



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Faculdade de Ciências e Letras – Campus de Assis

NATALIA CARVALHO FABRICIO DA SILVA

**METABOLISMO ENERGÉTICO DE DUAS ESPÉCIES DE TELEÓSTEOS EM RIOS
INTERMITENTES DA CAATINGA BRASILEIRA**

ASSIS

2026

NATALIA CARVALHO FABRICIO DA SILVA

METABOLISMO ENERGÉTICO DE DUAS ESPÉCIES DE TELEÓSTEOS EM
RIOS INTERMITENTES DA CAATINGA BRASILEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), à Faculdade de Ciências e Letras – Campus de Assis, para obtenção do grau acadêmico de Mestre em Biociências.

Área de conhecimento: Caracterização da Biodiversidade.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiéle da Silva Ribeiro

S586m

Silva, Natalia Carvalho Fabricio

Metabolismo energético de duas espécies de teleósteos em rios
intermitentes da Caatinga brasileira / Natalia Carvalho Fabricio Silva.

-- Assis, 2026

34 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências e Letras, Assis

Orientadora: Cristiéle da Silva Ribeiro

1. Ecofisiologia. 2. Caatinga. 3. Rios intermitentes. 4. Substratos
metabólicos. 5. Reprodução. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE NATALIA CARVALHO FABRICIO DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS - CÂMPUS DE ASSIS.

Aos 09 de junho de 2026, às 8h30min, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de NATALIA CARVALHO FABRICIO DA SILVA, intitulada "METABOLISMO ENERGÉTICO DE DUAS ESPÉCIES DE TELEÓSTEOS EM RIOS INTERMITENTES DA CAATINGA BRASILEIRA". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) UNESP / FCL - Assis, Prof. Dr. CARLOS EDUARDO TOLUSSI (Participação Virtual) do(a) Universidade Federal do Ceará (UFC), Profa. Dra. ALINE DAL OLIO GOMES (Participação Virtual) do(a) UNESP / IB - Rio Claro, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 CRISTIELE DA SILVA RIBEIRO
Data: 09/06/2026 09:19:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. CRISTIÉLE DA SILVA RIBEIRO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e aos guias espirituais por me conduzirem e me manterem com a força necessária durante a caminhada. Axé!

O meu mais profundo agradecimento à minha orientadora, profª Drª Crisiéle da Silva Ribeiro. Você não é somente um exemplo acadêmico, é principalmente exemplo de humanidade e vida. Obrigada por tudo, Cris!

Agradeço à minha família, que mesmo com todas as diferenças sempre estiveram presentes.

Carlos Daniel, obrigada por ser meu maior apoiador e não soltar a minha mão, por ser paz e caos, por aguentar meus desesperos e desabaços entre séries e cervejas, fosse na sala ou na nossa esquininha; por ser colo e refúgio, por estar sempre presente e principalmente, por enxergar meu potencial e acreditar em mim quando nem eu mesma conseguia. Eu te amo, Camazotz!

À família que fiz em Ilha Solteira: obrigada por todos os finais de semana que fui acolhida, alimentada e voltado para casa cheia de histórias para contar. Vocês são maravilhosos.

Aos amigos de Ilha Solteira (especialmente Ana Clara, Banana e Tigrin): obrigada por cada noite virada papeando, por cada cerveja compartilhada, por cada socorro em horários aleatórios, por cada “Por quê? Pra que? Tinha necessidade?”. Amo vocês independente dos caminhos que tomarmos.

Às amigas de Andradina (especialmente Fer, Fer Garcia, Bia e Lô): obrigada por estarem presentes mesmo na distância, por trazerem sempre pontos de vista tão diferentes e por cada momento compartilhado. Amo vocês.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Sem cada um de vocês, sem dúvidas não estaria escrevendo essas palavras agora. Meu sincero agradecimento.

Este trabalho fez parte de projetos financiados pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Ceará (UNI-0210-00635.01.00/23 EDITAL/CHAMADA: Nº 06/2023 – FUNCAP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Universal - Processo: 406188/2023-8).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

Este estudo analisou os efeitos dos ciclos de seca e cheia, característicos dos rios intermitentes da Caatinga, sobre o metabolismo energético de duas espécies de peixes, *Poecilia vivipara* e *Astyanax bimaculatus*. Buscou-se avaliar as variações na concentração de substratos metabólicos nos tecidos muscular e hepático sob distintos regimes hidrológicos. As amostragens foram realizadas no rio Cruxati, Ceará, durante os períodos de seca (outubro de 2024), cheia (abril de 2025) e reenchimento (janeiro de 2026), seguidas da determinação dos índices gonadosomático (IGS) e hepatossomático (IHS), além da quantificação bioquímica de lipídeos, proteínas e glicogênio. *P. vivipara* apresentou variações no investimento reprodutivo, evidenciadas pelo aumento do índice gonadosomático durante a cheia, enquanto *A. bimaculatus* não exibiu alterações significativas nos índices somáticos avaliados. Os resultados de glicogênio muscular mostraram mesmo padrão de decréscimo de concentrações no reenchimento para as duas espécies, podendo ser explicado pela rápida aclimatização à locomoção e retorno de forrageamento neste período, utilizando esta fonte energética. Os resultados para lipídeos e proteínas evidenciaram estratégias fisiológicas distintas entre as espécies analisadas: *P. vivipara* manteve estabilidade nos substratos hepáticos, mostrando aparente armazenamento de proteínas musculares durante os períodos de seca e cheia, com consumo deste substrato no reenchimento; enquanto *A. bimaculatus* acumula lipídeos hepáticos em grande escala no reenchimento e utiliza estas reservas na cheia e seca, contrariamente parece armazenar lipídeos musculares na seca e utilizar (ou mobilizar) estes substrato na cheia. Esses padrões indicam plasticidade metabólica e estratégias de resiliência à variabilidade extrema da Caatinga (incluindo hipóxia, elevadas temperaturas e isolamento em poças durante a seca).

Palavras-chave: Metabolismo energético, Caatinga, rios intermitentes

ABSTRACT

This study analyzed the effects of drought and flood cycles, characteristic of intermittent rivers in the Caatinga biome, on the energy metabolism of two fish species, *Poecilia vivipara* and *Astyanax bimaculatus*. The aim was to evaluate variations in the concentration of metabolic substrates in muscle and liver tissues under distinct hydrological regimes. Sampling was conducted in the Cruxati River, Ceará, during the dry season (October 2024), flood season (April 2025), and refilling period (January 2026), followed by the determination of the gonadosomatic (GSI) and hepatosomatic (HSI) indices, as well as the biochemical quantification of lipids, proteins, and glycogen. *P. vivipara* exhibited variations in reproductive investment, evidenced by an increase in the gonadosomatic index during the flood period, whereas *A. bimaculatus* did not show significant changes in the evaluated somatic indices. Muscle glycogen results showed a similar pattern of decreased concentrations during the refilling period in both species, which may be explained by the rapid acclimation to locomotion and the resumption of foraging activity during this phase, using this substrate as an energy source. Lipid and protein results revealed distinct physiological strategies between the analyzed species: *P. vivipara* maintained stability in hepatic substrates, showing apparent storage of muscle proteins during the dry and flood periods, with consumption of this substrate during refilling; whereas *A. bimaculatus* accumulated hepatic lipids on a large scale during the refilling period and utilized these reserves during flood and drought conditions. In contrast, this species appeared to store muscle lipids during drought and utilize (or mobilize) these substrates during the flood period. These patterns indicate metabolic plasticity and resilience strategies in response to the extreme environmental variability of the Caatinga, including hypoxia, elevated temperatures, and isolation in pools during drought conditions.

