cerebral. Foram realizadas, em cada peixe, avaliações macroscópicas e microscópicas minuciosas da superfície corporal, boca, olhos, opérculos e brânquias. As brânquias de cada peixe foram removidas e analisadas com auxílio de estereomicroscópio e microscópio de luz comum. Para exame parasitológico, o trato gastrointestinal foi removido e colocado em placa de Petri contendo solução de NaCl (0,65%) e examinado com auxílio de estereomicroscópio. Os parasitos encontrados foram coletados, fixados (EIRAS *et al.*, 2006), quantificados (TAVARES-DIAS *et al.*,

2001a, b) e identificados (THATCHER, 2006). Após todos estes procedimentos, foram determinadas a prevalência e intensidade de parasitos (BUSH *et al.*, 1997).

#### Parâmetros físico-químicos

A concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram determinadas usando um oxímetro digital (YSI).

#### Análise Estatística

Os dados de parâmetros sanguíneos foram submetidos ao teste *t* de Student ( $p < 0,05$ ). A carga parasitária dos parasitos de maior abundância foi correlacionada com os parâmetros sanguíneos usando a Correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

No momento da coleta dos peixes, a temperatura da água variou de 27,7 a 28,9°C, e o nível de oxigênio dissolvido, de 4,2 a 5,3 mg L<sup>-1</sup>.

Os espécimes de *O. niger* (350,0 a 1,540 g e 30,5 a 49,5 cm) estavam parasitados por *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora), *Chilodonella* sp. (Ciliophora), *Cosmetocleithrum gussevi*, *Cosmetocleithrum confusus*, *Cosmetocleithrum paroum* e *Cosmetocleithrum bulbocirrus* (Monogenoidea), *Paracavisona impudica* (Acanthocephala), *Cucullanus grandistomis* (Nematoda), Digenea e Cestoda (Tabela 1). Não foi possível quantificar separadamente, em estereomicroscópio, as espécies de monogenoideas de mesmo gênero.

**Tabela 1.** Índices parasitários de *O. niger* provenientes do médio rio Solimões, estado do Amazonas

Parasitos	Parâmetros	Peixes Examinados	Peixes Parasitados	Prevalência (%)	Intensidade Média
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>		27	1	3,7	50,0
<i>Chilodonella</i> sp.		27	1	3,7	60,0
<i>Cosmetocleithrum</i> spp.		27	19	70,3	702,1
<i>Cucullanus grandistomis</i>		27	1	3,7	9,0
<i>Paracavisona impudica</i>		27	5	18,5	32,2
Digena sp.1		27	4	14,8	6,0
Digena sp. 2		27	1	3,7	1,0
<i>Proteocephalus kuyukuyu</i>		27	1	3,7	1,0

Os valores médios dos parâmetros sanguíneos de *O. niger* não parasitados (controles) e

parasitados estão demonstrados na Tabela 2. Dos parâmetros sanguíneos analisados, somente a

concentração da hemoglobina, CHCM e número de neutrófilos aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ), enquanto o número de linfócitos reduziu.

Em *O. niger*, o estudo da correlação de Pearson dos parâmetros sanguíneos com a intensidade de Monogoneia, os parasitos de maior abundância, não mostrou significância (Tabela 3).

**Tabela 2.** Parâmetros sanguíneos de *O. niger* parasitados por protozoários e metazoários. Valores médios com mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste *t* ( $p < 0,05$ ). Leucócitos Granular PAS-Positivos (LG-PAS)

Parâmetros	Não-Parasitados (n = 8)	Parasitados (n = 19)
Eritrócitos ( $\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ )	2,569 $\pm$ 0,741a	2,142 $\pm$ 0,723a
Hemoglobina (g dL <sup>-1</sup> )	9,2 $\pm$ 2,2b	11,4 $\pm$ 2,6a
Hematócrito (%)	34,8 $\pm$ 7,6a	32,9 $\pm$ 6,0a
VCM (fL)	144,2 $\pm$ 44,8a	163,8 $\pm$ 39,7a
CHCM (g dL <sup>-1</sup> )	26,9 $\pm$ 6,3b	36,2 $\pm$ 11,0a
Trombócitos ( $\mu\text{L}$ )	55228 $\pm$ 31463a	43926 $\pm$ 27618a
Leucócitos ( $\mu\text{L}$ )	49439 $\pm$ 30663a	43999 $\pm$ 30506a
Linfócitos ( $\mu\text{L}$ )	39642 $\pm$ 27105a	22022 $\pm$ 21177b
Monócitos ( $\mu\text{L}$ )	1755 $\pm$ 1485a	1010 $\pm$ 1635a
Neutrófilos ( $\mu\text{L}$ )	7243 $\pm$ 5681b	19973 $\pm$ 23476a
LG-PAS ( $\mu\text{L}$ )	326 $\pm$ 417a	313 $\pm$ 453a
Eosinófilos ( $\mu\text{L}$ )	472 $\pm$ 486a	682 $\pm$ 1090a

