

Migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* (Theobald, 1901) (Diptera, Chaoboridae) em um reservatório tropical: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais

José Fernandes Bezerra-Neto^{1*} e Ricardo Motta Pinto-Coelho²

¹Programa de pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, C.P. 486, 31270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. ²Laboratório de Ecofisiologia de Organismos Planctônicos, Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: joseneto@mono.icb.ufmg.br

RESUMO. Inúmeros trabalhos têm mostrado que a larva de *Chaoborus* desenvolve migração vertical diária, buscando evitar a predação por peixes, e que a amplitude da migração vertical cresce com o estágio larval. Neste estudo, monitorou-se a distribuição vertical de *Chaoborus brasiliensis* durante o dia e à noite de outubro/99 a setembro/00, em um reservatório raso, a lagoa do Nado. A profundidade média em que cada estágio foi encontrado foi estimada durante o dia e à noite e comparada à amplitude da migração entre eles. Adicionalmente, buscou-se determinar se a distribuição vertical de *C. brasiliensis* estava relacionada com a concentração crítica de oxigênio, 1,0mg.l⁻¹. Não foram encontradas diferenças significativas entre a amplitude da migração vertical diária entre os estádios. A profundidade média em que os estádios eram encontrados durante o dia e à noite mostrou-se positivamente correlacionada com a profundidade da concentração crítica de oxigênio. Tal fato suporta a hipótese de que a migração vertical seja um mecanismo de defesa contra a predação por peixes, considerando que as larvas desse díptero usam a camada anóxica como refúgio contra os peixes predadores.

Palavras-chave: *Chaoborus*, distribuição vertical, migração vertical diária, oxigênio.

ABSTRACT. Vertical migration of *Chaoborus brasiliensis* (Diptera, Chaoboridae) larvae in Nado Lagoon, a tropical reservoir in Belo Horizonte, state of Minas Gerais, Brazil. Many investigations have shown that *Chaoborus* larvae develop diel vertical migration (DVM) to avoid fish predation and that this migration's amplitude is often associated with the instar stage. In this study, the *Chaoborus brasiliensis* vertical distribution was monitored in a shallow reservoir (Nado Lagoon, Belo Horizonte, Brazil), during the diel cycle, from October 1999 to September 2000. The mean depth in which each stage was found was estimated day and night and compared to their migration amplitude. No association was found between instar phase and DVM amplitude. Nevertheless, a clear association was found between the dissolved oxygen critical concentration and the amplitude of *Chaoborus* DVM. 1.0 mg.l⁻¹ was considered the concentration below which fish cannot survive. This finding gives support to the hypothesis that vertical migration is a defense mechanism against predation, since the larvae use the anoxic layer as a refuge against fish predation.

Key words: *Chaoborus*, vertical distribution, diel vertical migration, oxygen.

Introdução

A migração vertical diária (MVD) tem sido observada como um comportamento característico de diversos organismos do zooplâncton, incluindo as larvas do gênero *Chaoborus* (Insecta, Diptera), frequente constituinte entre o zooplâncton lacustre. Esse díptero desenvolve extensiva migração vertical diária, permanecendo próximo ou dentro do

sedimento durante o dia e subindo para as águas superficiais durante o período noturno para se alimentar (Haney *et al.*, 1990). Diversos trabalhos demonstram que a predação é o principal fator na regulação da migração vertical diária e na distribuição larval de *Chaoborus* (Dawidowicz *et al.*, 1990; Tjossem, 1990), e que os fatores abióticos, tais como luz e oxigênio, agem como fatores acessórios na regulação da MVD, modificando o risco de

predação para a larva (Voss e Mumm, 1999). As larvas de *Chaoborus* são altamente vulneráveis à predação por peixes, e populações não-migrantes frequentemente se tornam migrantes após a introdução de peixes em um lago (Luecke, 1986; Dawidowicz *et al.*, 1990; McQueen *et al.*, 1999).

Os diferentes estádios do díptero *Chaoborus* diferem quanto à sua visibilidade e comportamento e, portanto, na sua susceptibilidade à predação por peixes. As larvas de primeiro e segundo estágio, entretanto, são inteiramente planctônicas e, usualmente, não migram na mesma extensão que as larvas dos últimos estágios (Teraguchi e Northcote, 1966). As larvas de terceiro e quarto estágio exibem migração vertical diária e, usualmente, enterram-se no sedimento durante o dia nos lagos tropicais (Reiss, 1977; Hare e Carter, 1986; Fukuhara *et al.*, 1993) e temperados (Xie *et al.*, 1998; Gliwicz *et al.*, 2000).

