



COMPARAÇÃO DA CAPACIDADE NATATÓRIA DE PEIXES EPÍGEOS E HIPÓGEO (CHARACIDAE)

Sampaio, F.A.C

Ferreira, R.L.; Pompeu, P.S.; Santos, H.A.; Castro, M.A

Universidade Federal de Lavras, Depto. de Biologia, Programa de Pós - Graduação em Ecologia Aplicada, Campus Universitário, Lavras-MG, Brasil ; • Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET-MG, CAMPUS II, Av. Amazonas 7675 - Nova Gameleira, Belo Horizonte-MG, Brasil facsampaio@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O estudo da capacidade natatória constitui um aspecto de grande relevância para avaliar a influência de diferentes condições ambientais sobre os peixes bem como a sobrevivência destes em um sistema ecológico (Plaut, 2001). Além disso, pode auxiliar no entendimento dos fatores ecológicos relacionados ao estabelecimento de uma determinada espécie em ambientes com características hidráulicas peculiares. A capacidade natatória é um aspecto da biologia das espécies, a qual tem sido muito utilizada com o objetivo de observar as velocidades apresentadas pelos peixes e seu desempenho do nado. Por meio de um aparato hidráulico, denominado câmara de natação ou respirômetro, Brett (1964) avaliou a natação de peixes submetidos a uma determinada velocidade da água. O uso de aparatos hidráulicos possibilitou a ampliação do conhecimento de vários aspectos da natação dos peixes, tais como a determinação de faixas de velocidades, a utilização de diferentes partes do corpo envolvidas na natação e os comportamentos exibidos.

De acordo com Beamish (1978), as principais velocidades testadas nestes aparatos são as velocidades sustentável, prolongada e de explosão. A natação sustentável é aplicada para as velocidades que podem ser mantidas por longos períodos, maiores que 200 minutos, sem resultar em fadiga. A prolongada apresenta duração mais curta, de 20 segundos a 200 minutos e termina com a fadiga do peixe. A velocidade crítica, uma categoria especial da velocidade prolongada, foi definida e utilizada por Brett (1964) para determinar a máxima velocidade que o peixe poderia manter num determinado tempo. Já a velocidade de explosão, é o mais rápido movimento exibido pelos peixes, sendo estas velocidades mantidas apenas por curtos períodos, menores que 20 segundos.

A utilização dessas metodologias para a determinação de velocidades em peixes tem sido de grande importância para o entendimento das suas potenciais velocidades, da preferência de habitats de acordo com suas capaci-

dades natatórias. Além disso, permite comparações entre espécies que apresentem eventuais semelhanças ou diferenças comportamentais e adaptativas para a colonização e manutenção de seus habitats.

Considerando a ocorrência de peixes tanto em ambientes epígeos como hipógeos, e dentro destes ambientes a variedade de condições existentes, percebe - se que várias espécies são adaptadas a esses diferentes ambientes. Como exemplo, nos ambientes epígeos (de superfície) podem ser encontrados sistemas com características dinâmicas muito diferentes entre si, como os lagos, rios e riachos. Para os ambientes hipógeos (subterrâneos) esta diversidade entre sistemas também é observada, como os rios e riachos subterrâneos, os lagos na interface do nível de base e o lençol freático inserido em zonas de saturação. As variações sazonais explicam as diferenças dinâmicas entre estes sistemas, como os pulsos de inundações. Por sua vez, os peixes adaptam - se e respondem de forma diferente a estas variações. Desta forma, o conhecimento da capacidade natatória desempenhada pelas espécies é uma ferramenta para a melhor compreensão destes sistemas bem como para a preservação dos mesmos.

