



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



JOSÉ LUCAS DOS SANTOS OLIVEIRA

**RECURSOS HÍDRICOS: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE AGRICULTORES E
ESTUDO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ E DE
METAIS PESADOS EM ESPÉCIES AGRÍCOLAS**

João Pessoa

2019

JOSÉ LUCAS DOS SANTOS OLIVEIRA

**RECURSOS HÍDRICOS: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE AGRICULTORES E
ESTUDO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ E DE
METAIS PESADOS EM ESPÉCIES AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de pesquisa: Gestão Sustentável em Meios Aquáticos e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Edevaldo da Silva

João Pessoa

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48r Oliveira, Jose Lucas Dos Santos.

Recursos hídricos: Percepção ambiental de agricultores e estudo dos efeitos ecotoxicológicos da água do Rio Piancó e de metais pesados em espécies agrícolas / Jose Lucas Dos Santos Oliveira. - João Pessoa, 2019.
92 f. : il.

Orientação: Edevaldo da Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Agricultura. 2. Agroecologia. 3. Contaminação. 4. Fitorremediação. 5. Germinação. I. Silva, Edevaldo da.
II. Título.

UFPB/BC

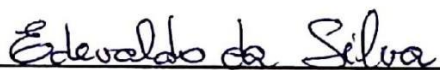
JOSÉ LUCAS DOS SANTOS OLIVEIRA

**RECURSOS HÍDRICOS: PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE AGRICULTORES E
ESTUDO DOS EFEITOS ECOTOXICOLÓGICOS DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ E DE
METAIS PESADOS EM ESPÉCIES AGRÍCOLAS**

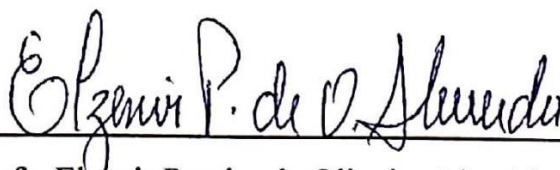
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovado em: 26 de Fevereiro de 2019

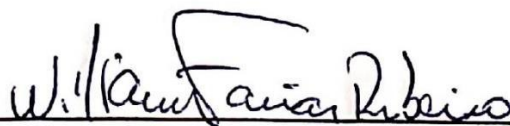
Comissão Examinadora



Prof. Edevaldo da Silva - Professor Orientador
Doutor em Química Analítica - UFCG



Profa. Elzenir Pereira de Oliveira Almeida
Doutora em Ciências da Saúde - UFCG



Prof. Williane Farias Ribeiro
Doutor em Química - UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois Dele obtive toda a energia espiritual necessária para alcançar os objetivos dessa pesquisa até este momento.

Aos meus pais, José de Oliveira Lima e Maria Da Guia dos Santos Pereira pelos ensinamentos, confiança e amor durante a minha formação pessoal e profissional.

Aos meus irmãos, Dayanna Oliveira, Janicleide Oliveira, Rebecca Oliveira, Thiago Oliveira e Jannyelly Oliveira, que trazem consigo a essência de nossa família, prezando sempre pela união e companheirismo.

À todos aqueles que me acolheram quando mais precisei, Jacinta Lima, Hélder Lima, Kalina Lima, Silvia Lima, Jackeline Lima, Mateus Lima e Fernando Lima.

À minha amiga e companheira Cynthia Sousa, que esteve sempre comigo, disposta a ajudar durante esse processo, transmitindo segurança, paz e confiança que eu precisava para seguir adiante, como também sua família e amigos.

Aos laços de amizade que tive a oportunidade de construir durante esta etapa e que foram muito importantes para que fosse possível alcançar os objetivos deste trabalho: Cattleya Felix, Thayanna Medeiros e, em especial, a Letícia Andrade e Rose Paulino. E a tantos outros, como José Fabrício e Márcio Kleber.

Ao meu orientador e, também amigo, Dr. Edevaldo da Silva, pela paciência e paz que transmite na condução desse trabalho e em toda a minha trajetória acadêmica.

À Universidade Federal da Paraíba, que, por meio do PRODEMA, traz a proposta de um projeto interdisciplinar, que vem abrindo horizontes para que as limitações impostas por uma visão disciplinar sejam superadas, formando profissionais aptos a trabalhar na área.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela disponibilidade de bolsa, que contribui de maneira significativa para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos profissionais do Laboratório de Citogenética Vegetal – UFPB/Areia e do Laboratório de Análises de Água/UFCG/Pombal pela colaboração e atenção.

À todos que de alguma forma foram importantes no decorrer dessa trajetória, deixo meu agradecimento.

RESUMO

As ações antrópicas relacionadas à exploração intensa dos recursos naturais e o aumento populacional nas últimas décadas têm contribuído para uma crise ambiental, originando diversos desequilíbrios e causando a contaminação de ecossistemas aquáticos e do solo. Essa pesquisa objetivou analisar o conhecimento e práticas dos agricultores da região quanto aos recursos hídricos e uso sustentável do solo. Além disso, avaliar possíveis efeitos ecotoxicológicos da água do Rio Piancó (Paraíba) e de metais (Ni, Pb), no desenvolvimento germinativo de três cultivares agrícolas: *Citrus lanatus* (melancia), *Phaseolus vulgaris* L. (feijão), *Zea mays* L. (milho) e possíveis efeitos genotóxicos da água do rio em *Allium cepa* L. (cebola). Na pesquisa de campo com famílias de agricultores (n = 8) da cidade de Pombal, Paraíba, foi aplicado um questionário com 15 questões abertas e 12 afirmativas, no modelo da escala de Likert, todas relacionadas à relação deles, e suas atividades, com uso da água do rio e do solo. Os experimentos laboratoriais com as espécies agrícolas foram realizados em placas de Petri, em triplicata, com 25 sementes em cada placa. Para os experimentos com a água do rio, coletou-se a água em dois pontos amostrais próximos de focos contaminação (efluentes) do rio. As amostras foram caracterizadas quanto alguns parâmetros físico químicos (pH, cor, turbidez, total de sólidos dissolvidos, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, dureza total, sódio, potássio, cálcio, bicarbonato e cloretos). Os efeitos ecotoxicológicos da água do rio foi avaliado em diferentes diluições (100,0; 75,0; 50,0; 25,0 e 0,0%) em volume de água, para cada ponto amostral, utilizando as espécies *C. lanatus*, *P. vulgaris* e *Z. mays*. Os efeitos dos metais (Ni, Pb) foram avaliados nas seguintes concentrações: 0,0; 1,0; 3,0; 6,0 e 9,0 mM em *C. lanatus*. As variáveis respostas morfofisiológicas observadas foram: porcentagem de germinação, anormalidades, biomassa fresca e seca da raiz e da parte aérea, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e crescimento da raiz e da parte aérea. A genotoxicidade foi avaliada pela análise de lâminas de células meristemáticas de *A. cepa*, expostas à água do rio. Os dados reportaram que a água do Rio Piancó é importante para a região, pois a partir dela os agricultores subsistem. Os entrevistados compreendem que a urbanização compromete a qualidade da água do rio (62,5%) e sabem qual o órgão é responsável pela fiscalização do rio (50,0%). Somente 25,0% faz uso de defensivos naturais nos cultivos, os demais usam agrotóxicos. Os parâmetros físico químicos da água do Rio Piancó estão, em sua maioria, de acordo com o que estabelece a legislação brasileira para essa classe de uso, nos dois pontos amostrais e, não reportou toxicidade em *P. vulgaris* nas variáveis avaliadas, porém *C. lanatus* teve redução do IVG nos dois pontos e *Z. mays*, teve redução significativa de crescimento e produção de biomassa quando exposta a água concentrada do rio, em um dos pontos de coleta. Os metais pesados analisados foram tóxicos para a germinação e desenvolvimento inicial de *C. lanatus*, a partir de 1,0 mM, sendo o Pb mais tóxico em relação ao Ni. Os efluentes e águas lixiviadas da agricultura, podem acumular na água e, posteriormente, no solo (pela irrigação) metais pesados tóxicos. Assim, para a prática de agricultura em todo o perímetro que margeia o Rio Piancó são necessárias ações de conservação para mitigar os efeitos das atividades antrópicas e lançamentos de efluentes que contribuem para a degradação do rio. Ações de Educação Ambiental podem sensibilizar os agricultores para que contribuam com a preservação da área, reduzindo o uso de agrotóxicos ou sendo capacitados para práticas agroecológicas.

Palavras-chave: Agricultura. Agroecologia. Contaminação. Fitorremediação. Germinação.

