

Desenvolvimento e aplicação de funções de transferência baseadas em diatomáceas para os lagos da bacia do rio Araguaia como ferramenta de gestão ambiental

Doriedson Ferreira Gomes¹

dfgomes@ufba.br

Loreane Dias Alves²

loreanealves.pejba@gmail.com

Luan Rocha Baqueiro Figueiredo³

luanrbf@gmail.com

Laboratório de Ecologia e Paleoecologia de Ambientes Aquáticos

Angélica Yohana Cardozo Vargas⁴

yohanacardozo@yahoo.es

EMBASA

INTRODUÇÃO. Tradicionalmente, os estudos ecológicos e os programas de monitoramento têm um componente espacial de distribuição dos sítios estudados e um componente temporal, quando os sítios são visitados mais de uma vez ao longo do ano para os estudos. No entanto, a intensificação da influência humana sobre os ecossistemas remonta há, pelo menos, dois séculos (Dubois et al., 2018). Sendo assim, os ecossistemas encontram-se hoje numa condição não natural, ainda que em alguns esta alteração ainda não seja suficiente para deteriorar as características naturais do ambiente. Outro aspecto importante de se mencionar sobre os estudos ecológicos e programas de monitoramento é que eles são relativamente recentes em comparação à presença humana e degradação ambiental provocada por esta presença. Diante do problema de entender e monitorar os ecossistemas em longo prazo, ou seja, antes da intensificação das pressões humanas sobre os ecossistemas, é que surge como opção para tal os estudos paleolimnológicos.

A Paleolimnologia é uma disciplina científica que se concentra na reconstrução dos ambientes passados das águas interiores (por exemplo, lagos e rios) e suas bacias hidrográficas usando o registro geológico recente, especialmente no que diz respeito a eventos como mudanças climáticas, eutrofização, acidificação e processos ontogênicos internos (Smol, 2008). Os estudos paleolimnológicos são conduzidos principalmente por meio de análises das propriedades físicas, químicas e biológicas dos sedimentos.

Na Europa, a Diretiva Quadro da Água estabelece, no seu item 1.3, que os estudos paleolimnológicos devem embasar o “estabelecimento das condições de referência específicas para os tipos de massas de águas de superfície”.

A condução dos estudos paleolimnológicos se faz em dois momentos: (i) a primeira etapa trata de desenvolver modelos estatísticos que relacionam as comunidades de organismos indicadores preservadas nos sedimentos superficiais às características limnológicas dos ecossistemas, ou seja, as características físicas e químicas das águas dos lagos, determinando as variáveis ambientais que se apresentaram significativas em relação à estruturação das comunidades do organismo utilizado como indicador; estes modelos são chamados de funções de transferência ou modelos de inferência. (ii) A segunda etapa está relacionada à aplicação do modelo a perfis de sedimentos coletados no fundo de lagos (normalmente na região mais profunda do lago), reconstruindo quantitativamente as variáveis que se apresentaram significativas na etapa anterior.

Ao que se sabe, o esforço deste projeto representa a primeira tentativa de integrar os estudos paleolimnológicos a programas rotineiros de monitoramento ambiental no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS. Área de estudo. A planície de inundação do Rio Araguaia é uma grande área úmida no Cerrado. A área de superfície no nível máximo de inundação é de 88.119 km². Durante o período de águas baixas, apenas 3,3% da área é coberta por água (Irion *et al.*, 2016).

Seleção dos pontos amostrais e coleta e estudo das diatomáceas

A seleção dos lagos a serem amostrados se deu a partir de imagens de satélite quando o rio está em situação de águas baixas, quando os lagos ficam bem delimitados. As estações amostrais foram posicionadas na parte central dos lagos. A coleta das amostras deu-se em 100, os quais estão posicionados em 11 tributários do rio Araguaia.

