



Uso da Ecotoxicologia na Investigação da Toxicidade Associada à Radiação Natural no Açude Riacho da Cachoeira, Região do Semiárido/Brasil

SR.C. Dantas¹, N.O. Alves², D.M., Ferreira³, T.F.C. Campos⁴, R.A. Petta^{5,7}, G.F.F. Medeiros⁶, V.S. Amaral^{7*}

Recebido em 09 de abril de 2014/ Aceito em 19 de maio de 2014

¹ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (RENORBIO), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário. Centro de Tecnologia (CT) Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (RENORBIO) Núcleo Tecnológico Industrial, sala 07, bloco 08. E-mail: richelly@mail.com. ² Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário. Caixa Postal 1545, CEP: 59072 970 E-mail: nilmara1@yahoo.com. ³ Núcleo de Análises de águas, alimentos e efluentes, Instituto Federal de Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, Brasil, Avenida Senador Salgado Filho, 1559 - Lagoa Nova. E-mail: douglisnilson.morais@ifrn.edu.br. ⁴ Laboratório de Radioatividade Natural (LARANA), Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário CEP: 59078-970. E-mail: thomascampos@geologia.ufrn.br. ⁵ Laboratório de Geomática e Ciências Ambientais (LAGEOMA), Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário. CEP: 59078-970. E-mail: petta@ccet.ufrn.br. ⁶ Laboratório de Ecotoxicologia (ECOTOX-LAB), Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Av. Senador Salgado Filho, s/n Natal- Campus Universitário, CEP: 59.090-002 E-mail: seuguila@gmail.com. ⁷ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário, CEP: 59078-970 E-mail: vi.mariga@gmail.com. *Autor para correspondência: vi.mariga@gmail.com

Resumo

As substâncias radioativas que estão disponíveis no ambiente possuem três origens: natural, cosmogênico e antropogênico. O gás radônio é um agente carcinogênico humano relacionado principalmente com o

câncer pulmonar. No Açude Riacho da Cachoeira, localizado no município de Lajes Pintadas RN/Brasil, verificaram-se altos índices de radônio. Em função disto, foram realizadas análises ecotoxicológicas, utilizando a *Ceriodaphnia dubia*, para diagnosticar a toxicidade nesses organismos exposto a água. Como resultados, todos os pontos de coleta do açude, foram considerados tóxicos no teste reprodutivo nos dois períodos de coleta (estiagem e chuvoso). No teste de mortalidade, apenas pontos isolados, mostraram significância em relação ao controle, o que demonstra que a contaminação do açude atinge altos índices de toxicidade crônica, ou seja, após as primeiras 48 horas de teste. Concluiu-se que a *Ceriodaphnia dubia* mostrou-se extremamente eficaz como indicadora de toxicidade nas águas do açude Riacho da cachoeira no município de Lajes Pintadas (RN), Brasil, que segundo o teste aplicado mostra-se tóxico aos organismos, segundo a legislação brasileira.

Palavras-chave: Ecotoxicologia; *Ceriodaphnia dubia*; Radônio; Açude Riacho da Cachoeira.

Abstract

Radioactive substances that are available in the environment have three origins: natural, cosmogenic and anthropogenic. Radon gas is a human carcinogen mainly related to lung cancer. In the Riacho da Cachoeira's Dam, located in the municipality of Lajes Pintadas RN/Brazil, high levels of radon were found. Because of this, ecotoxicological analyzes using the Ceriodaphnia dubia were performed to diagnose toxicity of these organisms exposed to water. As a result, all collection points of the dam were considered toxic in the reproductive pattern in both periods (dry and rainy seasons). In mortality test, only isolated points showed significance compared to the control, demonstrating that contamination of the reservoir reaches high levels of chronic toxicity index, in other words, after the first 48 hours of testing. It was concluded that the Ceriodaphnia dubia showed extremely efficiency as an indicator of toxicity in surface waters of the Riacho da Cachoeira's dam in the municipality of Lajes Pintadas (RN), Brazil, which according to the applied test proves toxic to organisms, under the Brazilian legislation.