ABSTRACT

The anthropic actions related to the intense natural resources exploration and the populational increase has contributed to an environmental crisis, resulting in imbalances and contamination in aquatic and soil ecosystems. This research aimed to analyze the knowledge and practices of farmers regarding water resources and sustainable land use. In addition, to evaluate the possible ecotoxicological effects of Piancó river (Paraíba) water and metals (Ni, Pb) in the germination development of three cultivars: *Citrulus lanatus* (watermelon), *Phaseolus vulgaris* L. (bean), *Zea mays* L. (corn) as well as possible genotoxic effects of the river water on *Allium cepa* (onion). A questionnaire with 5 open questions and 12 affirmative questions in the Likert scale model, all related to their relation and their activities with the use of river water and soil, were applied in the field survey with farmer's families (n = 8) in the city of Pombal, Paraíba. Laboratory experiments were carried out in Petri dishes with 25 seeds in each plate. For the experiments with the water of the river, the water was collected in two sampling points close to the contamination sources (effluents) of the river. The samples were characterized according to chemical physical parameters (pH, color, turbidity, total dissolved solids, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total hardness, sodium, potassium, calcium, bicarbonate and chlorides). The ecotoxicological effects of the river water were evaluated at different dilutions (100,0; 75,0; 50,0; 25,0 and 0,0%) by volume of water, for each sampling point using the species *C. lanatus*, *P. vulgaris* and *Z. mays*. The effects of metals (Ni, Pb) were evaluated in the following concentrations: 0,0; 1,0; 3,0; 6,0 and 9,0 mM in *C. lanatus*. The morphophysiological responses observed were: percentage of germination, abnormalities, fresh and dry root and shoot biomass, germination speed index (IVG), mean germination time (TMG), root and shoot growth. The genotoxicity was evaluated by the analysis of meristematic cells of *A. cepa* exposed to the water of the river. The data reported that the water of the Piancó River is important for the region because farmers derive their subsistence from it. The interviewees understand that urbanization compromises the quality of the river's water (62,5%) and knows which agency is responsible for monitoring the river (50,0%). Only 25,0% use natural pesticides in the crops. The others use agrochemicals. The chemical physical parameters of the Piancó River water are, for the most part, according to the Brazilian legislation for this class of use, in the two sampling points did not report toxicity in *P. vulgaris* in the evaluated variables, but *C. lanatus* had a reduction of IVG in the two points and *Z. mays* had a significant reduction of growth and biomass production when exposed to concentrated water from the river at one of the collection points. The heavy metals analyzed were toxic to germination and development of *C. lanatus*, from 1,0 mM, with Pb being more toxic than Ni. Effluents and leached water from agriculture can accumulate in the water and subsequently in the soil (through irrigation) of toxic heavy metals. Therefore, for the practice of agriculture around the perimeter that borders the Piancó River, conservation actions are necessary to mitigate the effects of anthropic activities and releases of effluents that contribute to the degradation of the river. Environmental Education actions can sensitize farmers to contribute to the preservation of the area, reducing the use of pesticides or being trained in agroecological practices.

Keywords: Agriculture. Agroecology. Contamination. Phytoremediation. Germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização de Pombal, Paraíba e de pontos amostrais (P1 e P2) do Rio Piancó, utilizados para coleta, procedimentos experimentais e análises químicas e físicas de água.....	43
Figura 2 - Coleta de água (Ponto amostra 1) no Rio Piancó, Pombal, Paraíba	43
Figura 3 - Medição <i>in locu</i> de parâmetros físicos e químicos da água do Rio Piancó, Paraíba por meio de sonda multiparâmetros	44
Figura 4 - Células meristemáticas de <i>Allium cepa</i> expostas a água deionizada: A) Prófase; B) Metáfase; C) Anáfase; D) Telófase; e a diluições experimentais da água do Rio Piancó, Paraíba em dois pontos de coleta. Ponto 1: E) Prófase; F) Metáfase; G) Anáfase; H) Telófase. Ponto 2: I) Prófase; J) Metáfase; L) Anáfase; M) Telófase	56
Figura 5 - Plântulas de <i>Zea mays</i> expostas (120h) a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba (Ponto 1).	58
Figura 6 - Frequência de plântulas anormais de <i>Citrulus lanatus</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> e <i>Zea mays</i> após 120h de exposição a diluições experimentais da água do Rio Piancó, Paraíba (Ponto 1 e 2).	59
Figura 7 - Plântulas de <i>Citrulus lanatus</i> expostas a metais pesados: A) Plântulas expostas a concentrações de Ni. B) Plântulas expostas a concentrações de Pb.	63
Figura 8 - Frequência de plântulas anormais de <i>Citulus lanatus</i> , após 120h de exposição a concentrações experimentais de metais pesados (Ni e Pb).	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Algumas substâncias químicas classificadas segundo a classe de agrotóxico.	30
Tabela 2 - Principais agrotóxicos usados para produção agrícola publicado na literatura (2011-2017).....	31
Tabela 3 - Agrotóxicos observados em estudos na produção agrícola publicado na literatura (2003-2013).....	32
Tabela 4 - Frequência de respostas dos entrevistados sobre aspectos relacionados à sua relação, características e qualidade da água do Rio Piancó, Pombal, Paraíba.	48
Tabela 5 - Principais mudanças ocorridas no Rio Piancó percebidas pelos agricultores em sua vivência com o rio, e principais ações de recuperação e preservação que poderiam ser desenvolvidas.	49
Tabela 6 - Análise de parâmetros físico químicos da água do Rio Piancó, Paraíba, coletados em dois pontos do rio	53
Tabela 7 - Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de <i>Citrulus lanatus</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.	57
Tabela 8 - Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de <i>Phaseolus vulgaris</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.	57
Tabela 9 - Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de <i>Phaseolus vulgaris</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba	57
Tabela 10 - Frequência de tipos de anormalidades (BRASIL, 2009) observadas em <i>Citrulus lanatus</i> , <i>Phaseolus vulgaris</i> e <i>Zea mays</i> , expostas a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba em dois pontos amostrais de coleta (P1 e P2)	59
Tabela 11 - Biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz de <i>Citrulus lanatus</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba	60
Tabela 12 - Biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz de <i>Phaseolus vulgaris</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba	60
Tabela 13 - Biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz de <i>Zea mays</i> , após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba	60

Tabela 14 - Percentual de germinação (%G), IVG, TMG e biometria inicial (48h) e final (120h) da parte aérea e raiz de <i>Citrulus lanatus</i> , após exposição a concentrações experimentais de Ni.	62
Tabela 15 - Percentual de germinação (%G), IVG, TMG e biometria inicial (48h) e final (120h) da parte aérea e raiz de <i>Citrulus lanatus</i> , após exposição a concentrações experimentais de Pb.	62
Tabela 16 - Frequência de tipos de anormalidades (BRASIL, 2009) observadas em <i>Citrulus lanatus</i> , expostas (120h) a concentrações experimentais de Ni e Pb	64
Tabela 17 - Biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz de <i>Citrulus. lanatus</i> , após 120h de exposição a concentrações experimentais de Ni	65
Tabela 18 - Biomassa fresca e seca da parte aérea e raiz de <i>Citrulus lanatus</i> , após 120h de exposição a concentrações experimentais de Pb	65

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 OBJETIVOS	14
1.1 GERAL	14
1.2 ESPECÍFICOS.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS GERAIS E CONTAMINAÇÃO	155
2.2 SOLO: ASPECTOS GERAIS E CONTAMINAÇÃO	19
2.3 METAIS PESADOS TÓXICOS, FITOTOXICIDADE E FITORREMEDIAÇÃO.....	21
2.3.1 Chumbo (Pb)	23
2.3.2 Níquel (Ni)	25
2.4 AGROTÓXICOS: CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	26
2.4.1 Poluição do Solo.....	28
2.4.2 Agrotóxicos: Classificação e Pesquisas Toxicológicas.....	29
2.5 PERCEPÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	34
2.6 AGRICULTURA: MODIFICAÇÕES HISTÓRICAS, BENEFÍCIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	35
2.7 AGROECOLOGIA E AGRICULTURA FAMILIAR.....	36
2.7.1 Educação Ambiental em uma Perspectiva Agroecológica	38
3 METODOLOGIA	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES.....	41
3.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.3.1 Pesquisa de campo com os Agricultores.....	41
3.4 ESTUDO ECOTOXICOLÓGICO DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ	42
3.4.1 Coleta e análise de água.....	42
3.4.2 Experimentos ecotoxicológicos com as espécies agrícolas.....	44
3.4.3 Bioensaio Ecotoxicológico.....	45
3.4.4 Análises Estatísticas	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS.....	47
4.2 ESTUDO ECOTOXICOLÓGICO DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ	52
4.3 ESTUDO ECOTOXICOLÓGICO COM METAIS PESADOS (NI, PB).....	61
CONCLUSÃO	67

REFERÊNCIAS	68
APÊNDICES	84
ANEXOS	88

INTRODUÇÃO

O processo histórico de discussões e debates sobre os problemas ambientais, teve um marco inicial, após tornar-se perceptível que as ameaças advindas dos métodos de exploração e degradação do meio ambiente estavam comprometendo o futuro da humanidade (GALLO et al., 2012).

Diversos desses problemas ambientais surgiram como resultado dos padrões de vida e crescimento econômico das sociedades, muitos deles, se tornando ambientalmente insustentáveis (MARTINE, ALVES, 2015), originando diversos desequilíbrios nos ecossistemas, provenientes, principalmente, dos hábitos e costumes históricos da espécie humana desde a Revolução Industrial (ZACARIAS; HIGUCHI, 2017).

As ações antrópicas têm evidenciado essa insensibilidade humana de perceber a influência do desenvolvimento na degradação ambiental, e que os padrões de vida adotados para atender suas necessidades são incompatíveis com a quantidade de recursos naturais existentes (MARTINE; ALVES, 2015).

