

PARÂMETROS BIÓTICOS E ABIÓTICOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE UMA CAVERNA NO SEMIÁRIDO DA BAHIA, BRASIL

BIOTIC AND ABIOTIC PARAMETERS OF GROUNDWATER FROM A CAVE IN SEMIARID REGION OF BAHIA, BRAZIL

André Vieira de Araújo (1,2); Juliano Silva de Jesus (1,3); Luiz Rogério Bastos-Leal (4)

- (1) Sociedade Espeleológica Azimute (SEA). Campo Formoso BA.
- (2) Grupo IF de Estudos Espeleológicos (GRIFEE), Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Petrolina PE.
- (3) Departamento de Geologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS). São Cristóvão SE.
- (4) Instituto de Geociências, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente/Universidade Federal da Bahia (NEHMA/UFBA). Salvador BA.

Contatos: andrevieira@gmail.com; lrogerio@ufba.br; julianoracha@hotmail.com.

Resumo

O estudo realizado na Toca da Trincheira, uma caverna situada na bacia do rio Salitre na região semiárida no centro norte da Bahia, objetivou identificar uma fauna aquática ainda pouco conhecida nos estudos espeleológicos e listar as principais características físicas e químicas da água encontrada na caverna. Foram realizadas duas campanhas de amostragem uma no período seco outra no período chuvoso. Um total de 87 indivíduos foram coletados e identificados em 8 taxa pertencentes a Gastropoda, Hexapoda, Crustacea e Arachnida. Os parâmetros físicos e químicos (condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido e temperatura) apresentaram valores típicos de água subterrânea em ambientes cársticos. Análises da concentração de íons dissolvidos na água revelaram altos teores de nitrato e cloreto o que sugere perturbações antropogênicas e deterioração na qualidade da água. Os resultados são uma contribuição para o conhecimento da biodiversidade regional e ressalta a natureza interdisciplinar da ecologia das águas subterrâneas.

Palavras-Chave: meiofauna; água subterrânea; hidroquímica; aquífero cárstico; invertebrados; qualidade da água.

Abstract

The study carried out in the Trincheira Cave, located in the Salitre River basin, north-central part of the state of Bahia, aims to identify an aquatic fauna still poorly known in speleological studies and list the main physical and chemical characteristics of the water found in the cave. Samplings occurred in October 2015 (dry season) and April 2016 (rainy season). A total of 87 individuals were collected and identified in 8 taxa belonging to Gastropoda, Hexapoda, Crustacea e Arachnida. The physical and chemical variables (electrical conductivity, alkalinity, dissolved oxygen and water temperature) displays the typical characteristics of groundwater found in karst systems. Analyzes of the concentration of ions dissolved in water revealed high levels of nitrate and chloride to suggest anthropogenic disturbances and deterioration in water quality. These results are a contribution to the knowledge of the regional biodiversity and emphasizes the interdisciplinary nature of groundwater ecology.

Key-Words: meiofauna, groundwater, hydrochemical, karst aquifer, water quality.

1. INTRODUÇÃO

Organismos da fauna aquática podem ser classificados em microfauna (< 0,4 mm), meiofauna (organismos que variam de 0,4 a 1 mm de comprimento) e macrofauna (animais visíveis a olho nu, > 0,5 mm) (GRAY; ELLIOTT, 2009). Além disso, na água subterrânea essa fauna é coletivamente conhecida como estigofauna e compreende desde espécies acidentais, que são

tipicamente de águas superficiais, até organismos altamente especializados, que vivem exclusivamente na água subterrânea e são chamados de estigóbios (BOULTON et al., 2008).

A meiofauna da água subterrânea é composta principalmente por microcrustáceos, e em regiões temperadas essa meiofauna frequentemente é descrita como dinâmica através do espaço e tempo (DUMAS et al., 2001; GIBERT; DEHARVENG,

2002; HANH, 2006). Fatores hidrogeológicos, como a heterogeneidade do aquífero em ambientes cársticos podem ser apontados como uma explicação para essa variação de riqueza e abundância na estigofauna encontrada em regiões temperadas (DREW et al., 1995; BONACCI et al., 2009). No entanto, pressões humanas como o bombeamento e a poluição da água subterrânea também podem afetar esse ecossistema ocasionando drásticas mudanças na densidade e composição da fauna (STEIN et al., 2010; TAYLOR; FERREIRA, 2012; DI LORENZO; GALASSI, 2013). Por essa razão é importante ter uma visão ampla do aquífero, com sua dinâmica hidrogeológica natural e as mudanças na quantidade e qualidade da água de forma a caracterizar melhor as comunidades encontradas nesses ambientes.

