



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PROPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO -
PPGEC
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

FILIPE MATEUS DE OLIVEIRA COSTA

**Influência de parâmetros físico-químicos na diversidade taxonômica de girinos
(Amphibia, Anura) em lagoas temporárias no semiárido brasileiro**

MOSSORÓ

2026

FILIPPE MATEUS DE OLIVEIRA COSTA

**Influência de parâmetros físico-químicos na diversidade taxonômica de girinos
(Amphibia, Anura) em lagoas temporárias no semiárido brasileiro**

Defesa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos.

Orientadores: Profa. Dra. Milena Wachlevski e Prof. Dr. Daniel Cunha Passos

MOSSORÓ

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC837 Costa, Filipe .
i Influência de parâmetros físico-químicos na
diversidade taxonômica de girinos (Amphibia,
Anura) em lagoas temporárias no semiárido
brasileiro / Filipe Costa. - 2026.
24 f. : il.

Orientadora: Milena WACHLEVSKI.
Coorientadora: Daniel Passos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
--Selecione um Curso ou Programa--, 2026.

1. Caatinga. 2. Metais pesados. 3.
Hidroperíodo. 4. organismos aquáticos. 5. Anura.
I. WACHLEVSKI, Milena, orient. II. Passos,
Daniel, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FILIPPE MATEUS DE OLIVEIRA COSTA

**Influência de parâmetros físico-químicos na diversidade taxonômica de girinos
(Amphibia, Anura) em lagoas temporárias no semiárido brasileiro**

Defesa de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos.

Orientadores: Profa. Dra. Milena Wachlevski e Prof. Dr. Daniel Cunha Passos

Defendida em: 25 / 02/ 2026

BANCA EXAMINADORA

Dr. Milena Wachlevski (UFERSA)

Presidente

James Lucas Lima (UFERSA)

Membro Examinador

Paulo Nogueira Costa (UNIFESSPA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, pela educação, confiança e apoio que depositaram em mim ao longo de toda minha trajetória acadêmica.

Aos meus orientadores Milena Wachlevski e Daniel Passos pelos ensinamentos, paciência, confiança, oportunidade e por serem referências para mim. Sem suas orientações não seria possível concluir esta pesquisa.

A todos os participantes do Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal (LECA) que por algum momento tenham colaborado com esta pesquisa.

Aos docentes do curso de pós-graduação em Ecologia e conservação da UFERSA (PPGEC), pelo suporte e a dedicação ao ensino proporcionados por eles.

Ao Flamengo por realizar grandes conquistas rubro negras que proporcionaram diversas alegrias não só a mim, como a toda nação rubro negra. SRN.

Agradeço também a cada membro da banca por aceitarem participar deste momento e por todas as contribuições sugeridas.

Agradeço a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) por ter dado condições para a execução do projeto e formação acadêmica. Aos laboratórios de Ecologia e Comportamento Animal (LECA) e de Análises de Solo, Água e Plantas da UFERSA pela infraestrutura durante a execução da pesquisa em campo e análises das amostras. Especificamente, mesmo eu não participando das primeiras etapas da coleta e análises das amostras, agradeço à profa. Dra. Eulene da Silva pelos ensinamentos, disponibilidade e dedicação para efetuar as análises físico-químicas no LASEP; à profa. Dra. Aline Campagna pelas orientações iniciais na preparação das amostras para as análises de metais; à Anyssa Gabriela de Oliveira, Maria Eduarda Lima Alves e Milena Wachlevski pela coleta e identificação das espécies de girinos e análises das amostras de água e solo. Sem este suporte, a pesquisa não poderia ter sido realizada, obrigado.

RESUMO

Fatores ambientais podem estruturar a diversidade taxonômica de organismos aquáticos em múltiplas escalas. Em escalas locais, o uso de microambientes, a pressão de predação e os fatores físico-químicos são frequentemente conhecidos por afetar a ocorrência e abundância de girinos. No semiárido brasileiro, lagoas temporárias são os principais sítios reprodutivos para anfíbios, onde as fases larvais se desenvolvem e estão expostas a fatores locais bióticos e abióticos. Este estudo objetivou compreender como parâmetros físico-químicos na água e no sedimento, especificamente a concentração de metais pesados, influenciam a abundância e a composição de espécies de girinos em lagoas temporárias. A pesquisa foi conduzida em 15 lagoas nos municípios de Mossoró e Baraúna, no Rio Grande do Norte. As amostragens ocorreram durante o início e o pico da estação chuvosa de 2018. Foram coletados girinos e variáveis físico-químicas em cada lagoa. Na água, quantificou-se a concentração de metais totais (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn). No sedimento, analisou-se pH, condutividade elétrica (CE), matéria orgânica (MO), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K). Para testar a influência dos fatores físico-químicos sobre a assembleia de girinos, utilizou-se a Análise de Correspondência Canônica (CCA), além de testes T e NMDS para comparar a composição de espécies entre os períodos amostrais. Foram registrados 2.812 girinos pertencentes a 14 espécies de anuros. *Scinax x-signatus* foi a espécie dominante (44%), seguida por *Rhinella diptycha* (17%). A riqueza local variou de 1 a 7 espécies por corpo d'água. Embora algumas espécies tenham ocorrido somente no início ou no pico da estação chuvosa, de maneiras geral, a composição de espécies não diferiu entre os períodos amostrados. Nenhum dos parâmetros analisados influenciou a riqueza, abundância ou composição de espécies, sugerindo os fatores físico-químicos locais dos corpos d'água não afetaram a diversidade taxonômica de girinos durante o ano de estudo. No entanto, a ausência de efeitos imediatos na diversidade de girinos não exclui potenciais impactos subletais ou crônicos decorrentes da bioacumulação de contaminantes. Como esperado para assembleias de organismos em ambientes efêmeros, houve uma alta dominância de uma das espécies de anuros. Com isso, encontramos uma diversidade de girinos no total de lagoas amostradas maior do que em cada lagoa separadamente, indicando que a conservação dos corpos d'água deve incluir um número conjunto de lagoas e, que os fatores físico-químicos locais não estão associados à diversidade de girinos nas lagoas estudadas.

Palavras-chave: Caatinga, Metais pesados, Hidroperíodo, organismos aquáticos, Anura.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Mapa de localização das lagoas temporárias amostradas.	10
Figura 02. Representação da distribuição dos pontos de amostragem (pontos vermelhos) nas lagoas amostradas para ter uma maior representatividade por lagoa	11
Figura 03. Distribuição de abundâncias de girinos por espécie do período chuvoso de 2018, amostrados em quinze lagoas temporárias no semiárido do Rio Grande do Norte.	15
Figura 04. Diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrando a relação entre a composição e abundância das espécies de girinos e as variáveis locais das lagoas temporárias. As setas representam os vetores das variáveis preditoras, sua direção e comprimento indicam a magnitude e o sentido de sua correlação com os eixos de ordenação e com as espécies. As abreviações das variáveis preditoras são: Cu (Cobre), Mn (Manganês), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cádmio) e Pb (Chumbo) amostradas na água e Cond (condutividade elétrica), pH, MO (matéria orgânica), Al (Alumínio) amostrados no sedimento das lagoas. Os pontos no gráfico representam a abundância das espécies de girinos (variável resposta), e suas abreviações são: <i>Corythomantis greeningi</i> (Cgr); <i>Dendropsophus soaresi</i> (Dso); <i>Dermatonotus muelleri</i> (Dmu); <i>Pithecopus gonzagai</i> (Pgo); <i>Physalaemus albifrons</i> (Pa); <i>Pleurodema diplolister</i> (Pdl); <i>Rhinella diptycha</i> (Rdi); <i>Rhinella granulosa</i> (Rgr) e <i>Scinax x-signatus</i> (Sxs). As percentagens indicadas nos eixos CCA1 (14,5%) e CCA2 (17,7%) referem-se à proporção da variância total da abundância das espécies explicada por cada eixo canônico.	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies de anuros que ocorreram na fase larval em 15 lagoas temporárias no oeste potiguar amostradas duas vezes (30 amostragens), uma entre fevereiro e março (I = início da estação chuvosa) e outra entre abril e maio (P = pico da estação chuvosa) de 2018. Número de lagoas em que as espécies ocorreram e abundância de cada espécie durante o estudo..... 14