Keywords: *Ecotoxicology; Ceriodaphnia dubia; radon; Riacho da Cachoeira's dam.*

INTRODUÇÃO

As substâncias radioativas que estão disponíveis no ambiente possuem três origens distintas: natural, cosmogênico e antropogênico (UNSCEAR, 2010). A radiação ionizante de fonte natural está comumente presente em rochas tais como os pegmatitos, e nessas são encontrados grupos radioativo como o Urânio (U) e o Rádio

(Ra), cujos decaimentos geram subprodutos como o Radônio/Rn (UNSCEAR, 2010; Malanca *et al*, 1998; Faure, 1991).

Dentro deste contexto de radiação natural, várias regiões estão sujeitas aos impactos causados por essa fonte de emissão radioativa. Um exemplo é o que ocorre no município de Lajes Pintadas no Rio Grande do Norte (RN)

situado na Província Pegmatítica da Borborema - Semiárido do Nordeste brasileiro. No geral, estas rochas estão enriquecidas em urânio, o que faz com que a região possua um índice elevado de gás Radônio (Campos *et al.*, 2011; Ministério de Minas e Energia, 2005). O açude Riacho da Cachoeira é um dos principais corpos d'água desta região, e está localizado na área urbana do município. A presença deste gás nas suas águas pode afetar direta e/ou indiretamente os organismos que nele habitam assim como as populações que residem próximo a este açude.

Um estudo realizado nas casas dos moradores de Lajes Pintadas mostrou a presença de índices elevados de gás radônio no ambiente doméstico. Estes resultados servem de sinal de alerta de risco para a comunidade (Campos *et al.*, 2012). Visto que as agências de controle ambiental apontam o gás Radônio como um agente carcinogênico humano, a exposição prolongada deste gás, em níveis superiores a 100 Bq/m³ podem resultar em danos biológicos severos, como por exemplo, o câncer de pulmão (SAMET, 2011; UNSCEAR, 2010; WHO, 2009; ATSDR, 1990; NRC, 1998 e 1999). É importante enfatizar que mesmo com a presença de adutoras na cidade, parte da população ainda utiliza o açude como fonte de água para abastecimento, agricultura e recreação. Estes hábitos podem, ou não, estarem relacionados com os altos índices de neoplasias observados na população local, que segundo a Secretária Municipal de Saúde de Lajes Pintadas, atinge 9% da população, sendo mais frequentes em pacientes com faixa etária acima dos 50 anos.

Na última década, o Instituto Nacional do Câncer (INCA - Brasil) estimou taxas brutas (homens e mulheres) de câncer de aproximadamente 529 casos novos por ano para cada 100.000 habitantes. No nordeste do Brasil, precisamente em Natal, capital do RN, que apresenta uma população de 803.311 habitantes,

foi registrado no ano de 2010, em torno de 350 novos casos. Em contrapartida, no município de Lajes Pintadas o número de ocorrências no mesmo ano foi de cerca de 420 novos casos registrados pela Secretaria Municipal de Saúde. Segundo o censo 2010 a população do município era de 4.614 habitantes.

Uma ferramenta de extrema valia para o diagnóstico de áreas impactadas é a ecotoxicologia, que permite detectar os efeitos dos xenobióticos aos organismos. A ecotoxicologia está sendo empregada em larga escala para avaliar a qualidade dos recursos hídricos, no que tange aos efeitos agudos e crônicos, por meio da utilização de bioindicadores (Kühl *et al.*, 2010). Diversas espécies de Cladocera foram padronizadas como organismos-teste nos estudos de ecotoxicologia, onde a espécie que se destaca para as condições ambientais da região é a *Ceriodaphnia dubia* (Kühl *et al.*, 2010; Mager *et al.*, 2011). Os testes com esse organismo são padronizados segundo a norma 13373 da ABNT.

Dentro desta perspectiva, o presente estudo avaliou, por meio da ecotoxicologia, os índices de toxicidade aguda e crônica em amostras de água do Açude Riacho da Cachoeira localizado no município de Lajes Pintadas/RN que está sob a influência da contaminação por radiação e metais pesados.

MATERIAIS E MÉTODO

Área de estudo

O município de Lajes Pintadas está localizado na região Semiárida do Brasil, distante 135 km da capital do Rio Grande do Norte (Fig. 1). Segundo o censo de 2011, o município possui uma população de 4.614 habitantes. Na região existem dois açudes importantes: o Pintadas (447.070m³) e o Riacho da Cachoeira (6.000.000m³) que se encontram dentro dos

limites urbanos no município. As principais atividades econômicas são a agropecuária, o extrativismo e o comércio.

