



Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Campus Mossoró
Curso de Ecologia

ANYSSA GABRIELA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DE METAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE
GIRINOS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO.**

MOSSORÓ-RN

2023

ANYSSA GABRIELA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DE METAIS PESADOS SOBRE O
DESENVOLVIMENTO DE GIRINOS EM LAGOAS
TEMPORÁRIAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do
título de Ecóloga.

Orientadora: Milena Wachlevski
Machado

MOSSORÓ-RN

2023

© 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.

0048i Oliveira, Anyssa Gabriela .
INFLUÊNCIA DE METAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO
DE GIRINOS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO. / Anyssa Gabriela Oliveira. - 2023.
29 f. : il.

Orientadora: Milena Wachlevski Machado.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2023.

1. Urbanização. 2. Contaminantes ambientais. 3.
Anuros. 4. Ambientes aquáticos. I. Machado,
Milena Wachlevski, orient. II. 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.

ANYSSA GABRIELA DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DE METAIS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE
GIRINOS EM LAGOAS TEMPORÁRIAS NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO.**

Monografia apresentada à
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido – UFERSA, Campus
Mossoró para a obtenção do título
de Ecóloga.

APROVADO EM: 10/ 10/ 2023

BANCA EXAMINADORA

Milena Wachlevski Machado – Profa. Dra. (UFERSA)

Presidente

**LUCIANA VIEIRA DE
PAIVA**

LUCIANA VIEIRA DE
PAIVA

2023.10.20 08:54:54 -03'00'

Luciana Vieira de Paiva – Profa. Dra. (UFERSA)

Primeiro Membro

Documento assinado digitalmente



RODRIGO FERNANDES

Data: 20/10/2023 09:04:00-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Rodrigo Fernandes – Prof. Dr. (UFERSA)

Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, especialmente meus pais e meu irmão que apesar de termos uma relação conturbada, sempre estiveram presente e me ajudaram nos momentos mais difíceis.

Aos professores por todos os ensinamentos ao longo desses 8 anos de curso (sim, o dobro do previsto!). Especialmente a Milena Wachlevski que teve muita paciência sendo minha orientadora e que me ensinou a ser uma cientista. A professora Eulene Francisco e toda equipe do Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta, LASAP que me ajudaram com as análises de metais no sedimento e na água. A professora Aline Campagna que me deu um suporte teórico sobre metais, análises de água e sedimento. Aos professores Gustavo Henrique Gonzaga e Michael Hrnčíř que cederam o espaço dos seus respectivos laboratórios para a realização do processo de digestão dos metais. Ao professor Airton Carvalho que disponibilizou sua super, hiper, mega, power lupa para que eu pudesse tirar fotos do aparato oral dos girinos minúsculos.

À UFERSA pela bolsa de iniciação científica concedida (Edital 16/2022) e pelo financiamento parcial da pesquisa, concedido à profa Milena, por meio do Edital PROPPG Apoio à Grupos de Pesquisa 12/2020.

A toda equipe do LECA, pela ajuda em campo e coleta de dados, Milena Wachlevski, Pamella Soares, Nilton Aquino, Paulo Cunha, Daniel Passos e especialmente a Eduarda Lima Alves que lutou comigo desde o início na identificação das espécies, leitura dos metais e Juliana Sousa que pelejou comigo diariamente em busca da foto perfeita do aparato oral dos girinos.

Ao ICMBIO pela licença de coleta concedida para realizar a pesquisa no Parque Nacional da Fumaça (licença 57775) em especial ao Leonardo Brasil por ter sido sempre atencioso e ao José Iatagan que ajudou muito no reconhecimento das áreas.

A todos os meus amigos por compartilhar os melhores momentos e os piores perrengues da universidade, que me deram apoio em todas as vezes que eu pensei em desistir, por não me sentir capaz. Especialmente Rafael Jonne que se tornou meu melhor amigo no início do curso e hoje eu o considero como um irmão.

A Kauane Monique, que entrou na minha vida nesses últimos anos da graduação, e se tornou uma das pessoas mais importantes da minha vida. Trazendo a leveza no sorriso, sempre estando comigo, acreditando em mim e me incentivando a buscar tudo o que eu almejo. Ela me ensinou o que é reciprocidade, e pense como é lindo!

RESUMO

Os anfíbios estão entre os vertebrados mais ameaçados de extinção, sendo que o crescimento da urbanização e os contaminantes associados estão entre as principais causas de declínios populacionais. O aumento do aporte de contaminantes ambientais, como os metais, decorrente do crescimento das áreas urbanas pode afetar negativamente as populações de organismos aquáticos. Em regiões semiáridas os ambientes aquáticos temporários possuem um papel fundamental na manutenção da biodiversidade, sendo importantes para os anuros que os utilizam como sítios reprodutivos e onde os girinos passam por um período de crescimento e metamorfose. O desenvolvimento dos girinos pode ser afetado por fatores bióticos, como pressão de predação e por fatores abióticos, como temperatura e contaminantes aquáticos, estes podendo causar retardo e/ou instabilidade no desenvolvimento. Neste estudo, busquei responder como a concentração de metais está relacionada com os desvios no desenvolvimento de girinos em lagoas temporárias no município de Mossoró e região. Coletei amostras de água, sedimento e girinos em 10 lagoas localizadas entre os municípios de Mossoró e Baraúna no Rio Grande do Norte, distribuídas com diferentes impactos de urbanização. Mensurei a concentração de sete metais (Cu, Mn, Fe, Zn, Ni, Cd e Pb) totais na água e biodisponíveis no sedimento de cada lagoa e usei girinos de *Scinax x-signatus* (Anura, Hylidae) como modelo de estudo. Os girinos foram medidos quanto ao comprimento da cauda, do corpo e total e contado o número de dentículos em duas fileiras com interrupção medial no aparato bucal. Os desvios de desenvolvimento foram medidos por meio da diferença do número de dentículos entre os lados esquerdo e direito da boca dos girinos. No entanto, a assimetria flutuante não pôde ser testada porque as diferenças entre o lado esquerdo e direito não atenderam às premissas do teste. Adicionalmente, avaliamos a influência dos metais sobre o tamanho corporal das larvas de *S. x-signatus*. Considerando a concentração de mais de um metal por lagoa, três das dez lagoas amostradas possuíram valores de concentrações totais na água altos para mais de um metal: lagoa “Camarão” com valores altos para Cu, Fe, Cr, Ni, Cd e Pb; lagoa “Alberto Maranhão” com valores altos para Cu, Ni e Pb e; lagoa “EEU” com valores altos para Mn e Fe. As concentrações de Cádmio estavam acima dos valores máximos indicados para metais biodisponíveis no sedimento para seis lagoas. Apesar das altas concentrações de metais potencialmente nocivos, somente as concentrações de Cromo e Manganês biodisponível no sedimento possuíram uma relação positiva, com o comprimento do corpo, da cauda e total dos girinos. Como o Cromo e o Manganês são metais essenciais para processos fisiológicos, como o metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas nos organismos, a sua disponibilidade nos

sedimentos os tornam menos acessíveis para girinos que são nectônicos, como os de *S. x-signatus*, podendo fazer com que os girinos não sejam tão suscetíveis às concentrações prejudiciais. Possivelmente, o tempo de desenvolvimento tende a ser rápido para os girinos e o hidroperíodo curto nas lagoas temporárias do semiárido faz com que os metais potencialmente tóxicos não influenciem negativamente o desenvolvimento larval dos anuros neste contexto.