**Tabela 3.** Correlação de Pearson entre a intensidade de Monogonea e os parâmetros sanguíneos de *O. niger* provenientes do médio rio Solimões, estado do Amazonas. Valores de *p* sem asterisco não indicam significância ( $p > 0,05$ )

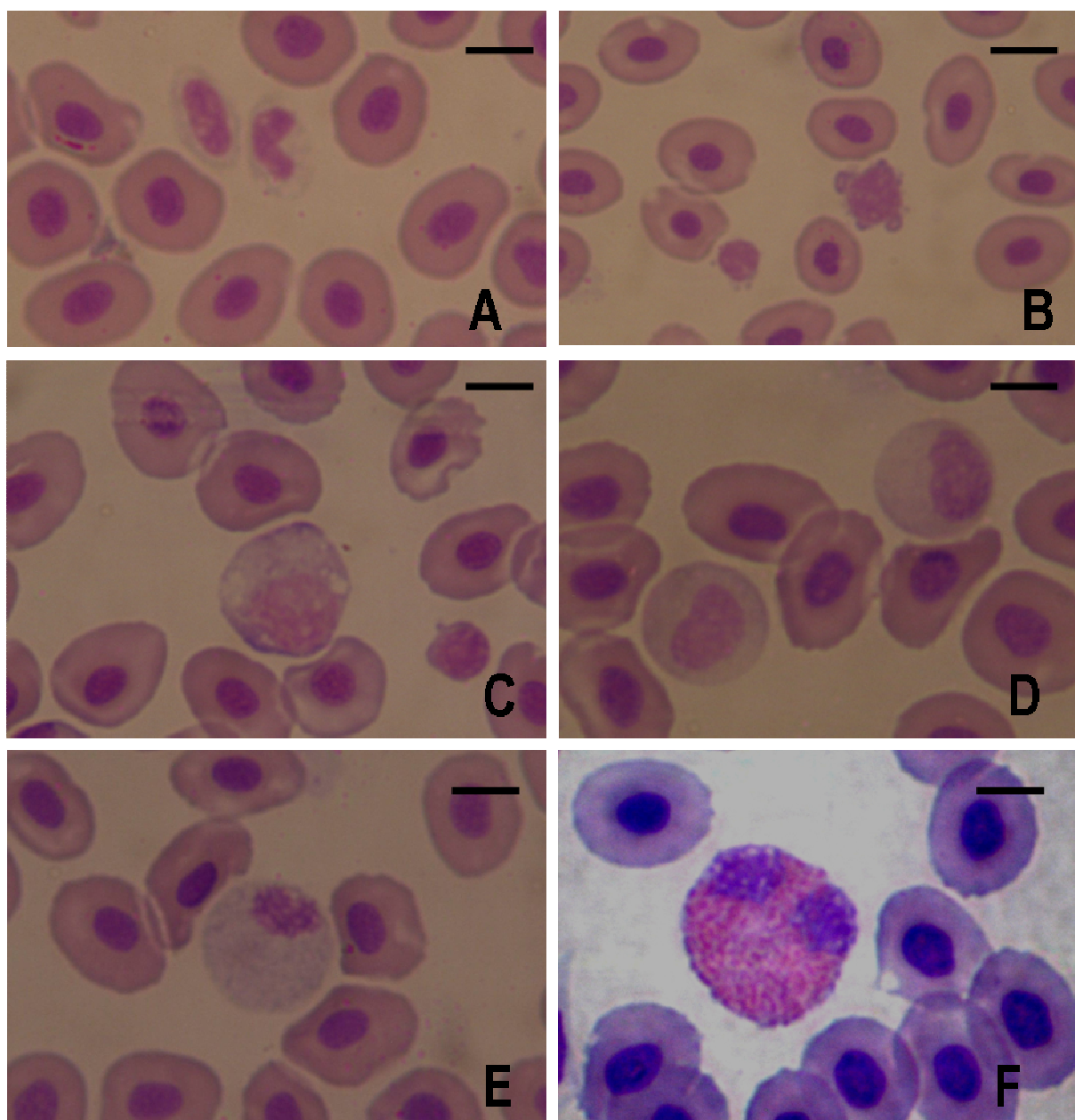
Parâmetros	Coefficiente de Correlação ( <i>r</i> )	<i>p</i>
Eritrócitos ( $\times 10^6 \mu\text{L}^{-1}$ )	0,0990	0,686
Hemoglobina (g dL <sup>-1</sup> )	-0,1580	0,518
Hematócrito (%)	-0,1180	0,629
VCM (fL)	-0,3560	0,134
CHCM (g dL <sup>-1</sup> )	0,0130	0,958
Trombócitos ( $\mu\text{L}$ )	-0,0004	0,999
Leucócitos ( $\mu\text{L}$ )	-0,1250	0,610
Linfócitos ( $\mu\text{L}$ )	0,1640	0,503
Monócitos ( $\mu\text{L}$ )	0,2370	0,328
Neutrófilos ( $\mu\text{L}$ )	-0,0608	0,805
LG-PAS ( $\mu\text{L}$ )	0,0485	0,844
Eosinófilos ( $\mu\text{L}$ )	0,4220	0,072