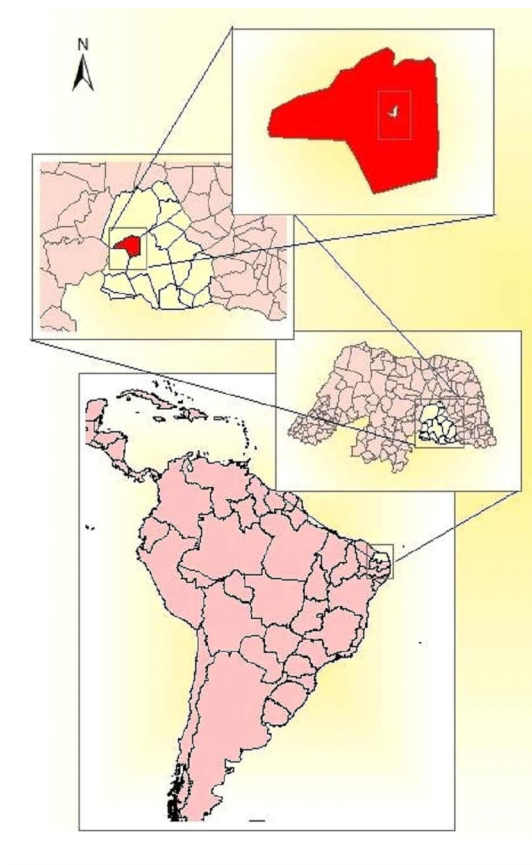


Figura 1 - Localização da área de estudo: Município de Lajes Pintadas-Rio Grande do Norte/Brasil

Para a realização do estudo foram escolhidos três pontos amostrais no açude, indicados como P1 ($6^{\circ} 8'30.08''S$; $36^{\circ} 6'54.39'' O$) localizado próximo a plantações, o P2 ($6^{\circ} 8'37.26''S$; $36^{\circ} 6'55.78'' O$) no centro do açude, e P3 ($6^{\circ} 8'41.53''S$; $36^{\circ} 7'0.46'' O$) mais próximo do município (Figura 2).

Coletas das águas

Para as análises físico-químicas, foi utilizada sonda *in situ* nos períodos de estiagem (novembro de 2010) e chuvoso (agosto de 2011). Para as análises ecotoxicológicas, foram realizados seis meses de coletas, três

compreendendo ao período de estiagem (setembro, novembro e dezembro de 2010) e os outros três ao período chuvoso (maio, junho e agosto de 2011). A cada coleta, 2 litros de água a serem utilizados no teste foram coletados, totalizando 6 litros por mês, já que a coleta ocorreu nos três pontos (P1, P2 e P3) selecionados para o estudo.

Análises físico-químicas

Para detectar os parâmetros físico-químicos foi utilizada a sonda multiparâmetro do modelo Troll 9000 Pro XP. Foram verificados: pH, turbidez, temperatura, pressão, cloreto, oxigênio dissolvido e sua saturação e condutividade.

