

Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*

Leonardo Susumu Takahashi^{1*}, Janessa Sampaio de Abreu², Jaqueline Dalbello Biller¹ e Elisabeth Criscuolo Urbinati²

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. ²Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: takahashileo@yahoo.com.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi avaliar a recuperação das respostas fisiológicas de estresse após transporte de pacus em diferentes condições de estocagem. Após transporte por 2h30min, os peixes foram transferidos para tanque de terra ou para caixas de polietileno em laboratório. Houve significativa redução dos valores de cortisol observados na chegada 24 horas depois, nas duas condições de estocagem, enquanto a concentração de glicose caiu significativamente 72 horas depois nos peixes estocados no tanque de terra e 120 horas nos peixes estocados no laboratório. A osmolalidade, sódio, potássio e cloreto sugerem um retorno à homeostase durante o período de recuperação, principalmente nos peixes no tanque de terra. Os parâmetros hematológicos, sem efeito da condição de estocagem, não se caracterizaram indicadores sensíveis. Após o transporte, uma prática de manejo que causa estresse em peixes, o retorno às condições normais foi favorecido quando os pacus foram estocados em tanque de terra.

Palavras-chave: transporte, peixe, estresse, estocagem.

ABSTRACT. Effect of post-transport environment on the stress indicators recovery of pacu juveniles, *Piaractus mesopotamicus*. The aim of this work was to evaluate the recovery of physiological stress responses after the transport of pacu juveniles in different stocking conditions. After being transported for 2 h30min, fish were transferred to earthen ponds or indoor polyethylene boxes. There was a significant reduction of cortisol values registered at fish arrival, 24 hours after, in both stocking conditions. The glucose concentration reduced significantly 72 hours after in fish stocked in earthen ponds, and 120 hours in fish stocked indoor. Osmolality, sodium, potassium and chloride behavior suggested the re-establishment of the homeostasis during the recovery period, mainly in fish kept in the earthen ponds. Concerning the hematological parameters, only hemoglobin concentration reduced significantly in the recovery period, without effect of stocking condition, which does not characterize feasible indicators. After transport, a management procedure that causes stress in fish, the recovery of the basal condition was favored when pacu were stocked in earthen ponds.

Key words: transport, fish, stress, stocking.

Introdução

A preocupação com as consequências do estresse na piscicultura, pelos efeitos negativos na produção, tem aumentado consideravelmente nos últimos anos. O estresse pode ser entendido como a reação biológica do peixe a estímulos ameaçadores, a qual pode variar de acordo com a severidade e duração do estímulo, bem como com a genética e a domesticação dos animais. Sendo assim, captura, manuseio, confinamento, transporte e anestesia são componentes das práticas laboratoriais e de campo na aquicultura que podem estressar os peixes. É importante estabelecer a natureza e o perfil da

resposta de estresse, para que as práticas de cultivo possam ser manejadas e os efeitos do estresse minimizados, mesmo quando nenhuma mortalidade é observada (Urbinati e Carneiro, 2004).

O transporte é um manejo inevitável no processo produtivo, embora seja considerado um procedimento traumático que expõe os peixes a uma série de estímulos que desencadeiam respostas fisiológicas de adaptação (Iversen *et al.*, 1998; Urbinati e Carneiro, 2004). Devido à grande importância do transporte na piscicultura, protocolos para redução do estresse têm sido estudados, entre os quais a redução da temperatura

da água (Melo e Ceccarelli, 1996) e metabólitos tóxicos (Jensen, 1990), a adição de sais (Wurts, 1995; Carneiro e Urbinati, 2001; Carneiro et al., 2002a; Gomes et al., 2003a), o uso de anestésicos (Carneiro et al., 2002b), a manipulação da densidade e tempo de transporte (Staurnes et al., 1994; Carneiro e Urbinati, 2002; Urbinati et al., 2004) e aeração (Jensen, 1990).

As respostas de estresse dividem-se em três categorias: primária, secundária e terciária. As primárias são as hormonais, em geral catecolaminas e cortisol, as secundárias são as mudanças em parâmetros como glicose e íons no sangue e parâmetros hematológicos, e as terciárias relacionam-se ao comprometimento do crescimento e da reprodução, às mudanças no comportamento e ao aumento da susceptibilidade a doenças (Wendelaar Bonga, 1997).