Nas extensões sanguíneas de *O. niger* controles e parasitados, além de eritrócitos e trombócitos, foram observados cinco tipos de leucócitos: linfócitos, monócitos, neutrófilos, leucócitos granular PAS-positivos (LG-PAS) e eosinófilos. Trombócitos são células fusiformes, com citoplasma hialino e sem granulações. O núcleo ocupa boa parte da célula e acompanha o seu formato (Figura 1A). Os linfócitos, em sua maioria, são arredondados, apresentam tamanho variado e citoplasma basofílico. O núcleo possui forma arredondada, sendo grande a sua relação com

citoplasma e não evidencia granulações (Figura 1B). Os monócitos são células maiores que os linfócitos, têm formato esférico e citoplasma basofílico que apresenta ou não vacúolos. Em geral, o núcleo é arredondado (Figura 1C) e ocasionalmente apresenta forma de ferradura. Neutrófilos são células com citoplasma rico em granulações neutrofilicas finas, com núcleo geralmente na forma de bastonete (Figura 1D) e raramente na forma segmentada. Os LG-PAS possuem citoplasma rico em granulações transparentes grosseiras, com núcleo pequeno, em geral periférico (Figura 1E). Os

eosinófilos são células com citoplasma contendo granulações eosinofílicas em quantidade variável e

o núcleo tem forma de bastonete (Figura 1F), em sua maioria.



**Figura 1A-F.** Células sanguíneas de *O. niger* da bacia do rio Solimões (AM) coradas com a combinação May Grünwald-Giemsa-Wright. (A) Trombócitos. (B) Linfócitos. (C) Monócito. (D) Neutrófilos. (E) LG-PAS. (F) Eosinófilo. Barra de escala = 7,0  $\mu\text{m}$

## DISCUSSÃO

*Parâmetros sanguíneos de O. niger* controles não-parasitados

A conservação da ictiofauna nativa depende de estudos que aumentem os conhecimentos

sobre a biologia das espécies, principalmente os peixes da Amazônia que, condicionados à flutuação dos níveis da água, algumas espécies desenvolveram estratégias fisiológicas adaptativas (VAL e ALMEIDA-VAL, 1995; ARIDE *et al.*, 2007). Essas populações naturais

podem refletir comportamentos fisiológicos distintos, relacionados às possíveis estratégias fisiológicas que, dificilmente, podem ser identificadas em peixes provenientes de regiões impactadas ou mantidos em confinamento. Assim, é necessário conhecer os parâmetros sanguíneos para cada espécie de peixe, principalmente para as espécies amazônicas, as quais têm sido ainda pouco estudadas.