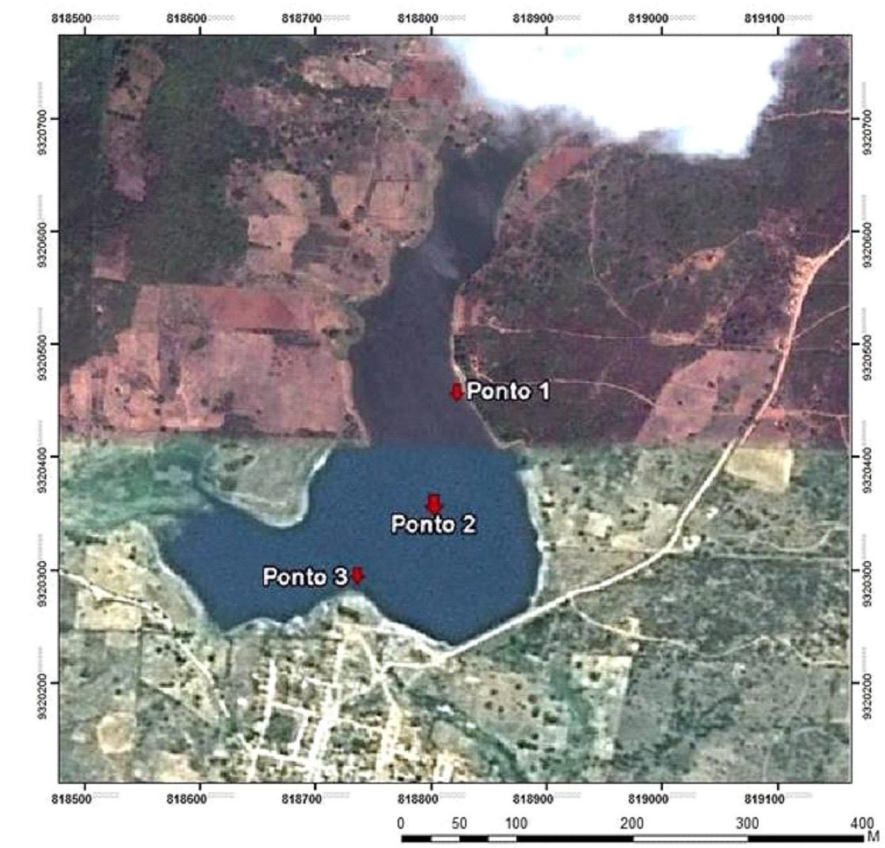


Figura 2- Pontos de coleta no açude Riacho da Cachoeira no município de Lajes Pintadas-Rio Grande do Norte/ Brasil

Bioensaios

Para os ensaios ecotoxicológicos, foram utilizados microcrustáceos da espécie *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera, Branchiopoda). Para a realização dos ensaios foram utilizados 10 indivíduos da espécie supracitada por ponto (P1, P2 e P3), totalizando 30 indivíduos por coleta e 10 do grupo controle. Cada indivíduo foi colocado em contato com 50 ml de água bruta, em replica de 10, e, a cada 48h a água e a alimentação eram trocadas, totalizando 144 horas de exposição. Após os resultados dos testes, foi analisada a toxicidade aguda (nas primeiras 48h) e crônica (após as 48h iniciais), observando as taxas de mortalidade e reprodução dos organismos. Os testes foram realizados seguindo a normatização 13373 da ABNT.

Análise estatística

As análises estatísticas foram feitas utilizando o BioEstat (versão 5.0). Para os dados de mortalidade (teste agudo e crônico) foram utilizados o teste exato de Fisher ($P < 0,05$). Quando detectados diferenças significativas entre o grupo controle e os pontos a amostra é considerada “tóxica”, quando não a significância entre o controle e os pontos a amostra e considerada “não tóxica” (ABNT, 2005). Os dados de reprodução (teste crônico) foram analisados usando os testes ANOVA e Dunnett ($P < 0,05$) para verificar diferenças significativas entre as amostras e o controle em relação ao número de reproduzidos.

RESULTADOS

Parâmetros físico-químicos

As caracterizações das análises físico-químicas, nos período chuvoso e de estiagem estão resumidas na Tabela 1.

Todos os parâmetros foram analisados de acordo com a lei brasileira, mais

especificadamente com o decreto 518 MS, 2004. A maioria dos parâmetros encontra-se dentro dos limites estabelecidos para águas superficiais, como é o caso da turbidez, oxigênio dissolvido (OD), porém os níveis de cloreto estão muito acima desses limites, onde o valor máximo permitido é de 250 mg/L.