A preocupação com os efeitos do estresse no cultivo de espécies nativas tem resultado em pesquisas com o matrinxã, *Brycon cephalus* (Carneiro e Urbinati, 2001; 2002; Carneiro et al., 2002a; Ide et al., 2003; Rocha et al., 2004; Urbinati et al., 2004), o jundiá, *Rhamdia quelen* (Barcellos et al., 2001; 2003; 2004), o tambaqui, *Colossoma macropomum* (Affonso et al., 2002; Gomes et al., 2003a; 2003c) e o pirarucu, *Arapaima gigas* (Gomes et al., 2003b). O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é uma espécie pertencente à subfamília Myleinae que inclui peixes considerados de grande potencial para a piscicultura, principalmente na região Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, pela excelência de sua carne e importância na pesca comercial em suas regiões de origem, além do potencial zootécnico e rusticidade (Queiroz et al., 2005). Entretanto, poucos estudos foram realizados sobre seu comportamento em relação ao estresse, inclusive durante o transporte (Krieger-Azzolini et al., 1989; Melo e Cecarelli, 1996). Com base no exposto, é de grande importância verificar as respostas fisiológicas dessa espécie submetida ao estresse de transporte através de parâmetros utilizados em outras espécies de peixes e o efeito do ambiente de estocagem na recuperação da homeostase.

Material e métodos

Pacus juvenis ($27,8 \pm 0,9$ g), provenientes da piscicultura Águas Claras, em Mococa, Estado de São Paulo, foram capturados dos tanques de alevinagem e transferidos para tanques de 1000 L com fluxo de água e aeração constantes, onde permaneceram em jejum de 24 horas. Depois disso, foram embalados em sacos de polietileno (80 L com

20 L de água), na densidade de 70 peixes/saco ($n=13$), os quais foram inflados com oxigênio puro, amarrados com tiras de borracha e acondicionados em caixas de papelão. O transporte, realizado em caminhonete, durou 2 horas e trinta minutos, percorrendo aproximadamente 185 km de rodovia.

Após o transporte, os peixes de cinco sacos foram transferidos para um tanque de terra de 150 m², com fluxo de água contínuo, e os peixes dos oito sacos restantes foram transferidos para 24 caixas de polietileno de 100 L, instaladas em um laboratório com fluxo de água e aeração contínua e iluminação artificial (12hC:12hE). Antes da transferência, oito peixes foram aleatoriamente retirados dos sacos de transporte (chegada) para pesagem e coleta de sangue. Os parâmetros físico-químicos da água, como temperatura, oxigênio dissolvido (YSI 55, Yellow Springs, OH, USA), pH (YSI 63, Yellow Springs, OH, USA) e amônia total (reativo de Nessler) foram monitorados durante o período experimental (nos sacos, na chegada e no tanque de terra e caixas de polietileno, durante o período de recuperação).

Vinte e quatro, 72, 120 e 168 horas após a chegada, oito peixes do tanque de terra e oito das caixas foram anestesiados (benzocaína, 70 mg L⁻¹ de água) e o sangue retirado por punção de vasos caudais com seringas com e sem heparina. Do sangue centrifugado (533x g por 10min a 10°C), separaram-se plasma e soro que foram armazenados a -20°C até a realização das análises. No sangue total heparinizado, determinaram-se a concentração de glicose (King e Garner, 1947) e hemoglobina, hematócrito, número total de eritrócitos e volume corpuscular médio (Celm CC-550). No plasma, determinaram-se a osmolalidade (osmômetro Wescor Mod. 505) e concentração de cloreto (kit Labtest) e no soro a concentração de cortisol (radioimunoensaio, kit Coat-a-Count, Diagnostic Products, CA, USA), sódio, potássio e cálcio (seletor de íons Iselab Drake).

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e a condição inicial (chegada) em esquema fatorial 4 x 2 + 1, composto por 4 amostragens (24, 72, 120 e 168 horas após a chegada), 2 condições de estocagem pós-transporte (tanque de terra e caixas de polietileno) e a condição inicial (chegada). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($p=0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS, versão 8.2 (SAS Institute).

Resultados e discussão

Não foi observada mortalidade durante o período experimental. Os parâmetros de qualidade de água apresentados na Tabela 1 estiveram abaixo das concentrações consideradas críticas para algumas espécies durante o transporte (Grottum *et al.*, 1997; Erikson *et al.*, 1997; Golombieski *et al.*, 2003), permanecendo dentro de faixa adequada para o cultivo nas condições pós-transporte (Boyd, 1979).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água na chegada do transporte, no tanque e nas caixas de polietileno ⁽¹⁾.

Table 1. Physical-chemical water parameters at arrival, on earth ponds and on plastic tanks ⁽¹⁾.