OBJETIVOS

Este trabalho avaliou a capacidade natatória de peixes epígeos, comparando com uma espécie hipógea (troglóbia), com o objetivo de entender aspectos ecológicos da natação e suas relações com as diferentes condições hidráulicas dos ambientes. Foram comparadas espécies de um mesmo grupo (Characidae) e com padrões morfológicos semelhantes (piabas) que ocorrem em ambientes distintos (hipógeos e epígeos) para verificar como as características hidráulicas influenciam no natação das espécies em ambientes com pressões distintas.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aparato hidráulico

Os testes de capacidade natatória desenvolvidos neste trabalho foram realizados num aparato hidráulico semelhante ao construído por Brett. O respirômetro de Brett (1964) consiste em um conduto forçado com um escoamento produzido por uma bomba centrífuga, fazendo a água circular pela seção onde o peixe está inserido. Ele é composto por tubos de PVC (diâmetro de 100 mm), tubos flexíveis (mangotes) e tubo de acrílico transparente para a visualização dos movimentos do peixe. Constan ainda de um medidor de vazão, um inversor de frequência e um reservatório de água.

3.2 Procedimento experimental

Para a determinação da capacidade natatória, seguiu - se a metodologia proposta por Santos (2007), onde os testes eram iniciados com uma velocidade de 0,05 m/s e, a cada intervalo de 5 minutos (registrado num cronômetro), procedia - se um incremento fixo de velocidade (também de 0,05 m/s). Durante os períodos de 5 minutos em cada velocidade, eram observados os comportamentos dos peixes, bem como suas preferências por locais de menor velocidade e sinais de fadiga. O teste era finalizado quando o peixe não conseguia vencer o escoamento (fadiga), sendo arrastado pelo fluxo para a tela de jusante da seção, ficando aderido nela por alguns segundos. Terminado o teste, a bomba era desligada imediatamente, e em seguida anotados o tempo e a velocidade alcançada pelo peixe. A velocidade avaliada no presente trabalho foi a crítica, a qual é obtida pela soma da velocidade máxima alcançada e dos tempos (tempo final dividido pelo tempo no qual o peixe nadou dentro do último intervalo de 5 minutos), multiplicado pela velocidade de incremento. Durante os testes, foram monitorados os parâmetros abióticos da água (temperatura, oxigênio dissolvido e o pH), para a manutenção satisfatória destes padrões. Dentre estas variáveis, a temperatura foi correlacionada com as velocidades obtidas pelo fato de exercer uma grande influência nas velocidades alcançadas pelos peixes. Foram considerados válidos os testes cujos indivíduos nadaram pelo menos durante um intervalo de tempo.

3.3 Espécies estudadas

Foram selecionadas espécies da família Characidae (Characiformes), envolvendo organismos de ambiente subterrâneo e de superfície. A espécie hipógea *Stygichthys typhlops* Brittan & Böhlke, 1965, troglóbia e de ocorrência restrita a corpos de água subterrâneos (lençol freático) na região de Jaíba, Norte de Minas Gerais. Foram analisados 12 indivíduos desta espécie. As espécies epígeas avaliadas foram: *Bryconamericus stramineus* Eigenmann, 1908, coletadas a jusante da UHE de Funil, no rio Grande, Minas Gerais (27 indivíduos); *Piabina argentea* Reinhardt, 1867, coletados no rio Curimataí, Minas Gerais (20); *Hemigrammus marginatus* Ellis, 1911 e *Pselogrammus kennedyi* (Eigenmann, 1903) coletadas na lagoa Olaria, região marginal do rio das Velhas, em Minas Gerais, sendo também 20 indivíduos de cada espécie.

3.4 Análises

A comparação entre a capacidade natatória das espécies foi realizada através de ANOVA, a partir dos dados de veloci-

dade relativa de cada indivíduo testado. Esta foi obtida dividindo - se a velocidade crítica pelo comprimento padrão (adimensionalização pelo tamanho), obtendo - se um valor em comprimentos por segundos. Este procedimento permite comparar velocidades mesmo quando os lotes comparados apresentam tamanho dos indivíduos diferentes, tendo como premissa a influência do tamanho corporal sobre a capacidade natatória. A análise das velocidades críticas alcançadas pelos peixes, bem como o tempo de nado foram analisados pelo software Statística 7.0. A principal ferramenta utilizada foi a regressão múltipla linear. Utilizando o software Excel (Microsoft), foram ordenadas as informações de tamanhos de comprimentos (total e padrão), massa, tempo de nado e ainda realizada a correção de Rae & Pope (1966), na qual relativizou - se o volume do peixe pela área interna do aparato, corrigindo a obstrução causada pelo corpo do peixe no fluxo no tubo. Para cada espécie, foi testada a relação entre a velocidade crítica e as variáveis comprimentos total (CT), padrão (CP), fator de condição, peso corporal e temperatura através de regressão múltipla.