A mudança na intensidade da MVD, ao longo do desenvolvimento ontogenético das larvas de *Chaoborus*, foi reconhecida pela primeira vez, como um mecanismo de evasão à predação por Voss e Mumm (1999). O conceito de “mudança ontogenética na intensidade da MVD” em *Chaoborus* foi posteriormente referendado por Gliwicz *et al.* (2000). Foi notado que, como as larvas dos estádios iniciais são menores e, portanto, menos vulneráveis à predação por peixes do que as larvas dos estádios finais, a tendência de evitar os estratos superficiais deveria aumentar com o tamanho da larva, e a amplitude de migração poderia ser maior em cada um dos subseqüentes estágios ontogenéticos. Trabalhando no lago Plußsee, norte da Alemanha, esses autores demonstraram um aumento na amplitude da migração vertical dos estádios iniciais para os finais em uma população de *C. flavicans*. Outro estudo com larvas de *C. flavicans*, dessa vez no lago Ros, Polônia, demonstrou o mesmo padrão de mudança ontogenética na amplitude da MVD (Gliwicz *et al.*, 2000).

Outro aspecto importante no desenvolvimento da MVD por *Chaoborus* é a sua tolerância a baixos níveis de oxigênio (LaRow, 1970) e a utilização do hipolimnion anóxico de lagos estratificados como refúgio contra a predação por peixes (Rine e Kesler, 2001). As larvas de *Chaoborus* são hábeis em resistir em condições de anaerobiose por longos períodos (Rahel e Nutzman, 1994). Entretanto, a maioria dos peixes não pode sobreviver em tais condições. O comportamento de fuga dos peixes de locais com anoxia e a utilização das regiões anóxicas por invertebrados têm sido reportados em inúmeros

estudos ao redor do mundo (Threlkeld, 1979; Hanazato e Yasuno, 1989; Dini e Carpenter, 1991).

Embora numerosos estudos sobre a migração vertical diária da larva de *Chaoborus* tenham sido realizados (Teraguchi e Northcote, 1966; Hare e Carter, 1986; Fukuhara *et al.*, 1993; Arcifa, 1997; Rine e Kesler, 2001), não são conhecidos estudos sobre esse padrão em uma escala sazonal em um ambiente tropical. O presente estudo teve como objetivo inicial verificar se existe migração vertical diária dos quatro estádios da larva de *C. brasiliensis* na lagoa do Nado numa escala sazonal (período de doze meses). Numa segunda etapa, as amplitudes da MVD entre os estádios foram comparadas entre si, com o objetivo de se detectar a existência da mudança ontogenética no seu comportamento migratório. Finalmente, as profundidades em que a média da densidade dos estádios eram encontradas na coluna de água foram comparadas com a profundidade na qual a concentração de oxigênio ficou abaixo de 1,0 mg. l⁻¹, considerando ser essa concentração o limite abaixo do qual os peixes não podem sobreviver (Wilding, 1939; Davis, 1975; Rahel e Nutzman, 1994). Com essas comparações, foi examinada a hipótese de que a larva de *Chaoborus* desenvolve a migração vertical diária com o objetivo de evitar a predação por peixes e, além disso, se esse comportamento é comum para todos os estádios.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na lagoa do Nado (19°49'56"S, 43°57'34"W), reservatório localizado no Parque Municipal lagoa do Nado, no município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Esse reservatório meso-eutrófico, possuindo área de cerca 1,5 ha e profundidade máxima de 7,6 m, desenvolve uma estratificação térmica estável que persiste de agosto a maio, apresentando apenas um período de circulação durante o ano, em junho-julho. O epilimnio é bem oxigenado, com o desenvolvimento de intensa anoxia no hipolimnio durante todo o período de estratificação (Bezerra-Neto e Pinto-Coelho, 2001).

A única espécie de *Chaoborus* presente na lagoa do Nado é *Chaoborus brasiliensis* e a comunidade zooplancônica é dominada, entre os crustáceos, pelo copépodo ciclopoide *Thermocyclops minutus* e pelo cladócero *Moina micrura* e, entre os rotíferos, por *Brachionus falcatus*, *B. angularis*, *B. caudatus*, *Keratella cochlearis*, *K. tropica* e *Kellicottia bostoniensis* (Bezerra-Neto, 2001).

A distribuição vertical das larvas de *Chaoborus*

Larvas planctônicas de *Chaoborus* foram coletadas

mensalmente, de outubro de 1999 a setembro de 2000, na região central do reservatório (profundidade de 6,5 m). Amostras foram tomadas a cada metro da coluna de água durante o dia (entre 9h e 10h) e noite (entre 22h e 24h). Estudos preliminares indicaram que as amostragens apenas durante esses dois horários eram adequadas na determinação da amplitude migratória máxima de *C. brasiliensis* no reservatório, em concordância com outros estudos sobre a migração vertical de *Chaoborus* (Voss e Mumm, 1999; Gliwicz *et al.*, 2000). Os organismos foram coletados utilizando-se uma armadilha do tipo Schindler-Patalas de 17 L, equipada com uma rede de abertura de malha 60 μm , e preservados no campo utilizando-se uma mistura de formalina com sacarose 4%.