Essa degradação é impulsionada, também, pelo crescimento urbano acelerado, e com pouco planejamento urbano que acompanhe os índices de crescimento (BUCK; MARIN, 2005). Soma-se a esse problema a carência de ações governamentais eficientes que ampliem o tratamento de efluentes domésticos (CURADO et al., 2018), que tem impactado os solos e ecossistemas aquáticos de grande importância socioeconômica.

Associado a esse crescimento urbano houve uma expansão de áreas agrícolas a fim de atender à crescente demanda por alimento (ARAUJO et al., 2010), fazendo uso de agrotóxicos e fertilizantes que contaminam a água e o solo.

Esses avanços na agricultura surgiram com apoio de ações governamentais, que incentivaram a mudança nos métodos de produção na agricultura para atender as demandas de exportação e obter desenvolvimento e lucro para o país, com isso, houve impactos que afetaram diretamente os agricultores familiares devido à desvalorização do conhecimento tradicional (PICOLOTTO; BREMM, 2015).

Diante dos problemas de contaminação de água e solo proveniente das técnicas agrícolas e do despejo de efluentes não tratados, a região do semiárido que sofre com a escassez de água é ainda mais afetada.

Na região semiárida o agricultor convive com a incerteza do período chuvoso, vivenciando secas extremas que comprometem a produtividade da colheita o que impacta na produtividade e rendimento econômico (PEREIRA; CUELLAR, 2015), dessa forma, os

impactos advindos da contaminação ambiental com metais pesados, por exemplo, afetam ainda mais essas regiões.

Os metais pesados têm apresentado concentração elevada no meio ambiente, e dentre as atividades que mais contribuem para a sua disponibilidade no planeta, está a agricultura, tornando-se uma preocupação mundial devido sua toxicidade (SILVA et al., 2017a) e pelo potencial bioacumulativo (ALBERTINI; CARMO; FILHO, 2007).

Os metais pesados podem estar presentes na composição química de efluentes que se ligam aos sedimentos, contaminando a água (AYOTUNDE; OFFEM; ADA, 2012). Com isso, os corpos de água são frequentemente afetados pela poluição com efluentes e com resíduos das atividades agrícolas (CURADO et al., 2018).

No nordeste brasileiro, uma das áreas que mais tem sido afetada pelo uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes químicos que degradam e contaminam o solo com metais, compreende comunidades ribeirinhas localizadas as margens do Rio Piancó, especialmente no município de Pombal, Paraíba (OLIVEIRA, et al., 2018).

Dessa forma, é possível que o uso de água não tratada e contaminada por efluentes domésticos e metais pesados, tais como o Chumbo (Pb) e Níquel (Ni), influencie diretamente na produtividade e desenvolvimento germinativo de espécies agrícolas, causando a diminuição da produtividade agrícola de famílias que desenvolvem a agricultura familiar, aumentando o risco de disseminação de doenças e diminuição do nível de segurança alimentar com uso da água do Rio Piancó para o desenvolvimento dessas atividades.

A utilização da água contaminada de rios para suprir necessidades básicas de sobrevivência, bem como, sendo fonte alternativa de irrigações de culturas, principalmente, torna a análise desse recurso indispensável para a manutenção da qualidade de vida da população e para assegurar a produtividade das famílias locais que dependem desse tipo de produção como forma de subsistência.

A presente dissertação foi estruturada de forma que melhor pudesse responder aos objetivos gerais e específicos inicialmente propostos, estruturando os resultados em três tópicos: Percepção de agricultores sobre os recursos hídricos; Estudo ecotoxicológico da água do Rio Piancó, Paraíba e estudo ecotoxicológico com metais pesados.

1 OBJETIVOS

1.1 Geral

- Averiguar os recursos hídricos do Rio Piancó (Pombal – Paraíba) em relação aos efeitos ecotoxicológicos e de metais pesados em cultivares agrícolas e analisar a percepção ambiental dos agricultores sobre o uso sustentável do solo e dos recursos hídricos.

1.2 Específicos

- Avaliar o conhecimento e práticas dos agricultores sobre o uso sustentável do solo e dos recursos hídricos do Rio Piancó;
- Conhecer a realidade vivenciada pelos agricultores quanto ao uso e problemas relacionados com a qualidade da água do Rio Piancó;
- Avaliar parâmetros físicos e químicos da água do Rio Piancó, comparando os resultados com parâmetros preestabelecidos;
- Analisar possível potencial genotóxico da qualidade da água do Rio Piancó, e a influência de metais pesados (Ni, Pb) no desenvolvimento germinativo de espécies agrícolas de interesse para a região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Recursos Hídricos: Aspectos Gerais e Contaminação

A água é um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento econômico. As fontes desse recurso no mundo podem estar disponíveis de forma diversificada, sendo a sua maior parte encontrada nos oceanos. Nesse contexto, a Agência Nacional de Águas (ANA) dispõe um panorama da situação da água no mundo, onde estima que:

97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. (ANA, 2018, p.1).

Apesar de sua importância, esse recurso natural tem sofrido processos intensos de degradação (SANTOS RCL et al., 2017), que tem comprometido sua utilização para atender às necessidades de usos múltiplos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei 9433/97, normatiza a gestão de recursos hídricos no Brasil, e busca assegurar o uso da água de forma sustentável, atendendo as exigências de seus respectivos usos e promover uma gestão de recursos hídricos associada a gestão ambiental (BRASIL, 1997). A gestão pouco eficiente da água em um nível que não atenda todas as exigências previstas na legislação é uma fragilidade da atualidade, que compreende problemas relacionados ao lançamento de efluentes e contaminação da água por uso de fertilizantes, dentre outros aspectos (SOUSA et al., 2014).

No Brasil, o órgão responsável por determinar os padrões de lançamentos de efluentes nos corpos de água é o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da resolução N° 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005).

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um dos instrumentos da PNRH, que regulamenta o lançamento de efluentes domésticos nos corpos hídricos com finalidade de diluição ou outros (BRASIL, 1997), e, apesar da legislação vigente, ainda é frequente o lançamento desordenado de efluentes nos rios, contribuindo para a contaminação da água. Sendo assim, a crise hídrica que tem afetado a qualidade e quantidade de água disponível para atender essas necessidades de usos múltiplos, tem sido caracterizado como um problema transdisciplinar (FISCHER et al., 2016).

O Brasil é um país que apresenta disponibilidade hídrica satisfatória para atender suas exigências de uso, quando comparado a outros países, possuindo cerca de 12% de toda a água doce do mundo, embora, essa distribuição no território brasileiro seja pouco equilibrada,

criando cenários onde existe grande disponibilidade de água em alguns estados e escassez extrema em outros (ANA, 2018).

Durante décadas a água foi considerada abundante em ambientes onde esse recurso estava disponível em grande quantidade, com isso, a preocupação sobre os problemas que podiam comprometer sua disponibilidade no futuro era pouca e restringia-se a áreas onde existia escassez natural desse recurso (FISCHER et al., 2016).

Esse padrão de pensamento vem sendo superado, dando lugar a uma preocupação mundial que objetiva remediar os problemas que tem afetado os padrões de qualidade da água (DORIA et al., 2017), como também sua disponibilidade. Assim, um dos principais problemas ambientais emergentes das crises ambientais da atualidade é a contaminação da água.

A contaminação da água pode ser proveniente de fontes poluidoras diferentes, como a poluição por resíduos sólidos, químicos e atmosféricos. A poluição do ar provoca problemas que comprometem a qualidade ambiental, uma vez que na atmosfera pode existir grande diversidade de contaminantes tóxicos, dentre eles, os metais pesados (CASTRO; GOUVEIA; ESCAMILLA-CEJUDO, 2003; BAIRD; CANN, 2011).

As partículas suspensas na atmosfera poluída podem transportar esses poluentes para a superfície da água. Em geral, as partículas de poluentes possuem de 0,1 a 10 µm de diâmetro (CASTRO; GOUVEIA; ESCAMILLA-CEJUDO, 2003) e são eliminadas da atmosfera, em sua maior parte, por meio da chuva (ARGUMEDO, 2017).

É comum que mesmo em áreas distantes das fontes originárias da poluição a contaminação ambiental por metais pesados esteja presente, sendo resultado do transporte desses contaminantes pela atmosfera, podendo ser depositados de forma seca ou úmida (BING et al., 2016).

A disponibilidade de contaminantes na água também pode ser derivada do escoamento superficial ocasionado pela chuva, transportando esses poluentes que estavam suspensos na atmosfera para ambientes aquáticos, causando sua contaminação (BING et al., 2016). Isso ocorre devido a capacidade de adsorção dos metais a essas partículas de poluentes dispersas na atmosfera.

É possível estimar os impactos derivados de ações antrópicas na composição do ar considerando a qualidade de água da chuva, especialmente em regiões geograficamente distantes onde a urbanização é pouca, mas que acabam sendo contaminadas via atmosfera com a deposição desses poluentes (ARGUMEDO, 2017).

Os mares, que constituem a maior porção de água superficial disponível no planeta são significativamente mais afetados, devido a deposição desses materiais particulados da

atmosfera na sua superfície. Além disso, o ambiente marinho tem sofrido impactos derivados de ações antrópicas, que tem alterado a sua composição química (SILVA et al., 2016a).

