



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE/PRODEMA**



**REVITALIZAÇÃO DO RIO GOLANDIM (RN/BRASIL) APÓS DÉCADAS DE**  
**CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES INDUSTRIAIS E DOMÉSTICOS: ESTE RIO**  
**ESTÁ RECUPERADO?**

**ALINE ROCHA DE PAIVA COSTA**

2012

Natal – RN

Brasil

**ALINE ROCHA DE PAIVA COSTA**

**REVITALIZAÇÃO DO RIO GOLANDIM (RN/BRASIL) APÓS DÉCADAS DE  
CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES INDUSTRIAIS E DOMÉSTICOS: ESTE RIO  
ESTÁ RECUPERADO?**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: **Prof. (a) Dra. Viviane Souza do Amaral**

2012

Natal – RN

Brasil

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de  
Biociências

Costa, Aline Rocha de Paiva.

Revitalização do Rio Golandim (RN/Brasil) após décadas de contaminação por efluentes industriais e domésticos: este Rio está recuperado? /Aline Rocha de Paiva Costa. – Natal, RN, 2012.

87 f. : Il.

Orientadora: Profa. Dra. Viviane Souza do Amaral.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA.

1. Recursos hídricos – Dissertação 2. Percepção ambiental – Dissertação. 3. Toxicidade – Dissertação. I. Amaral, Viviane Souza do. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB

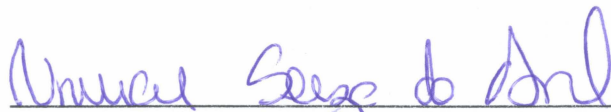
CDU 556.18

**ALINE ROCHA DE PAIVA COSTA**

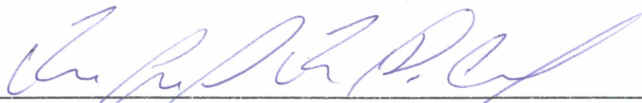
Dissertação submetida ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN), como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA:



Prof. (a). Dra. Viviane Souza do Amaral  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)



Prof. Dr. Rafael Rodrigues Dihl (Membro Externo/ULBRA-RS)



Prof.(a) Dra. Sílvia Regina Batistuzzo de Medeiros  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PRODEMA/UFRN)

Dedico esta dissertação ao meu pai, Antonio Itaécio.

Levo comigo seus ensinamentos de pai, homem honesto e batalhador. Guardo em minha memória e no meu coração seu sorriso inesquecível!

Te amo.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a **Deus**, porque sem a tua proteção e condução do meu caminho não teria sido fácil seguir essa jornada, a fé que tenho nele me faz acreditar que ele tem um propósito em tudo que acontece em minha vida.

A minha **Mãe**, Celina Maria, mulher extraordinária como mãe, amiga e avó, me colocou neste mundo junto com meu querido **Pai**, me deram a vida e formaram essa pessoa que sou, me ensinaram a lutar pelos meus objetivos e que o estudo é o bem mais precioso que eles podiam me deixar de herança. Pelo amor incondicional, amo vocês...

Mãe obrigada por TUDO que fazes por mim...

Meus **Irmãos** queridos, Alex e Aliane, pelo companheirismo e amizade, me dando força e ajudando de alguma forma a superar tudo que passamos juntos, pela perda do nosso querido pai. Saibam que estou aqui para tudo!

A minha **Filha** amada, Maria Gabriela, que nasceu durante este mestrado, amor único e verdadeiro. Pelos sorrisos nos momentos em que mais precisei, pela força que preciso ter para cuidar de você e seguir em frente, por você sempre!

Ao meu **Esposo**, Pablo Danyel, pelo carinho, dedicação, companheirismo e amor...por suportar meus momentos difíceis, sempre com palavras de força e de esperança, te amo!

Aos meus **sogros**, Pedro Alzair e Kylza Uilmann, meus **cunhados**, Danyella, Pedro e Manuella, pelo apoio, carinho e acolhida na família de vocês.

A todos os meus **familiares**, avó e avô, tios (as), primos (as) e amigos pela torcida e carinho.

A minha orientadora querida **Viviane Amaral**, por apostar em mim, mesmo sem me conhecer aceitou me orientar e desde então tem sido uma pessoa especial, pois ela sabe conduzir a relação orientadora e amiga da melhor forma, sem perder o respeito e carinho. Nos momentos mais difíceis em que precisei sempre me apoiou e pelos ensinamentos passados. Muito obrigada por tudo!

A professora **Silvia Batistuzzo** pelos ensinamentos, carinho e atenção, por ter disponibilizado seu laboratório para realização das nossas pesquisas.

Ao professor **Guilherme Fulgencio** por disponibilizar o laboratório de ecotoxicologia aquática para parte de nossos testes.

A **Pró- reitora** de pós- graduação, Edna Silva, pelo apoio.

A **Coordenação do PRODEMA-UFRN**, na pessoa de Professora Eliza Maria Xavier e aos secretários David e Érica por atenderem minhas solicitações, dentro das possibilidades de vocês.

Ao Douglasnilson de Moraes Ferreira do Núcleo de Análises de águas, alimentos e efluentes do Instituto Federal de Tecnologia do Rio Grande do Norte (**IFRN**), pela parceria nas análises realizadas.

As minhas **amigas de laboratório**, coletas e estudos, Ana Flávia, Natália, Nilmara, Pollyanne, Richelly. Pelo carinho, atenção e colaboração neste trabalho de alguma forma, pelos momentos de descontração e amizade.

Aos colegas do Lama, Anuska, Marcos Felipe, Deborah e Mayara que me acompanharam nesta caminhada e contribuições.

Aos professores e funcionários do Departamento de Biologia celular e Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pela bolsa concedida.

## RESUMO

### REVITALIZAÇÃO DO RIO GOLANDIM (RN/BRASIL) APÓS DÉCADAS DE CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES INDUSTRIAIS E DOMÉSTICOS: ESTE RIO ESTÁ RECUPERADO?

A água é essencial para a manutenção da vida, entretanto, a poluição ambiental vem causando a perda da qualidade dos recursos hídricos, afetando assim a saúde humana. Este estudo avaliou a qualidade da água do Rio Golandim no município de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil após a realização do plano de recuperação através de medições de parâmetros de qualidade de água - análises físico-químicas, de metais pesados e microbiológicos - além de incluir ensaio de ecotoxicidade com *Daphnia dubia* e teste que detecta a presença de compostos mutagênicos em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN). Em conjunto, foi realizado um estudo de percepção ambiental através de questionários que abordou questões relacionadas ao perfil do entrevistado, conhecimentos sobre o meio ambiente e do rio Golandim, com a comunidade que vive nas proximidades deste rio para diagnosticar como eles percebem o ambiente em que vivem e seus problemas. Os experimentos foram realizados a partir de amostras de água coletadas em dezembro de 2010 (estação do ano seca) e em julho de 2011 (estação das chuvas) em três pontos diferentes do rio Golandim. A análise dos dados de percepção ambiental permitiu observar que a maioria dos moradores são adultos e apresentam uma visão global do que é meio ambiente e a maioria menciona a poluição do rio como um dos problemas do município, considerando-o grave. Os dados resultantes do ensaio ecotoxicológico não indicou efeito de toxicidade aguda, entretanto demonstrou toxicidade crônica para a média de reprodução dos cladóceros nas estações do ano seca e chuvosa, em todos os pontos amostrados, os resultados provenientes do ensaio Trad-MCN para a água bruta mostrou resposta positiva, representada pelo aumento na frequência de micronúcleos, para um dos pontos analisados (P3) em ambas as estações de coleta. As análises químicas detectaram um aumento nos níveis de alguns metais nos diferentes períodos e amostras, que podem estar associados ainda à presença de compostos de origem urbana e industrial. Contudo, os parâmetros físico-químicos demonstram que o rio Golandim está se recuperando, já que quando se compara os valores observados com a legislação brasileira do CONAMA. Nossos resultados apontam para a presença na água de compostos capazes de induzir mutações, podendo gerar sérios agravos à saúde da população que utiliza e reside nas proximidades do Golandim, a qual ainda se sente insegura quanto a utilização do mesmo. Desta forma, este estudo alerta para a necessidade de realizar ensaios biológicos além de empregar apenas as análises provenientes das medições físico-químicas para atestar a qualidade de um corpo d'água, como também da realização de trabalhos de educação ambiental com a comunidade ribeirinha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos, *Ceriodaphnia dubia*, Toxicidade, *Tradescantia pallida*, Micronúcleos, Percepção ambiental.



## ABSTRACT

### RECOVERY OF GOLANDIM RIVER (RN/BRAZIL) AFTER DECADES OF CONTAMINATION OF INDUSTRIALS AND DOMESTIC DISCHARGES: THIS RIVER IS RECOUPED?

Environmental pollution causes the loss of the quality of aquatic resources and also affects the health of human beings. The Golandim River is located in São Gonçalo do Amarante (RN – Brazil) and had its water recovered seven years ago by measurements of parameters of the water's quality – analyses physicochemistry, microbiological and heavy metals. However, it is not well established if this river is truly recovered, so this study provides a wide knowledge about the quality of these waters. Therefore, this investigation was accomplished by assays of ecotoxicology utilizing *Ceriodaphnia dubia* and of genotoxicity of the river's water using a biomarker *Tradescantia Pallida* (Trad-MCN). In set, it carried through a study of environmental perception through questionnaires that approached questions related to the profile of the interviewed one, knowledge on the environment and of the river Golandim with the community that lives in the neighborhoods of the river to diagnosis as they perceive the environment where live and its problems. The assays of the water had been carried out by collecting samples in three different sites of the Golandim River. They were collected between the periods of December 2010 (dry season in the northeast of Brazil) and July 2011 (rainy season in the northeast of). The analysis of the data allowed observing that the majority of the inhabitants are adult and presents a global vision of what it is part of the environment, the majority mentions the pollution of the river as one of the problems of the city, considering it serious. The ecotoxicology assay showed that there was not acute toxicity in all three samples collected. Meanwhile, all these three samples demonstrated significant chronic toxicity. The results from the Trad-MCN assay presented an increase in the frequency of micronucleus in one of the sites analyzed (S3) ( $p < 0.01$ ), in both seasons collected. On the other hand, the sites S1 and S2 did not presented a significant increase of micronucleus using this bioassay. The analyses of chemicals detected an increase in the levels of some metals, in different seasons and samples, which can be associates with some compounds found in urban and industrial areas. On the other hand, the physicochemistries parameters demonstrated that the Golandim River is recouped, when compared with the values presented at the CONAMA's legislation. However, these results indicate the presence of compounds capable of inducing chromosomal mutation in plants. On the other hand, the parameters physicist-chemistries demonstrate that the river Golandim is if recouping, since when compares the values observed with the legislation of the CONAMA. All these results point to the fact that the Trad-MCN assay was sensitive and efficient biomarker for chromosomal instability and the *C. dubia* ecotoxicology assay was as though an efficient biomarker of toxicity of water's quality. The results from Trad-MCN associated with the ecotoxicology demonstrates that these analyses are important for environmental monitoring, once the first bioassay described above indicates alterations at the standards of cells and the other one indicates alterations at the standards of organisms. This study alerts for the necessity to carry out biological assays for the analyses of the water's quality.

**KEYWORDS:** Aquatic resources, *Ceriodaphnia dubia*, Toxicity, *Tradescantia pallida*, Micronuclei, Environmental Perception.

## LISTA DE FIGURAS

1.Localização do município de São Gonçalo do Amarante (RN/Brasil) e dos pontos de coleta de água no Rio Golandim.....	26
2.Pontos de Coleta.....	27
3. <i>Tradescantia pallida</i> .....	28
4.Inflorescência em forma de barca.....	29
5.Tétrade normal acima do lado esquerdo e tétrade com 2 MCN a direita da imagem.....	30
6. <i>Ceriodaphnia dubia</i> .....	30
7.Exposição à água coletada.....	31

## **LISTA DE TABELAS**

1. Classificação dos corpos de água doce, segundo resolução 357/2005 do CONAMA.....13
2. Condições e padrões de qualidade de água doce, classe 2 (CONAMA, 2005).....14

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	12
CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
METODOLOGIA GERAL.....	27
REFERÊNCIAS .....	33
CAPÍTULO 1 – DIAGNÓSTICO DO SABER AMBIENTAL: UM ESTUDO DE PERCEPÇÃO NA COMUNIDADE RIBEIRINHA EM SÃO GONÇALO DO AMARANTE (RN), BRASIL.....	45
RESUMO.....	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAIS E METODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO GOLANDIM (RN/BRASIL) APÓS DÉCADAS DE CONTAMINAÇÃO: ESTE RIO ENCONTRA-SE RECUPERADO APÓS REVITALIZAÇÃO?.....	58
RESUMO.....	59
INTRODUÇÃO.....	60
MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS.....	65
DISCUSSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	76
CONCLUSÃO GERAL.....	80
ANEXO I.....	81
ANEXO II.....	83
ANEXO III.....	84
ANEXO IV.....	86
ANEXO V.....	87

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por água de boa qualidade é um dos maiores desafios atuais. O crescimento urbano acelerado, a maior necessidade de alimentos e a consequente intensificação das atividades rurais, com consumo de cerca de 69% da água de boa qualidade para irrigação, assim como a industrialização e a decorrente liberação de dejetos não tratados nos corpos d'água, são os maiores responsáveis pela poluição dos recursos hídricos (OHE et al, 2004; KOÇ, 2010; YI & ZHANG, 2012). Esta poluição tem causado degradação contínua de rios, lagos, zonas costeiras e baías, o que aumentou nas últimas décadas os impactos eutróficos severos sobre fauna, flora e seres humanos (RATTNER, 2009).

Diante disto, a resolução nº 357 de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA estabelece a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como impõe as condições e padrões de lançamento de efluentes, classificando as águas em doces, salobras e salinas essencial à conservação de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos pela comunidade, tendo em vista a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático (CONAMA, 2005). A classificação baseia-se fundamentalmente quanto ao uso da água (Tabela 1). O rio Golandim atualmente está classificado como de classe 2. Os parâmetros de qualidade da água da classe 2 são apresentados na Tabela 2, onde aplicam-se as condições e padrões da classe 1.

Tabela 1. Classificação dos corpos de água doce, segundo resolução 357/2005 do CONAMA

CLASSE	USO
<b>CLASSE ESPECIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>- a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>- a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral</li> </ul>
<b>CLASSE 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>- a proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274 (2000);</li> <li>- a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>- a proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas</li> </ul>
<b>CLASSE 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>- a proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274 (2000);</li> <li>- a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>- a aquicultura e a atividade de pesca.</li> </ul>
<b>CLASSE 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>- a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>- a pesca amadora;</li> <li>- a recreação de contato secundário;</li> <li>- a dessedentação de animais</li> </ul>
<b>CLASSE 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a navegação;</li> <li>- a harmonia paisagística</li> </ul>

Diversos rios no mundo e no Brasil estão sendo contaminados por efluentes, seja de origem doméstica, industrial e/ou agrícola (ZHANG et al, 2010; KOÇ, 2010; NADDAFI et al, 2007; GOWD & GOVIL, 2008; LIU et al, 2011; SANTORO et al, 2009). Os reflexos desses impactos - degradação da qualidade da água superficial e subterrânea - são muito graves para as populações, afetando aspectos ecológicos, econômicos e de saúde humana, pois promovem a diminuição da qualidade de água disponível, aumenta o número de pessoas acometidas por doenças de veiculação hídrica e conseqüentemente conduzem a um acréscimo no custo do tratamento dessas águas (TUNDISI, 2003).

Tabela 2. Condições e padrões de qualidade de água doce, classe 2 (CONAMA, 2005)

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	CARACTERÍSTICAS LIMITES
Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais	
Coliformes termotolerantes	≤ 1.000 coliformes termotolerantes por 100ml/L em 80% ou + de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral
Cor Verdadeira	até 75 mg Pt/L
Turbidez:	até 100 UNT
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Zinco total	0,18 mg/L Zn

Tabela adaptada de CONAMA, 2005

A sustentabilidade das águas em áreas urbanas implica em melhorar a qualidade dos serviços de saneamento ambiental, universalizando o acesso à água em quantidade e qualidade para os diferentes usos e conservar os recursos hídricos preservando a qualidade dos rios urbanos (BRITTO e BARRAQUE, 2008). Estes autores ressaltam que o uso dos recursos hídricos se deve fazer de forma a garantir sua disponibilidade para uso das gerações futuras, tanto em termos de quantidade como em termos da qualidade, assim a dimensão ambiental da sustentabilidade está diretamente relacionada ao uso racional da água em áreas urbanas, para a produção e para o consumo humano. Neste contexto, a busca da sustentabilidade seria o caminho para reverter o quadro atual de degradação, fortalecendo as bases para uma construção coletiva de um novo modelo de desenvolvimento, tendo desta forma o desafio de estabelecer uma relação de poder compartilhada e descentralizada, criando

oportunidades para a participação social, construindo consensos, dirimindo conflitos e pactuando a unidade para a diversidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

A desigualdade na disponibilidade de água no Brasil tem gerado problemas econômicos e sociais, que levaram o governo a priorizar o investimento em saneamento básico, em tratamento de esgotos, na recuperação da infraestrutura e dos mananciais. A revitalização de rios, lagos e represas em muitas regiões do país, pode promover a geração de emprego e renda, novas oportunidades de usos múltiplos (TUNDISI, 2008).

De fato, o manejo de rios degradados compreende o processo de recuperação, conservação e preservação ambiental, por meio da prática de ações integradas e permanentes, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade da água para usos múltiplos (FRYIRS & BRIERLEY, 2009; SILVA, 2010). A regeneração das paisagens dos rios urbanos significa resgatar a sua função ecológica, estética e simbólica, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental das cidades (MELO, 2006). Diversas ações integradas são utilizadas para a revitalização de rios, que incluem a suspensão das fontes de poluição e a recomposição da mata ciliar, que contribuem com a melhora efetiva da qualidade dos corpos aquáticos (AFONSO, 2011). Este autor destaca ainda que diversos rios no mundo e no Brasil passaram por projetos de recuperação como, por exemplo, os rios: Isar (Alemanha), Tâmsa (Inglaterra), Socolowka e Warta (Polônia), Reno e Danúbio (Europa), Sena (França), Cheonggyecheon (Coreia do Sul), Anacostia (EUA), Alamar Tijuana (México), São Francisco, Rio das Velhas e Tietê (Brasil). O rio Rhine na Europa foi bastante degradado, durante anos pela contaminação industrial, pela construção de uma hidroelétrica, pela intensa navegação, e em virtude disto passou por um processo de reabilitação, na qual foram constatadas melhorias após 25 anos tanto na qualidade da água como do sedimento e conseqüentemente na biota (NIENHUIS et al., 2002). Já na Índia, o governo iniciou medidas corretivas para limpar os corpos d'água contaminados por efluentes industriais, entretanto segundo GOWER & GOVEL (2008), os custos para remediação são altos e o processo é lento, e ressalta que seria mais importante o controle da contaminação, ou seja, investir no tratamento de efluentes antes das suas descargas nos corpos d'água.

O Rio Grande do Norte (Brasil) também investiu na revitalização de alguns mananciais, destacando o projeto de recuperação que ocorreu em 2002 no Golandim em função deste rio ter sido considerado morto por muitas décadas.



## 1.1 RIO GOLANDIM

Dentro do contexto de poluição hídrica, o rio Golandim que percorre as terras do município de São Gonçalo do Amarante (Rio Grande do Norte/Brasil), vinha apresentando sérios problemas de contaminação. A qualidade de suas águas apontava para um elevado grau de poluição devido ao grande lançamento de efluentes industriais do Distrito Industrial de Natal, sendo indústrias em sua maioria do ramo têxtil, curtumes e de alguns conjuntos habitacionais próximos a área em seu leito, sem qualquer tipo de tratamento prévio, desviando os efluentes diretamente para o rio, comprometendo a qualidade, principalmente sua biota e do aproveitamento de sua água, tornando-o impróprio para atender às necessidades da população. As descargas provenientes destes dejetos promoveram a deterioração do Golandim causando um grande impacto ao corpo aquático, levando o rio à anaerobiose, com coloração elevada e odor intenso (TINÔCO *et al.*, 2008; PRAD, 2002; FERNANDES *et al.*, 2009; FALCÃO, 2008).

Previamente ao alto grau de contaminação, o rio Golandim era utilizado para recreação, irrigação de pequenas propriedades agrícolas, assim como no uso para atividades domésticas. O consumo de água não era utilizado diretamente do rio, mas através de poços coletores, localizados nas suas imediações. Atualmente, uma parte da população que vive às margens do rio se abastece com a água extraída de poços subterrâneos, embora alguns já sejam atendidos pelo sistema de abastecimento público do município, através do Sistema de Abastecimento Autônomo de Água e de Esgoto (SAAE) (FALCÃO, 2008).

Em 2002, o Plano de Recuperação de área Degradada do Rio Golandim (PRAD), realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte-CAERN, diagnosticou sua degradação e propôs medidas de recuperação da área. As análises da água, realizadas pelo plano, atestaram que o rio estava completamente degradado e sem capacidade de se auto-depurar. Comparando os resultados com aqueles previstos pela Resolução CONAMA N° 20, verificou-se que o Golandim não se enquadrava em qualquer classificação para corpos aquáticos de água doce, pois os resultados eram característicos de efluentes brutos (esgoto industrial e doméstico) e, dessa forma poderiam afirmar que o rio seria um verdadeiro esgoto a céu aberto (PRAD, 2002).

As realizações das ações propostas pelo plano tiveram início em 2005, onde as indústrias deveriam garantir através da operação e monitoramento, que seus efluentes atendessem aos padrões de lançamento, os quais deveriam receber um pré-tratamento e em seguida seriam encaminhados para o Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais - SITEL do Distrito Industrial de Natal, que após o tratamento, um emissário que passa pelo

leito do rio Golandim, canalizaria os efluentes ao estuário do rio Potengi, corpo aquático de maior vazão (FERNANDES et al, 2009). Este tratamento dos efluentes consiste de um procedimento preliminar com grades de barra e após, o tratamento secundário, que ocorre através de um sistema de lagoas em série: a lagoa aerada aeróbia, lagoa aerada facultativa e a lagoa de polimento/decantação, em seguida, o efluente final segue por gravidade até a Estação Elevatória de Esgoto Tratado - EEET de onde é lançado para o Potengi (CAERN, 2012).

O projeto de recuperação do rio teve início com a implantação das lagoas de tratamento de esgotos, do emissário de 5 km que impede que os efluentes industriais continuem a serem lançados no rio, além da dragagem e do replantio de 60 hectares da mata ciliar, bem como atividades de educação ambiental em escolas públicas do município. Com isso, foi possível verificar que as águas do rio estavam começando a se recuperar e as comunidades ribeirinhas voltando a utilizar o rio para atividades de pesca (FALCÃO, 2008).

Dezenove indústrias fazem parte do distrito industrial que produzem, sobretudo, produtos têxteis e bebidas e estas segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA, 2007) assinaram um Termo de Ajuste de Conduta com a CAERN, como o objetivo de tratar os seus efluentes domésticos e industriais antes de lançar no Potengi, com isso 90 % destas empresas estão tratando seus efluentes e 4 foram fechadas. Segundo FERNANDES et al, 2009, foram detectadas melhorias na qualidade das águas do rio através das análises laboratoriais e das vistorias de campo, que, de acordo com os autores, são em função do encaminhamento dos efluentes para o estuário do rio Potengi, entretanto destacam a importância da manutenção deste emissário, uma vez que já foram observados vazamentos.