Todas as larvas e pupas coletadas foram contadas e medidas. A determinação dos estágios larvais foi feita a partir do comprimento da cápsula cefálica. As medições foram realizadas com auxílio de um microscópio estereoscópico equipado com uma câmera de vídeo SONY-CCD, conectado por computador a um programa de análise de imagens digital - *Scion Image*.

A profundidade média do estágio *i* (Pm_i), que é a profundidade em que a densidade média do estágio *i* se localizava na coluna de água, durante o dia e durante a noite, foi calculada pela fórmula descrita em Dini *et al.* (1993):

$$Pm_i = \frac{\sum X_i Z_i}{\sum X_i}$$

Onde X_i é a densidade do estágio *i* e Z_j é a profundidade da amostra *j*.

A amplitude da migração vertical das larvas de *C. brasiliensis* foi determinada pela diferença entre a profundidade média do estágio *i* durante o dia e à noite.

A concentração do oxigênio dissolvido na coluna de água foi medida a cada coleta através de perfis verticais com intervalos de 50 cm, na região central do reservatório, utilizando-se um oxímetro YSI, modelo 55. A transparência da água foi medida utilizando-se um disco de Secchi de 30 cm.

Resultados

O comprimento total das larvas de *C. brasiliensis* na lagoa do Nado variou entre 540 e 7780 μm . A média, o desvio-padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) do comprimento total do corpo bem como da cápsula cefálica da população de *C. brasiliensis* estão sumarizados na Tabela 1. A cápsula cefálica entre os diferentes estádios variou de 100 a 860 μm . Enquanto a distribuição do comprimento do corpo apresentou sobreposições entre os

sucessivos estádios, o comprimento da cápsula cefálica possibilitou a exata determinação do estágio larval. Isso é o que demonstram os valores dos coeficientes de variação ($DP/média \times 100\%$) da cápsula cefálica entre os estádios, que são baixos quando comparados com os valores de CV para o comprimento total do corpo. Os machos tiveram suas pupas ligeiramente menores do que as fêmeas (Tabela 1).

Tabela 1. Intervalos, média, desvio-padrão e coeficiente de variação do comprimento do corpo e da cápsula cefálica de larvas e de pupas de *Chaoborus brasiliensis* na lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais

Comprimento do corpo (μm)					
Estádio	N	Intervalos	Média	Desvio-padrão	CV (%)
I	186	540 - 2660	1500	345	23
II	563	1500 - 3710	2527	411	16
III	647	2120 - 5780	3830	554	14
IV	724	3250 - 7780	5730	686	12
Pupa fêmea	32	3840 - 4340	4040	15	3,7
Pupa macho	28	3430 - 3790	3640	12	3,2
Comprimento da cápsula cefálica (μm)					
Estádio	N	Intervalos	Média	Desvio-padrão	CV (%)
I	186	100 - 210	159	23	12
II	563	220 - 360	259	22	8
III	647	370 - 540	437	25	7
IV	724	560 - 860	697	35	4

De uma maneira geral, os quatro estádios de *C. brasiliensis* exibiram migração vertical diária durante todo o período estudado, permanecendo nos estratos mais profundos durante o dia e deslocando-se para os estratos superiores durante a noite (Figura 1). Durante o dia, apenas 3,3% de todas as larvas capturadas no período de estudo encontravam-se nas profundidades 0 e 1 m e 96,7% foram capturadas a partir de 2 m de profundidade. À noite, essa proporção subiu para 26,5% nas profundidades 0 e 1m e 73,5% a partir de 2 m de profundidade.

De maio a agosto/00, as larvas dos estádios III e IV não foram detectadas na coluna de água durante o dia, mas apareceram durante o período noturno. O mesmo comportamento foi detectado para as larvas do estágio II nos meses de junho e agosto/00. As larvas do estágio I desapareceram da coluna de água durante o dia e à noite nos meses de junho, julho e agosto/00, assim como as larvas do estágio II no mês de agosto/00.

Amostras do sedimento, durante o período diurno, nos meses de maio e junho/00 (Bezerra-Neto, observação pessoal), mostraram que apenas larvas do estágio IV estavam presentes no sedimento, sugerindo que as larvas dos estádios II e III, no período em que elas não foram detectadas na coluna de água durante o dia, estariam localizadas na região imediatamente acima do sedimento, onde a armadilha utilizada neste estudo não conseguia amostrar.