Tabela 02. Variáveis preditoras do sedimento: Al (Alumínio mg/Kg), Ca (Cálcio mg/Kg), Mg (Magnésio mg/Kg), MO (Matéria Orgânica mg/Kg), Cond (Condutividade Elétrica dS/m), pH e da água: Cu (Cobre mg/L), Fe (Ferro mg/L), Zn (Zinco mg/L), Ni (Níquel mg/L), Cd (Cádmio mg/L) e Pb (Chumbo mg/L). Os valores separados pelas barras indicam o início/pico da estação chuvosa. Valores Resolução Conama 357/05 utilizados como valores de referência para qualidade de água referente à manutenção da diversidade de organismos aquáticos. *representa a ausência de dados para o respectivo período.** Por falta de dados na resolução usei como valores de referências para Al (Clark; Lazerte, 1985a; Douchez *et al.*, 2025), Ca (Lassiter *et al.*, 2020), Mg (Trenfield *et al.*, 2019) e Cond (Clements; Kotalik, 2016)..... 15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Área de estudo	10
2.3 Amostragem de girinos e variáveis preditoras.....	11
2.4 Análises estatísticas	12
3. RESULTADOS.....	14
4. DISCUSSÃO	17
5. REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

Fatores ambientais em múltiplas escalas, como clima, uso do solo, hidrologia, conectividade e heterogeneidade de habitat, podem estruturar a diversidade taxonômica de organismos aquáticos de água doce, influenciando riqueza, composição e funções ecológicas em peixes, macroinvertebrados, fitoplâncton e macrófitas, por exemplo (Tavares-Junior et al., 2020; Lima et al., 2022; Dalmolin et al., 2022; With et al., 2024). Em escala regional e de paisagem, variáveis como clima, hidrologia e conectividade de hábitat são importantes para que os organismos consigam colonizar e persistir nos ambientes aquáticos (Tavares-Junior et al., 2020; Dalmolin et al., 2022). Já em escala local, fatores proximais como profundidade da água, área, vegetação aquática, substrato e qualidade da água são conhecidos por influenciar, ao menos em algum grau, a riqueza, composição e/ou abundância de organismos aquáticos em lagos, rios e lagoas sazonais tropicais (Lima et al., 2022; Both et al., 2009; Santos et al., 2025).

Localmente, parâmetros físico-químicos, como pH, oxigênio dissolvido, condutividade e concentração de metais pesados exercem influência sobre o crescimento, sobrevivência e estrutura das comunidades aquáticas, afetando peixes, macroinvertebrados e anfíbios (Camacho-Rozo & Urbina-Cardona, 2021; Lima et al., 2022; Santos et al., 2025). Por exemplo, faixas específicas de oxigênio e pH regulam a diversidade de peixes e podem induzir estresse oxidativo sob condições extremas ou poluição (Camacho-Rozo & Urbina-Cardona, 2021). Macroinvertebrados respondem com alterações na abundância e composição em função da condutividade, nutrientes e metais presentes na água e sedimentos (Camacho-Rozo & Urbina-Cardona, 2021).

Dessa forma, compreender como esses parâmetros modulam o estágio larval é fundamental para entender o recrutamento populacional dos anfíbios. Considerando que os anfíbios são o grupo de vertebrados mais ameaçado globalmente, de forma que cerca de 41% das espécies em risco devido à perda de habitat, doenças, poluição e mudanças climáticas. Estudos que investiguem os efeitos ambientais sobre suas comunidades são essenciais para estratégias eficazes de conservação (With et al., 2024). A manutenção da integridade ecológica das redes de poças e lagoas temporárias (incluindo morfologia adequada e boa qualidade da água) é crucial para aumentar a riqueza local e garantir a ocorrência de espécies protegidas (Both et al., 2009; With et al., 2024). Em paisagens semiáridas, essas lagoas funcionam como *hotspots* reprodutivos, mas estão sujeitas a variações extremas nos parâmetros físico-químicos e impactos antrópicos que podem comprometer sua função ecológica (Tavares-Junior et al., 2020; With et al., 2024).

Considerando a dinâmica temporal e a diversidade de girinos em corpos d'água temporários em regiões semiáridas, este estudo buscou compreender como parâmetros físico-químicos podem influenciar a diversidade taxonômica de girinos em lagoas temporárias em uma região do semiárido brasileiro. Mesmo com um curto hidropéριο das lagoas, esperava-se que quanto maior a concentração de parâmetros conhecidos por afetar negativamente organismos aquáticos menor a diversidade taxonômica de girinos nas lagoas temporárias estudadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado a partir de dados coletados previamente em lagoas temporárias nos municípios de Mossoró e Baraúna, no oeste do Rio Grande do Norte, durante a estação chuvosa de 2018 (de março a maio) (Wachlevski com. pess.). A região de estudo está inserida no semiárido brasileiro, na ecorregião de Depressão Sertaneja Setentrional (Silva *et al.*, 2017), caracterizada por alta irregularidade pluviométrica, com restrição hídrica durante a maior parte do ano, com grande disponibilidade de corpos d'água intermitentes, tanto riachos quanto lagoas (Velloso, Sampaio e Pareyn, 2002). O clima da região de estudo é caracterizado por um período chuvoso entre janeiro e junho, com média pluviométrica anual de 690 mm, possuindo grande variação entre os meses chuvosos (102,8-160,9 mm) e entre os anos (146-1933,6 mm) (Sparacino; Argibay; Espindola, 2021).

As lagoas amostradas foram selecionadas por meio de imagens satélite no Google Earth (GOOGLE, 2024) usando como critério que as lagoas fossem temporárias, que estivessem com água no pico da estação chuvosa nos anos anteriores ao estudo (2016 e 2017), que geralmente ocorre em abril. A distância mínima entre as lagoas foi de 3 km a fim de minimizar a dependência espacial entre elas, usando como critério as distâncias máximas percorridas para a maioria dos anuros adultos (Kovar *et al.*, 2009; Neckel-Oliveira; Gascon, 2006; Wells, 2007). Espacialmente foram selecionadas lagoas em áreas urbanas, rurais e naturais para que pudesse ter uma variação das diferentes composições e concentrações de parâmetros físico-químicos em ambientes com diferentes contextos de conservação. Posteriormente, cada uma das lagoas foi visitada in loco antes do começo da estação chuvosa de 2018, totalizando 15 lagoas temporárias amostradas para este estudo (Figura 01).

