

I-207 - EXPERIMENTO DE PARAMETRIZAÇÃO DE ATRIBUTOS PARA O MODELO ECOLÓGICO IPH-ECO, VISANDO O CONTROLE DE FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM RESERVATÓRIOS**Vanessa Becker⁽¹⁾**

Graduada em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutora em Ciências Biológicas – Botânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Tiago Finkler Ferreira

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Auditor Líder ISO-14001 – BVQI/IRCA. PhD em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS.

David da Motta Marques

Graduado em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestre em Ecologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia Ambiental - Imperial College of Science Technology.

Endereço⁽¹⁾: Av. Sen. Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário- Natal – RN - Cep. 59078-970- Brasil.
email: vbecker@ct.ufrn.br

RESUMO

No Brasil, a incidência de florações de cianobactérias vem crescendo nos últimos anos. A prevenção de florações de cianobactérias é a atitude mais racional a ser adotada por responsáveis pelo uso de um manancial. A modelagem dinâmica é uma ferramenta indispensável para a compreensão dos mecanismos de interação entre o estado trófico de lagos, e abundância dos seus principais competidores e herbívoros. O modelo IPH-ECO é um complexo sistema computacional desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), voltado especialmente para entendimento dos processos físicos, químicos e biológicos de corpos d'água rasos e profundos, tais como, lagos, reservatórios e estuários de uma maneira integradora. Em modelagem ecológica, os parâmetros têm uma definição científica, como por exemplo, a taxa máxima de crescimento do fitoplâncton. Neste estudo, focaremos a parametrização experimental dos processos relacionados aos recursos utilizados pelas cianobactérias no reservatório do Faxinal, localizado no sul do Brasil. Objetivo deste estudo foi definir parâmetros de recursos (nutrientes e luz) através da taxa de crescimento de uma cepa de cianobactéria tóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* (CYRF), com o propósito de calibrar e validar o modelo ecológico IPH-ECO. A parametrização de diferentes intensidades luminosas (80, 180 e 300 $\mu\text{M Par}$), resultou em um melhor crescimento em intensidade luminosa baixa, condizente o que já se conhece da auto-ecologia da espécie. O teste-*t* apresentou diferença significativa na taxa de crescimento entre a intensidade mais baixa e as demais. A CYRF também foi parametrizada em diferentes condições de fósforo e nitrogênio dissolvidos. Para ambos nutrientes utilizamos quantidades equivalentes às encontradas no reservatório do Faxinal. Para a parametrização do fósforo, utilizamos as quantidades de 5, 20, 50 e 100 $\mu\text{g/L}$. Neste experimento não houve diferença significativa entre as taxas de crescimento. Para o nitrogênio utilizamos os valores de concentrações de 100, 300, 600 e 1200 $\mu\text{g/L}$. Neste experimento os valores baixos N de 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ apresentaram a maior taxa de crescimento. Algumas vantagens adaptativas são descritas como razões para o sucesso da espécie, e os resultados deste estudo vêm corroborar com o encontrado na literatura para as cianobactérias fixadoras de nitrogênio (N_2). As taxas de crescimento para a cepa tóxica CYRF sob diferentes intensidades luminosas e nutrientes (P e N) foram parametrizadas para a validação do modelo IPH-ECO, já calibrado anteriormente com dados reais.

PALAVRAS-CHAVE: parametrização, cianobactérias, modelagem ecológica

INTRODUÇÃO

No Brasil, as florações vêm aumentando em intensidade e frequência, com dominância de cianobactérias durante grande parte do ano, sobretudo em reservatórios (Huszar & Silva, 1999; Bicudo et al., 1999; Calijuri et al., 2002; Bouvy et al. 2003). As florações causam sérios problemas devido a sua aparência, probabilidade de desoxigenação, substâncias odoríferas desagradáveis e a frequente formação de toxinas (Whitton, 1992). A prevenção de florações de cianobactérias é a atitude mais racional a ser adotada por responsáveis pelo uso de um manancial, evitando os problemas potenciais causados por tais florações. Infelizmente nenhuma técnica de prevenção é simples e antes de qualquer opção ser selecionada faz-se necessário considerar as informações já disponíveis sobre o ambiente físico, químico e biológico.