RESULTADOS

Piabina argentea e *Bryconamericus stramineus* apresentaram os maiores valores de velocidade crítica, em comprimentos por segundos, dentre todas as espécies. Seus valores médios foram de 13,75 e 9,32 comp/seg, respectivamente. Estes valores correspondem às maiores velocidades já obtidas em experimentos em laboratório para espécies de peixes tropicais. Estas velocidades indicam a grande habilidade da ocupar ambientes com fortes fluxos, como trechos de correnteza e na coluna d'água, no meio do canal. *Hemigrammus marginatus* foi a terceira espécie com maior velocidade (6,32), seguidos por *Pselogrammus kennedyi* (4,0) e *Stygichthys typhlops* (3,31 comp/seg). As três primeiras espécies foram significativamente diferentes entre si (A, B, C) e das duas últimas (D, D), formando quatro grupos de capacidades natatórias diferentes ($F=98,33$; $p < 0,001$). *H. marginatus* tem a plasticidade de habitar locais com diferentes condições hidráulicas (rios e lagoas), além disso, a ocorrência num ambiente lêntico pode ainda ser mais vantajosa para a espécie, por possuir uma velocidade potencialmente maior do que é requerida para as vazões do seu habitat. A forma do corpo pode justificar as baixas velocidades observadas em *P. kennedyi*, que apresentam o corpo comprimido lateralmente e com maiores alturas, diferente dos demais peixes testados que apresentaram corpos mais baixos, semelhantes aos fusiformes. Esta espécie apresentou maior amplitude de velocidades do que *S. typhlops*, em termos absolutos. Entretanto, a velocidade em comprimentos por segundos foi semelhante à ambas as espécies. Este aspecto indica a maior semelhança de *S. typhlops* com *P. kennedyi* quanto à capacidade natatória, sugerindo que as velocidades do ambiente subterrâneo onde *S. typhlops* ocorre são muito parecidas à das lagoas. A estreita amplitude de variação de velocidades verificada entre os indivíduos de *S. typhlops* indica uma tendência de apresentar valores em torno de uma média, cujo valor sugere um determinado padrão de velocidade desenvolvido pela mesma. Tal fato pode ser decorrente do isolamento populacional, onde

este caráter reflete um possível favorecimento dos valores médios da velocidade da natação, reduzindo os extremos que poderiam ser desvantajosos e dispendiosos energeticamente.

Nos testes de capacidade natatória realizados, a temperatura foi um parâmetro que apresentou significância quando correlacionada à velocidade crítica apenas para *B. stramineus* ($r^2 = 0,50$) com um aumento da velocidade de acordo com aumento da temperatura. Embora a temperatura tenha sido monitorada ao longo de todos os experimentos, a variação de dois graus, em média, foi significativa apenas para esta espécie. A temperatura também teve influência sobre a velocidade crítica de *Leporinus reinhardtii* em experimentos realizados por Santos *et al.*, 2007). Este parâmetro exerce uma forte influência na capacidade natatória dos peixes, por envolver aspectos como a viscosidade, que é capaz de alterar o movimento natatório; e as taxas de reações bioquímicas que convertem a energia química em força de propulsão (Beamish, 1978; Santos *et al.*, 2007). De acordo com Beamish (1981), a elevação da temperatura está diretamente relacionada ao aumento nas taxas metabólicas basais de algumas espécies de peixes.

Com base nestes testes, constatou-se que o comprimento total (CT) foi a variável de maior poder explicativo para a velocidade crítica, sendo significativa para todas as espécies: *S. typhlops* ($r^2 = 0,72$); *P. kennedyi* ($r^2 = 0,68$); *B. stramineus* ($r^2 = 0,60$); *P. argentea* ($r^2 = 0,37$); *H. marginatus* ($r^2 = 0,22$). Esta relação reflete a influência da nadadeira caudal, a qual constitui um importante elemento de propulsão em peixes que apresentam o padrão de locomoção típico de subcarangiformes (movimentos ondulatórios da região mediana para a posterior do corpo) (Webb, 1975). Esta mesma relação foi verificada nos testes de capacidade natatória realizados com mandi (*Pimelodus maculatus*) e piauí (*Leporinus reinhardtii*) realizados por Santos *et al.*, 2007, 2008).