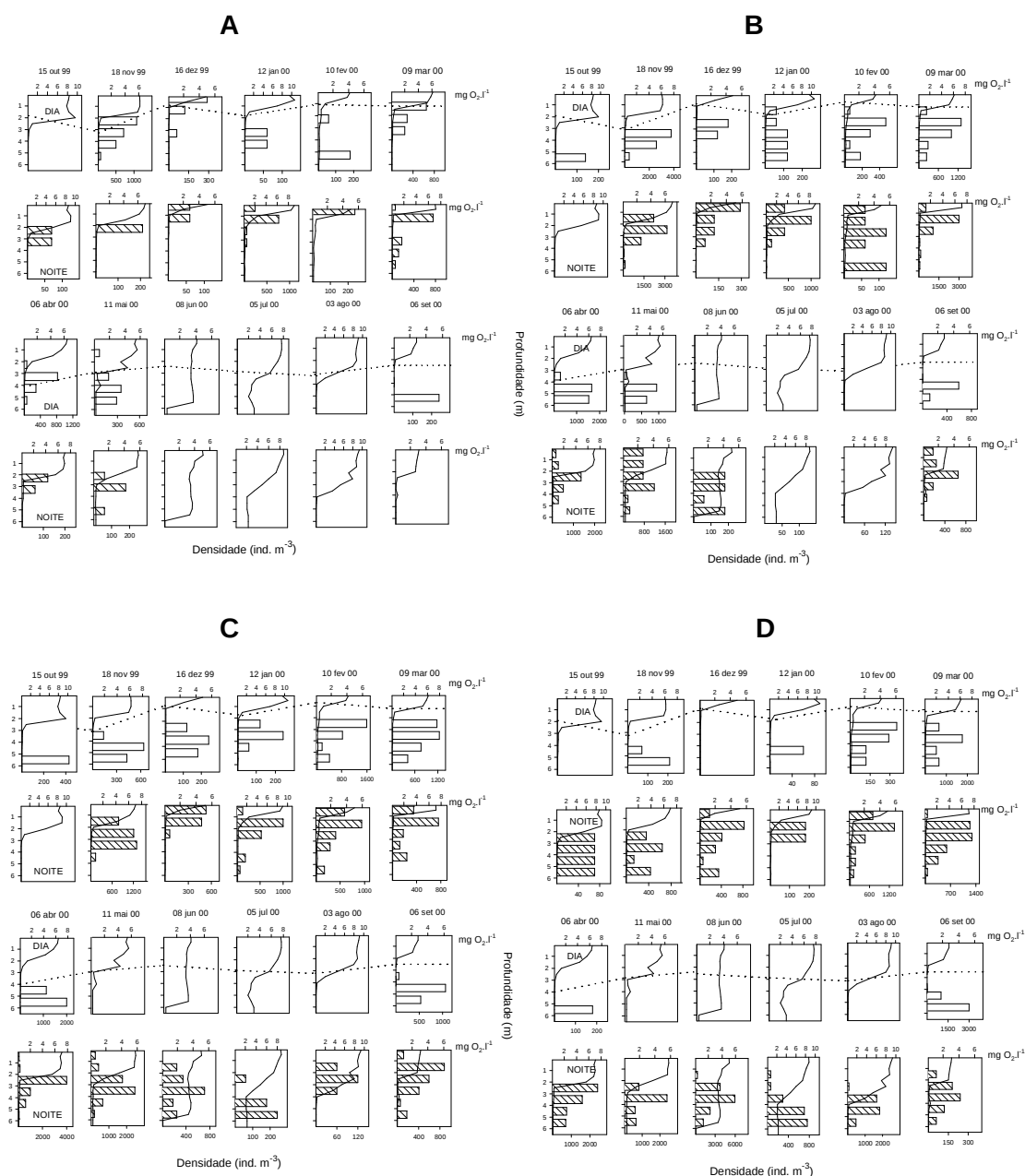


Figura 1. Perfis verticais dia (barra vazada) e noite (barra hachurada) da densidade (ind. m⁻³) dos diferentes estádios de *C. brasiliensis* e da concentração de oxigênio dissolvido (linhas contínuas, em mg.l⁻¹), na lagoa do Nado, durante o período de outubro de 1999 a setembro de 2000 (A - I estágio; B - II estágio; C - III estágio e D - IV estágio). As linhas tracejadas mostram a profundidade da zona eufótica (profundidade do disco de Secchi multiplicada por fator 2,7)

A profundidade média (Pm_i) dos diferentes estádios larvais durante o dia e à noite pode ser vista na Figura 2. O fenômeno da MVD ficou claramente demonstrado. Por outro lado, observou-se que não houve aumento na amplitude da migração (diferença entre a profundidade diurna e noturna) entre os estádios iniciais e os finais. Durante o período de novembro/99 a abril/00, quando todos os estádios foram abundantes na coluna de água, não foram

detectadas diferenças significativas na amplitude da migração entre eles (teste *t* par-a-par, $p > 0,05$). Também não foram encontradas diferenças significativas entre as profundidades médias dos estádios I, II e III durante o dia e à noite. Entretanto, as larvas do estágio IV apresentaram uma profundidade média significativamente maior do que todos os outros estádios, tanto no período diurno, quanto no noturno (teste *t* par-a-par, $p < 0,05$).