Modelos ecológicos podem ser ferramentas eficientes para o rápido diagnóstico e revisão de cenários de interesse em ecossistemas aquáticos. Entretanto, a capacidade de retratar com precisão a dinâmica de comunidades biológicas e processos abióticos no ambiente a ser modelado não depende somente do grau de abstração considerado, mas também dos valores assumidos para os parâmetros. Alguns processos abióticos e aspectos eco-fisiológicos dos organismos aquáticos do ecossistema aquático podem ser ajustados separadamente em experimentos específicos, o que reduz o número de parâmetros envolvidos na fase de calibração. Este tipo de calibração experimental é o que denominamos de parametrização, a qual é destinada ao ajuste experimental de coeficientes de processos globais abióticos e biológicos dos ecossistemas aquáticos (Fragoso Jr. et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi definir parâmetros de recursos (nutrientes e luz) através da taxa de crescimento de uma cepa de cianobactéria tóxica, com o propósito de calibrar e validar o modelo ecológico IPH-ECO, que possui como meta final, subsidiar respostas relacionadas ao manejo e gestão de reservatórios.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Reservatório do Faxinal (Figura 1) foi construído em 1992, está localizado no município de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul, Brasil) entre as cotas 698-700 m, com um tempo de residência de 191 dias, área de 3,07 km², volume de 38 hm³ e profundidade máxima de 35 m. O reservatório é responsável pelo abastecimento de 63,3% da população de Caxias do Sul.

O reservatório recebe contribuição do Arroio Faxinal, cuja carga orgânica relativamente pequena é derivada de esgotos de casas do campo, pequenas lavouras e a maior parte vinda da pecuária; do Arroio Herval com contribuição de lavouras horti-fruti-granjeiras; e do Arroio Alegre com banhados e esgotos do distrito-sede Ana Rech (Caxias do Sul, RS).

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

Primeiramente, dados já existentes do reservatório do Faxinal (Becker, 2004) foram utilizados para a calibração e validação do modelo ecológico IPH-ECO. Os dados utilizados foram: perfil térmico, luz, nutrientes dissolvidos, e a biomassa dos grupos fitoplancônicos (cianobactéria, diatomácea e algas verdes) e do zooplâncton.

PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO

O modelo IPH-ECO (Fragoso et al., 2008) é composto por 328 parâmetros, os quais representam um valor característico para cada processo ou interação entre organismos aquáticos. O IPH-ECO é um complexo sistema computacional desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), voltado especialmente para entendimento dos processos físicos, químicos e biológicos de corpos d'água rasos e profundos, tais como, lagos, reservatórios e estuários de uma maneira integradora. Em modelagem ecológica, os parâmetros têm uma definição científica, como, por exemplo, a taxa máxima de crescimento do fitoplâncton.

A cepa de cianobactéria utilizada nos experimentos de parametrização foi *Cylindrospermopsis raciborskii* (CYRF), da Ordem Nostocales, obtida da coleção de cultura do Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de

Cianobactérias (UFRJ). O inoculo CYRF foi mantida em uma sala climatizada controlada a 26 °C a 300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR em um ciclo de 12:12 em meio de cultura ASM1.

Os experimentos foram realizados durante um período de no máximo de 15 dias. O produto final é a taxa de crescimento do inóculo, em diferentes condições de luz e nutrientes.