### **1.1.1 Fontes Poluidoras**

Os despejos industriais, devido ao seu conteúdo químico são repletos de substâncias tóxicas que podem danificar ou mesmo destruir parcialmente a rede pública de esgotos sanitários, alterando o funcionamento das estações de tratamento e poluindo os corpos receptores líquidos, como os cursos d'água, os lagos, o mar e até mesmo o próprio solo. Em situações de vazamento, nestes despejos podem também existir elevadas quantidades de matéria em suspensão ou emulsões que flutuam ou decantam, e até mesmo abundância de matéria orgânica, como é o caso das águas servidas dos curtumes e dos laticínios (KOÇ, 2010; LIU et al, 2011; MANSOUR et al, 2012).

No que tange o rio Golandim, as principais fontes poluidoras de origem industrial são provenientes das indústrias têxteis, que são conhecidas como uma das maiores contaminantes

de corpos d'água do mundo, em virtude da enorme necessidade de volumes de água para os procedimentos relacionados com os processos de tingimento (DE CARVALHO & HAMMERSCHMIDT, 2000; PRAD, 2002). Os pigmentos, em sua grande maioria, são à base de metais - cromo, zinco, tungstênio, nióbio, chumbo, mercúrio, prata - pois esses metais têm a propriedade de refletir luz na faixa visível do olho humano, por isso, são amplamente empregados nos pigmentos de tintas, além disso, por estas tinturas serem misturas complexas, vários estudos mostraram que estes efluentes apresentam um elevado potencial genotóxico (CYMERMAN & KEMPERS, 2007; TUZEN et al, 2008; GIORGETTI et al, 2011; TIGINI et al, 2011; MANSOUR et al, 2012). Esta genotoxicidade pode ser explicada pelo fato dos efluentes gerados pelas indústrias têxteis serem oriundos do processo de beneficiamento, este método engloba etapas - pré-tratamento, tinturaria, estamparia e acabamento final - que transformam o tecido quanto à aparência, aumento de resistência, toque e capacidade de absorção de água. Todo este processo utiliza uma infinidade de matérias-primas, produtos e técnicas que geram despejos diversos, podendo ser orgânicos (amidos, dextrinas, gomas, graxos, pectina, alcoóis, ácido acéticos, sabões e detergentes), inorgânicos (hidróxidos de sódio, carbonato, sulfeto e cloreto) e metais pesados como o cobre, cromo, cobalto, níquel, cádmio e zinco que são principalmente provenientes dos corantes (BELTRAME, 2000; ROBINSON et al, 2001; YONGMING et al, 2006; TUZEN et al, 2008).

Este panorama de poluição a partir de rejeitos oriundos deste tipo de indústria demonstra que a vazão destes dejetos sem tratamento prévio, num corpo d'água, pode resultar em uma severa contaminação, principalmente por metais pesados. É comprovado que o lançamento de efluentes industriais contendo estes metais em fontes hídricas é o maior fator antropogênico, responsável pela poluição em vários ambientes aquáticos. Os metais em água podem ser absorvidos e bioacumulados, causando muitos danos aos organismos (ZHANG et al, 2010). Além disso, são tóxicos em concentrações elevadas e podem prejudicar a biota, podendo interromper as funções metabólicas, se acumulando nos organismos e impedindo o funcionamento de órgãos vitais, por meio do contato direto com o indivíduo através do alimento, da água, da exposição na pele e do ar (SINGH et al, 2011; JARUP, 2003; SHENG et al, 2012).

Adicionalmente, a presença destes metais no ambiente podem causar efeitos tóxicos acumulativos em toda a biota associada, gerados principalmente por impactos em nível de DNA (MAJER *et al.*, 2002; ARSLAN et al, 2010). Os metais interagem de maneiras diferentes com a maquinaria celular, competindo com outros metais, ligando-se ao material genético em locais específicos. Os efeitos mutagênicos de um metal consequentemente vão depender de sua afinidade por este local, podendo então promover mutação direta no DNA ou

indireta - através da inibição do reparo do DNA ou ainda indução de apoptose. Estes mecanismos de ação define o perfil genotóxico de cada metal (MATEUCA et al, 2006). Os metais carcinogênicos induzem a genotoxicidade de várias maneiras, isoladamente ou amplificando os efeitos de outros agentes químicos (BOLOGNESI et al, 1999).

Por outro lado, o efluente industrial não é a única fonte de poluição ambiental. A descarga de esgotos domésticos nos rios, em especial no Golandim, também representa um sério agrave para a qualidade das suas águas. Os resíduos lançados pelos centros urbanos apresentam uma natureza ainda mais complexa, quando comparados com efluentes industriais submetidos a tratamento, pois são formados pelo somatório de dejetos de origem doméstica associados aos de indústrias clandestinas (AMARAL et al, 2005). Vários artigos relatam o potencial poluidor destas descargas domésticas nos corpos d'água (ZHANG et al, 2010; KOÇ, 2010; KUHL et al, 2010; CUNHA et al, 2011; THEWES et al, 2011; KESKIN, 2012).

Outro ponto a ser considerado é a presença ou não de algum tipo de tratamento, não só dos esgotos domésticos, mas também dos resíduos industriais, antes de seu despejo final nos mananciais, que na maioria das vezes, indústrias de pequeno porte não apresentam qualquer espécie de tratamento de seus efluentes, enquanto que, dependendo do centro urbano, dejetos domésticos podem estar sujeitos a diferentes estratégias de tratamento, que vão desde a sua total recuperação até seu lançamento direto nos sistemas aquáticos (KUHL et al, 2010; ZHANG et al, 2010; KOÇ, 2010). Estes efluentes contêm misturas tóxicas, como pesticidas, metais pesados, produtos industriais e uma variedade de outras substâncias que compromete a qualidade do ambiente. A exposição a este tipo de dejetos tem gerado efeitos na saúde da população que compreendem desde dores de cabeça, náuseas, irritações na pele a sérias reduções das funções neurológicas e hepáticas, inclusive doenças genéticas, como câncer, defeitos congênitos e anomalias reprodutivas (JARUP, 2003; TUNDISI, 2008; BERGAMASCO et al, 2011, SINGH et al, 2011).

## **1.2 TESTES PARA QUALIDADE AMBIENTAL**

A avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos é realizada através da medição de variáveis físicas e químicas que caracterizam os resíduos, seja de origem antrópica ou industrial, porém detectam apenas as concentrações e alterações no tempo e no espaço, e quando associados a variáveis microbiológicas constituem uma ferramenta para a classificação dos corpos aquáticos em classes de qualidade de água, potabilidade e balneabilidade. Este monitoramento pode ser associado à utilização de bioindicadores de qualidade da água e habitat como: levantamento e avaliação de modificação de riqueza de

espécies e diversidade, organismos resistentes, perda de espécies sensíveis, produtividade primária e secundária, ensaios ecotoxicológicos entre outros (COELHO et al, 2006; ARIAS et al, 2007; SANTORO et al, 2009).

As técnicas que utilizam bioindicadores como instrumentos de avaliação do impacto ambiental, podem ser divididas em duas abordagens: uma associada aos níveis de organização como populações, comunidades e ecossistemas; ou individualmente observando alterações comportamentais, malformações, mudanças no crescimento, reprodução, alimentação, alterações bioquímicas e fisiológicas (ARIAS *et al*, 2007; SANTORO et al, 2009; ARSLAN et al, 2010 ). Dentre estas, destacam-se os estudos toxicológicos e os de mutagenicidade que são de grande importância para verificar os padrões de qualidade da água, entretanto são testes que ainda não são constam nas legislações federais do Brasil.

### **1.2.1. Testes Ecotoxicológicos**

Somado aos testes de mutagenicidade, os ecotoxicológicos podem mensurar o efeito tóxico dos contaminantes sobre os sistemas vivos. A ecotoxicologia é a ciência que estuda e compreende os efeitos deletérios promovidos pelas substâncias químicas, principalmente de origem antrópica sobre as populações ou comunidades de organismos presentes nos ecossistemas (NETO, 2009). A avaliação da toxicidade aquática é um mecanismo utilizado para analisar a qualidade de corpos receptores, associando as concentrações de contaminantes no meio e seu risco ecotoxicológico, somando-se aos mecanismos tradicionais do controle da poluição (NEGREIRO E EGLER, 2009).

Na avaliação do impacto de compostos tóxicos em ecossistemas aquáticos são necessárias análises de medida das concentrações desses agentes, porém não são suficientes para se determinar interações com o meio e a biota, efeitos na estrutura e nas funções ecológicas. Desta forma, os testes ecotoxicológicos com organismos aquáticos são importantes para se verificar a qualidade desses sistemas hídricos (KAHRU & DUBOURGUIER, 2010; SCHIRMER et al., 2010; MAGER et al, 2011).

Estes organismos atuam como sensores, pois respondem às substâncias tóxicas a partir de bioensaios de toxicidade onde se avaliam impactos ecológicos e diagnósticos. Esta toxicidade pode gerar efeitos agudos - resposta brusca e rápida como mortalidade e imobilidade - e crônicos - efeitos deletérios como alterações na reprodução e crescimento - sobre os organismos (ESPINDOLA *et al.*, 2003). Os organismos utilizados nesses ensaios de toxicidade aguda e crônica são os microcrustáceos do gênero *Daphnia*, pois apresentam grande sensibilidade a um grande número de poluentes. Além disso, a facilidade de serem

cultivadas em laboratório e a reprodução partenogenética são características que favorecem a obtenção rápida de organismos para a realização dos testes (BURATINI *et al.*, 2004). As algas e os microcrustáceos (*Daphnia*) se mostraram como os organismos aquáticos mais sensíveis e provavelmente os mais vulneráveis aos poluentes (KAHRU & DUBOURGUIER, 2010).

De fato, ensaios de toxicidade aguda e crônica com *Ceriodaphnia dubia* vêm sendo utilizados em biomonitoramentos para estabelecer critérios de qualidade da água (MAGER *et al.*, 2011). Alguns estudos estão utilizando esta espécie para avaliar a saúde dos corpos aquáticos e dos sedimentos de rios (JÚNIOR *et al.*, 2007; COOMAN *et al.*, 2005; COOPER *et al.*, 2009; GREELEY JR *et al.*, 2011).

### **1.2.2. Testes de Mutagenicidade**

Muitos compostos químicos liberados pelo descarte de efluentes industriais, rurais e/ou urbanos podem interagir com o DNA produzindo alterações em sua estrutura (GANA *et al.*, 2008; ARSLAN *et al.*, 2010). Estes agentes são denominados de mutagênicos e podem induzir mudanças no DNA direta ou indiretamente (MATEUCA *et al.*, 2006). A utilização de ensaios para avaliação da toxicidade genética tem sido uma ferramenta de grande importância uma vez que detecta danos no DNA, em nível gênico e cromossômico, que podem desencadear o câncer, além de doenças degenerativas e do envelhecimento (FENECH, 2000). Desta forma, estes testes permitem avaliar o potencial mutagênico de misturas complexas, como as amostras ambientais, e conseqüentemente o risco para a saúde da biota associada (GIORGETTI *et al.*, 2011; BIANCHI *et al.*, 2011).

Dentre as diversas técnicas utilizadas na avaliação de potencial mutagênico de amostras ambientais, destaca-se o Teste de Micronúcleos. Esta metodologia é considerada bastante confiável para determinar mudanças no DNA dos organismos e tem mostrado bons resultados para misturas complexas (ARSLAN *et al.*, 2010; M. Mis'ík *et al.*, 2011; GIORGETTI *et al.*, 2011). O Teste de Micronúcleos baseia-se na identificação de fragmentos cromossômicos (clastogênese) ou de cromossomos inteiros (aneugênese) que não foram integrados ao conjunto de cromossomos de uma célula - formando, assim, um pequeno núcleo individual, chamado micronúcleo (MN). A análise de MN é usada como padrão de alterações cromossômicas em organismos eucarióticos, sendo, portanto, utilizada na detecção de agentes que interferem no processo de ligação do cromossomo às microfibras do fuso ou aqueles capazes de induzir quebras cromossômicas (FENECH, 2000; FENECH *et al.*, 2011).

Esta técnica vem sendo utilizada em diversas metodologias, que utilizam diferentes sistemas e organismos. Pode ser empregada em linfócitos (ALVES et al., 2008; GARCIA et al., 2011; BURGAZ et al., 2011), fibroblastos (WIDEL et al., 2012; AHMAD et al., 2012), hepatócitos (JOSSE et al., 2012) e células esfoliadas de mucosa (DILER & ÇELIK, 2011; BURGAZ et al., 2011; MONDAL et al., 2011) provenientes de humanos. Vários protocolos utilizam a técnica de micronúcleos em peixes, mexilhões e plantas como bioindicadores de toxicidade genética (ADAM et al., 2010; ARSLAN et al., 2010; BIANCHI et al., 2011; GANA et al., 2008; GIORGETTI et al., 2011).

Bioindicadores vegetais, exemplificado pelo gênero *Tradescantia* (Comelinacea), que possui aproximadamente 500 espécies, sendo encontradas nas regiões tropicais e subtropicais, têm sido utilizados como organismos experimentais, em virtude de uma série de características genéticas favoráveis de algumas delas. Somado a isto, a principal vantagem deste teste, com relação a outros testes citogenéticos e ensaios bacterianos para análise de amostras de água, é que as plantas podem ser expostas diretamente às amostras coletadas sem ser necessário passar por processo de filtração ou concentração em laboratório (H. STEINKELLNER *et al.*, 1999). Frequentemente a *Tradescantia* mais usada em testes de mutagenicidade é o clone 4430 (M. MISIK *et al.*, 2011) e recentemente grupos no Brasil vêm utilizando a *Tradescantia pallida* para monitoramento ambiental (ALVES et al., 2011; GARCIA et al., 2011). A *Tradescantia pallida* variação *purpurea*, originária do México, tem grande capacidade de adaptação, podendo colonizar uma diversidade de ambientes, e em alguns lugares são utilizadas ornamentando os canteiros das cidades (CHIMPAN & ŞIPOŞ, 2009). Esta espécie vem sendo utilizada no Brasil, em virtude da não adaptação do clone 4430 ao clima quente do país, principalmente na região nordeste.

O teste com micronúcleos em *Tradescantia pallida* é considerado como uma valiosa ferramenta por vários pesquisadores pela simplicidade da metodologia e pela sensibilidade desta planta a exposição aos genotóxicos (SISENANDO *et al.*, 2009, ALVES et al., 2011; GARCIA et al., 2011). Este teste vem sendo muito empregado para monitoramento ambiental do ar, de efluentes e de água (SISENANDO et al., 2011; PAGNUSSAT & BUNDCHEN, 2008; ANDRADE JUNIOR et al., 2008; SILVA, 2005; SANTOS, 2004; MIELLI, 2008; THEWES et al., 2011; ALVES et al., 2011; GARCIA et al., 2011).

### 1.3 PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Outro ponto de fundamental importância, dentro do âmbito de impacto ambiental está a análise de percepção ambiental da comunidade local. Esta observação possibilita a

participação da comunidade no desenvolvimento, bem como proporciona uma interação harmônica do conhecimento local com o conhecimento do exterior (abordagem científica) enquanto instrumento educativo e de transformação, proporcionando maior conhecimento do grau de impacto que o rio Golandim exerce sobre a comunidade local (WHYTE, 1978; VILLAR et al, 2008). Saber como os indivíduos percebem o ambiente em que vivem suas fontes de satisfação e insatisfação e sua inter-relação com o local ao qual está inserido, é de fundamental importância, pois assim, será possível a realização de um trabalho com bases locais, partindo da realidade do público alvo (FAGGIONATO, 2002). Os resultados da pesquisa de percepção ambiental das comunidades locais podem apoiar a discussão e compreensão das representações e relações socioambientais e subsidiar o planejamento de projetos de manejo, por exemplo, de bacia e também contribuirá com futuras discussões voltadas para a preocupação ambiental baseadas no perfil dos entrevistados, em relação ao seu grau de conhecimento sobre o meio ambiente no qual faz parte e desta forma direcionando o foco de futuros trabalhos de educação ambiental (CALDAS et al, 2005; VILLAR et al, 2008; SANTOS et al, 2010).

A percepção ambiental pode ser definida como sendo uma tomada de consciência do ambiente pelo homem, ou seja, o ato de perceber o ambiente no qual está inserido, aprendendo a proteger e a cuidar do mesmo. Cada indivíduo percebe, reage e responde diferentemente às ações sobre o ambiente em que vive. As respostas ou manifestações daí decorrentes são resultado das percepções (individuais e coletivas), dos processos cognitivos, julgamentos e expectativas de cada pessoa (FERNANDES, 2005). Compreender qual a percepção ambiental dos indivíduos e seus grupos tem sido uma prática realizada por pesquisadores ao considerarem que isto fornece subsídios para um maior entendimento das interações que as pessoas estabelecem com o meio ambiente e esta pode ser compreendida como o primeiro passo para a formação e sensibilização ambiental (MENDES, 2005; GARCIA et al, 2011; DANTAS et al, 2011).

A leitura perceptiva do ambiente, tanto individual quanto coletiva, é produzida das inter-relações entre o morador e o ambiente, o julgamento perceptivo do ambiente está vinculado às crenças e hábitos, a vivência cotidiana molda padrões comportamentais habituais. Neste sentido, o morador urbano tem, na maioria das vezes, situações diárias vivenciadas de forma repetitiva, o que produz uma espécie de máscara destas situações no contexto. O ser humano precisa estimular a percepção e se compreender como um constituinte da natureza e não como um ser a parte. Esta forma de compreensão pressupõe melhorar as condições ambientais, modificando formas de uso e manutenção do lugar onde habita, pela fixação de hábitos culturais mais saudáveis (MUCELIN e BELLINE, 2008).



Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Golandim no município de São Gonçalo do Amarante/RN/Brasil após a realização do plano de recuperação por meio de medições de parâmetros de qualidade de água - análises físico-químicas, de metais pesados e microbiológicos – além de incluir testes que detectem a presença de compostos mutagênicos e tóxicos. Em conjunto, realizou um estudo de percepção ambiental com a comunidade que vive nas proximidades do rio Golandim para diagnosticar como eles percebem o ambiente em que vivem e seus problemas. Desta forma, nossos resultados servirão de subsídios para que os órgãos competentes possam realizar ações de manejo e conservação local, permitindo melhorias na qualidade de vida da população local através da preservação do rio.

Em atendimento aos objetivos deste trabalho e conforme padronização estabelecida pelo Programa, esta Dissertação se encontra composta por esta Introdução geral, uma Caracterização geral da Área de estudo, Metodologia geral empregada para o conjunto da obra e por dois capítulos que correspondem a artigos científicos. O Capítulo 1, intitulado de Diagnóstico do saber ambiental: um estudo de percepção na comunidade ribeirinha em São Gonçalo do Amarante (RN), Brasil, foi publicado na Revista Educação Ambiental em ação em 14 de dezembro de 2011 e está formatado conforme este periódico (Normas no Anexo I). O Capítulo 2, intitulado de Avaliação da qualidade da água do Rio Golandim (RN/Brasil) após décadas de contaminação: este rio encontra-se recuperado após revitalização? será submetido ao periódico Ecotoxicology and Environmental Safety e, portanto, está formatado conforme este periódico (Normas no Anexo II). Ao final será apresentada uma Conclusão geral deste trabalho.

## **2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 SÃO GONÇALO DO AMARANTE**

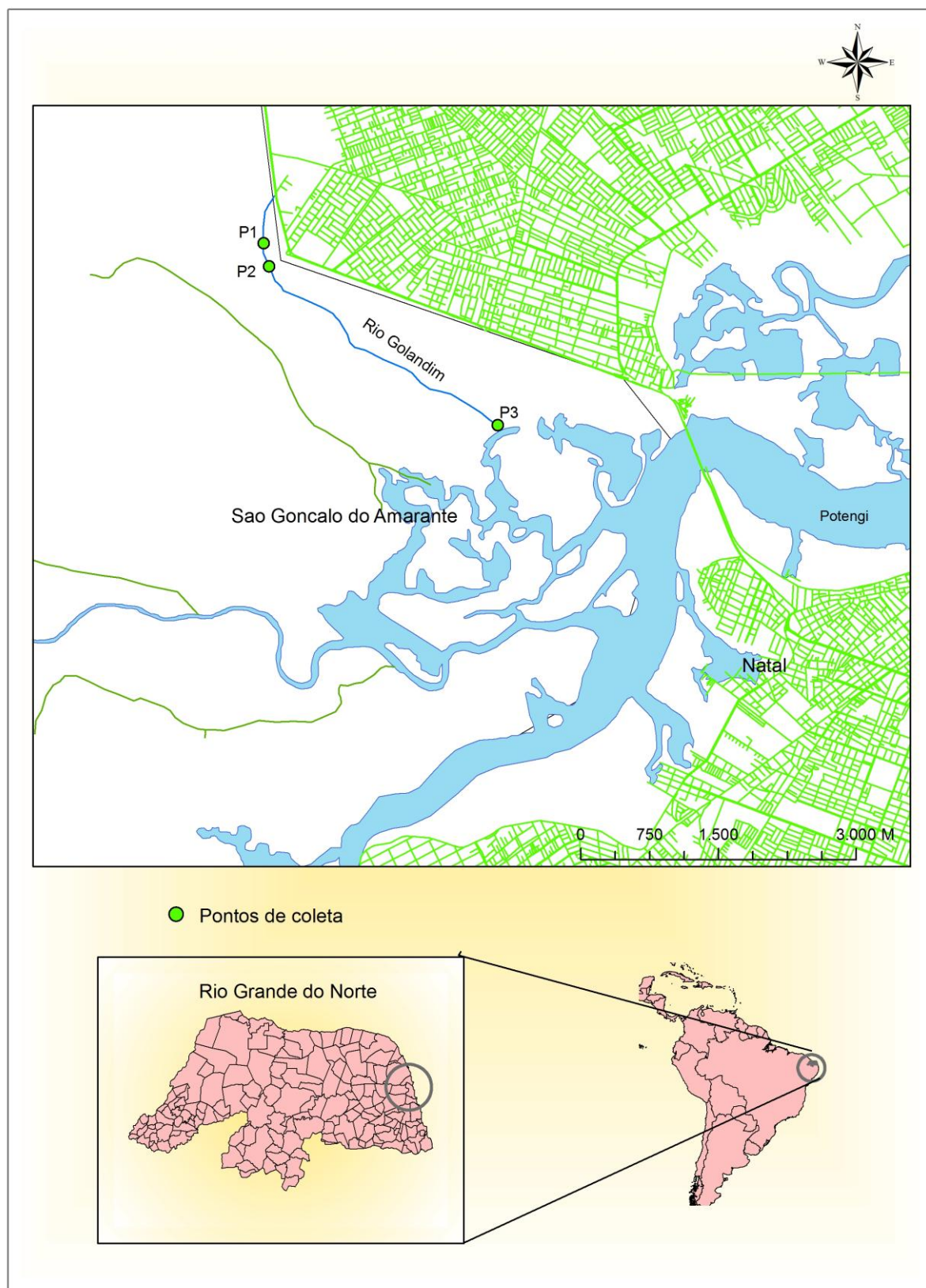
O município de São Gonçalo do Amarante está localizado no Estado do Rio Grande do Norte (RN) (Figura 1), distante 13 km da capital Natal, situado à margem esquerda do rio Potengi, na microrregião de Macaíba, ocupa uma área total de 264 km, integra a Grande Natal, fazendo limites ao norte com os municípios de Ceará - Mirim e Extremoz, ao sul com Macaíba, a leste com Natal e a oeste com Ielmo Marinho. Segundo censo IBGE 2010, possui uma população de 87.668 habitantes. Apresenta clima predominantemente tropical chuvoso, com temperatura média de 27°C, com precipitações concentradas entre os meses de abril a julho. As principais atividades econômicas desenvolvidas no município são a agricultura de

subsistência e a de comercialização da cana de açúcar, abacaxi, banana e caju para extração da castanha de caju, a pecuária e na indústria de cerâmica e pedreiras (PREFEITURA DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE, 2009).

