



AUMENTO DE TEMPERATURA E ENRIQUECIMENTO AFETANDO A PRODUÇÃO PRIMÁRIA DE *UTRICULARIA FOLIOSA* L. 1753.

M. C. Matteuzzo¹

P. M. Maia - Barbosa²; F. A. R. Barbosa²

1 Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente, Campus Morro do Cruzeiro, 35400 - 000, Ouro Preto, MG, Brazil. Telefone: 55 31 3559 - 1672-matteuzzo@iceb.ufop.br/ mmatteuzzo@gmail.com (e - mail principal); 2 Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Geral, Campus Pampulha, 31270 - 902, Belo Horizonte - MG.

INTRODUÇÃO

O estudo da produtividade primária de uma área pode fornecer informações sobre a entrada de carbono e energia nos ciclos naturais (Daoust & Childers, 1998) e no caso de ambientes aquáticos onde promovem alterações das variáveis limnéticas, como as concentrações de oxigênio dissolvido na zona eufótica (Esteves, 1998). As macrófitas aquáticas são componentes - chave do ambiente aquático para estudo de produtividade.

Petrucio & Esteves (2000) e Thomaz *et al.*, (2007), mostraram que a produção primária é afetada por fatores limitantes, entre eles, os nutrientes (nitrogênio e fósforo), condições de temperatura, luz, pH, condutividade, carbono inorgânico disponível, velocidade da água e retenção de sedimentos.

As alterações antropogênicas do último século, principalmente aquelas que contribuíram com um incremento de nutrientes nos ambientes aquáticos, modificaram a qualidade das águas, com impactos sobre as comunidades que viviam nestes ambientes (Prado & Novo, 2007; Maia - Barbosa *et al.*, m prep.). Além destas, o aumento previsto para a temperatura global, e os possíveis efeitos sobre a dinâmica dos ambientes naturais aquáticos, tornaram - se, atualmente, objeto de estudos (p. ex. Sand - Jensen & Pedersen, 2005). As evidências obtidas por meio de observações em todos os continentes, e na maior parte dos oceanos, indicam que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, principalmente pelos aumentos de temperatura. Para os lagos foi previsto, por exemplo, alterações na estrutura térmica e na qualidade da água, além dos níveis de oxigênio e circulação, causando aumento nas densidades de algas e zooplâncton (IPCC WG II, 2007).

As projeções do aquecimento para o Leste Mineiro, segundo modelos regionais para cenário de altas emissões (A2) divulgados no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em 2007, determinadas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto de

Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), estão na ordem de 4°C para o período de 2071 a 2100.

O trabalho de Maia - Barbosa *et al.*, (em prep.) analisa dados compilados de estudos realizados em 1978 e 1998 e durante o período de 2000 a 2006 no Lago Dom Helvécio (PERD - MG), sugere que o aumento das concentrações de fósforo, nitrogênio e da condutividade, a diminuição da profundidade do disco de Secchi e as mudanças nas comunidades do fito e zooplâncton, se devem não só à ação antropogênica, como também ao efeito de mudanças climáticas em acontecimentos naturais, como o El Niño. Naquele trabalho nenhuma avaliação foi feita sobre os efeitos na comunidade de macrófitas aquáticas.

Apesar da importância das macrófitas para a dinâmica dos ecossistemas aquáticos, informações sobre respostas desta comunidade às alterações antropogênicas estão ainda são escassas para efeito de aumento de temperatura. Alguns estudos procuraram demonstrar os efeitos do enriquecimento sobre esta comunidade. Carignan & Kalf (1980) demonstraram que o sedimento é a principal fonte de fósforo (P) para as macrófitas enraizadas. No entanto, quando em ambientes hipertróficos, a água também passa a funcionar como fonte deste nutriente, que é absorvido pelas folhas. Chambers & Prepas (1989) e Madsen & Cedergreen (2002) confirmaram que as raízes são as principais vias de absorção de nitrogênio (N) e P, contudo, as folhas e/ou brotos podem assimilar os nutrientes em água com altas concentrações de N e P. Petrucio & Esteves (2000) utilizando macrófitas flutuantes livres mostraram que as taxas de assimilação de N e P foram alteradas, com redução na absorção quando níveis altos de nutrientes foram utilizados. Thomaz *et al.*, (2007) mostraram uma relação positiva entre disponibilidade de nutrientes e taxa de crescimento da espécie *Egeria najas*, embora a redução de N e P em água não seria suficiente para controlar o crescimento da macrófita.