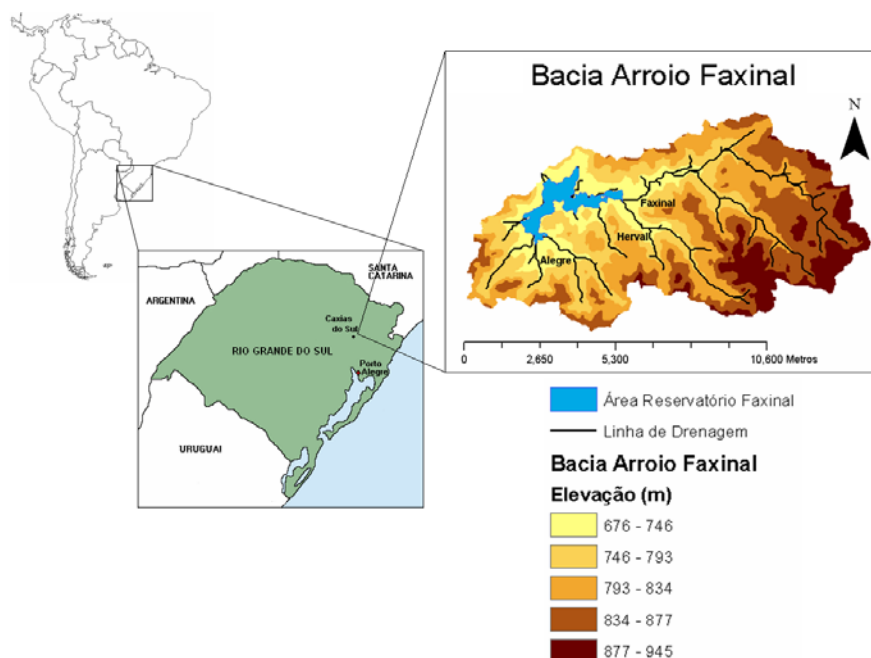


Figura 1 - Localização do reservatório do Faxinal em Caxias do Sul, RS, sul do Brasil.

ANÁLISE EXPERIMENTAL

Parâmetro Intensidade de luz

O experimento de intensidade luminosa foi desenvolvido no próprio laboratório do IPH/UFRGS abordando diferentes intensidades luminosas. Cada tratamento iniciou com uma concentração algas de ($10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL}$). O experimento foi realizado uma sala climatizada controlada a 26 °C, em um ciclo de 12:12 em meio de cultura ASM1. O pH também foi controlado a 7,5-8,0 com dióxido de carbono gás. O meio ASM1 foi utilizado por ser abundante em nutriente, para que o inoculo não sofresse limitação.

O único parâmetro que variou foi a luz, em 3 intensidades diferentes (80, 180 e 300 $\mu\text{mol m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), todos os tratamentos com tréplicas.

O número de partículas e volume forma medidos a cada 24 horas com exceção do primeiro dia do experimento, com o Coulter® Multisizer II (capilar de 100 μm , Coulter Electronics Limited, Luton, Inglaterra).

A concentração de clorofila-*a* e a atividade fotossintética também foram medidas a cada 24 horas através do PHYTO-PAM – análise de fitoplâncton (Heins Walz GmbH, Effeltrich, Alemanha).

Depois de 15 dias experimento a taxa de crescimento foi obtida para cada intensidade de luz testada.

Parâmetros nutrientes dissolvidos: fósforo solúvel reativo e nitrogênio inorgânico dissolvido

Os experimentos de parametrização do nitrogênio inorgânico dissolvido e fósforo solúvel reativo para o inoculo da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* (CYRF), foram desenvolvido no próprio laboratório do IPH/UFRGS abordando diferentes quantidades de P e N. Cada tratamento iniciou com uma concentração algas

de $(10^6 \mu\text{m}^3/\text{mL})$. O experimento foi realizado numa sala climatizada controlada a 26°C e $80 \mu\text{mol m}^2/\text{s}$, em um ciclo de 12:12 em meio de cultura ASM1. O pH também foi controlado a 7,5-8,0 com dióxido de carbono gás.