O uso dos mares como meio de transporte de carga tem deixado esses ambientes mais suscetíveis a acidentes envolvendo grandes navegações, comprometendo a qualidade de água e do ecossistema quando essas cargas conduzidas contêm substâncias com potencial tóxico ao meio ambiente, como o transporte de óleo (BOGDANOV; PARANINA; PARANIN, 2018).

Acidentes com cargas de óleos combustíveis interferem na interação de oxigênio entre a atmosfera e a água, visto que o óleo cria uma camada na superfície da água impedindo essa interação, com isso, todas as espécies que vivem no ambiente aquático são impactadas pela redução na disponibilidade de oxigênio e também na contaminação do local (BERTI et al., 2009).

Os aquíferos também podem ser afetados por acidentes ambientais, sendo contaminados pelo vazamento de combustíveis, por exemplo, embora também seja vulnerável a outras atividades que possam causar sua contaminação, como o uso fertilizantes e o despejo de efluentes, que acabam infiltrando-se no solo até atingir os reservatórios subterrâneos de água (LUZ et al., 2017).

A preservação de reservatórios de água subterrânea é importante, pois eles são responsáveis pelo fornecimento de água para grande parte dos rios no Brasil, além de servir de fonte alternativa para consumo humano e irrigação (ANA, 2018), e são indispensáveis para a sobrevivência e subsistência de famílias em algumas áreas no semiárido (JÚNIOR et al., 2006). Os processos de contaminação das águas subterrâneas nas áreas urbanas e rurais são crescentes, o que tem tornado a qualidade dessa água imprópria para atender as necessidades humanas (LUZ et al., 2017).

Apesar da preocupação com o controle e redução da contaminação dos recursos hídricos, visando garantir sua qualidade, ainda é comum encontrar locais onde a população utiliza os rios como depósitos de resíduos e rejeitos, contribuindo para sua degradação (TORRES et al., 2017), e embora os corpos hídricos tenham a capacidade de diluir substâncias em seu meio por autodepuração (MARÇAL; SILVA, 2017), acabam constituindo-se como uma fonte vulnerável a contaminação.

As ações antrópicas que impactam na qualidade da água dos rios contribuem ainda para a eutrofização, causando um desequilíbrio nas características físicas e na quantidade de nutrientes disponíveis na água, afetando diretamente a diversidade de espécies aquáticas (FERREIRA et al., 2014).

A eutrofização pode ocorrer quando existe um aumento na quantidade de matéria orgânica nos corpos hídricos por meio do lançamento de efluentes domésticos, elevando a concentração de elementos químicos como fósforo (P) e nitrogênio (N) na água (SOUSA et al., 2014).

Embora esses elementos químicos tenham importante função biológica nos seres vivos, o aumento da sua disponibilidade nos corpos de água contribui para a proliferação intensa de algas que consomem o oxigênio dissolvido, impedindo que ele esteja disponível para outras espécies (TORRES et al., 2017).

Essa contaminação ocorre, geralmente, por que os efluentes podem conter substâncias químicas tóxicas, que são lançadas nos corpos de água (GALLO et al., 2012), principalmente, efluentes domésticos que, com o aumento desordenado dos centros urbanos, falta de planejamento e tratamento apropriado tem sido lançado em grandes quantidades no meio ambiente (NETO et al., 2012).

Os efluentes industriais são prejudiciais ao meio ambiente, pois, em geral, apresentam composição diversificada, podendo conter metais tóxicos, demonstrando a necessidade de um maior controle no tratamento desses efluentes (JIMENEZ; BOSCO; CARVALHO et al.; 2004).

Os metais tóxicos são substâncias químicas que contaminam o meio ambiente exercendo toxicidade aos organismos vivos (TORRES et al., 2017) e mesmo estando disponíveis em concentrações muito pequenas tem potencial acumulativo em toda a cadeia alimentar (ALBERTINI; CARMO; FILHO, 2007).

Além dos efluentes, resíduos sólidos urbanos depositados de maneira ecologicamente incorreta são outra principal fonte de contaminação ambiental por metais tóxicos, pois podem conter esses elementos em sua composição (SILVA et al., 2015), onde, no solo e por meio da chuva, podem ser lixiviados para os corpos hídricos, causando a sua contaminação.

Nos rios, os metais tendem a acumular-se nos sedimentos, sendo provenientes de fontes urbanas, industriais ou agrícolas, e por isso, podem concentrar grandes quantidades desses elementos químicos, constituindo uma importante forma de quantificação e monitoramento do nível de contaminação do local (AYOTUNDE; OFFEM; ADA, 2012).

Na água, a maior concentração de metais vai estar presente nos sedimentos (SILVA et al., 2017a), consistindo um importante indicador da presença de metais no ambiente (MIL-HOMENS et al., 2013), entretanto, os metais pesados se acumulam também em espécies aquáticas como ostras, mariscos (BAIRD; CANN, 2011) peixes (SILVA et al., 2016a) e camarão (SILVA et al., 2016b), contaminando toda a cadeia alimentar.

Os sedimentos podem introduzir contaminantes provenientes do meio externo para dentro da água, como também possibilitar a sua mobilização no corpo hídrico, podendo ficar em suspensão ou se sedimentar, e assim serem levados pela correnteza (CRISPIM et al., 2015).

O desmatamento da mata ciliar é outro fator que influencia no transporte desses sedimentos para os rios, visto que, com a ausência da vegetação todos os sedimentos presentes no solo são levados para a água, contendo fertilizantes derivados da agricultura, bem como resíduos em geral (SOUSA et al., 2014).

As ações antrópicas podem interferir significativamente na qualidade da água de um determinado ambiente, alterando o equilíbrio de fatores químicos, físicos e biológicos necessários para a sua manutenção e, que são importantes indicadores de qualidade (SILVEIRA et al., 2016).

Estudos que determinam parâmetros de qualidade de água são importantes, considerando que, embora a água possa apresentar mudanças nas suas características físicas e químicas por influência do ambiente natural, as ações advindas de atividades antropogênicas contribuem para que essas variações ocorram de forma frequente, causando desequilíbrios no ecossistema (MEDEIROS et al., 2016).

No semiárido, onde existe uma escassez de água natural proveniente das características da região, é comum a ocorrência de conflitos sociais envolvendo a disponibilidade de água (PEREIRA; CUELLAR, 2015), por isso, pesquisas sobre essa temática, envolvendo os parâmetros de qualidade de água são ainda mais importantes em áreas que sofrem com a escassez desse recurso (MEDEIROS et al., 2016).

2.2 Solo: Aspectos Gerais e Contaminação

O processo de formação do solo ocorre lentamente ao longo do tempo, sofrendo consecutivas ações químicas e físicas do ambiente que acabam ocasionando a sua formação e determinando suas características (ALTHAUS et al., 2018).

A degradação do solo pode ocorrer de diversas formas, acontecendo, principalmente, quando não existe uso sustentável na agricultura, associados também ao desmatamento e uso que transpassa a capacidade de suporte do mesmo (CRISPIM et al., 2015).

A urbanização tem sido um dos problemas que mais afeta a qualidade do solo, promovendo alterações na sua cobertura, sendo resultado do acelerado processo de ocupação urbana para atender ao ritmo de crescimento das sociedades (SOUSA et al., 2014).

A crescente demanda por produtividade agrícola tem aumentado o desmatamento de áreas para atender as necessidades de produção, reduzindo a biodiversidade de espécies vegetais e animais, além de causar processos erosivos que comprometem a qualidade do solo para o cultivo, que variam a partir das características das espécies cultivadas e do método de produção adotado (ARAUJO et al., 2010).

A qualidade do solo tem sido um dos enfoques das discussões na atualidade, buscando minimizar e conhecer melhor as alterações causadas por ações antrópicas que podem comprometer o seu uso (ALTHAUS et al., 2018), mas também, os impactos derivados da agricultura.

Com o aumento na necessidade de produção de alimentos, regiões semiáridas têm sido ainda mais impactadas (COX et al., 2018) devido à escassez de água para atender as demandas de irrigação (PEREIRA; CUELLAR, 2015).

Em virtude da escassez hídrica nessa região, a principal alternativa para a produção de alimentos na agricultura é constituída por meio da irrigação (JÚNIOR et al., 2006), e é possível que a fonte de água utilizada para atender essa demanda de irrigação contenha sais como cálcio, sódio, potássio (PALÁCIO et al., 2011), causando a salinização do solo ao longo do tempo (MONTEIRO et al., 2009).

Características naturais do ambiente, ou atividades antrópicas podem tornar as águas superficiais salinas (COX et al., 2018), sendo assim, o uso da água salina para irrigação promove o aumento da concentração desses sais, que se acumulam no solo devido aos processos de evapotranspiração (BARROSO et al., 2011), exercendo toxicidade sobre as plantas (MONTEIRO et al., 2009).

Agricultores que não consideram a importância das questões ambientais nos métodos de produção, podem comprometer a qualidade ambiental e reduzir a capacidade de produção do solo, devido a geração de impactos que vão envolver a salinização e desertificação ao longo do tempo (ARAÚJO et al., 2010).