Palavras-Chave: Urbanização; Contaminantes ambientais; Anuros; Ambientes aquáticos.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Localização das lagoas amostradas: (a) Alberto Maranhão, (b) Borges, (c) Camarão, (d) Costa e Silva, (e) EEU, (f) Estrada Alagoinha, (g) Lagoas 2 UFERSA, (h) Nelzinho, (i) Saída Baraúna nos municípios de Mossoró e Baraúna durante a estação chuvosa de 2018.....	16
Figura 2: Aparato oral do girino da espécie <i>Scinax x-signatus</i> , fórmula de dentículos: A2(2), P3(1) e os caracteres analisados, número de dentículos da segunda fileira anterior para ambos os lados direito e esquerdo (A2 D e A2 E) e a primeira fileira posterior para ambos os lados (P1 D e P1 E)	18
Figura 3: Medidas morfológicas analisadas para cada indivíduo. Cca = Comprimento da cauda, Cco = Comprimento do corpo e CT = Comprimento total em (mm).....	19
Figura 4: Correlação entre a concentração de Manganês (mg/Kg) biodisponível no sedimento e o comprimento da cauda (Cca) dos indivíduos de <i>Scinax x-signatus</i> em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.....	22
Figura 5: Correlação entre a concentração de Manganês (mg/Kg) biodisponível no sedimento e o comprimento total (CT) dos indivíduos de <i>Scinax x-signatus</i> em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.....	22
Figura 6: Correlação entre as concentrações de Cromo (mg/Kg) biodisponível no sedimento e o comprimento do corpo (Cco) dos indivíduos de <i>Scinax x-signatus</i> em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.	23

LISTAS DE TABELAS

- Tabela 1:** Tendências centrais de média, desvio padrão, do comprimento total (CT), comprimento do corpo (Cco) e comprimento da cauda (Cca) dos girinos entre os estágios 25 e 36 de Gosner (1969) de *Scinax x-signatus* em lagoas temporárias no município de Mossoró e região, no Rio Grande do Norte.....20
- Tabela 2:** Concentrações de metais totais na água (mg/L), encontradas nas lagoas amostradas. Cobre=Cu, Manganês=Mn, Ferro=Fe, Zinco=Zn, Níquel=Ni, Cádmio=Cd, Chumbo=Pb. Valores de referência das concentrações de metais propostos pela Resolução CONAMA 357/05 para ambientes de água doce Classe II. Os valores em negrito são os que estiveram acima dos valores de referência.....21
- Tabela 3:** Concentração de metais biodisponíveis no sedimento (mg/Kg), encontradas nas lagoas amostradas. Cobre=Cu, Manganês=Mn, Ferro=Fe, Cromo=Cr, Níquel=Ni, Cádmio=Cd, Chumbo=Pb. Valores de referência de qualidade para metais em solos do estado do Rio Grande do Norte propostos por Preston et al. (2014) e Costa (2013) com base no percentil 75 do universo amostral, seguindo o que preconiza Resolução CONAMA nº 420/2009.....21

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF – Assimetria flutuante

CHSA – Coleção Herpetológica do Semiárido

cm – Centímetros

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cca – Comprimento da cauda

Cco – Comprimento do corpo

Cd - Cádmio

CT – Comprimento total

Cr – Cromo

Cu – Cobre

EEU – Estação Experimental da UFERSA

Fe – Ferro

g – Gramas

h - Horas

km – Quilômetro

LASAP – Laboratório de Solo Água e Planta

µm – Micrômetros

m² – Metros quadrados

ml – Mililitros

mm – Milímetros

Mn - Manganês

Ni – Níquel

Pb – Chumbo

rpm – Rotação por minutos

RN – Rio Grande do Norte

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-árido

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1 Área de estudo.....	15
2.2 Coleta de dados	16
2.3 Análise de dados	19
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. Introdução

A urbanização causa perda de ambientes naturais reduzindo a diversidade biológica, causando a perda de conectividade entre as populações de espécies silvestres e aumentando o aporte de contaminantes ambientais (BRANCO et al., 2022; DE OLIVEIRA et al., 2013; LIU; HE; WU, 2016). Os poluentes nos ambientes influenciados pela urbanização são trazidos por transportes em estradas que conectam grandes centros urbanos e atividades poluidoras locais, que contaminam ambientes terrestres e aquáticos (SANTOS, 2018). A contaminação dos ambientes por metais, sejam eles essenciais (Sódio, Potássio, Cálcio, Ferro, Zinco, Cobre, Níquel e Manganês) ou não essenciais (Arsênio, Chumbo, Cádmio, Mercúrio, Alumínio, Titânio, Estanho e Tungstênio), pode afetar negativamente as populações de organismos aquáticos. Os metais essenciais desempenham funções específicas em processos fisiológicos dos organismos, quando em concentrações saudáveis, que variam de espécie para espécie (HEATH, 1995). Enquanto os metais não essenciais não possuem nenhuma função metabólica específica, sendo suportado pelos organismos em uma determinada faixa de concentração, variando também para cada espécie (LIMA; MERÇON, 2011). As alterações ambientais como a entrada de substâncias contaminantes nos ecossistemas, podem reduzir a biodiversidade local (DE ESPÍNDOLA et al., 2005; MARTINS; DE OLIVEIRA; SALCEDO, 2014) e de forma crônica também podem causar desvios no desenvolvimento dos organismos, gerando menor desempenho reprodutivo, metabólico, em atividades comportamentais ou aumentando a mortalidade (SANSEVERINO; NESSIMIAN, 2008).

Ambientes aquáticos temporários possuem um papel fundamental na manutenção da biodiversidade, principalmente no semiárido brasileiro, que possui sazonalidade hídrica marcada, temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação (SÁ et al., 2018). Os ambientes aquáticos temporários vêm sendo cada vez mais ameaçados por atividades antrópicas (BARBOSA et al., 2012) e o aumento das áreas urbanas reduz a disponibilidade desses ambientes ou afeta a qualidade dos ecossistemas aquáticos através da mudança do uso do solo e o despejo de efluentes, derivados do consumo humano e das atividades industriais (DE OLIVEIRA et al., 2018; DA SILVA et al., 2016; CORNELLI et al., 2016).

Atualmente, os anfíbios são os vertebrados mais ameaçados de extinção (CATENAZZI, 2015; COLLINS; CRUMP; LOVEJOY, 2009; FISHER; GARNER, 2020; FONSECA et al., 2008). Entre as características que os fazem ser mais vulneráveis estão a pele permeável, aos quais ficam expostos a diversos contaminantes e seu modo de vida bifásico que os tornam

suscetíveis a alterações tanto nos ambientes aquáticos quanto nos terrestres (BEEBEE, 1996). Além da pele outras vias como a respiratória e intestinal podem aumentar sua vulnerabilidade e acelerar o processo de bioacumulação se comparado a outros animais (LEAPHART et al., 2019; QUARANTA et al., 2009). Os girinos eclodem dos ovos, na maioria das vezes em ambientes aquáticos, passam por um período de crescimento e depois por um processo de metamorfose, cujo o tempo pode variar largamente entre espécies e depende da estabilidade dos ambientes aquáticos (MCDIARMID; ALTIG, 1999). Durante este período, as modificações no desenvolvimento larval podem ser influenciadas por pressão de predação (GONZALEZ; TOUCHON; VONESH, 2011; TOUCHON; WARKENTIN, 2011), densidade de girinos (LIMA et al., 2019), e presença de contaminantes aquáticos (SANSEVERINO; NESSIMIAN, 2008).