Para a parametrização do fósforo, realizou-se quatro tratamentos diferentes com réplicas, nas concentrações de FSR (fósforo solúvel reativo), 5, 20, 50 e $100 \mu\text{g/L}$. Para o nitrogênio utilizou-se as concentrações de 100, 300, 600 e $1200 \mu\text{g/L}$. Ambos os valores tiveram como base as concentrações encontradas no reservatório do Faxinal (Becker, 2008).

O número de partículas e volume foram medidos a cada 24 horas com exceção do primeiro dia do experimento, com o Coulter® Multisizer II (capilar de $100 \mu\text{m}$, Coulter Electronics Limited, Luton, Inglaterra). A concentração de clorofila-*a* e a atividade fotossintética também foram medidas a cada 24 horas através do PHYTO-PAM – análise de fitoplâncton (Heins Walz GmbH, Effeltrich, Alemanha).

Depois de 15 dias de experimento a taxa de crescimento foi obtida para cada quantidade de P e N.

Análise de Dados

A taxa de crescimento (μ) foi calculada com base no aumento do biovolume durante a fase exponencial do experimento, de acordo com a equação:

$$\mu = \{\ln(V_t) - \ln(V_0)\} \times \Delta t^{-1}.$$

Foi aplicado teste-*t* (programa Statview) para verificar diferenças significativas entre as taxas de crescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A parametrização de diferentes intensidades luminosas (80, 180 e $300 \mu\text{M Par}$, Figura 2), resultou em um melhor crescimento em intensidade luminosa baixa, condizente com o que já se conhece da auto-ecologia da espécie (Reynolds, 2006). O teste-*t* apresentou diferença significativa na taxa de crescimento entre a intensidade mais baixa e as demais.

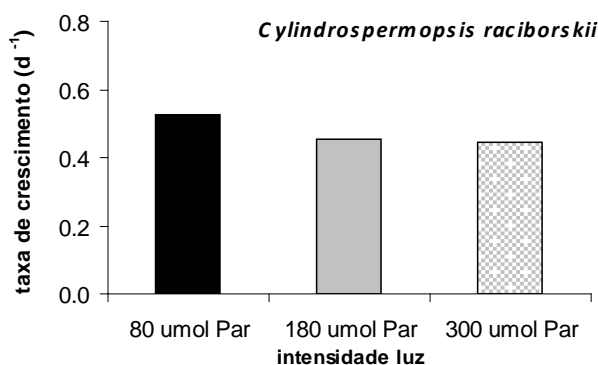


Figura 2 - Taxa de crescimento da cianobactéria *Cyndrospermopsis raciborskii* em diferentes condições de intensidade luminosa.

A CYRF também foi parametrizada em diferentes condições de fósforo e nitrogênio dissolvidos. Para ambos nutrientes utilizamos quantidades equivalentes às encontradas no reservatório do Faxinal. Para a parametrização do fósforo, foram abordadas as quantidades de 5, 20, 50 e $100 \mu\text{g/L}$. Neste experimento não houve diferença significativa entre as taxas de crescimento. Para o nitrogênio utilizamos os valores de concentrações de 100, 300, 600 e $1200 \mu\text{g/L}$. Neste experimento os valores baixos N de $100 \mu\text{g/L}$ apresentaram a maior taxa de crescimento (Figura 3).

Algumas vantagens adaptativas são descritas como razões para o sucesso da espécie, e os resultados deste estudo vêm corroborar com o encontrado na literatura para as cianobactérias heterocitadas. Sendo uma espécie que fixa nitrogênio, não necessita de grandes quantidades deste nutriente para crescer. Além disso, poucas

quantidades de fósforo também são suficientes, em pequena escala temporal, para um crescimento elevado, pois possuem grãos de polifosfato que estocam o fósforo, como no caso de *C. raciborskii* (Isvánovics et al. 2000).