Em *O. niger* provenientes do Lago Coari, região do médio Rio Solimões (AM), os valores de hematócrito, contagem de eritrócitos totais, concentração de hemoglobina, VCM e CHCM foram similares aos descritos para *Prochilodus nigricans* (VAL *et al.*, 1992) da Ilha da Marchantaria, Rio Solimões/AM. Porém, a contagem de eritrócitos foi maior que de *Prochilodus lineatus* do rio Paraná (SOARES *et al.*, 1994), enquanto o hematócrito foi similar. Peixes vivendo em ambiente com menor nível de oxigênio podem apresentar maior quantidade de eritrócitos circulantes e concentração de hemoglobina (SOARES *et al.*, 1994; TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a). Apesar de *O. niger*, *P. nigricans* e *P. lineatus* serem espécies ecologicamente similares, vivendo no fundo de lagos e rios, onde se alimentam junto aos detritos, *O. niger* se alimenta também de larvas de insetos, camarões e moluscos que vivem nesse meio (SANTOS *et al.*, 2006; SOARES *et al.*, 2007). Além disso, há variação desses parâmetros entre as diferentes espécies (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; JERÔNIMO *et al.*, 2009) e durante o ciclo biológico (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004).

Em *O. niger*, o número de trombócitos totais variou de 30.740 a 12.1720  $\mu\text{L}^{-1}$  e leucócitos totais, de 26.100 a 11.2770  $\mu\text{L}^{-1}$  de sangue. Monócitos e LG-PAS foram os leucócitos com menor variação. Linfócitos foram a maioria dos leucócitos no sangue desse peixe, mas entre os granulócitos, neutrófilos foram os mais frequentes. A contagem de trombócitos pode indicar desequilíbrio hemostático (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS e OLIVEIRA, 2009). Além disso, o envolvimento destas células no sistema de defesa dos peixes teleósteos tem sido também discutido (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; TAVARES-DIAS *et al.*, 2007).

As características morfológicas dos leucócitos de peixes teleósteos variam relativamente pouco de espécie para espécie (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004). Porém, alguns peixes não possuem heterófilos, LG-PAS (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004), eosinófilos e/ou basófilos (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; CAMPBELL, 2006). Em *O. niger* foram encontrados linfócitos, monócitos, neutrófilos, LG-PAS e eosinófilos, com características morfológicas similares a diversas outras espécies de teleósteos da literatura (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; JERÔNIMO *et al.*, 2009).

Eosinófilos e LG-PAS foram os leucócitos com menor frequência no sangue periférico de *O. niger*, a exemplo de outros peixes de água doce (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; CAMPBELL, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a; JERÔNIMO *et al.*, 2009). Porém, linfócitos e neutrófilos representaram 94,2% dos leucócitos sanguíneos desse peixe não-parasitado, a semelhança do está relatado para vários outros peixes de diferentes famílias (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; CAMPBELL, 2006; JERÔNIMO *et al.*, 2009). Em *O. niger*, o número de leucócitos totais, eosinófilos e LG-PAS foram similares aos de *Pimelodus maculatus* (JERÔNIMO *et al.*, 2009). Por outro lado, o número de leucócitos totais, linfócitos e neutrófilos foi maior que o descrito para *P. lineatus* e *L. macrocephalus* (TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a), enquanto o número de monócitos e eosinófilos foi similar. Contudo, essas variações interespecíficas se devem às diferentes condições ecofisiológicas (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; CAMPBELL, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a) e características imunológicas peculiares de cada espécie de peixe (TAVARES-DIAS e MORAES, 2007; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008a).

Esses foram os primeiros resultados de parâmetros hematológicos de *O. niger* não-parasitados e poderão servir de comparação para outros estudos com essa espécie quando em outros ambientes.

#### *Efeitos do parasitismo em parâmetros sanguíneos de O. niger*

Na natureza, os peixes albergam, em geral, pelo menos uma espécie de parasito e que, raramente são fatais quando sua abundância é mantida controlada pelo sistema imunológico do

hospedeiro (TAVARES-DIAS e MORAES, 2004; PAVANELLI *et al.*, 2008). O conhecimento da relação parasito-hospedeiro, das estratégias usadas pelos parasitos, bem como das condições fisiológicas dos hospedeiros poderá auxiliar no estabelecimento de possíveis métodos de controle da abundância parasitária, que é de grande relevância principalmente, para uso em peixes de criação, onde a ação dos parasitos é inevitável e, às vezes, devastadora.