Os estudos sobre a fauna aquática subterrânea brasileira têm focado na taxonomia e ecologia de peixes (e.g., BICHUETTE; TRAJANO, 2006; MATTOX et al., 2008;) e na taxonomia e ecologia de macro-invertebrados (e.g., SILVA ; FERREIRA, 2016; TRAJANO et al., 2016). A fauna de microcrustáceos (Copepoda, Ostracoda e Cladocera), não são bem investigados nos levantamentos limnológicos brasileiros e estudos desse grupo em águas subterrâneas são escassos (SIMÕES et al., 2013; SILVA; PERBICHE-NEVES, 2017). A carência de informação sobre a meiofauna aquática dificulta o entendimento da estrutura da comunidade e funcionalidade do ecossistema, comprometendo propostas de gestão ambiental destes ambientes.

Os parâmetros hidroquímicos por sua vez fornecem informações específicas sobre a água subterrânea, auxiliando na caracterização do regime de fluxo (DOCTOR; ALEXANDER 2005), informando sobre a mistura da água subterrânea com tributários superficiais (CHRISTOPHERSEN et al., 1990) e, principalmente, sobre qualidade da água (CAPARO et al. 2011; BOYER; PASQUARELL, 1996; EL-SAYED et al.2012). No Brasil, usualmente os estudos hidroquímicos no ambiente subterrâneo são fragmentados e voltados aos estudos puramente hidrogeológicos (OLIVEIRA et al., 2014; VILLANUEVA et al., 2014) Nesse contexto, objetivamos no presente trabalho levantar informações simultâneas sobre a meiofauna aquática e os parâmetros físicos e químicos da água subterrânea em uma caverna da região semiárida da Bahia e, dessa forma, contribuir com dados ecológicos que possam futuramente ser utilizados

para delinear trabalhos de conservação no aquífero cárstico da bacia do rio Salitre.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A Toca da Trincheira (WGS84-UTM 292494 m E 881988 m N) é uma caverna calcária situada na divisa dos municípios de Mirangaba e Ouro-lândia na região norte do estado da Bahia, está inserida na Bacia do rio Salitre uma sub-bacia do rio São Francisco (SILVA, 2006) (Figura 1). A cobertura vegetal da maior parte dos terrenos onde se encontra a Toca da Trincheira é esparsa e arbustiva, característica do bioma Caatinga. O Clima é semiárido, com média anual pluviométrica de 490 mm concentradas entre os meses de fevereiro e maio, e a temperatura média anual é cerca de 30°C (AULER et al. 2009).

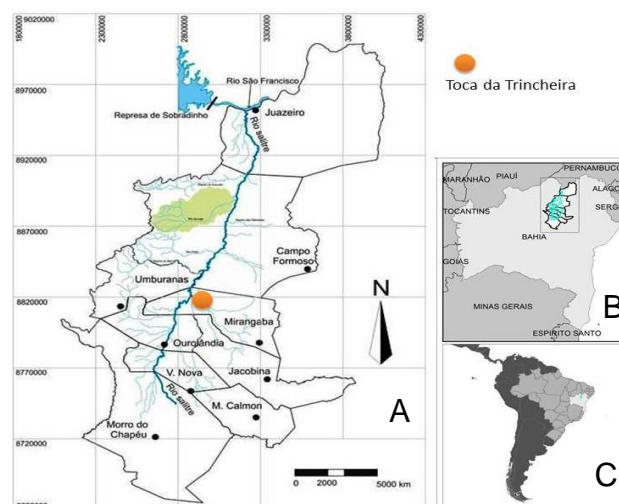


Figura 1. Localização da Toca da Trincheira. A. Localização da Toca da Trincheira na Bacia do rio Salitre. B. Localização da Bacia do rio Salitre no Estado da Bahia e C. Localização do Estado da Bahia na América do Sul.

Fonte: SEA.

A cavidade desenvolve-se nas rochas carbonáticas da Formação Caatinga, uma área cárstica formada de rochas calcárias de idade Cenozóica (AULER; SMART 2001). É formada por um conduto principal com 140 m de comprimento e 20m de largura, possui dois pontos onde a água aflora em poças rasas (ambiente lântico). (Figura 2). A caverna apresenta diversas modificações antrópicas que inclui a construção de um muro, a instalação de uma bomba d'água, a escavação do piso nos locais onde afloram o lençol freático e atividades agropecuárias no entorno da caverna.



Figura 2. Mapa Topográfico da Toca da Trincheira. A. Entrada; B. Poça onde aflora o lençol freático; C. Copepoda Cyclopodidae encontrado na água da caverna.

2.2. Métodos de coleta

As amostragens foram realizadas nos meses de outubro de 2015, período seco, e abril de 2016, período chuvoso. Apesar de existir dois pontos onde a água do lençol freático aflora na cavidade, as amostras foram realizadas apenas no ponto com as maiores dimensões, justamente onde ocorre o bomeamento de água. Esse ponto de coleta é caracterizado como ambiente lântico onde a água forma uma poça rasa de 3 m de largura por 10m de comprimento e 0,5m de profundidade.

As coletas de fauna foram realizadas através do método de arrasto, no qual a rede de plâncton com malha de 60 μm é lançada no corpo d'água a uma distância aproximada de 10m da margem e é feito o arrasto horizontal. O arrasto é realizado três vezes e, após isso, o líquido é acondicionado em potes plásticos com solução Transeau para preservação dos espécimes coletados.