	Chegada	Tanque	Caixas
O ₂ , mg L ⁻¹	8,85 ± 0,58	9,81 ± 0,58	6,55 ± 0,29
Temperatura, °C	25,88 ± 0,05	27,64 ± 0,41	29,43 ± 0,10
pH	6,30 ± 0,08	8,17 ± 0,10	7,54 ± 0,07
NH ₄ , mg L ⁻¹	1,10 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01

⁽¹⁾ Valores são médias ± EP das amostragens.

⁽¹⁾ Values are means ± SEM of samplings.

Os diferentes tipos de estressores presentes no processo produtivo, entre eles o transporte, são capazes de provocar nos peixes respostas fisiológicas características que incluem aumento da concentração de cortisol circulante (Wendelaar Bonga, 1997; Carneiro e Urbinati, 2001; Gomes *et al.*, 2003a; Urbinati *et al.*, 2004). No presente trabalho, não foi possível registrar os valores pré-transporte do hormônio, pois os peixes vieram de piscicultura comercial e não puderam ser amostrados, mas o valor médio encontrado na chegada foi de 33,61 ng dL⁻¹. Vinte e quatro horas após o transporte, o cortisol circulante reduziu significativamente ($p < 0,01$) tanto nos peixes em tanque de terra (6,96 ng dL⁻¹) como em caixas (13,89 ng dL⁻¹), a maior redução ocorreu no grupo mantido em tanque de terra, mas sem diferença significativa (Figura 1). Os valores encontrados nos peixes nas duas condições de estocagem permaneceram sem diferença estatística nas amostragens posteriores (16,72 e 11,32 ng dL⁻¹, às 72 horas, 11,67 e 15,38 ng dL⁻¹, às 120 horas e 5,48 e 15,45 ng dL⁻¹, às 168 horas, nos peixes do tanque de terra e caixas, respectivamente).

O perfil de resposta do cortisol pode variar em uma mesma espécie, diferindo devido ao tamanho, idade e linhagens, e também devido à severidade, duração do estresse e procedimentos experimentais adotados (Urbinati e Carneiro, 2004). Do mesmo modo, o perfil de recuperação pode variar entre as espécies e tende a ser relacionado com a severidade e tipo de estresse e condições experimentais (Barton e Iwama, 1991; Iversen *et al.*, 1998; Acerete *et al.*, 2004). Em peixes como matrinxãs adultos (Carneiro e Urbinati, 2001; 2002) e juvenis (Urbinati *et al.*, 2004), o retorno do

cortisol aos valores basais ocorreu em 24 horas, mas em outras espécies isto levou mais tempo ou não ocorreu. Em salmão (*Salmo salar*), o cortisol aumentado após o transporte não retornou às condições basais em 48 horas, embora uma progressiva diminuição tenha sido observada (Iversen *et al.*, 1998).

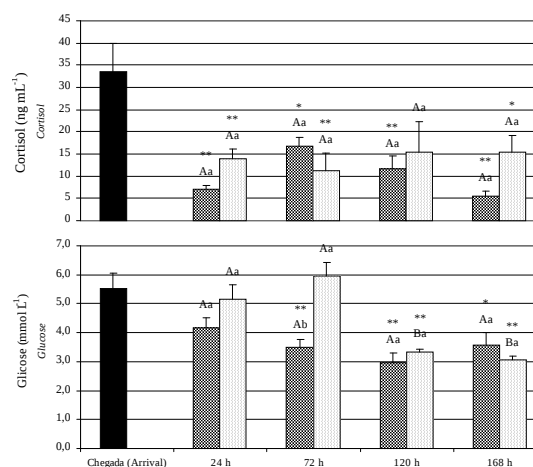


Figura 1. Concentração de cortisol e glicose sanguínea de pacus na chegada (■), 24, 72, 120 e 168h após a chegada, estocados em tanque de terra (■) ou em caixas de polietileno (□). Valores são médias ± EP (n=8). Letras maiúsculas indicam diferenças entre amostragens ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre ambientes pós-transporte ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre chegada (■) e demais tratamentos.

Figure 1. Cortisol and glucose concentration of pacu at arrival (■), 24, 72, 120 e 168h after arrival, stocked in earth ponds (■) or plastic tanks (□). Values are means ± SEM (n=8). Capital letters indicate differences among samplings ($p < 0,05$) and minuscule letters among environments after transport ($p < 0,05$). * and ** indicate differences ($p < 0,05$ and $p < 0,01$) between arrival (■) and other treatments.