*Tabela 1 - Dados físico-químicos do Açude Riacho da Cachoeira, Município de Lajes Pintadas, período de estiagem (Novembro de 2010) e chuvoso (Agosto de 2011). Os * indicam os números acima de 250 mg/L.*

Período	Parâmetros	P1	P2	P3
Estiagem	Temperatura			
	(°C)	26.04	25.71	26.00
	Pressão	1.100	5.747	1.116
	pH	8.56	8.59	8.58
	Turbidez (UT)	14.9	12.1	13.6
	Cloreto (mg/L)	4398.31*	4416.26*	4399.66*
	Condutividade	4135.26	4156.41	4179.88
	OD	10593	9521	9616
	Profundidade	1,98	3,14	1,9
Chuvoso	Temperatura			
	(°C)	29.42	25.71	26.06
	Pressão	0.275	0.874	0.196
	pH	5.05	8.59	8.58
	Turbidez (UT)	2.8	11.9	13.9
	Cloreto (mg/L)	62.63	4451.35*	4504.49*
	Condutividade	269.94	4153.65	4183.55
	OD	8.76	9.55	9.65
	Profundidade	5,4	6,35	5

Taxa de mortalidade - Efeitos agudos e crônicos

Os dados analisados apontam o ponto 2 como tóxico nos dois primeiros meses dos dois períodos de coleta, ou seja, setembro (Tabela 2) e maio (Tabela 3), logo na resposta aguda, ou

seja, nas primeiras 48 horas de exposição. No mês de novembro (Tabela 2) os pontos 1 e 3 mostram-se tóxicos na resposta crônica, ou seja, após 48 horas de exposição. Os demais pontos não geraram toxicidade crônica.

Tabela 2 - Taxa de mortalidade do período de estiagem. Os valores com asterisco indicam que as taxas são estatisticamente diferentes do controle de acordo com o Teste Exato de Fisher ($P < 0,05$).

Dados de Mortalidade para o período estiagem (%)								
Meses	Controle		P1		P2		P3	
	Toxicidade		Toxicidade		Toxicidade		Toxicidade	
	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico
Setembro	0	0	0	0	60*	25	10	11,1
Novembro	0	0	0	60*	0	30	0	50*
Dezembro	0	0	0	10	10	33,3	10	11,1

Tabela 3 - Taxa de mortalidade do período chuvoso. Os valores com asterisco indicam que as taxas são estatisticamente diferentes do controle de acordo com o Teste Exato de Fisher ($P < 0,05$).

Dados de Mortalidade para o período chuvoso (%)								
Meses	Controle		P1		P2		P3	
	Toxicidade		Toxicidade		Toxicidade		Toxicidade	
	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico	Agudo	Crônico
Maio	0	0	0	0	80*	50	0	0
Junho	0	0	0	0	20	50	0	20
Agosto	0	0	0	0	0	20	0	20

Taxa de reprodução - Efeito crônico

A taxa reprodutiva é visualizada após as 48 horas iniciais, ou seja, na fase crônica. O controle utilizado possui uma taxa de reprodução de superior a 15 filhotes no final do teste por Béquier.

Nos meses correspondentes ao período de estiagem, a média reprodutiva foi: setembro nos pontos 1, 2 e 3 são 2,1; 2,75 e 1,55; em novembro nos pontos 1, 2 e 3 são 0; 0,37 e 0 e em dezembro nos 1, 2 e 3 são 2,11; 0,66 e 2 todos respectivamente, mostrando assim $P < 0,01$ (Figura 3).

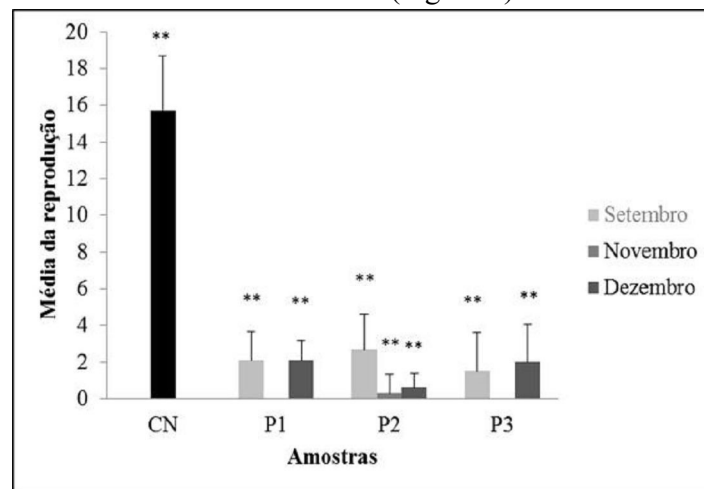


Figura 3 Taxa de reprodução do período de estiagem. Teste Dunnett ($P < 0,05$)

Nos meses correspondentes ao período chuvoso, a média reprodutiva foi: maio nos pontos 1 e 3 são 6,4 e 7,6; em junho nos pontos 1,2 e 3 são 7,7; 8,16 e 7,7 em dezembro nos 1,2 e 3 são 7,8; 6,6 e 7,3 todos respectivamente, mostrando assim $P < 0,01$ (Figura 4).