Os organismos foram identificados ao menor nível taxonômico possível utilizando um estereomicroscópio e bibliografia especializada

(REID, 1985; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; ALEKSEEV, 2002). No entanto, em alguns grupos apenas a identificação ao nível de família ou taxa mais elevado foi possível devido ao limitado conhecimento da fauna de águas subterrâneas nesta região.

Foram analisadas *in situ* as variáveis: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), condutividade elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, oxigênio dissolvido (OD) (mg/L) e sólidos totais dissolvidos (STD) (mg/L), com o auxílio de uma sonda multiparâmetros da marca Horiba (modelo U-50G);

As análises hidroquímica foram realizadas pelo laboratório Merieux Nutrisciences Salvador-BA, seguindo as seguintes metodologias: Determinação de Metais por Espectrometria de Emissão Óptica de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES); Determinação de nitrogênio total por método titulométrico; Determinação de Íons por Cromatografia Iônica com detecção por condutividade. Os valores encontrados para os íons dissolvidos na água foram comparados com os

valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 396/2008 com o intuito de comparar a qualidade da água da caverna.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Aspectos bióticos

Na tabela 1 estão listados um total de 87 indivíduos pertencentes a 8 taxa encontrados nas duas campanhas de amostragens na Toca da Trincheira entre 2015 e 2016. Todos os organismos encontrados são representantes da meiofauna, pertencentes aos grupos: Gastropoda, Hexapoda, Crustácea e Arachnida.

O grupo dos Crustáceos foi o que apresentou maior diversidade com 4 taxa e maior abundância com 70 indivíduos. Além disso, registramos durante as duas campanhas de amostragem a presença de uma população de bagres com algumas especializações para o ambiente subterrâneo (e.g., ausência de pigmentação, tamanho reduzido, corpo alongado e ausência de olhos). Devido à proximidade da Toca da Trincheira com a Toca do Gonçalves essa população de bagres pode representar a mesma espécie de peixes do gênero *Rhamdiopsis* encontrados na Toca do Gonçalves (TRAJANO et al., 2016).

Tabela 1. Número de indivíduos de cada taxa coletado nas campanhas de amostragem na Toca da Trincheira

Taxa	Estação seca	Estação chuvosa
Gastropoda		
Hydrobiidae	0	2
Hexapoda		
Diptera		
Chironomidae	2	1
Chaoboridae	1	8
Crustacea		
Cladocera		
Bosmidae	1	0
Copepoda		
Cyclopoidae	2	3
Harpacticoida	1	0
Ostracoda	3	60
Arachnida		
Hydrachnidia	2	1

Observa-se na Tabela 2, que a riqueza de taxa da meiofauna aquática subterrânea na Toca da Trincheira está dentro da média do que já foi registrado em trabalhos realizados no mesmo tipo de habitat e com metodologias similares em outras

regiões no Brasil (SIMÕES et al. 2013; SILVA et al. 2012).

Tabela 2. Comparação entre o número de Taxa encontrado na Toca da Trincheira com o registrado em trabalhos realizados em Minas Gerais (SILVA et al., 2012) e em Goiás (SIMÕES et al., 2013).

Caverna	Nº de Taxa
Toca da Trincheira/BA	8
Santuário Cave/ MG	6
Brega Cave/MG	5
Bezerra Cave/GO	9

Em levantamentos faunísticos de invertebrados terrestres é comum encontrarmos em cavernas brasileiras uma maior riqueza e abundância quando comparadas com os mesmos tipos de levantamentos realizados em cavernas de regiões temperadas (SILVA; FERREIRA, 2016). Entretanto, no que diz respeito à meiofauna da água subterrânea, os resultados encontrados nesse trabalho mostram uma relativa pobreza taxonômica comparada às regiões de clima temperado (e.g., DANIELOPOLI et al., 2000; GIBERT et al., 2005).

Uma explicação pode estar relacionada aos diferentes métodos de amostragem, em que no método de arrasto com rede de plâncton as comunidades bentônicas são negligenciadas. Outros aspectos que devem ser levados em consideração são: i) o pequeno esforço amostral; ii) a necessidade de refinamento de identificação por especialistas e iii) a possibilidade de impactos como bombeamento de água do ponto amostrado está influenciando na riqueza e abundância de táxons.

Comparando os nossos resultados com comunidades de microcrustáceos em águas superficiais e zonas hiporréicas realizados no Brasil (SIMÕES et al., 2011; MUGNAI et al., 2015) nota-se uma diferença na abundância relativa, sendo a comunidade encontrada no presente trabalho com valores de abundância bem abaixo quando comparado ao mesmo grupos taxonômicos, o que pode ser justificado tanto por diferenças no que diz respeito ao esforço amostral quanto pelas diferenças nas próprias condições abióticas e bióticas entre esses ambientes. A ausência de macrófitas aquática na água subterrânea em comparação com as águas superficiais, por exemplo, tem um importante papel na dinâmica das assembleias de microcrustáceos influenciando na riqueza e abundância por fornecer à comunidade de zooplâncton um escudo contra predadores como peixes e macroinvertebrados (COTTENIE et al., 2001; COTTENIE; DE MEESTER, 2003).