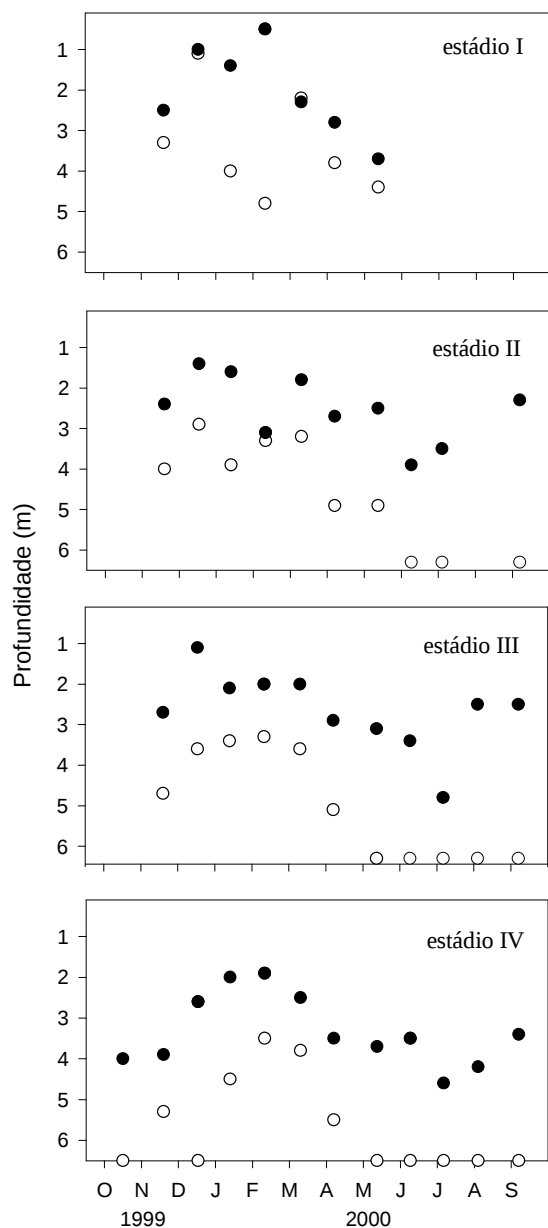


Figura 2. Profundidade média (P_m) durante o dia (círculos vazios) e à noite (círculos cheios) dos diferentes estádios larvais (I, II, III e IV), na lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais, durante o período de outubro de 1999 a setembro de 2000

A profundidade média (P_m) durante o período diurno dos diferentes estádios de *C. brasiliensis* apresentou correlação positiva com a profundidade na qual a concentração de oxigênio alcançou $1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ ($n = 7$; $r^2 = 0,29$; $p = 0,05$, para o estágio I; $n = 10$; $r^2 = 0,80$; $p < 0,05$, para o estágio II; $n = 11$; $r^2 = 0,68$; $p < 0,05$, para o estágio III; $n = 11$; $r^2 = 0,34$; $p < 0,05$, para o estágio IV) (Figura 3). Isso quer dizer que, quando o nível dessa concentração de oxigênio era encontrado mais superficialmente na coluna de água, a população de

C. brasiliensis também se movia para a superfície. Da mesma forma, quando essa concentração de oxigênio foi encontrada mais abaixo na coluna de água, a população desses dípteros também se moveu coluna abaixo. À medida que o lago aproximou-se da circulação invernal, com o gradual aparecimento de elevadas concentrações de oxigênio nas zonas mais profundas, houve um decréscimo nas densidades das larvas na coluna de água, até o completo desaparecimento delas durante o dia (Figura 1). Entretanto, os coeficientes da regressão linear não explicaram toda a variação na distribuição vertical dos diferentes estádios de *C. brasiliensis* causada pelo oxigênio. Principalmente no caso dos estádios I e IV, a capacidade explicativa do modelo de regressão linear foi muito pequena (29% e 34%, respectivamente). Isso indica claramente que outros fatores, além do oxigênio, podem ter influenciado a distribuição vertical de *C. brasiliensis* durante o período diurno. Um desses fatores pode ter sido a transparência da água, pois se observou claramente que as larvas de todos os estágios larvais (principalmente as larvas dos estádios III e IV) evitaram a zona eufótica durante todo o período de estudo (Figura 1).

A profundidade média (P_m) durante o período noturno, para os diferentes estádios, também apresentou correlação positiva com a profundidade da concentração crítica de oxigênio ($n = 7$; $r^2 = 0,73$; $p = 0,05$, para o estágio I; $n = 8$; $r^2 = 0,63$; $p < 0,05$, para o estágio II; $n = 10$; $r^2 = 0,76$; $p < 0,05$, para o estágio III; $n = 11$; $r^2 = 0,50$; $p < 0,05$, para o estágio IV) (Figura 3).