Considerando que o lago Dom Helvécio apresenta diversos bancos de macrófitas e que as informações sobre esta comunidade ainda são escassas, a seleção da macrófita foi

feita após consulta a relatório técnico PELD e trabalhos acadêmicos seguido de um levantamento prévio no Lago Dom Helvécio com o objetivo de avaliar a representatividade das espécies nos bancos e conhecer aquelas potenciais a serem utilizadas na fase experimental do presente estudo. Assim foi determinada a macrófita a ser estudada, livre (não enraizada) e submersa, garantindo a absorção de nutrientes diretamente da água, e permitindo a manipulação de fragmentos fotossintetizantes que seriam mantidos imersos em frascos tampados para a fase experimental: *Utricularia foliosa* L. 1753, espécie que possui ampla distribuição na América do Sul (Taylor, 1989; Pompêo & Moschini - Carlos, 1997). Desta forma, o presente estudo avaliou as respostas de *Utricularia foliosa* em termos de produção primária e respiração, sob diferentes condições de enriquecimento com N e P e de temperatura.

OBJETIVOS

Avaliar os efeitos do enriquecimento com N e P, e do aumento da temperatura sobre a produção primária e respiração de *U. foliosa*, e determinar sob que condições de trofia e de temperatura a capacidade fotossintética e a produção primária de *U. foliosa* são alteradas de forma significativa.

MATERIAL E MÉTODOS

Desenho experimental

Foram realizados seis diferentes tratamentos para a avaliação da produtividade primária de *U. foliosa*: três condições nutricionais representativas dos estados oligotrófico, mesotrófico e eutrófico, em duas condições de temperatura (27°C e 37°C). O tratamento oligotrófico à 27°C foi considerado como controle por representar as mesmas condições nutricionais do lago, e temperatura média do lago ao longo dos anos de monitoramento PELD.

O tempo de incubação foi determinado a partir de um experimento - piloto no qual os fragmentos da macrófita foram incubados em réplicas, em frascos claros e escuros. Foi utilizada a média da temperatura dos anos monitorados (27°C). Como não se conhecia a resposta fotossintética da planta, foram incluídos períodos curtos de incubação de 3 e 4 horas, freqüentemente utilizados em experimentos com fitoplâncton, e também períodos longos, de 8 e 12 horas. Os valores de OD registrados nas incubações de 8 e 12 horas foram semelhantes entre si, e considerando que o período de exposição da macrófita à radiação solar direta no campo é menor que 12 horas devido ao sombreamento das margens, o período de 8h foi escolhido para a incubação dos experimentos.

Montagem do experimento

As macrófitas foram coletadas em banco de localização mais próxima da casa dos barcos, e trazidas em balde com água do lago e protegidas da luz solar com saco plástico preto, para o laboratório montado no Parque Estadual do Rio Doce, onde os ramos folhosos foram previamente limpos, com o auxílio de um pincel e água destilada. Os ramos

utilizados, com 5 cm de comprimento e contendo 5 ramificações, foram colocados em frascos claros e escuros, contendo água do lago filtrada em rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha, para a retirada do micropâncton. Toda a água utilizada nos experimentos foi coletada no mesmo banco.

Temperaturas utilizadas

Conhecendo as propriedades da água, como calor específico e que uma coluna d'água de um metro absorve em torno de 60% da radiação (Esteves, 1998) e 43,3% em média (n=30; máxima de 63,7%), segundo dados do monitoramento realizado pelo Programa PELD/UFGM para o Lago Dom Helvécio, foi assumido que a temperatura do ar influenciaria diretamente na temperatura do primeiro metro deste corpo d'água.

Considerando as projeções de aquecimento global para a região do Leste Mineiro, seguindo modelos regionais para cenários de altas emissões divulgados no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - A2) e determinadas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC do Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE (Ambrizzi *et al.*, 007), do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT., determinou-se a temperatura a ser empregada neste estudo, para simulação do aquecimento. Para atender aos objetivos propostos, os experimentos foram realizados sob duas temperaturas:

- 1) 27°C, representando a média das temperaturas registradas no primeiro metro de profundidade, durante o monitoramento do programa PELD (entre 1999 e 2006).
- 2) 37°C, que corresponde à maior temperatura registrada no corpo d'água durante os verões deste mesmo intervalo de monitoramento (33°C), acrescida de 4°C, que é o aumento previsto para temperatura atmosférica para a região, para o período entre os anos de 2071 e 2100.