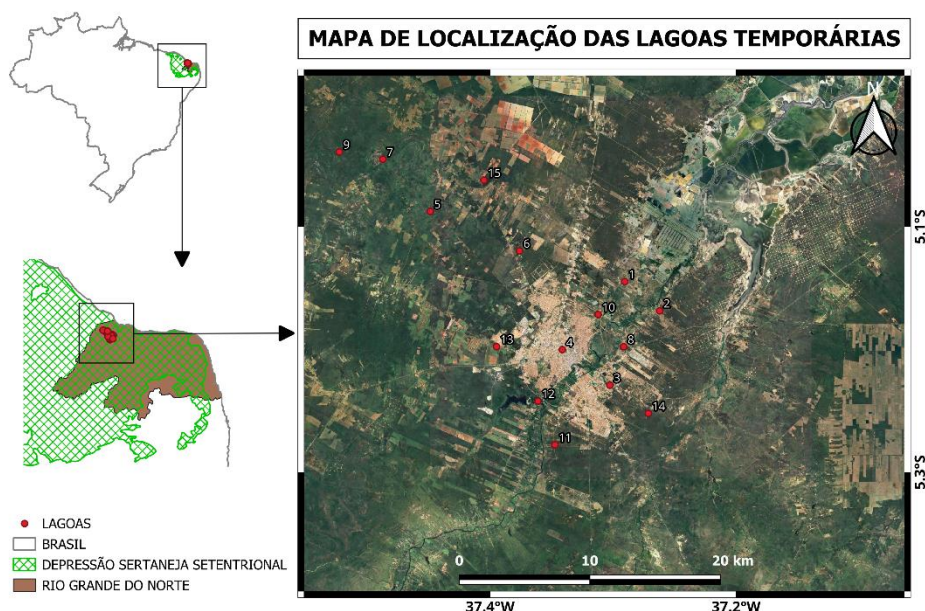


Figura 01. Localização geográfica das 15 lagoas temporárias amostradas no estado do Rio Grande do Norte, inseridas na ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional. Os

números no mapa correspondem às seguintes unidades: Camarão (1), Passagem de Pedra (2), Lagoa 2 (3), Bom Preço (4), Borges (5), Estrada Alagoinha (6), Nelzinho (7) e Rincão (8). Adicionalmente, foram monitoradas as lagoas Virgílio (9), Alberto Maranhão (10), Bom Jesus (11), RN-117 (12), Saída Baraúna (13), Costa e Silva (14) e, por fim, a lagoa Alagoinha (15).

2.3 Amostragem de girinos e variáveis preditoras

As amostragens de girinos e variáveis físico-químicas ocorreram em duas ocasiões em cada uma das 15 lagoas temporárias selecionadas: no início (entre 9 e 20 de março de 2018) e no pico da estação chuvosa (entre 22 de abril e 04 de maio de 2018) para amostrar espécies de anuros que se reproduzem com as primeiras chuvas (geralmente espécies com reprodução explosiva) e espécies que se reproduzem quando as lagoas já estão com maior aporte de água. Adicionalmente, as variáveis preditoras amostradas nas lagoas podem ter alteração entre o início e o pico do hidroperíodo, podendo alterar as concentrações das variáveis na água e sedimento (Knauth; Moreira; Maltchik, 2018; Schalk *et al.*, 2016).

Os girinos e os parâmetros físico-químicos foram amostrados em quatro pontos das lagoas, dois nas extremidades do maior comprimento de uma dada lagoa e dois nas extremidades da maior largura buscando uma maior representatividade do corpo d'água (Figura 2). Em cada ponto, os girinos foram amostrados por meio de uma rede de aquário (15 x 21 cm) a partir de um metro da margem, passando a rede na água por 10 vezes de baixo para cima em um raio de um metro da pessoa que amostrou (modificado de Shaffer *et al.*, 1994). Os girinos foram coletados e eutanasiados com uma solução de lidocaína (concentração) e em seguida acondicionados em tubos do tipo falcon (50 ml) contendo 5% de formol (formalina) com uma etiqueta contendo a data, a lagoa e o ponto amostral. A identificação das espécies de girinos foi realizada por Anyssa G. Oliveira e Milena Wachlevski utilizando artigos de descrição taxonômica e comparação com material de coleções biológicas (Vaz-Silva *et al.*, 2020). Os girinos coletados (licença N° 57775-1 / ICMBio) e tombados na Coleção Herpetológica do Semiárido (CHSA).

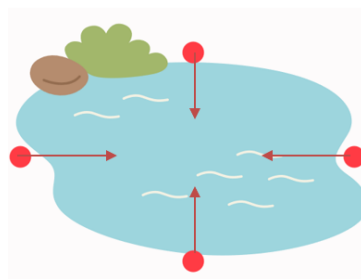


Figura 02. Representação da distribuição dos pontos de amostragem (pontos vermelhos) nas lagoas amostradas para ter uma maior representatividade da lagoa.

Os tipos de metais foram selecionados com base no efeito deletério que podem ter na ocorrência e desenvolvimento de organismos aquáticos: Cobre, Ferro, Zinco, Níquel, Cadmio e Chumbo. Altas concentrações destes metais podem reduzir sobrevivência, crescimento, comprimento corporal, atrasar o desenvolvimento, induzir malformações, alterar comportamento de natação e aumentar estresse oxidativo e danos genéticos em girinos, com efeitos magnificados ou atenuados (e.g. (Jeong *et al.*, 2023, 2024) por condições físico-químicas como pH, condutividade, alumínio no sedimento, Cálcio, Magnésio e matéria orgânica (Clark; Lazerte, 1985b; Cummins, 1986; Douchez *et al.*,

2025; Freda; Cavdek; McDonald, 1990; Girotto *et al.*, 2020; Haywood *et al.*, 2004; Leduc *et al.*, 2016; Lu *et al.*, 2021; Marchand *et al.*, 2024; Shuhaimi-Othman *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2007).

Para a análise de metais na água, foram coletadas amostras de água nos quatro pontos amostrais em cada lagoa em uma garrafa plástica, totalizando um litro e foi adicionado 1,5 ml de ácido nítrico. Posteriormente, no laboratório, foi adicionado 5 ml de ácido nítrico em 100 ml de cada amostra, filtrada por meio de filtro de fibra de vidro (0,45 µm de porosidade) e colocadas em balões volumétricos diluídos para 100 ml (protocolo seguido de APHA, 1995). Os valores de referência para metais concentrados na água seguiram a Resolução do CONAMA 357/05, utilizando a Classe II, a qual estabelece concentrações máximas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação, aquicultura e a atividade de pesca, segundo a Resolução do CONAMA 357/05. Embora muitas vezes concentrações mais baixas do que o estabelecido pela referida resolução possam ter efeitos deletérios para girinos (Li *et al.*, 2025; Lu *et al.*, 2021; Veronez *et al.*, 2016), não existe uma padronização de valores para girinos e por este motivo usamos os valores de referência CONAMA 357/05. A leitura dos metais totais na água (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn) realizada em um Espectrofotômetro de Absorção Atômica Sequencial Rápida, VARIAN AA240FS, disponibilizado pelo Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta, LASAP, da UFERSA.

Para as análises físico-químicas dos sedimentos, foram coletadas amostras de sedimento (750 g) em quatro pontos na margem de cada lagoa utilizando uma pá de plástico esterilizada para evitar contaminação entre as amostras. As amostras de sedimento de cada lagoa foram secas ao ar, destorroadas e passadas pela peneira de 2 mm. As amostras de terra fina seca foram medidas quanto ao pH em água e condutividade elétrica (CE) em extrato saturado com água. As concentrações de cálcio (Ca²⁺) e Magnésio (Mg²⁺) trocáveis foram obtidas por meio de um extrator cloreto de potássio e dosagem por absorção atômica; Fósforo (P), Sódio (Na⁺) e Potássio (K⁺) foram extraídos com Melich-1 e dosados por colorimetria (P) e fotometria de chama (Na⁺ e K⁺) e titulometria (H⁺Al) (segundo o protocolo de Teixeira *et al.*, 2017). Para quantificar a matéria orgânica, medimos o carbono no solo via oxidação química. De forma que oxidamos o carbono com dicromato, titulamos o excesso com sulfato ferroso e utilizamos a diferença para calcular a matéria orgânica total (Sahrawat, 1982).