As comunidades de diatomáceas foram coletadas usando um *box-core*; a parte superficial dos sedimentos (1 cm) foi coletada e colocada em sacos plásticos identificados e preservados com formol a 4%. Em laboratório, as amostras foram oxigenadas com água oxigenada 30 vol durante 24 horas em placa aquecedora a 50 °C. Em seguida, as amostras foram lavadas com água destilada para retirar a água oxigenada. Por fim, lâminas permanentes para diatomáceas foram preparadas usando a resina Naphrax, índice de refração de 1,74. As diatomáceas foram identificadas a partir da literatura especializada e contadas pelo menos 400 valvas por lâmina.

Para determinar as variáveis estruturantes das comunidades de diatomáceas, usou-se uma Análise de Correspondência Canônica. A partir das variáveis significativas na ordenação, desenvolveu-se funções de transferência. As análises estatísticas foram realizadas no programa C2.

RESULTADOS. As diatomáceas foram registradas em 91% das amostras de sedimentos superficiais dos lagos no trecho médio do rio Araguaia em concentração suficiente para a contagem. Nestas amostras foram identificadas 365 morfoespécies, representando 40 gêneros de diatomáceas

A partir da Análise de Correspondência Canônica foi possível discernir que cinco variáveis ambientais (pH, profundidade, condutividade, nitrato e transparência) foram significativamente determinantes na estruturação das comunidades de diatomáceas dos 100 lagos estudados na bacia do rio Araguaia. A partir dos dados das comunidades de diatomáceas e das variáveis limnológicas dos lagos do trecho médio do rio Araguaia foi possível separar o trecho médio do rio Araguaia em duas metades, de modo geral. A primeira seção está associada às bacias dos rios Córrego Água Limpa, Rio Vermelho, Rio Araguaia 1, Rio do Peixe, e Rio Araguaia 2, nos quais os lagos são mais ácidos e com valores de condutividade mais elevados. A segunda seção, formada pela bacia do Rio Cristalino, Rio Araguaia 4, Rio das Mortes e Rio Araguaia 5 apresenta os lagos mais profundos, mais transparentes e com os maiores valores de oxigênio dissolvido. No eixo de profundidade, o gênero de diatomácea *Discostella* foi o que esteve mais associado ao mesmo. *Aulacoseira* também apresentou-se associada a este eixo.

A partir do Método de Média Ponderada dos Mínimos Quadrados Parciais, modelamos a relação entre as comunidades de diatomáceas e os valores de pH, profundidade, condutividade, nitrato e transparência da água dos lagos da bacia do rio Araguaia. Foram gerados 60 modelos, dos quais os melhores são listados a seguir. O melhor modelo para pH resultou num r² de 0,45 e um erro aparente de 0,42; um r²crossval de 0,27 e um erro crossval de 0,49; para profundidade resultou num r² de 0,55 e um erro aparente de 1,09m; um r²crossval de 0,38 e um erro crossval de 1,29m; e para condutividade resultou num r² de 0,47 e um erro aparente de 5,99; um r²crossval de 0,29 e um erro crossval de 7,10. Os modelos para as demais variáveis apresentaram um r²crossval e um erro crossval de valores muito baixos e, por isso, foram descartados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS. O modelo desenvolvido pelo método de MP-QMP apresenta potencial para ser aplicado a testemunhos longos com possibilidade de reconstituir os valores de condutividade e pH dos lagos na bacia do rio Araguaia e determinação se os valores observados hoje estão dentro da variabilidade histórica do sistema ou se apresentam alguma tendência, seja de redução ou aumento

destes valores em função de processos naturais de longo prazo ou a pressões antrópicas na bacia dos sistemas. Apesar do potencial mostrado pelos modelos, ainda é possível construir modelos mais robustos. Observando-se os resultados dos modelos percebe-se que há uma tendência de superestimar os valores mais baixos do gradiente, bem com subestimar os valores mais elevados das variáveis no grupo de treinamento dos lagos do Araguaia.

