

Rugidos secretos das noites pantaneiras – estudo do comportamento vocal e acompanhamento populacional do Jacaré-do-Pantanal (*Caiman yacare*) no Pantanal mato-grossense

Karl-L. Schuchmann, Ana Silvia Tissiani, Carolline Zatta Fieker,
Filipe Ferreira de Deus, Italo Afonso Alves Rondon, Maria Eduarda Basso de Oliveira,
André Luiz Santiago, Marinez Isaac Marques¹

Projeto: Os Sons do Pantanal

Computational Bioacoustics Research Unit (CO.BRA; <https://cobra.ic.ufmt.br>), Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil.

E-mail dos coordenadores do projeto CO.BRA: karl.schuchmann@ufmt.br, marinez@ufmt.br

Andar ao longo da rodovia Transpantaneira no Pantanal mato-grossense, durante uma noite com clima tropical quente e úmido é uma experiência acústica excepcional. Oposto a dominância dos sons das inúmeras aves durante o dia, a noite e, especialmente, sob lua cheia, um forte coro assustador vem das áreas abertas inundadas, dos lagos e rios pantaneiros ao longo dessa rodovia.

Com o apoio de uma lanterna é fácil identificar a fonte desse coro. O reflexo amarelo do *tapetum lucidum* dos olhos revela a presença de milhares de indivíduos de Jacaré-do-Pantanal, *Caiman yacare* (Daudin, 1801), uma das espécies mais emblemáticas desse ecossistema.

Entretanto, recentemente, estes sons característicos têm se tornado menos numerosos, levantando a suspeita de que a população dos jacarés está passando por um declínio. De fato, muitas espécies tropicais de áreas úmidas têm sofrido grandes perdas de suas populações nos últimos anos. De acordo com a WWF (2020), as populações de espécies de água doce do mundo, em especial de anfíbios, répteis e peixes, sofreram um declínio de cerca de 84%, entre o período de 1970 a 2016, sendo a situação particularmente mais alarmante na América Latina e Caribe.

Causas potenciais dessas perdas globais de vertebrados estão relacionadas às alterações e perda de habitats, super exploração, mudanças climáticas, epidemias, entre outros impactos ambientais antropogênicos (Collen et al. 2009). A perda e alteração de habitats aquáticos é um cenário preocupante no Brasil. De acordo com levantamento realizado recentemente pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomass 2020), o país perdeu, nos últimos 30 anos, 15,7% da sua superfície de água. A região mais criticamente afetada é o Pantanal, que responde por 74% dessa perda.

Avaliar e entender os impactos das mudanças ambientais no Pantanal é crucial para a gestão e planejamento das ações de conservação e, portanto, é necessário realizar um monitoramento cuidadoso envolvendo múltiplos fatores. O projeto “Os Sons do Pantanal”, em desenvolvimento desde 2012 pelo grupo CO.BRA (Computational Bioacoustics Research Unit), do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU/UFMT/CNPq), emprega a bioacústica computacional como metodologia para analisar os sons relacionados às atividades dos ciclos anuais dos organismos desse ecossistema. O Jacaré-do-Pantanal é uma das espécies foco desse projeto e, desde então, estudos relacionados, principalmente sobre a atividade acústica desse animal, têm sido conduzidos na região norte do Pantanal, município de Poconé, Mato Grosso, Brasil.

Embora localmente seja ainda comum e uma das espécies mais estudadas, este crocodiliano Neotropical, de pequeno a médio porte (comparado a um alligator), é biologicamente ainda pouco conhecido em relação ao seu comportamento de comunicação intraespecífico, por meio de sons (Senter 2008, Sicuro et al. 2013, Konfron & Farris 2015).

A comunicação acústica é parte fundamental do ciclo de vida dos crocodilianos e se relaciona a um amplo espectro de comportamentos como defesa de território e cuidado parental (Vergne et al. 2009, Sicuro et al. 2013, Russel & Bauer 2020). Os sons são produzidos mecanicamente por batidas com a cabeça ou mandíbula na água, por vibrações do pulmão, ou vocalmente por pressão de ar nas pregas vocais da laringe (Dinets 2013, Sicuro et al. 2013). A frequência modulada dos sons pode ser alterada pela pressão subglótica e pelo movimento das pregas vocais em sentido longitudinal ao eixo do corpo e, como o comprimento das pregas vocais está positivamente correlacionado com a massa corporal, ocorrem diferenças no repertório sonoro entre adultos e jovens (Riede et al. 2011, Sicuro et al. 2013).