A espécie *Scinax x-signatus* (Spix, 1824), representante da família Hylidae, possui ampla ocorrência na América do Sul e no Brasil (FROST, 2023). Podendo ser encontrada facilmente na região semiárida (SANTANA et al., 2015). Girinos de *Scinax x-signatus* são nectônicos e possuem características que facilitam sua ocupação no meio da coluna d'água, como o corpo comprimido, olhos laterais, nadadeiras altas e aparato oral em posição anteroventral (ALTIG, 1989; NETO et al., 2018). Seu aparato oral apresenta duas linhas de dentículos anteriores, acima ao bico córneo e três linhas de dentículos posteriores, abaixo do bico córneo. A segunda fileira de dentículos anterior e a primeira posterior, contando sempre de cima para baixo, possuem uma interrupção, compondo assim a fórmula de dentículos A2(2)/P3(1). As fileiras de dentículos são caracteres funcionais para obtenção de alimento, dessa forma, podem ter um maior contato com metais, além de ser uma variável merística que facilita mensurarmos a assimetria flutuante (ETEROVICK et al., 2015).

A cidade de Mossoró está localizada no semiárido brasileiro e é considerada um polo do Rio Grande do Norte, devido à grande gama de atividades econômicas (SILVA, 2015). O crescimento urbano de Mossoró vem aumentando continuamente devido à atividade da indústria de cimento, das empresas petroleiras e ao estabelecimento e crescimento de universidades (MACEDO, 2017).

Neste estudo, busquei responder como a concentração de metais está relacionada com o desenvolvimento de girinos em lagoas temporárias no município de Mossoró e região. A hipótese do presente estudo era que maiores concentrações de metais estivessem relacionadas negativamente com o tamanho corporal e positivamente com os valores de assimetria flutuante.

E as predições eram que quanto maior as concentrações de metais, menor o tamanho corporal dos girinos e quanto maior as concentrações de metais, maior a diferença entre o número de denticulos do lado direito e esquerdo das fileiras com interrupção.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O município de Mossoró está localizado na Depressão Sertaneja Setentrional, Ecorregião do bioma Caatinga, caracterizada pelo clima semiárido com grandes períodos de seca e chuvas concentradas entre os meses de janeiro e junho, com precipitação média anual entre 500 e 800 mm (VELLOSO, 2002). Os tipos de solo encontrados em Mossoró são Argissolos, Argissolos amarelo, Latossolos, Neossolos Quartzarênico, Planossolos, Chernossolos e Cambissolos (PRESTON et al., 2014). O período chuvoso anual do município de Mossoró concentra-se principalmente entre os meses de fevereiro, março e abril com índices pluviométricos variando entre 102,8 e 167,9 mm, seguido por meses mais secos (SOBRINHO et al., 2011). Essas características tornam os corpos d'água temporários extremamente importantes para a biodiversidade da região.

O estudo foi desenvolvido em 10 lagoas temporárias durante o período chuvoso de 2018. A distância mínima entre as lagoas foi de três quilômetros, buscando uma maior independência espacial, considerando que a vagilidade da maioria dos anuros adultos não é superior a um quilômetro (KOVAR, 2019). As lagoas foram distribuídas sistematicamente de modo a incluir uma representatividade de áreas com diferentes impactos de urbanização entre os municípios de Mossoró e Baraúna, RN (Figura 1). As lagoas foram previamente selecionadas por imagem de satélite (Google Earth) utilizando o critério de possuírem água nos anos anteriores (série de 2017 a 2015). Adicionalmente, selecionamos lagoas com área superficial semelhante, para reduzir a influência do tamanho e do hidroperíodo entre as lagoas. Posteriormente, fizemos o reconhecimento em campo de cada uma das lagoas selecionadas. A área superficial média das lagoas foi de $(280,40 \pm 132,48; 69 \text{ a } 614 \text{ m}^2)$, durante o período das coletas, mesmo buscando a área superficial semelhante, a grande variação se deu devido algumas lagoas não terem atingido sua capacidade máxima durante o período das coletas.

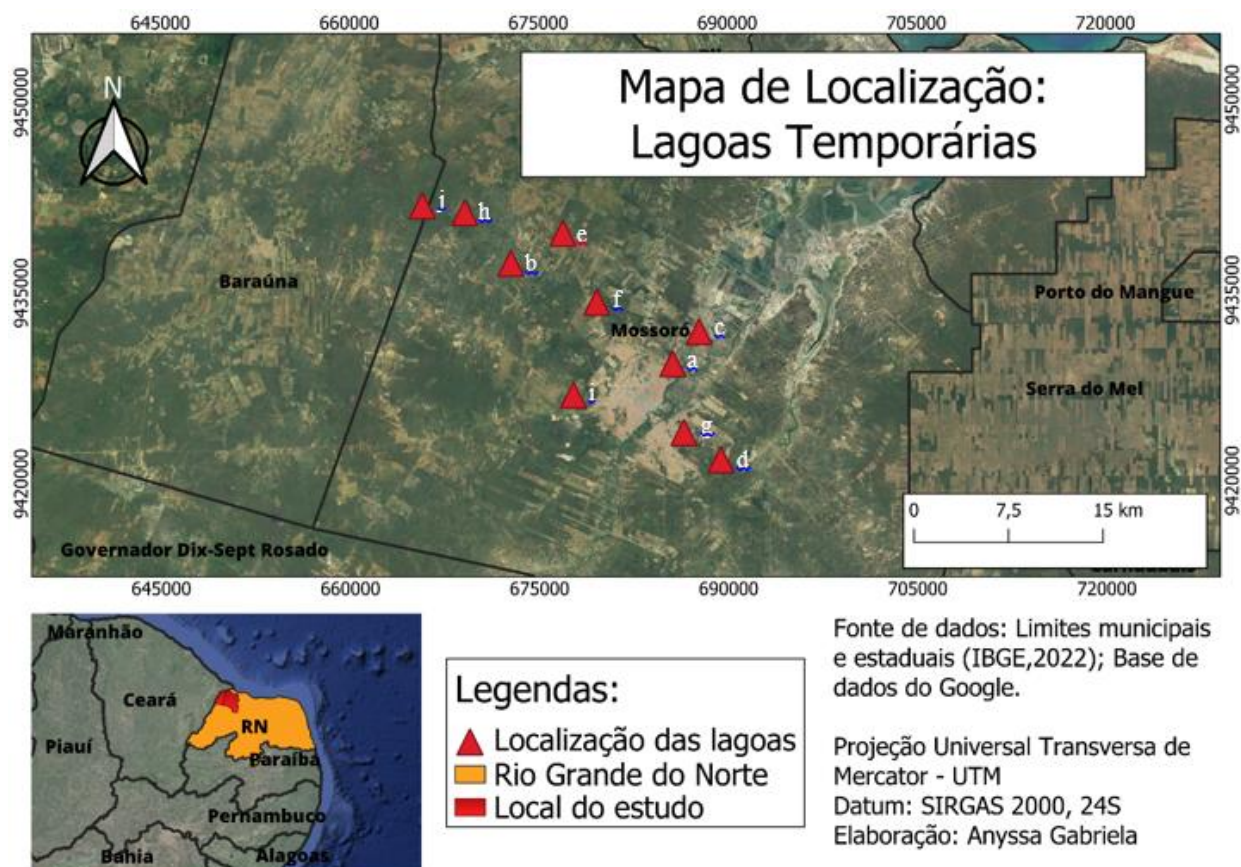


Figura 1: Localização das lagoas amostradas: (a) Alberto Maranhão, (b) Borges, (c) Camarão, (d) Costa e Silva, (e) EEU, (f) Estrada Alagoinha, (g) Lagoas 2 UFERSA, (h) Nelzinho, (i) Saída Baraúna nos municípios de Mossoró e Baraúna durante a estação chuvosa de 2018.