Os microcrustáceos foram o grupo mais rico em nosso estudo (4 taxa), o que corrobora com a literatura que aponta crustáceos, em particular Copepoda e Ostracoda, como frequentes em águas subterrâneas (DOLE-OLIVER et al., 2000; GALASSI, 2001).

No Brasil, SIMÕES et al. (2013) encontraram Rotíferos como grupo mais abundante na região centro-oeste enquanto que no trabalho de SILVA et al. (2012) Copepoda é o grupo que apresenta maior abundância (2 mil indivíduos foram coletados na caverna Santuário em Minas Gerais). Diferenças no esforço amostral e no estado de conservação das cavernas podem ser hipóteses aventadas para justificar diferenças entre os resultados da abundância relativa entre as regiões comparadas.

Outro grupo que aparece nos resultados são os dos ácaros aquáticos. Hydrachnidia é um grupo abundante e diverso em estudos limnológicos em regiões temperadas, mas pouco presente em levantamentos realizados nas regiões tropicais (SMITH; COOK, 1991; DI SABATINO et al., 2000).

Seria esperado encontrar macroinvertebrados pertencentes ao grupo Amphipoda que são frequentemente encontrados em cavernas pertencentes ao mesmo aquífero que a Toca da Trincheira (ARAÚJO et al., 2017). É possível que fatores ecológicos como competição, predação ou alterações ocasionadas pelo bombeamento de água justifiquem a ausência das populações dessas espécies na caverna.

Os resultados mostram uma variação sazonal, principalmente na abundância dos grupos Chaoboridae e Ostracoda. Chaoboridae (variando de uma larva encontrada na estação seca para 8 na estação chuvosa) e Ostracoda (variando de 3 larvas coletados na estação seca para 60 na estação chuvosa) essa variação pode estar relacionada com mudanças na qualidade da água. O aumento de

larvas de insetos (Chironomidae e Chaoboridae) são amplamente conhecidos como indicadores de ambientes poluídos em águas superficiais (ROSENBERG, 1992).

3.2. Aspectos abióticos

Os valores dos parâmetros físicos e químicos e os principais íons dissolvidos na água analisada da Toca da Trincheira são mostrados nas tabelas 3 e 4, juntamente com os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para consumo humano (VMP) de acordo com a Resolução CONAMA 396/2008.

A condutividade elétrica (CE) está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo de água, portanto, quanto maior a concentração desses íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica. Nos resultados obtidos na avaliação da água da Toca da Trincheira observam-se valores mais elevados no período seco atingindo 1905 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enquanto que na estação chuvosa os valores da condutividade elétrica foi 1330 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De acordo com ESTEVES (2011) nas regiões tropicais a condutividade está relacionada com as características geoquímicas da região e condições climáticas (periodicidade de precipitações). Não existe um padrão de condutividade na legislação brasileira, porém, de acordo com VON SPERLING (2007) as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 100 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Apesar dos valores encontrados na água da caverna está de acordo com o que é encontrado em outros corpos d'água na mesma região cárstica (BELITARDO, 2010). Os valores encontrados na Toca da Trincheira estão acima do que encontrado por SIMÕES et al. (2013) em cavernas calcárias de Goiás. Carecem estudos que relacionem esses altos valores de condutividade elétrica com a biota aquática.

Tabela 3. Valores das variáveis físicas e químicas na água subterrânea da Toca da Trincheira.

Amostra	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	OD mg/l	Temp. $^{\circ}\text{C}$
Estação Seca	1905	6,87	5.28	23,8
Estação Chuvosa	1330	7,3	5.97	24,5
Média	1640	7	5.6	24,15
Parâmetros CONAMA VMP	–	6 a 9	> 6 mg/L	–

CE= Condutividade elétrica; OD= oxigênio dissolvido; Temp= Temperatura

Tabela 4. Valores dos principais íons dissolvidos na água da Toca da Trincheira, estado da Bahia.

Amostra	Ca ⁺⁺ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
Estação Seca	247	38,6	113	6,84	218	86,2	315	61,8
Estação Chuvosa	120	24,9	63,4	5,69	155	43,9	207	47,6
Média	183.5	31.75	88.2	6.27	186.5	65.05	261	54.7
Parâmetros CONAMA VMP	–	–	200	–	–	250	250	10

Os valores de pH (6,97 na estação seca e 7,3 na estação chuvosa) estão na faixa da neutralidade e estão dentro do esperado para aquíferos cársticos. Entretanto, nota-se que o valor mais baixo foi registrado na estação seca, o que pode contribuir para alta condutividade elétrica. FAROOQ et al. (2010) reportaram o aumento na tendência da água em dissolver minerais e metais e dessa forma aumentar a CE em baixos valores de pH. Outros fatores que podem se relacionar com a variação de pH e condutividade elétrica são a dissolução das rochas e entrada de poluentes no aquífero. VON SPERLING (2007) destaca que fatores naturais, como a dissolução de rochas, e fatores antrópicos, como esgotos domésticos e industriais, afetam o pH. Portanto, fatores antropogênicos (e.g. atividades agropecuárias realizadas no entorno da caverna) podem estar relacionados com alta mineralização encontrada na água da caverna.