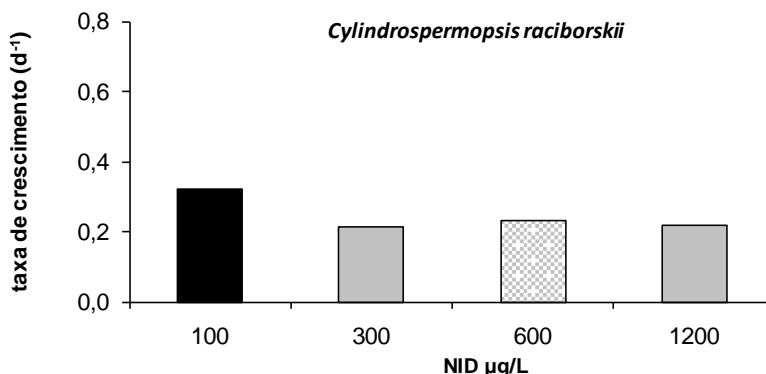


Figura 3 - Taxa de crescimento da cianobactéria *Cylindrospermopsis raciborskii* em diferentes concentrações de nitrogênio dissolvido.

CONCLUSÕES

As taxas de crescimento para a cepa tóxica *Cylindrospermopsis raciborskii* (CYRF) sob diferentes intensidades luminosas e nutrientes (P e N) foram parametrizadas para a validação do modelo IPH-ECO, já calibrado anteriormente com dados reais. A cepa apresentou maiores taxas de crescimento em intensidade luminosa baixa (80 µM Par) e baixa concentração de NID (100 µg.L⁻¹).

Ao final deste estudo espera-se que, uma vez calibrado e validado, o modelo IPH-ECO seja uma ótima ferramenta para a investigação de controle de florações de cianobactérias em reservatórios de abastecimento. Assim os resultados da pesquisa subsidiarão as tomadas de decisões das companhias de abastecimento e saneamento referente ao controle de cianobactérias nos mananciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECKER, V. A importância do regime de mistura sobre a dinâmica fitoplanctônica em reservatórios monomíticos: uma abordagem em diferentes escalas temporais. Tese doutorado. Programa de Pós Graduação em Botânica-Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
2. BICUDO, C.E.M.; RAMÍREZ, R.J.J.; TUCCI, A.; BICUDO, D.C. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: O Lago das Graças, São Paulo. In: Henry, R. (ed). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos. Botucatu: FAPESP. pp. 451-507, 1999.
3. BOUVY, M., NASCIMENTO, S. M., MOLICA, R. J. R., FERREIRA, A., HUSZAR, V., AZEVEDO, S. M. F. O. E. Limnological features in Tapacurá reservoir (Northeast Brazil) during a severe drought. Hydrobiologia, v. 493, p. 115 – 130, 2003.
4. FRAGOSO Jr., C.R., MOTTA MARQUES, D., COLLISCHONN, W., VAN NES, E.H. Modelling spatial heterogeneity of phytoplankton in Lake Mangueira, a large shallow subtropical lake in South Brazil. Ecological Modelling v. 219, p. 125–137, 2008.
5. FRAGOSO Jr., C.R., FINKLER-FERREIRA, T., MOTTA-MARQUES, D. Modelagem Ecológica em Ecossistemas Aquáticos. Oficina de Textos, São Paulo, 2009.
6. HUSZAR, V.L.M. & SILVA, L.H. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos. Limnotemas, v. 2, 17pp, 1999.
7. ISVÁNOVICS, V., SHAFIK, H. M., PRÉSING, M., JUHOS, S. Growth and phosphate uptake kinetics of the cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) in throughflow cultures. Freshwater Biology, v 43, p. 257-75. 2000.
8. REYNOLDS, C.S. 2006. The Ecology of Phytoplankton (Ecology, Biodiversity and Conservation). Cambridge University Press, Cambridge, 2006.