2.2 Coleta de dados

Amostramos os girinos em todas as lagoas, em dois períodos, no início e no pico da estação chuvosa buscando indivíduos provenientes da reprodução nas primeiras chuvas e no pico da estação chuvosa, coletamos amostras de água e sedimento em quatro pontos, com maior comprimento e maior largura, em cada uma das lagoas, a fim de obter uma maior representatividade de cada uma delas. O modelo de estudo escolhido para a proposta do trabalho foram girinos de *Scinax x-signatus* (Anura, Hylidae) por ser a espécie mais abundante registrada em todas as lagoas e por possuírem linhas de denticulo com interrupção.

Os girinos foram coletados em cada ponto passando uma rede de aquário (15 x 21 cm) por 10 vezes seguidas de baixo para cima na coluna d'água, padronizando desta maneira o esforço amostral (KOPP et al., 2010). Para isto o coletor se distanciava 1m da margem, posicionado no local fixo, passava a rede ao seu redor. Os girinos coletados foram eutanasiados em campo com uma solução de lidocaína, fixados em formol 5%, identificados a nível de espécie, o estágio de desenvolvimento foi definido segundo Gosner (1960), posteriormente

foram depositados na Coleção Herpetológica do Semiárido da UFERSA - CHSA. A coleta dos espécimes foi autorizada pela licença N° 57775-1 do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO).

Amostramos os metais essenciais: Cobre, Ferro, Zinco, Cromo, Níquel e Manganês e não essenciais: Cádmio e Chumbo. Avaliamos suas concentrações totais na água buscando amostrar todas as possíveis formas (solúveis e insolúveis) em que esses metais podem estar no ambiente aquático e avaliamos também a concentrações dos metais biodisponíveis no sedimento que corresponde às concentrações disponíveis para absorção pelos organismos (DORNFELD, 2002).

Para análise de metais totais na água coletamos amostras de água em garrafas de 1 litro, preservadas em campo utilizando 1,5 ml de ácido nítrico. Em laboratório, foram adicionamos mais 5 ml do mesmo ácido em 100 ml de cada amostra, formando um material concentrado que foi filtrado utilizando filtros de fibra de vidro com 0,45 µm de porosidade e colocados em balões volumétricos diluídos para 100 ml (APHA, 1995). Utilizamos os valores máximos de referência para a concentração de metais em corpos d'água Classe II, que são aqueles 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.

Para a análise de metais biodisponíveis no sedimento coletamos amostras em potes plásticos de 750 ml com uma pá esterilizada. Em laboratório, alocamos 1,0 g de cada amostra em um Erlenmeyer juntamente a 25 ml de ácido clorídrico. Sequencialmente, em uma mesa agitadora a 200 rpm por 2 h, esta mistura foi submetida a um processo de agitação das partículas gerando um material em suspensão que filtramos em membrana de acetato de celulose 0,45 µm e em seguida diluímos em um balão volumétrico de 100 ml (SILVÉRIO, 1999). A resolução CONAMA 420/2009 estabelece valores nacionais de referência para qualidade do solo e águas subterrâneas, sendo que para os metais no solo, esses valores de referência devem ser estabelecidos pelos estados. Utilizamos os valores de referência de qualidade para metais em solos do estado do Rio Grande do Norte propostos por Costa (2013) e Preston et al. (2014). A leitura dos metais totais na água e os metais biodisponíveis no sedimento foi feita por meio de um Espectrofotômetro de Absorção Atômica Sequencial Rápida, VARIAN AA240FS, disponibilizado pelo Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta, LASAP, da UFERSA.

A influência dos fatores externos sobre o desenvolvimento dos organismos pode ser medida através da variação da simetria perfeita de caracteres bilaterais, ou seja, Assimetria Flutuante (AF) (VAN VALEN, 1962). Para analisar a assimetria flutuante, foram selecionados girinos com estágio de desenvolvimento entre 25 e 36 (GOSNER, 1960), aos quais os membros posteriores não se diferenciam ainda em pés e as pernas não estão alongados, reduzindo a influência da metamorfose nas nossas análises. As variáveis que foram comparadas entre os lados direito e esquerdo foram o número de denticulos das linhas com interrupção, considerando que esta seria uma variável merística, trazendo uma maior confiabilidade para os dados e que denticulos são um caractere funcional para alimentação podendo expressar adequadamente os valores de assimetria flutuante (ETEROVICK, 2015). As contagens dos denticulos foram realizadas a partir de fotografias feitas do aparato oral de cada indivíduo seguindo o método do duplo oculto, em que a mesma pessoa que fez a contagem dos denticulos sem saber qual o indivíduo está avaliando e replicou as contagens com um intervalo de tempo um mês depois para evitar sobreposições de dados (ALFORD et al., 1999) (Figura 2). Para testar a influência dos metais sobre o tamanho dos girinos, nós utilizamos o comprimento do corpo, da cauda e total(mm), mensuradas com um paquímetro analógico (resolução de 0,01 mm) em um microscópio estereoscópico (Figura 3).

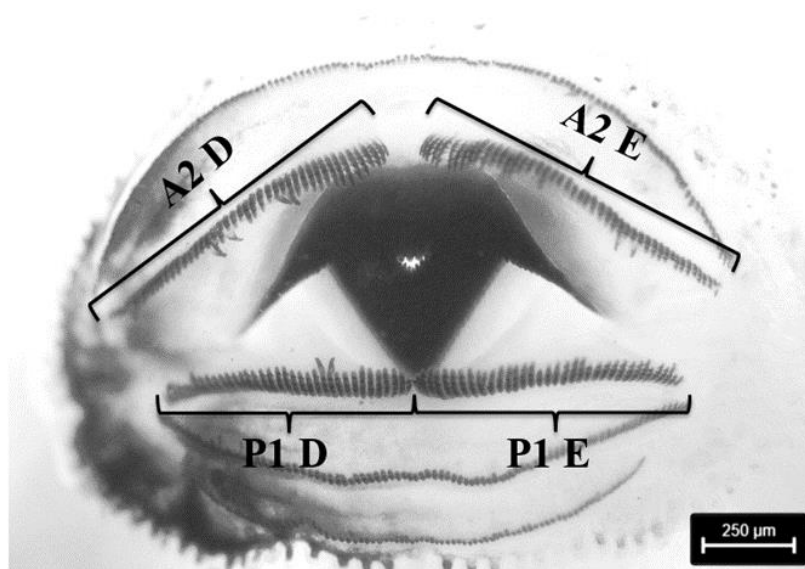


Figura 2: Aparato oral do girino da espécie *Scinax x-signatus*, fórmula de denticulos: A2(2), P3(1) e os caracteres analisados, número de denticulos da segunda fileira anterior para ambos os lados direito e esquerdo (A2 D e A2 E) e a primeira fileira posterior para ambos os lados (P1 D e P1 E).