No ponto 2 do mês de maio não foi possível realizar a estatística, já que não houve reprodução

significativa em função da alta taxa de mortalidade, mostrando-se extremamente tóxico ao ambiente.

Observa-se que embora nos seis meses de monitoramento em todos os pontos a significância foi menor que 0,01, a média reprodutiva no período de estiagem foi menor que na chuvosa.

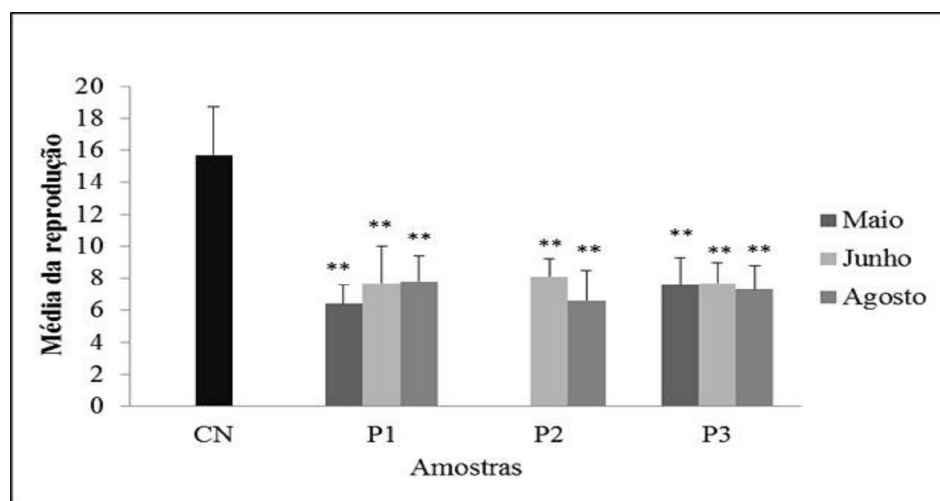


Figura 4 Taxa de reprodução do período chuvoso. Teste Dunnett ($P < 0,05$)

DISCUSSÃO

A contaminação por radiação natural em sistemas de abastecimento de água ainda é pouco explorado no meio científico e como consequência os efeitos desse tipo de poluição exposta por longa duração de tempo ainda são pouco conhecidos. Desta forma, o presente estudo avaliou o impacto causado pela presença do gás radônio no município de Lajes Pintadas (RN), Brasil, especificamente no Açude Riacho da Cachoeira. Dada à importância econômica, cultural e social deste reservatório de água, diferentes modelos experimentais e organismos devem ser utilizados com a finalidade de conhecer os efeitos toxicológicos e os riscos para a comunidade local, diante da contaminação por radiação natural. Neste estudo foi utilizada a *Ceriodaphnia dubia*, com o propósito de

observar os efeitos agudos e crônicos nestes organismos bioindicadores após exposição à água do açude.

Os resultados obtidos através das análises ecotoxicológicas demonstram que as amostras de água, oriundas do açude Riacho da cachoeira, são tóxicas para o organismo bioindicador *Ceriodaphnia dubia*. Considerando que os dados que avaliam as taxas de mortalidade no período de seca, o ponto 2 (situado no centro do açude) causou a morte de 60% dos indivíduos nas primeiras 48 horas de exposição, apenas no mês de setembro – toxicidade aguda. Entretanto, os pontos 1 (situado na área rural) e 3 (situado próximo a área urbana) foram tóxicos, 60% e 50%, respectivamente, no mês de novembro após dois dias de exposição –

toxicidade aguda. Entretanto, os pontos 1 (situado na área rural) e 3 (situado próximo a área urbana) foram tóxicos, 60% e 50%, respectivamente, no mês de novembro após dois dias de exposição – caracterizando uma toxicidade crônica. Já no período de chuva, apenas o ponto 2 apresentou taxas de mortalidade significativas para o mês de maio (aguda). Este perfil de resposta é característico de amostras complexas, pois são constituídas de diferentes compostos que interagem entre si causando efeitos sinérgicos (Pavlaki *et al.*, 2009).