Metais pesados também podem estar disponíveis em águas superficiais (AYOTUNDE; OFFEM; ADA, 2012), e serem depositados no solo por meio da irrigação, causando a contaminação do solo e das plantas.

Esses elementos químicos têm aumentado gradativamente à sua concentração no solo, causando problemas ambientais, portanto, apresentam riscos a qualidade na produção de alimentos, especialmente na agricultura, sendo prejudiciais ao cultivo (SARWAR et al., 2017).

No solo, os metais pesados podem se ligar a outras partículas em virtude do seu potencial de adsorção, serem transportados ou se acumularem no mesmo, e ao longo do tempo aumentar

a sua concentração, comprometendo o desenvolvimento das plantas em virtude da sua toxicidade (TORRES et al., 2017).

Outra fonte de contaminação do solo é derivada do uso de agroquímicos. Embora existam benefícios para a produtividade agrícola oriundos do uso dessas substâncias, alguns problemas podem ser desencadeados, como a degradação do solo e a elevação da concentração de substâncias tóxicas que estão contidas nesses agroquímicos, dentre eles, os fertilizantes (RAMALHO et al., 2000).

Fertilizantes são utilizados na agricultura para suprir necessidades básicas de nutrientes que são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, entretanto, seu uso nos cultivos constitui uma das principais fontes de contaminação do solo e de água superficial e subterrânea (OTERO et al., 2005).

Os fertilizantes de fosfato contêm traços de metais pesados em sua composição que tendem a se acumular no solo (JIAO et al., 2012) e, ao longo do tempo, causam a sua contaminação (OTERO et al., 2005).

2.3 Metais Pesados Tóxicos, Fitotoxicidade e Fitorremediação

Os metais pesados podem ser encontrados no solo de forma natural (PIERANGUELI et al., 2004), entretanto, ações antrópicas têm contribuído para o aumento disponibilidade desses metais no solo (SILVA et al., 2017b) e na água sejam maiores.

Esses elementos traços podem ser levados para lugares distantes de sua fonte de contaminação, por que tem a capacidade de se ligarem a outras partículas em suspensão, serem adsorvidos ou absorvidos por partículas que estejam em suspensão no ar (BAIRD; CANN, 2011).

A toxicidade dos metais está diretamente relacionada a diversos fatores que vão contribuir para definir seu potencial de bioacumulação, compreendendo desde a sua densidade e frequência de exposição (SANTOS LMG et al., 2017).

Para minimizar a contaminação ambiental por metais pesados, a fitorremediação é uma técnica de baixo custo, eficiente e natural frequentemente utilizada para reduzir os níveis de contaminação do solo por elementos químicos tóxicos, como os metais pesados, através da absorção pelas raízes das plantas diminuindo a concentração desses elementos no ambiente (SARWAR et al., 2017).

O conhecimento da tolerância das plantas expostas a substâncias tóxicas é importante para a eficácia da fitorremediação, demonstrando a importância do desenvolvimento de

pesquisas que apontem o nível de exposição a um poluente que uma planta pode suportar sem comprometer o seu desenvolvimento (RIBEIRO et al., 2015).

Embora a fitorremediação seja importante para a remediação do solo, em ambientes que apresentem concentrações de metais muito elevadas, as plantas, em geral, mesmo apresentando tolerância a presença de metais no solo só conseguem absorver pequenas quantidades sem comprometer o funcionamento de atividades fisiológicas (SALAM et al., 2016).

O processo de fitorremediação é demorado, por isso, se houver a necessidade de urgência em descontaminação de uma área, essa técnica acaba não apresentando efeitos imediatos (CRISTALDI et al., 2017). As técnicas de remediação de solo contaminado por metais pesados mais conhecidas e reportadas na literatura são a fitovolatilização e fitoestabilização.

A fitovolatilização é uma técnica onde o metal disponível no solo é capturado pela planta e pode ser convertido em formas de menor toxicidade, ao final do processo, o metal é liberado na atmosfera em formas voláteis e pode ser depositado novamente no solo (ALI; KHAN; SAJAD, 2013; CRISTALDI et al., 2017).

Na fitoestabilização, não ocorre a remediação do solo contaminado (MAHAR et al., 2016), porém, a mobilidade dos contaminantes no solo é reduzida (ALI; KHAN; SAJAD, 2013) por meio das raízes dos vegetais, impedindo sua lixiviação (CRISTALDI et al., 2017).

O potencial de acumulação de metais pesados nas plantas pode ter sido derivado de um processo evolutivo e que, ao longo dos anos, resultou na adaptação de algumas espécies, proporcionando sua sobrevivência em ambientes onde a concentração de metais pesados no solo era elevada (MAHAR et al., 2016).

Algumas plantas conseguem armazenar elevadas quantidades de Ni, e podem ser usadas para remediar áreas contaminadas pelo metal, entretanto, se essa tolerância e acumulação ocorre em espécies que fazem parte da alimentação, graves problemas à saúde podem ser desencadeados (PRASAD, 2005).

Em todo o mundo pesquisas identificaram que pelo menos 320 espécies de plantas são consideradas tolerantes a presença de Ni no solo, acumulando grandes quantidades desse metal sem apresentar efeitos negativos ao seu desenvolvimento (GHOSH; SINGH, 2005). Deste total, 72 espécies pertencem a família Brassicaceae (MAHAR et al., 2016).

As espécies consideradas hiperacumuladoras de Ni são mais abundantes que espécies que conseguem acumular elevadas concentrações de outros metais, como por exemplo o Pb, onde são descritas 14 espécies que possuem esse potencial hiperacumulador (GHOSH; SINGH, 2005). Essas espécies diferenciam-se das demais espécies vegetais devido algumas

características morfológicas, como o volume das raízes, mas também por características fisiológicas, como crescimento demorado em comparação a outras espécies (MAHAR et al., 2016).

Os metais pesados podem ainda ser absorvidos pelas plantas e tender a se acumular em regiões que geralmente são consumidas na alimentação humana e animal, sendo assim, torna-se importante o seu controle no meio ambiente afim de garantir a qualidade dos alimentos evitando a sua biomagnificação na cadeia alimentar (SARWAR et al., 2017).

Após a absorção dos metais pesados pelas plantas, eles podem ser conduzidos por toda a cadeia alimentar por meio dos níveis tróficos, além de comprometer processos de absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, afetando seu desenvolvimento (BORGES et al., 2016).

2.3.1 Chumbo (Pb)

O Pb é um metal pesado que tem disponibilidade natural no meio ambiente, podendo estar presente na composição de rochas magmáticas, por exemplo (AHMAD; NAJEEB; ZIA, 2015). Entretanto, assim como os demais metais, tem sua concentração elevada no ambiente por meio de ações antrópicas (JESUS et al., 2018).

Os fertilizantes de fosfato utilizados na agricultura é outra fonte antrópica que tem contribuído para a presença de Pb no solo e, embora muito pouca quantidade deste metal esteja presente na composição do fertilizante, pouco tem sido informado sobre os problemas que podem ser provocados pelo uso intensivo e a capacidade de persistência do metal no solo e nas plantas (FREITAS et al., 2009).

A utilização de fertilizantes constitui, ao longo do tempo, um grave problema ambiental, tendo em vista que o fosfato contém metais traços, e é amplamente utilizado na fabricação desses fertilizantes utilizados na agricultura para suprir as necessidades nutricionais das plantas por este elemento (FREITAS et al., 2009).

Os fertilizantes desencadeiam efeitos deletérios ao meio ambiente, e as atividades que aumentam sua disponibilidade continuam sendo desenvolvidas (BATISTA et al., 2017). A mineração e fundição, dentre outras fontes antrópicas, são algumas das atividades que mais contribui para a presença de Pb no meio ambiente, causando a acumulação desse metal na água e no solo (JÄRUP, 2003).

A presença de Pb na água impacta na diversidade de organismos aquáticos e no equilíbrio do ecossistema, e sua remoção da água, assim como de outros metais, demanda de

métodos químicos com elevado investimento econômico e que apresentam efeitos ambientais questionáveis (AL-QAHTANI, 2016).

No solo, a degradação desse metal ocorre lentamente, podendo permanecer disponível por um longo período de tempo, em média de 740 até 5.900 anos, demonstrando a importância no controle da liberação e disponibilidade desse contaminante no ambiente (ANDRADE et al., 2017).

A elevada concentração de Pb no ambiente tem se apresentado como um grave problema, devido ao seu elevado potencial de fitotoxicidade, onde algumas espécies cultivadas podem não ser tolerantes a presença desse metal, reduzindo sua produtividade (SILVA; SANTOS; GUILHERME, 2015).

Algumas espécies de plantas utilizadas na alimentação humana, quando em contato com um solo contaminado pelo metal, podem armazenar grandes quantidades de Pb em suas estruturas, comprometendo a qualidade do alimento para o consumo (LIMA et al., 2013).

O Pb não exerce nenhuma função biologicamente conhecida considerada necessária para o desenvolvimento da planta, entretanto, tende a se acumular no vegetal, para isso, algumas características são determinantes na absorção do metal pelas plantas, como por exemplo, o perfil do solo e tamanho da partícula do metal (ROMEIRO et al., 2007).