## **2.2 RIO GOLANDIM**

O rio Golandim está situado no município de São Gonçalo do Amarante (Figura 1), no estado do Rio Grande do Norte (RN), se localiza próximo a comunidade dos bairros do Golandim e Jardim Lola e possui uma extensão que compreende a nascente, na BR 406, próximo ao município de Ceará - Mirim até o mangue, onde o rio termina, no estuário do rio Potengi, sendo então um dos afluentes deste rio e pertencendo à bacia hidrográfica do Potengi. Este aquífero tem uma capacidade máxima de vazão variando entre 5 a 100 m<sup>3</sup>/h.

A Bacia do rio Golandim encontra-se sobre o chamado Aquífero Barreiras, composto por arenitos finos e grosseiros, conglomerados, arenitos argilosos, caulínicos e ferruginosos níveis de cascalhos, lateritas e argilitas variadas, de coloração amarela e avermelhadas. Este aquífero pode ser encontrado em sua forma confinada, semiconfinada e livre, em algumas áreas, com capacidade máxima de vazão variando entre 5 a 100 m<sup>3</sup>/h, com águas consideradas de excelente qualidade química, com baixos teores de sódio, podendo ser utilizada para qualquer fim. Em grande parte da área, encontra-se uma vegetação subperifólia, constituída por árvores sempre verdes, com grande número de folhas largas, troncos relativamente delgados, densos, em certos pontos, observa-se que o solo é coberto por húmus. Nessa mesma área, encontra-se a formação vegetal subcaducifólia, caracterizada pela queda das folhas das árvores durante o período seco, sendo possível verificar a presença de campos de várzea - áreas planas caracterizadas pela deposição de sedimentos finos. Esta formação é caracterizada por uma vegetação de várzeas úmidas, composta por espécies herbáceas da família das gramíneas e ciperáceas. Na parte final da bacia, encontra-se uma formação manguezal associadas a outras plantas, adaptadas a um solo periodicamente inundado pelas marés, com grande variação de salinidade (PRAD, 2002).



**Figura 1.** Localização do município de São Gonçalo do Amarante (RN/Brasil) e dos pontos de coleta de água no Rio Golandim

### 3. METODOLOGIA GERAL

#### 3.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram selecionados 03 pontos amostrais (Figura 1) para coleta de água do rio, a qual foi coletada em frascos adequados, acondicionados e transportados para o Laboratório de Mutagênese Ambiental (LAMA) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, para realização dos testes de mutagenicidade com *Tradescantia* (TRAD-MCN), para o Departamento de Oceanografia e Limnologia-UFRN para testes ecotoxicológicos no Laboratório de Ecotoxicologia e para o Instituto Federal do Rio Grande do Norte para análises físico-químicas, de metais pesados e análises microbiológicas no Núcleo de análises de águas, alimentos e efluentes. Duas coletas foram realizadas, em duas diferentes épocas do ano, a seca (09 de dezembro de 2010) e a chuvosa (06 de julho de 2011).

O ponto 1 (P1 - S05°45.912' H035°17.821') fica mais próximo da nascente e na sua margem esquerda sentido nascente-foz existem residências da comunidade ribeirinha, já o ponto 2 (P2 - S05°45.954' H035°17.764') é o intermediário entre o P1 e P3, e neste foi observado muito lixo depositado e o ponto 3 (P3 - S05°46.972' HO35°16.780') localiza-se na RN-160, sentido Natal - São Gonçalo do Amarante em uma área mais urbanizada e mais próximo da foz do rio (Figura 2).



**Figura 2.** Pontos de Coleta

Fonte: Aline Costa

#### 3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, METAIS PESADOS E MICROBIOLÓGICAS

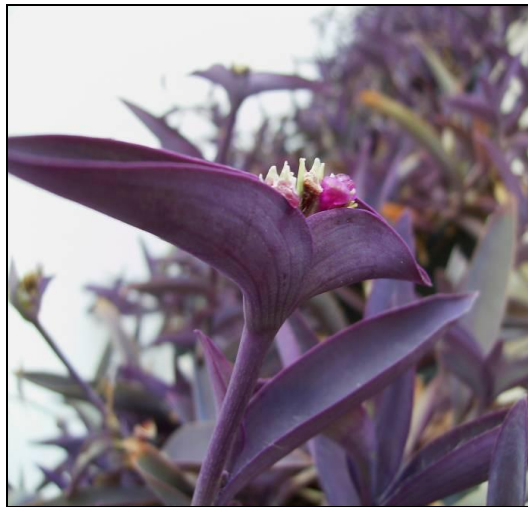
Parte das amostras de água coletada foi encaminhada para o Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), tendo

como responsável o Laboratorista em Meio Ambiente Douglasnilson de Moraes Ferreira, registrado no Conselho de Química (CRQ) 15.100.275, para as demais análises.

Foram analisados os metais presentes na água - alumínio, cádmio, cobalto, cobre, chumbo, cromo, ferro, manganês, níquel, prata e zinco. Os ensaios físico-químicos tiveram como variáveis analisadas: condutividade elétrica, cor, turbidez, pH, sólidos totais a 105°C, sólidos totais dissolvidos, sólidos em suspensão, alcalinidade total, a hidróxidos, a carbonatos e a bicarbonatos, dureza total, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro dissolvido, carbonato, bicarbonato, sulfato e cloreto e os parâmetros microbiológicos sendo quantificados os coliformes fecais totais e os termotolerantes presentes na água, todos os testes foram realizados através da metodologia utilizada APHA *et al.* (2005).

### 3.3 TESTE DE MICRONÚCLEO COM *Tradescantia pallida*

Para o teste com bioindicadores vegetais, foi utilizada a *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt *var. purpúrea* (Figura 3).



**Figura 3.** *Tradescantia pallida* Fonte: Aline Costa

As plantas foram cultivadas no laboratório da UFRN no Centro de Biociências, mantidas em temperatura ambiente e irrigadas diariamente com água destilada, mantendo as condições ideais. A exposição da planta ocorreu por hidroponia às amostras coletadas, onde foram coletados talos das plantas que tinham inflorescências jovens em forma de barca (Figura 4) e estes foram expostos em etapas: a adaptação, na qual a planta ficou 24 horas em 560 mL de solução de Hoagland (solução nutritiva) com aeração, em seguida as plantas foram expostas à água coletada do rio, por 12 horas e a de recuperação por 24 horas em solução de

Hoagland. Para o controle positivo foi utilizado o formaldeído 0,2% e para o controle negativo a solução de Hoagland. Ao final os botões foram coletados e colocados em tubos falcon para fixação em solução fixadora 1:3 (ácido acético: etanol) por 48 horas, em seguida, foi substituída esta solução por álcool 100% até a preparação das lâminas para contagem dos micronúcleos.



**Figura 4.** Inflorescência em forma de barca Fonte: Aline Costa

A análise seguiu a metodologia descrita por MA *et al.* (1981), onde foram selecionados botões florais jovens que continham células mães de grãos de pólen em estágio de tétrades, dissecou-se os botões liberando os grãos de pólen, removem-se os debris. Adicionou-se o corante carmin, cobriu-se com lamínula e em seguida foi aquecido a 80°C para visualização em microscópio para contagem da frequência de micronúcleo. De cada ponto amostral e dos controles positivo e negativo foram preparadas 10 lâminas. Um total de 300 tétrades, por lâmina foi analisado em microscópio óptico, em um aumento de 400 X, contando-se o número de tétrades normais e tétrades com um ou mais micronúcleos (Figura 5). A frequência de micronúcleo foi expressa em porcentagem (nº total de micronúcleos em 100 tétrades).



**Figura 5.** Tétrade normal acima do lado esquerdo e tétrade com 2 MCN a direita da imagem

### 3.4 TESTE ECOTOXICOLÓGICO

Foi seguido o método de ensaio com *Ceriodaphnia spp* (Crustacea, Cladocera) (Figura 6) pela norma 13373:2005 da ABNT NBR, onde os cladóceros foram expostos à água coletada para verificar a toxicidade aguda e crônica em resposta aos poluentes presentes nas amostras.

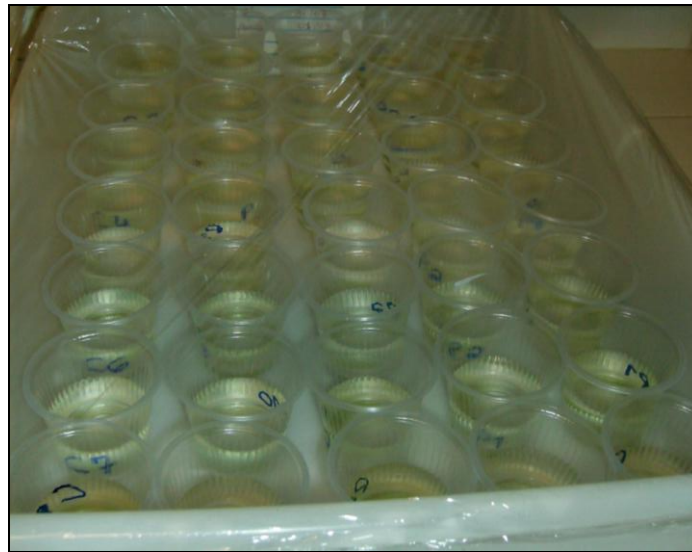


**Figura 6.** *Ceriodaphnia dubia*

Fonte: <http://www.mblaquaculture.com>

A cada ponto de coleta, foram expostos 10 filhotes com no máximo 24 horas de vida e esses foram divididos em tubos de ensaio unitários de 10 mL (Figura 7), mantidos nas amostras coletadas por oito dias. O controle foi exposto no mesmo período com a água de cultivo, seguindo a norma da ABNT. A cada 48 horas ocorreram às renovações do teste, onde

foi feito o registro de mortalidade e natalidade dos indivíduos e em seguida foram alimentados. Nas primeiras 48 horas do ensaio foram observados os efeitos de ordem aguda, após as 48 horas iniciais até o final do teste que dura 8 dias, se avalia nas 96 horas e 144 horas finais, onde foram observados os efeitos crônicos, ou seja, taxa de reprodução assim como mortalidade. Nas primeiras 48 horas se ocorrer diferença significativa na sobrevivência o resultado é expresso como “efeito agudo”. Se não ocorrer diferença estatística significativa na sobrevivência ou reprodução dos organismos em relação ao controle, é considerado “não tóxico” e se ocorrer é considerado “tóxico”.



**Figura 7.** Exposição à água coletada. Fonte: Aline Costa

### 3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os programas estatísticos utilizados neste trabalho foram o GraphPad Prism 5 e o BioEstat versão 5.0. No teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN), após o teste de normalidade (teste Kolmogorov-Smirnov), foi feita a análise de variância (ANOVA) one-way seguido do teste Dunnett para avaliar a significância entre os pontos amostrais e o grupo controle ( $p < 0.01$ ). Para os testes ecotoxicológicos, foram avaliados os dados de mortalidade, tanto no período agudo como no crônico, utilizando o Teste Exato de Fisher ( $p < 0.05$ ). Os dados de reprodução foram submetidos ao teste de normalidade e depois, utilizou-se o ANOVA one-way seguido do teste Tukey ( $p < 0.05$ ).



### **3.6 PERCEPÇÃO AMBIENTAL**

A percepção ambiental foi realizada após a aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CEP/UFRN), mediante parecer nº 303/2010 CEP/UFRN e CAAE 0158.0.051.000-10 em outubro de 2010 (Anexo III). As entrevistas foram realizadas com a comunidade que mora nas imediações do rio Golandim, no bairro do Golandim que possui uma população estimada de 8.397 habitantes. A escolha desses indivíduos foi feita de forma aleatória e 100 questionários foram aplicados no período de novembro/2010 a março/2011. Os participantes da comunidade deveriam ter idade igual ou superior a 18 anos, que habitassem no município, de ambos os sexos, de qualquer etnia, grupo ou classe social. Todos os participantes foram voluntários e assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre a pesquisa (Anexo IV).

Este questionário funcionou como instrumento diagnóstico da situação dessa comunidade em relação ao seu saber/agir ambiental e, além disso, tornar-se-á parte primordial para futuros projetos de educação ambiental, já que esse diagnóstico é capaz de identificar as necessidades, as expectativas e as relações que essas pessoas estabelecem com o meio ambiente da sua localidade.

O questionário (Anexo V) tinha questões fechadas e uma aberta e estava dividido em três partes: perfil do entrevistado, conhecimento sobre meio ambiente e conhecimento sobre o Rio Golandim. Para análise e interpretação dos dados foi usado o programa SPSS Statistics 15.0 (Statistical Package for the Social Science) e técnicas estatísticas descritivas, como distribuição de frequência e tabulação cruzada (ou crosstabs).

## REFERÊNCIAS

ADAM, M.L.; TORRES, R.A.; SPONCHIADO, G.; MOTTA, T.S.; OLIVEIRA, C.M.R.; CARVALHO-FILHO, M.A.; CORREIA, M.T.S. **Environmental Degradation at a Public Park in Southern Brazil as Revealed Through a Genotoxicity Test (MN) on Peripheral Blood Cells from *Poecilia vivipara* (Teleostei).** *Water Air Soil Pollut* (2010) 211:61–68.

AFONSO, J.A.C. **Renaturalização e revitalização de rios urbanos: uma abordagem sistêmica.** Dissertação de mestrado em gestão urbana.PUC, Paraná, 2011.

AHMAD, I.; KHAN, M.I.; PATIL, G.; CHAUHAN, L.K.S. **Evaluation of cytotoxic, genotoxic and inflammatory responses of micro- and nano-particles of granite on human lung fibroblast cell IMR-90.** *Toxicology Letters* 208 (2012) 300– 307.

ALVES, N.O.; LOUREIRO, A.L.M.; SANTOS, F.C.; NASCIMENTO, K.H.; DALLACORT, R.; VASCONCELLOS, P.C.; HACON, S.S.; ARTAXO, P.; MEDEIROS, S.R.B. **Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the eastern Brazilian Amazon region.** *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74 (2011) 1427–1433.

ALVES, R.J.V.; JOTZ, G.P.; AMARAL, V.S.; MONTES, T.M.H.; MENEZES, H.S.; ANDRADE, H.H.R. **The evaluation of mate´ (*Ilex paraguariensis*) genetic toxicity in human lymphocytes by the cytokinesis-block in the micronucleus assay.** *Toxicology in Vitro* 22 (2008) 695–698.

AMARAL, V.S.; SILVA, R.M.; REGULY, M.L.; ANDRANDE, H.H.R. **Drosophila wing-spot test for genotoxic assessment of pollutants in water samples from urban and industrial origin.** *Mutation Research* 583 (2005) 67–74.

ANDRADE JÚNIOR, S.J.; JÚNIOR, J.C.S.S.; OLIVEIRA, J.L.; CERQUEIRA, E.M.M; MEIRELES, J.R.C. **Micronúcleos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. purpurea Boom: alterações genéticas decorrentes de poluição aérea urbana.** *Acta Sci. Biol. Sci. Maringa*, v. 30, n. 3, p. 295-301, 2008.

APHA et al. **Standart methods for the examination of water anda wastewater.** 21th Washington D.C American public health associations, 2005.

ARIAS, A.R.L.; BUSS, D.F.; ALBUQUERQUE, C.; INACIO, A.F.; FREIRE, M.M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D.F. **Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos.** *Ciência & Saúde Coletiva*, 12 (1): 61-72, 2007.

ARSLAN, O.Ç.; PARLAK, H.; KATALAY, S.; BOYACIOGLU, M.; KARAASLAN, M.A.; GUNER, H. **Detecting micronuclei frequency in some aquatic organisms for monitoring pollution of Izmir Bay (Western Turkey).** *Environ Monit Assess* (2010) 165:55–66.

BELTRAME, L.T.C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, pós-graduação em engenharia química, Natal, 2000.

BERGAMASCO, A.M.D.D.; SÉKULA, K.; DANIEL, M.H.B.; QUEIROZ, F.B.; CABRAL, A.R. **Contaminantes químicos em águas destinadas ao consumo humano no Brasil.** *Cad. Saúde Colet.*, 2011, Rio de Janeiro, 19 (4): 479-86.

BIANCHI, J.; ESPINDOLA, E.L.G.; MORALES, M.A.M.. **Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents.** *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74 (2011) 826–833.

BOLOGNESI, C.; LANDINI, E.; ROGGIERI, P.; FABBRI, R.; VIARENGO, A. **Genotoxicity Biomarkers in the Assessment of Heavy Metal Effects in Mussels: Experimental Studies.** *Environmental and Molecular Mutagenesis* 33:287–292 (1999).

BRITTO, A.L.; BARRAQUE, B. **Discutindo gestão sustentável da água em áreas metropolitanas no Brasil: reflexões a partir da metodologia europeia** *Water 21*. *Cadernos metrópole* 19, pp. 123-142, 2008.

BURATINI, S.V.; BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. **Evaluation of *Daphnia similis* as a Test Species in Ecotoxicological Assays.** *Environmental Contamination And Toxicology*, 2004.

BURGAZ, S.; COSKUN, E.; DEMIRCIGIL, G.C.; KOCABAS, N.A.; CETINDAG, F.; SUNTER, O.; EDINSEL, H. **Micronucleus frequencies in lymphocytes and buccal**

**epithelial cells from patients having head and neck cancer and their first-degree relatives.** *Mutagenesis* vol. 26 no. 2 pp. 351–356, 2011.

CAERN – COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE.  
**Tratamento de esgoto.** Disponível:  
[http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/principal/gerados/tratamento\\_esgoto.asp](http://www.caern.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/caern/principal/gerados/tratamento_esgoto.asp). Acessado em fevereiro de 2012. 2012.

CALDAS, A.L.R.; RODRIGUES, N.S. Avaliação da Percepção Ambiental: Estudo de **Caso da Comunidade Ribeirinha da Microbacia do Rio Magu.** *Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.* ISSN 1517-1256, Volume 15, julho a dezembro de 2005.

CHIMPAN, C. & ŞIPOŞ, M. **Anatomy of the vegetative organs of *Tradescantia pallida purpurea*.** *Bihorean Biologist*, Oradea, Romania, 2009.

COELHO, R.S.; VIEIRA, E.M.; ESPINDOLA, E.L.G. **Avaliação preliminar da toxicidade das águas superficiais da faculdade de zootecnia e engenharia de alimentos (FZEA-USP).** Campus Pirassununga, SP. Poluentes orgânicos – volume 1, São Carlos:Rima, 2006.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO N ° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.**

COOMAN,K.; DEBELS,P.; GAJARDO,M.; URRUTIA, R.;BARRA, R. **Use of *Daphnia* spp. for the Ecotoxicological Assessment of Water Quality in an Agricultural Watershed in South-Central Chile.** *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 48, 191–200 (2005).

COOPER, N.L.; BIDWELL, J.R.; KUMAR, A. 2009.**Toxicity of copper, lead and zinc mixtures to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia carinata*.** *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72 () 1523–1528.

CUNHA, D. G.F.; GRULL, D.; DAMATO, M.; BLUM, J.R.C.; EIGER, S.; LUTTI, J.E.I.; MANCUSO, P.C.S. **Contiguous urban rivers should not be necessarily submitted to the same management plan: the case of Tietê and Pinheiros Rivers (S.o Paulo-Brazil).** *An Acad Bras Cienc* (2011).

CYMERMAN, S. & KEMPERS, A.J. **Heavy Metals in Aquatic Macrophytes from Two Small Rivers Polluted by Urban, Agricultural and Textile Industry Sewages SW Poland.** Arch. Environ. Contam. Toxicol. 53, 198–206, 2007.

DANTAS, R.C.; ALVES, N.O.; MEDEIROS, S.R.; AMARAL, V.S. **Uma análise sócio-ambiental na perspetiva dos moradores do município de Lajes Pintadas (RN): Um desafio a sustentabilidade no Semi-Árido Brasileiro.** Revista educação ambiental em ação, nº 38, 2011.

DE CARVALHO, A.B & HAMMERSCHMIDT, E.M. **Efeito dos efluentes industriais na Bacia Hidrográfica Guajiru – Golandim - Pontengi.** Relatório de Biogeografia. UFRN, Natal-RN, Brasil, 2000.

DILER, S.I.B. & ÇELIK, A. **Cytogenetic Biomonitoring of Carpet Fabric Workers Using Micronucleus Frequency, Nuclear Changes, and the Calculation of Risk Assessment by Repair Index in Exfoliated Mucosa Cells.** DNA AND CELL BIOLOGY. Volume 30, Number 10, 2011.

ESPINDOLA, E.L.G.; BRIGANTE, J.; DORNFELD, C.B. **Estudos ecotoxicológicos no rio Mogi-Guaçu.** São Carlos – SP – Rima, Pg. 129-148, 2003.

FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental.** Disponível em: [www.educar.sc.usp.br/textos](http://www.educar.sc.usp.br/textos). Acessado em 26/ 06/ 2010.

FALCÃO, R.B.M. **A Educação Ambiental no Enfrentamento da Despoluição do Rio Golandim, município de São Gonçalo do Amarante e seus desdobramentos no estado do Rio Grande do Norte.** Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte, 2008.

FENECH, M. **The in vitro micronucleus technique.** Mutation Research 455 (2000) 81–95.

FENECH, M.; KIRSCH-VOLDERS, M.; NATARAJAN, A.T.; SURRALLES, J.; CROTT, J.W.; PARRY, J.; NORPPA, Y.H.; EASTMOND, D.A.; TUCKER, J.D.; THOMAS, P. **Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells.** Mutagenesis vol. 26 no. 1 pp. 125–132, 2011

FERNANDES, A.K.S.; ARAUJO, A.L.C.; TORRES, D.M.; INGUNZA, M.D.P.D. **Avaliação da qualidade das águas do rio Golandim, RN-Brasil**. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

FERNANDES, R.S.; SOUZA, V.J.; PELISSARI, V.B.; FERNANDES, S.T. **Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental**. Rede Brasileira de Centros de Educação Ambiental. Rede CEAS. Notícias, 2005. Disponível em: [http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao\\_Ambiental.pdf](http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao_Ambiental.pdf). Acessado em 28 de junho de 2010.