2.4 Análises estatísticas

Para testar se haviam diferenças na composição e abundância da assembleia de girinos no início e no pico da estação chuvosa, realizamos uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) (Santana *et al.*, 2015). De maneira geral, a assembleia não diferiu entre os dois períodos (estresse = 1,15). Com isso, consideramos as mesmas lagoas amostradas nos dois períodos para testar o efeito dos fatores locais amostrados nas lagoas em cada período sobre a estrutura da assembleia de girinos. Ao considerar as amostragens nos dois períodos, foram testadas como as condições ambientais momentâneas (especificamente o estresse por metais) poderiam influenciar a estrutura da comunidade naquele instante (Ter Braak; Prentice, 1988).

Uma das lagoas não possuiu girinos e duas das demais não foram amostrados girinos em um dos períodos amostrais, com isso, estas lagoas (ou determinadas lagoas em um dos momentos) que não ocorreram girinos foram retiradas das análises, pois a ausência de girinos naquele instante não necessariamente indica que não ocorrem em outros momentos. As espécies que possuíram menos de 10% de ocorrência nas lagoas e que possuíram abundância menor do que 1% em relação ao total de girinos amostrados (5 indivíduos) também foram excluídas das análises pela baixa representatividade na assembleia. Com isso, *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus macrosternum*, *Physalaemus cicada*, *Proceratophrys cristiceps* e *Pseudopaludicola pocoto* foram retiradas das análises do efeito dos fatores físico-químicos sobre a diversidade taxonômica de girinos. Das 15 lagoas amostradas que resultam em 30 amostragens, foram consideradas 20 lagoas temporárias.

Para testar a diferença na diversidade taxonômica entre os dois períodos amostrados, a riqueza de espécies, abundância total e o índice de diversidade de Shannon foi realizado um teste T para cada uma das métricas de diversidade. O índice de Sannon foi escolhido pois possui sensibilidade tanto para a riqueza quanto para a distribuição das espécies (Morris *et al.*, 2014).

Para reduzir o número alto de variáveis físico-químicas preditoras, foi feita uma correlação de Pearson entre elas. Caso fossem correlacionadas, seriam selecionadas as que fossem mais importantes biologicamente segundo a literatura. Como poucas variáveis foram correlacionadas, a seleção das variáveis se deu considerando as que possuíam mais importância biológica para girinos ou outros organismos aquáticos (e.g Girotto *et al.*, 2020; Santana *et al.*, 2015). Foram selecionadas 12 variáveis, seis delas medidas no sedimento: Al (Alumínio mg/Kg), Ca (Cálcio mg/Kg), Mg (Magnésio mg/Kg), MO (Matéria Orgânica mg/Kg), Cond (Condutividade Elétrica dS/m), pH e outras seis variáveis presentes na água: Cu (Cobre mg/L), Fe (Ferro mg/L), Zn (Zinco mg/L), Ni (Níquel mg/L), Cd (Cádmio mg/L) e Pb (Chumbo mg/L).

Fizemos esta decisão, pois alguns girinos ingerem partes do sedimento que por sua vez é um grande reservatório de metais que podem se acumular em seus tecidos (Dovick *et al.*, 2020; Kelepertzis *et al.*, 2012; Sparling; Lowe, 1996). Diante disso de metais como: Pb, Zn, Cu, Cd em tecidos aumentam com concentrações no sedimento, indicando bioacumulação (da Costa *et al.*, 2024; Kelepertzis *et al.*, 2012; Sparling; Lowe, 1996). Sedimento contaminado causa malformações esqueléticas, atraso no desenvolvimento e genotoxicidade, mesmo quando a água está em níveis subletais (Lefcort *et al.*, 1999; Peltzer *et al.*, 2024; Sparling; Lowe, 1996). Além dos metais, MO, Al, Ca, Mg e pH influenciam na adsorção e a liberação de metais e sua forma química, tornando os metais biodisponíveis para girinos (Aggarwal; Anbukumar; Kumar, 2025; da Costa *et al.*, 2024; Kelepertzis *et al.*, 2012; Mehdizadeh *et al.*, 2023). A condutividade reflete íons totais (sais, metais), frequentemente elevada em efluentes de mineração e águas de rejeito associadas a efeitos em crescimento, desenvolvimento e mortalidade (Lancôt *et al.*, 2016; Leduc *et al.*, 2016). Relações entre pH/MO e metais mostram como sedimento pode reter ou liberar metais, alterando risco ecológico (Aggarwal; Anbukumar; Kumar, 2025; Mehdizadeh *et al.*, 2023).

Metais dissolvidos na água são a fração mais rapidamente biodisponível pela pele e brânquias; exposições a Cu, Ni, Cd, Pb na água reduzem sobrevivência, crescimento, aceleram ou atrasam metamorfose e alteram comportamento antipredador (Lancôt *et al.*, 2016; Leduc *et al.*, 2016; Lefcort *et al.*, 1999; Lu *et al.*, 2021; Tabat *et al.*, 2022). Cd e Pb causam deformidades, alterações endócrinas, imunológicas e neurológicas em girinos em concentrações ambientalmente relevantes (Li *et al.*, 2025; Lu *et al.*, 2021; Marchand *et al.*, 2024; Tabat *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2024).

Para testar a influência dos parâmetros físico-químicos sobre a diversidade de girinos foi utilizada uma análise multivariada de gradientes (Leps; Smilauer, 2003). Inicialmente foi realizada uma análise de correspondência destendenciada (detrended correspondence analysis - DCA) para avaliar o comportamento dos gradientes e definir sobre o uso de análise de redundância (redundancy analysis - RDA) ou análise de correspondência canônica (Canonical Correspondence Analysis - CCA). Foi utilizada a CCA tendo a matriz de abundância entre as espécies em 15 lagoas amostradas como variável resposta e a matriz de concentração de 12 variáveis físico-química na água de 20 locais como variável preditora. Todas as análises foram feitas no R (R CORE TEAM, 2023)

3. RESULTADOS

A assembleia de anuros foi composta por 2812 girinos de 14 espécies de anuros, distribuídos em cinco famílias, nas 15 lagoas temporárias amostradas no início e no pico da estação chuvosa de 2018. Somente uma das lagoas não possuiu girinos tanto no início quanto no pico da estação chuvosa. A riqueza variou de uma a 7 espécies para aquelas lagoas que possuíram girinos e a abundância variou de um a 562 girinos por lagoa que houveram girinos (Tabela 1). *Scinax x-signatus* foi a espécie dominante, com 44% do total de girinos amostrados, seguido de *Rhinella diptycha* (17%) (Tabela 1, Figura 03).

Não houve diferença em relação à riqueza ($t = -0.49$; $df = 16.83$; $p = 0.65$), abundância ($t = -0.72$; $df = 17.75$; $p = 0.47$), índice de diversidade de Shannon ($t = 0.09$; $df = 17.90$; $p = 0.92$) e composição de espécies entre o início e o pico da estação chuvosa (NMDS, stress=0,14). No entanto, *Rhinella diptycha*, *Leptodactylus fuscus* e *Physalaemus cicada* ocorreram apenas nas amostragens feitas durante o início da estação chuvosa, enquanto *Pithecopus gonzagai*, *Leptodactylus macrosternum* e *Proceratophrys cristiceps* ocorreram apenas no pico da estação chuvosa de 2018 (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies de anuros que ocorreram na fase larval em 15 lagoas temporárias no oeste potiguar amostradas duas vezes (30 amostragens), uma entre fevereiro e março (I = início da estação chuvosa) e outra entre abril e maio (P = pico da estação chuvosa) de 2018. Número de lagoas em que as espécies ocorreram e abundância de cada espécie durante o estudo.