Os modelos de média ponderada que existem para modelar a relação dos táxons com as variáveis ambientais se baseiam na premissa de que há uma resposta unimodal das espécies em relação ao gradiente ambiental modelado, construindo um ótimo e uma faixa de tolerância para a variável ambiental. Embora os lagos do nosso estudo estejam distribuídos por um amplo espaço geográfico, estes lagos podem ser categorizados, em sua maioria, como circun-neutros, oligotróficos, rasos (profundidade máxima de 12 m) e de baixa condutividade. Portanto, os ótimos das espécies determinados pelos métodos de média ponderada podem sofrer o 'efeito de borda' para táxons indicativos de condições mais ácidas e alcalinas, eutróficas, profundas, e de condutividade muito baixas e mais elevadas, onde os ótimos são mal estimados devido ao truncamento de suas curvas de resposta ecológica nos extremos do gradiente (Simpson e Hall, 2012).

Ao estabelecer um grupo de treinamento para o desenvolvimento das funções de transferência é importante obter o maior gradiente possível da variável que se quer modelar. A falta de dados sobre os nossos ecossistemas impossibilita a seleção *a priori* de lagos para maximizar o tamanho do gradiente. Estudos nestas condições de falta de dados préteritos tornam-se exploratórios. No caso do grupo de treinamento do rio Araguaia os gradientes são curtos; o gradiente de pH é bastante curto, variou de 5,1 a 7,5. O gradiente de condutividade variou de 3 a 47; e o de profundidade variou de 3,4 a 12m. Como os métodos unimodais de funções de transferência se baseiam na determinação do ótimo e nas tolerâncias das espécies ao longo de um gradiente (Smol, 2008) é importante amostrar outros lagos ao longo do espectro de variação dos valores de pH, especialmente nas extremidades do mesmo, ou seja, lagos com valores de pH abaixo de 5,1 e acima de 7,5 de pH; no caso da condutividade buscar preencher a lacuna entre 3 e 15 de condutividade, e valores acima do limite presente nos dados do grupo de treinamento.

A profundidade dos ecossistemas aquáticos é uma variável muito complexa, pois sofre a influência de outros parâmetros ambientais, tais como: presença ou não de macrófitas aquáticas; configuração morfométrica do sistema e de sua bacia; da presença ou não de fluxos de entrada e saída de água e intensidade destes fluxos; sombreamento ou não do espelho de água; direção e intensidade dos ventos, dentre outros fatores. Sendo assim, a profundidade dos ecossistemas aquáticos tem sido menos modelada do que outras variáveis, tais como pH, temperatura, concentração de nutrientes (Gomes, 2014). O estudo do Araguaia tem uma peculiaridade na sua construção, pois os dados limnológicos foram obtidos no período de águas altas, quando certamente há mudanças nas características limnológicas dos lagos.

O aspecto da periodicidade, idealmente, deve ser considerado nas campanhas para compor o conjunto de amostra denomina de grupo de treinamento (*training setting*). Normalmente, este conjunto de amostras é construído a partir de 3 ou 4 campanhas para a determinação das características limnológicas média dos ecossistemas aquáticos em estudo. No caso do estudo do rio Araguaia, tendo sido o grupo de treinamento construído a partir de apenas uma campanha de coleta, no período de águas altas do sistema, é outro aspecto que causa ruído nas reconstituições, especialmente as reconstituições da altura da coluna d'água dos ecossistemas aquáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Planícies de inundação. Áreas úmidas. *Wetlands*. Modelos de inferência. Comunidades.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Banco Itau pelo financiamento da expedição.

Referências

- DUBOIS *et al.* 2018. First human impacts and responses of aquatic systems: A review of palaeolimnological records from around the world. *The Anthropocene Review*, 5(1) 28–68.
- GOMES, DF *et al.* 2014. Assessment of a diatom-based transfer function for the reconstruction of lake-level changes in Boqueirão Lake, Brazilian Nordeste. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 415: 105–116.
- IRION *et al.* 2016. Araguaia River Floodplain: Size, Age, and Mineral Composition of a Large Tropical Savanna Wetland. *Wetlands*, 36:945–956.
- SMOL, JP. 2008. *Pollution of Lakes and Rivers: A Paleoenvironmental Perspective*. 2^o edição, Blackwell Publishing.