FRYIRS, K. & BRIERLEY, G.J. **Naturalness and Place in River Rehabilitation**. 2009. Naturalness and place in river rehabilitation. *Ecology and Society*.

GANNA, J.M.; ORDEONEZ, R.; ZAMPINI, C.; HIDALGO, M.; MEONIB, S.; ISLA, M.I. **Industrial effluents and surface waters genotoxicity and mutagenicity evaluation of a river of Tucuman, Argentina**. *Journal of Hazardous Materials* 155 (2008) 403–406.

GARCIA, A.C.F.S.; AMARAL, V.S.; MEDEIROS, S.S.R.B. **Percepção Ambiental no Sertão do Estado do Rio Grande do Norte: Um estudo de caso**. *Revista educação ambiental em ação*, nº35, 2011.

GARCIA, A.C.F.S.; MARCON, A.E.; FERREIRA, D.M.; SANTOS, E.A.B.; AMARAL, V.S.; MEDEIROS, S.R.B. **Micronucleus study of the quality and mutagenicity of surface water from a semi-arid region**. *J. Environ. Monit.*, 13, 3329–3335, 2011.

GIORGETTI, L.; TALOUIZTE, H.; MERZOUKI, M.; CALTAVUTURO, L.; GERI, C.; FRASSINETTI, S. **Genotoxicity evaluation of effluents from textile industries of the region Fez-Boulmane, Morocco: A case study**. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74 (2011) 2275–2283.

GOWD, S.S. & GOVIL, P.K.. **Distribution of heavy metals in surface water of Ranipet industrial area in Tamil Nadu, India**. *Environ Monit Assess* (2008) 136:197–207.

GraphPad Prism 5 e o BioEstat versão 5.0. Kolmogorov-Smirnov. ANOVA one-way. Dunnett and Tukey. Exato de Fisher.

GREELEY JR., M.S.; KSZOS, L.A.; MORRIS, G.W.; SMITH, J.G.; STEWART, A.J. **Role of a Comprehensive Toxicity Assessment and Monitoring Program in the Management and Ecological Recovery of a Wastewater Receiving Stream.** *Environmental Management* (2011) 47:1033–1046.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** São Gonçalo do Amarante/RN. População. Acessado em 06.07.2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=241200>.

IDEMA. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. Principais ações no estuário do rio Potengi.2007

JÄRUP, L. **Hazards of heavy metal contamination.** *British Medical Bulletin*, Vol. 68 © The British Council 2003.

JOSSE, R.; ROGUE, A.; LORGE, E.; GUILLOUZO, A. **An adaptation of the human HepaRG cells to the in vitro micronucleus assay.** *Mutagenesis* vol. 27 no. 3 pp. 295–304, 2012.

JÚNIOR, H.M.; SILVA, J.; ARENZON, A.; PORTELA, C.S.; FERREIRA, I.C.F.S.; HENRIQUES, J.A.P. **Evaluation of genotoxicity and toxicity of water and sediment samples from a Brazilian stream influenced by tannery industries.** *Chemosphere* 67 (2007) 1211–1217.

KAHRU, A. & DUBOURGUIER, H.C. **From ecotoxicology to nanoecotoxicology.** *Toxicology* 269 (2010) 105–119.

KESKIN, S. **Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Nigde, Turkey.** *Environ Monit Assess* (2012) 184:449–460.

KOÇ, C.. **A Study on the Pollution and Water Quality Modeling of the River Buyuk Menderes, Turkey.** *Clean – Soil, Air, Water*, 38 (12), 1169–1176, 2010.

KÜHL, A.M.; ROCHA, C.L.M.S.C.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; TÔHA, F.A.L. **Rural and Urban Streams: Anthropogenic Influences and Impacts on Water and Sediment Quality.** Internat. Rev. Hydrobiol 2010 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 1434-2944/10/306-0260.

LIU, J.; ZHANG, X.H.; TRAN, H.; WANG, D.Q.; ZHU, Y.N. **Heavy metal contamination and risk assessment in water, paddy soil, and rice around an electroplating plant.** Environ Sci Pollut Res, 18:1623–1632, 2011.

M. MIS'IK; T-H. MA; A. NERSESYAN; S. MONARCA; J.K. KIM; S. KNASMUELLER. **Micronucleus assays with Tradescantia pollen tetrads: an update.** Mutagenesis vol. 26 no. 1 pp. 215–221, 2011.

MA, T.H.; CABRERA, G.L.; CHEN, R.; GILL, B.S.; SANDHU, S.S.; VANDENBERG, A.L.; SALAMONE, M.F. Tradescantia micronucleus bioassay. **Mutation Research**, 310: 221-230, 1994.

MAGER, E.M.; BRIX, K.V.; GERDES, R.M.; RYAN, A.C.; GROSELL, M. **Effects of water chemistry on the chronic toxicity of lead to the cladoceran, Ceriodaphnia dubia.** Ecotoxicology and Environmental Safety 74 (2011) 238–243.

MAJER, B. J.; TSHCHERKO, D.; PASCHKE, A.; WENNRICH, R.; KUNDI, M.; KANDELER, E.; KNASMULLER, S. **Effects of heavy metal contamination of soils on micronucleus induction in Tradescantia and on microbial enzyme activities: a comparative investigation.** Mutation Research ,515: 111–124, 2002.

MANSOUR, H.B.; HOUAS, I.; MONTASSAR, F.; GHEDIRA, K.; BARILLIER, D.; MOSTARI, R.; GHEDIRA, L.C. **Alteration of in vitro and acute in vivo toxicity of textile dyeing wastewater after chemical and biological remediation.** Environ Sci Pollut Res, 2012.

MATEUCA, R.; LOMBAERT, N.; AKA, P.V.; DECORDER, I.; KIRSCH-VOLDERS, M. **Chromosomal changes: induction, detection methods and applicability in human biomonitoring.** Biochimie 88 (2006) 1515–1531.



MELO, V.L.M.O. **Contribuições a regeneração de paisagens de rios urbanos**. Simposio CIEN 06, El acceso al agua em La historia de América. Sevilla, Espanha, 2006.

MENDES, R.P.R. **Percepção sobre meio ambiente e educação ambiental: o olhar dos graduandos de ciências biológicas da PUC-Betim**. Pontifícia universidade católica de Minas Gerais, 2005.

MIELLI, A.C. **Avaliação da atividade genotóxica de lodo de esgoto tratado do estado de São Paulo com o teste de micronúcleo em células germinativas de Tradescantia (Trad-MN)**. Tese de doutorado em ciências da Universidade de São Paulo, 2008.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: Manual de uso. Vamos cuidar de nossas águas. Implementando o plano nacional de recursos hídricos**. 4ª edição, Brasília-DF, 2009.

MONDAL, N.K.; GHOSH, S.; RAYA, M.R. **Micronucleus formation and DNA damage in buccal epithelial cells of Indian street boys addicted to gasp ‘Golden glue’**. Mutation Research 721 (2011) 178–183.

MUCELIN, C.A. & BELLINI, M. **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, **20** (1): 111-124, jun. 2008.

NADDAFI. K.; HONARI, H.; AHMADI, M. **Water quality trend analysis for the Karoon River in Iran**. Environ Monit Assess, 134:305–312, 2007.

NEGREIRO, B.T.B.; EGLER, S. **Avaliação ecotoxicológica da qualidade das águas do Rio Piabanha (RJ)**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.

NETO, A.C.N. **Avaliação de toxicidade aguda e crônica em águas do rio Jundiaí e em afluentes e efluentes da ETE Novo Horizonte, Jundiaí, São Paulo**. Dissertação de mestrado e ciências na área de tecnologia nuclear, Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo, 2009.

NIENHUIS, P.H.; BUIJE, A.D.; LEUVEN, R.S.E.W.; SMITS, A.J.M.; NOOIJ, R.J.W.; SMABORSKA, E.M. **Ecological rehabilitation of the lowland basin of the river Rhine (NW Europe)**. *Hydrobiologia* **478**: 53–72, 2002.

OHE, T.; WATANABE, T.; WAKABAYASHI, K. **Mutagens in surface waters: a review**. *Mutation Research* 567 (2004) 109–149.

PAGNUSSAT, S.M. & BUNDCHEN, M. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL CLASTOGÊNICO DE EFLUENTES DE LATICÍNIO UTILIZANDO BIOENSAIO DO MICRONÚCLEO DE *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. var. *purpurea* Boom (COMMELINACEAE) (TRAD – MCN)**. VI semana de estudos de engenharia ambiental, 2008.

PRAD. **Plano de Recuperação da área degradada do rio Golandim**. Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte, 2002.

PREFEITURA DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE. **Localização, clima, vegetação**. Disponível em: <http://www.saogoncalo.rn.gov.br/saogoncalo.php#localizacao>.

PROTOCOLO 13373 ABNT NBR 2005. **Ecotoxicologia aquática- toxicidade crônica- método de ensaio com *Ceriodaphnia spp*** (Crustacea, Cladocera).

RATTNER, HENRIQUE. **Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável**. *Ciência & Saúde Coletiva*, 14 (6): 1965-1971, 2009.

ROBINSON, T.; MCMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAN, P. **Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative**. *Bioresource Technology* 77 (2001) 247±255.

SANTORO, A.; BLO, G.; MASTROLITTI, S.; FAGIOLI, F. **Bioaccumulation of Heavy Metals by Aquatic Macroinvertebrates Along the Basento River in the South of Italy**. *Water Air Soil Pollut* (2009) 201:19–31.

SANTOS, I.T.Q.P. **Avaliação da atividade clatogênica do resíduo catalítico industrial, por meio do bioensaio de micronúcleos com *Tradescantia pallida* cv. Purpurea.** Tese de doutorado em ciência na Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS, V.R.; SANTANA, A.R.; NAKAYAMA, L. **PERCEPÇÃO AMBIENTAL: AVALIAÇÃO DO PERFIL DE CIDADANIA AMBIENTAL DOS ESTUDANTES DOS CURSOS DE LICENCIATURA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ (IFPA).** *Revista educação ambiental em ação*, No. 31 - 03/03/2010.

SCHIRMER, K.; FISCHER, B.; MADUREIRA, D.J.; PILLAI, S. **Transcriptomics in ecotoxicology.** *Anal Bioanal Chem* (2010) 397:917–923.

SHENG, J.; WANG, X.; GONG, P.; TIAN, L.; YAO, T. **Heavy metals of the Tibetan top soils. Level, source, spatial distribution, temporal variation and risk assessment.** *Environ Sci Pollut Res.* 2012.

SILVA, J.S. **Efeitos genotóxicos em tétrades de *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpurea* induzidos por poluentes atmosféricos na cidade de SALVADOR-BA.** Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana, 2005.

SILVA, L.C. **Manejo de rios degradados: uma revisão conceitual.** *Revista Brasileira de Geografia Física* 03 (2010) 23-32.

SINGH, R.; GAUTAM, N.; MISHRA, A.; GUPTA, R. **Heavy metals and living systems: An overview.** *Indian J Pharmacol.* 2011 May-Jun; 43(3): 246–253.

SISENANDO, H. A.1; BATISTUZZO DE MEDEIROS, S. R.2; HACON, S. S. ***Tradescantia pallida*: mais do que uma linda flor, um importante bioindicador da qualidade ambiental.** *Genética na escola.* 04.02, 09-13, 2009.

SISENANDO, H.; MEDEIROS, S.R. B.; SALDIVA, P.H.N.; ARTAXO, P.; HACON, S.S. **Genotoxic potential generated by biomass burning in the Brazilian Legal Amazon by**

**Tradescantia micronucleus bioassay: a toxicity assessment study.** Environmental Health 2011, 10:41.

SPSS Statistics 15.0 (Statistical Package for the Social Science).

STEINKELLNER, H.; KASSIE, F.; KNASMULLER, A. **Tradescantia-micronucleus assay for the assessment of the clastogenicity of Austrian water.** Mutation Research 426/1999:113–116, 1999.

THEWES, M.R.; JUNIOR, D.E.; DROSTE, A. **Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal wastewater treatment plants using the Tradescantia pallida var. purpurea bioassay.** Genetics and Molecular Biology, 34, 4, 689-693 (2011).

TIGINI, V.; GIANANTI, P.; MANGIAVILLANO, A.; PANNOCCHIA, A.; VARESE, G.C. **Evaluation of toxicity, genotoxicity and environmental risk of simulated textile and tannery wastewaters with a battery of biotests.** Ecotoxicology and Environmental Safety 74 (2011) 866–873.

TINÔCO, D, J.; ARAÚJO, A. L. C.; CALAZANS, M. A. D.; CUNHA, J. A. E MARQUES JÚNIOR, S. **Recuperação da Área Degradada da Bacia do Rio Golandim/RN: Diagnóstico Ambiental**, 2008.

TUNDISI, J.G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** Estudos avançados 22 (63), 2008

TUNDISI, J.G. Recursos Hídricos. **O Futuro dos Recursos.** Instituto Internacional de Ecologia, MULTICIÊNCIA, São Carlos-SP, outubro de 2003

TUZEN, M.; ONAL, A.; SOYLAK, M. **DETERMINATION OF TRACE HEAVY METALS IN SOME TEXTILE PRODUCTS PRODUCED IN TURKEY.** Bull. Chem. Soc. Ethiop. **2008**, 22(3), 379-384.

VILLAR, L.M.; ALMEIDA, A.J.; LIMA, M.C.A.; ALMEIDA, J.L.V.; SOUZA, L.F.B.; PAULA, V.S. **A PERCEPÇÃO AMBIENTAL ENTRE OS HABITANTES DA**

**REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.** Esc Anna Nery Rev Enferm 2008 set; 12 (3): 537-43.

WHYTE, A. V. T. **La Perception de Environnement:** lignes directrices méthodologiques pour les études sur le terrain. UNESCO/ Paris, (MAB Technical Notes 5), 1978.

WIDEL, M.; PRZYBYSZEWSKI, W.M.; CIESLAR-PORBIDA, A.; SAENKO, Y.V.; RZESZOWSKA- WOLNY, J. **Bystander normal human fibroblasts reduce damage response in radiation targeted cancer cells through intercellular ROS level modulation.** Mutation Research 731 (2012) 117– 124.

YI, Y.J. & ZHANG, S.H. **Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River.** Environ Sci Pollut Res, 2012.

YONGMING, H.; PEIXUAN, D.; JUNJI, C.; POSMENTIER, E.S. **Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China.** Science of the Total Environment 355 (2006) 176– 186.

ZHANG XIN-YING; LIU XIAO-YAN; WANG JUN; WANG ZHEN-ZHEN ; SU PENG-CHENG; ZHONG CHENG-LIN; CAO ZHENG-NAN. **Contamination characteristics of heavy metals in the water of Daqing Wetlands.** J Shanghai Univ (Engl Ed), 14(4): 262–265,2010.

## CAPÍTULO 1

### **Diagnóstico do saber ambiental: um estudo de percepção na comunidade ribeirinha em São Gonçalo do Amarante (RN), Brasil.**

Aline Rocha de Paiva Costa<sup>1</sup>; Nilmara de Oliveira Alves<sup>2</sup>; Richelly da Costa Dantas<sup>3</sup>; Sílvia Regina Batistuzzo de Medeiros<sup>4</sup> e Viviane Souza do Amaral<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, linerpaiva@hotmail.com

<sup>2</sup>Mestre em Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, nilmara1@yahoo.com.br.

<sup>3</sup>Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, richelly@gmail.com

<sup>4</sup>Doutora em Genética, Professora Titular do Departamento de Biologia Celular e Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Campus Universitário, Lagoa Nova – Natal/RN. CEP 59.072-970, (84) 3211-9209, sbatistu@cb.ufrn.br

<sup>5</sup>Doutora em Genética, Professora Adjunta do Departamento de Biologia Celular e Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Campus Universitário, Lagoa Nova – Natal/RN. CEP 59.072-970, (84) 3211-9209, vamaral@ufrnet.br

**ESTE ARTIGO FOI PUBLICADO NO PERIÓDICO  
EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO EM 14/12/2011, nº 38.**

**RESUMO:** A água é essencial para a manutenção da vida. A poluição ambiental causa a perda da qualidade dos recursos hídricos, afetando a saúde humana. Diante disso, torna-se necessário o desenvolvimento de atividades que sensibilizem e promovam a conscientização da população diante dos problemas ambientais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a percepção ambiental dos moradores da comunidade ribeirinha em São Gonçalo do Amarante/RN. O questionário aplicado abordou questões relacionadas ao perfil do entrevistado, conhecimentos sobre meio ambiente e do rio Golandim. A análise dos dados permitiu observar que a maioria dos moradores são adultos e apresentam uma visão global do que faz parte do meio ambiente. Além disso, citam a poluição do rio como um dos problemas do município, considerando-o grave. Dessa forma, espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam contribuir com futuros trabalhos de educação ambiental no município e que estas atividades sensibilizem a população para os problemas locais.

**Palavras-Chaves:** Recursos hídricos, Rio Golandim, Educação Ambiental, Percepção Ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável para a manutenção da biodiversidade assim como é fundamental para o desenvolvimento sócio-econômico e cultural. São inúmeros os problemas relacionados com os impactos na quantidade e na qualidade da água, tais como: aumento da população, urbanização, produções agrícolas e industriais, uso excessivo de águas subterrâneas e outras atividades (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009; TUNDISI & TUNDISI, 2005).

No Brasil, mais de 90% dos esgotos domésticos e 70% dos efluentes industriais são lançados diretamente nos corpos aquáticos das regiões brasileiras mais densamente povoadas. Logo, estes recursos hídricos se encontram bastante degradados e sem capacidade de depurar seus efluentes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

É importante destacar que esses impactos comprometem a saúde humana, a economia, o abastecimento público e o ambiente. Segundo BRITTO (2008), é fundamental usar racionalmente e economizar a água, conciliando sustentabilidade e qualidade, garantindo assim a sua disponibilidade para as gerações futuras.

Neste contexto, o presente projeto surgiu devido aos sérios problemas ambientais na comunidade ribeirinha em São Gonçalo do Amarante (RN). Estudos relatam que a qualidade das águas do rio Golandim apresentou elevado grau de poluição devido ao grande lançamento de efluentes industriais do Distrito Industrial de Natal, curtumes e de alguns conjuntos habitacionais próximos a área em seu leito, apresentando um comprometimento do seu nível ambiental, principalmente de sua biota e do aproveitamento de sua água (TINÔCO *et al.*, 2008, PRAD, 2002). Atualmente, uma parte da população que vive às margens do rio Golandim utiliza a água extraída de poços subterrâneos, embora alguns já sejam atendidos pelo sistema de abastecimento público do município, através do Sistema de Abastecimento Autônomo de Água e de Esgoto (SAAE) (FALCÃO, 2008).

Diante deste cenário, torna-se necessária a realização de atividades que sensibilizem e promovam a conscientização da população principalmente com relação à água. Uma importante recomendação em nível internacional é a de se investir em uma mudança de mentalidade e valores, sensibilizando as pessoas para a necessidade de se utilizar novas posturas diante da degradação ambiental. Uma comunidade sensibilizada aceita a responsabilidade pela realidade em que vive e assumem a tarefa de transformá-la (FALCÃO, 2008).

Nesse sentido, estudos sobre a percepção ambiental dos indivíduos tem sido uma prática realizada por pesquisadores, pois fornece subsídios para um maior entendimento das interações que as pessoas estabelecem com o meio ambiente. Dessa forma, é possível a realização de um trabalho com bases locais, partindo da realidade do público alvo (FAGGIONATO, 2002; MENDES, 2005).

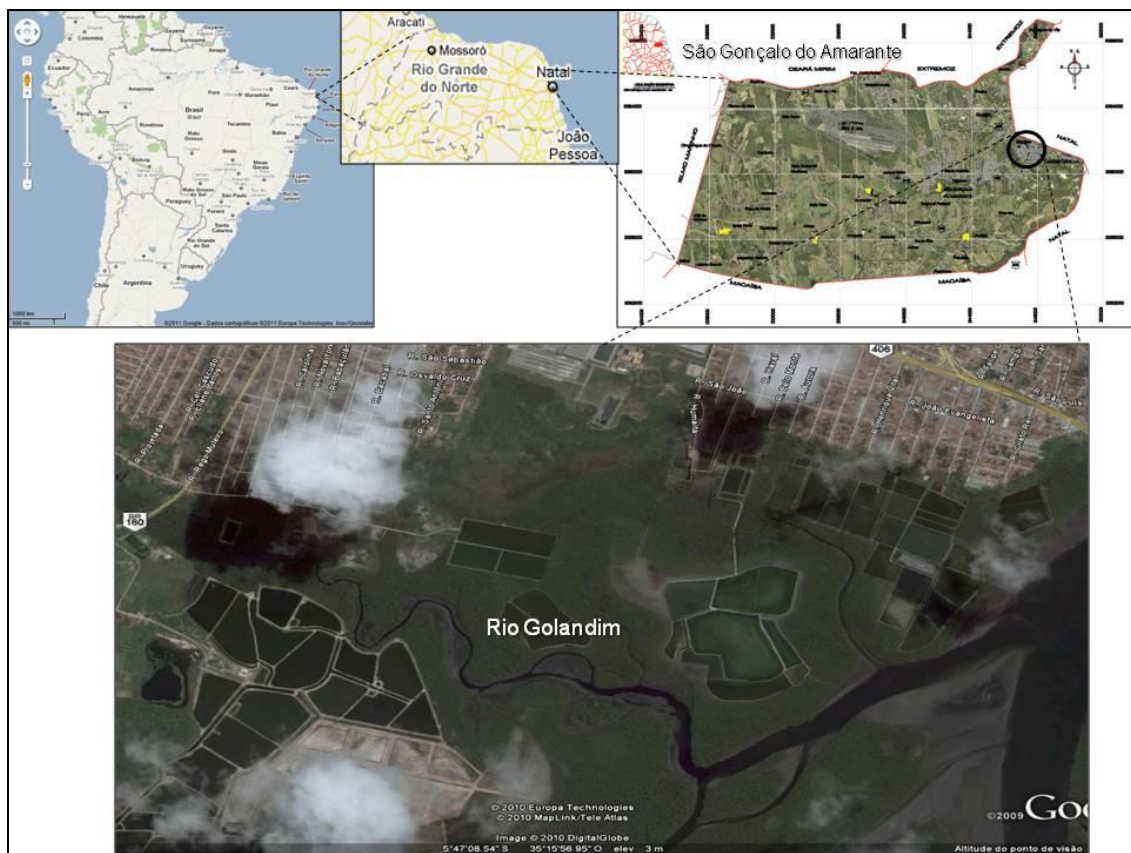
Neste trabalho, destacam-se os seguintes objetivos: investigar como os moradores da comunidade ribeirinha do rio Golandim no município de São Gonçalo do Amarante (RN) percebe o ambiente em que vivem; avaliar os conhecimentos básicos dos participantes sobre o meio ambiente assim como as fontes de informação e analisar como os habitantes utilizam o rio da sua cidade, o qual vem apresentando problemas de contaminação por dejetos industriais e domésticos, impondo riscos à saúde dessa população.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

São Gonçalo do Amarante está localizado no Estado do Rio Grande do Norte (RN), distante 13 km da capital Natal, situado à margem esquerda do rio Potengi, na microrregião de Macaíba. O município ocupa uma área total de 264 km, integra a Grande Natal, fazendo limites ao norte com os municípios de Ceará - Mirim e Extremoz, ao sul com Macaíba, a leste com Natal e a oeste com Ielmo Marinho. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município possui uma população de 87.668 habitantes. O rio Golandim, localizado próximo a comunidade, possui uma extensão que compreende a nascente, na BR 406, próximo a Ceará - Mirim até o mangue, onde o rio termina. É afluente do rio Potengi, pertencendo então a bacia hidrográfica do Potengi (Figura 1).