Nas plantas, o Pb pode causar efeitos diversos, variando de acordo com as características de cada espécie, embora, seja comprovado que a toxicidade do metal interfere significativamente em processos fisiológicos e morfológicos (SILVA; SANTOS; GUILHERME, 2015), inibindo o crescimento do vegetal, além de diminuir a viabilidade germinativa (SHAHID; PINELLI; DUMAT, 2012).

Nas células vegetais, o Pb interfere no ciclo de divisão celular, causa alterações estruturais na membrana da célula, promove alterações bioquímicas afetando o funcionamento de enzimas, e pode acarretar em estresse oxidativo pela formação de espécies reativas de oxigênio (WÓJCIK; TUKIENDORF, 2014).

A mobilidade do Pb na planta se inicia por meio da absorção do metal pela raiz, onde, no processo de absorção, vários efeitos danosos as estruturas celulares podem ser observadas, como o comprometimento da integridade da parede celular, deixando a célula vulnerável para que o metal adentre ao meio intracelular (ROMEIRO et al., 2007).

A contaminação ambiental por Pb tem se mostrado preocupante, e é veemente a necessidade de estabelecer medidas que minimizem sua presença no ambiente, para que se tenha uma qualidade ambiental satisfatória para os organismos vivos (BATISTA et al., 2017).

Contudo, apesar de todos os efeitos tóxicos que a presença do Pb pode causar as plantas e ao ambiente em geral, algumas espécies conseguem viver em ambientes contaminado pelo metal, e por isso, são importantes para promover a descontaminação dessas áreas (SILVA; SANTOS; GUILHERME, 2015).

2.3.2 *Níquel (Ni)*

A importância econômica do Ni está atrelada, principalmente, ao seu uso como componente essencial na produção de baterias e também nas indústrias metalúrgicas (RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al., 2016), devido as suas características anticorrosivas, aumentando assim a funcionalidade e durabilidade dos materiais (IGLESIAS; CASAGRANDE; ALLEONI, 2007).

O Ni é um metal pesado que está agrupado dentre os principais contaminantes que tem impactado na qualidade do solo para fins de produção agrícola (YADAV, 2010), comprometendo o cultivo de espécies vegetais em todo o planeta (SYAM et al., 2016). Além disso, assim como outros contaminantes com potencial tóxico conhecido, a disponibilidade de Ni tem resultado em problemas globais (IQBAL, 2016).

No meio ambiente, a presença de Ni pode ser derivada de processos naturais, mas, seus elevados índices de bioacumulação, observados principalmente em plantas, é proveniente de atividades que tem aumentado a sua concentração no ambiente (KOTAPATI; PALAKA; AMPASALA, 2017).

O lançamento de lodo de esgoto no ambiente, bem como outras atividades antrópicas desenvolvidas mundialmente, tem originado cenários de contaminação ambiental preocupantes, onde, a cada ano, cerca de 106 mil a 544 mil toneladas de Ni são depositados em todos os solos do planeta (BERTON et al., 2006).

O lodo de esgoto é um efluente que pode conter concentrações de Ni, dentre outros metais, por isso, tendo em vista os prejuízos ambientais causados pela presença desse metal, as fontes que acarretam na entrada de Ni no ambiente são amplamente discutidas (ZENG et al., 2016), e tem sido importante na minimização desses impactos (IGLESIAS; CASAGRANDE; ALLEONI, 2007).

Durante um longo período, o Ni foi caracterizado como um metal tóxico considerando apenas os impactos que podiam causar sobre o meio ambiente e as plantas, entretanto, percebeu-se a finalidade do metal em algumas atividades metabólicas associadas ao metabolismo e ciclagem de nitrogênio, como também para acelerar atividades enzimáticas (CAMPANHARO et al., 2013).

O Ni também exerce funções fisiológicas importantes nas plantas, sendo considerando então um micronutriente necessário ao vegetal, participando e contribuindo para o funcionamento da enzima urease (RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al., 2016).

Em grandes quantidades, esse metal torna-se tóxico para as plantas, causando clorose foliar. Entretanto, pouco se sabe sobre a toxicidade do metal em pequenas concentrações, especialmente, porque os sintomas de exposição ao metal podem estar relacionados à carência de alguns nutrientes nas plantas, como o ferro (BERTON et al., 2006).

A absorção do Ni acontece inicialmente nas raízes, e são influenciados pelas características químicas e físicas do solo, quantidade disponível do metal e fisiologia do vegetal. É possível ainda que alguns nutrientes, como Cu e Zn possam interferir significativamente na absorção do Ni pela planta, reduzindo ou impedindo essa absorção (RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al., 2016).

As características do solo são determinantes nesse processo, bem como na adsorção do metal as suas partículas (IGLESIAS; CASAGRANDE; ALLEONI, 2007), assim, o metal acaba ficando aderido ao solo e outras partículas, então é absorvido pelas raízes das plantas.

Após absorvido, boa parte do Ni fica concentrado nas raízes, e devido as características específicas do metal, acaba movendo-se dentro da planta, sendo levado para a parte aérea, onde pode se acumular em maior quantidade (RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ et al., 2016).

Compreender todos os processos de mobilidade, desde a absorção do metal até o potencial máximo de acumulação de Ni nos vegetais são importantes, especialmente, para adotar estratégias que visem a redução da contaminação ambiental por esse metal (PRASAD, 2005).

2.4 Agrotóxicos: Características Gerais

Nas últimas décadas foi possível observar o surgimento de mudanças relacionadas a preocupação da sociedade em relação às questões ambientais, ações humanas têm causado excessiva degradação e exploração do meio ambiente (PEREIRA; GIBBON, 2014). As atividades antrópicas, incluindo o consumismo, têm acelerado a degradação dos solos, aumentando a concentração de compostos químicos no ambiente, tal como os agrotóxicos, derivados de petróleo, entre outros, comprometendo a saúde do meio e dos organismos que habitam esse ecossistema (ANDRÉA, 2010).

Agrotóxicos são produtos químicos comercializados com objetivo de contribuir com os processos de produção agrícola, principalmente, em larga escala, sendo ainda definidos pelo

Ministério do Meio Ambiente, como agentes de processos químicos, físicos e biológicos (BRASIL, 2018). Os agrotóxicos atuam na prevenção e controle de pragas nas plantações, em contrapartida, surgem, com a utilização dessa prática, riscos que comprometem tanto o meio ambiente, como também, os indivíduos que tenham alguma forma de contato direto ou indiretamente com esses produtos químicos (VALENZUELA et al., 2011).

Os problemas provenientes de contaminações por agrotóxicos podem acontecer em pequenas ou grandes concentrações, por muito deles possuírem alto potencial de toxicidade ambiental, sendo necessário, antes do uso, o conhecimento adequado sobre as características químicas desses agroquímicos (ANDRÉA, 2010). As culturas agrícolas, sejam para alimentação ou para a geração de matéria prima para indústrias, apresentam altos riscos ocupacionais, relacionados à intoxicação por agrotóxicos de uma comunidade que viva na região, problemas de saúde crônicos e reprodutivos, além de impactos ecológicos diversos (FARIA et al., 2007).

Estima-se que trabalhadores de países em desenvolvimento sofrem cerca de 70 mil intoxicações anualmente, alguns casos considerados mais graves, levam, inclusive, a óbito, acompanhados de outros cerca de sete milhões de doenças não fatais que tem como uma de suas causas primárias, a exposição a produtos químicos usados em plantios (CASTRO et al., 2009).

O Brasil é considerado um dos líderes mundiais em cultivares agrícolas, que realizam algum tipo de uso de produtos químicos. O Brasil, em 2010, arrecadou cerca de US\$ 7,3 bilhões em vendas de agroquímicos para plantios, cerca de 7% de todas as vendas no setor agropecuário do país e, entre 1990 e 2010, o país cresceu 576% no setor agroquímico, enquanto que, no mesmo intervalo de tempo, o mercado mundial cresceu 83% (SILVA, COSTA, 2012).

Essas práticas podem levar à contaminação e infertilidade do solo, contaminação dos reservatórios aquáticos, entre outros, tornando mais improdutivo ao longo do tempo e/ou aumentando o custo da manutenção, limitando assim o uso dos recursos e potencial para a produtividade agrícola (SOUZA et al., 2015).

Por isso, são necessários mais estudos sobre as vantagens e desvantagens do uso dos agroquímicos, assim como, conhecer melhor quais os riscos no uso, e a legislação vigente que determine e regule sua utilização, promovendo assim um consumo mais consciente dos usuários, e um controle mais eficaz na comercialização de tais produtos.

2.4.1 Poluição do Solo

O conceito de solo é definido por diversos profissionais (ecólogos, pedólogos, físicos, agrônomos, biólogos), sendo a camada mais superficial da Terra, com a função de sustentar diversas formas de vida, constituído por uma parte orgânica (derivada de decomposição de animais e plantas, macrofauna, mesofauna e microfauna) e outra inorgânica, tais como fragmentos de rochas (LEPSCH, 2010).

Segundo a Lei 6.938/81 da Política Nacional de Meio Ambiente, a poluição é a deterioração da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, segurança e bem-estar da população e afetem desfavoravelmente a biota, os recursos ambientais, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos que constituem a biosfera (BRASIL, 2010).