Condições nutricionais

As concentrações de nutrientes (N e P) utilizadas no experimento foram determinadas a partir de valores propostos por Sallas & Martino (1991) para lagos tropicais, e mantendo a razão N:P do lago para o mesmo período, segundo dados dos anos anteriores (Relatório PELD/UFGM).

A água coletada com galões na região limnética do lago foi filtrada cuidadosamente em rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha, e acrescentados 80 µg/L de P para o enriquecimento equivalente à condição mesotrófica, e 160 µg/L de P equivalente à condição eutrófica. Ao final, as seguintes concentrações foram usadas para cada uma das condições de trofia:

- 1) oligotrófica: água do lago filtrada e não enriquecida, com concentração de P próxima de 20,3 µg/L;
- 2) mesotrófica: água filtrada e enriquecida com 0,4 mg/L de KH₂PO₄ e 10,3 mg/L de NH₄Cl;
- 3) eutrófica: água filtrada e enriquecida com 0,7 mg/L de KH₂PO₄ e 19,1 mg/L de NH₄Cl.

Estimativa da produtividade primária

A produtividade primária de *U. foliosa* foi estimada através da determinação das concentrações de OD na água, que corresponde a um produto direto da fotossíntese, através da técnica de Winkler.

Para os cálculos da produção primária líquida (PPL), produção primária bruta (PPB) e respiração (R) foram utilizadas as equações de Vollenweider (1974). Os resultados foram expressos em mg O₂.g⁻¹.h⁻¹.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas através dos programas Statistica 7.0 e Bioestat 4.0. Para analisar a variação da produção primária líquida e determinar a condição de trofia e temperatura mais importante na alteração da produtividade realizou-se ANOVA, seguido de Post - Hoc teste de Tukey. Como a respiração não apresentou curvas normais, realizou-se análise de Kruskal - Wallis, seguido de teste de comparações Student - Newman - Keuls com o mesmo propósito. Foi obtida a influência das variáveis independentes na produção primária de *U. foliosa* de forma isolada (temperatura ou trofia) e em combinação (temperatura + trofia). O intervalo de confiança dos testes foi de 95%.

RESULTADOS

A média da variação de oxigênio dissolvido nos frascos claros e escuros contendo o nanoplâncton e picoplâncton e utilizados como controle foi de 0,20 mg O₂.L⁻¹ (0,06 mg C.gPS⁻¹.m⁻³.h⁻¹), e foram considerados de pouca interferência. Observa-se que os valores de produção primária líquida (PPL) foram reduzidos com o aumento do grau de trofia e com o aumento de temperatura. As diferenças obtidas entre os tratamentos foram consideradas significativas (Anova, F=5,12; p=0,0092). No entanto, para enriquecimento apenas as diferenças do estado oligotrófico para mesotrófico a 27°C foram consideradas estatisticamente significativas (Anova, F(1;4) = 14,1892; p = 0,0197).

Quando as mesmas condições de trofia foram comparadas em diferentes temperaturas, apenas foram significativas as diferenças entre os tratamentos oligotrófico à 27°C e oligotrófico à 37°C (teste Post - hoc de Tukey, p=0,0052).

Para a produção primária bruta não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos testados (Kruskal - Wallis, H=3,81; p=0,57). Com relação à respiração, as diferenças obtidas entre os tratamentos foram significativas (Kruskal - Wallis, H=11,83; p=0,03). Nota-se um consumo de O₂ sempre maior nos tratamentos à 37°C, e as diferenças foram significativas apenas entre os tratamentos oligotrófico a 27°C e oligotrófico a 37°C (Kruskal - Wallis, p=0,04 (KW - H(1;6) = 3,8571).

A influência das temperaturas sobre PPL e respiração foi testada independentemente do grau de trofia, avaliada através de Anova (F(1;16) = 10,5791; p = 0,0048) e Kruskal - Wallis (KW - H(1;18) = 10,9649; p = 0,0009), respectivamente. A análise mostrou um decréscimo da PPL e um aumento na respiração significativos. A temperatura não foi importante para PPB.