Keywords: Energetic metabolism, Caatinga, intermittent river

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	07
2. OBJETIVOS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS.....	19
5. DISCUSSÃO	
5.1. Tecido hepático.....	22
5.2. Tecido muscular.....	24
6. CONCLUSÕES.....	27
7. REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Os cursos d'água intermitentes, também referidos como rios sazonais, representam corpos hídricos suscetíveis a flutuações substanciais em seu volume ao longo do ano. Em contraste aos rios perenes, que mantêm um fluxo constante, os rios intermitentes podem experimentar períodos de seca total, especialmente em áreas caracterizadas por climas variáveis e padrões de precipitação distintos. Para uma compreensão abrangente da dinâmica dos rios intermitentes, é imprescindível uma análise da sua hidrogeomorfologia. Aspectos relevantes a serem considerados nessa análise incluem o fluxo variável, a presença de canais efêmeros, processos de erosão e sedimentação, bem como a fragilidade dos ecossistemas circundantes (CARVALHO, 2020; RODRIGUES e SOUZA, 2025).

A geomorfologia desses rios reflete alta variabilidade espacial e temporal, com estilos fluviais que incluem trechos confinados rochosos, aluviais e de planície, adaptados a regimes de escoamento superficial dominante. Em contextos como o rio Umbuzeiro, a predominância no semiárido destaca a dependência de precipitações irregulares, com canais que atuam como corredores ecológicos mesmo em fases secas (RODRIGUES e SOUZA, 2025; SOUSA et al., 2026).

O regime hidrológico característico do semiárido brasileiro, marcado pela alternância entre períodos de seca e cheia, impõe uma dinâmica ambiental extrema aos ecossistemas aquáticos. Essa variabilidade força as assembleias de peixes a alternarem entre fases de isolamento em poças remanescentes durante a estiagem e fases de dispersão associadas à conectividade fluvial no período chuvoso (ONDEI et al., 2020; TEIXEIRA, 2023). Enquanto a cheia atua como um importante gatilho para a reprodução, dispersão e reorganização das comunidades, a seca funciona como um filtro ambiental severo, selecionando organismos com maior resistência fisiológica e ecológica (PORTELA et al., 2021).

Durante o período seco, a interrupção das chuvas resulta na cessação do fluxo superficial dos rios intermitentes, promovendo a fragmentação do leito fluvial em poças isoladas. Essa condição impõe uma série de desafios

ambientais aos organismos aquáticos (TEIXEIRA, 2023; GONÇALVES-SILVA, 2025).

O estudo realizado por Ondeí e seus colaboradores (2020) observou que a redução do volume de água leva à alteração da qualidade ambiental, caracterizada pelo aumento da temperatura, redução acentuada do oxigênio dissolvido, frequentemente atingindo níveis de hipóxia severa, além de elevações no pH e na condutividade elétrica. Estudos com *Astyanax elachylepis* demonstram que peixes confinados em poças isoladas apresentam maiores índices de peroxidação lipídica nas brânquias e no fígado, indicando um desequilíbrio no metabolismo redox celular (ONDEI et al., 2020).

Do ponto de vista ecológico, a estrutura das comunidades de peixes tende a assumir um padrão aninhado durante a estiagem. Nesse contexto, espécies menos tolerantes às condições adversas são selecionadas progressivamente, de modo que as comunidades persistentes se tornam subconjuntos daquelas observadas antes da seca, permanecendo apenas os táxons mais resistentes nas poças permanentes (BEELSEY e PRINCE, 2010; TEIXEIRA, 2023).

O início do período chuvoso promove o reenchimento dos canais fluviais e a restauração da conectividade hidrológica (RODRIGUES e SOUZA, 2025). Essa fase representa um momento crucial para a dinâmica populacional e comunitária dos peixes, estando associada à piracema e à renovação dos estoques (TEIXEIRA, 2023).

De acordo com Portella e seus colaboradores (2021), o aumento da pluviosidade e da temperatura da água atuam como gatilhos hormonais que sincronizam a maturação gonadal e a desova, especialmente em espécies migradoras. Com a eliminação temporária das barreiras físicas impostas pela seca, a estruturação das comunidades passa a ser menos influenciada por filtros ambientais e mais condicionada por processos espaciais e estocásticos. Nesse cenário, a distribuição das espécies ao longo do rio tende a apresentar um padrão randômico, refletindo a maior dispersão dos indivíduos. As lagoas marginais e áreas de inundação acabam por desempenhar um papel vital como berçários, onde oferecem refúgio e abundância de alimentos para alevinos. (GAUTHIER et al., 2020).

Segundo estudo realizado por GAUTHIER e seus colaboradores (2020) e conforme a tese de Teixeira (2023), a compreensão de que a estrutura da metacomunidade muda ao longo do tempo ressalta a necessidade de políticas de manejo que reconheçam a intermitência não como um estressor isolado, mas como um componente natural do ecossistema.

Em rios intermitentes, a dieta dos peixes exhibe alta plasticidade trófica adaptada à variabilidade hidrológica extrema, como observado no rio Burdekin, no norte da Austrália, onde 22 espécies demonstram onivoria generalizada com baixa variação temporal e espacial (PUSEY et al., 2010). Dominada por algas filamentosas e invertebrados aquáticos como larvas de quironomídeos e tricópteros, essa estratégia permite persistência em canais arenosos durante secas prolongadas (TERRA et al. 2021). No rio Moonie, sudoeste de Queensland, espécies generalistas como *Nematalosa erebi* e *Macquaria ambigua* alternam itens alimentares conforme o ciclo hidrológico, consumindo algas bentônicas em fluxos e detritos em poças isoladas (STENBERG et al. 2008).

Durante a seca, as poças remanescentes restringem a diversidade dietética, favorecendo recursos bentônicos e detritívoros, como copépodes e algas em lagunas de bacias áridas australianas (PUSEY et al., 2010). No rio Moonie, *N. erebi* prioriza algas filamentosas e detritos em baixa produtividade, enquanto *M. ambigua* desloca para insetos terrestres, ilustrando o "boom-bust" típico de rios secos. Essa simplificação reduz a segregação trófica, promovendo a coexistência via nichos amplos em habitats marginais (STENBERG et al, 2008).

Segundo estudo realizado por Gonçalves-Silva e seus colaboradores (2026), a dieta das 18 espécies de peixes identificadas no rio Tabocas (CE) é composta por 11 categorias principais de presas, sendo fortemente influenciada pelas flutuações hidrológicas entre as fases de fluxo e seca. Durante o período de fluxo, os recursos mais consumidos pela comunidade são os detritos orgânicos (ingeridos por 100% dos predadores), seguidos por invertebrados coletores e material vegetal, com espécies como o *Astyanax bimaculatus* atuando como generalistas extremas ao consumir todos os itens disponíveis. Na fase seca, embora a base da dieta permaneça similar, há um aumento

expressivo na ingestão de invertebrados filtradores (zooplâncton), como cladóceros e copépodes, devido às condições lênticas das poças isoladas que favorecem a abundância desses organismos.

Ainda, conforme explicam Gonçalves-Silva e seus colaboradores (2026), essa plasticidade dietética e o uso intensivo de detritos orgânicos como recurso basal são estratégias fundamentais para a manutenção da biodiversidade e a estabilidade das redes tróficas em ecossistemas semiáridos sujeitos a condições ambientais extremas

Neste contexto, estando presente no município de Itapipoca, Ceará, o Rio Cruxati faz parte da Bacia do Rio Mundaú, e exibe um padrão intermitente, caracterizado por variações significativas em seu fluxo ao longo do ano. Durante o período chuvoso, o rio transborda rapidamente, contudo, durante períodos de estiagem, seu fluxo diminui ou cessa completamente. Adicionalmente, muitas seções do rio apresentam canais efêmeros, os quais surgem apenas durante os períodos de cheia (CPSMIT, 2025).

Em trabalho realizado em 2017 por Teixeira e colaboradores, 2545 espécimes de teleósteos foram coletados no rio Mundaú. Os espécimes estavam divididos em 55 espécies distribuídas em 10 ordens, 31 famílias e 50 gêneros, sendo 30 estritamente dulcícolas e 25 estuarino-marinhas. Dentre as espécies encontradas, *Astyanax bimaculatus* e *Poecilia vivipara* foram as que apresentaram maior número de indivíduos; 299 e 198, respectivamente. *A. bimaculatus* foi uma espécie amplamente distribuída, sendo encontrada em 19 dos 35 pontos de coletas. *P. vivipara* foi encontrada em locais de água doce e água salobra, sendo esta uma espécie exótica introduzida.