No pirarucu, não foi observada nenhuma alteração significativa no cortisol até 24 horas após transporte de 6 horas (Gomes *et al.*, 2003b), mas em tambaqui, o cortisol plasmático aumentado após 3 horas de transporte, em sistema fechado, retornou aos níveis basais 96 horas depois (Gomes *et al.*, 2003a; 2003c). Já na perca (*Perca fluviatilis*), a concentração de cortisol aumentou três vezes em relação ao valor basal após o transporte e só recuperou esse valor entre 7 e 14 dias depois (Acerete *et al.*, 2004).

A mobilização de glicose em resposta ao estresse é geralmente interpretada como o suprimento de energia necessária durante situação adversa e está principalmente relacionada à liberação de catecolaminas e cortisol (Morgan e Iwama, 1997; Mommsen *et al.*, 1999). No pacu, houve progressiva diminuição na glicose circulante em relação à concentração registrada imediatamente após o transporte (5,5 mmol L⁻¹), perfil mais evidente nos peixes estocados no tanque de terra, nas amostragens

de 24 e 72 horas. A concentração de glicose dos peixes do tanque de terra caiu significativamente 72 horas após o transporte ($3,5 \text{ mmol L}^{-1}$) em comparação à chegada, enquanto que nos peixes estocados nas caixas no laboratório a redução só foi significativa 120 horas depois ($3,3 \text{ mmol L}^{-1}$) (Figura 1).

Assim como ocorre com o cortisol, as alterações na glicose circulante provocadas por um agente estressor podem variar dependendo de características como espécie, tamanho, sexo e linhagem e do estressor aplicado, como tipo, severidade e intensidade. Da mesma forma, pode variar a capacidade de retorno às condições basais quando cessa o estímulo estressor. Em pirarucu (Gomes et al., 2003b), tambaqui (Gomes et al., 2003a; 2003c) e matrinxã juvenis (Urbinati et al., 2004), ocorreu elevação da glicose sanguínea imediatamente após o transporte com retorno aos níveis basais 24 horas depois enquanto que no salmão, a glicose elevada após a captura permaneceu elevada até 48 horas após o procedimento (Iversen et al., 1998). Já em matrinxã adulto, transportado por 4 horas em caixas plásticas, a glicose sanguínea aumentada após o transporte só retornou às condições basais 96 horas depois (Carneiro e Urbinati, 2001; 2002). Na perca, a concentração de glicose aumentou moderadamente ao final do transporte, significativamente no segundo dia e retornou às concentrações basais entre o segundo e o sétimo dias (Acerete et al., 2004). A glicose circulante, e com menos evidência o cortisol, mostraram ser importantes parâmetros de avaliação do estresse no presente trabalho, evidenciando o efeito do ambiente pós-transporte na recuperação homeostática do peixe.

Durante o estresse, o peixe apresenta aumento no fluxo sanguíneo e na permeabilidade das brânquias, principalmente por ação de catecolaminas e cortisol, o que facilita o transporte de oxigênio para atender a demanda biológica dos tecidos. Entretanto, a mudança da permeabilidade branquial leva à perda de eletrólitos sanguíneos e distúrbios osmorregulatórios nos peixes de água doce (McDonald e Milligan, 1997).

A redução dos níveis séricos de sódio e cloreto, assim como alterações nos níveis de potássio e cálcio, indicam distúrbios na regulação iônica após o estresse do transporte (McDonald e Milligan, 1997). A concentração de sódio dos pacus observada no final do transporte ($131,62 \text{ mEq L}^{-1}$) sofreu aumento significativo 24 horas depois ($139,44 \text{ mEq L}^{-1}$) e não foi influenciada pelo ambiente pós-transporte (Figura 2). Do mesmo modo, a concentração de cloreto registrada no final do transporte ($118,07 \text{ mEq L}^{-1}$) aumentou significativamente 24 horas

depois ($124,13 \text{ mEq L}^{-1}$), sendo esse aumento mais pronunciado nos peixes do tanque de terra ($126,44 \text{ mEq L}^{-1}$) do que nos das caixas no laboratório ($122,34 \text{ mEq L}^{-1}$) (Figura 2). A concentração de potássio após o transporte ($7,86 \text{ mEq L}^{-1}$) reduziu significativamente 24 horas depois, independentemente da condição de estocagem (Figura 2). Já a concentração de cálcio não diferiu significativamente entre o momento da chegada e demais amostragens, sendo superior apenas nos peixes do tanque de terra ($1,04 \text{ mEq L}^{-1}$) comparado com os das caixas ($0,91 \text{ mEq L}^{-1}$) (Figura 2).