Táxon	Nº de lagoas	Período	Abundância
Bufonidae			
<i>Rhinella diptycha</i>	3	I	479
<i>Rhinella granulosa</i>	7	I/P	132
Hylidae			
<i>Corythomanthis greeningi</i>	6	I/P	150

<i>Dendropsophus soaresi</i>	4	I/P	129
<i>Pithecopus gonzagai</i>	3	P	25
<i>Scinax x-signatus</i>	18	I/P	1250
Leptodactylidae			
<i>Leptodactylus fuscus</i>	1	I	1
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	1	P	90
<i>Physalaemus albifrons</i>	6	I/P	23
<i>Physalaemus cicada</i>	2	I	3
<i>Pleurodema diplolister</i>	13	I/P	259
<i>Pseudopaludicola pocoto</i>	2	I/P	5
Microhylidae			
<i>Dermatonotus muelleri</i>	8	I/P	262
Odontophrynidae			
<i>Proceratophrys cristiceps</i>	1	P	4
TOTAL			2812

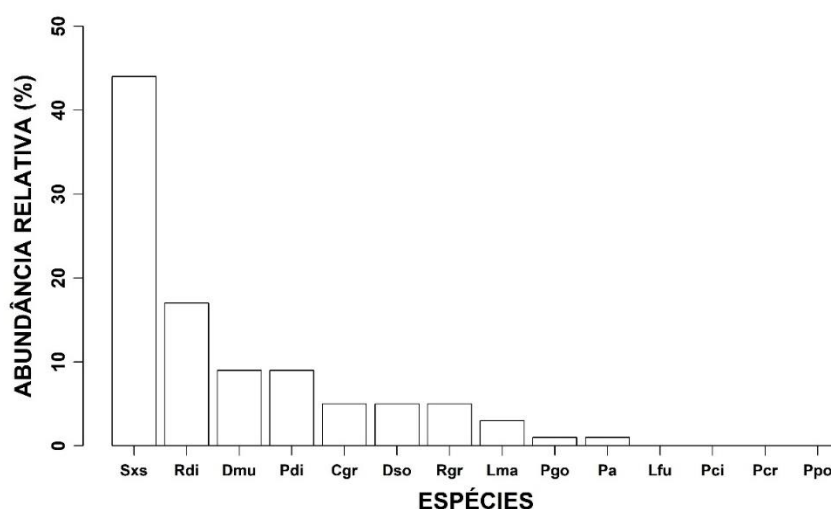


Figura 03. Distribuição de abundâncias de girinos por espécie do período chuvoso de 2018, amostrados em quinze lagoas temporárias no semiárido do Rio Grande do Norte.

A concentração de metais e químicos na água foi altamente variável entre as lagoas e entre os períodos amostrados (Tabela 02).

Tabela 02. Variáveis preditoras do sedimento: Al (Alumínio mg/Kg), Ca (Cálcio mg/Kg), Mg (Magnésio mg/Kg), MO (Matéria Orgânica mg/Kg), Cond (Condutividade Elétrica dS/m), pH e da água: Cu (Cobre mg/L), Fe (Ferro mg/L), Zn (Zinco mg/L), Ni (Níquel mg/L), Cd (Cádmio mg/L) e Pb (Chumbo mg/L). Os valores separados pelas barras indicam o início/pico da estação chuvosa. Valores Resolução Conama 357/05 utilizados como valores de referência para qualidade de água referente à manutenção da diversidade de organismos aquáticos. *representa a ausência de dados para o respectivo período.** Por falta de dados na resolução usei como valores de referências para Al (Clark; Lazerte, 1985a; Douchez *et al.*, 2025), Ca (Lassiter *et al.*, 2020), Mg (Trenfield *et al.*, 2019) e Cond (Clements; Kotalik, 2016).

Lagoa	Al	Ca	Mg	MO	Cond	pH	Cu	Fe	Zn	Ni	Cd	Pb
Alagoinha	0,2/0,1	7,79/6,32	5,33/9,45	28/2	0,09/0,13	7,4/6,5	0,003/0,013	25/7	0,008/0,018	0/0,001	0/0	0/0,02
A.Maranhão	*/0	*/5,58	*/6,26	*/34,8	*/0,98	*/8,04	*/0,011	*/0,175	*/0,006	*/0,003	*/0	*/0,04
BomPreço	0/*	8,42/*	7,28/*	26,4/*	0,17/*	7,6/*	0/*	0,212/*	0,017/*	0,008/*	0,014/*	0,155/*
Borges	0/0	12/20,38	2,6/4,8	32,8/4,8	0,15/0,14	8,35/8,1	0/0	0,17/0,134	0,0034/0,017	0/0	0,001/0	0,035/0
Camarão	*/0	*/9,38	*/8,68	*/34,4	*/1,55	*/7,55	*/0,01	*/0,2865	*/0	*/0	*/0	*/0,12
CostaeSilva	*/0	*/25,72	*/4,55	*/30,4	*/0,15	*/7,81	*/0,006	*/0,9345	*/0,0092	*/0,0055	*/0,0045	*/0,06
EstAlagoinha	0,15/0,1	5,8/4,48	8,61/2,41	22,8/22,8	0,14/0,07	6,65/6,42	0,0075/0,0115	5/0,489	0,0357/0,0003	0/0	0/0	0/0,065
Ufersa	0/0	9,47/8,12	7,51/4,77	18/20	0,15/0,15	7,26/7,05	0,0015/0,008	7/11	0,0418/0,0017	0/0	0/0	0/0,08
Nelzinho	0/0	10,67/10,46	10,25/9,76	24,8/17,6	0,19/0,17	8,1/8,11	0/0	0,0555/0,0835	0,0152/0	0,004/0	0/0	0/0,065
Rincão	*/0,1	*/0,1	*/7,02	*/20,8	*/0,11	*/6	*/0,008	*/0,5555	*/0,0045	*/0,0015	*/0	*/0,09
RN117	0/*	0/*	10,85/*	12,4/*	0,36/*	7,4/*	0,003/*	55/*	0,0287/*	0,003/*	0/*	0,08/*
Barauna	0/0	20,05/17,95	5,15/8,62	18,4/4,4	0,19/0,15	7,85/7,7	0/0,006	0,34/1	0,0058/0,0106	0/0,0085	0/0,001	0/0,025
Virgilio	0/0	24,26/22,64	3,77/4,78	10/16,4	0,39/0,45	7,69/7,86	0/0,012	0,227/0,1145	0,0074/0,0138	0,005/0	0,012/0	0,065/0,075
CONAMA	0,02 em pH ≤ 4,1**	<20-50	3**	5	0,03**	6 a 9	0,009	0,3	0,18	0,025	0,001	0,01

Os eixos resultantes da CCA explicaram 71% da variação por todos preditores, sendo que 32% da variação foi explicada por CCA1 e CCA2 e, 13% foi explicada pelo CA1 (baixa explicação por preditores não avaliados). No entanto, nenhum dos preditores influenciaram a dinâmica de abundância das espécies na assembleia de girinos estudada ($F=1.42$; $P=0.56$) (Figura 04).