**Figura 1.** Localização do município de São Gonçalo do Amarante e o rio Golandim

### 2.2. Procedimento metodológico

Um questionário previamente elaborado com questões fechadas e abertas foi utilizado para a coleta de dados. Segundo MENDES (2005), a utilização de questões fechadas em um estudo de percepção permite avaliar as experiências, as características individuais e coletivas de determinados grupos, bem como as tomadas de decisões e as perguntas abertas complementam as informações obtidas através das questões estruturadas, fornecendo informações sobre a identidade dos indivíduos e a percepção sensorial dos mesmos.

O protocolo para essa pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CEP/UFRN), mediante parecer nº

303/2010 e CAAE 0158.0.051.000-10. Os participantes da comunidade deveriam ter idade igual ou superior a 18 anos, que habitassem no município, de ambos os sexos, de qualquer etnia, grupo ou classe social. A escolha desses indivíduos foi feita de forma aleatória e 100 questionários foram aplicados com os habitantes das imediações do rio Golandim no município de São Gonçalo do Amarante/RN, no período de novembro/2010 a março/2011. Todos os participantes foram voluntários e assinaram um termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre a pesquisa.

A elaboração do questionário baseou-se em pesquisas sobre percepção ambiental, sendo feitas algumas adaptações visando o direcionamento e o foco de interesse da pesquisa (CALDAS *et al*, 2005; LIMA, 2003; MENDES, 2005; GARCIA *et al*, 2011; BEZERRA *et al*, 2007; FERNANDES *et al*, 2005).

O questionário está dividido em três avaliações: perfil do entrevistado, conhecimento sobre meio ambiente e sobre o rio Golandim. Para análise e interpretação dos dados foi usado o programa SPSS Statistics 15.0 (Statistical Package for the Social Science) e técnicas estatísticas descritivas, como distribuição de frequência e tabulação cruzada (ou crosstabs).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Perfil do entrevistado**

Neste trabalho, analisaram-se informações do perfil pessoal dos moradores da comunidade ribeirinha do rio Golandim em São Gonçalo do Amarante (RN), tais como: gênero, idade, tempo de moradia e escolaridade.

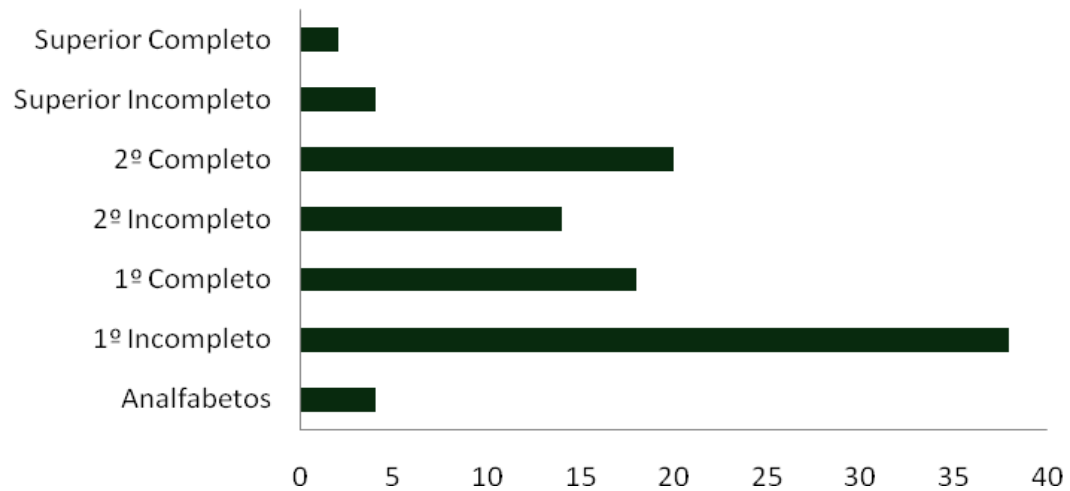
Para o total da entrevista, observou-se que 54% dos entrevistados são do sexo feminino e 46% do masculino, mostrando um equilíbrio na amostra.

Com relação à idade dos entrevistados foram determinadas as categorias segundo classificação do IBGE e Organização Mundial de Saúde (OMS), sendo considerados jovens de 18 – 24 anos, adultos de 25 – 59 anos e idoso acima de 60 anos. Nesta pesquisa, a maioria dos entrevistados são adultos (65%), seguidos dos jovens (25%) e idosos (10%).

Quanto ao tempo de moradia, 60% dos entrevistados residem na cidade há mais de 10 anos. Este é um dado importante, pois mostra que a maioria dos participantes conhece a realidade do município e possuem uma relação mais afetiva. De acordo com LIMA (2003), quando as pessoas vivem muitos anos em um determinado lugar, a familiaridade permite uma maior sensibilização para as questões ambientais de sua cidade e também estão mais disponíveis para a participação de ações que sejam para o bem comum.

Os dados sobre escolaridade indicaram que há o predomínio do 1º grau incompleto (38%) e do 2º grau completo (20%), conforme mostra o gráfico abaixo (Figura 2). Resultados similares, também foram encontrados nos trabalhos de LIMA (2003) e CALDAS *et al*. (2005).

## Escolaridade



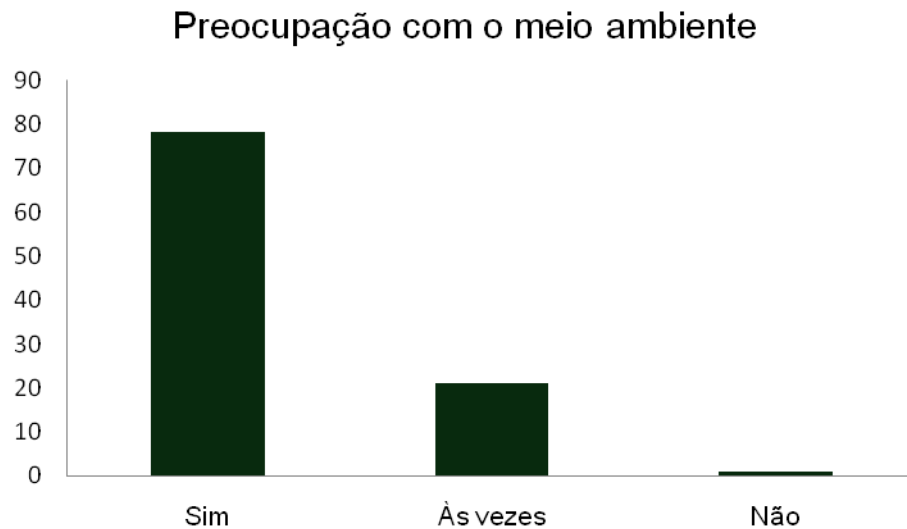
**Figura 2.** Escolaridade dos entrevistados

### 3.2. Conhecimento sobre o meio ambiente

A questão ambiental vem sendo discutida de maneira interdisciplinar e essa perspectiva contribui para evidenciar a necessidade de um trabalho vinculado com a participação, co-responsabilidade e solidariedade dos seres humanos (LOCATELLI *et al.*, 2009). Nesse sentido, investigou-se o conhecimento dos participantes em relação ao meio ambiente em que vivem, contribuindo para o diagnóstico do saber/agir ambiental dessa comunidade.

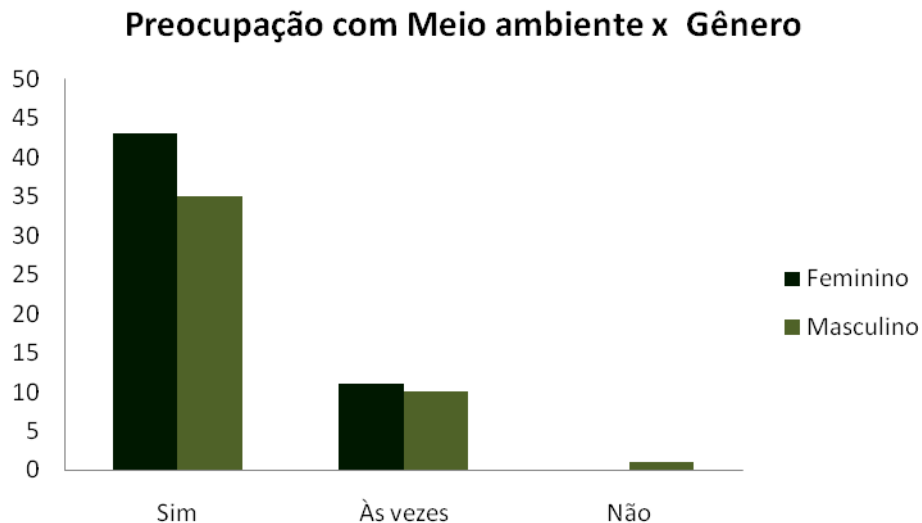
Segundo REIGOTA (1991), o meio ambiente é definido como o lugar onde os elementos naturais e sociais estão em relações dinâmicas e em interação. Dentro dessa análise, os elementos que constituem o meio ambiente podem ser definidos como naturais e artificiais. Nesse estudo, constatou-se que 80% dos entrevistados têm essa visão global, mostrando que os moradores dessa comunidade ribeirinha possuem um entendimento de que tanto os elementos naturais como os antrópicos são parte integrante do meio.

Ainda nesta perspectiva, questionou-se a preocupação que os moradores possuem em relação ao meio ambiente. Do total dos entrevistados, 78% responderam que se preocupam com o meio ambiente, 21% responderam às vezes e apenas 1% afirmou que não se preocupam (Figura 3). Diante desse resultado, percebeu-se que a maioria dos participantes se preocupa com o meio em que vivem, sendo um ponto de partida para a sensibilização e soluções dos problemas.



**Figura 3.** Preocupação dos entrevistados com o meio ambiente

Ao cruzar os dados em relação ao gênero e a preocupação dos entrevistados com o meio ambiente, observa-se que o sexo feminino tem maior preocupação, correspondendo a 55,12% (Figura 4). Estudos mostram que homens e mulheres têm visões diferenciadas em relação à prioridade e uso da água, porém o importante é garantir que haja a interação desses pensamentos, permitindo que a gestão dos recursos hídricos caminhe para a sustentabilidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2009).



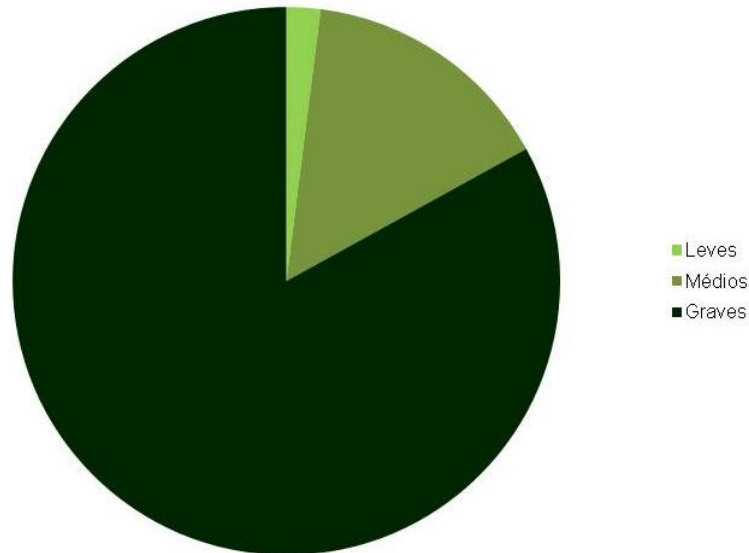
**Figura 4.** Relação entre a preocupação dos entrevistados e o sexo

Dentre os meios de informações mais utilizados em relação às questões ambientais, os entrevistados citaram a televisão (52%) e a escola (15%). Estes resultados corroboram com os trabalhos de LIMA (2003) e MENDES (2005), indicando que os veículos de massa e a escola têm influência na comunicação junto à comunidade e podem ser utilizados para sensibilizar a população quanto às questões ambientais.

Outras fontes também foram citadas, tais como: rádio (12%), jornais (9%), livros (5%), revistas (4%) e internet (3%). Um dado que chamou atenção, foi o pequeno percentual de pessoas que citaram a internet, demonstrando que mesmo

nos dias atuais onde se fala muito em inclusão digital ainda existem pessoas que não tem acesso a mesma. Segundo JACOBI (2003), são necessários os meios de informação e o acesso a eles, bem como o papel indutivo do poder público nos conteúdos educacionais, para alterar a situação atual de degradação sócio-ambiental.

Vale ressaltar que 83% dos participantes desse trabalho consideram graves os problemas ambientais do município (Figura 5).



**Figura 5.** Avaliação dos problemas ambientais do município de São Gonçalo do Amarante.

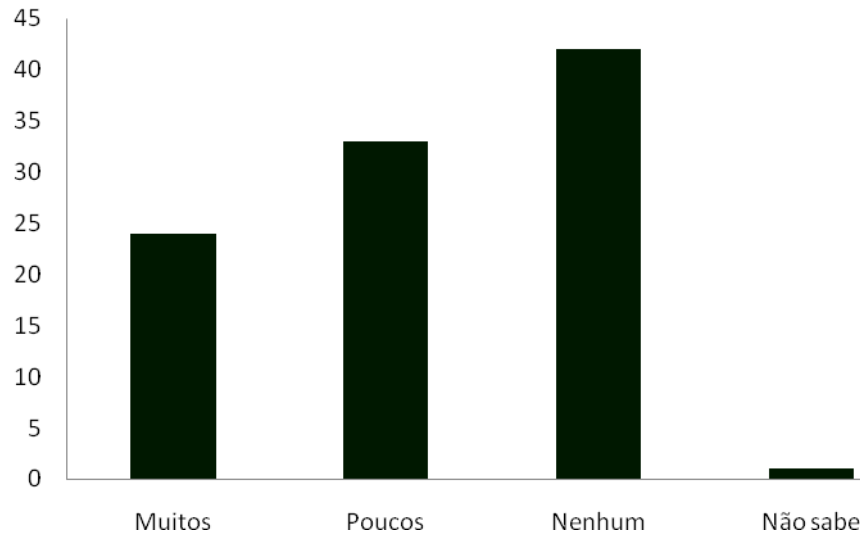
Dentro desse contexto, foram especificados os principais problemas ambientais existentes na comunidade ribeirinha conforme mostra a tabela 1. Nessa análise, o rio Golandim foi o mais citado (42%), evidenciando que os moradores estão cientes das dificuldades ambientais do município.

**Tabela 1.** Percentual dos problemas ambientais no município de São Gonçalo do Amarante.

Problemas ambientais	%
Poluição do rio	42
Lixo	17
Esgoto	15
Desmatamento	08
Queimadas	05
Falta de saneamento	06
Outros	07

Além disso, observou-se que 42% dos entrevistados afirmaram que não causam prejuízo ao meio ambiente. Em contrapartida, mais da metade dos participantes disseram que já causaram algum prejuízo (poucos (33%) e muitos (24%)) e 1% não souberam responder (Figura 6). É importante destacar que GARCIA *et al.* (2011) encontraram resultados semelhantes, demonstrando que apesar da preocupação com o meio em que vivem, os moradores contribuem, de alguma forma, para o crescimento dessa problemática. Segundo JACOBI (2003), a postura de dependência e a falta de responsabilidade da população decorrem

principalmente da desinformação, da falta de consciência ambiental e de um déficit de práticas comunitárias baseadas na participação e no envolvimento dos cidadãos. Dessa forma, é urgente a necessidade de projetos de educação ambiental, ampliando as relações que essas pessoas estabelecem com o ambiente da sua localidade.



**Figura 6.** Avaliação dos entrevistados em relação aos prejuízos causados ao meio ambiente.

### 3.3. Conhecimento sobre o rio Golandim

Nesta pesquisa, procurou-se investigar se a população aproveita a água do rio Golandim para atender as suas necessidades básicas. Os dados obtidos indicam que a maioria dos entrevistados não utiliza (80%) e 63% consideram a água do rio como péssima, fato este que justifica a insegurança no uso desse recurso hídrico. A percepção dos entrevistados concorda com os trabalhos já citados anteriormente que ressaltam que o rio está impactado pelo despejo de efluentes industriais e domésticas e com isso a população não se sente segura em utilizá-lo (TINÔCO *et al.*, 2008, PRAD, 2002).

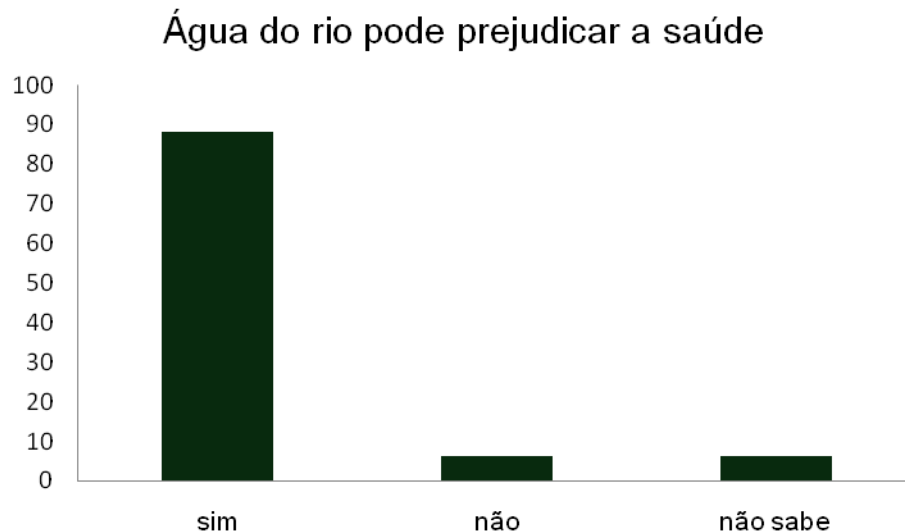
Dentre aqueles que usufruem do rio Golandim (19%), a maioria consideram a qualidade da água como péssima. Esta informação ressalta a necessidade de se trabalhar com esta parcela da comunidade, uma vez que reconhecem o risco, mas não deixam de utilizá-lo.

Ao relacionar a qualidade da água do rio com o tempo de residência do entrevistado no município, observa-se que 58,73% dos que consideram a qualidade da água péssima, residem há mais de 10 anos no município, constatando que quanto maior o tempo de residência na cidade maior o conhecimento deles em relação aos problemas encontrados (Tabela 2).

**Tabela 2.** Relação entre o tempo de residência e avaliação da qualidade da água do rio

Tempo de residência	Qualidade da Água do rio			
	Boa	Regular	Péssima	Não sabe
Menos de 01 ano	0%	3%	4%	1%
Entre 1 - 5 anos	1%	2%	15%	1%
Entre 6 - 10 anos	1%	4%	7%	1%
Acima de 10 anos	5%	11%	37%	7%

Tendo como foco o estudo da percepção sobre o rio Golandim, questionaram-se os prejuízos que essa água pode trazer para a saúde humana. Em geral, notou-se que 88% dos moradores supõem que o rio pode trazer sérios riscos ao bem-estar da população exposta (Figura 7). Curiosamente, ao analisar os dados dos entrevistados que afirmaram utilizar o rio, percebeu-se que a maioria (84,21%) acredita que a água do rio pode prejudicar a saúde (Tabela 3).



**Figura 7.** Percentual das respostas dos entrevistados com relação aos prejuízos que a água pode causar à saúde.

**Tabela 3.** Relação entre a utilização do rio e se a água causa prejuízo a saúde

Prejudica a Saúde	Utilização do rio		
	Utiliza	Não utiliza	Evita usar
<b>Sim</b>	16%	71%	1%
<b>Não</b>	3%	3%	0%
<b>Não Sabe</b>	0%	6%	0%

Uma grande parte dos entrevistados não utilizam o rio Golandim e acreditam que o mesmo pode prejudicar a saúde. Além disso, 63% dos moradores consideram a qualidade da água como péssima. Entretanto, 52% dos entrevistados afirmaram que não imaginam o município sem o rio, considerando-o como elemento indispensável ao ambiente e às suas vidas.

### 3.4. O Rio Golandim para o entrevistado

Com o objetivo de esclarecer a relação entre os moradores e o rio Golandim, foi feita uma pergunta aberta sobre o que o rio representava para os entrevistados. Para facilitar a análise, as respostas foram separadas em positivas, quando foi possível observar que tinham algum grau de importância benéfica do rio para o entrevistado e negativas, quando apresentava algum aspecto maléfico.

Dos 100 questionários analisados, 47% deles apresentaram respostas positivas e 33% como negativas. Algumas respostas haviam sido respondidas como “nada” o que correspondeu a 11% e 9% foram consideradas respostas inválidas por não terem sido respondidas.

Em seguida, destacam-se algumas respostas positivas dadas pelos entrevistados com relação ao rio Golandim:

“Faz parte da natureza”

“Sobrevivência para natureza, pesca, ajuda financeira a comunidade”

“O rio é uma importante fonte de água para irrigação, utilizado por comunidades vizinhas”

“Eu pesco e muitas pessoas sobrevivem desse rio”

“Fonte de sustento da população ribeirinha”

Como respostas negativas:

“Muito poluído e causa mau cheiro aos moradores”

“Era bom quando era limpo”

“Problema sério por causa da poluição”

“Pra mim é muito importante, mais o rio é muito poluído, vai causar muitas doenças para todos do município”

Para que a educação ambiental colabore com a construção de uma nova concepção de ambiente e de um novo cidadão, seus princípios devem ser sempre a base para qualquer ação ambiental educativa. Estes princípios são: participação, pensamento crítico-reflexivo, sustentabilidade, ecologia de saberes, responsabilidade, continuidade, igualdade, conscientização, coletividade, emancipação e transformação social (GONZALEZ *et al*, 2007). Segundo CARVALHO (2001), uma forma seria através da educação popular, a qual compreende o processo educativo como um ato político no sentido amplo, isto é, como prática social de formação de cidadania, que compartilha com essa visão a idéia de que a vocação da educação é a formação de sujeitos políticos, capazes de agir criticamente na sociedade, buscando estar inserida dentro do contexto dos grupos sociais, trabalhando de acordo com a realidade em que vivem.

## 4. CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos, pode-se concluir que:

- O perfil dos entrevistados mostrou que a maioria são adultos e que vivem há mais de 10 anos na comunidade ribeirinha de São Gonçalo do Amarante (RN);
- Os moradores do município reconhecem os elementos que compõem o meio ambiente, tendo uma visão global;



- A maioria dos entrevistados se preocupa com o meio ambiente, sendo a maior parte mulheres;
- O problema ambiental mais citado pelos entrevistados foi a poluição do rio Golandim e eles consideram os problemas do município como graves;
- Maior percentual dos entrevistados diz não utilizar o rio e consideram a qualidade da sua água como péssima e que esta pode causar prejuízo a saúde;
- Quando questionados se imaginavam o município de São Gonçalo do Amarante sem o rio, a maioria não imaginava mesmo considerando que sua poluição é um grave problema ambiental, isso indica que a comunidade está aberta a trabalhos e políticas de educação ambiental que possibilitem melhorias à qualidade de vida.