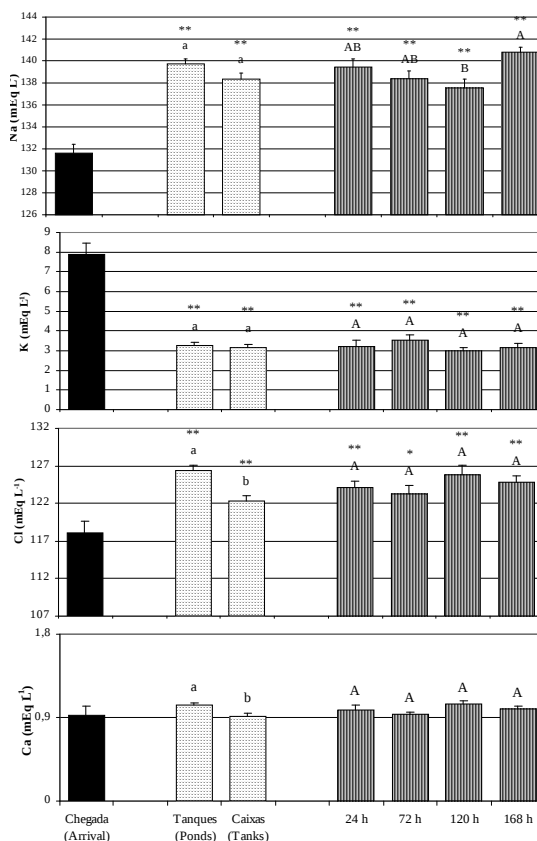


Figura 2. Concentração de sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl) e cálcio (Ca) do sangue de pacus após transporte e estocados em tanque de terra ou em caixas de polietileno. Valores são médias $\pm$ EP ($n=8$). Letras minúsculas indicam diferenças entre os ambientes pós-transporte (□) ($p<0,05$) e letras maiúsculas entre as amostragens (■) ($p<0,05$). * e ** indicam diferenças ($p<0,05$ e $p<0,01$) entre chegada (■) e demais tratamentos. Não foram encontradas diferenças significativas para a interação entre amostragens e ambientes pós-transporte.

Figure 2. Sodium (Na), potassium (K), chloride (Cl) and calcium (Ca) concentration of pacu after transport and stocked in earth ponds or plastic tanks. Values are means $\pm$ SEM ($n=8$). Minuscule letters indicate differences among environments after transport (□) ($p<0.05$) and capital letters among samplings (■) ($p<0.05$). * and ** indicate differences ($p<0.05$ and $p<0.01$) between arrival (■) and other treatments. No statistical differences were found for the interaction between samplings and environments after transport.

De acordo com Mazeaud *et al.* (1977), o principal componente do desequilíbrio iônico é o aumento na permeabilidade da membrana, que favorece a perda de cloreto e sódio para o meio externo menos concentrado, por gradiente de concentração. Como no presente trabalho, a concentração de sódio de matrinxã adulto, diminuída após transporte, retornou aos valores basais 24 horas depois. Do mesmo modo, em matrinxãs juvenis e adultos, recuperação dos valores de cloreto sanguíneo à condição pré-transporte ocorreu 24 horas depois da chegada (Carneiro e Urbinati, 2001; Urbinati *et al.*, 2004). No caso do potássio, a recuperação dos valores basais ocorreu 96 horas após o transporte (Carneiro e Urbinati, 2001). Segundo estes autores, o potássio é o principal cátion intracelular e o aumento desse íon no plasma ou soro pode ser decorrente da saída do conteúdo celular provocado pelo aumento da fragilidade das células do peixe estressado. Com relação ao cálcio, assim como neste trabalho, não foram observadas alterações na concentração desse íon no sangue de jundiá adulto submetidos a estressor agudo (Barcellos *et al.*, 2003).

O desequilíbrio eletrolítico que ocorre no estresse pode induzir mudanças na osmolalidade (McDonald e Milligan, 1997; Wendelaar Bonga, 1997). No presente estudo, a osmolalidade sanguínea registrada na chegada do transporte (aproximadamente 310 mmol L⁻¹) não se alterou até cerca de 120 horas depois (Figura 3). A diminuição desse parâmetro em comparação aos valores observados na chegada foi mais evidente nos peixes estocados em tanque de terra, a partir de 72 horas, com significância estatística 168 horas após o transporte. Nos peixes das caixas, embora tenha ocorrido uma tendência de redução da osmolalidade, ao longo do tempo não houve significância estatística nos resultados. Na perca, não se observou diferença significativa na osmolalidade da chegada do transporte até o vigésimo primeiro dia depois (Acerete *et al.*, 2004). A osmolalidade do sangue representa a quantidade de íons sódio, cloreto, potássio, cálcio, além de não íons como glicose, entre outros. A análise dos valores dessas substâncias no sangue sugere que o perfil verificado para esse parâmetro está mais relacionado às alterações ocorridas na concentração de glicose, desde que as mudanças nos níveis dos íons se equilibraram. Aumentos das concentrações de sódio e cloreto ocorreram ao mesmo tempo em que ocorria diminuição do potássio e inexpressiva alteração do cálcio.