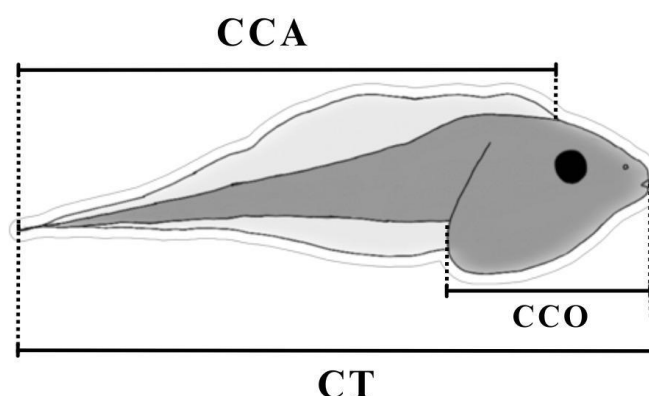


Figura 3: Medidas morfológicas analisadas para cada indivíduo. Cca = Comprimento da Cauda, Cco = Comprimento do corpo e CT = Comprimento total em (mm).

2.3 Análise de dados

Para testar a Assimetria Flutuante entre o número de dentículos das fileiras A2 e P1 da boca dos girinos, seguimos o protocolo de análises proposto por Palmer e Strobeck (2003). Para identificar erros de medida entre as duas amostragens de duplo ocultio, fizemos uma análise exploratória dos dados, sendo que a contagem dos dentículos das fileiras A2 e P1 foram iguais entre a primeira e a segunda medição, excluindo a possibilidade de erros entre a primeira e a segunda medida. Em sequência fizemos uma análise exploratória para eventual detecção de valores discrepantes na diferença entre o número de dentículos do lado direito menos o esquerdo (D-E), utilizando o teste de Grubbs para excluir os *outliers* das amostras, $(tG) = (X_i - \bar{X}) / SD$, onde X_i é o valor do *outlier* (diferença entre lado direito e esquerdo para cada indivíduo), $\bar{X}$ média é a média da amostra (D-E do total de girinos) e SD o desvio padrão da amostra (D-E do total de girinos). Testamos a normalidade dos dados da diferença do número de dentículos de ambas as fileiras utilizando o teste *Shapiro-Wilk*. Os desvios de desenvolvimento que os girinos de *Scinax x-signatus* não tiveram média zero tanto para as fileiras A2 quanto para P1 e não tiveram distribuição normal. Com isso, não foi possível analisar o efeito da concentração de metais sobre a assimetria flutuante nas populações de girinos.

Testamos a relação entre as concentrações de metais total na água e biodisponíveis no sedimento com o tamanho do corpo, da cauda e total dos girinos por meio de uma correlação de Pearson. Todas as análises foram feitas utilizando o programa R (R Program 4.2.2. 2022).

3. Resultados

Medimos 74 girinos de *Scinax x-signatus* que variaram entre 8 e 37,4 mm de comprimento total entre os estágios de desenvolvimento 25 a 36, nas 10 lagoas amostradas (Tabela 1).

Tabela 1: Tendências centrais de média, desvio padrão, do comprimento total (CT), comprimento do corpo (Cco) e comprimento da cauda (Cca) dos girinos entre os estágios 25 e 36 de Gosner (1969) de *Scinax x-signatus* em lagoas temporárias no município de Mossoró e região, no Rio Grande do Norte.

Lagoa	CT	Cco	Cca
Alberto Maranhão	21,09 ± 7,13 (8,00-30,80)	6,60 ± 1,23 (4,30-8,00)	15,16 ± 5,99 (4,60-22,50)
Borges	21,66 ± 3,74 (14,60-29,30)	6,83 ± 0,90 (4,70-8,50)	16,11 ± 3,21 (10,60-21,80)
Camarão	26,37 ± 6,43 (14,00-37,40)	7,97 ± 1,48 (6,00-11,60)	19,66 ± 5,13 (7,90-28,20)
Costa e Silva	28,97 ± 6,92 (15,70-36,90)	10,12 ± 3,12 (6,70-25,70)	20,34 ± 6,62 (9,40-29,20)
EEU	22,93 ± 5,52 (10,60-28,90)	6,97 ± 1,21 (4,50-8,40)	16,78 ± 4,72 (6,30-21,70)
Estrada Alagoinha	15,59 ± 3,38 (10,40-23,60)	5,89 ± 1,98 (4,10-10,10)	11,20 ± 1,89 (7,20-17,40)
Lagoa 2 UFERSA	27,09 ± 3,13 (20,90-31,70)	7,34 ± 0,78 (6,00-8,60)	21,03 ± 2,57 (14,90-24,30)
Nelzinho	15,04 ± 1,61 (10,30-17,60)	5,19 ± 0,49 (4,40-6,30)	11,46 ± 1,98 (7,60-15,50)
Saída Baraúna	28,51 ± 4,08 (19,10-32,90)	7,94 ± 1,29 (5,10-10,70)	21,68 ± 2,53 (16,60-25,20)
Virgílio	23,06 ± 6,77 (16,00-36,90)	7,69 ± 1,04 (5,90-9,90)	16,27 ± 5,50 (9,70-27,40)

As concentrações de Manganês e Cádmio na água foram maiores do que os valores de referência para apenas uma lagoa cada um (Resolução CONAMA 357/05). As concentrações de Cobre e Níquel estiveram altas em duas lagoas, Chumbo e Ferro em quatro lagoas (Tabela 2). Considerando a concentração de mais de um metal por lagoa, três das 10 lagoas amostradas possuíram valores de concentrações totais na água altos para mais de um metal: lagoa “Camarão” com valores altos para Cu, Fe, Ni, Cd e Pb; lagoa “Alberto Maranhão” com valores altos para Cu, Ni e Pb e; lagoa “EEU” com valores altos para Mn e Fe (Tabela 2).

Tabela 2: Concentrações de metais totais na água (mg/l), encontradas nas lagoas amostradas. Cobre=Cu, Manganês=Mn, Ferro=Fe, Zinco=Zn, Níquel=Ni, Cádmio=Cd, Chumbo=Pb. Valores de referência das concentrações de propostos pela Resolução CONAMA 357/05 para ambientes de água doce Classe II. Os valores em negrito são os que estiveram acima dos valores de referência.

Lagoa	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
Referência CONAMA								
Classe II	0,009	0,100	0,300	0,180	0,050	0,025	0,001	0,010
Alberto Maranhão	0,029	0,040	0,281	0,030	0,012	0,056	0,010	0,340
Borges	0	0,013	0,170	0,003	0	0	0,001	0,035
Camarão	0,017	0,098	26,990	0,075	0,053	0,045	0,016	0,065
Costa e Silva	0	0,031	0,387	0,009	0	0,001	0	0
EEU	0,003	0,123	2,545	0,008	0	0	0	0
Estrada Alagoinha	0,008	0,031	5,224	0,036	0	0	0	0
Lagoa 2 UFERSA	0,002	0,085	6,755	0,042	0	0	0	0
Nelzinho	0	0	0,056	0,015	0	0,004	0	0
Saída Baraúna	0	0,043	0,340	0,006	0	0	0	0
Virgílio	0	0,011	0,227	0,007	0,002	0,005	0,012	0,065

De acordo com os valores de referência para metais biodisponíveis no sedimento proposto por Preston et al. (2014) e Costa (2013), as concentrações de Cádmio estiveram acima em seis das lagoas amostradas. E as concentrações de Cobre para uma das lagoas amostradas. As concentrações de Manganês, Ferro, Cromo, Níquel e Chumbo estiveram abaixo dos valores de referência (Tabela 3).