Os valores do oxigênio dissolvido (5.28 mg/L na estação seca e 5.97mg/L na estação chuvosa) estão dentro da normalidade para esse tipo de água de ambiente lêntico (OLIVEIRA et al., 2010) porém, são valores abaixo do que encontrado na água subterrânea do mesmo aquífero. ARAUJO et al. (2017) encontrou valores de oxigênio dissolvido atingindo 10mg/L em cavernas a jusante da Bacia do rio Salitre. SILVA et al. (2012), encontrou valores variando de 6.9 mg/L a 7.2mg/L em ambientes similares em cavernas de Minas Gerais. Levando em consideração as atividades agropecuárias do entorno da caverna, entrada de fertilizantes no aquífero pode está contribuindo para deterioração da água e consequentemente justificando os teores um pouco mais baixos de oxigênio dissolvido. Esse parâmetro é um dos principais utilizados para caracterizar efeitos da poluição das águas, decorrente de despejos orgânicos, sobretudo quando os baixos valores de oxigênio dissolvido estão associados a altos valores de nitrato (BRITO et al., 2005).

A temperatura da água (23,8°C na estação seca e 24,5°C na estação chuvosa) é consistente com a temperatura encontrada na água subterrânea em outras regiões cársticas brasileiras (e.g. SIMÕES et al., 2013; LECOMTE et al., 2016). De acordo com TAYLOR; FERREIRA, (2012) a estabilidade termal é uma importante condição para o estabelecimento

de uma comunidade de invertebrados na água subterrânea.

Com relação aos íons dissolvidos na água, estes foram divididos em dois grupos: os que estão relacionados à dissolução das rochas (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e HCO₃⁻) e os relacionados ao solo e epicarste devido principalmente a infiltração da água proveniente do uso da terra e agricultura (Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻ e NO₃⁻).

De maneira geral observa-se que a água amostrada apresenta típica composição cárstica, com altas concentrações de cálcio, magnésio e bicarbonato em função da litologia calcária (Tabela 4). Os dados observados estão de acordo com os estudos de BRITO e colaboradores (2005), que classificou como bicarbonatada cálcica em 63% das amostras de água subterrânea na bacia do rio Salitre.

Os valores do grupo de íons ligados ao uso da terra e a agricultura encontrados nas amostras são preocupantes (Tabela 4). O teor médio de cloreto encontrado foi de 260 mg/L, enquanto que em águas naturais, o teor do íon cloreto é menor que 50 mg/L (RODIER, 1981). Já a média mundial das concentrações de cloreto para água doce é de 7,8 mg/L (ESTEVES, 2011). O cloreto nos corpos d'água provém geralmente da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar, podendo também, advir de esgotos domésticos (excreção pela urina) ou industriais (OLIVEIRA et al., 2010).

Outro dado preocupante foi o alto teor de nitrato encontrado. Tanto na estação seca quanto na estação chuvosa verificou-se um teor de nitrato muito acima do valor de 10 mg/L estabelecido pela resolução CONAMA 396/98 para uma água potável (Tabela 4). Os elevados teores de nitrato podem ocasionar problemas de saúde como a metahemoglobina (ZUBLENA et al., 2001), e diversos estudos apontam altas concentrações de nitratos como um potente agente carcinogênico (NUGENT et al., 2001; ZUBLENA et al., 2001; LEIFERT et al., 1999).

Em áreas cársticas, a agricultura contribui com a entrada de nitrato como um contaminante das águas subterrâneas derivado de processos de lixiviação de nutrientes vegetais, resíduos animais e de nitrato fertilizantes (PERRIN et al., 2003). A

atividade agrícola (uso de agrotóxico/fertilizantes) e a atividade pecuária predominam por toda extensão da bacia do rio Salitre (OLIVEIRA et al., 2010; BRITO et al., 2005). Como foi observado durante as campanhas de amostragens, plantações de cebola juntamente com as atividades pecuárias no entorno da Toca da Trincheira, podem ser as fontes do elevado nível de nitrato presente na água. Futuros trabalhos poderão analisar as implicações desse impacto na biota do aquífero.