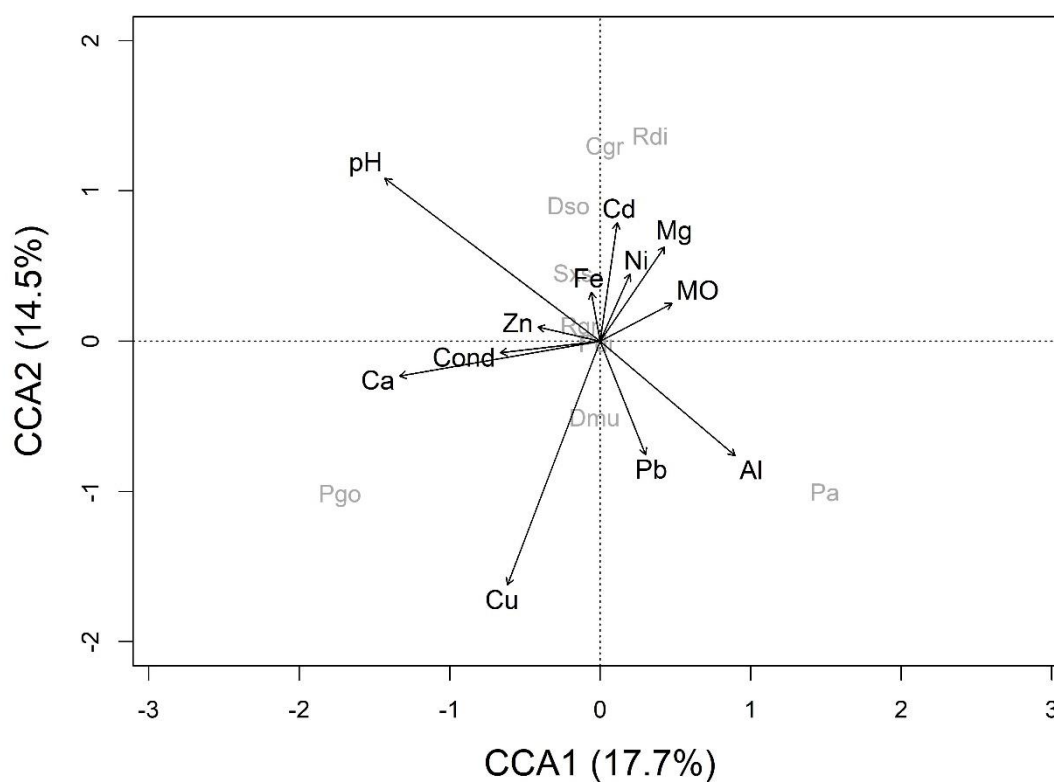


Figura 04. Diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrando a relação entre a composição e abundância das espécies de girinos e as variáveis locais das lagoas temporárias. As setas representam os vetores das variáveis

preditoras, sua direção e comprimento indicam a magnitude e o sentido de sua correlação com os eixos de ordenação e com as espécies. As abreviações das variáveis preditoras são: Cu (Cobre), Mn (Manganês), Fe (Ferro), Zn (Zinco), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cádmio) e Pb (Chumbo) amostradas na água e Cond (condutividade elétrica), pH, MO (matéria orgânica), Al (Alumínio) amostrados no sedimento das lagoas. Os pontos no gráfico representam a abundância das espécies de girinos (variável resposta), e suas abreviações são: *Corythomantis greeningi* (Cgr); *Dendropsophus soaresi* (Dso); *Dermatonotus muelleri* (Dmu); *Pithecopus gonzagai* (Pgo); *Physalaemus albifrons* (Pa); *Pleurodema diplolister* (Pdl); *Rhinella diptycha* (Rdi); *Rhinella granulosa* (Rgr) e *Scinax x-signatus* (Sxs). As percentagens indicadas nos eixos CCA1 (14,5%) e CCA2 (17,7%) referem-se à proporção da variância total da abundância das espécies explicada por cada eixo canônico.

4. DISCUSSÃO

A assembleia de girinos foi composta por espécies típicas do semiárido brasileiro. Em geral, as assembleias de anuros na Caatinga frequentemente são compostas por 10 a 18 espécies em poças/lagoas temporárias, com predomínio das famílias Hylidae, Leptodactylidae, Bufonidae e Microhylidae (Araújo *et al.*, 2025; da Silva Vieira; Santana; Arzabe, 2009; Vieira; Arzabe; Santana, 2007). A alta dominância de uma das espécies é esperado em comunidades que são ambientes estressados ou perturbados, onde espécies oportunistas ou generalistas que se reproduzem de forma muito rápida e se estabelecem de forma rápida (da Silva Vieira; Santana; Arzabe, 2009). *Scinax x-signatus* (44%) e *Rhinella diptycha* (17%) foram as espécies dominantes, generalistas, tolerantes à variação ambiental e com ampla distribuição no semiáridos brasileiro (Vieira *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2007). A ocorrência de 1 a 7 espécies por lagoa também é típica de ambientes aquáticos efêmeros, refletindo a heterogeneidade local das lagoas quanto ao tamanho, profundidade, vegetação marginal e duração do hidroperíodo (Vieira *et al.*, 2008; Xavier & Napoli, 2011).

No ano estudado, as chuvas tiveram início no mês de fevereiro e portanto, março foi o mês com as primeiras chuvas, diferente do esperado para a média geral histórica (Sobrinho *et al.*, 2011). Isto pode explicar a dinâmica e ocorrência das espécies ser semelhante entre os dois períodos amostrais (Vieira; Arzabe; Santana, 2007). A alta similaridade na riqueza e composição de espécies entre início e pico da estação chuvosa sugere uma relativa estabilidade temporal na estrutura das assembleias larvais no ano estudado, o que pode estar relacionado à rápida resposta dos anuros às primeiras chuvas. Pois muitas espécies iniciam reprodução logo após as primeiras precipitações e à curta duração dos corpos d'água (Vieira *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2007). Assembleias de anuros na Caatinga tendem a ser compostas predominantemente por espécies que apresentam reprodução explosiva ou oportunista durante a estação chuvosa, com sobreposição temporal considerável (Vieira *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2007). No entanto, o registro exclusivo de algumas espécies em apenas um dos períodos (ex: *R. diptycha* no início; *Pithecopus gonzagai* no pico) indica certa partição temporal ou diferenças fenológicas entre as espécies que é um padrão já observado em outros trabalhos na região (Vieira *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2007).

A grande variação nas concentrações de metais (Cu, Fe, Zn, Ni, Cd, Pb) entre lagoas reflete a heterogeneidade ambiental típica do semiárido. No entanto, a análise multivariada não detectou influência significativa dessas variáveis sobre a abundância ou composição das assembleias larvais. Esse resultado está alinhado com estudos realizados na Caatinga que apontam o hidroperíodo (duração dos corpos d'água) como principal filtro ambiental para anuros nesses ambientes (Vieira; Arzabe; Santana, 2007; Xavier; Napoli, 2011), enquanto fatores físico-químicos como pH ou condutividade tendem a ter efeito secundário ou nulo sobre riqueza/abundância em escalas locais. As concentrações de metais e parâmetros físico químicos observadas ficaram, em geral, dentro ou próximas dos limites de proteção à vida aquática definidos por normas brasileiras (CONAMA 357/2005) para a maioria dos elementos, embora alguns componentes, como Ferro, tenham excedido esses valores em certos pontos, situação semelhante a outros sistemas onde cargas naturais ou antrópicas elevadas não se traduzem imediatamente em mudanças de estrutura de comunidade (Babini *et al.*, 2015; Gonçalves *et al.*, 2017; Pollo *et al.*, 2016). Por outro lado, há evidências crescentes de que metais pesados podem causar efeitos subletais importantes em girinos mesmo quando não se observa alteração imediata na estrutura da comunidade incluindo alterações fisiológicas, comportamentais ou morfológicas (Sánchez-Domene *et al.*, 2022). Assim, a ausência de efeito detectável na diversidade taxonômica de girinos não exclui potenciais impactos negativos crônicos ou cumulativos sobre populações locais.