Tabela 3: Concentração de metais biodisponíveis no sedimento (mg/kg), encontradas nas lagoas amostradas. Cobre=Cu, Manganês=Mn, Ferro=Fe, Cromo=Cr, Níquel=Ni, Cádmio=Cd, Chumbo=Pb. Valores de referência de qualidade para metais em solos do estado do Rio Grande do Norte propostos por Preston et al. (2014) e Costa (2013) com base no percentil 75 do universo amostral, seguindo o que preconiza Resolução CONAMA nº 420/2009.

Lagoa	Cu	Mn	Fe	Cr	Ni	Cd	Pb
Referência	13,69	490,0	7.353,0	30,94	19,84	0,10	16,18
Alberto Maranhão	11,55	116,80	670,50	0,55	3,55	1,45	0
Borges	1,45	9,10	4,15	0,05	5,80	0	0
Camarão	8,35	138,90	1.039,00	0	2,45	0	0
Costa e Silva	10,75	234,55	1.852,00	2,60	6,35	1,35	0
EEU	13,20	196,75	918,50	1,25	2,95	0,40	0
Estrada Alagoinha	13,85	60,40	1.255,50	0	1,85	0,25	0
Lagoa 2 UFERSA	12,80	130,45	5.660,00	0	2,90	0,40	0
Nelzinho	1,10	36,80	4,00	0,15	5,15	0	0
Saída Baraúna	21,95	454,50	2.183,00	0	2,90	0,75	0
Virgílio	1,35	17,25	3,85	0,55	5,25	0	0

A concentração de Manganês biodisponível no sedimento das lagoas esteve correlacionada positivamente com o comprimento da cauda ($R=0,67$; $P<0,05$) e com comprimento total ($R=0,65$; $P<0,05$) dos girinos de *S. x-signatus* (Figura 4 e 5). A concentração de Cromo biodisponível no sedimento esteve relacionada positivamente com comprimento do corpo ($R=0,66$; $P<0,05$) (Figura 6). Os metais Cobre, Manganês, Ferro, Zinco, Cromo, Níquel, Cádmio e Chumbo totais na água e Cobre, Ferro, Níquel, Cádmio e Chumbo biodisponíveis no sedimento não apresentaram correlação significativa com o tamanho corporal.

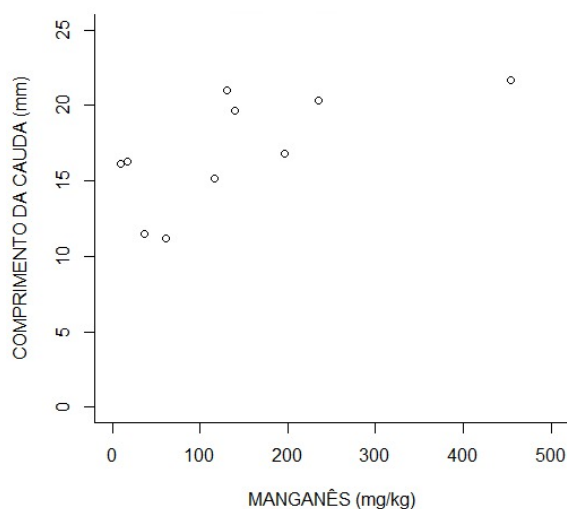


Figura 4: Correlação entre a concentração de Manganês biodisponível no sedimento e o comprimento médio da cauda dos indivíduos de *S. x-signatus* em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.

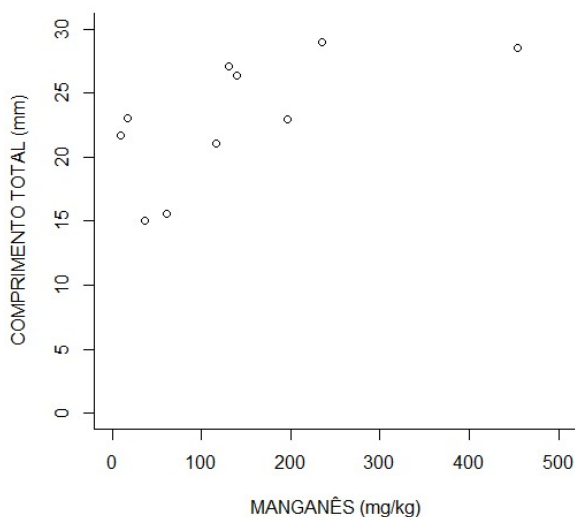


Figura 5: Correlação entre a concentração de Manganês biodisponível no sedimento e o comprimento total dos indivíduos de *S. x-signatus* em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.

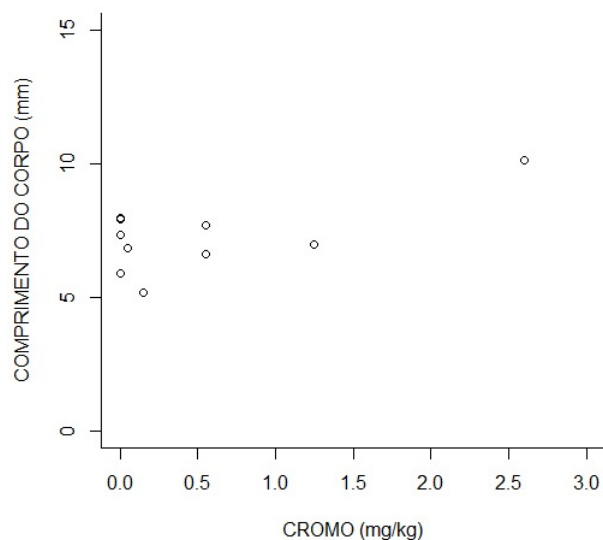


Figura 6: Correlação entre as concentrações de Cromo biodisponível no sedimento e o comprimento do corpo dos indivíduos de *S. x-signatus* em lagoas amostradas no município de Mossoró e região, RN.

4. Discussão

O efeito das concentrações de metais sobre os girinos pode ocasionar em alterações de caracteres funcionais, como por exemplo cauda, nadadeira, aparato oral, membros e olhos resultando na redução de sua aptidão e sobrevivência (HAYWOOD et al., 2004; PELTZER et al., 2013; MOTTA et al., 2023). Pode também causar mudanças comportamentais como a redução da velocidade do nado, redução do deslocamento e diminuição do consumo de oxigênio (GIROTTO, 2020). O Cd e o Pb são metais com alta toxicidade para os girinos, e estes podem causar a mortalidade dos girinos mesmo em baixas concentrações (YOLOGLU; OZMEN, 2015).

Em pelo menos uma das lagoas amostradas algum dos metais esteve com concentração total na água maior do que os valores de referência segundo a Resolução do CONAMA 357 de 2005, para corpos d'água destinados a proteção das comunidades de organismos aquáticos. O mesmo ocorreu para a concentração de metais biodisponíveis em sedimentos Preston et al. (2014) e Costa (2013). Da mesma forma, três das 10 lagoas possuíam valores altos da concentração de metais totais na água com dois a seis metais concomitantemente em uma mesma lagoa. Já em relação aos metais biodisponíveis no sedimento, seis das 10 lagoas amostradas apresentaram concentrações de Cádmio maiores que os valores de referência e uma lagoa concentração de Cobre maior que o valor de referência. Os dados demonstraram que muitas lagoas estão com valores altos de concentração de metais, sendo que muitas vezes os

valores de referência são bastante generalizados e não são testados quanto aos efeitos dessas concentrações nos organismos aquáticos (XAVIER, 2020). Metais como Cu, Zn, Pb, Cd, Cr podem ser letais em altas concentrações para organismos aquáticos ou afetar de forma negativa em concentrações baixas com exposição dos organismos de forma crônica (ZHANG; ZHI; SUN, 2020; RODGHER, 2017).