Em *O. niger* (n = 19) infectados pelos protozoários *I. multifiliis* e *Chilodonella* sp. e metazoários *Cosmetocleithrum* spp., *P. impudica*, *C. grandistomis*, Digenea e Cestoda houve aumento nos níveis de hemoglobina e o CHCM quando comparados aos peixes não parasitados (n = 8). Esses resultados são similares aos descritos para pirarucus *A. gigas* infectados por *Dawestrema cycloancistroides* e *D. cicloancistrum* (ARAÚJO *et al.*, 2009). Por outro lado, em *O. niloticus*, protozoários (*Trichodina* sp. e *Epistylis* sp.) e metazoários (monogenóideas, crustáceos *Lamproglena* sp. e *Argulus* sp.) causaram redução do número de eritrócitos totais (GHIRALDELLI *et al.*, 2006). Porém, em *Rhamdia sapo* (VANOTTI e TANZOLA, 2005), *O. niloticus* (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2005), *Piaractus mesopotamicus* e *Leporinus macrocephalus* (TAVARES-DIAS *et al.*, 2008b), também parasitados por protozoários e metazoários, não foi relatado qualquer alteração significativa nos parâmetros eritrocitários.

Em geral, durante infecções parasitárias elevadas, alterações no quadro eritrocitário são observadas, mas nos casos de infecções moderadas ou baixas, tais alterações podem, não necessariamente, serem mensuráveis nos peixes hospedeiros. SHAH *et al.* (2009) relataram que *Cyprinus* sp. e *Schizothorax* sp. apresentaram grave anemia relacionada à intensidade de cestóides, trematóides e acantocéfalos intestinais. Por outro, baixo parasitismo por *Goezia leporini* também provocou severa anemia microcítica-hipocrômica em *L. macrocephalus* (MARTINS *et al.*, 2004), devido à forma de ação e patogenicidade deste nematóide. Contudo, em *O. niger*, os níveis de infecções variaram de baixo a moderado e não houve qualquer sinal de anemia, apesar da diversidade de parasitos encontrados.

Para *O. niger*, a associação de parasitos protozoários e metazoários causou diminuição do número de linfócitos acompanhada de aumento do número de neutrófilos. Similarmente, redução no percentual de linfócitos e aumento no percentual de neutrófilos foi descrita em *L. macrocephalus* infectados pelo Nematoda *Goezia leporini* (MARTINS *et al.*, 2004) e em *O. niloticus* parasitados por protozoários e metazoários (GHIRALDELLI *et al.*, 2006). Porém, foi relatada eosinofilia em *Cyprinus* sp. e *Schizothorax* sp., em função da intensidade de endohelmintos cestóides, trematóides e acantocéfalos (SHAH *et al.*, 2009), pois a presença desses parasitos no intestino provoca alterações degenerativas nesse órgão (CAMPOS *et al.*, 2009). Por outro lado, em *R. sapo* (VANOTTI e TANZOLA, 2005) e *O. niloticus* (RANZANI-PAIVA *et al.*, 2005), infecções por protozoários e metazoários não causaram qualquer alteração na quantidade de leucócitos sanguíneos.

Em vertebrados, os linfócitos são leucócitos envolvidos em uma variedade de funções imunológicas, tais como a produção de imunoglobulinas e modulação da defesa. Os neutrófilos são os primeiros leucócitos fagocíticos em resposta a infecções (DAVIS *et al.*, 2008). Em peixes, aumento do número de neutrófilos tem sido relacionado a doenças e, algumas vezes, podem estar associados a uma diminuição do número de linfócitos (CAMPBELL, 2006; TAVARES-DIAS *et al.*, 2008b; DAVIS *et al.*, 2008), dependendo do estágio da infecção parasitária (TAVARES-DIAS *et al.*, 2008b) e dos efeitos do estresse (DAVIS *et al.*, 2008). Os neutrófilos também participam da resposta inflamatória, porém, nem sempre são fagocíticos e pouco se conhece sobre os mecanismos de morte intracelular e digestão de microorganismos fagocitados (CAMPBELL, 2006). Assim, em *O. niger*, é apropriado considerar as funções de leucócitos semelhantes aquelas de vertebrados mais recentes, uma vez que as infecções, por protozoários e metazoários, causaram diminuição do número de linfócitos e aumento do número de neutrófilos circulantes.