4. CONCLUSÕES

O levantamento da meiofauna aquática apresentou o grupo dos microcrustáceos como táxon mais diverso e abundante. No que diz respeito aos aspectos hidroquímicos, conclui-se que água é rica em bicarbonato e cálcio proveniente da dissolução da rocha calcária e apresenta elevada concentração de íons relacionados ao uso do solo, principalmente do íon nitrato. A entrada de poluentes devido à lixiviação durante os eventos de recarga do aquífero juntamente com outros impactos antrópicos observados podem estar relacionados à estrutura da comunidade biológica encontrada, com predomínio de larvas de insetos Chaoboridae e de

microcrustáceos do grupo Ostracoda que são oportunistas e passam a colonizar a água subterrânea com mudanças nas condições naturais, sendo por isso considerados bons indicadores de ambientes poluídos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aqui apresentada tem caráter preliminar e carece de uma maior quantidade de amostras nas cavernas da região. No entanto, destacamos a importância tanto de iniciar levantamentos faunísticos da meiofauna em água subterrânea, quanto de identificar possíveis distúrbios antropogênicos de caráter hidroquímicos que podem comprometer o equilíbrio desse ecossistema que abriga uma biota pouco conhecida.

AGRADECIMENTOS

A equipe da Sociedade Espeleológica Azimute (SEA) em especial a Danilo Araújo, e Agricia Nielle pela ajuda na topografia. Ao professor Doriedson Ferreira Gomes do laboratório de Limnologia da UFBA pela ajuda com as coletas biológicas.

REFERÊNCIAS

- ALEKSEEV, V.R. Copepoda. In: FERNANDO, C.H. ed. **A guide to tropical freshwater zooplankton: Identification, ecology and impact on fisheries**. Leiden, Backhuys Publishers. p. 123-187. 2002.
- ARAÚJO, A.V.; BASTOS-LEAL, L.R.; Gomes, D.F. Novos dados preliminares sobre o padrão biogeográfico de *Spelaeogammarus trajanoae* Koenemann & Holsinger, 2000 (Amphipoda: Bogidiellidae) no aquífero cárstico da bacia do rio Salitre, centro norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Espeleologia- RBesp**. V. 2, nº8 .2017.
- ARAÚJO, A.V.; BASTOS-LEAL, L.R.; Gomes, D.F. Variação Sazonal, vertical e longitudinal dos componentes hidroquímicos e físico-químicos em um sistema cárstico de uma região semiárida no norte da Bahia- Brasil. In: RASTEIRO, M.A.; TEIXEIRA-SILVA, C.M; LACERDA, S.G. (Orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 34, 2017. Ouro Preto. **Anais...** Campinas: SBE, 2017. p. 89-100. Disponível em: http://www.cavernas.org.br/anais34cbe/34cbe_089-100.pdf. Acesso em: 31/01/2019.
- AULER, A.S.; SMART, P.L. Late Quaternary paleoclimate in semiarid northeastern Brazil from U-Series dating of travertine and water-table speleothems. **Quaternary Research** 55: 159-167. 2001.
- AULER, A.S; SMART, P.L; WANG, X; PILÓ, L.B; EDWARDS, R.L; CHENG, H. Cyclic sedimentation in Brazilian caves: mechanisms and palaeoenvironmental significance. **Geomorphology** 106:142–153. 2009. doi:10.1016/j.geomorph.2008.09.020.
- BICHUETTE, M.E; TRAJANO, E. Morphology and distribution of the cave knifefish *Eigenmannia vicentespelaea Triques*, 1996 (Gymnotiformes: Sternopygidae) from Central Brazil, with an expanded diagnosis and comments on subterranean evolution. **Neotropical Ichthyology**, 4(1): 99-105. 2006.