Para o comprimento padrão (CP), esta variável também foi significativamente relacionada à velocidade crítica para todas as espécies, exceto para *H. marginatus*. O peso corporal também foi uma variável significativamente correlacionada à velocidade crítica para as espécies: *H. marginatus*, *P. kennedyi*, *B. stramineus* e *S. typhlops*.

Foram observados certos comportamentos exibidos pelos peixes na tentativa de evitar o contato com a tela confinadora de jusante. Este comportamento consistiu de nados curtos e rápidos, com uma forte propulsão pra frente, o qual é semelhante aos observados na velocidade de explosão, comumente avaliadas em condições de laboratório (Beamish, 1978). Esta alta velocidade desempenhada é essencial para a sobrevivência de muitas espécies e também é utilizada como um facilitador na captura de presas, fuga de predadores ou na negociação em locais de rápidos fluxos encontrados nos rios (Beamish, 1978). Este comportamento foi observado em todas as faixas de tamanhos e geralmente ocorreram da metade para o final do tempo dos testes.

Este estudo constitui um trabalho inovador do ponto de vista ecológico, já que esta metodologia pode trazer muitas contribuições acerca da capacidade natatória de espécies de

superfície e subterrâneas, bem como informar (mesmo que de forma indireta) aspectos relacionados à hidráulica dos habitats onde elas ocorrem.

CONCLUSÃO

O comprimento total foi a variável que apresentou a maior relação significativa com a velocidade crítica dentre todas as variáveis, o que é justificado pela forte influência da nadadeira caudal nos movimentos dos peixes. As maiores velocidades críticas foram obtidas por espécies de rios, cujas características hidráulicas (maiores velocidades) determinam a utilização deste tipo de habitat pelas mesmas. Estas espécies apresentaram grandes variações nas amplitudes de velocidades. As espécies de ambientes com características lânticas (lagoas e lençol freático), por sua vez, apresentaram menores variações nos valores de velocidades, especialmente *S. typhlops*, a qual manteve uma estreita variação em torno da média. Este fato pode ser reflexo do isolamento da espécie e de uma pressão de seleção sobre as populações, embora este aspecto não tenha sido testado. Verificou-se ainda que o ambiente hidráulico seleciona espécies com capacidades natatórias compatíveis com o fluxo local, refletindo na utilização de diferentes habitats pelas espécies.

REFERÊNCIAS

- Beamish, F. W. H. 1978. Swimming capacity. Pp.101 - 187. In Hoar, W. S. & D. J. Randall (Ed.). *Fish Physiology*. New York, Academic Press, 576p.
- Beamish, F. W. H. 1981. Swimming performance and metabolic rate of three tropical fishes in relation to temperature. *Hydrobiologia* 83: 245 - 254.
- Brett, J. R. 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 21(5): 1183 - 1226.
- Plaut, I. 2001. Critical swimming speed: its ecological relevance. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A, 131:41 - 50.
- Rae, W. H. & A. Pope. 1966 *Low - speed wind tunnel testing*. New York, John Wiley & Sons, 534 p.
- Santos, H. A. 2007. A influência da capacidade natatória de peixes neotropicais no projeto hidráulico de mecanismos de transposição. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 180p.
- Santos, H. A.; P.S. Pompeu & C.B. Martinez. 2007. Swimming performance of the migratory neotropical fish *Leporinus reinhardtii* (Characiformes: Anostomidae). *Neotropical Ichthyology*, 5: 139 - 146.
- Santos, H.A. ; P.S. Pompeu; G.S. Vicentini & C.B. Martinez. 2008. Swimming performance of the freshwater neotropical fish: *Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803. *Brazilian Journal of Biology*, 68: 433 - 439.
- Webb, P. W. 1975. Hydrodynamics and energetics of fish propulsion. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 190: 1 - 158.