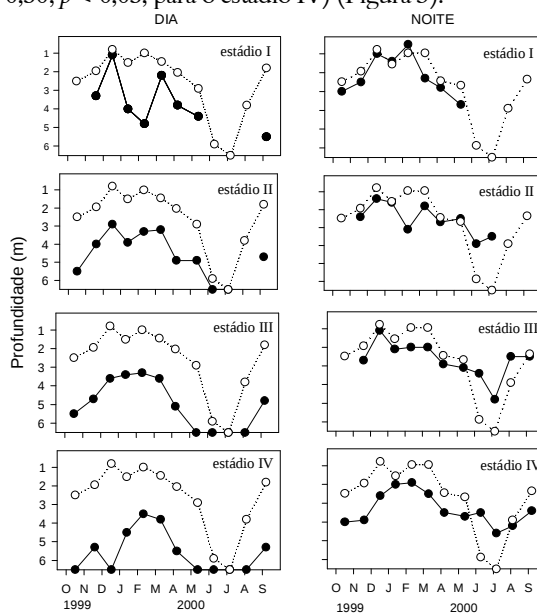


Figura 3. Profundidade do limite crítico de oxigênio ($1,0 \text{ mg.l}^{-1}$, círculos vazios) e profundidade média (P_m) dos diferentes estádios de *C. brasiliensis* (círculos cheios) durante o dia e à noite, na lagoa do Nado, Estado de Minas Gerais, no período de outubro de 1999 a setembro de 2000

Discussão

Os diferentes estágios larvais de *Chaoborus brasiliensis* ocuparam praticamente todos os estratos da coluna de água, não sendo detectado um padrão nítido de partição de habitats entre os estádios, como foi descrito em López e Cressa (1996) e em Voss e Mumm (1999), com os estádios iniciais ocupando as profundidades mais superficiais e os estádios finais ocupando as camadas mais profundas. Uma possível razão para explicar a ausência de tal padrão seria a pequena profundidade da lagoa do Nado ($z = 6,0$ m), somada ao perfil de distribuição larval na coluna de água, com as larvas evitando as profundidades superficiais e ficando concentradas abaixo de 2 m, tanto no período diurno quanto no noturno (97% e 73% de todas as larvas coletadas, respectivamente).

Na lagoa do Nado, o único estágio larval que mostrou um comportamento significativamente diferente dos demais foi o estágio IV. Entretanto, isso não se traduziu em um aumento da amplitude da migração vertical em relação aos outros estádios. Essa larva ocupou os estratos mais profundos durante o dia, também durante a noite, contrariando a predição de Voss e Mumm (1999) de que a distribuição vertical noturna seria independente do tamanho larval.

Segundo Davis (1975), o limite crítico de concentração de oxigênio na massa de água, para peixes, gira em torno de 1 a 2 mg O₂.l⁻¹, dependendo da espécie e da temperatura a que ela estiver submetida. Os dados coletados neste estudo mostraram que, durante o dia, a profundidade média das larvas de todos os estádios de *C. brasiliensis* permaneceu nos estratos em que a concentração de oxigênio esteve abaixo de 1 mg O₂.l⁻¹. O mesmo comportamento foi encontrado durante o período noturno, com a profundidade média larval de todos os estádios sendo encontrada no/ou abaixo do limite crítico de oxigênio. Assim, mesmo durante a noite, a maior parte dos estádios não foi encontrada nos locais onde podia haver peixes. Isso claramente suporta a hipótese que a migração vertical é um mecanismo de defesa contra a predação e que o oxigênio é um importante fator acessório nesse processo. A mera preferência fisiológica das larvas às baixas condições de oxigênio, como uma explicação alternativa ao padrão encontrado, é improvável, já que existem diversos estudos mostrando que, na ausência de predação, as larvas de *Chaoborus* permanecem nas regiões epilimnéticas bem oxigenadas (Luecke, 1986; Dawidowicz *et al.*, 1990).

A relação entre o limite crítico de oxigênio e a distribuição de *C. brasiliensis* encontrado na lagoa do Nado foi bastante similar aos resultados encontrados

por Rine e Kesler (2001), trabalhando com *C. punctipennis* no lago Poplar Tree, USA. Esses autores monitoraram a profundidade média (Pm_i) das larvas de *C. punctipennis* (dia e noite) e a concentração crítica de oxigênio no período de outono (início de outubro), durante 13 anos, detectando correlação significativa entre esses fatores. Os autores sugeriram que esse padrão seria uma estratégia utilizada pelas larvas para evitar a predação por peixes.