Por serem espécies de ampla distribuição, tanto *A. bimaculatus* quanto *P. vivipara* ganham relevância neste contexto fluvial:

**Poecilia vivipara* (Block & Schneider, 1801): Popularmente conhecida como "guppy", é uma espécie de peixe de água doce pertencente à família Poeciliidae (Figura 1). Sua característica distintiva reside na reprodução vivípara, na qual as fêmeas dão à luz a filhotes completamente formados, ao invés de depositarem ovos. Esta espécie é frequentemente encontrada em ambientes de rios intermitentes, demonstrando adaptações às flutuações no fluxo e na

disponibilidade de água (MENDONÇA e ANDREATA, 2001; ARCANJO et al., 2014).

Embora a viviparidade confira proteção ao embrião durante toda a gestação, o custo energético materno é alto. *P. vivipara* apresenta viviparidade do tipo lecitotrófica, com a presença do saco vitelino até os estágios finais do desenvolvimento fetal. A lecitotrofia é vantajosa em ambientes instáveis com variação na oferta de nutrientes, pois permite que a fêmea acumule nutrientes durante períodos de abundância e os armazene nos ovócitos, garantindo assim que os embriões recebam todo o suprimento até o nascimento. A viviparidade em *P. vivipara* pode favorecer a ocorrência da espécie devido às condições ambientais da região semiárida em que é encontrada, com rios intermitentes e variação da disponibilidade da dieta (NASCIMENTO et al., 2012; ARCANJO et al., 2014).



Figura 1 – Exemplar de *Poecilia vivipara* coletado no Rio Cruxati, CE. Fonte: Cristiële da Silva Ribeiro.

**Astyanax*: O gênero *Astyanax* (Figura 2) inclui 22 espécies válidas distribuídas em quase todas as bacias de drenagens da América do Sul, representando um dos morfotipos mais comuns (LUCENA e SOARES, 2016), sendo popularmente conhecidos como lambaris. Estes peixes estão adaptados a uma variedade de condições ambientais, incluindo ambientes de rios intermitentes. Sua diversidade morfológica e comportamental é notável, desempenhando papéis significantes nos ecossistemas aquáticos (GARUTTI, 1999). Possuem estrutura corporal de pequeno porte, seus hábitos ecológicos são classificados como generalistas e tem a reprodução ovípara contínua ou parcelada ao longo do ano (TEIXEIRA et al, 2017). Durante o ciclo reprodutivo, a captação de vitelogenina

produzida no fígado caracteriza o aumento da massa ovariana. Há também uma relação próxima entre o processo de maturação das gônadas e o aumento de volume e massa dos ovários (BRAMBILA-SOUZA et al., 2019).



Figura 2 – Exemplar de *Astyanax bimaculatus* coletado no Rio Cruxati, CE.
Fonte: Aline Dal'Olio Gomes.

O metabolismo energético desempenha um papel crucial no ciclo reprodutivo das espécies. Durante o período de reprodução, os peixes alocam energia para a produção de gametas, construção de ninhos e cuidado parental.

O equilíbrio entre a energia direcionada à reprodução e outras funções vitais é determinante para o sucesso reprodutivo (ALMEIDA, 2013). A fisiologia da reprodução em peixes aborda uma série de processos fisiológicos fundamentais, desde a fertilização dos ovos até o comportamento sexual e a desova. Estes eventos são influenciados diretamente por fatores ambientais, que podem impactar o sucesso reprodutivo de cada espécie (ALMEIDA, 2013).

Os processos fisiológicos envolvidos na reprodução de peixes incluem a diferenciação gonadal, gametogênese, liberação de gametas, fertilização e eclosão dos ovos. Todos esses eventos da cascata reprodutiva são regulados por inúmeros fatores endócrinos ao longo do eixo Hipotálamo-Hipófise-Gônadas.

Além disso, interagem com outras funções fisiológicas importantes, como nutrição, crescimento, osmorregulação e respostas ao estresse. Fatores abióticos, tais como temperatura, fotoperíodo e mudanças climáticas, exercem influência crucial na reprodução dos peixes, podendo atuar como desencadeadores ou limitantes do processo reprodutivo, afetando todas as suas fases (PORTELLA et al., 2021).

Ao estudar um ambiente desafiador como a Caatinga, e dentro deste bioma, os rios intermitentes, é possível compreender como algumas espécies de ictiofauna sobrevivem em um ambiente com muitas adversidades e mudanças no ecossistema e outras não possuem arcabouço evolutivo para tal. Entender a sobrevivência destas espécies resilientes pode servir de modelo de predição para a biodiversidade em um cenário de mudanças climáticas. A escolha das espécies para estudo deu-se por dois fatores: abundância, uma vez que *A. bimaculatus* e *P. vivipara* são as espécies mais encontradas por pesquisadores durante todos os períodos do ano; e por possuírem táticas reprodutivas diferentes, oviparidade e viviparidade respectivamente, sendo interessante observar como estratégias diferentes podem ter sucesso e se ajustarem em um cenário desafiador.

Considerando as variações hidrológicas características da Caatinga, hipotetizou-se que *Poecilia vivipara* e *Astyanax bimaculatus* apresentariam alterações nos padrões de mobilização e armazenamento de substratos energéticos ao longo do ciclo hidrológico, com tendência à maior acúmulo durante a cheia, redução durante a seca e reorganização metabólica no período de reenchimento.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a concentração de substratos metabólicos nos tecidos muscular, e hepático de *Poecilia vivipara* e *Astyanax bimaculatus*, ao longo de três regimes hidrológicos (seca, reenchimento e cheia), no rio Cruxati, rio intermitente da bacia do rio Mundaú, Ceará.

Objetivos específicos

- Quantificar as concentrações de substratos metabólicos nos tecidos muscular e hepático das espécies estudadas nos diferentes regimes hidrológicos.
- Comparar as variações nos níveis de substratos metabólicos entre os períodos de cheia, reenchimento e seca.
- Analisar diferenças no padrão de armazenamento e mobilização de substratos metabólicos entre espécies ovíparas e vivíparas.
- Avaliar a relação entre a disponibilidade de substratos metabólicos e os índices hepatossomático e gonadossomático ao longo dos regimes hidrológicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coletas de espécimes em ambiente natural

Foram realizadas três campanhas de coleta no rio Cruxati, Ceará (3°16'51.0"S, 39°38'50.8"W), nos meses de outubro de 2024, abril de 2025 e janeiro de 2026, correspondentes, respectivamente, aos períodos de seca, cheia e reenchimento. Durante o período de seca, os espécimes foram coletados em poças isoladas formadas pela interrupção do fluxo do rio. No período de cheia, as coletas foram realizadas no canal principal, sob fluxo contínuo. Já durante o período de reenchimento, os espécimes foram amostrados em poças em processo de reconexão com o canal do rio (Figura 3). Em todas as campanhas, foram utilizadas tarrafas com malha de 12 mm. Foram coletadas fêmeas das duas espécies-alvo do estudo. Os dados climáticos evidenciaram forte contraste hidrológico entre os períodos amostrais. Em outubro de 2024, correspondente à estação seca, não houve registro de precipitação (0 mm), com temperatura média de 28 °C. Em abril de 2025, representando a estação chuvosa, a precipitação acumulada atingiu 272,8 mm, enquanto a temperatura média foi de 26 °C. Já em janeiro de 2026, registrou-se precipitação acumulada de 147,4 mm, concentrada em um único dia, coincidindo com o período de realização da coleta, e temperatura média mensal de 28 °C. Os dados climáticos foram obtidos junto à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, por meio do sistema de monitoramento pluviométrico.