- BONNACI, O.; PIPAN, T.; CULVER, D.C. A framework for karst ecohydrology. **Environmental Geology** 56: 891–900. 2009. doi: 10.1007/s00254-008-1189-0.
- BOULTON, A.J.; Fenwick, G.; HANCOCK, P.J.; HARVEY, M.S. Biodiversity, functional roles and ecosystem services of groundwater invertebrates. **Invertebrate Systematics** 22: 103–116. 2008.
- BOYER, D.G.; PASQUARELL, G.C. (1996) Agricultural land use effects on nitrate concentrations in a mature karst aquifer. **J. Am. Water Resour. Assoc.** 32:565–573.
- BRITO, L. T. L.; SRINIVASAN, V.S.; SILVA, A. S.; GHEYI, H.R.; GALVÃO, C.O.; HERMES L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.596-602. (2005).
- CAPARO, F.; BIZZOTO, A.; MASIOLI, M.; PAVONI, B. (2011) Chemical analyses of spring waters and factor analysis to monitor the functioning of a karstic system. The role of precipitation regime and anthropic pressures. **J. Environ. Monit.**, 13, 2543–2549, 2011.
- CHRISTOPHERSEN, N.C; NEAL, R.P.; HOOPER, R.D.; VOGT, S. A. Modeling streamwater chemistry as a mixture of soilwater end-members a step towards second-generation acidification models, **J. Hydrol.**, 116, 307-320, 1990.
- COTTENIE, K.; NUYTEN, N.; MICHELS, E. DE MEESTER, L. 2001. Zooplankton community structure and environmental conditions in a set of interconnected ponds. **Hydrobiologia** 442:339-350. 2001.
- COTTENIE, K.; DE MEESTER, L. Connectivity and cladoceran species richness in a metacommunity of shallow lakes. **Freshwater Biology**, 48:823-832. 2003.
- DANIELOPOL, D.L.; POSPISIL, P.; ROUCH, R. Biodiversity in groundwater: a largescale view. **Trends in Ecology & Evolution** 15(6): 223-224. 2000.
- DI SABATINO, A.; GERECKE, R.; MARTIN, P. The Biology and Ecology of lotic water mites (Hydrachnidia). **Freshwater Biology**, vol. 44, no. 1, pp. 47-62. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00591.x>. 2000.
- DI LORENZO, T.; GALASSI, D.M.P. Agricultural impact on Mediterranean alluvial aquifers: do groundwater communities respond? **Fundam Appl Limnol**, 182(4):271–82, 2013.
- DOCTOR, D.H.; ALEXANDER, J.R.; E.C.; PETRIC, M.; KOGOVSEK, J.; URBANC, J; LOJEN, S.; STICHLER, W. Quantification of karst aquifer discharge components through endmember mixing analysis using natural chemistry and isotopes as tracers. **Hydrogeol. J.** 14, 1171–1191.2006.
- DOLE-OLIVIER, M.J.; GALASSI, D.M.P.; MARMONIER, P.; CREUZÉ DES CHÂTELLIERS, M. The biology and ecology of lotic microcrustaceans. **Freshwater Biology**, vol. 44, no. 1, pp. 63-91, 2000. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00590.x>.
- DREW, D.P.; ORVAN, J.; PULIDO, B.; A; SALAGA, I. SARIN, A.; TULIPANO, L. The characteristics of karst groundwater systems. In: **Cost action-65 Hydrogeological aspects of groundwater protection in karstic areas, Final report, European Commission**, EUR 16547, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 349–369. (1995).
- DUMAS, P.; BOU, C.; GILBERT, J. Groundwater macrocrustaceans as natural indicators of the Ariège alluvial aquifer. **Int Rev Hydrobiol**; 86(6):619–33 2001.
- EL-SAYED, M.H.; EL-FADL, M.; SHAWKY, H.A. Impact of hydrochemical processes on groundwater quality, Wadi Feiran, South Sinai, Egypt. **Aust J Basic Appl Sci** 6(3):638–654. (2012).

- ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de identificação de Cladóceros limnicos do Brasil**. Brasília, Universa. 1997.155p.
- ESTEVEES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FAROOQ, M.A.; MALIK, M.A.; HUSSAIN, A.; ABBSI, H.N. Multivariate Statistical Approach for the Assessment of Salinity in the Periphery of Karachi, Pakistan. **World Applied Sciences Journal** 11(4), 379- 387. 2010.
- GALASSI, D.M.P. Groundwater copepods (Crustacea: Copepoda): diversity patterns over ecological and evolutionary scales. **Hydrobiologia**, vol. 453/454, pp. 227-253. 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013100924948>.
- GIBERT, J. DEHARVENG, L. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. **Bioscience**.52 (6):473–81. 2002.
- GIBERT, J.; BRANCELJ, A.; CAMACHO, A. Groundwater biodiversity: Protocols for the assessment and Conservation of Aquatic Life In the Subsurface (PASCALIS): overview and main results (2005). In: **Proceedings of an International Symposium on World Subterranean Biodiversity** (Ed. J. Gibert), pp. 39–51. Villeurbanne, France, 8–10 December 2004. University of Lyon, Lyon.
- GRAY, J.S.; ELLIOTT, M. **Ecology of marine sediments: Science to management**. Oup, OXFORD.P.260. 2009.
- HAHN, H.J. The GW-Fauna Index: a first approach to a quantitative ecological assessment of groundwater habitats. **Limnologia**: 36:119–37 2006.
- KARADAVUT, I.; SAYDAM, A.C.; KALIPCI, E.; KARADUVT, S.; ÖZDEMIR, C.A. Research for Water Pollution of Melendiz Stream in Terms of Sustainability of ecological Balance, **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, 6(1): 65–80, 2011.
- KAZMI, S.S.; KHAN, S.A. Level of Nitrate and Nitrite Contents in Drinking water of Selected samples Received at AFPGMI, *Rawalpindi*, **Pakistan Journal of Physiology**, 1(1–2): 28–31, 2005.
- LECONTE, K.L.; BICALHO, C.C.; SILVA-FILHO, E.V. Geochemical characterization in karst basin tributaries of the San Franciscan depression: The Corrent River, Western Bahia, NE- Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. 69,119-130, 2016.
- LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H. Human health effects of nitrate. In: **IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition: towards maximum resource efficiency**, Barcelona, p.1-12, 1999.
- MALARD, F.; PLÉNET, S.; GIBERT, J. The use of invertebrates in groundwater monitoring: a rising research field. **Ground Water Monitoring and Remediation** 16, 103-116. 1996.
- MATTOX, G.M.T.; BICHUETTE, M. E.; SECUTTI, S; TRAJANO, E. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglotic and trogliphilic fishes: **Biota Neotropica**, 8 (4): 145-152. 2008.
- MUGNAI, R.; MESSANA, G.; DI LORENZO, T. Hyporheic invertebrate assemblages at reach scale in a Neotropical stream in Brazil. **Braz. J. Biol.**, vol. 75, no. 4, pp. 773-782. 2015.
- NUGENT, M.; KAMRIM, M. A.; WOLFSON, L.; D’ITRI, F. M. Nitrate: a drinking water concern. Michigan State University Extension Service, **Extension Bulletin** wq-19. 2001.
- OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V.P.; MEDEIROS, Y.D.P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d’ água no semiárido baiano. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do rio Salitre. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