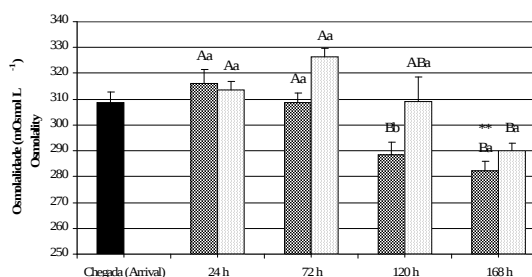


Figura 3. Osmolalidade do sangue de pacus na chegada (■), 24, 72, 120 e 168h após a chegada, estocados em tanque de terra (■) ou em caixas de polietileno (□). Valores são médias $\pm$ EP (n=8). Letras maiúsculas indicam diferenças entre amostragens ($p < 0,05$) e letras minúsculas entre ambientes pós-transporte ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre chegada (■) e demais tratamentos.

Figure 3. Blood osmolality of pacu at arrival (■), 24, 72, 120 e 168h after arrival, stocked in earth ponds (■) or plastic tanks (□). Values are means $\pm$ SEM (n=8). Capital letters indicate differences among samplings ($p < 0.05$) and minuscule letters among environments after transport ($P < 0.05$). * and ** indicate differences ($p < 0.05$ and $P < 0.01$) between arrival (■) and other treatments.

Mudanças no hematócrito durante o estresse podem indicar hemoconcentração ou hemodiluição devido ao desbalanço osmorregulatório (Morgan e Iwama, 1997). O hematócrito dos pacus na chegada foi de 29,45% sem sofrer influência da condição de estocagem pós-transporte e apresentou uma redução apenas numérica durante o período de recuperação, sem significância estatística (Figura 4). O número de eritrócitos mostrou perfil semelhante ao do hematócrito (Figura 4), o mesmo verificado em relação ao volume corpuscular médio, com o menor valor observado 168 horas após o transporte (144,80 μ^3), sem diferença significativa do valor observado na chegada (152,04 μ^3) (Figura 4). A taxa de hemoglobina também acompanhou as alterações verificadas no hematócrito. O valor registrado na chegada (10,66 g dL⁻¹) foi reduzido 120 horas depois (8,49 g dL⁻¹), sem influência da condição de estocagem pós-transporte (Figura 4).

No bacalhau (*Gadus morhua*), o hematócrito não se alterou após transporte simulado por 24 horas (Staurnes *et al.*, 1994), mas em perca, houve aumento significativo comparado à condição controle no segundo dia após a chegada do transporte, e redução a partir de então (Acerete *et al.*, 2004). Conforme os autores, o aumento do hematócrito e do número de células vermelhas pode ser reflexo da alta demanda do estresse por oxigênio. Já o aumento de volume pode representar alterações eletrolíticas e influxo de água na célula (McDonald e Milligan, 1997). No pacu, o número de eritrócitos não sofreu alterações durante as amostragens, assim como em jundiá submetido a estressores agudos e

em matrinxã juvenil transportado por 4 horas em sacos plásticos (Barcellos *et al.*, 2003; 2004; Urbinati *et al.*, 2004). Todavia em tambaqui a hipóxia promoveu elevação do número de eritrócitos (Affonso *et al.*, 2002), evidenciando a necessidade de oxigênio do peixe. Embora todos os parâmetros hematológicos tenham apresentado um comportamento similar, no presente estudo eles não mostraram alterações que os qualificassem como bons indicadores de estresse.