CONCLUSÃO

Os experimentos permitiram verificar que o enriquecimento com N e P para estágios de mesotrofia e eutrofia não alterou de forma significativa a produção primária ou a respiração

de *U. foliosa*. Entretanto foi verificada significativa queda na produção primária e no aumento da respiração de *U. foliosa* em condições de altas temperaturas (37°C). Esse fato reforça que o aumento das temperaturas médias pode ser considerada o fator de maior preocupação com relação ao equilíbrio das comunidades aquáticas.

Com estes resultados supõe-se que, se as previsões de aumento da temperatura regional em 4°C segundo projeções de aquecimento para a região do Leste Mineiro estiverem certas, os indivíduos de *U. foliosa* estarão sujeitos ao estresse fisiológico nos períodos mais quentes do ano, e portanto, mais vulneráveis. Outros organismos da comunidade aquática, mesmo que não sensíveis ao mesmo grau de aquecimento, poderão ser afetados direta ou indiretamente, devido às interações ecológicas com *U. foliosa*. Além disso, outras plantas podem se comportar de forma semelhante, ou serem ainda mais sensíveis ao aumento de temperatura. Este estudo permitiu dar previsibilidade nas populações de *U. foliosa* frente ao aquecimento global, que pode resultar em mudanças importantes para o ecossistema aquático, destacando-se alterações na demanda de oxigênio na água, na disponibilização de habitats e oferta de nichos, na manutenção da diversidade de organismos aquáticos e cadeias alimentares relacionadas.

Agradecimentos: CNPq e Capes.

REFERÊNCIAS

- Ambrizzi, T., Rocha, R. P., Marengo, J. A., Pisnitchenco, I., Nunes, L. A., Fernandez, J. P. R., 2007. Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Relatório 3. CPTEC/INPE, MMA/SBF/DCBio. 112 pp.
- Carignan, R. & Kalff, J., 1980. Phosphorus sources for aquatic weeds: water or sediments? Science 207 (29), 987 - 989.
- Chambers, P. A. & Prepas, E. E., 1989. Roots versus shoots in nutrient uptake by aquatic macrophytes in flowing waters. Can. j. Fish. Aquat. Sci. 46, 435 - 439.
- Daoust, R. J. & Childers, D. L., 1998. Quantifying above-ground biomass and estimating net aboveground primary production for wetland macrophytes using a non-destructive phenometric technique. Aquatic Botany 62, 115 - 133.
- Esteves, F. A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 602 pp.
- Guisande, C., Aranguren, N., Andrade - Sossa, C., Prat, N., Granado - Lorencio, C., Barrios, M. L., Bolivar, A., Núñez - Avellaneda, M., Duque, S. R., 2004. Relative balance of the cost and benefit associated with carnivory in the tropical *Utricularia foliosa*. Aquatic Botany 80, 271 - 282.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.

- Madsen, T. V. & Cedergreen, N., 2002. Sources of nutrients to rooted submerged macrophytes growing in a nutrient - rich stream. *Freshwater Biology* 47, 283 - 291.
- Miranda, E. E. de, Coutinho, A. C. (Coord.), 2004. *Brasil Visto do Espaço*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 12 out. 2007.
- Petrucio, M. M. & Esteves, F. A., 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Rev. Bras. Biol.* 60 (2), 229 - 236.
- Pompêo, M. L. M, Moschini - Carlos, V., 1997. Ocorrência de espécies de *Utricularia* em sistemas lênticos dos Estados de São Paulo e Minas Gerais. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 10: 37 - 49.
- Prado, R. B., Novo, E. M. L. M., 2007. Avaliação espaço - temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. *Sociedade & Natureza* 19(2), 5 - 18.
- Sallas, H. J. & Martino, P., 1991. A simplified phosphorus trophic state model for warm - water tropical lakes. *Wat. Res.* 25 (3), 341 - 350.
- Sand - Jensen, K., Pedersen, N. L., 2005. Differences in temperature, organic carbon and oxygen consumption among lowland streams. *Freshwater Biology* 50, 1927 - 1937.
- Taylor, P., 1989. The genus *Utricularia*: a taxonomic monograph. *Kew Bulletin, Additional Series XIV* London.
- Thomaz, S. M., Chambers, P. A., Pierini, S. A., Pereira, G., 2007. Effects of phosphorus and nitrogen amendments on the growth of *Egeria najas*. *Aquatic Botany* 86, 191-196.
- Vollenweider, R. A., 1974. A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. Oxford. Blackwell, 225 pp.