Os girinos podem assimilar metais pela pele, vias respiratórias e intestinais o que pode aumentar sua vulnerabilidade e acelerar o processo de bioacumulação se comparado a outros animais (LEAPHART et al., 2019; QUARANTA et al., 2009). Os girinos de *S. x-signatus* são nectônicos e se alimentam de algas, vegetais e fungos (BARRETO; PROTÁZIO; PROTÁZIO, 2017). A relação positiva das concentrações de Manganês e Cromo biodisponíveis no sedimento com o tamanho corporal dos girinos de *S. x-signatus* pode ser explicado por serem metais essenciais para os organismos, fazendo parte de alguns processos fisiológicos como o metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas, encontrando-se em concentrações normais (BOULANGER, 2018; SOUZA, 2018), mesmo que em altas concentrações estes metais possam causar alterações deletérias genotóxicas, fisiológicas, morfológicas e comportamentais que dificultam a sobrevivência dos girinos e os impedem de completar sua metamorfose (FERRAZ, 2021; SOUZA, 2018; VERONEZ, 2013; ZIERI, 2018). Considerando que as concentrações de metais em corpos d'água, na grande maioria das vezes são mais altas no sedimento do que na água (TUNDISI; TUNDISI, 2008), os girinos nectônicos como os de *S. x-signatus* estariam menos expostos aos contaminantes concentrados no sedimento, já que permanecem a maior parte do tempo em atividade de deslocamento e alimentação no meio da coluna d'água, quando comparados com os girinos bentônicos que estariam mais suscetíveis à exposição dos metais acumulados nos sedimentos (RAMOS, 2017). Com isso, Mn e Cr biodisponíveis nos sedimentos possivelmente contribuem de forma positiva para o desenvolvimento de girinos de *S. x-signatus* nas lagoas amostradas.

Este estudo revelou que a concentração de metais não essenciais que podem ser tóxicos em baixas concentrações, como Cádmio, Níquel e Chumbo, não esteve relacionada com o tamanho corporal dos girinos de *Scinax x-signatus*. Estes metais estavam em concentrações abaixo dos valores de referência para a maioria das lagoas, tanto para as concentrações totais na água quanto para as biodisponíveis no sedimento. Mesmo sendo conhecido que alguns metais podem apresentar maior toxicidade em baixas concentrações (CHU; CHOW, 2002), as concentrações encontradas neste estudo parecem não influenciar negativamente os girinos de *S. x-signatus* quanto ao tamanho corporal. Adicionalmente, pouco se conhece sobre como

ocorre a interação dos metais e os organismos aquáticos em ambientes temporários de regiões semiáridas, em que os organismos podem ter menos tempo de exposição aos metais contaminantes, tendo em vista que o tempo de desenvolvimento dos girinos pode ser mais rápido nesses ambientes.

Sabendo que os metais essenciais em concentrações adequadas desempenham funções fisiológicas nos organismos, mas que em altas concentrações podem afetar negativamente as populações de organismos aquáticos. Evidenciamos neste estudo que a concentração dos metais essenciais Cromo e Manganês biodisponíveis no sedimento, mesmo em baixas concentrações, podem estar relacionadas com o maior tamanho corpóreo dos girinos durante seu desenvolvimento.

5. Referências Bibliográficas

ALFORD, R. A. Ecology: resource use, competition, and predation. In: McDIARMID. **Tadpoles: the biology of anuran larvae**, 240-278, 1999.

ALTIG, R.; JOHNSTON, G. F. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. **Herpetological monographs**, v.3, p. 81-109, 1989.

APHA – American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Eaton, A. D. et al. eds. 19ed. 1995

BEEBEE, T. **Ecology and conservation of amphibians**. Springer Science & Business Media, 1996.

BARBOSA, J. E. de L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 103-118, 2012.

BARRETO V. G., PROTÁZIO A., PROTÁZIO A. **Dieta dos girinos de *Scinax x-signatus* e *Leptodactylus cf. macrosternum* de uma poça temporária na Caatinga, município de Irecê, Nordeste do Brasil**. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE HERPETOLOGIA. 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbh/papers/dieta-dos-girinos-de-scinax-x-signatus-e-leptodactylus-cf-macrosternum-de-uma-po?lang=pt-br>>. Acesso em: 20 out. 2023.

BOULANGER, M. B. M. **Toxicidade e biorremediação de Manganês pela Cianobactéria *Microcystis protocystis***. 2018.

BRANCO, A. F. V. C. et al. Avaliação da perda da biodiversidade na Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1885-1909, 2022.

CATENAZZI, A. Estado dos anfíbios do mundo. **Revisão anual de meio ambiente e recursos**, v. 40, p. 91-119, 2015.

CHU, K. W.; CHOW, K. L. Synergistic toxicity of multiple heavy metals is revealed by a biological assay using a nematode and its transgenic derivative. **Aquatic Toxicology**, v. 61, n. 1-2, p. 53-64, 2002.

COLLINS, J. P.; CRUMP, M. L.; LOVEJOY III, T. E. Extinction in our times: global amphibian decline. **Oxford University Press**. 2009

CORNELLI, R. et al. Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2016.

COSTA, R. N.; NOMURA, F. Measuring the impacts of Roundup Original® on fluctuating asymmetry and mortality in a Neotropical tadpole. **Hydrobiologia**, v. 765, p. 85-96, 2016.

COSTA, W. P.L.B. Metais pesados em solos do Rio Grande do Norte: valores de referência de qualidade e relações geopedológicas. **Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco**, 2013.

DA SILVA, A. D. G. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 798-816, 2022.

DA SILVA, R. F. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 966-976, 2016.

DE CASTRO, S. V. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do alto Rio das Velhas**. 2006.

DE ESPÍNDOLA, M. B. et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2005.

DE OLIVEIRA, A. S. et al. **METAIS PESADOS, URBANIZAÇÃO E OS DESAFIOS DA GESTÃO BACIA DO RIO PITIMBU, NATAL-RN**. 2013.

DE OLIVEIRA, L. F.; DE OLIVEIRA, B. O. S.; DE LIMA, L. B. Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 25-33, 2018.

DORNFELD, C. B. **Quantificação de metais presentes na água, no sedimento e nos organismos bentônicos no reservatório de Salto Grande (Americana, SP): uma avaliação dos impactos no sistema**. Dissertação de Mestrado em Ciências de Engenharia Ambiental, USP. São Carlos, SP, 2002.

ETEROVICK, P. C. et al. Testing the Relationship between Human Occupancy in the Landscape and Tadpole Developmental Stress. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. e0120172, 20 mar. 2015.

FERRAZ, J. V. C. **Avaliação ecotoxicológica de metais potencialmente tóxicos das águas do rio Pirajibú por análises de biomarcadores bioquímicos no fígado de girinos de rãs-touro**. 2021.

FONSECA, C. R. et al. Metamorfose ambulante. **Scientific American Brasil**. 88-93. 2008.