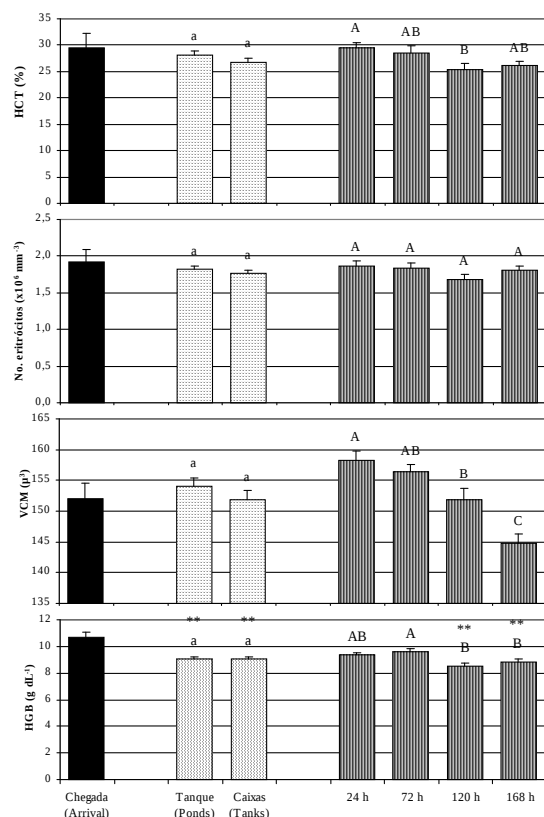


Figura 4. Hematócrito (Hct), número de eritrócitos, volume corpuscular médio (VCM) e taxa de hemoglobina (HGB) de pacus após transporte e estocados em tanque de terra ou em caixas de polietileno. Valores são médias $\pm$ EP (n=8). Letras minúsculas indicam diferenças entre ambientes pós-transporte (□) ($p < 0,05$) e letras maiúsculas entre amostragens (■) ($p < 0,05$). * e ** indicam diferenças ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) entre chegada (■) e demais tratamentos. Não foram encontradas diferenças significativas para a interação entre amostragens e ambientes pós-transporte.

Figure 4. Hematocrit (HCT), erythrocyte number (No. eritrócitos), mean corpuscular volume (VCM) and haemoglobin concentration (HGB) of pacu after transport and stocked in earth ponds or plastic tanks. Values are means $\pm$ SEM (n=8). Minuscul letters indicate differences among environments after transport (□) ($p < 0.05$) and capital letters among samplings (■) ($p < 0.05$). * and ** indicate differences ($p < 0.05$ and ($p < 0.01$) between arrival (■) and other treatments. No statistical differences were found for the interaction between samplings and environments after transport.

Conclusão

Os resultados mostram que o ambiente de estocagem influencia o perfil de recuperação dos

indicadores de estresse de pacus juvenis após o manejo de transporte, sugerindo que a estocagem dos peixes em tanques de terra acelera a retomada da homeostase orgânica. Entretanto, outros estudos devem ser realizados para avaliar mais detalhadamente as características ambientais, como os parâmetros físico-químicos da água, que podem ter influenciado na recuperação dos peixes.

Agradecimentos

Ao Sr. Martinho Colpani, da Piscicultura Águas Claras, pela doação dos peixes; a Sra. Damares Perecim Roviero, pela ajuda nas análises laboratoriais e ao Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp) pelo apoio logístico e instalações.

Referências

- ACERETE L. *et al.* Physiological responses in Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.) subjected to stress by transport and handling. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 237, p. 167-178, 2004.
- AFFONSO, E.G. *et al.* Blood parameters and metabolites in the teleost fish *Colossoma macropomum* exposed to sulfide or hypoxia. *Comp. Biochem. Physiol.*, Oxford, v. 133, p. 375-382, 2002.
- BARCELLOS, L.J.G. *et al.* Plasma levels of cortisol and glucose in response to capture and tank transference in *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard), a South American catfish. *Aquac. Res.*, Oxford, v. 32, p. 121-123, 2001.
- BARCELLOS, L.J.G. *et al.* Hematological and biochemical characteristics of male jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy e Gaimard *Pimelodidae*): changes after acute stress. *Aquac. Res.*, Oxford, v. 34, p. 1465-1469, 2003.
- BARCELLOS, L.J.G. *et al.* Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard *Pimelodidae*) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 237, p. 229-236, 2004.
- BARTON, B.A.; IWAMA, G.K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *An. Rev. Fish Dis.*, Amsterdam, v. 1, p. 3-26, 1991.
- BOYD, C. *Water quality in warmwater fish pond*. Alabama: Auburn University, 1979.
- CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Salt as a stress response mitigator of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther), during transport. *Aquac. Res.*, Oxford, v. 32, p. 297-304, 2001.
- CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. Ionic imbalance in matrinxã, *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae), submitted to different hauling densities. *Aquac. Intern.*, Netherlands, v. 10, p. 221-229, 2002.
- CARNEIRO, P.C.F. *et al.* Effect of sodium chloride on physiological responses and the gill parasite, *Piscinoodinium* sp., in matrinxã, *Brycon cephalus*, (Teleostei: Characidae) subjected to transport stress. *J. Aquac. Trop.*, New Delhi,