Nos peixes, parece haver uma resposta sanguínea distinta para as diferentes espécies de parasitos e que está relacionada à patogenicidade e intensidade parasitária, bem como a resposta

diferenciada dos hospedeiros a esses parasitos. Assim, os estudos dos distúrbios sanguíneos em peixes infectados são imprescindíveis para compreensão dessas enfermidades, visto que já são amplamente conhecidos na hematologia clínica de mamíferos e animais domésticos. Somente a partir do amplo conhecimento dos distúrbios qualitativos e quantitativos, bem como da intensidade parasitária e forma de ação dos parasitos, é que se poderá inferir na evolução dos processos patológicos nos peixes. Essas informações poderão ser usadas, então, para avaliar e controlar o estado fisiológico de determinado peixe, padronizando condições ideais para o seu cultivo, quando desejado.

#### AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela bolsa de PIBIC concedida ao primeiro autor e pela Bolsa Produtividade para M. Tavares-Dias (Processo: 300472/2008-0).

#### REFERÊNCIAS

- ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. 2007 Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research*, Oxford, 38: 588-594.
- ARAÚJO, C.S.O.; TAVARES-DIAS, M.; GOMES, A.L.S.; ANDRADE, S.M.S.; LEMOS, J.R.G.; OLIVEIRA, A.T.; CRUZ, W.R.; AFFONSO, E.G. 2009 Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: TAVARES-DIAS, M. (Org). *Manejo e sanidade de peixes em cultivo*. Macapá: Embrapa Amapá. p. 389-424.
- BUSH, A.O.; LAFFERTY, K.D.; LOTZ, J.M.; SHOSTAK, W. 1997 Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *The Journal of Parasitology*, New York, 83: 575-583.
- CAMPBELL, T.W. 2006 Hematologia de peixes. In: THRALL, M.A.; BACKER, D.C.; CAMPBELL, T.W.; DeNICOLA, D.; FETTMAN, M.J.; LASSEN, E.D.; REBAR, A.; WEISER, G. (Eds.) *Hematologia e bioquímica clínica veterinária*. Roca: São Paulo. p. 265-276.
- CAMPOS, C.M.; MORAES, J.R.E.; MORAES, F.R. 2009 Histopatologia do intestino de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Osteichthyes, Pimelodidae) parasitados com cestodas proteocefalídeos e nematodas. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 35: 153-158.
- DAVIS, A.K.; MANEY, D.L.; MAERZ, J.C. 2008 The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecology*, Oxford, 22: 760-772.
- EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. 2006 *Métodos de estudo e técnicas laboratoriais em parasitologia de peixes*. 2ª Ed. Maringá: EDUEM. 199p.
- GHIRALDELLI, L.; MARTINS, L.M.; YAMASHITA, M.M.; JERONIMO, G.T. 2006 Ectoparasites on the haematological parameters of Nile tilapia and carp culture in the State of Santa Catarina South Brazil. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Faisalabad, 1: 270-276.
- JERÔNIMO, G.T.; MARTINS, M.L.; BACHMANN, F.; GREINERT-GOULART, J.A.; SCHIMITT-JÚNIOR, A.A.; GHIRALDELLI, L. 2009 Hematological parameters of *Pimelodus maculatus* (Osteichthyes: Pimelodiade) from polluted and non-polluted sites in the Itajaí-Açu river, Santa Catarina State, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 31: 179-183.
- MARTINS, M.L.; TAVARES-DIAS, M.; FUJIMOTO, R.Y.; ONAKA, E.M.; NOMURA, D.T. 2004 Haematological alterations of *Leporinus macrocephalus* (Osteichthyes: Anostomidae) naturally infected by *Goezia leporini* (Nematoda: Anisakidae) in fish pond. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 56: 640-646.
- PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. 2008 *Doenças de peixes: Profilaxia, diagnóstico e tratamento*. 3ª Ed. Maringá: EDUEM. 311p.
- RANZANI-PAIVA, M.J.T.; FELIZARDO, N.N.; LUQUE, J.L. 2005 Parasitological and hematological analysis of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757 from Guarapiranga reservoir, São Paulo State,



- Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 27: 231-237.
- SABAJ, M.H. e FERRARIS JR, M.H. 2003 Family Doradidae. In: REIS, E.R.; KULLANDER, S.O.; FERRARIS JR, C.J. (Org.). *Check lists the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCRS: Porto Alegre. p.456-469.
- SANTOS, G.; FERREIRA, E.; ZUANON, J. 2006 *Peixes comerciais de Manaus*. Manaus: Ibama/AM, Provárzea. 144p.
- SHAH, A.W.; PARVEEN, M.; MIR, S.H.; SARWAR, S.G.; YOUSUF, A.R. 2009 Impact of helminth parasitism on fish haematology of Anchar Lake, Kashmir. *Pakistan Journal of Nutrition*, Faisalabad, 8: 42-45,
- SOARES, M.G.M.; COSTA, E.L.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K; ANJOS, H.D.B; YAMAMOTO, K.C.; FREITAS, C.E.C. 2007 *Peixes de lagos do médio rio Solimões*. Manaus: EADU. 105p.
- SOARES, T.R.S.; SATAKE, T.; LOPES, R.A.; BRENTGANI, L.G.; BAHLS, A.S.; WATANABE, I.; MARZOCCHI, C.M. 1994 Estudo hematológico de peixes brasileiros. XXII. Parâmetros hematológicos do curimatã *Prochilodus lineatus* (*P. scrofa*) Valenciennes, 1836 (Pisces, Prochilodontidae), capturado no rio Paraná, PR, Brasil. *Revista da Escola de Farmácia de Alfenas*, Alfenas, 16: 39-43.
- TAVARES-DIAS, M. e MORAES, F.R. 2003 Características hematológicas da *Tilapia rendalli* Boulenger, 1896 (Osteichthyes: Cichlidae) capturada em "pesque-pague" de Franca, São Paulo, Brasil. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 19: 103-110.
- TAVARES-DIAS, M. e MORAES, F.R. 2004 *Hematologia de peixes teleosteos*. Ribeirão Preto: Villimpress. 144p.
- TAVARES-DIAS, M. e MORAES, F.R. 2007 Leukocyte and thrombocyte reference values catfish (*Ictalurus punctatus* Raf), with an assessment of morphologic, cytochemical, and ultrastructural features. *Veterinary Clinical Pathology*, Madison, 36: 49-54.
- TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M.L.; MORAES, F.R. 2001a Fauna parasitária de peixes oriundos de pesque-pagues do município de Franca, São Paulo, Brasil. I. Protozoários. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 8: 67-79.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R.; MARTINS, M.L.; KRONKA, S.N. 2001b Fauna parasitária de peixes oriundos de pesque-pagues do município de Franca, São Paulo, Brasil. II. Metazoários. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, 8: 81-95.
- TAVARES-DIAS, M; RODRIGUES; C.A.P.; MORAES; F.R.; MARTINS, M.L.; SANTANA, A.E. 2002 Haematological changes in *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes: Cichlidae) with gill ichthyophthiriasis and saprolegniosis. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 28: 1-9.
- TAVARES-DIAS, M.; ONO, E.A.; PILARSKI, F.; MORAES, F. JR. 2007 Can thrombocytes participate in the removal of cellular debris in the circulating blood of teleost fish? A cytochemical study and ultrastructural analysis. *Journal of Applied Ichthyology*, Oxford, 23: 709-712.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R.; IMOTO, M.E. 2008a Hematological parameters in two neotropical freshwater teleost, *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae) and *Prochilodus lineatus* (Prochilodontidae). *Bioscience Journal*, Uberlândia, 24: 96-101.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R.; MARTINS, M.L. 2008b Hematological assessment in four Brazilian teleost fish with parasitic infections, collected in feefishing from Franca, São Paulo, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 34: 189-196.
- TAVARES-DIAS, M. e OLIVEIRA, S.R. 2009 A review of the coagulation system of fish. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 7: 205-224.
- THATCHER, V.E. 2006 *Amazon fish parasites*. 2<sup>th</sup> ed. Sofia-Moscow: Pensoft Publishers. 508p.
- VAL, A.L.; AFFONSO, E.G.; ALMEIDA-VAL, V.M.F. 1992 Adaptive features of Amazon fishes: blood characteristics of curimatã (*Prochilodus nigricans*, Osteichthyes). *Physiology Review*, Bethesda, 65: 832-843.
- VAL, A.L. e ALMEIDA-VAL, V.M.F. 1995 *Fishes of the Amazon and their environment: physiological*

*and biochemical aspects*. Germany: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 224p.

- VANOTTI, M.D. e TANZOLA, R.D. 2005  
Relación entre la carga parasitaria total y algunos parámetros hematológicos de *Rhamdia sapo* Val. (Pisces) en condiciones naturales. *Biología Acuática*, Tucuman, 22: 249-258.