A demanda por água de boa qualidade é um dos maiores desafios atuais. Dessa forma, espera-se que os dados obtidos nesta pesquisa possam contribuir com trabalhos futuros de educação ambiental no município de São Gonçalo do Amarante (RN), principalmente com a comunidade que vive no entorno do rio Golandim. Com base nesse estudo, as atividades podem ser dirigidas com foco nos principais problemas, para que se possa atingir a sensibilização da população para os problemas locais.

## 5. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, T. M. O.; FELICIANO, A. L. P; ALVES, A. G. C. Percepção ambiental de alunos e professores do entorno da Estação Ecológica de Caetés – Região Metropolitana do Recife-PE. **Biotemas**, nº 21, 2008, p. 147 – 160.
- BRITTO, A.L.; BARRAQUE, B. Discutindo gestão sustentável da água em áreas metropolitanas no Brasil: reflexões a partir da metodologia europeia Water 21. **Cadernos metrópole** 19, 2008, pp. 123-142.
- CALDAS, A.L.R.; RODRIGUES, N.S. Avaliação da Percepção Ambiental: Estudo de **Caso da Comunidade Ribeirinha da Microbacia do Rio Magu**. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. ISSN 1517-1256, Volume 15, julho a dezembro de 2005.
- CARVALHO, I. C. M. Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural. **Agroecol.e Desenv.Rur.Sustent.**,Porto Alegre, v.2, n.2, abr./jun.2001.
- FAGGIONATO, S. **Percepção ambiental**. Disponível em: [www.educar.sc.usp.br/textos](http://www.educar.sc.usp.br/textos). Acessado em 26/ 06/ 2010.
- FALCÃO, R.B.M. **A Educação Ambiental no Enfrentamento da Despoluição do Rio Golandim, município de São Gonçalo do Amarante e seus desdobramentos no estado do Rio Grande do Norte**. Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte, 2008.
- FERNANDES, R.S.; SOUZA, V.J.;PELISSARI,V.B.;FERNANDES, S.T. **Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental**. Rede Brasileira de Centros de Educação Ambiental. Rede CEAS. Notícias, 2004. Disponível em: [http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao\\_Ambiental.pdf](http://www.redeceas.esalq.usp.br/noticias/Percepcao_Ambiental.pdf). Acessado em 28 de junho de 2010.
- GARCIA, A.C.F.S.; AMARAL, V.S.; MEDEIROS, S.S.R.B. Percepção Ambiental no Sertão do Estado do Rio Grande do Norte: Um estudo de caso. **Revista educação ambiental em ação**, nº35, 2011.
- GONZALEZ, L.T.V.; TOZONI-REIS, M.F.C.; DINIZ, R.E.S. **Educação ambiental na comunidade: uma proposta de pesquisa-ação**. Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient. ISSN 1517-1256, v.18, janeiro a junho de 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. São Gonçalo do Amarante/RN. População.** Acessado em 06.07.2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=241200>.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** Cadernos de Pesquisa, n. 118, março, 2003.

LIMA, R.T. **Percepção ambiental e participação pública na gestão dos recursos hídricos: perfil dos moradores da cidade de São Carlos, SP ( Bacia hidrográfica do rio do Monjolinho.** Dissertação de mestrado da escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em: [HTTP: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../DISSERT\\_RTLIMA2003](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/.../DISSERT_RTLIMA2003). Acessado em 30 de junho de 2011.

LOCATELLI, O.C.; HENDGES, C.D.; MALLMANN, E.M.; CATAPAN, A.H. **A educação ambiental na região do Alto Uruguai: sustentabilidade e tecnologias de comunicação digital nos currículos da educação básica.** V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade, Niterói, RJ, Brasil, ISSN 1984-9354, julho de 2009.

MENDES, R.P.R. **Percepção sobre meio ambiente e educação ambiental: o olhar dos graduandos de ciências biológicas da PUC-Betim.** Pontifícia universidade católica de Minas Gerais, 2005.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água: Manual de uso. Vamos cuidar de nossas águas. Implementando o plano nacional de recursos hídricos.** 4ª edição, Brasília-DF, 2009.

PRAD. **Plano de Recuperação da área degradada do rio Golandim.** Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte, 2002.

REIGOTA, M. **Fundamentos teóricos para a realização da educação ambiental popular.** Programa de Educação Popular Ambiental/ICAE. Em Aberto, Brasília, v. 10, n. 49, jan./mar. 1991.

TINÔCO, D, J.; ARAÚJO, A. L. C.; CALAZANS, M. A. D.; CUNHA, J. A. E MARQUES JÚNIOR, S. **Recuperação da Área Degradada da Bacia do Rio Golandim/RN: Diagnóstico Ambiental,** 2008.

TUNDISI, J.G., TUNDISI, T. M. **A água.** Editora: Publifolha, Ed.1, pgs.128, 2005.

**CAPÍTULO 2**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO GOLANDIM (RN/BRASIL)  
APÓS DÉCADAS DE CONTAMINAÇÃO: ESTE RIO ENCONTRA-SE  
RECUPERADO APÓS REVITALIZAÇÃO?**

Aline Rocha de Paiva Costa<sup>a</sup>; Nilmara de Oliveira Alves<sup>a</sup>; Natalia da Silva Barbosa<sup>a</sup>;

Douglisnilson de Moraes Ferreira<sup>b</sup>; Guilherme Fulgencio de Medeiros<sup>c</sup>; Silvia Regina

Batistuzzo de Medeiros<sup>a</sup> e Viviane Souza do Amaral<sup>\*a</sup>.

<sup>a</sup> Departamento de Biologia Celular e Genética, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Av. Salgado Filho, s/n—Campus Universitário, Lagoa Nova, Natal, 59072-970, RN, Brasil. \*E-mail: vamaral@ufrnet.br; Fax: +55 84 32153346; Tel: +55 84 32119209

<sup>b</sup> Núcleo de Análises de águas, alimentos e efluentes, Instituto Federal de Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, Brasil.

<sup>c</sup> Departamento de Oceanografia e limnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Praia de Mãe Luiza s/n Via Costeira Natal, RN, Brasil.

**ESTE ARTIGO SERÁ SUBMETIDO À REVISTA ECOTOXICOLOGY AND  
ENVIRONMENTAL SAFETY**

## RESUMO

A qualidade da água dos rios no mundo vem sendo reduzida devido à contaminação por efluentes de diversas fontes de contaminação, o que tem gerado redução de sua disponibilidade bem como danos a saúde do ecossistema e do homem. Este estudo avaliou as águas do rio Golandim - pós-recuperação - depois de décadas de contaminação por efluentes de origem industrial (têxtil) e doméstica, tendo por finalidade diagnosticar a qualidade de suas águas por meio de ensaios de ecotoxicidade com *Daphnia dubia* e de mutagenicidade em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN). Adicionalmente, parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de metais pesados também foram mensurados. Os experimentos foram realizados a partir de amostras coletadas em dezembro de 2010 (estação seca) e em julho de 2011 (estação das chuvas) em três pontos diferentes do rio Golandim. Os resultados provenientes do ensaio ecotoxicológico não indicou efeito agudo, entretanto demonstrou toxicidade crônica para a média de reprodução dos cladóceros nas duas estações do ano, em todos os pontos amostrados e no ensaio Trad-MCN para a água bruta mostrou resposta positiva, representada pelo aumento na frequência de micronúcleos, para um dos pontos analisados (P3) em ambas as estações de coleta. As análises químicas detectaram um aumento nos níveis de alguns metais pesados nas diferentes estações e amostras, que podem estar associados ainda à presença de compostos de origem urbana e industrial. Por outro lado, os parâmetros físico-químicos analisados demonstram que o rio Golandim está se recuperando, já que quando se compara os valores observados com a legislação brasileira. Contudo, nossos resultados apontam para a presença na água de compostos capazes de induzir mutações - evento determinante no surgimento de câncer - podendo gerar sérios agravos à saúde da população que utiliza e reside nas proximidades do Golandim. Desta forma, este estudo alerta para a necessidade de realizar ensaios biológicos além de empregar apenas as análises provenientes das medições físico-químicas para atestar a qualidade de um corpo d'água.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos, *Ceriodaphnia dubia*, Toxicidade aguda e crônica, *Tradescantia pallida*, Micronúcleos.

## 1. Introdução

A qualidade da água de diversos rios no mundo tem sido reduzida devido à contaminação por efluentes industriais, rurais e domésticos, que contêm misturas tóxicas que promovem a degradação dos ecossistemas aquáticos superficiais e subterrâneos, diminuindo a quantidade de água disponível e conduzindo também a bioacumulação destes contaminantes na cadeia trófica, causando inúmeros danos à saúde humana e a toda biota associada (Koç, 2010; Liu et al, 2011; Yi & Zhang, 2012; Zhang et al, 2010).

Dentro deste cenário de contaminação dos ambientes aquáticos, destaca-se o Rio Golandim (Fig. 1) localizado no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Durante décadas, o Golandim sofreu uma severa contaminação proveniente principalmente das indústrias têxteis e do esgoto doméstico, sendo considerado, desta forma, um rio morto, devido a inexistência de oxigênio no mesmo. Em 2002, o plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) apresentou um diagnóstico do rio através de medidas físicas, biológicas e sócio-econômicas comprovando seu elevado grau de degradação (Falcão, 2008; Fernandes et al, 2009; Prad, 2002).

Em função disso, no ano de 2005 foi iniciado o plano de recuperação deste rio, no qual era determinado que as indústrias deveriam tratar seus efluentes, resultando, assim, na construção de um emissário que lançaria esses efluentes tratados no corpo aquático de maior vazão, o rio Potengi (Figura 1), bem como haveria um replantio de mudas para recuperação da mata ciliar ao longo do curso do rio, somado a projetos na área de educação ambiental (Falcão, 2008; Idema, 2007; Prad, 2002).

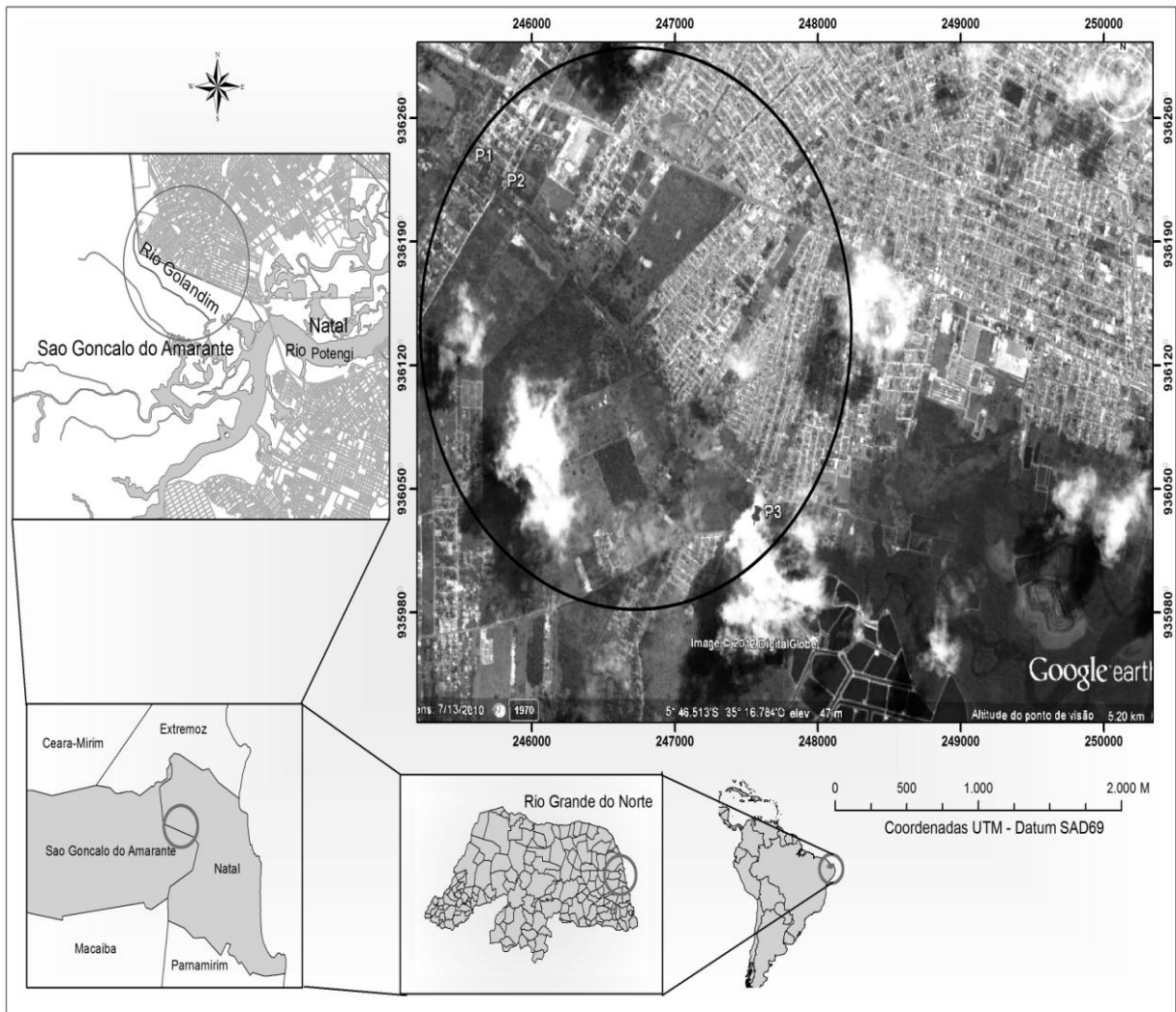


Fig. 1 Mapa representando o Rio Golandim e sua respectiva localização no estado do Rio Grande do Norte, Brasil e os pontos de coleta de água no rio.

A partir dos anos seguintes a este investimento de recuperação do rio, avaliações da qualidade da água foram realizadas e indicam que o rio Golandim está se recuperando (Falcão, 2008; Fernandes et al, 20009). Entretanto, os parâmetros avaliados mediam apenas os aspectos físico-químicos, como temperatura, pH, oxigênio dissolvidos, cor, turbidez, nitrito, nitrato, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais.

É importante salientar que diversos testes podem ser utilizados para avaliar o impacto ambiental nestes ecossistemas além das medições físico-químicas como, por exemplo, incluir nas análises o uso de bioindicadores que avaliam os impactos diretamente sobre os organismos expostos a estes poluentes (Arslan et al, 2010; Mager et al, 2011; Santoro et al, 2009; Thewes et al, 2011). Além disso, testes que indiquem o risco dos poluentes induzirem

danos ao material genético também podem ser incluídos nestas baterias de ensaios de averiguação da qualidade da água.

Considerando os testes ecotoxicológicos, o microcrústaceo *Daphnia dubia* vem sendo amplamente utilizado como bioindicador de toxicidade associada a poluentes ambientais. Estes ensaios permitem mensurar os efeitos deletérios promovidos pelas substâncias químicas diretamente nos organismos, avaliando, assim, a qualidade dos corpos receptores que estão sob influência de contaminantes (Kahru & Dubourguier, 2010; Mager et al, 2011; Negreiro e Egler, 2009; Neto, 2009).

Desta forma, para a avaliação da toxicidade genética em amostras ambientais, que devemos considerar como misturas complexas, o teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN) vem sendo bastante utilizado por diversos pesquisadores, em função de ser uma planta bastante sensível aos genotóxicos e o teste apresentar uma metodologia simples (Alves et al, 2011; Garcia et al, 2011; M. Misik et al, 2011; Sisenando et al., 2009).

Contudo, no rio Golandim jamais foram realizadas análises que visassem o emprego de testes de ecotoxicidade e de mutagenicidade associados aos parâmetros físico-químicos para a avaliação da qualidade de água pós-revitalização. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar se o Rio Golandim está recuperado após o processo de revitalização, por meio de testes ecotoxicológicos para verificar o grau de toxicidade em *Ceriodaphnia dubia* e testes de micronúcleo *in vivo* (Trad-MCN) e na estação do ano considerada seca e chuvosa. Além disso, níveis de metais pesados e análises microbiológicas também foram avaliados.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Coleta das amostras**

A água do rio Golandim foi coletada em três pontos amostrais do rio (Figura 1): P1 (S05°45.912' H035°17.821'), se localiza mais próximo da nascente, o P2 (S05°45.954' H035°17.764') está próximo a área urbana e o P3 (S05°46.972' HO35°16.780') localiza-se

em uma área mais urbanizada e próximo da foz do rio. As coletas foram realizadas em 09 de dezembro de 2010 e 06 de julho de 2011, correspondendo à estação seca e chuvosa respectivamente, em frascos de âmbar escuros, previamente autoclavados, acondicionados no gelo e transportados para os laboratórios para realização dos testes.

## **2.2 Análises dos parâmetros físico-químicos, metais e microbiológicos na água**

As análises físico-químicas foram para cor, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e ferro dissolvido, foram através da técnica de colorimetria, dureza total e cloreto, através da titulometria, turbidez e o sulfato pela turbidimetria, pH pela potenciometria, sólidos totais dissolvidos através da gravimetria. Para os metais foram medidos os níveis de alumínio, cádmio, cobalto, cobre, chumbo, cromo, ferro, manganês, níquel, prata e zinco, através da espectrometria de absorção atômica e os coliformes termotolerantes presentes na água foram realizados pela técnica de tubos múltiplos. Todos os ensaios seguem a metodologia Standart Methods for the examination of water and wastewater (Apha et al, 2005).

## **2.3 Teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN)**

Foi utilizada a *Tradescantia pallida* (Rose) D.R. Hunt var. *purpúrea*, seguindo o protocolo de Ma (1981). Inflorescências jovens foram coletadas de vasos cultivados e fertilizados em N: P: K na proporção 10: 10: 10, mantidos em temperatura ambiente e irrigados diariamente com água destilada, mantendo as condições ideais.

Este bioensaio ocorre por hidroponia de 15-30 talos com inflorescências de *T.pallida* para cada ponto de coleta por 24 horas em 560 mL de solução de Hoagland, sempre com aeração. Em seguida foram submetidos a água coletada no rio por 12 horas de exposição, após esta os talos ficam por 24 horas em solução de Hoagland. Para o controle positivo foi utilizado o formaldeído 0,2% e para o controle negativo a solução de Hoagland. Ao final as



inflorescências são coletadas e fixadas em solução fixadora 1:3 (ácido acético: etanol) por 48 horas e armazenadas em álcool 100%.

As lâminas foram preparadas a partir dos botões florais jovens que contenham células mães de grãos de pólen em estágio de tétrades. De cada ponto amostral e dos controles positivo e negativo foram preparadas 10 lâminas, totalizando 300 tétrades, por lâmina, analisadas em microscópio óptico, em um aumento de 400, contando-se o número de tétrades normais e tétrades com um ou mais micronúcleos. A frequência de micronúcleo foi expressa em porcentagem (nº total de micronúcleos em 100 tétrades).

#### **2.4 Teste ecotoxicológico com *Ceriodaphnia dubia***

Este teste seguiu o método de ensaio com *Ceriodaphnia spp* (Crustacea, Cladocera) segundo norma 13373:2005 da ABNT NBR. Os cladóceros foram expostos à água dos pontos coletados para verificar o efeito agudo e crônico. Para cada ponto coletado, foram expostos 10 filhotes com no máximo 24 horas de vida em copos unitários de 10 mL cada, por oito dias. O controle foi exposto no mesmo período com a água de cultivo, seguindo a norma da ABNT. A cada 48 horas ocorreram as renovações do teste, onde foram registrados dados de mortalidade e natalidade dos organismos. Nas 48 horas iniciais foram observados os efeitos de ordem aguda e, após, se observou os efeitos crônicos, como: taxa de reprodução e mortalidade. Se ocorrer diferença significativa nas 48 horas iniciais na sobrevivência o resultado é expresso como “efeito agudo”. Para amostras sem diluição, se não ocorrer diferença estatística significativa na sobrevivência e reprodução dos organismos em relação ao controle, é considerado “não tóxico” se ocorrer é considerado “tóxico”.

#### **2.5 Análises estatísticas**

Foram utilizados os programas estatísticos GraphPad Prism 5 e o BioEstat versão 5.0. Para o teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN), após o teste de normalidade (teste Kolmogorov-Smirnov), foi feita a análise de variância (ANOVA) one-way

seguido do teste Dunnett para avaliar a significância entre os pontos amostrais e o grupo controle ( $p < 0.01$ ). Para os testes ecotoxicológicos, foram avaliados os dados de mortalidade, tanto no período agudo como no crônico, utilizando o Teste Exato de Fisher ( $p < 0.05$ ). Os dados de reprodução foram submetidos ao teste de normalidade e depois, utilizou-se o ANOVA one-way seguido do teste Tukey ( $p < 0.05$ ).

### **3. Resultados**

#### **3.1 Caracterização físico-química, microbiológica e dos metais pesados**

A caracterização físico-química e microbiológica, das amostras coletadas nas estações seca e chuvosa no rio Golandim está resumida na Tabela 1. Todos os parâmetros estão dentro dos valores máximos permitidos - com exceção do ferro dissolvido nos pontos P1 e P2 na estação seca e a cor para o ponto P2 - segundo resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2005) do Ministério do Meio Ambiente, na qual dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de qualidade das águas. Em relação às análises microbiológicas, foi detectada a presença de coliformes termotolerantes acima dos limites permitidos pela legislação brasileira no ponto P1 nas duas estações e o no ponto P2 restrito ao período de seca.

**Tab.1** Caracterização físico-química das amostras de água coletadas no Rio Golandim.

VARIÁVEIS	SECA- 09.12.2010			CHUVOSA- 06.07.2011		
	PONTOS			PONTOS		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
COR mg/L	21,60	<b>112</b>	28,80	24,60	27,40	28,80
pH	6,93	6,61	7,84	7,03	7,37	7,58
TURBIDEZ/UNT	6,70	30,90	30,10	34,00	19,00	16,00
Fe <sup>+2</sup> mg/L	<b>0,32</b>	<b>0,44</b>	0,12	0,08	0,05	0
NH <sub>3</sub> mg/L	0,21	0,50	0,07	0,28	0,21	0,21
<b>FÍSICO-</b> NITRATO mg/L	0,05	0,12	1,24	0,30	0,27	1,25
<b>QUÍMICO</b> NITRITO mg/L	0,09	0	0	0,03	0,02	0,02
SULFATO mg/L	3,46	6,07	18,42	0	4,90	15,39
SÓLID.TOTAIS DISSOLVIDOS mg/L	83,98	102,80	261,90	90,00	76,00	138,00
CLORETO mg/L	37,61	43,72	57,95	37,88	31,73	40,95
<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES</b>	<b>1100,00</b>	<b>2300,00</b>	70,00	<b>2,2 x 10<sup>4</sup></b>	17,00	32,00

Em negrito os valores que estão acima do máximo permitido pelo CONAMA 357/2005. UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

Os resultados das concentrações dos metais em mg/L estão resumidos na Tabela 2, sendo destacados os valores que estão em desacordo com os valores máximos permitidos pela resolução do CONAMA 357/2005 e valores máximos permitidos para água potável pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2003). Considerando o ferro, os níveis deste metal estão acima dos valores máximos permitidos, tanto na estação chuvosa quanto na seca, para os três pontos (P1, P2 e P3) amostrados. Em relação ao alumínio e ao chumbo, na estação da seca, apenas os pontos P2 e P3 estavam em desacordo com a legislação brasileira e a OMS, e, durante o mesmo período, os níveis de cobalto e manganês estavam acima do permitido pelo

CONAMA para o ponto P3. Na estação chuvosa, o cádmio apresentou níveis aumentados, para a legislação brasileira, em todos os pontos analisados (P1, P2 e P3), enquanto que o alumínio apenas em dois locais de coleta (P1 e P2) e o chumbo apresentou níveis aumentados restritos ao ponto P3, tanto para o CONAMA quanto para a OMS.