O período chuvoso de 2018 (ano da realização das coletas) foi considerado um ano chuvoso comum, porém vindo de anos de seca que por sua vez tende a ampliar a disponibilidade de habitat aquático, mas não necessariamente aumenta de forma simples a influência dos parâmetros físico-químicos sobre os girinos. Em ambientes como a Caatinga, o principal filtro para anuros é a disponibilidade de água e o hidroperíodo, mais do que variações usuais de pH, condutividade, entre outros (Lima *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2008). Após secas prolongadas, um “bom” inverno chuvoso permite ocupação massiva de poças, explosão reprodutiva e alta abundância de girinos, como observado em seu estudo, padrão típico da Caatinga (Vieira *et al.*, 2008; Arzabe, 1999). Contudo, trabalhos na Caatinga e regiões sazonais mostram que, mesmo em anos chuvosos, a riqueza/abundância larval continua mais fortemente ligada ao tempo de permanência da água do que a gradientes físico-químicos de curto prazo (Lima *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2008). Em poças temporárias do sul do Piauí, o hidroperíodo explicou o uso das poças por girinos, enquanto pH e outras variáveis físico-químicas tiveram baixo poder explicativo (R^2 máximo $\approx 0,33$) (Lima *et al.*, 2022), semelhante ao resultado do presente estudo. Além disso, bons períodos chuvosos tendem diluir sais e metais acumulados na seca, aproximando alguns valores de referências de qualidade de água; Tornar pH, condutividade e metais mais homogêneos entre lagoas, reduzindo seu papel como filtro local forte. Também podendo reativar bancos de sementes e detritos, aumentando matéria orgânica e turbidez, mas dentro da amplitude que espécies generalistas (e.g. *Scinax*, *Rhinella*, *Physalaemus*) toleram bem (Lima *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2008). Assim, em um cenário pós seca, um período chuvoso normal provavelmente reforça o padrão que comunidades estruturadas sobretudo pelo regime hídrico e pelo comportamento oportunista das espécies, com a química da água exercendo efeito detectável apenas em situações mais extremas (poluição intensa, pH muito ácido/básico, altas concentrações de agroquímicos ou metais) (Sánchez-Domene *et al.*, 2022; Lopes *et al.*, 2023).

Por fim, os resultados deste estudo reforçam a importância das lagoas temporárias como habitats críticos para a manutenção da diversidade regional de anuros no semiárido brasileiro. Os dados indicam que, embora os fatores físico-químicos locais possam não ter influenciado na estruturação das assembleias de girinos durante o período analisado, a relativa resistência dessas comunidades frente à variação na qualidade da água não deve ser interpretada como invulnerabilidade. Conforme apontado pela literatura de ecotoxicologia (Babini et al., 2015; Hu et al., 2022; Bagnolo et al., 2025), efeitos subletais e cumulativos de contaminantes são plausíveis mesmo quando não se refletem em métricas imediatas de diversidade. Portanto, a conservação desses ecossistemas deve priorizar não apenas sua distribuição espacial, mas também a integridade ambiental diante do avanço agrícola e da poluição difusa por metais e agrotóxicos (Sánchez-Domene *et al.*, 2023; With *et al.*, 2024), garantindo o funcionamento ecológico desses sistemas aquáticos temporários a longo prazo.

5. REFERÊNCIAS

- AGGARWAL, M.; ANBUKUMAR, S.; KUMAR, T. V. The relationship between pH, organic matter and heavy metal concentrations in surface sediment of ganga river, India. **Water Environment Research**, [s. l.], v. 97, n. 8, p. e70160, 2025.
- ARAÚJO, K. de C. *et al.* Assessing the effect of local heterogeneity on anuran diversity in the serra da capivara national park, piauí state, brazil. **Zookeys**, [s. l.], v. 1236, p. 233–248, 2025.
- BABINI, M. S. *et al.* Health status of tadpoles and metamorphs of *rhinella arenarum* (anura, bufonidae) that inhabit agroecosystems and its implications for land use. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], v. 118, p. 118–125, 2015.
- CLARK, K. L.; LAZERTE, B. D. A laboratory study of the effects of aluminum and pH on amphibian eggs and tadpoles. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 42, n. 9, p. 1544–1551, 1985a.
- CLARK, K. L.; LAZERTE, B. D. A laboratory study of the effects of aluminum and pH on amphibian eggs and tadpoles. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 42, n. 9, p. 1544–1551, 1985b.
- CLEMENTS, W. H.; KOTALIK, C. Effects of major ions on natural benthic communities: An experimental assessment of the US environmental protection agency aquatic life benchmark for conductivity. **Freshwater Science**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 126–138, 2016.
- CUMMINS, C. P. Effects of aluminium and low pH on growth and development in rana temporaria tadpoles. **Oecologia**, [s. l.], v. 69, n. 2, p. 248–252, 1986.
- DA COSTA, R. L. *et al.* Toxic, genotoxic, mutagenic, and bioaccumulative effects of metal mixture from settleable particulate matter on American bullfrog tadpoles (*lithobates catesbeianus*). **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 340, p. 122846, 2024.
- DA SILVA VIEIRA, W. L.; SANTANA, G. G.; ARZABE, C. Diversity of reproductive modes in anurans communities in the caatinga (dryland) of northeastern brazil. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 55–66, 2009.

- DOUCHEZ, P. *et al.* Aluminum exposure alters oocytes spindle, and tadpole behavior with modifications of proteasome and oxidative stress markers in *xenopus laevis*. **Chemosphere**, [s. l.], v. 374, p. 144218, 2025.
- DOVICK, M. A. *et al.* Extreme arsenic and antimony uptake and tolerance in toad tadpoles during development in highly contaminated wetlands. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 54, n. 13, p. 7983–7991, 2020.
- FREDA, J.; CAVDEK, V.; MCDONALD, D. G. Role of organic complexation in the toxicity of aluminum to rana pipiens embryos and bufo americanus tadpoles. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 217–224, 1990.
- GIROTTO, L. *et al.* Acute and chronic effects on tadpoles (lithobates catesbeianus) exposed to mining tailings from the dam rupture in mariana, MG (brazil). **Water, Air, & Soil Pollution**, [s. l.], v. 231, n. 7, p. 325, 2020.
- GONÇALVES, M. W. *et al.* The agricultural impact of pesticides on physalaemus cuvieri tadpoles (amphibia: Anura) ascertained by comet assay. **Zoologia**, [s. l.], v. 34, p. 1–8, 2017.
- HAYWOOD, L. K. *et al.* Xenopus laevis embryos and tadpoles as models for testing for pollution by zinc, copper, lead and cadmium. **African Zoology**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 163–174, 2004.
- JEONG, H. *et al.* Heavy metals and metalloid in aquatic invertebrates: A review of single/mixed forms, combination with other pollutants, and environmental factors. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 191, p. 114959, 2023.
- JEONG, H. *et al.* Toxicity of methylmercury in aquatic organisms and interaction with environmental factors and coexisting pollutants: A review. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 943, p. 173574, 2024.
- KELEPERTZIS, E. *et al.* Distribution and accumulation of metals in tadpoles inhabiting the metalliferous streams of eastern chalkidiki, northeast greece. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 409–420, 2012.
- KNAUTH, D. S.; MOREIRA, L. F. B.; MALTCHIK, L. Partitioning tadpole beta diversity in highland ponds with different hydroperiods. **Freshwater Science**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 380–388, 2018.
- KOVAR, R. *et al.* Spring migration distances of some Central European amphibian species. **Amphibia-Reptilia**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 367–378, 2009.
- LANCTÔT, C. *et al.* Behaviour, development and metal accumulation in striped marsh frog tadpoles (*limnodynastes peronii*) exposed to coal mine wastewater. **Aquatic Toxicology**, [s. l.], v. 173, p. 218–227, 2016.
- LASSITER, E. *et al.* Spindly leg syndrome in atelopus varius is linked to environmental calcium and phosphate availability. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. e0235285, 2020.
- LEDUC, J. *et al.* Copper and nickel effects on survival and growth of northern leopard frog (lithobates pipiens) tadpoles in field-collected smelting effluent water. **Environmental Toxicology and Chemistry**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 687–694, 2016.