Durante as coletas foram realizadas análises de qualidade de água utilizando-se aparelho multiparâmetro (Horiba), foram obtidos dados de temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade e pH, em tempo real, os dados estão apresentados na tabela 1, exceção do período seco, em que não foi possível fazer as medições.

Tabela 1. Dados de qualidade de água coletados durante os períodos de cheia e reenchimento no Rio Cruxati (CE).

	T(°C)	O ₂ (mg/L)	C (mS/cm)	pH
Reenchimento (seca)	28,97	1,11	4,36	8,91
Reenchimento (chuva)	25,13	0,51	0,51	7,30
Chuva	27,95	17,67	0,54	7,45

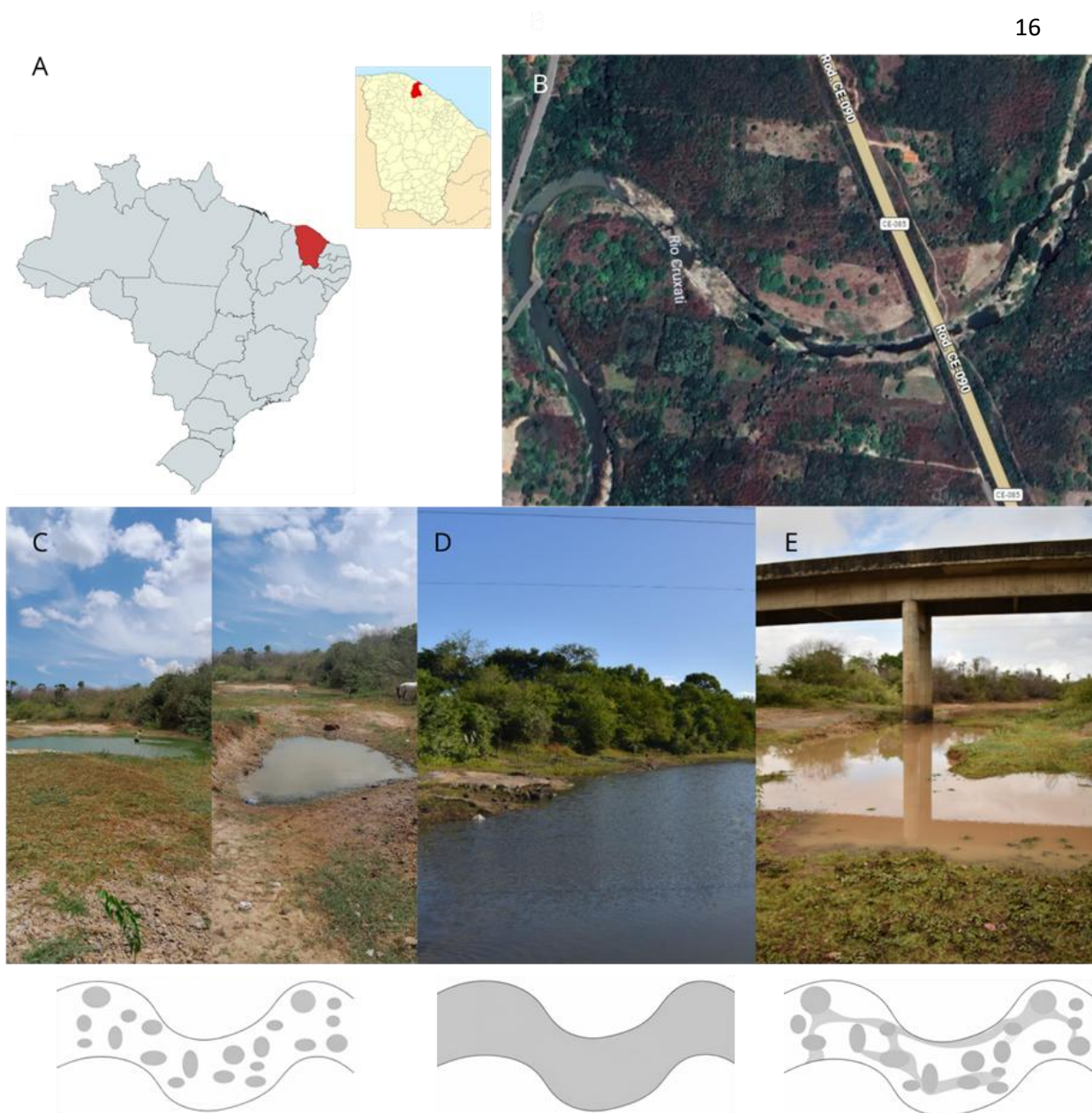


Figura 3 – (A) Localização da área de coleta no município de Itapipoca, estado do Ceará, Brasil. (B) Trecho do rio Cruxati, Ceará. (C) Poças isoladas formadas durante o período de seca, representando habitats remanescentes com redução do volume hídrico. (D) Rio Cruxati em fluxo contínuo durante o período chuvoso. (E) Rio Cruxati com poças em reenchimento e reconexão. Fontes: (A) mapcharts; (B) google maps (C) Cristiële da Silva Ribeiro, (D) Carlos Eduardo Tolussi, (E) Aline Dal'Olio Gomes.

3.2. Processamento dos espécimes

Após a coleta, os espécimes foram anestesiados e posteriormente eutanasiados em solução alcoólica de benzocaina. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Ceará (CEUA/UFC), sob o protocolo nº 7149260424/UFC.

Foram coletados os tecidos muscular e hepático ainda em campo, concomitantemente ao registro dos dados biométricos dos espécimes, incluindo peso total, comprimento, massa hepática e massa gonadal. As amostras dos tecidos foram armazenadas em criotubos e preservadas em nitrogênio líquido e posteriormente em gelo seco para o transporte até o laboratório, sendo armazenadas em freezer -80°C até o momento das análises.

3.3. Índices somáticos

Os índices gonadosomático (IGS) e hepatossomático (IHS), foram calculados segundo Vazzoler (1996): $[IOS = (MO/MT) \times 100]$ e $[IHS = (MF/MT) \times 100]$, sendo MT massa total do animal, MG massa da gônada, MF massa do fígado.

3.4. Análises metabólicas

Lípídeos totais: A concentração de lipídeos totais foi determinada conforme o método descrito por Frings et al. (1972). A extração lipídica dos tecidos foi realizada pelo método de Folch et al. (1957), com adaptações propostas por Parrish (1999) para amostras de organismos aquáticos, utilizando óleo ômega 3 como padrão.

Proteínas totais: O conteúdo de proteínas totais nos tecidos foi determinado de acordo com o método de Lowry et al. (1951), após precipitação e solubilização das proteínas, conforme descrito por Milligan e Girard (1993). A albumina bovina foi utilizada como padrão.

Glicogênio: A quantificação do teor total de glicogênio foi realizada segundo o método descrito por Dubois et al. (1956), após precipitação e solubilização do glicogênio total, conforme a metodologia adotada por Bidinotto, Moraes e Gouza (1997), utilizando glicose como padrão.

3.5. Análise estatística

Para a análise dos dados, foi utilizada análise de variância de uma via (One-Way ANOVA), precedida pela verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade entre os períodos de coleta. Quando os dados atenderam aos pressupostos paramétricos, as comparações múltiplas foram realizadas por meio do teste post hoc de Tukey. Para os conjuntos de dados que não apresentaram distribuição normal ou homogeneidade de variâncias, foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, seguido do teste post hoc de Dunn. As análises estatísticas foram conduzidas no SigmaStat, desenvolvido pela Jandel Corporation. A estatística descritiva e a organização dos dados foram realizadas no Microsoft Excel. Todos os dados serão apresentados como média $\pm$ desvio padrão da média.

4. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho indicam que a sazonalidade característica da Caatinga está associada a respostas fisiológicas espécie-específicas ao longo do ciclo hidrológico. Enquanto *Poecilia vivipara* apresentou variações no investimento reprodutivo, evidenciadas pelo aumento do índice gonadosomático durante a cheia, *Astyanax bimaculatus* não exibiu alterações significativas nos índices somáticos avaliados. Adicionalmente, foram observadas diferenças nos padrões de mobilização de substratos energéticos entre as espécies, sugerindo estratégias metabólicas distintas frente às variações ambientais. Em conjunto, esses resultados apontam para diferentes formas de ajuste fisiológico ao regime hidrológico intermitente.

As coletas foram realizadas em três condições representativas desse regime: período de cheia (fluxo contínuo do rio), seca (poças isoladas) e reenchimento (poças em processo de reconexão).

Poecilia vivipara não apresentou diferenças significativas na massa corporal e no comprimento total entre os períodos (Tabela 2). Em contraste, o índice gonadosomático (IGS) variou significativamente, sendo aproximadamente três vezes maior durante a cheia em comparação à seca ($P = 0,048$). O índice hepatossomático não pôde ser determinado para a espécie.

Tabela 2. Parâmetros biométricos e índices fisiológicos de *Poecilia vivipara* coletados durante os períodos de seca, cheia e reenchimento no Rio Cruxati (CE). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio-padrão. ^{a,b} mostram diferença estatística entre períodos de coleta.

Parâmetro	Seca	Cheia	Reenchimento
Massa (g)	0,7 $\pm$ 0,32	0,8 $\pm$ 0,14	0,7 $\pm$ 0,33
CT (cm)	3,8 $\pm$ 0,70	3,9 $\pm$ 0,24	3,1 $\pm$ 0,37
IGS (%)	3,7 $\pm$ 0,70^a	10,7 $\pm$ 1,47^b	8,4$\pm$3,58^{ab}

Em relação às reservas energéticas de *P. vivipara*, observou-se redução significativa do glicogênio muscular durante o período de reenchimento em relação aos períodos de seca e cheia (Tabela 4). Padrão semelhante foi registrado para as proteínas musculares, que apresentaram menores concentrações durante o reenchimento. Em contraste, os conteúdos de lipídeos totais e proteínas hepáticas permaneceram estáveis entre os períodos hidrológicos avaliados.

Para *Astyanax bimaculatus*, não foram observadas diferenças significativas entre os períodos hidrológicos para massa corporal, comprimento total, índice gonadosomático e índice hepatossomático (Tabela 3). Apesar das variações observadas nos valores médios, a elevada variabilidade intraespecífica contribuiu para a ausência de diferenças estatísticas detectáveis.

Tabela 3. Parâmetros biométricos e índices fisiológicos de *Astyanax bimaculatus* coletados durante os períodos de seca, cheia e reenchimento no Rio Cruxati (CE). Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio-padrão.

Parâmetro	Seca	Cheia	Reenchimento
Massa corpórea (g)	5,0 $\pm$ 1,36	5,8 $\pm$ 2,11	5,4 $\pm$ 0,81
CT (cm)	6,8 $\pm$ 0,83	7,6 $\pm$ 0,91	5,7 $\pm$ 0,25
IGS (%)	6,7 $\pm$ 7,14	1,3 $\pm$ 5,29	4,8 $\pm$ 3,29
IHS (%)	1,9 $\pm$ 2,42	1,3 $\pm$ 1,37	0,83 $\pm$ 0,23

Em relação aos substratos energéticos de *A. bimaculatus*, o glicogênio muscular apresentou redução significativa durante o período de reenchimento em comparação aos períodos de seca e cheia (Tabela 4). Os lipídeos totais apresentaram diferenças significativas ao longo do ciclo hidrológico tanto no fígado quanto no músculo. No tecido hepático, observou-se aumento progressivo das concentrações da seca para a cheia e o reenchimento, sendo os maiores valores registrados durante o reenchimento. Em contrapartida, no músculo, os maiores valores de lipídeos foram observados durante a seca, com redução significativa na cheia.

As proteínas musculares de *A. bimaculatus* também variaram entre os períodos, apresentando maiores concentrações durante a cheia em relação aos períodos de seca e reenchimento, os quais não diferiram entre si. Já as proteínas hepáticas mantiveram-se estáveis ao longo dos períodos avaliados.

Tabela 4. Conteúdo de glicogênio, lipídeos e proteínas em tecidos de *Astyanax bimaculatus* e *Poecilia vivipara* coletadas durante os períodos de seca, cheia e reenchimento no Rio Cruxati (CE). Os valores representam média $\pm$ desvio-padrão. ^{a,b} mostram diferença estatística entre períodos de coleta, n.s. mostram comparações sem diferença estatística detectada.

	Seca	Cheia	Reenchimento	Estatística
Glicogênio (nmoles Glicose/ mL de tecido)				
Músculo (<i>A. bimaculatus</i>)	2,11 $\pm$ 0,34 ^a (n=4)	2,04 $\pm$ 0,43 ^a (n=5)	0,08 $\pm$ 0,05b (n=5)	SxR=0,012 CxR=0,026
Músculo (<i>P. vivipara</i>)	1,13 $\pm$ 0,18 ^a (n=4)	1,34 $\pm$ 0,29 ^a (n=5)	0,10 $\pm$ 0,06b (n=5)	SxR=0,017 CxR=0,020
Lipídeos totais (mg/mL)				
Fígado (<i>A. bimaculatus</i>)	15,71 $\pm$ 9,19b (n=8)	105,05 $\pm$ 40,65c (n=4)	306,37 $\pm$ 81,05 ^a (n=5)	SxR=0,022 CxR=0,012 SxC=0,004
Fígado (<i>P. vivipara</i>)	73,86 $\pm$ 29,86 (n=5)	73,72 $\pm$ 29,96 (n=6)	73,20 $\pm$ 36,88 (n=5)	n.s.
Músculo (<i>A. bimaculatus</i>)	30,36 $\pm$ 21,86 ^a (n=8)	13,29 $\pm$ 3,58b (n=4)	20,44 $\pm$ 10,25ab (n=5)	SxC=0,048
Músculo (<i>P. vivipara</i>)	66,62 $\pm$ 20,53 (n=4)	64,20 $\pm$ 33,94 (n=5)	69,57 $\pm$ 12,32 (n=5)	n.s.
Proteínas totais (mg/mL)				
Fígado (<i>A. bimaculatus</i>)	105,71 $\pm$ 19,68 (n=3)	126,45 $\pm$ 30,05 (n=6)	104,69 $\pm$ 40,45 (n=5)	n.s.
Fígado (<i>P. vivipara</i>)	849,58 $\pm$ 86,90 (n=3)	799,41 $\pm$ 304,91 (n=6)	888,06 $\pm$ 11,83 (n=5)	n.s.
Músculo (<i>A. bimaculatus</i>)	67,99 $\pm$ 10,96b (n=4)	126,45 $\pm$ 53,80 ^a (n=5)	104,69 $\pm$ 6,34b (n=5)	SxR=0,009 CxR=0,029
Músculo (<i>P. vivipara</i>)	389,55 $\pm$ 91,09 ^a (n=4)	334,98 $\pm$ 38,16 ^a (n=5)	133,35 $\pm$ 11,83b (n=5)	SxR=0,047 CxR=0,003

5. DISCUSSÃO

5.1. Tecido hepático

O fígado em teleósteos desempenha um papel central na homeostase metabólica, atuando como o principal sítio de reserva energética, detoxificação e síntese de precursores para a reprodução (KLIEMANN et al., 2018; SCHLEGER et al., 2021). A regulação desse equilíbrio celular é mediada por diferentes vias de sinalização, destacando-se a proteína quinase ativada por AMP (AMPK), a qual estimula a oxidação de ácidos graxos e a captação de glicose no fígado, ao mesmo tempo em que inibe a lipogênese (MORASH; VANDERVEKEN; MCCLELLAND, 2014).