Considerando os altos níveis de radônio, pode-se observar que apesar do açude Riacho da cachoeira apresentar áreas diagnosticadas como radioativas, segundo a legislação brasileira, essa radiação não foi capaz de provocar a mortalidade em alguns períodos da coleta. Em contrapartida, não significa que a radiação e a presença de metais acima do LMP não estejam prejudicando o desenvolvimento destes organismos, para tanto, foram analisados os efeitos destes componentes, presentes nas amostras de água, na taxa de reprodução dos indivíduos.

Para os dados de reprodução, todos os pontos e períodos de coletas foram altamente significativos em relação ao controle, corroborando com a ideia de que a ausência de mortalidade não implica em qualidade da amostra (Kuhl *et al.*, 2010). Esses índices observados podem estar relacionados com os altos níveis de radônio. Em relação à radioatividade natural, não existem relatos na literatura que utilizaram testes ecotoxicológicos para a avaliação de áreas sob a influência de radiação. Contudo, um estudo avaliando danos no material genético de peixes da espécie *Oreochromis niloticus*, coletados no açude do município de Lucrécia (RN), Brasil, que também está sob a influência do gás radônio, demonstrou um aumento na frequência de

micronúcleos, que pode estar associada aos altos índices de radiação alfa e beta medidas no local (Marcon *et al.*, 2010). Adicionalmente, o mesmo grupo de pesquisa realizou ainda neste reservatório, ensaios mutagênicos adicionais com plantas e células humanas. Os dados indicam, novamente, para a mutagenicidade possivelmente associada à presença da radiação no açude de Lucrécia (Garcia *et al.*, 2011).

O conjunto de dados gerados por esse estudo aponta para a eficácia de se ter a ecotoxicologia como modelo de ensaio para avaliação de áreas impactadas pela radiação natural, em particular o radônio que é reconhecido como um gás tóxico para as populações e um potente agente carcinogênico em humanos (Samet, 2011; UNSCEAR, 2010; WHO, 2009). Finalmente, fica o alerta aos órgãos competentes que gerenciam o município de Lajes Pintadas para que tomem medidas cabíveis para assegurar e minimizar os riscos a saúde da comunidade que ainda faz uso do açude, assim como, pode-se inferir que os altos índices de câncer na população do município podem estar ligados à presença da radiação natural. Entretanto, esta suposição serve de propósito para novos estudos focados no efeito desta radiação nas populações humanas residentes no município. Da mesma forma, espera-se que esta pesquisa impulse o uso da ecotoxicologia em ambientes que estão sob influência de radiação natural em diversos pontos do planeta.

CONCLUSÃO

Perante o panorama da radiação natural, a ecotoxicologia mostrou-se uma ferramenta extremamente eficaz como indicadora de toxicidade nas águas superficiais do açude Riacho da cachoeira no município de Lajes Pintadas (RN), Brasil. Adicionalmente, os dados demonstraram que, por se tratar de uma mistura