Os complexos sons do Jacaré-do-Pantanal são reconhecidos como:

- a) *roars* – rugidos vocais produzidos acima da superfície da água;
- b) *headslaps* – som dos respingos da água após o movimento de batida da cabeça contra a superfície da água;
- c) *barking* – semelhante ao som de latido de cães em alarme;
- d) *infrasounds* – vibrações do pulmão, em baixa frequência, para comunicação a longa distância através da água;
- e) *watersplash* – fonte de água lançada verticalmente no ar, a quase um metro de altura, resultante da batida da parte traseira do corpo do jacaré sobre a superfície da água;
- f) *jawslapping* – som decorrente do movimento de fechamento das mandíbulas quando o indivíduo levanta a cabeça e desce batendo a mandíbula superior na inferior.

Para armazenar os dados das pesquisas realizadas pelo CO.BRA no Pantanal mato-grossense foi estabelecido o INAU Pantanal BioData Center (IPBC/UFMT), que hospeda um banco de dados áudio visual de cerca de 200 terabytes das paisagens, das imagens e sons dos organismos pantaneiros. Neste banco de dados encontra-se um complexo sistema acústico de comunicação conspecífica do Jacaré-do-Pantanal. Embora ainda em processo de análise dos dados gerados, o projeto “Os Sons do Pantanal” já dispõe das primeiras descrições dos sons relacionados aos padrões de atividades do comportamento territorial e reprodutivo da população local de *C. yacare*. Tais interações sociais compreendem sons complexos como um único evento, ou uma série de eventos de sons mistos de diferentes origens, por exemplo, mecânica (*jawslaps*), vocal (*roars*) e infrasons (vibrações pulmonares não-vocais), como os representados nas Figuras 1 e 2.

Esses sons estão relacionados aos comportamentos sociais e agonísticos dessa espécie, e são observados, mais frequentemente, durante a reprodução, por exemplo, durante o estabelecimento e defesa dos territórios de acasalamento, quando realizam a corte e os cuidados com o ninho.

Uma pré-análise dos dados acústicos de alguns indivíduos de *C. yacare* indica que esses sons estão localizados na faixa de frequência menor que 1 kHz (Tabela 1), no entanto, *jawslaps* e *watersplashes* têm um gasto de energia de amplo espectro com uma extensão de até 12 kHz.

Análises como essas geram informações que permitem o monitoramento das populações pelo método de bioacústica computacional, tal como monitoramento da dinâmica da