FISHER, M. C.; GARNER, T. W. J. Chytrid fungi and global amphibian declines. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 6, p. 332-343, 2020.

FROST, D. R. **Amphibian Species of the World: An Online Reference**. Version 6.2. American Museum of Natural History, New York, USA. 2023. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Hylinae/Scinax/Scinax-x-signatus>. Acesso em: 19 out. 2023.

GONZALEZ, S. C.; TOUCHON, J. C.; VONESH, J. R. Interactions between competition and predation shape early growth and survival of two neotropical hylid tadpoles. **Biotropica**, v. 43, n. 5, p. 633-639, 2011.

GOSNER, K. L. Tabela simplificada para estadiamento de embriões e larvas de anuros com notas de identificação. **Herpetologica**, v. 16, n. 3, pág. 183-190, 1960.

HAYWOOD, L. K. et al. Embriões e girinos de *Xenopus laevis* como modelos para testes de poluição por zinco, cobre, chumbo e cádmio. **Zoologia Africana**, v. 39, n. 2, p. 163-174, 2004.

HEATH, A. G. Water pollution and fish physiology. **CRC press**, 1995.

KOPP, K.; SIGNORELLI, L.; BASTOS, P. R. **Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, Goiás Brasil**. 2010.

KOVAR, R. et al. Spring migration distances of some Central European amphibian species. **Amphibia-reptilia**, v. 30, n. 3, p. 367-378, 2009.

LEAPHART, James C. et al. Bioaccumulation of ¹³⁷Cs in anuran larvae utilizing a contaminated effluent canal on the US Department of Energy's Savannah River Site. **Journal of environmental radioactivity**, v. 203, p. 25-29, 2019.

LEDUC, J. et al. Efeitos do cobre e níquel na sobrevivência e crescimento de girinos de rã-leopardo-do-norte (*Lithobates pipiens*) em água de fundição coletada em campo. **Toxicologia e Química Ambiental**, v. 35, n. 3, p. 687-694, 2016.

LEFCORT, H. et al. Heavy metals alter the survival, growth, metamorphosis, and antipredatory behavior of Columbia spotted frog (*Rana luteiventris*) tadpoles. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 35, p. 447-456, 1998.

LIMA, H. D. et al. **COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA E INTRAESPECÍFICA EM GIRINOS DE *Physalaemus nattereri* E *Leptodactylus labyrinthicus* ALTERA A TAXA DE DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO LARVAL?** 2019.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química nova na escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

LIU, Z.; HE, C.; WU, J. The relationship between habitat loss and fragmentation during urbanization an empirical evaluation from 16 world cities. **PloS One**, v. 11, n. 4, p. e0154613, 2016.

MACEDO, I. M. M. D. **Desenvolvimento urbano da cidade de Mossoró-séc. XXI: “aprendendo com o passado para compreender o presente e antecipar o futuro”**. Tese de Doutorado. Universidade Fernando Pessoa (Portugal). 2017.

MARTINS, R. T.; DE OLIVEIRA, V. C.; SALCEDO, A. K. M. **Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos**. 2014.

MCDIARMID, R. W.; ALTING, R. (Ed.). **Tadpoles: the biology of anuran larvae**. University of Chicago Press, 1999.

MOTTA, A. G. C. et al. Avaliação de múltiplos biomarcadores em girinos de *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) expostos a nanopartículas de óxido de zinco e cloreto de zinco: integrando abordagens morfológicas e comportamentais à ecotoxicologia. **Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição**. v. 30, n. 5, pág. 13755-13772, 2023.

NETO, C. A. A. P. et al. **Uso de nicho espacial por girinos nectônicos**. 2018.

- PALMER, A. R.; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. **Annual review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 391-421, 1986.
- PALMER, A. R.; STROBECK, C. Fluctuating asymmetry analyses revisited. *Developmental Instability: Causes and Consequences*, **Oxford University Press**, Oxford, p. 279-319, 2003.
- PELTZER, P. M. et al. Effect of exposure to contaminated pond sediments on survival, development, and enzyme and blood biomarkers in veined treefrog (*Trachycephalus typhonius*) tadpoles. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 98, p. 142-151, 2013.
- PRESTON, W. et al. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1028-1037, 2014.
- RAMOS, J. C. **Bioacumulação de metais pesados em girinos de diferentes ecomorfotipos**. 2017.
- QUARANTA, Angelo et al. Why amphibians are more sensitive than mammals to xenobiotics. **PLoS One**, v. 4, n. 11, p. e7699, 2009.
- RODGHER, S. **Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos dos metais cádmio e cromo em organismos planctônicos**. 2017.
- ROTHERY, E. Analytical methods for graphite tube atomizers. **Varian Australia Pty Ltd, Mulgrave**, p. 193, 1988.
- SÁ, E. S. dos S. C. et al. **Caracterização de solos e pedogênese em lagoa temporária no semiárido brasileiro**. 2018.
- SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 4, 2008.
- SANTANA, D. J. et al. Anurans from the middle Jaguaribe River region, Ceará state, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 15, 2015.
- SANTOS, P. R. S. dos. **Poluentes em sedimento depositado em rodovia: implicações sobre um manancial de abastecimento em Natal/RN**. Dissertação de Mestrado. Brasil. 2018.
- SILVA, R. A importância de Mossoró para o Contexto Econômico Potiguar. **RUnPetro-ISSN 2316-6681**, v. 3, n. 2, p. 53-63, 2015.
- SILVÉRIO, P. F. **Partição, biodisponibilidade e toxicidade de metais pesados a organismos bentônicos em sedimentos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 1999.
- SOBRINHO, J. E. et al. Climatologia da precipitação no município de Mossoró-RN. Período: 1900–2010. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. 2011.
- SOUZA, E. E. G. **Parâmetros hematológicos em camundongos obesos suplementados em cromo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Brasil. 2018
- Team, R. Development Core. R: A language and environment for statistical computing. **(No Title)**, 2010.
- TOUCHON, J. C.; WARKENTIN, K. M. Thermally contingent plasticity: temperature alters expression of predator-induced colour and morphology in a Neotropical treefrog tadpole. **Journal of Animal Ecology**, v. 80, n. 1, p. 79-88, 2011.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 631 p. **Soils and Sediments**, v. 2, n. 4, p. 216-222, 2008. Rodgher, S. **Avaliação dos efeitos ecotoxicológicos dos metais cádmio e cromo em organismos planctônicos**. 2017.

VAN VALEN, L. A study of fluctuating asymmetry. **Evolution**, 1962, 125-142.

VELLOSO, A. L. **Ecorregiões propostos para o bioma da caatinga**. Instituto de Conservação. Ambiental The Nature Conservancy do Brasil; Recife; Associação Plantas do Nordeste. 2002.

VERONEZ, A. C. S. **Avaliação da exposição de *Lithobates catesbeianus* (rã-touro) ao ferro, manganês e minério de ferro**. Tese de Doutorado. Brasil. 2013.

XAVIER, M. F. B. et al. **Avaliação da adequação dos valores numéricos definidos nas tabelas da Resolução 357/05 do CONAMA do ponto de vista técnico e científico, para garantir a preservação dos ecossistemas**. 2020.

YOLOGLU, E., OZMEN, M. Low concentrations of metal mixture exposures have adverse effects on selected biomarkers of *Xenopus laevis* tadpoles. **Aquatic toxicology**, v. 168, p. 19-27, 2015.