complexa, além da presença do radônio outros compostos também podem estar contribuindo para os baixos níveis de reprodução observados na espécie *Ceriodaphnia dubia*. De fato, estudos adicionais são necessários para que se consiga traçar um quadro relativo à situação da qualidade da água do açude. Baterias de testes que detectem alterações no material genético utilizando diferentes organismos, assim como, o biomonitoramento das populações humanas que residem na área se faz extremamente necessário. Por fim, é importante enfatizar que se façam mais estudos semelhantes em regiões que apresentem as mesmas características para que seja possível desenhar um cenário dos efeitos provocados pela radiação natural nos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 13373, 2005 *Ecotoxicologia aquática. Toxicidade crônica Método de ensaio com Ceriodaphnia ssp (Crustacea, Cladocera)* Rio de Janeiro, PP.15.
- ATSDR, 1990. Toxicological profile for radon. (Final Report, ATSDR/TP-90/23). Atlanta, Georgia, U.S.A: Public Health Service. Dept. of Health & Human Services. NTIS Accession No. PB91-180422, 1–170.
- Campos, Thomas F. C.; PETTA, R. A.; Malanca A.; Pastura, V., 2012. A Influência da Geologia na distribuição na Radiação Natural e Radônio Interior nos Domicílios do Município de Lages Pintadas (Rio Grande do Norte, Brasil). In: I Seminário sobre Radônio no Brasil, 2012, Natal. Anais do I Seminário sobre Radônio no Brasil. Natal: LARANA, v. 1. p. 61-66.
- Campos, Thomas F. C.; PETTA, R. A.; Pastura, V., 2011. O Radônio 222 ('Radônio Habitacional') e Radiação Natural em Terrenos Pegmatíticos: o caso do município Lages Pintadas (RN, Brasil). In: VIII Congresso Ibérico de Geoquímica, 2011, Castelo Branco. VIII Congresso Ibérico de Geoquímica. Castelo Branco: Instituto Politécnico de Castelo Branco. v. 2. p. 463-467.
- IBGE, 2011. <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 Fev. 2014.
- INCA, 2010. Estimativas 2010: Incidência de câncer no Brasil. Rio de Janeiro. <<http://www.inca.gov.br>>. Acesso em : 20 out. 2011.
- Faure, G., 1991. Principles and application of inorganic geochemistry, New York, MacMillan Publicishing Cia.,pp. 626.
- Garcia, A. F.S.; Amaral, V.S. do; Medeiros, S.R.B de, 2011. Percepção Ambiental no Sertão do Estado do Rio Grande do Norte: Um estudo de caso. Educação Ambiental em Ação, nº 25.
- Kühl, A. M.; Rocha, C. L. M. S. C. ; Espíndola, E.L.G.; Lansac-Tôha F.A., 2010. Rural and Urban Streams: Anthropogenic Influences and Impacts on Water and Sediment Quality. Internat. Rev. Hydrobiol. DOI: 10.1002/iroh.200911190.3, 260–272.
- Marcon, A. E.; Ferreira, D. M.; Moura, M. F. V.; Campos, T. F. C.; Amaral, V. S.; Agnez-Lima, L. F.; Medeiros, S. B. R., 2010. Genotoxic analysis in aquatic environment under influence of cyanobacteria, metal and radioactivity. Chemosphere 81, 773-780.
- Mager, E. M.; Esbaugh, A. J.; Brix, K. V.; Ryan, A.C.; Grosell, M., 2011. Influences of water chemistry on the acute toxicity of lead to Pimephales promelas and *Ceriodaphnia dubia*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C 153, 82 – 90.
- Malanca, A.; Repetti, M.M.; Macedo, H.R., 1998. Gross alpha- and beta-activities in surface

- and groundwater of Rio Grande do Norte, Brazil. *Applied Radiation and Isotopes* 49. 7, 893-898.
- Ministério de Minas e Energia, 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Lajes Pintadas. CPRM/PRODEEM, Recife.
- NRC, 1998. Health effects of exposure to radon, Committee on health risks of exposure to radon (BEIR VI), Board on radiation effects research. Commission on life sciences, Washington, DC, U.S.A: National Academy Press. <<http://www.nationalacademies.org/nrc>>.
- NRC, 1999. Risk assessment of radon in drinking water. Committee on risk assessment of exposure to radon in drinking water, board on radiation effects research, Commission on Life Sciences, Washington, DC, U.S.A. <<http://www.nationalacademies.org/nrc>>.
- Pavlaki M. D.; Pereira R.; Loureiro S.; Soares A. M., 2009. Effects of binary mixtures on the life traits of *Daphnia magna*. *Environ Sci Pollut Res Int.* 16(4): 423-30.
- Samet, J. M., 2011. Radiation and cancer risk: a continuing challenge for epidemiologists. *Environmental Health.* 10(Suppl1):S4 <<http://www.ehjournal.net/content/10/S1/S4>>.
- UNSCEAR, 2010. *Summary of low-dose radiation effects on health*, United Nations, Vienna. <<http://www.unscear.org>>. Acesso: 18 dez. de 2011.
- WHO, World Health Organization. 2009. *Handbook on indoor Radon: A public Health Perspective*. Switzerland, OMS Library Cataloguing.
-