A importância do oxigênio em determinar mudanças sazonais na distribuição vertical foi evidente, com os estádios larvais de *C. brasiliensis* mantendo-se sempre em condições de baixas tensões de oxigênio, principalmente durante o período noturno. Entretanto, diversos estudos mostram que outros fatores, como a intensidade luminosa e os estímulos químicos produzidos pelos peixes (querormônios), podem ser utilizados pelas larvas para acessar o risco de predação e estimular diretamente a migração vertical diurna.

LaRow (1970) mostrou que o comportamento migratório das larvas de *Chaoborus* parece ser regulado pela interação entre a luz e a concentração de oxigênio, com a luz funcionando como um “gatilho” para a ritmicidade endógena e a concentração de oxigênio como fator regulador principal da migração vertical.

De acordo com López e Cressa (1996), a partir de estudos de uma população de *Chaoborus sp.* no reservatório Socuy (Venezuela), a variação da radiação explicou grande parte da distribuição vertical dos estádios iniciais. Já para os estádios finais, a transparência da água, a concentração do oxigênio e a disponibilidade de alimento foram os fatores que explicaram a localização da larva.

A partir de experimentos em laboratório, Tjossen (1990) observou uma redução na tendência de as larvas de *C. albatus* deixarem o sedimento durante o dia, quando expostas à água com exsudatos químicos de peixes (querormônios). E, em mesocosmos no campo, esse autor também observou que a presença de querormônios reduz a amplitude da migração vertical de *C. flavicans*. Já Dawidowicz *et al.* (1990) mostraram que *C. flavicans* alterava a profundidade de migração em resposta à água com querormônios de peixes.

McQueen *et al.* (1999) mostraram que mudanças na densidade de peixes em lagos biomanipulados podem ocasionar mudanças no comportamento migratório nas populações de *Chaoborus*, sugerindo que as mudanças no comportamento podem ter sido mediadas pelos efeitos indiretos de exsudatos químicos liberados pelos peixes na coluna de água.

Esses autores observaram que uma densidade de peixes acima de 2400/ha causou a migração das larvas do estágio IV para dentro do sedimento durante o período diurno.

Como podemos ver, o comportamento migratório de *Chaoborus* parece estar diretamente ligado ao risco de predação, provavelmente acessado pela larva através dos queromônios liberados pelos peixes, à transparência da água e, como foi detectado através de nosso estudo, à concentração de oxigênio dissolvido. A estratégia de utilizar as baixas tensões de oxigênio como refúgio, desenvolvida por *Chaoborus*, torna-se mais justificada nos lagos rasos e turvos, comuns em ambientes tropicais. Nesses lagos, os peixes mais abundantes são aqueles que utilizam outros mecanismos de busca de presa, não ligados a estímulos visuais, como os filtradores, cuja maior barreira no deslocamento é a concentração de oxigênio dissolvido na água (Lazzaro, 1987).

Conclusão

Este estudo mostrou que todos os estágios larvais de *C. brasiliensis* desenvolveram migração vertical diária. Outro dado importante é que os dados não corroboraram a hipótese de um aumento ontogenético da amplitude da MVD. O estudo também demonstrou que as larvas de Chaoboridae foram capazes de resistir a baixas tensões de oxigênio durante todo o ano, utilizando o hipolímnio anóxico tanto no período diurno quanto no noturno, provavelmente buscando diminuir o risco de predação. Como este é o primeiro trabalho enfocando a questão da utilização de zonas de baixa disponibilidade de oxigênio como refúgio contra a predação em ambiente tropical, são necessários mais estudos para confirmar se tal comportamento migratório de *Chaoborus* é comum a outros lagos tropicais ou se é restrito apenas ao ambiente estudado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Prefeitura de Belo Horizonte e, especialmente, aos funcionários do Parque lagoa do Nado pelo apoio logístico no campo; à Laura Rull del Aguila e Daniel Peifer Bezerra pelo inestimável auxílio durante o trabalho de campo; ao Prof. Dr. Raoul Henry e à Profª. Dra. Arnola Rietzler pelas sugestões e críticas às versões iniciais do manuscrito; ao CNPq pela bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências

- ARCIFA, M. S. Fluctuations and vertical migration of *Chaoborus* in a tropical Brazilian reservoir: Lake Monte Alegre. *Acta Limnol. Bras.*, São Paulo, v. 9, p. 93-103, 1997.
- BEZERRA-NETO, J. F. A influência da larva de *Chaoborus* (Insecta: Diptera) na distribuição espacial da comunidade zooplancônica na lagoa do Nado, Belo Horizonte - MG. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- BEZERRA-NETO, J. F.; PINTO-COELHO, R. M. O déficit de oxigênio em um reservatório urbano: lagoa do Nado, BH-MG. *Acta Limnol. Bras.*, São Paulo, v.13, n.1, p. 107-116, 2001.
- DAVIS, J. C. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. *J. Fish. Res. Board Can.*, Alberta, v. 32, p. 2295-2332, 1975.
- DAWIDOWICZ, P. et al. Vertical migration of *Chaoborus* larvae is induced by the presence of fish. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 35, p. 1631-1637, 1990.
- DINI, M. L.; CARPENTER, S. R. The effect of whole-lake fish community manipulations on *Daphnia* migratory behavior. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 36, p. 370-377, 1991.
- DINI, M. L. et al. Effects of predators and food supply on diel vertical migration of *Daphnia*. In: CARPENTER, S. R.; KITCHELL, J. F. *The trophic cascades in lakes*. New York: University of Cambridge, 1993, cap. 9, p. 153-171.
- FUKUHARA, H. et al. Migratory and non-migratory *Chaoborus* species in a tropical lake, Lake Dom Helvécio, Brasil. *Verh. Intern. Verein. Limnol.*, Stuttgart, v. 25, p. 931-938, 1993.
- GLIWICZ, Z. M. et al. Ontogenetic shifts in the migratory behavior of *Chaoborus flavicans* MEIGEN: field and experimental evidences. *Arch. Hydrobiol.*, Plön, v. 149, p. 193-212, 2000.
- HANAZATO, T.; YASUNO, M. Zooplankton community structure driven by vertebrate and invertebrate predators. *Oecologia*, Berlin, v. 81, p. 450-458, 1989.
- HANEY, J. F. et al. Light control of evening vertical migrations by *Chaoborus punctipennis* larvae. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 35, p. 1068-1078, 1990.
- HARE, L.; CARTER, J. C. H. The benthos of a natural West African lake, with emphasis on the diel migrations and lunar and seasonal periodicities of the *Chaoborus* populations (Diptera: Chaoboridae). *Freshwater Biology*, Oxford, v. 16, p. 759-780, 1986.
- LAROW, E. J. The effect of oxygen tension of the vertical migration of *Chaoborus* larvae. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 15, p. 357-362, 1970.
- LAZZARO, X. A review of planktivorous fishes: Their evolution, feeding behaviors, selectivities and impacts. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 146, p. 97-167, 1987.
- LÓPEZ, C.; CRESSA, C. Ecological studies on a *Chaoborus* larvae population in a tropical reservoir (Socuy Reservoir, Venezuela). *Arch. Hydrobiol.*, Plön, v. 136, p. 421-431, 1996.

- LUECKE, C. A change in the pattern of vertical migration of *Chaoborus flavicans* after introduction of trout. *J. Plankton Res.*, Oxford, v. 8, p. 649-657, 1986.
- MCQUEEN, D. J. *et al.* Chaoborus behavioral responses to changes in fish density. *Arch. Hydrobiol.*, Plön, v. 145, p. 165-179, 1999.
- RAHEL, F. J.; NUTZMAN, J. W. Foraging in a lethal environment: fish predation in hypoxic waters of a stratified lake. *Ecology*, Davis, v. 75, p. 1246-1253, 1994.
- REISS, F. Qualitative and quantitative investigations on the macrobenthic fauna of Central Amazon lakes. I. Lago Tupé, a black water lake on the lower Rio Negro. *Amazoniana*, Plön, v. 6, p. 203-235, 1977.
- RINE, H. E.; KESLER, D. H. A long-term study of larval *Chaoborus punctipennis* (Diptera: Insecta) vertical migration and the role of critical oxygen concentration. *J. Fresh. Ecol.*, La Crosse, v. 16, p. 145-150, 2001.
- TERAGUCHI, M.; NORTHCOTE, T. G. Vertical distribution and migration of *Chaoborus flavicans* larvae in Corbett Lake, British Columbia. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 11, p. 164-176, 1966.
- THRELKELD, S. T. The midsummer dynamics of two *Daphnia* species in Wintergreen Lake, Michigan. *Ecology*, Davis, v. 60, p. 65-179, 1979.
- TJOSSEM, S. F. Effects of chemical cues on vertical migration behavior of *Chaoborus*. *Limnol. Oceanogr.*, Waco, v. 35, p. 1456-1468, 1990.
- VOSS, S.; MUMM, H. Where to stay by night and day: size-specific and seasonal differences in horizontal and vertical distribution of *Chaoborus flavicans* larvae. *Fresh. Biol.*, Oxford, v. 42, p. 201-213, 1999.
- XIE, P. *et al.* Studies on the biology of *Chaoborus flavicans* (Meigen) in a fish-free eutrophic pond, Japan. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 368, p. 83-90, 1998.
- WILDING, J. L. The oxygen threshold for three species of fish. *Ecology*, Davis, v. 20, p. 253-263, 1939.

Received on October 03, 2001.

Accepted on February 20, 2002.