**Tab. 2** Concentração dos metais pesados medidos nas amostras de água coletadas no rio Golandim e valores máximos permitidos pela resolução do CONAMA 357/2005 e WHO (2003)

METAL	VARIÁVEIS		SECA 09.12.2010			CHUVOSA 06.07.2011		
	OMS <sup>a</sup>	CONAMA <sup>b</sup>	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>Al</b>	0,1	0,1	0,1	<b>2,4<sup>c,d</sup></b>	<b>3,35<sup>c,d</sup></b>	<b>0,3<sup>c,d</sup></b>	<b>0,250<sup>c,d</sup></b>	0
<b>Cd</b>	0,03	0,001	0	0	0	<b>0,010<sup>c</sup></b>	<b>0,005<sup>c</sup></b>	<b>0,005<sup>c</sup></b>
<b>Co</b>	-	0,05	0,04	0,04	<b>0,06<sup>c</sup></b>	0	0	0
<b>Cu</b>	1	0,009	0	0	0	0	0	0
<b>Pb</b>	0,01	0,01	0	<b>0,05<sup>c,d</sup></b>	<b>0,1<sup>c,d</sup></b>	0	0	<b>0,1<sup>c,d</sup></b>
<b>Cr</b>	0,05	0,05	0	0,005	0,02	0	0	0
<b>Fe</b>	0,0005	0,3	<b>1,35<sup>c,d</sup></b>	<b>6,3<sup>c,d</sup></b>	<b>7,4<sup>c,d</sup></b>	<b>1,395<sup>c,d</sup></b>	<b>0,85<sup>c,d</sup></b>	<b>0,375<sup>c,d</sup></b>
<b>Mn</b>	0,4	0,1	0,03	0,065	<b>0,12<sup>c</sup></b>	0,020	0,010	0,010
<b>Ni</b>	0,02	0,025	0	0	0	0	0	0
<b>Ag</b>	0,002	0,01	0	0	0	0	0	0
<b>Zn</b>	3	0,18	0,02	0,025	0,035	0,005	0,005	0

<sup>a</sup>Valores máximos permitidos de acordo com Organização Mundial de Saúde para água potável (WHO, 2003). <sup>b</sup> Valores máximos permitidos segundo resolução 357 do CONAMA (2005). <sup>c</sup> Valores acima dos valores permitidos CONAMA. <sup>d</sup> Valores acima dos valores permitidos da OMS.

### 3.2 Teste de toxicidade aguda e crônica (Ensaio Ecotoxicológicos)

A avaliação da mortalidade em 48 horas de exposição às amostras de água coletada do Golandim (toxicidade aguda) e a média de reprodução (crônica), após as 48 horas, estão relacionados na Tabela 3. Para a toxicidade aguda os três pontos (P1, P2 e P3) não apresentaram percentual de mortalidade significativo em relação ao controle, não apresentando, portanto efeito agudo, para as duas estações estudadas (\* $p < 0.05$ ). Considerando a toxicidade crônica, os três pontos estudados, na estação seca e chuvosa, apresentaram diferença estatística em relação ao controle, na média de reprodução ao final do ensaio, apresentando, portanto efeito crônico (\*\* $p < 0,001$ ).

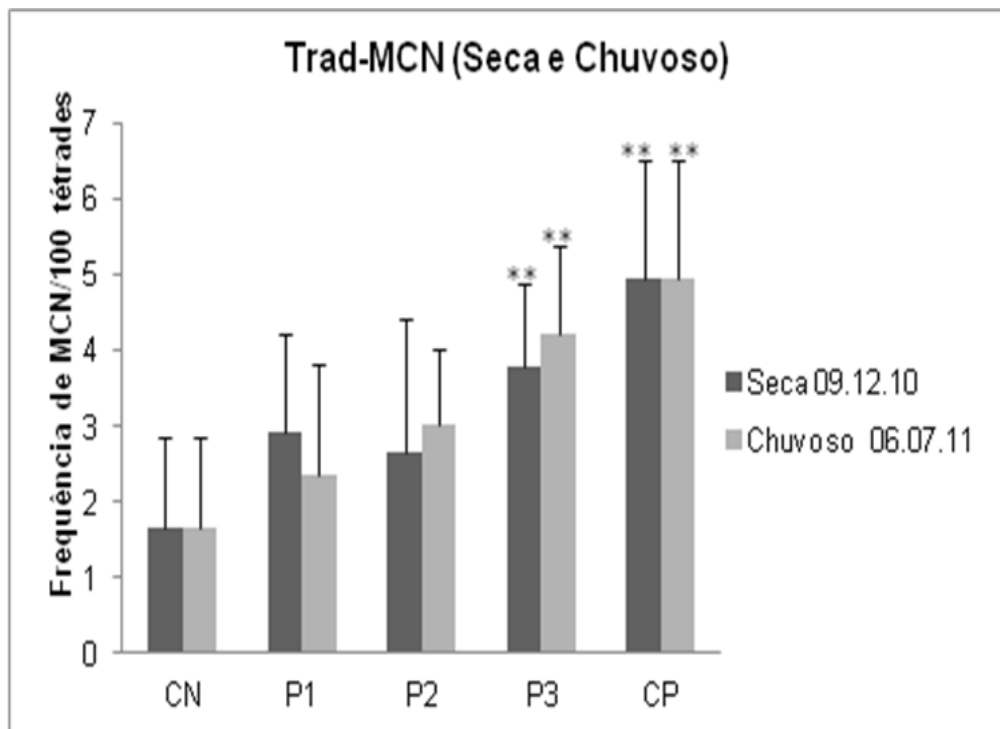
**Tab 3.** Porcentagem de mortalidade de *Ceriodaphnia dubia* (toxicidade aguda) e média da reprodução (toxicidade crônica) após exposição da água dos diferentes pontos do rio Golandim/São Gonçalo do Amarante/RN.

ESTAÇÃO	PONTOS	TOXICIDADE AGUDA % MORTALIDADE	TOXICIDADE CRÔNICA MÉDIA REPRODUÇÃO
<b>SECA</b> <b>09.12.2010</b>	P1	30% p=0.21	<b>0.40 ± 0.966</b> p<0.001***
	P2	20% p=0.47	<b>0.90 ± 1.37</b> p<0.001***
	P3	30% p=0.21	<b>1.3 ± 1.95</b> p<0.001***
<b>CHUVOSA</b> <b>06.07.2011</b>	P1	0% p=1.000	<b>3.80 ± 3.26</b> p<0.001***
	P2	10% p=1.000	<b>4.70 ± 4.244</b> p<0.001***
	P3	20% p=0.47	<b>0.00 ± 0.00</b> p<0.001***
<b>CONTROLE</b>		0%	14.875 ± 3.044

Toxicidade crônica, ANOVA, teste Tukey (\*\* $p < 0.001$ )

### 3.3 Teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida*

A frequência de micronúcleo em *Tradescantia* (Trad-MCN) obtida após tratamento com amostras de água do Golandim, nas duas estações de coleta, pode ser observada na Figura 2. A mutagenicidade foi restrita ao ponto P3. Esta amostra foi capaz de induzir um aumento significativo na frequência de micronúcleos quando comparada com o controle negativo, para as duas estações estudadas ( $p < 0.01$ ).



**Fig. 2** Frequência de micronúcleos em *Tradescantia pallida* na estação seca e na chuvosa nos três pontos coletados. ANOVA, \*\*  $p < 0.01$  - Teste Dunnett

#### 4. Discussão

A qualidade da água é uma grande preocupação nos dias atuais. Os rios são os corpos d'água mais vulneráveis à poluição, devido ao lançamento de efluentes domésticos, industriais e agrícolas em suas bacias, bem como a exploração crescente deste recurso. Com o crescimento da população, aumentam as exigências de infraestrutura e a necessidade de monitorar a qualidade da água de muitos rios (Bianchi et al, 2011; Gowd & Govil, 2008; Koç, 2010; Liu et al, 2011). A qualidade da água pode ser avaliada através de limites máximos permitidos para diversos parâmetros, para que sejam preservadas as características químicas e físicas originais daquele recurso hídrico, tendo por objetivo manter o equilíbrio no ecossistema e preservando, assim, a saúde de toda biota associada, inclusive a humana (Conama, 2005).

Neste estudo a partir das análises das variáveis físico-químicas, podemos considerar que o rio Golandim está de acordo com o que a legislação brasileira estabelece para corpos aquáticos de água doce, classe 2, já que os valores detectados nos pontos coletados (P1, P2 e P3) estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução N°357 de 2005 (Conama,2005), mesmo apresentando valores de ferro dissolvido (P1 e P2 - seca) e presença de coliformes termotolerantes (P1-seca e chuvosa e P2-seca). Resultados similares foram encontrados por Fernandes et al (2009) que encontraram valores maiores para a característica cor e presença de coliformes no Golandim. Mesmo assim, estes autores consideraram que o Rio Golandim apresentou significativas melhoras após a execução do Plano de recuperação de áreas degradadas pelo qual foi submetido, quando comparando com resultados de anos antes da recuperação, no qual o rio foi considerado morto.

Entretanto, o objetivo do presente estudo era avaliar além dos parâmetros físico-químicos, os parâmetros biológicos, destacando o emprego dos ensaios de ecotoxicidade e de

mutagenicidade para que fosse possível traçar um perfil da qualidade de água deste rio. Vários estudos demonstram que apesar das variáveis físico-químicas estarem de acordo com a legislação brasileira, quando se avalia o potencial tóxico e/ou mutagênico das amostras de água, verifica-se que estas apresentam contaminantes que não alteram as condições físico-químicas, porém, interagem com os organismos provocando morte ou danos ao DNA (Adam et al, 2010; Amaral et al, 2006; Garcia et al, 2011; Ohe et al, 2004).

Dentro desta perspectiva, para a avaliação da toxicidade das amostras de água do rio Golandim, foi aplicado o ensaio de ecotoxicidade utilizando o cladóceros *C. dubia* como organismo bioindicador. Para a averiguação de toxicidade aguda, onde é observada a taxa de mortalidade dos cladóceros em relação ao controle nas 48 horas iniciais de exposição, não foi detectado nenhum efeito em todos os pontos de amostragem para as duas estações analisadas. Entretanto, quando analisamos os efeitos após as 48 horas de tratamento, que caracteriza a toxicidade crônica, a média de reprodução dos indivíduos apresentou diferença significativa em relação à situação controle em todos os pontos de coleta tanto na estação seca quanto na chuvosa. É importante destacar que nestes pontos houveram índices elevados de metais. Dados oriundos de um estudo com os cladóceros *C. dubia* e *C. carinata*, corroboram com os resultados encontrados neste trabalho, pois da mesma forma quando estes organismos foram expostos a amostras contendo metais (cobre, chumbo e zinco) não foi detectada toxicidade aguda, contudo, foram observadas alterações nas taxas de reprodução (efeito crônico), sendo mais tóxico o cobre, seguido do chumbo e depois o zinco. Segundo os autores, esta resposta pode ser devida a alguma estratégia de proteção que esses organismos possam ter em curtas exposições, como ocorre nas primeiras 48 horas de exposição (Cooper et al, 2009). É importante destacar que em *Daphnia magna* foram identificados diferentes genes que respondem ao cádmio, zinco e cobre, em condições subletais para diferentes concentrações. Os pesquisadores sugerem que o cobre diminui a síntese de proteínas envolvidas na resposta imune; o cádmio induz estresse oxidativo; e o zinco diminui a síntese da quitina e de outras



proteínas presentes na cutícula relacionadas diretamente com a mobilidade dos organismos (Poynton et al, 2007).

Somada as análises de toxicidade, um teste que visa à detecção de mutações cromossômicas, como o teste de micronúcleo em *Tradescantia pallida* (Trad-MCN), foi utilizado para verificar o potencial mutagênico das amostras de água coletadas do rio Golandim. Os resultados obtidos por meio desta metodologia apontaram para um aumento na frequência de mutações restritas ao ponto de coleta P3 em ambas as estações de amostragem (na chuvosa houve uma maior frequência de indução de micronúcleos). Estes achados podem estar relacionados à enorme vazão de efluentes domésticos, em função de sua localização, mas esta resposta mutagênica pode também estar sendo fortemente influenciada devido à presença do emissário que na estação chuvosa apresentava vazamentos, com isso liberando dejetos de origem industrial no rio. Cabe ressaltar que as análises dos níveis de metais pesados indicaram que neste ponto de coleta o cobalto, o chumbo e o manganês estavam acima dos valores permitidos pelo CONAMA na estação da seca, enquanto que o cádmio e o chumbo apresentaram índices altos no período chuvoso. Segundo Mateuca et al. (2006) os metais podem interagir diretamente com o DNA, oxidando bases, podendo levar a mutações gênicas e cromossômicas, como também podem interagir indiretamente, competindo com outros metais, ligando-se a proteínas específicas, prejudicando a síntese de enzimas como as envolvidas no sistema de reparo do DNA e formação do fuso, podem induzir a apoptose celular também. Gowd & Govil (2008), sugerem que a presença de valores elevados de cádmio em amostras de água de rio pode ser proveniente principalmente dos curtumes (pigmento da pintura) e das indústrias de cerâmica, plásticos, vidros e produtos químicos. Já o cobalto está ligado a corantes utilizados pela indústria têxtil (Beltrame, 2000). Segundo Keskin (2012) ocorreu um aumento nos valores de cobalto, chumbo, cádmio e manganês em sedimentos coletados em áreas próximas a uma indústria têxtil. Adicionalmente, Cymerman & Kempers (2007) encontraram níveis elevados de cádmio, chumbo e ferro em amostras de

água de rio contaminado por efluentes têxteis, além de ferro, cádmio e manganês em amostras de sedimento, destacando que a presença do manganês pode estar relacionada, também, a dejetos urbanos e agrícolas. Adam et al (2010) indicou que a presença de cobre, em amostras do rio de Belém, Curitiba, Brasil, tinha uma possível associação com o aumento na frequência de micronúcleo em peixes da espécie *P. vivipara*. O conjunto destes resultados corrobora com os nossos, uma vez que relacionam a presença destes metais com a descarga de efluentes provenientes das indústrias têxteis e com a mutagenicidade observada.

Adicionalmente, uma série de estudos aplica a metodologia de micronúcleos em *Tradescantia* para a avaliação de amostras que estão sob a influência de descargas antropogênicas. Nos rios, Antai, Baim e Jinan situados na cidade de Fuzhou na China, foram encontrados poluentes tóxicos, provenientes das indústrias que estão situadas próximas aos rios, que podem estar contribuindo para a formação de micronúcleos observados em *Tradescantia* (Zeng et al, 1999). Seguindo esta mesma metodologia para a avaliação da toxicidade genética do açude Lucrécia, Brasil, os autores observaram um aumento na frequência de micronúcleos na planta, demonstrando a capacidade destas amostras de induzirem alterações cromossômicas. Da mesma forma, estes dados também sugerem estar relacionados com os altos índices de metais (Cd, Cu, Mn e Pb) encontrados nestas amostras (Garcia et al 2011). Estes dados destacam a sensibilidade e a eficiência deste bioensaio para avaliar a genotoxicidade de amostras ambientais complexas.

Um estudo, no rio Monjolinho em São Carlos/SP, também detectou valores elevados para o chumbo, sugerindo que a mutagenicidade encontrada em seus testes com *Allium cepa* poderia estar vinculada a presença deste metal nas águas contaminadas por efluentes domésticos e industriais (Bianchi et al., 2011). Este mesmo ensaio metodológico foi realizado em 2003 no Golandim, antes da execução do plano de recuperação do rio. Este estudo demonstrou que as águas do Golandim apresentavam-se tóxicas, por causar ação inibitória no ciclo celular em meristemas de raízes de *Allium cepa* e possuía ação genotóxica, as quais

teriam relação com a contaminação dos efluentes das indústrias que eram lançados diretamente no rio (Medeiros et al., 2003). Desta forma, estes dados são muito importantes para o atual estudo, já que aponta que o rio continua apresentando um caráter tóxico e mutagênico em suas amostras, mesmo após a implementação do plano de recuperação.

Umbuzeiro et al.(2005) em estudo no rio Cristais em São Paulo, diagnosticou a presença de corantes utilizados na indústria têxtil, em amostras ambientais resultantes de descargas de efluentes provenientes de área industrial, além de detectar que essas amostras são mutagênicas através do ensaio com Salmonella, comprovando que os vários componentes do corante não foram eficientemente removidos pelo tratamento de efluentes industrial e persistiram no ambiente. Carneiro et al.(2010) em estudo no mesmo rio, analisou efluentes industriais tratados, água do rio bruta, água do rio tratada e lama produzida pelo tratamento de água para consumo, onde identificou a presença de corantes utilizados pela indústria têxtil, inclusive nas amostras tratadas, demonstrando que o método de tratamento baseado em pré-cloração, coagulação, floculação e flotação, não foram eficazes para remover os corantes, que podem ser corroborada com atividade mutagênica detectada nessas águas.

O conjunto destes resultados demonstra que o rio Golandim não está totalmente recuperado, mas que se encontra em vias de recuperação. Nosso estudo mostra que as análises físico-químicas e microbiológicas indicaram que o Rio Golandim está se recuperando, após realização do projeto de recuperação de áreas degradadas (Prad, 2002), entretanto as análises de alguns metais apresentaram limites acima dos valores permitidos pelo CONAMA e pela OMS. Diante desta situação a análise da toxicidade dos metais em ecossistemas de água doce é uma maneira eficaz de avaliar os riscos para os organismos em contato com estes contaminantes, por causa das propriedades bioacumulativas. Além disso, a determinação tóxica do metal nos sedimentos, na água e na biota pode ser um bom método para aproximar a avaliação da disponibilidade biológica deles e dos efeitos biológicos e ecológicos resultantes dessa exposição (Santoro et al., 2009). Estes metais podem comprometer a sobrevivência dos

organismos, alterando sua fisiologia, causando danos múltiplos aos organismos, em nível de população e de ecossistema, promovendo também danos ao material genético (Arslan et al., 2009).

As análises provenientes dos testes de toxicidade e mutagenicidade permitiram diagnosticar a ação destes metais alterando tanto a taxa de reprodução dos microcrustáceos, quanto induzindo um aumento na frequência de mutações cromossômicas em plantas. Por outro lado, é válido salientar que as amostras de água são misturas complexas (Garcia et al, 2011; Steinkellner et al, 1999; Thewes et al, 2011), compostas não apenas de metais, mas de outros contaminantes que possivelmente estão contribuindo para a resposta observada

Estudos com misturas complexas como a água de rios demonstram a necessidade de se avaliar a qualidade ambiental, através de uma bateria de testes que incluem desde a medição de parâmetros físico-químicos, microbiológicos, metais, mas, principalmente, incluir nas análises ensaios de mutagenicidade e toxicidade, para que seja possível traçar um panorama acerca da qualidade destes corpos d'água (Arias et al., 2007; Costa & Espíndola, 2000; Umbuzeiro, 2010).

## **5. Conclusão**

Os resultados obtidos a partir deste estudo indicam que o rio Golandim está em processo de recuperação após anos de contaminação por efluentes industriais e domésticos. Entretanto detectou a presença de poluentes, que podem estar induzindo mutagenicidade e toxicidade, em plantas e microcrustáceos, respectivamente. Estes dados ressaltam a importância de usar ferramentas metodológicas capazes de mensurar a qualidade de um rio em conjunto com métodos analíticos, bem como da importância de estes testes sejam exigidos pela legislação brasileira.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) pelo suporte financeiro na pesquisa.

## 7. Referências

Adam, M.L.; Torres, R.A.; Sponchiado, G.; Motta, T.S.; Oliveira, C.M.R.; Carvalho-Filho, M.A.; Correia, M.T.S, 2010. Environmental Degradation at a Public Park in Southern Brazil as Revealed Through a Genotoxicity Test (MN) on Peripheral Blood Cells from *Poecilia vivipara* (Teleostei). *Water Air Soil Pollut*, 211:61–68.

Alves, N.O.; Loureiro, A.L.M.; Santos, F.C.; Nascimento, K.H.; Dallacort, R.; Vasconcellos, P.C.; Hacon, S.S.; Artaxo, P.; Medeiros, S.R.B, 2011. Genotoxicity and composition of particulate matter from biomass burning in the eastern Brazilian Amazon region. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74, 1427–1433.

Amaral, V.S.; Sinigaglia, M.; Reguly, M.L.; Andrade, H.H.R, 2006. Genetic toxicity in surface water from Guaíba Hydrographic Region under the influence of industrial, urban and agricultural sewage in the *Drosophila* Wing-Spot Test. *Environmental Pollution*, 139, 469-476.

Apha et al, 2005. Standart methods for the examination of water and wastewater. 21th Washington D.C American public health associations.

Arias, A.R.L.; Buss, D.F.; Albuquerque, C.; Inacio, A.F.; Freire, M.M.; Egler, M.; Mugnai, R.; Baptista, D.F, 2007. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12 (1): 61-72.

Arslan, O.Ç.; Parlak, H.; Katalay, S.; Boyacioglu, M.; Karaaslan, M.A.; Guner, H, 2010. Detecting micronuclei frequency in some aquatic organisms for monitoring pollution of Izmir Bay (Western Turkey). *Environ Monit Assess*, 165:55–66.

Beltrame, L.T.C, 2000. Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, pós-graduação em engenharia química, Natal.

Bianchi, J.; Espindola, E.L.G.; Morales, M.A.M, 2011. Genotoxicity and mutagenicity of water samples from the Monjolinho River (Brazil) after receiving untreated effluents. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74, 826–833.

CONAMA, 2005. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO N ° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.

