

Modelagem matemática do *C. yacaré* do Pantanal brasileiro

Jose M. Yepez Rojas¹, Manuela L. De Castro²

Departamento de Matemática Pura e Aplicada, UFRGS, Porto Alegre, RS

Em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU) estabeleceu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), uma diretriz de 17 metas que os países membros da ONU devem seguir, entre elas: o combate às alterações climáticas, a manutenção da vida sobre a terra e a manutenção da vida de baixo da água [1]. O Brasil responde com a adoção de estratégias de conservação ambiental e sustentação do equilíbrio ecológico, através do manejo sustentável de espécies silvestres, a exemplo do *C. yacare* do Pantanal, para a qual “fazem-se necessárias pesquisas adicionais para monitorar as tendências demográficas em longo prazo e estudos para verificar a efetividade do manejo como mecanismo de conservação da espécie em ambientes naturais” [2]. As ferramentas proporcionadas pela modelagem matemática aumentam a precisão do estudo da dinâmica das populações, o que justifica a relevância de trazer à tona este tipo de trabalho.

Inspirados no modelo desenvolvido em [3], a presente proposta procura desenvolver um novo modelo populacional que contemple as estratégias de manejo da população do *C. yacare* no Pantanal brasileiro. Em [3], como parte do projeto “The Sustainable Management of Wetland Resources in Mercosur³”, foi realizado um modelo não-linear de estrutura etária para estudar a variação da população de *C. yacare* no hoje Parque Nacional de Iberá, na Argentina. Este tipo de estudo fornece ferramentas para prever e amenizar flutuações na quantidade de animais no território. Como os crocodilianos são parte do topo da cadeia alimentar, uma mudança indesejada na sua população pode ter efeitos catastróficos na dinâmica do equilíbrio ecológico; a caça ilegal, por exemplo, é um problema comum na conservação do dito equilíbrio, pois a carne e a pele destes animais têm grande potencial de exploração comercial, e a caça descontrolada pode levá-los a extinção.

A modelagem em [3] leva em consideração a posição do ninho, que é ligada à temperatura do ambiente, e o nível de água, o qual afeta as taxas de sobrevivência. No ninho, o sexo dos crocodilianos é determinado pela temperatura de incubação dos ovos. Para o *C. yacare*, a temperatura crítica é de 30.5°C, pontos menores originam fêmeas e mais elevados geram machos, com uma taxa relacionada tanto a vegetação do local quanto à temperatura [4]. A região foi dividida em três espaços de desova: regiões A, B e C. Em A os ninhos fornecem apenas fêmeas, em C apenas machos, e a região B é tal que a temperatura de incubação dê origem a uma porcentagem de machos.

Dividir a região para parametrizar a posição do ninho permite avaliar como as mudanças no território afetam a dinâmica da espécie. Ditas mudanças são muitas vezes consequência de alagamento, queimadas, secas, e desmatamento no hábitat.

Sucintamente⁴, o modelo matemático poderia ser descrito por:

$$\mathbf{x}(t+1) = f(\mathbf{x}(t), t)\mathbf{x}(t) + g(\mathbf{x}(t), t) \quad (1)$$

\mathbf{x} é um vetor com todas as classes etárias e regiões, $f(\mathbf{x}(t), t)$ é uma função matricial que modela a sobrevivência de uma faixa etária para outra, enquanto $g(\mathbf{x}(t), t)$ modela o número de ovos nos ninhos de cada região.

¹jose.yepez@ufrgs.br

²manuela.castro@ufrgs.br

³Financiado pela Comissão Européia ERBIC 18-CT98-0262

⁴As equações completas e sua explicação podem ser encontradas no artigo [3], citar as equações na íntegra foge do escopo do presente resumo.

O trabalho apresentado em [3] também considera a influência de estratégias de desenvolvimento sustentável; concretamente, da coleta de ovos e da caça regulamentada. Entende-se que os habitantes locais atuam no equilíbrio do ecossistema; logo a criação de animais, que garante a sobrevivência de ovos e filhotes, pode proporcionar benefícios econômicos sem causar risco de extinção da espécie. A ideia é recolher um certo número de ovos de seus ninhos, incubá-los em laboratório e cuidar dos filhotes até chegarem a um certo tamanho; assim, uma porcentagem destes animais é devolvida ao meio ambiente e o restante é sacrificado para coletar seus produtos. Além disso, a porcentagem de machos e fêmeas pode ser controlada com a temperatura de incubação. Ao implementar a coleta no modelo, entende-se que as fêmeas libertadas competirão por espaço para criar um ninho na região A.

Apesar das limitações tecnológicas no momento da realização da pesquisa, tais como a inexistência de dados atualizados sobre as condições ambientais, o modelo em [3] sucedeu em fornecer informações relevantes para definir estratégias de desenvolvimento econômico, relativas à caça e criação do *C. yacare* e, portanto, para regular um ecossistema de importância global. Entretanto, existem alguns pontos a serem revisitados, que são o objetivo deste trabalho. Entre eles:

- **O uso de estrutura etária.** Repensar o modelo com o uso de uma estrutura com base no peso e comprimento do animal pode torná-lo mais facilmente calibrável com dados de recenseamento da população de *C. yacare*.
- **Reintegração dos animais criados em fazendas ou laboratórios.** Em [3], ao estudar os efeitos da coleta de ovos, não foi diferenciada a chance de sobrevivência dos animais criados em cativeiro e no meio. Estudos indicam que há disparidades significativas [5, 6].

O presente trabalho está em andamento, espera-se que ao final, tais ajustes gerem melhorias significativas em relação a aplicabilidade do modelo tanto como ferramenta de monitoramento da população, como de análise dos efeitos de estratégias de exploração comercial da espécie.

Referências

- [1] Nações Unidas no Brasil. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Online. Acessado em 14/03/2023, <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.
- [2] I. P. Farias, B. Marioni, L. M. Verdade, L. Bassetti, M. E. Coutinho, S. H. S. T. de Mendonça, T. Q. Vieira, W. E. Magnusson e Z. Campos. “Avaliação do risco de extinção do jacaré-do-pantanal *Caiman yacare* (Daudin, 1802) no Brasil.” Em: **Revista Científica BioBrasil** (2013), pp. 21–30.
- [3] M. L. De Castro e J. A. L. Silva. “Mathematical modelling of the Ibera Caiman jacaré”. Em: **Ecological modelling** 186.1 (2005), pp. 99–109.
- [4] Z. Campos. “Effect of habitat on survival of eggs and sex ratio of hatchlings of *Caiman crocodilus yacare* in the Pantanal, Brazil”. Em: **Journal of Herpetology** (1993), pp. 127–132.
- [5] K. D. Capelle. “Evaluating survival of released ranched American alligator in coastal Louisiana”. Dissertação de mestrado. Louisiana State University e Agricultural & Mechanical College, 2016.
- [6] R. M. Elsey, T. E. D. Joanen, L. McNease e N. Kinler. “Growth rates and body condition factors of Alligator mississippiensis in coastal Louisiana wetlands: a comparison of wild and farm-released juveniles”. Em: **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology** 103.4 (1992), pp. 667–672.