De maneira mais restrita, o Decreto nº 28.687/82 (BRASIL, 1982), no art. 72 define poluição do solo e do subsolo como a deposição, disposição, infiltração, acumulação, injeção de substâncias ou produtos poluentes no estado sólido, líquido ou gasoso, que provoquem alteração nas características, e comprometa o uso e torne prejudicial ao homem e a outros organismos. Pela ação do homem, os solos podem sofrer alterações físicas resultantes de atividades agrícolas (aragem, gradagem, compactação), queimadas, erosão, impermeabilização e de caráter químico como fertilização artificial, salinização, aplicação de pesticidas, disposição de resíduos sólidos e líquidos (LEMOS, MUSAFIR, 2014).

Com o aumento populacional e a escassez de alimentos no mundo, algumas práticas como o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos tornaram-se comuns para o aumento da produção de alimentos. Os principais objetivos no uso desses agroquímicos é a disponibilização e o aumento do suprimento de nutrientes e correção do pH do solo (fertilizantes e corretivos) e a proteção das lavouras pelo controle de pragas e doenças (defensivos agrícolas) (ARAÚJO, MONTEIRO, 2007).

A utilização destas práticas pode, entretanto, causar diminuição na qualidade do solo e a degradação química, como consequência da acumulação de elementos químicos e compostos em níveis acima do tolerável (ARAÚJO, MONTEIRO, 2007). Os agroquímicos trouxeram benefícios inestimáveis para o cultivo de muitas culturas. Entretanto, o que se tem discutido são os malefícios advindos do uso repetitivo e excessivo, que poluem o solo com contaminantes (metais tóxicos, como o chumbo) e comprometem a qualidade do ecossistema, e por consequência a saúde humana, por não serem digeridos por organismos vivos (FREITAS et al., 2009; ANTONIOLLI et al., 2013).

2.4.2 Agrotóxicos: Classificação e Pesquisas Toxicológicas

Os agrotóxicos são substâncias químicas ou suas misturas, que apresentam finalidade, direta ou indireta, de prevenir, repelir ou acabar, com agentes infecciosos, nocivos e prejudiciais aos cultivos e criações (PERES et al., 2003; ZIMBA; ZIMUDZI, 2016).

Logo após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento de substâncias inseridas no uso extensivo na agricultura, sendo o Dicloro-Difenil- Tricloroetano (DDT), um dos produtos químicos mais aplicados em larga escala nas lavouras para combater insetos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - MMA (BRASIL, 2018), os defensivos agrícolas podem ser classificados em duas categorias, onde ambos são liberados para uso comercial pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e da Saúde, são elas: *agrícolas* - utilizados para setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, em pastos e reflorestamentos; e *não agrícolas* - utilizados no meio ambiente nativo e em meio urbano como, por exemplo, em tratamentos de água (são liberados pelo Ministério da Saúde).

Os agrotóxicos são divididos em diferentes classes de acordo com a finalidade, podendo ser: herbicidas, fungicidas, algicidas e inseticidas (Tabela 1). Os agrotóxicos também podem ser classificados em função da DL50 (dose letal), que é expressa em miligramas de princípio ativo por quilogramas de peso vivo (mg kg^{-1}) que constitui a quantidade de cada determinada substância que possa provocar a mortalidade de 50% de espécies utilizadas em testes experimentais (WHO, 2018).

No Brasil, a classificação toxicológica dos agrotóxicos é feita de acordo com as exigências da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão de controle do Ministério da Saúde, se dividindo em quatro classes de perigo para a saúde humana, e é representada por diferentes cores nos rótulos dos produtos: classe I (rótulo vermelho) extremamente tóxico; classe II (rótulo amarelo) altamente tóxico; classe III (rótulo azul) medianamente tóxico; classe IV (rótulo verde) pouco tóxico (ANVISA, 2018).

Tabela 1. Algumas substâncias químicas classificadas segundo a classe de agrotóxico.

Classe de Agrotóxico	Substâncias Químicas / Extrato	Referência
Herbicidas	Ácido diclorofenoxiacético; Glyphosate + Diuron; Propanil	Oliveira-Junior et al., (2011)
Fungicidas	Triticonazol; Tiofanato metílico	Garcia et al., (2016); Rampazzo; Blum (2014)
Algicidas	Diuron	Pedro et al., (2014)
Inseticidas	Extrato de <i>Nicotiana tabacum</i> e de <i>Azadirachta indica</i>	Aguirre et al., (2016)

A manipulação de agrotóxicos precisa ser cautelosa, atendendo determinações técnicas previstas em lei (nº 7.802/89) e com classificação de utilização, por apresentarem teor significativo de toxicidade (RODRIGUES, 2006). Acredita-se que controlando a população dos vetores com o uso de defensivos agrícolas, minimiza-se o risco da perda total da safra, seja ela causada por doença ou praga (ARAÚJO et al., 2015).

A agricultura precisa ser modernizada constantemente, mas com atenção ao uso adequado dos recursos naturais. O modelo adotado nos anos 60-70 apresentava facilidades concedidas pelo governo federal, como o crédito rural para aquisição de tecnologias externas, tais como: agrotóxicos e fertilizantes (BALSAN, 2006).

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de alimentos no mundo e, também, um dos países que mais consome agrotóxicos nos métodos de produção de diversas culturas agrícolas, desenvolvendo tecnologias que atendam as demandas de exportação (CARVALHO et al., 2017). Na tabela 2, são relacionados os agrotóxicos utilizados para algumas das culturas agrícolas. Em algumas situações um só tipo de agrotóxico não é suficiente para promover o controle de algumas infestações, sendo necessário mistura de diferentes tipos de agrotóxicos (GAZZIERO, 2015).

O uso intensivo de agrotóxicos pode contribuir para processos de contaminação do solo e da água (DELLA VECHIA et al., 2016). O uso inadequado, ausência de treinamento, informação, e fiscalização pode intensificar esses processos de contaminação ambiental (BUTINOF et al., 2015). Na saúde humana, os efeitos podem ser diversos, a depender das características do produto e tempo de exposição, podendo em longo prazo, causar distúrbios neurológicos ou imunológicos, como também câncer, seja por exposição direta ao agrotóxico ou consumo de alimentos contaminados com grandes quantidades desse produto (DELLA VECHIA et al., 2016).

Tabela 2. Principais agrotóxicos usados para produção agrícola publicados na literatura (2011-2017).

Cultivar	Agrotóxico	Finalidade de Uso	Referência
Acelga	Astro	Inseticida	Silva et al. (2011)
Arroz	Clomazone	Herbicida	Schreiber et al. (2015)
Cana-de-açúcar	Propiconazol	Fungicida	Chapola et al. (2014)
Algodão	Halosufuron-methyl	Herbicida	Silva et al. (2014)
Café	Thiodan	Inseticida	Marcon et al. (2014)
Algodão	Diflubenzuron	Inseticida	Barata-Silva et al. (2015)
Milho	Tiametoxam	Inseticida	Nörnberg et al. (2016)
Tomate	Metribuzina	Herbicida	Rodríguez; Plaza (2016)
Cana-de-açúcar	Indaziflam	Herbicida	Amim et al. (2016)
Feijão	Fomesafen	Herbicida	Marchioretto; Magro (2017)

O processo de retenção, transporte e modificação dos agrotóxicos após entrarem em contato com o ambiente, dependem intrinsecamente de fenômenos de sorção, que estão diretamente relacionados a processos de lixiviação, e, estes, podem alcançar os recursos hídricos próximos ao local de descarga, causando sua contaminação (MARCHETTI; LUCHINI, 2004).

No Semiárido brasileiro está concentrada uma parcela considerável da fruticultura do Brasil, nessa prática agrícola encontram-se altas concentrações de defensivos agrícolas, afetando principalmente o solo da região e seus processos bioquímicos, e chegam por aplicação direta ou por atividades indiretas.

Algumas regiões do Cerrado brasileiro não apresentam solo muito fértil para prática da agricultura assim, há um uso intenso de agrotóxicos nas atividades de campo nessa região, gerando mais problemas quanto a contaminações do solo e/ou reservatórios de água (SOARES; PORTO, 2007).

Santos et al. (2017), relatam que os agrotóxicos e seus compostos apresentam sérios riscos ao organismo humano podendo interferir na saúde. Já o estudo de Viero et al. (2016), aponta que os pesticidas apresentam maiores riscos aos trabalhadores rurais e ao meio onde estão sendo depositados devido ao contato direto.

Atualmente, há diversas pesquisas que reportam avaliações de efeitos tóxicos de agrotóxicos para várias culturas agrícolas (Tabela 3). Melo et al., (2010) observaram que o tipo de agrotóxico assim como as concentrações utilizadas e a quantidade de matéria orgânica em plantios influencia o solo de acordo com as características físicas e químicas, bem como a

persistência residual. No estudo de Niero (2007) foi analisado Pyraclostrobin e Fluquinconazole + carbendazim, fungicidas, que reduziram as doenças fúngicas e suas intensidades em uma produção de sementes e a ocorrência da doença não afetou a produção de soja ao final do ciclo.

Por fim, Antonioli et al. (2013) o incremento das dosagens de glifosato e epoxiconazol contribuiu para o aumento no número de insetos da Ordem Collembola, e do gênero Isotomidae, correlacionado ao aumento das dosagens dos respectivos agrotóxicos e, não apresentaram efeitos inibitórios para o estabelecimento desses organismos no solo.