- v. 17, p. 337-348, 2002a.
- CARNEIRO, P.C.F. *et al.* Transport with different benzocaine concentrations and its consequences on hematological parameters and gill parasite population of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Osteichthyes, Characidae). *Acta Sci.*, Maringá, v. 24, p. 555-560, 2002b.
- ERIKSON, U. *et al.* Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 149, p. 243-252, 1997.
- GOLOMBIESKI, J.I. *et al.* Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 216, p. 95-102, 2003.
- GOMES, L.C. *et al.* Avaliação dos efeitos da adição de sal e da densidade no transporte de tambaqui. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 38, p. 283-290, 2003a.
- GOMES, L.C. *et al.* Transport of pirarucu *Arapaima gigas* juveniles in plastic bag. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 33, p. 637-642, 2003b.
- GOMES, L.C. *et al.* Effect of fish density on the stress physiological responses and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum* during transportation. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 34, p. 76-84, 2003c.
- GROTTUM, J.A. *et al.* Effect of oxygenation, aeration and pH control on water quality and survival of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), kept at high densities during transport. *Aquac. Res.*, Oxford, v. 28, p. 159-164, 1997.
- IDE, L.M. *et al.* The role of olfaction in the behavioral and physiological responses to conspecific skin extract in a teleost fish, *Brycon cephalus*. *J. Fish Biol.*, London, v. 63, p. 332-343, 2003.
- IVERSEN, M. *et al.* Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 168, p. 387-394, 1998.
- JENSEN, G. *Transportation of warmwater fish*. Equipment and Guidelines. SRAC Publication, n. 390, 1990.
- KING, E.J.; GARNER, R.J. Colorimetric determination of glucose. *J. Clin. Pathol.*, London, v. 1, p. 30-33, 1947.
- KRIEGER-AZZOLINI, M.H. *et al.* A time-course study of physiological indicators of handling stress in the tropical fish *Piaractus mesopotamicus* (Pacu). *Braz. J. Med. Biol. Res.*, Ribeirão Preto, v. 22, p. 1019-1022, 1989.
- MAZEAUD, M.M. *et al.* Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. *Trans. Am. Fish. Soc.*, Bethesda, v. 106, p. 201-212, 1977.
- MCDONALD, G.; MILLIGAN, L. Ionic, osmotic and acid-base regulation in stress. In: IWANA, G.K. *et al.* (Ed.). *Fish stress and health in aquaculture*. New York: Cambridge University Press, 1997. cap. 5, p. 119-144.
- MELO, J.S.C.; CECCARELLI, P.S. Transporte de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) vivo com utilização de gelo. *B. Téc. CEPTA*, Pirassununga, v. 9, p. 47-52, 1996.
- MOMMSEN, T.P. *et al.* Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Rev. Fish Biol. Fish.*, Dordrecht, v. 9, p. 211-268, 1999.
- MORGAN, J.D.; IWAMA, G.K. Measurements of stressed states in the field. In: IWANA, G.K. *et al.* (Ed.). *Fish stress and health in aquaculture*. New York: Cambridge University Press, 1997. cap. 10, p. 247-270.
- QUEIROZ, J.F. *et al.* Aquaculture in Brazil: research priorities and potential for further international collaboration. *World Aquac. Magaz.*, Baton Rouge, v. 36, p. 45-50, 2005.
- ROCHA, R.M. *et al.* Physiological responses associated with capture and crowding stress in matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869). *Aquac. Res.*, Oxford, v. 35, p. 245-249, 2004.
- STAURNES, M. *et al.* Physiological effects of simulated high-density transport of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, Amsterdam, v. 119, p. 381-391, 1994.
- URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Metabolic and hormonal responses of the matrinxã *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) to the stress of transport under the influence of benzocaine. *J. Aquac. Trop.*, New Delhi, v. 16, p. 75-85, 2001.
- URBINATI, E.C. *et al.* Loading and transport stress of juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*, Characidae) at avarious densities. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 229, p. 389-400, 2004.
- URBINATI, E.C.; CARNEIRO, P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J.E.P. *et al.* (Ed.). *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: TecArt; Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, 2004. p. 171-194.
- WURTS, W.A. Using salt to reduce handling stress in channel catfish. *J. World Aquacult. Soc.*, Baton Rouge, v. 56, p. 80-81, 1995.
- WENDELAAR BONGA, S.E. The stress response in fish. *Physiol. Rev.*, Bethesda, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

Received on September 22, 2005.

Accepted on November 06, 2006.