Os dados obtidos neste trabalho demonstram que as variações hidrológicas da Caatinga impõem pressões metabólicas distintas sobre o tecido hepático de *Astyanax bimaculatus* e *Poecilia vivipara*, refletindo adaptações espécie-específicas frente à sazonalidade. Em *A. bimaculatus*, observou-se uma mobilização drástica de lipídeos totais hepáticos, com valores que saltaram de 15,71 mg/mL no período de seca para 306,37 mg/mL no reenchimento. Esse padrão de acúmulo lipídico sugere uma estratégia de estocagem de excedente energético quando a disponibilidade de recursos aumenta ou uma resposta metabólica ao estresse ambiental intenso, conforme descrito por Schleger e seus colaboradores (2021).

Na literatura, o aumento de triglicerídeos no fígado é frequentemente associado à necessidade de manter o ciclo do ácido cítrico via oxidação de ácidos graxos (acetil-CoA) em condições de alta demanda energética ou estresse térmico (ROYCHOWDHURY, AFTABUDDIN, PATI, 2020), como observado para o gênero *Astyanax* (SCHELER et al., 2021). Além disso, Kliemann e seus colaboradores (2018) descreveram que tal acúmulo pode ser comparado ao fenômeno de esteatose hepática observado em peixes expostos a dietas hiperproteicas ou ricas em lipídeos, onde o excesso de nutrientes é deaminado e armazenado na forma de gordura, sobrecarregando a função do órgão.

Diferentemente de *Astyanax bimaculatus*, os resultados deste trabalho para *Poecilia vivipara* indicam estabilidade nos níveis de lipídeos e proteínas hepáticas ao longo de todos os períodos hidrológicos. Essa manutenção de substratos pode sugerir que *P. vivipara* possui um metabolismo hepático de "estado estacionário", onde a

energia processada é imediatamente canalizada para outros tecidos ou funções fisiológicas como a reprodução, conforme descrito por Zebral e seus colaboradores (2020). Sabe-se que o tecido hepático é o responsável pela produção de vitelogenina, recrutando substratos energéticos (proteínas, lipídeos e glicogênio) para subsidiar o desenvolvimento das gônadas (ALMEIDA, 2013).

Smith e Corrêa (2019) descreveram que em ambientes sazonalmente alagáveis, peixes demonstram ampla plasticidade alimentar e adaptabilidade, e a estabilidade hepática em *Poecilia vivipara* observada neste trabalho pode indicar que a espécie consegue manter seu aporte nutricional mesmo nas transições hidrológicas, possivelmente devido ao seu hábito alimentar e menor custo de manutenção comparado a caracídeos maiores (ZEBRAL et al., 2020).

A fisiologia reprodutiva está intrinsecamente ligada à função hepática via eixo hipotálamo-hipófise-fígado-gônada (SOUTO et al., 2017). Neste trabalho, o aumento do Índice Gonadossomático (IGS) em *Poecilia vivipara* durante a cheia (10,7%) em comparação à seca (3,7%) evidencia um investimento reprodutivo sazonal clássico. A literatura aponta que a mobilização de lipídeos dos tecidos de reserva para as gônadas é crucial para a maturação dos ovócitos (DUNNING et al, 2014). O fato de os lipídeos hepáticos de *P. vivipara* não terem sofrido redução durante o pico de IGS sugere que as reservas musculares ou a ingestão direta de alimento podem estar suprimindo essa demanda, evitando a redução do fígado.

Por outro lado, o acúmulo de lipídeos em *Astyanax bimaculatus* no reenchimento, sem um aumento correspondente claro no IGS no mesmo período, pode indicar que esta espécie prioriza a recuperação da condição corporal e o estoque de energia pós-estresse de seca antes de iniciar um novo ciclo reprodutivo intenso, diferindo do padrão de desova parcelada que ocorre em outras espécies da região.

Do ponto de vista do metabolismo energético de carboidratos, a literatura enfatiza que as reservas de glicogênio hepático são mantidas ou mobilizadas como estratégia de sobrevivência para situações de fuga ou alta demanda (SCHLEGER et al., 2021). Embora neste trabalho não tenha detectado diferenças estatísticas significativas nas proteínas hepáticas totais para ambas as espécies, a dinâmica de outros substratos revela a complexidade do ajuste metabólico. Em situações de choque térmico agudo, peixes do gênero *Astyanax* apresentam aumento na atividade de enzimas como lactato desidrogenase (LDH) e glutamato desidrogenase (GLDH) no fígado, indicando um incremento no catabolismo de aminoácidos e na glicólise

anaeróbica para manter a homeostase, conforme descrito na tese de Schleger (2022). A variação ambiental extrema da Caatinga, documentada neste trabalho, provavelmente induz respostas enzimáticas similares, onde o fígado atua como um tampão metabólico contra as flutuações de temperatura e oxigênio típicas dos poços isolados na seca (ONDEI et al., 2020).

A dieta desempenha um papel determinante na composição bioquímica do fígado (MACHADO e DUNCAN, 2017). Variações sazonais na disponibilidade de recursos na Caatinga alteram o forrageamento e a incorporação de nutrientes (TROVÃO et al., 2007). No contexto deste trabalho, a discrepância entre as espécies na mobilização lipídica sugere que *Astyanax bimaculatus* pode estar explorando recursos mais calóricos ou eficientes durante o reenchimento e a cheia, resultando no acúmulo hepático observado enquanto *Poecilia vivipara* pode ter uma dieta mais constante ou uma taxa de renovação (turnover) metabólica mais alta, o que impede o acúmulo de grandes depósitos de gordura no órgão, conforme descrito por Perez e seus colaboradores (2023).

Em suma, o tecido hepático nestas espécies da Caatinga funciona como um indicador sensível do balanço entre a oferta alimentar sazonal e as demandas energéticas impostas pela reprodução e pelas condições físico-químicas adversas do meio.

5.2. Tecido muscular

O tecido muscular esquelético de teleósteos representa a maior fração da biomassa corporal, geralmente superior a 60%, desempenhando não apenas função locomotora, mas também atuando como importante reservatório de substratos energéticos e estruturais (PEREZ et al., 2023). O metabolismo muscular apresenta uma clara divisão funcional entre fibras lentas (vermelhas), predominantemente aeróbicas e ricas em mitocôndrias, e fibras rápidas (brancas), que constituem a maior parte da musculatura e dependem principalmente do metabolismo glicolítico e anaeróbico para movimentos de curta duração e alta intensidade (NEMOVA; KANTSEROVA; LYSENKO, 2021).

Neste trabalho, os dados revelam que o músculo é um sítio de intensa atividade metabólica e mobilização de substratos em resposta ao ciclo hidrológico. Um achado importante neste trabalho foi a redução drástica do conteúdo de glicogênio muscular no período de reenchimento para ambas as espécies: em *A. bimaculatus* houve a

diminuição de 2,11 nmoles/mL na fase de seca para 0,08 nmoles/mL na fase de reenchimento, e *P. vivipara* de 1,13 nmoles/mL para 0,10 nmoles/mL no mesmo período. Esse esgotamento das reservas de carboidratos no reenchimento sugere que esta fase, marcada pela retomada do fluxo hídrico e necessidade de natação ativa ou exploração de novos habitats, impõe um custo energético superior à capacidade de manutenção do glicogênio. Na literatura, o estado nutricional e o estresse por jejum reduzem o diâmetro das fibras musculares e ativam vias de atrofia, enquanto a síntese proteica é suprimida (NEMOVA, KARATENOVA e LISENKO, 2021). O reenchimento, apesar de trazer água, pode representar um período de transição onde o gasto energético supera a assimilação imediata de nutrientes.

A análise proteica muscular deste trabalho também apresentou variações significativas. Em *P. vivipara*, observou-se uma redução nos níveis de proteínas totais musculares no reenchimento (133,35 mg/mL) em relação à seca (389,55 mg/mL). Esse decréscimo é consistente com a fisiologia reprodutiva da espécie (MENDONÇA e ADREATA, 2001), que apresentou aumento do IGS na cheia. A literatura descreve que, durante a vitelogênese e maturação gonadal, o tecido muscular atua como fonte de aminoácidos que são recrutados para a síntese de proteínas do vitelo nas fêmeas (SOUTO et al., 2017). Assim, a queda na proteína muscular em *P. vivipara* documentada neste trabalho pode representar a mobilização de reservas estruturais para sustentar o investimento reprodutivo sazonal.