- OLIVEIRA, K.B.M.; MORAES, F.; BACELLAR, L.M.P. Distribuição de parâmetros hidroquímicos das águas subterrâneas na região de Lagoa da Confusão – TO - Brasil. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.10 suplemento I p.281-302. 2014. DOI:10.5935/ambiencia.2014.supl.05.
- PERRIN, J.; JEANIN, P.Y.; ZWAHLEN, F. Implications of the spatial variability of the infiltration water chemistry for the investigation of a karst aquifer. **Hydrogeol J** 11(6):673–687. (2003).
- REID, J. W. **Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda)**. Boletim de Zoologia 9:17-143. 1985.
- RODIER, J. **Analisis de las aguas**. Barcelona: OMEGA, 1981. p. 1059.
- ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring and Chironomidae. Neth. **J. Aquatic Ecol.**, v. 26, n. 24, p.101-122, 1992.
- SILVA, M.; LIRIA, C.C.S.; SAMPAIO, F.A.C.; FERREIRA, R.L. Transitory aquatic taxocenosis in two neotropical limestone caves. **Revista Brasileira de Espeleologia**, Volume 2- nº 1. 2012.
- SILVA, M.S.; FERREIRA, R.L. The first two hotspots of subterranean biodiversity in South America. **Subterranean biology** 19: 1-21. 2016.
- SILVA, A. B. (2006) **Recursos hídricos subterrâneos da bacia do rio Salitre, Bahia: uso sustentável na indústria do mármore Bege Bahia** – Salvador: CBPM, 2006. – (Série Arquivos Abertos; 24). Organização e síntese por: Luiz Luna Freire de Miranda e Luiz Rogério Bastos Leal.
- SILVA, W.M. PERBICHE- NEVES, G. **Trends in freshwater microcrustaceans studies in Brazil between 1990 and 2014**. Braz. J. Biol., 2017, vol. 77, no. 3, pp. 527-534
- SIMÕES, L.B.; FERREIRA, T.C.S.; BICHUETTE, M.E. Aquatic biota of different karst habitats in epigeal and subterranean systems of Central Brazil – visibility versus relevance of taxa. **Subterranean Biology** 11: 55–74 (2013). doi: 10.3897/subtbiol.11.5981.
- SIMÕES, R.N.; RIBEIRO, S.M.M.; SONODDA, S.L. Diversity and structure of microcrustacean assemblages (Cladocera and Copepoda) and limnological variability in perennial and intermittent pools in a semi-arid region, Bahia, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, 101(4):317-324, 2011.
- SMITH, I.M.; COOK, D.R. Water mites. In: J.H. THORP and A.P. COVICH, eds. **Ecology and classification of North American freshwater invertebrates**. San Diego: Academic Press, pp. 523-592. 1991.
- STEIN, H.; KELLERMANN, C.; SCHMIDT, S.I.; BRIELMANN, H. STEUBE, C. BERKHOFF, S.E, et al. The potential use of fauna and bacteria as ecological indicators for the assessment of groundwater quality. **J Environ Monit** 2010;12:242–54.
- TAYLOR, E.L.S., FERREIRA, R.L., Determinants on the structure of an aquatic invertebrate community in a neotropical limestone cave. **Revista Brasileira de Espeleologia**, Volume 2- nº 1.2012.
- TRAJANO, E., GALLÃO, J.E.; BICHUETTE, M.E. Spot of high diversity of troglobites in Brazil: the challenge of measuring subterranean diversity. **Biodivers Conserv.** 25:1805-1828.2016. DOI 10.1007/s10531-016-1151-5.
- VILLANUEVA, T.C.B.; LEAL, L.R.B.; ZUCCHI, M. R.; AZEVEDO, A.E.G.; VILLANUEVA, P.R. Caracterização hidroquímica e hidrogeológica do aquífero cárstico salitre na região de Irecê, Bahia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 19 n.4 p.83-96.2014.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

ZUBLENA, J. P.; COOK, M. G.; ST CLAIR, M. B. **Pollutants in groundwater: health effects**. 2001. In: Nossa, T. C. B. Avaliação da vulnerabilidade do aquífero cárstico Salitre - Bahia, através de análises hidroquímicas, isotópicas e aplicação da metodologia COP. 2011. 226f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2011.

Fluxo editorial:

Recebido em: 06.12.2018

Aprovado em: 10.02.2019



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp