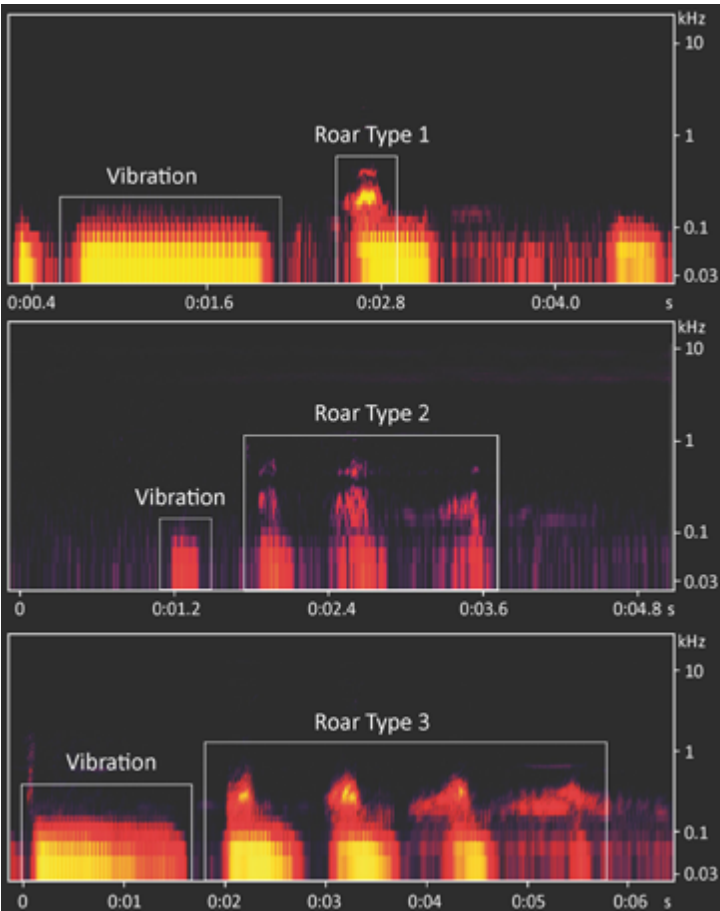


Figura 1. Diferentes tipos e sequências de vibrações e roars dos machos de *Caiman yacare* (em escala). Vibrações (*vibration*) são sons mecânicos produzidos por vibrações pulmonares, e *roars* são vocalizações dos indivíduos dessa espécie. © CO.BRA/INAU/UFMT.

população em período reprodutivo, um dos aspectos mais fundamentais da história de vida dos organismos, uma vez que as identificações de eventos sonoros possibilitam identificar a ocorrência de comportamentos específicos.

Essa ferramenta, aliada a outras metodologias de monitoramento, permitem a modelagem de respostas frente aos impactos ambientais potenciais como das secas cada vez mais intensas e prolongadas que afetam a planície pantaneira. Impactos negativos dessa condição climática, que pode se tornar ainda mais frequente no futuro (Thielen et al. 2020), já são evidentes e têm sido observados na sobrevivência dos Jacarés-do-

Tabela 1. Carga de energia das vocalizações de *Caiman yacare*, obtidas a partir da avaliação de cinco gravações de acordo com o tipo de sons armazenados no IPBC.

Tipo de evento do som	Frequência média (Hz)	Maior localização de energia (Hz)	Duração (s)	Estrutura Espectral
Vibração	15 – 50	~20 – 40	> 0,050	Banda estreita harmonica
Roars	50 – 400	~6 – 80	> 0,500	Banda estreita harmonica
Barking	10 – 1000	20 – 700	0,050 – 0,150	Compacta
Jawslaps	10 – 4000	20 – 2 000	0,001 – 0,003	Distribuição de banda larga
Watersplash	0 – 12000	10 – 1000	0,100 – 0,300	Distribuição de banda larga

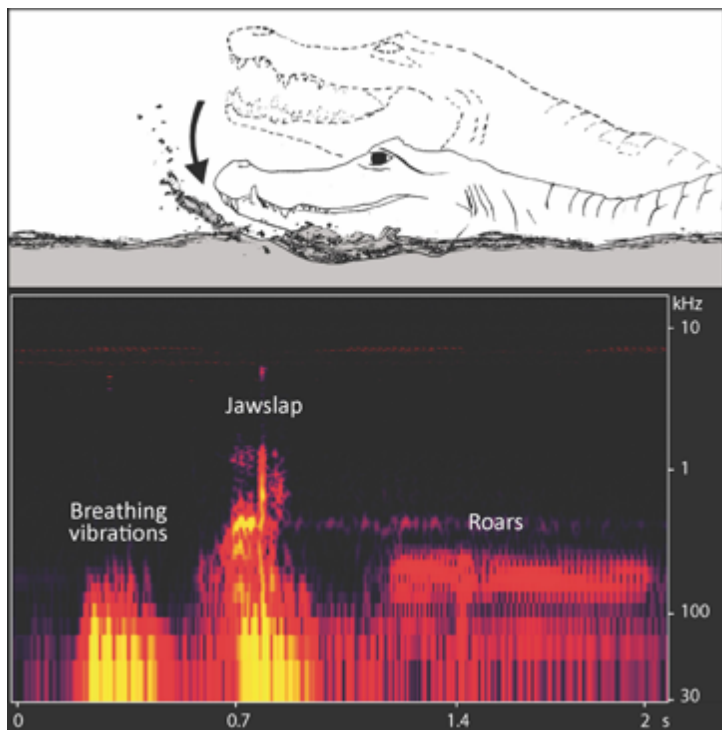


Figura 2. Sons de machos de *Caiman yacare*, *jawslap* (movimentos rápidos da mandíbula na água) em combinação com vibrações e *roars*. Acima: sequência de movimentos de *jawslap*. Abaixo: som do batimento da mandíbula (*jawslap*), vibrações respiratórias <100 Hz e *roars* > 100 Hz (em escala). © CO.BRA/INAU/UFMT.

-Pantanal, embora estes animais demonstrem boa resistência aos períodos de estiagem.

Um número significativo de indivíduos desnutridos e mortos foi registrado na região de Poconé, em incursões a campo no período de seca de 2021 (Figura 3), assim como observado por Campos & Mourão (2020) no Pantanal de Mato Grosso do Sul. Há pelo menos dois anos não se vê uma inundação significativa no Pantanal de Poconé e no Parque SESC Baía das Pedras, área de estudo desse projeto, e até mesmo as baías e corixos que resistiam aos padrões normais de estiagem, secaram. Ao longo de quatro amostragens realizadas em 2021, sendo duas durante o período de vazante (abril e maio) e duas no período de seca (agosto e setembro), em sete baías monitoradas, foram contados 15 indivíduos mortos na baía conhecida como Ilhazinha, que secou completamente durante o período de amostragem, e 11 indivíduos em outras cinco baías.

Diante desses fatos, uma nova metodologia de monitoramento, que conta com o emprego de veículo aéreo não tripulado (VANT), popularmente conhecido como drone, está sendo aplicada pelo grupo CO.BRA, além do monitoramento a partir do solo com auxílio de binóculos, e também do monitoramento bioacústico. O objetivo principal do emprego de drone é o de monitorar as flutuações na abundância dos Jacarés-do-Pantanal no Pantanal mato-grossense, área de estudo desse projeto.

Esta ferramenta é promissora para pesquisas ecológicas (Díaz-Delgado & Múcher 2019) e já foi aplicada com êxito na

África do Sul (Ezat et al. 2018), para analisar o tamanho da população do Crocodilo-do-Nilo (*Crocodylus niloticus*). Com o uso de drone é possível obter dados de abundância com maior eficácia, quando comparada às metodologias que propõem a contagem a partir do solo (Ezat et al. 2018, Hodgson et al. 2018), pois, além de melhor posição para observação, é possível identificar a presença e fazer a contagem de espécimes em ambientes cujo acesso é difícil, ou as vezes impossível por outros meios (Figura 3).



Figura 3. Jacaré-do-Pantanal morto registrado na baía denominada Ilhazinha, localizada no Parque SESC Baía das Pedras, Poconé, MT, durante o período de seca (setembro de 2021) no Pantanal mato-grossense. © CO.BRA/INAU/UFMT

Contagens com uso do drone DJI Phantom 4 PRO+ V2.0 e testes em relação à altura de voo para melhor detecção dos indivíduos foram realizados no período de seca (agosto e setembro de 2021), a fim de determinar e padronizar a aplicação da metodologia (Figura 4). Para estes testes os voos foram operados manualmente, nos períodos matutino e vespertino, com diferentes condições de iluminação e em baías com presença e ausência de vegetação aquática. Voos realizados entre 15 e 30 m de altura (Figura 5) permitiram a detecção e contagem dos indivíduos, entretanto a 15 m, obteve-se uma melhor visualização dos espécimes, especialmente em condições de menor iluminação, e em baías com maior cobertura por vegetação aquática e/ou com água mais turbida.

Este método fornecerá resultados rápidos e concretos para analisar as repostas das populações do Jacaré-do-Pantanal frente aos impactos ambientais, os quais poderão subsidiar ações de manejo e conservação dessa espécie. Além disto, com o emprego de drone, a pesquisa relativa ao comportamento e bioacústica também ganhará uma nova dimensão, à medida que permitirá observar esses animais a uma menor distância sem lhes causar incomodo.

A associação de métodos que propiciam a geração de arquivos audiovisuais pode ser uma solução futura para manusear os dados da biodiversidade com boa relação custo-benefício, contribuindo, assim, com serviços online para ciência, educação, além da gestão e conservação ambiental.



Figuras 4–5. 4. Utilização do drone DJI Phantom 4 PRO+ V2.0 para análise da abundância de *Caiman yacare* durante o período de seca (setembro de 2021) no Pantanal mato-grossense. 5. Imagem tomada pelo drone a 15,0 m de altura, para contagem de indivíduos de *Caiman yacare*, no período de seca (setembro de 2021), na baía denominada Baião, SESC Pantanal Baía das Pedras, Poconé, MT. © CO.BRA/INAU/UFMT.

Perspectivas da Pesquisa

- 1) Estabelecimento de um banco de dados de eventos sonoros digitais para *C. yacare* com base gravações automatizadas de soundscapes no Pantanal mato-grossense, durante o período de 2021 a 2023 em baías localizadas no Parque SESC Baía das Pedras (-16.49879 S, -56.41309 W; 119-131 m a.s.l.).
- (2) Estabelecimento de um banco de dados fotográficos, com imagens obtidas por drone durante o período de 2021 a 2023 em baías localizadas no Parque SESC Baía das Pedras (-16.49879 S, -56.41309 W; 119-131 m a.s.l.).
- 3) Identificação de comportamentos específicos (comportamentos agonísticos, de cuidado parental, de alerta, de corte, entre outros), e a relação destes com eventos sonoros.
- 4) Detecção dos movimentos sazonais e flutuações na abundância de indivíduos de *C. yacare*.
- 5) Desenvolvimento de um detector de som, por meio da Bioacústica Computacional, para o reconhecimento automático de *C. yacare*, a partir de gravações de sons contínuos, o que permitirá a análise das tendências populacionais de longa duração dessa espécie. Estes dados permitirão modelar os impactos ambientais potenciais como mudanças climáticas e distúrbios antropogênicos, em conjunto com o monitoramento por meio de VANT.

Literatura citada

- Campos Z, Mourão G (2020) Como o jacaré-do-pantanal, *Caiman yacare*, resiste a períodos secos na região central do Pantanal. Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, Documentos 165.
- Collen B, Loh J, Whitmee S, McRae L, Amin R, Baillie JE (2009) Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology* 23: 317-327.
- Díaz-Delgado R, Múcher S (2019) Editorial of Special Issue “Drones for Biodiversity Conservation and Ecological Monitoring”. *Drones* 3(2): 47.
- Dinets V (2013). Do individual crocodilians adjust their signalling to habitat structure? *Ethology Ecology & Evolution* 25(2): 174–184.
- Ezat MA, Fritsch CJ, Downs CT (2018) Use of an unmanned aerial vehicle (drone) to survey Nile crocodile populations: A case study at Lake Nyamithi, Ndumo game reserve, South Africa. *Biological Conservation* 223: 76–81.
- Hodgson JC, Mott R, Baylis SM, Pham TT, Wotherspoon S, Kilpatrick AD, Segaran RR, Reid I, Terauds A, Koh LP (2018) Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution* 9: 1160–1167.
- Kofron CP, Farris PA (2015) Infrasound production by a yacare caiman (*Caiman yacare*) in the Pantanal, Brazil. *Herpetology Notes* 8: 385–387.
- Projeto MapBiomass – Mapeamento da superfície de água no Brasil (2020). Disponível online em: <https://mapbiomas.org> [Acessado: 24 de setembro de 2021]
- Riede T, Tokuda IT, Farmer CG (2011) Subglottal pressure and fundamental frequency control in contact calls of juvenile Alligator mississippiensis. *Journal of Experimental Biology* 214: 3082–3095.
- Russel AP, Bauer AM (2020) Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. *The Anatomical Record Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology* 304: 1478–1528.
- Senter P (2008) Homology between and antiquity of stereotyped communicatory behaviors of crocodilians. *Journal of Herpetology* 42: 354–360.
- Sicuro FL, Iack-Ximenes GE, Wogel H, Bilate M (2013) Vocal patterns of adult females and juveniles *Caiman yacare*

(Crocodilia: Alligatoridae) in Brazilian Pantanal wetland. *International Journal of Tropical Biology and Conservation* 61(3): 1401–1413.

Thielen D, Schuchmann K-L, Ramoni-Perazzi P, Marquez M, Rojas W, Quintero JI, Marques MI (2020) Quo vadis Pantanal? Expected precipitation extremes and drought dynamics from changing sea surface temperature. *PLoS ONE* 15(1): 1–25.

Vergne AL, Pritz MB, Mathevon N (2009) Acoustic communication in crocodilians: from behaviour to brain. *Biological Reviews* 84: 391–411.

WWF (2020) Living Planet Report 2020 – Bending the curve of biodiversity loss. Almond REA, Grooten M & Petersen T (Eds) WWF, Gland, Switzerland.

1Sobre os Autores:

Karl-Ludwig Schuchmann é biólogo, e doutor em Biologia pela Universidade de Frankfurt, Alemanha. Professor Titular aposentado da Universidade de Bonn, Alemanha, e Curador Emérito de Ornitologia do Museu de Pesquisas Zoológicas Alexander Koenig (ZFMK), Bonn, Alemanha. É Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Zoologia, e Pesquisador Associado da UFMT. Coordenador internacional da rede científica interdisciplinar, Computational Bioacoustics Research Unit – CO.BRA. Atua especialmente na área de Ornitologia, Biogeografia, Taxonomia e Bioacústica com foco na pesquisa de pássaros Neotropicais, dentre os quais é especialista em Trochilidae. Nos últimos 10 anos tem se dedicado ao estudo de métodos para a avaliação rápida da biodiversidade, especialmente no monitoramento acústico automatizado da biodiversidade do Pantanal. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1685937345036970>

Ana Silvia de Oliveira Tissiani é bióloga, e doutora em Agricultura Tropical pela UFMT. Possui experiência em entomologia, ecologia de comunidades, distribuição climática e efeito meteorológico na comunidade de artrópodes. Pesquisadora do CO.BRA, e bolsista de pós-doutorado da Brehm Funds for International Bird Conservation, Bonn, Alemanha. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1496299289263552>

Carolline Zatta Fieker é doutora em Ciências pela UFSCar. Possui experiência em ecologia, com ênfase em ornitologia, ecologia de interações aves-plantas, ecologia de ambientes campestres do Cerrado, ecologia do fogo e educação ambiental. Pesquisadora do CO.BRA e bolsista de pós-doutorado da Brehm Funds for International Bird Con-

servation, Bonn, Alemanha. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/4453761595730340>

Filipe Ferreira de Deus, é biólogo, doutor em Ecologia e Conservação da Biodiversidade pela UFMT. Possui experiência em ecologia de comunidades de aves em diferentes fitofisionomias, e monitoramento automático da biodiversidade no Pantanal mato-grossense. Pesquisador do CO.BRA e é bolsista da CAPES/INAU. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/4528978561930755>

Italo Afonso Alves Rondon é técnico em Eletrotécnica pelo Instituto Federal de Mato Grosso e graduando em Ciências Biológicas, Bacharelado pela UFMT. Atualmente é bolsista de IC/CNPq/UFMT e desenvolve pesquisas no projeto que utiliza drones para estudos básicos sobre o Jacaré-do-Pantanal em desenvolvimento pelo grupo CO.BRA. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3595278823251815>

Maria Eduarda Basso de Oliveira é graduada em Ciências Biológicas, Bacharelado pela UFMT, e bolsista da Brehm Funds for International bird Conservation, Bonn, Alemanha. Atua nos estudos sobre análise taxonômica de Coleoptera (Insecta) do dossel de diferentes fitofisionomias, sobre a influência da sazonalidade do Pantanal mato-grossense, vinculados ao Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Artrópodes (LETA/UFMT). Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/7444837695249167>

André Luis Santiago Soares é Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Mato Grosso. É graduando em Ciências Biológicas, Bacharelado pela UFMT, bolsista IC/CNPq/UFMT, e atua nos estudos sobre o impacto do fogo na comunidade de Coleoptera do Pantanal mato-grossense, vinculados ao Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Artrópodes (LETA/UFMT) e grupo CO.BRA. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/5886646567608531>

Marinez Isaac Marques é bióloga, com doutorado em Entomologia pela UFPR. Professora Titular, e Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Zoologia da UFMT. Coordenadora do Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Artrópodes (LETA/UFMT). Coordenadora nacional da rede científica interdisciplinar, Computational Bioacoustics Research Unit – CO.BRA. Atua no estudo da ecologia e avaliações da biodiversidade dos artrópodes terrestres e aquáticos do Pantanal mato-grossense, abordando aspectos de estratificação vertical e os efeitos das inundações sazonais sobre a composição e estrutura destas comunidades. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/0270347863832551>