Em contrapartida, *Astyanax bimaculatus* apresentou um aumento na proteína muscular da seca para a cheia (de 67,99 mg/mL para 126,45 mg/mL), esse padrão sugere que *A. bimaculatus* pode utilizar o tecido muscular como um importante reservatório energético durante o confinamento em poças isoladas, condição em que o custo energético associado à locomoção tende a ser reduzido, favorecendo o acúmulo de gordura para enfrentar a escassez alimentar característica do período seco (PINHEIRO et al., 2025).

Quanto ao metabolismo lipídico no músculo, este trabalho identificou uma redução estatisticamente significativa nos lipídeos totais de *A. bimaculatus* entre a seca (30,36 mg/mL) e a cheia (13,29 mg/mL). Esta dinâmica sugere que os lipídeos depositados no músculo durante o confinamento na seca, onde a natação é restrita, são rapidamente utilizados como combustível metabólico assim que as condições de fluxo retornam, ou são redirecionados para o fígado, que mostrou acúmulo concomitante no mesmo período.

O músculo esquelético possui alta plasticidade fenotípica e, em peixes submetidos a exercício contínuo (natação de resistência), há uma remodelação metabólica que favorece a oxidação de lipídeos em vez de carboidratos para poupar glicogênio (MORASH; VANDERVEKEN e MCCLELLAND, 2014). Os dados deste trabalho reforçam essa transição metabólica, onde o peixe utiliza gordura muscular para sustentar a atividade física aumentada na cheia, preservando o glicogênio residual para demandas anaeróbicas críticas de curto prazo.

A dieta sazonal da Caatinga exerce influência direta sobre a composição muscular (GONÇALVES-SILVA et al., 2025). Embora em algumas espécies carnívoras a composição bromatológica muscular tenda a ser endogenamente estável e rica em proteínas (RONCANCIO; SOUZA e VIGOYA, 2020), os peixes onívoros e generalistas aqui estudados mostram maior flutuabilidade. A incorporação nutricional no tecido muscular reflete a disponibilidade de itens como insetos (*Trichoptera*), crustáceos e vegetais, cujos perfis de ácidos graxos e aminoácidos são transferidos através da cadeia trófica (VIDOTTO-MAGNONI; CARVALHO, 2009).

O fato de o tecido muscular de *P. vivipara* neste trabalho ter mantido níveis estáveis de lipídeos totais, enquanto o de *A. bimaculatus* oscilou, pode indicar diferenças na eficiência de absorção ou na taxa de utilização desses nutrientes.

Segundo Ondei e seus colaboradores (2020) a relação entre natação, reprodução e dieta converge no tecido muscular como um integrador da saúde do peixe. Em condições de estresse oxidativo, como na seca da Caatinga, o músculo pode sofrer danos proteicos e lipídicos, exigindo adaptações nas defesas antioxidantes para manter a funcionalidade contrátil (SCHLEGER et al., 2021). A redução de glicogênio e proteínas observada neste trabalho no reenchimento pode, portanto, ser também um reflexo do custo de reparo tecidual e da retomada do metabolismo aeróbico após o período crítico de isolamento em poços.

Em conclusão, o tecido muscular das espécies estudadas neste trabalho demonstra uma sensibilidade notável ao ciclo hidrológico, atuando não apenas como motor de movimento, mas como um reservatório metabólico dinâmico que é recrutado preferencialmente durante as fases de maior demanda reprodutiva e ambiental, garantindo a resiliência dessas populações em um ecossistema intermitente.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e na discussão desenvolvida, este estudo permite delinear importantes conclusões acerca do metabolismo energético de *Poecilia vivipara* e *Astyanax bimaculatus* em rios intermitentes do semiárido:

- A sazonalidade da Caatinga impõe pressões metabólicas distintas que resultam em estratégias adaptativas diferentes entre as espécies estudadas, refletindo ajustes fisiológicos particulares ao regime hidrológico intermitente.
- *Poecilia vivipara* apresenta um investimento reprodutivo sazonal clássico, com o Índice Gonadossomático (IGS) atingindo seu ápice durante o período de cheia, sendo aproximadamente três vezes superior ao observado na seca.
- *Poecilia vivipara* mantém estabilidade nos níveis de lipídeos e proteínas hepáticas ao longo de todo o ciclo hidrológico, sugerindo um metabolismo hepático de "estado estacionário" onde a energia é prontamente canalizada para a reprodução.
- *Astyanax bimaculatus* demonstra uma estratégia voltada para a recuperação da condição corporal pós-estresse hídrico, evidenciada pelo acúmulo maciço de lipídeos totais no fígado durante o período de reenchimento.
- O período de reenchimento é identificado como uma fase de alta demanda metabólica para ambas as espécies, caracterizada pelo esgotamento drástico das reservas de glicogênio muscular de ambas as espécies, necessário para sustentar a natação ativa e a exploração de novos habitats

- O tecido muscular atua como um reservatório energético fundamental em *Poecilia vivípara*.
- Em *Astyanax bimaculatus*, o uso de lipídeos musculares durante a cheia preserva o glicogênio para demandas anaeróbicas críticas.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 174-180, 2013.

ARCANJO, R. B.; SOUZA, L. P.; REZENDE, C. F.; SILVA, J. R. Embryonic development and nourishment in the viviparous fish *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Acta Zoologica*, Estocolmo, v. 95, n. 4, p. 493-500, 2014.

BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G; SOUZA, R.H. S. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. *Boletim Técnico do CEPTA*. v.10, p. 53-60, 1997.

BRAMBILA-SOUZA, G.; GOMES, A. D.; HONJI, R. M.; HILSDORF, A. W. S.; MOREIRA, R. G. Distinctive reproductive tactics between sympatric specimens of *Astyanax aff. fasciatus* in the wild and in captivity. *Environmental Biology Of Fishes*, v. 102, p. 1179-1191, 2019.

CARVALHO, A. T. F. Reflexões sobre a hidrogeomorfologia dos rios intermitentes frente às definições das áreas de preservação permanente de cursos d'água no Brasil. *Geografia em Atos (Online)*, v. 4, 135–150, 2020.

CPSMIT (2025). <https://www.cpsmitapipoca.ce.gov.br/paginas/itapipoca>

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. v. 28, n. 3,p. 350-356, 1956.

DUNNING, K.R.; RUSSELL, D.L.; ROBKER, R. Lipids and oocyte developmental competence: the role of fatty acids and β -oxidation. *Reproduction*, v. 148, 17-27, 2014.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE-STANLEY, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry.*, v. 226, p. 496-503, 1957.

FRINGS, C.S.; FENDLY, T.W., DUNN, R.T., QUENN, C.A. Improved determination of total lipids by the sulpho-phospho-vanilin reaction. *Clinical Chemistry*, v.18, p.673-674, 1972.

GARUTTI, V. Descrição de *Astyanax argyrimarginatus* sp. n. (Characiformes, Characidae) procedente da bacia do Rio Araguaia, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 59, n. 4, p. 585-591, 1999.

GAUTHIER, M.; LAUNAY, B.; GOFF, G. L.; PELLA, H.; DOUADY, C. J.; DATRY, T. Fragmentation promotes the role of dispersal in determining 10 intermittent headwater stream metacommunities. *Freshwater Biology*, v. 65, n. 12, p. 2169-2185, 2020.

GONÇALVES-SILVA, M.; D'BASTIANI, E.; DATRY, T.; REZENDE, C. F. Hydrological fluctuations determine predator–prey interactions in a semi-arid non-perennial river. *Hydrobiologia*, v. 853, n. 3, p. 817-834, 2025.