- Cooper, N.L.; Bidwell, J.R.; Kumar, A. 2009. Toxicity of copper, lead and zinc mixtures to *Ceriodaphnia dubia* and *Daphnia carinata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72 () 1523–1528.
- Costa, J.B. & Espindola, E.L.G, 2000. Avaliação ecotoxicológica as água e sedimento em tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê superior, SP). Avaliação da qualidade da água e sedimento. *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI*, São Carlos, Rima.
- Cymerman, S. & Kempers, A.J, 2007. Heavy Metals in Aquatic Macrophytes from Two Small Rivers Polluted by Urban, Agricultural and Textile Industry Sewages SW Poland. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 53, 198–206.
- Falcão, R.B.M, 2008. A Educação Ambiental no Enfrentamento da Despoluição do Rio Golandim, município de São Gonçalo do Amarante e seus desdobramentos no estado do Rio Grande do Norte. Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte.
- Fernandes, A.K.S.; Araujo, A.L.C.; Torres, D.M.; Ingunza, M.D.P.D, 2009. Avaliação da qualidade das águas do rio Golandim, RN-Brasil. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Garcia, A.C.F.S.; Marcon, A.E.; Ferreira, D.M.; Santos, E.A.B.; Amaral, V.S; Medeiros, S.R.B, 2011. Micronucleus study of the quality and mutagenicity of surface water from a semi-arid region. *J. Environ. Monit.*, , 13, 3329–3335.
- Gowd, S.S. & Govil, P.K, 2008. Distribution of heavy metals in surface water of Ranipet industrial area in Tamil Nadu, India. *Environ Monit Assess*, 136:197–207.
- GraphPad Prism 5 e o BioEstat versão 5.0. Kolmogorov-Smirnov. ANOVA one-way. Dunnett and Tukey. Exato de Fisher.
- IDEMA, 2007. INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. Principais ações no estuário do rio Potengi.
- Kahru, a. & Dubourguier, H.C, 2010. From ecotoxicology to nanoecotoxicology. *Toxicology* 269, 105–119.
- Keskin, S, 2012. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Nigde, Turkey. *Environ Monit Assess*, 184:449–460.
- Koç, C, 2010. A Study on the Pollution and Water Quality Modeling of the River Buyuk Menderes, Turkey. *Clean – Soil, Air, Water*, 38 (12), 1169–1176.
- Liu, J.; Zhang, X.H.; Tran, H.; Wang, D.Q.; Zhu, Y.N, 2011. Heavy metal contamination and risk assessment in water, paddy soil, and rice around an electroplating plant. *Environ Sci Pollut Res*, 18:1623–1632.
- M. Misik; T-H. Ma; A. Nersesyan; S. Monarca; J.K. Kim; S. Knasmueller, 2011. Micronucleus assays with *Tradescantia* pollen tetrads: an update. *Mutagenesis* vol. 26 no. 1 pp. 215–221.

- Ma, T. H, 1981. Tradescantia Micronucleus Bioassay and Pollen Tube Chromatid Aberration Test for in Situ Monitoring and Mutagen Screening. Environmental Health Perspectives. Amsterdam, v. 37, p. 85-90.
- Mager, E.M.; Brix, K.V.; Gerdes, R.M.; Ryan, A.C.; Grosell, M, 2011. Effects of water chemistry on the chronic toxicity of lead to the cladoceran, *Ceriodaphnia dubia*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74, 238–243.
- Medeiros, ACS; Medeiros, MG; Medeiros, MS; Agnez Lima, LF; Batistuzzo de Medeiros, SR, 2003. Avaliação genotóxica das águas do rio golandim (rn) utilizando meristema radicular de *Allium cepa*. Congresso Brasileiro de genética.
- Negreiro, B.T.B.; Egler, S, 2009. Avaliação ecotoxicológica da qualidade das águas do Rio Piabanha (RJ). XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM.
- Neto, A.C.N, 2009. Avaliação de toxicidade aguda e crônica em águas do rio Jundiá e em afluentes e efluentes da ETE Novo Horizonte, Jundiá, São Paulo. Dissertação de mestrado e ciências na área de tecnologia nuclear, Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo.
- Ohe, T.; Watanabe, T.; Wakabayashi, K, 2004. Mutagens in surface waters: a review. Mutation Research 567, 109–149.
- Prad, 2002. Plano de Recuperação da área degradada do rio Golandim. Companhia de águas e esgotos do Rio Grande do Norte.
- Poynton HC, Varshavsky JR, Chang B, Cavigiolio G, Chan S, Holman PS, Loguinov AV, Bauer DJ, Komachi K, Theil EC, Perkins. EJ, Hughes O, Vulpe CD, 2007. *Daphnia magna* Ecotoxicogenomics Provides Mechanistic Insights into Metal Toxicity. Environ Sci Technol 41:1044–1050.
- PROTOCOLO 13373 ABNT NBR 2005. Ecotoxicologia aquática- toxicidade crônica- método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera).
- Santoro, A.; Blo, G.; Mastrolitti, S.; Fagioli, F, 2009. Bioaccumulation of Heavy Metals by Aquatic Macroinvertebrates Along the Basento River in the South of Italy. Water Air Soil Pollut, 201:19–31.
- Sisenando, H. A.1; Batistuzzo de Medeiros, S. R.2; Hacon, S. S, 2009. Tradescantia pallida: mais do que uma linda flor, um importante bioindicador da qualidade ambiental. Genética na escola. 04.02, 09-13.
- Steinkellner, H.; Kassie, F.; Knasmuller, A, 1999. Tradescantia-micronucleus assay for the assessment of the clastogenicity of Austrian water. Mutation Research, 426:199-213.
- Thewes, M.R.; Junior, D.E.; Droste, A, 2011. Genotoxicity biomonitoring of sewage in two municipal wastewater treatment plants using the Tradescantia pallida var. purpurea bioassay. Genetics and Molecular Biology, 34, 4, 689-693.

Umbuzeiro, G.A.; Kummrow, F.; Rei, F.F.C, 2010. Toxicologia, padrões de qualidade de água e a legislação. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.5, n.1, Resenha, jan./abr.

World Health Organization, Chemical Hazards in Drinking Water, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/index.html), 2003.

Yi, Y.J. & Zhang, S.H, 2012. Heavy metal (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) concentrations in seven fish species in relation to fish size and location along the Yangtze River. Environ Sci Pollut Res.

Zeng, D.; Li, Y.; Lin, Q, 1999. Pollution monitoring of three rivers passing through Fuzhou City, People's Republic of China. Mutation Research, 426, 159–161.

Zhang, X.Y.; Liu, X.Y.; Wang, J.W.ZZ; Su, P.C.; Zhong, C.L.; Cao, Z.N, 2010. Contamination characteristics of heavy metals in the water of Daqing Wetlands. J Shanghai Univ (Engl Ed), 14(4): 262–265.



## CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos a partir deste estudo indicam que o rio Golandim está em processo de recuperação após anos de contaminação por efluentes de origem industrial e doméstica. Entretanto foi detectada, ainda, a presença de agentes tóxicos, que podem induzir mutações cromossômicas e toxicidade crônica em alguns organismos. Estes resultados ressaltam a importância de que além do uso dos métodos analíticos para caracterizar amostras complexas, deve-se utilizar organismos bioindicadores em diferentes ensaios de genotoxicidade e ecotoxicidade. Os nossos achados servem de sinal de alerta para os órgãos governamentais competentes que estão sendo responsáveis pela recuperação do Golandim. Da mesma forma, ainda é precoce mencionar que este rio está recuperado. É necessário que haja medidas de monitoramento e tratamento para garantir que a qualidade deste recurso hídrico seja cada vez mais melhorada. Estes dados refletem diretamente as análises provenientes da percepção ambiental, uma vez que a maioria dos residentes em São Gonçalo do Amarante diz não utilizar o Golandim, pois considera a água do rio de péssima qualidade podendo causar prejuízos à saúde, entretanto não imagina o município sem o rio, enfatizando a importância da recuperação deste corpo d'água. Dessa forma, espera-se que os dados obtidos nesta pesquisa possam contribuir para o cenário atual da situação do Golandim, e com trabalhos futuros de educação ambiental no município, principalmente com a comunidade que vive no entorno deste importante recurso hídrico do Rio Grande do Norte.

## ANEXO I

### NORMAS DE PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS NA REVISTA EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM AÇÃO

A revista eletrônica Educação Ambiental em Ação publica trabalhos que estejam relacionados com os eixos temáticos a seguir, desde que seguidas as normas aqui expostas:

Eixos Temáticos:

- Relatos de Práticas de Educação Ambiental;
- Diversidade da Educação Ambiental;
- Educação Ambiental e Seus Contextos;
- Educação Ambiental e Cidadania;
- Sensibilização e Educação Ambiental;
- Reflexões para Conscientização.

1. Serão aceitos somente trabalhos para publicação em português. Os textos devem ser enviados com as devidas revisões, incluindo a gramatical e a ortográfica - textos com erros serão, automaticamente, descartados.

2. O (s) autor (es) estarão cedendo os direitos autorais à revista, sem quaisquer ônus para a Revista Educação Ambiental em Ação, considerando seu caráter de fins não lucrativos.

3. A extensão dos trabalhos deverá ser de, no máximo, (apresentar) 15 páginas.

4. Os resumos poderão ser em Português, apresentados em um só parágrafo.

5. Os originais devem ser enviados por e-mail, com três (3) meses de antecedência (ver detalhes no item 7) para: [sicecologia@yahoo.com.br](mailto:sicecologia@yahoo.com.br) - escreva no assunto da mensagem:

ARTIGO Revista EA (título)

6. A avaliação dos trabalhos será enviada no prazo máximo de 2(dois) meses quanto a publicação ou não do mesmo.

7. A edição é trimestral, sendo, portanto, necessário enviar os artigos nos seguintes períodos:

- Para publicação na 1a. edição do ano, que ocorre em Março, os trabalhos devem ser enviados até 15 de Dezembro.
- Para publicação na 2a. edição do ano, que ocorre em Junho, os trabalhos deverão ser enviados até 15 de Março.
- Para publicação na 3a. edição do ano, que ocorre em Setembro, os trabalhos deverão ser enviados até 15 de Junho.
- Para publicação na 4a. edição do ano, que ocorre em Dezembro, os trabalhos deverão ser enviados até 15 de Setembro.

Especificações:

- Fonte utilizada ARIAL 12;
- Espaçamento simples.

8. Os trabalhos não devem apresentar notas de rodapé; se necessárias, transformá-las em "notas finais". Agradecimentos poderão ser incluídos no final.

9. Os autores são os únicos responsáveis pelas idéias expostas em seus trabalhos, como também pela responsabilidade técnica e veracidade das informações, dados, etc, apresentados. Os editores não se responsabilizam pelo conteúdo dos textos publicados.

10. A organização do trabalho deve respeitar a seqüência abaixo:

- título do trabalho;
- informações complementares sobre o(s) autor(es);
- titulação acadêmica;
- referência profissional;
- endereço p/ correspondência;
- telefones, fax e e-mail;
- resumo;
- texto completo (introdução, desenvolvimento, conclusão);

- referências bibliográficas.

11. Normas para referências bibliográficas:

Citações no texto: (AUTOR(ES), ano: p. ou pp.).

Livros: AUTOR(ES) SOBRENOME(S), Nome(s). Título em negrito. Local: Editora, ano.

Capítulos: AUTOR(ES) SOBRENOME(S), Nome(s). "Título do Capítulo". In: AUTOR(ES) SOBRENOME(S), Nome(s)(ed) ou (org). Título em negrito. Local: Editora, ano.

Artigos: AUTOR(ES) SOBRENOME(S), Nome(s). "Título do Artigo", Título do Periódico em negrito, Local, número, volume, mês/ano, páginas.

Teses, dissertações, monografias: AUTOR, SOBRENOME, Nome. Título em negrito. Local: Instituição. (tese, dissertação ou monografia), ano.

Outras publicações (relatórios, ensaios, etc): AUTOR(ES) ou INSTITUIÇÃO. Título em negrito. Local: órgão institucional responsável pela publicação, ano.

Leis, decretos, etc: LOCAL DA JURISDIÇÃO. Título e número em negrito, data.

12. Os trabalhos enviados serão analisados, podendo ou não ser publicados.

13. Os textos que não estiverem de acordo com estas normas não serão aceitos.

Salienta-se que: Todos/as que enviarem trabalhos para a revista dão a esta plenos direitos de publicação. A Revista não se responsabiliza pelas idéias e pelo conteúdo dos trabalhos.

- Nos textos, evitar utilização de imagens. De preferência o arquivo enviado não poderá ultrapassar 64 kb (praticamente somente texto). Caso o artigo ultrapasse este tamanho, escreva vendo a possibilidade de publicação dizendo o tamanho do mesmo (é possível baixar dpi's de imagens em editores específicos - imagens para a internet não necessitam de alta resolução).

- A publicação dos trabalhos será condicionada à aprovação dos editores, sem no entanto haver responsabilidade pela veracidade ou pelas citações descritas nos trabalhos enviados.

Serão publicados em cada edição até dez (10) trabalhos. Em havendo uma grande demanda, os trabalhos entrarão em uma "lista de espera".

- Não há qualquer responsabilidade por parte dos editores em fornecer atestados de recebimento de artigos ou de publicação tendo em vista ser um trabalho desenvolvido de forma totalmente voluntária, sem objetivos financeiros ou promocionais. Trata-se, portanto, de um projeto experimental que tem dado importante contribuição para a implementação da Educação Ambiental.

- Relatos de experiências e pequenos artigos poderão ser publicados na Seção Breves Comunicações ou em outras que os editores considerarem conveniente.

- Os artigos devem ser enviados para sicecologia@yahoo.com.br - Sandra Barbosa.

- Deve ser enviada uma breve apresentação do trabalho - de no máximo 3 linhas - para a chamada na capa da revista.

- O envio dos artigos para análise e possibilidade de publicação implica em plena aceitação do que foi aqui apresentado.

Att,

Berenice Adams, Julio Trevisan e Sandra Barbosa

Editores responsáveis e equipe da Educação Ambiental em Ação.

Normas atualizadas em 06 de setembro de 2009.

## **ANEXO II**

Normas para publicação do periódico *Ecotoxicology and Environmental Safety* no link:  
[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/622819/authorinstructions](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/622819/authorinstructions)

**ANEXO III PARECER COMITÊ**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP

**PARECER Nº 303/2010**

<b>Prot. nº</b>	140/10 CEP/UFRN
<b>CAAE</b>	0158.0.051.000-10
<b>Projeto de Pesquisa</b>	Análise da Mutagenicidade da Água do Rio Golandim (São Gonçalo do Amarante/RN Brasil), em Prol da Sustentabilidade.
<b>Área de Conhecimento</b>	2 - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS          Grupo III 2.02 - Genética
<b>Pesquisador Responsável</b>	Aline Rocha de Paiva
<b>Instituição Onde Será Realizado</b>	Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
<b>Instituição Sediadora</b>	Município de São Gonçalo do Amarante
<b>Nível de abrangência do Projeto</b>	Dissertação de Mestrado
<b>Período de realização</b>	Início - out/2010 Término - fev/2012 Arrolamento: Início - nov/2010 - Término - ago/2011
<b>Revisão ética em</b>	29 de outubro de 2010

**RELATO****1. RESUMO**

O objetivo desse projeto é a análise do Rio Golandim no Município de São Gonçalo do Amarante/RN. Este rio tem sido apontado por apresentar um elevado grau de poluição devido ao grande lançamento de efluentes industriais, curtimes e de alguns conjuntos habitacionais. Considerando estes aspectos é importante uma análise da mutagenicidade destas águas que ainda são utilizadas pela população. Este projeto corresponde a uma Dissertação de Mestrado do Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA e irá utilizar duas abordagens. A primeira será a análise da percepção ambiental pela população por meio de uma entrevista, num total de 300 pessoas arroladas aleatoriamente. A segunda abordagem consistirá da análise da água do rio por meio de testes de micronúcleo utilizando a planta Tradescancia. Esta etapa será realizada no laboratório LAMA na UFRN.

**2. ENTENDIMENTOS E RECOMENDAÇÕES**

Entendemos que esse protocolo encontra-se bem instruído e em concordância com as normas e diretrizes propostas na Res. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde - CNS. Diante do exposto o CEP/UFRN classifica-o na categoria de protocolo APROVADO.

**3. ORIENTAÇÕES AO PESQUISADOR**

Em conformidade com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) através do Manual Operacional para Comitês de Ética em pesquisa (Brasília, 2002) e Res. 196/96 – CNS o pesquisador deve:

- entregar ao sujeito da pesquisa uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), na íntegra, por ele assinada (Res. 196/96 CNS – item IV.2d);
- desenvolver a pesquisa conforme foi delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após a análise das razões da descontinuidade pelo CEP/UFRN (Res. 196/96 – CNS item III.3z);

## PARECER 303/2010 CEP/UFRN

3. apresentar ao CEP/UFRN eventuais emendas ou extensões ao protocolo original, com justificativa (Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa – CONEP – Brasília – 2002 – p. 41);

4. apresentar ao CEP/UFRN relatório final após conclusão da pesquisa (Manual Operacional para Comitês de ética em Pesquisa – CONEP – Brasília – 2002 – p.65).

Os formulários para os Relatórios Parciais e Final estão disponíveis na página do CEP/UFRN ([www.etica.ufrn.br](http://www.etica.ufrn.br)).

Natal, 12 de novembro de 2010.

  
Dulce Almeida

Coordenadora do CEP-UFRN

## ANEXO IV



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
 Centro de Biociências/Depto. de Biologia Celular e Genética  
 Laboratório de Mutagênese Ambiental  
 Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado Participante,

Este é um convite para você participar da pesquisa “ANÁLISE DA MUTAGENICIDADE DA ÁGUA DO RIO GOLANDIM (SÃO GONÇALO DO AMARANTE/RN/BRASIL), EM PROL DA SUSTENTABILIDADE” que é coordenada pela Professora da UFRN, Viviane Souza do Amaral, e pela mestranda responsável Aline Rocha de Paiva.

Essa pesquisa tem como objetivo principal avaliar a compreensão dos moradores do município de São Gonçalo do Amarante/RN sobre o meio ambiente em que vivem, incluindo a utilização da água do rio Golandim que esta inserido dentro dos domínios do município. Esta pesquisa é muito importante, pois o Rio é afluente do Rio Potengi pertencente, portanto da Bacia Hidrográfica do Potengi, fazendo parte da região metropolitana de Natal, a qualidade de suas águas aponta para um elevado grau de poluição devido ao grande lançamento de efluentes industriais do Distrito Industrial de Extremoz, curtumes e de alguns conjuntos habitacionais próximos a área em seu leito sem qualquer tipo de tratamento prévio ao longo dos anos, os quais podem impor sérios riscos a população que se utiliza dele para os diversos fins. Assim, o questionário funcionará como uma forma de se conhecer a situação dessa comunidade em relação ao seu saber/agir ambiental e, além disso, pode tornar-se parte fundamental para futuros projetos de educação ambiental, já que através deste questionário, será possível identificar as necessidades, as expectativas e as relações que os moradores de São Gonçalo do Amarante estabelecem com o meio ambiente da sua localidade.

Caso decida aceitar o convite, sua participação envolverá uma entrevista com a duração aproximada de 10 min. A sua participação é voluntária e se você decidir não participar e quiser desistir de continuar em qualquer momento, ou ainda, se recusar a responder qualquer pergunta que ocasione algum constrangimento, tem absoluta liberdade em fazê-lo.

Os riscos em participar dessa pesquisa são considerados mínimos. Como benefício, destaca-se a participação direta dos moradores locais que irão contribuir nos ajudando na preparação desses registros, os quais representarão a realidade de como a comunidade compreende o ambiente em que vive e como o utilizam. Dessa forma, projetos futuros de educação ambiental poderão ser implantados levando em conta as necessidades locais analisadas através questionário.

Em todas as etapas dessa pesquisa, inclusive na publicação dos resultados, sua identidade será mantida em sigilo e serão omitidas todas as informações que permitam identificá-lo (a).

Se você tiver algum gasto que seja devido à sua participação nesta pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização.

Você ficará com uma copia deste Termo (TCLE) e toda a dúvida que você tenha a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para a mestranda: Aline Rocha de Paiva, no telefone (84) 99260186 ou pelo email [linerpaiva@hotmail.com](mailto:linerpaiva@hotmail.com).

Dúvidas a respeito da Ética desta Pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRN no endereço: Campus Universitário, Av. Senador Salgado Filho, s/n, bairro: Lagoa Nova, Natal, 59078-970, e-mail [cepufrn@reitoria.ufrn.br](mailto:cepufrn@reitoria.ufrn.br) ou pelo telefone: (84) 3215-3135.

Atenciosamente,

\_\_\_\_\_  
 Aline Rocha de Paiva  
 Mestranda/Pesquisadora

**Consinto em participar desta pesquisa e declaro ter recebido uma cópia deste termo de consentimento.**

Participante

Nome: \_\_\_\_\_ idade: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

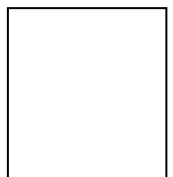
Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

Pesquisador

Nome: Aline Rocha de Paiva

Assinatura do responsável pela pesquisa: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_, Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.



Aposição da Digital

## ANEXO V

## QUESTIONÁRIO PERCEPÇÃO AMBIENTAL/ SÃO GONÇALO DO AMARANTE

**ATENÇÃO:** Leia atentamente as questões e marque com um X sua resposta.  
 Nas questões 1 a 10 só deve ser marcada uma 1 opção.

**Sexo:** ( )Feminino ( )Masculino  
**Idade:** ( ) 18-20 ( ) 41-50  
 ( ) 21-30 ( ) 51-60  
 ( ) 31- 40 ( ) Acima de 60

**Tempo de Residência na Cidade:**

( ) Menos de 1 ano ( ) Entre 1 a 5 anos ( ) Entre 5 e 10 anos ( ) Mais de 10 anos

**Escolaridade:** ( ) Sem escolaridade ( ) 2 grau completo  
 ( ) 1 grau incompleto ( ) superior incompleto  
 ( ) 1 grau completo ( ) superior completo  
 ( ) 2 grau incompleto

**1. Para você, o que faz parte do meio ambiente?**

( ) Naturais (Rios, lagos e mares, animais, pessoas, árvores, plantas, ar, céu)  
 ( ) Artificiais (Praças, parques, casas, prédios, ruas, calçadas e estradas)  
 ( ) Todas as alternativas estão corretas

**2. Você se preocupa com o meio ambiente?**

( ) Sim ( )As vezes ( ) Não

**3. Você tem informações sobre o meio ambiente através de:**

( ) Livros ( ) Jornais ( ) Internet  
 ( ) Revistas ( ) Rádio  
 ( ) Televisão ( ) Aulas/Escola

**4. Qual problema ambiental você considera que existe na cidade:**

( ) Poluição do rio ( ) Queimadas  
 ( ) Lixo ( ) Falta de saneamento  
 ( ) Esgoto ( ) Outros  
 ( ) Desmatamento

**5. Como você avalia os problemas ambientais que existem se pudesse avaliá-los:**

( ) Leves ( ) Médios ( ) Graves ( ) Não sei

**6. No seu dia-a-dia você considera que causa algum prejuízo ao meio ambiente?**

( ) Muitos ( ) Poucos ( ) Nenhum ( ) Não sei

**7. Com relação ao rio Golandim, como você o utiliza?**

( ) Utiliza (Bebe água diretamente, pesca, toma banho, utiliza para atividades domésticas)  
 ( ) Não utiliza  
 ( ) Evita utilizar a água dele

**8. Como você considera a qualidade da água do rio do seu município?**

( ) Ótima ( ) Boa ( ) Regular ( ) Péssima ( ) Não sei

**9. Você acha que a água do rio pode prejudicar a sua saúde?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Não sei

**10. Você conseguiria imaginar o seu município sem o rio?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Nunca pensei

**11. Descreva o que o Rio Golandim representa para você.**


---



---



---