- LEFCORT, H. *et al.* Ramifications of predator avoidance: Predator and heavy-metal-mediated competition between tadpoles and snails. **Ecological Applications**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 1477–1489, 1999.
- LEPS, J.; SMILAUER, P. **Multivariate analysis of ecological data using CANOCO**. [S. l.]: [s. d.], 2003. v. 3
- LI, L. *et al.* Exploring the effects of environmentally relevant concentrations of buprofezin and cadmium on tadpoles: A phenotypic and molecular analysis. **Environmental Research**, [s. l.], v. 278, p. 121735, 2025.
- LU, H. *et al.* Cadmium-induced toxicity to amphibian tadpoles might be exacerbated by alkaline not acidic pH level. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], v. 218, p. 112288, 2021.
- MARCHAND, G. *et al.* Cadmium induces physiological and behavioral changes associated with 180 kDa NCAM lower expression and higher polysialic acid, in the african clawed *xenopus laevis* tadpoles. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], v. 273, p. 116119, 2024.
- MEHDIZADEH, Y. *et al.* Behavior, toxicity and diffusive flux of metals in a sediment core and pore-water from anzali wetland. **Acta Geochimica**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 309–331, 2023.
- MORRIS, E. K. *et al.* Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the german biodiversity exploratories. **Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 4, n. 18, p. 3514–3524, 2014.
- NECKEL-OLIVEIRA, S.; GASCON, C. Abundance, body size and movement patterns of a tropical treefrog in continuous and fragmented forests in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, [s. l.], v. 128, n. 3, p. 308–315, 2006.
- PELTZER, P. M. *et al.* Ecotoxicological characterization of lithium as a “timebomb” in aquatic systems: Tadpoles of the south American toad *rhinella arenarum* (hensel, 1867) as model organisms. **Toxics**, [s. l.], v. 12, n. 3, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/3/176>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- POLLO, F. E. *et al.* Assessment *in situ* of genotoxicity in tadpoles and adults of frog *hypsiboas cordobae* (barrio 1965) inhabiting aquatic ecosystems associated to fluorite mine. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s. l.], v. 133, p. 466–474, 2016.
- SAHRAWAT, K. L. Simple modification of the walkley-black method for simultaneous determination of organic carbon and potentially mineralizable nitrogen in tropical rice soils. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 73–77, 1982.
- SÁNCHEZ-DOMENE, D. *et al.* Combined effects of landscape composition and agrochemicals on frog communities amid sugarcane-dominated agroecosystems. **Ecological Applications**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. e2781, 2023.
- SANTANA, H. S. *et al.* The rainy season increases the abundance and richness of the aquatic insect community in a neotropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 75, p. 144–151, 2015.
- SCHALK, C. M. *et al.* Trophic plasticity, environmental gradients and food-web structure of tropical pond communities. [s. l.], 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/fwb.12882>. Acesso em: 1 fev. 2026.

- SHUHAIMI-OTHMAN, M. *et al.* Toxicity of metals to tadpoles of the common sunda toad, *duttaphrynus melanostictus*. **Toxicological & Environmental Chemistry**, [s. l.], v. 94, n. 2, p. 364–376, 2012.
- SILVA, J. M. C. da *et al.* The Caatinga: Understanding the Challenges. *In*: SILVA, J. M. C. da; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (org.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 3–19. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_1. Acesso em: 29 jun. 2024.
- SOBRINHO, J. E. *et al.* Climatologia da Precipitação no Município de Mossoró - RN. [s. l.], 2011. Disponível em: <https://www.sbagro.org/files/biblioteca/3624.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2024.
- SPARACINO, J.; ARGIBAY, D. S.; ESPINDOLA, G. Long-term (35 years) rainy and dry season characterization in semiarid northeastern brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 36, p. 377–391, 2021.
- SPARLING, D. W.; LOWE, T. P. Metal concentrations of tadpoles in experimental ponds. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 91, n. 2, p. 149–159, 1996.
- TABAT, J. L. *et al.* Sublethal toxicity of cadmium chloride (CdCl₂) on the growth parameters of *xenopus laevis* tadpoles (daudin, 1802). **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 23–28, 2022.
- TER BRAAK, C. J. F.; PRENTICE, I. C. A theory of gradient analysis. *In*: BEGON, M. *et al.* (org.). **Advances in Ecological Research**. [S. l.]: Academic Press, 1988. v. 18, p. 271–317. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S006525040860183X>. Acesso em: 27 set. 2025.
- TRENFIELD, M. A. *et al.* Integrating laboratory and field studies to assess impacts of discharge from a uranium mine and validate a water quality guideline value for magnesium. **Integrated Environmental Assessment and Management**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 64–76, 2019.
- VAZ-SILVA, W. *et al.* **Guia de identificação das espécies de anfíbios (anura e gymnophiona) do estado de goiás e do distrito federal, brasil central**. [S. l.]: Sociedade Brasileira de Zoologia, 2020. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/9qfsp>. Acesso em: 1 fev. 2026.
- VERONEZ, A. C. da S. *et al.* Genetic and biochemical effects induced by iron ore, fe and mn exposure in tadpoles of the bullfrog *lithobates catesbeianus*. **Aquatic Toxicology**, [s. l.], v. 174, p. 101–108, 2016.
- VIEIRA, W. L. da S.; ARZABE, C.; SANTANA, G. G. Composição e distribuição espaço-temporal de anuros no cariri paraibano, nordeste do brasil. **Oecologia Australis**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 383–396, 2007.
- WELLS, K. The Ecology & Behavior of Amphibians. **Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press**, [s. l.], 2007.
- WITH, K. A. *et al.* The agricultural transformation of brazil's cerrado is influencing the diversity and distribution of tadpoles via lentification. **Biodiversity and Conservation**, [s. l.], v. 33, n. 8, p. 2567–2592, 2024.

XAVIER, A. L.; NAPOLI, M. F. Contribution of environmental variables to anuran community structure in the caatinga domain of brazil. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 45–64, 2011.

ZHANG, X. *et al.* Benefits and costs: Understanding the influence of heavy metal pollution on environmental adaptability in *strauchbufo raddei* tadpoles through an energy budget perspective. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 356, p. 124388, 2024.

ZHANG, Y. *et al.* Long-term toxicity effects of cadmium and lead on bufo raddei tadpoles. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [s. l.], v. 79, n. 2, p. 178–183, 2007.