KLIEMANN, B. C. K.; DELARIVA, R. L.; AMORIM, J. P. A.; RIBEIRO, C. S.; SILVA, B.; SILVEIRA, R. V.; RAMOS, I. P. Dietary changes and histophysiological responses of a wild fish (*Geophagus* cf. *proximus*) under the influence of tilapia cage farm. *Fisheries Research*, v. 204, p. 337-347, 2018.

LOWRY, O.H., ROSENBROUGH, N.J., FARR, A. L., RANDALL, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 193, p.265-275, 1951.

LUCENA, C. A. S.; SOARES, H. G. Review of species of the *Astyanax bimaculatus* “caudal peduncle spot” subgroup sensu Garutti & Langeani (Characiformes, Characidae) from the rio La Plata and rio São Francisco drainages and coastal systems of southern Brazil and Uruguay. *Zootaxa*, v. 4072, n. 1, p. 101-125, 2016.

MACHADO, R. N; DUNCAN, W. P. Composição química do plasma de peixes teleósteos de um lago de várzea (Lago Janauacá, Amazônia Central). *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 5, n. 2, p. 42–47, 2017.

MENDONÇA, J. P.; ANDREATA, J. V. Aspectos reprodutivos de *Poecilia vivipara* (Bloch & Schneider) (Poeciliidae) da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 18, n. 4, p. 1041-1047, 2001.

MILLIGAN, C.L.; GIRARD, S. S. Lactate metabolism in rainbow trout. *Journal of Experimental Biology*, v. 180, p.175-193, 1993. PARRISH, C.C. Determination of total lipid, lipid classes and fatty acids in aquatic samples. In: ARTS, M.T., WAINMAN, B.C. *Lipids in freshwater ecosystem*. New York: Springer-Verlag, p. 4-12, 1999.

MORASH, A. J.; VANDERVEKEN, M.; MCCLELLAND, G. B. Muscle metabolic remodeling in response to endurance exercise in salmonids. *Frontiers In Physiology*, v. 5, p. 1-7, 21 nov. 2014.

NASCIMENTO, W. S.; YAMAMOTO, M. E.; CHELLAPPA, S. Proporção Sexual e Relação Peso-Comprimento do Peixe Anual *Hypsolebias antenori* (Cyprinodontiformes: Rivulidae) de Poças Temporárias da Região Semiárida do Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2012

NEMOVA, N. N.; LYSENKO, L. A.; KANTSEROVA, N. P. Degradation of skeletal muscle protein during growth and development of salmonid fish. *Russian Journal of Developmental Biology*, v. 47, p. 161-172, 2016.

ONDEI, L. S.; TERESA, F. B.; GARCIA, D. P.; FELÍCIO, A. A.; SILVA, D. G. H.; ALMEIDA, E. A. Fish antioxidant response to seasonal variation in a Neotropical intermittent river. *Neotropical Ichthyology*, v. 18, n. 1, 2020.

PARRISH, C.C. Determination of total lipid, lipid classes and fatty acids in aquatic samples. In: ARTS, M.T., WAINMAN, B.C. *Lipids in freshwater ecosystem*. New York: Springer-Verlag, p. 4-12, 1999.

PEREZ, E. S.; DURAN, B. O. S.; ZANELLA, B. T. T.; DAL-PAI-SILVA, M. Review: understanding fish muscle biology in the indeterminate growth species pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 285, p. 111502, 2023.

PINHEIRO, A. G. S.; FRANCHINI, A. C.; SABBAG, O. J.; JOMORI, R. K. Larvicultura intensiva do lambari (*Astyanax lacustris*) em diferentes densidades de estocagem. *Multitemas*, v. 30, n. 76, p. 163-176, 2026.

PORTELLA, A. C.; ARSENTALES, A. D.; CAVALLARI, D. E.; SMITH, W. S. Efeito da sazonalidade na reprodução de peixes Characiformes em um rio Neotropical. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 110, 2021.

PUSEY, B. J.; ARTHINGTON, A. H.; STEWART-KOSTER, B.; KENNARD, M. J.; READ, M. G. Widespread omnivory and low temporal and spatial variation in the diet of fishes in a hydrologically variable northern Australian river. *Journal Of Fish Biology*, v. 77, n. 3, p. 731-753, 2010.

RODRIGUES, J. F.; SOUZA, J. O. P. Parameterization of flow intermittency and river styles in two hydrographic basins in the semiarid region of Paraíba. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 26, n. 3, p. 1-22, 2025. *Revista Brasileira de Geomorfologia*.

RONCANCIO, C. O. S.; SOUZA, J. G. S.; VIGOYA, A. A. A. Influência de fatores abióticos sob miogênese de peixes teleósteos. *Ces Medicina Veterinaria y Zootecnia*, v. 15, n. 3, p. 41-50, 2020.

ROYCHOWDHURY, P.; AFTABUDDIN, M.; PATI, M. Kr. Thermal stress–induced oxidative damages in the liver and associated death in fish, *Labeo rohita*. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 47, n. 1, p. 21-32, 2020.

SCHLEGER, I.C.; PEREIRA, D. M. C.; RESENDE, A. C.; ROMÃO, S.; HERRERIAS, T.; NEUNDORF, A. K. A.; SLOTY, A. M.; GUIMARÃES, I. M.; SOUZA, M. R. D. P.; CARSTER, G. P. DONATTI, L. Cold and warm waters: energy metabolism and antioxidant defenses of the freshwater fish *Astyanax lacustris* (Characiformes). *Journal Of Comparative Physiology B*, v. 192, n. 1, p. 77-94, 2021.

SOUZA, B. B.; VOTTELERD, P. A. V.; OLIVEIRA, J. P. A.; ALMEIDA FILHO, M. A.; CAVALCANTE, C. V. G.; PEREIRA, T. M.; REZENDE, C. F. Percepção ambiental em rios intermitentes: o caso do rio Umbuzeiro, Aiuaba, Ceará. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, Recife, v. 14, n. 1, p. 25-40, 2026.

SOUTO, C. S.; FARIA, T. M.; OLIVEIRA, H.; ROSA, R. M.; SILVA, L. A. S.; CAMPOS, M. A. F. Visão geral sobre reprodução de peixes teleósteos: da anatomia à sinalização molecular. *Pubvet*, v. 11, n. 11, p. 1175-1187, 2017.

STERNBERG, D.; BALCOMBE, S.; MARSHALL, J.; LOBEGEIGER, J. Food resource variability in an Australian dryland river: evidence from the diet of two generalist native fish species. *Marine And Freshwater Research*, [s. l], v. 59, n. 2, p. 137-144, 2008.

TEIXEIRA, F. K.; RAMOS, T. P. A.; PAIVA, R. E. C.; TÁVORA, M. A.; LIMA, S. M. Q.; REZENDE, C. F. Ichthyofauna of Mundaú river basin, Ceará State, Northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, v. 17, p. 1-9, 2017.

TEIXEIRA, F. K. Rios intermitentes do semiárido brasileiro: o efeito do ambiente e do espaço na estrutura da metacomunidade de peixes. 2023. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

TERRA, B. F.; MEDEIROS, E. S. F.; BOTERO, J. I. S.; NOVAES, J. L. C.; REZENDE, C. F. Ecologia de peixes de riachos intermitentes. *Oecologia Australis*, v. 25, n. 02, p. 605-619, 2021.

TROVAO, D. M. B. M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 11, n. 3, 2007.

VAZZOLER, A.E.A.M. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática/Apresentação de Paulo de Tarso da Cunha Chaves. EDUEM Sao Paulo, Maringá. 1996.

VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; CARVALHO, E. D. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. Neotropical Ichthyology, v. 7, n. 4, p. 701-708, 2009.

ZEBRAL, Y. D.; FONSECA, J. S.; ROZA, M.; COSTA, P. G.; ROBALDO, R. B.; BIANCHINI, A. Combining elevated temperature with waterborne copper: Impacts on the energy metabolism of the killifish *Poecilia vivipara*. Chemosphere, v. 253, 126631, 2020.