Tabela 3. Agrotóxicos observados em estudos na produção agrícola publicado na literatura (2003-2013).

Composto	Concentração	Efeitos Observados	Referência
Inseticida (Malathion)	500 CE (2 e 4) mg de i.a./mL	Malathion foi medianamente seletivo em favor de ninfas de 5º instar (49,38% de mortalidade) e não seletivo em favor de ninfas 3º instar e adultos (95,34 e 88,99% de mortalidade, respectivamente) do <i>Podisus rostralis</i> .	Gonring et al., (2003)
Fungicida (Fluquinconazol e +carbendazim)	0,250 + 62,5 g i.a.ha ⁻¹ 75 g i.a.ha ⁻¹	Apresentaram menor severidade da doença quando aplicados em sementes de soja antes da plantação.	Niero (2007)
(Pyraclostrobin)			
Herbicidas (Sulfentrazone, Oxyfluorfen e Isoxaflutole)	0,5, 0,72 e 0,113 kg ha ⁻¹ , (respectivamente)	As características inerentes a cada herbicida, bem como entre os solos, influenciam em sua persistência. O sulfentrazone apresentou elevado efeito residual nos três solos estudados.	Melo et al., (2010)
Fungicida (Epoxiconazol)	0,75 e 1,5L ha ⁻¹ 2	O número de colêmbolos apresentou incremento com o aumento da dosagem dos agrotóxicos.	Antonioli et al. (2013)
Herbicida (Glifosato)	e 4L ha ⁻¹		

Agrotóxicos possuem efeitos nocivos à saúde humana como por exemplo, elevado potencial carcinogênico, mutagênico, ou ainda podem influenciar, em algum nível, no desequilíbrio hormonal, e, por isso, podem ter a comercialização proibida no Brasil (BRASIL, 2002). Ingredientes ativos nos agrotóxicos que possam causar intoxicação humana ou contaminação ambiental, dentre outros impactos, também podem ser reavaliados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária e ter a comercialização proibida, como, por exemplo, o cihexatina, endossulfam, forato e carbofurano, que foram proibidos de serem comercializados nos anos de 2009, 2010, 2015 e 2017, respectivamente (ANVISA, 2018).

A venda de agrotóxicos no Brasil é regida pela Lei 9.802/1989 (BRASIL, 1989) e pelo Decreto 4.074/2002 que determina que, para a comercialização dos agrotóxicos, deve existir registro específico que permita a venda por proprietários e/ou empresas que fabriquem os agrotóxicos, além dos usuários terem que devolver os recipientes vazios em até um ano no local de compra para destinação final correta (BRASIL, 2002). Esse registro deve ser emitido por órgãos federais para a produção, transporte ou comercialização dos agrotóxicos, atendendo as diretrizes da ANVISA e do IBAMA, que é órgão responsável por avaliar o potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos (BRASIL, 2018).

Nesse contexto, é importante o uso de técnicas agroecológicas, pois minimizam o uso de agrotóxicos sintéticos, como por exemplo, com o uso de extratos vegetais de plantas exóticas como o neem e o eucalipto, usados para controle de insetos (SANTOS; SILVA, 2015). Outro método eficaz para a erradicação de pragas em lavouras é o controle microbiológico, que consiste no uso de microrganismos como bactérias ou fungos para eliminar pragas que possam comprometer a produtividade agrícola (SOBRINHO; MOTA, 2016).

É importante destacar que a capacitação dos agricultores para o conhecimento sobre os tipos de insetos que podem estar em contato com a lavoura é necessária, isso por que é provável que existam insetos que são benéficos a lavoura e aumentam a produtividade do cultivo, mas, por falta de conhecimento dos agricultores podem vir a serem eliminados com o uso dos agrotóxicos (EMBRAPA, 2014).

Ainda nesse contexto, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) também é importante, isso por que esse manejo contribui para a minimização de problemas que são desencadeados pelo uso de agrotóxicos convencionais, e está diretamente associado ao uso de organismos e tecnologias visando a diminuição no uso de agrotóxicos (SANTOS; SILVA, 2015). Além disso, o MIP é uma técnica que reduz o uso de agrotóxicos adotando métodos de controle de pragas alternativos que sejam eficazes para manter a produtividade agrícola, mas sem causar impactos ao ambiente que são oriundos do uso de agrotóxicos no modelo convencional de produção

agrícola (EMBRAPA, 2014).

2.5 Percepção e Educação Ambiental

Diversas são as insustentabilidades que tem permeado a relação homem e natureza, gerando impactos ao meio ambiente ocasionadas por ações antrópicas que degradam de forma intensa os recursos naturais (SUESS; BEZERRA; SOBRINHO, 2013).

As atitudes do ser humano com o meio ambiente são definidas a partir da percepção de cada indivíduo e, essa percepção, pode ser influenciada por características pessoais como processos cognitivos e expectativas que irão refletir nos tipos de comportamentos voltados ao meio ambiente (COSTA; MAROTI, 2013). Por isso, os indivíduos podem ter percepções diferentes sobre a mesma realidade.

Embora a percepção ambiental tenha muitas definições, de forma geral, pode ser conceituada como a capacidade que o indivíduo tem de perceber o ambiente que o rodeia por meio da recepção de estímulos externos (MARIN, 2008). Contudo, a percepção do indivíduo pode ser determinada também por influências socioculturais (GONÇALVES; GOMES, 2014).

Assim, o diagnóstico de uma realidade por meio percepção ambiental pode identificar as fragilidades existentes na relação do homem com o ambiente, e contribuir para o melhor direcionamento das ações de Educação Ambiental, buscando a sensibilização do indivíduo sobre as questões ambientais (OLIVEIRA; CORONA, 2008).

A Educação Ambiental no âmbito formal ou não formal tem sido amplamente discutida em diferentes ambientes, na busca de estratégias e métodos que propiciem a sua inclusão na escola e na comunidade e a redução dos problemas ambientais (OLIVEIRA; JACOBUCCI; JACOBUCCI, 2008).

Por meio da Educação Ambiental, os sujeitos podem participar ativamente da construção de soluções para os problemas que afetam diretamente a comunidade, contextualizando a realidade local e ampliando a visão sobre o ambiente e suas relações (ANDRADE et al., 2016).

Dessa forma, a Educação Ambiental tem muito a contribuir para a redução dos impactos ambientais aos recursos hídricos. Visto que, os impactos das ações antrópicas aos corpos de água em suas nascentes e na mata ciliar, estão entre os principais problemas que comprometem a disponibilidade hídrica (GONSALVES; GOMES, 2014).

Os recursos hídricos são essenciais para a manutenção da vida e para o desenvolvimento econômico, como a irrigação de culturas em comunidades rurais (COSTA; MAROTI, 2013).

Deste modo, a sensibilização dos agricultores por meio da Educação Ambiental pode contribuir para atitudes mais conscientes dos agricultores com os recursos hídricos e meio ambiente.

2.6 Agricultura: Modificações Históricas, Benefícios e Impactos Ambientais

A expansão histórica da agricultura em larga escala ficou conhecida como Revolução Verde, marcou um período de mudança nos métodos de produção agrícola, com a inserção de novas tecnologias, como também, intensificação no uso de agroquímicos que tinham objetivo de aumentar a produtividade (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2017).

No Brasil, a agricultura começou a sofrer alterações nos métodos de produção tradicionais a partir da década de 1950, com a modernização das técnicas produtivas que avançaram com o passar dos anos tornando a agricultura, em algumas regiões, totalmente mecanizada (TEIXEIRA, 2005).

Com as mudanças nos métodos de produção, o conhecimento tradicional e as técnicas de trabalho consideradas mais sustentáveis foi sendo substituído por formas de produção mais sofisticadas, que aumentaram gradativamente os impactos ambientais em decorrência da utilização de agrotóxicos e fertilizantes (ARAUJO et al., 2010).

Todas as mudanças nos métodos de produção agrícola que intensificaram a degradação ambiental, foram realizadas com o incentivo ao uso do que chamavam de Pacote Tecnológico, que era um tipo de incentivo do governo brasileiro por meio de assistência técnica, para que a dinâmica de produção de alimentos na agricultura fosse modificada e, dentre os principais incentivos, estava o uso de fertilizantes (CARVALHO; NODARI; NODARI, 2017) e agrotóxicos.

No processo de transição dos métodos de produção provenientes da Revolução Verde, a agricultura familiar acabou sendo prejudicada em decorrência dos incentivos a mecanização da agricultura pelo governo brasileiro não abranger a todos, além disso, houve uma sobreposição dos avanços tecnológicos sobre o conhecimento tradicional dos agricultores (BAUER; MESQUITA, 2008).

A desvalorização do conhecimento tradicional e empírico dos agricultores afetou diretamente a qualidade dos alimentos produzidos e também contribuiu para uma extensa degradação ambiental, que até então não era observada em grandes proporções com o estabelecimento da agricultura convencional pós Revolução Verde.

Por isso, a necessidade de desenvolvimento da Educação Ambiental, especialmente em propriedades rurais, para incentivar uma melhor relação entre técnicas sustentáveis de

produção, como a agroecológica, com desenvolvimento e meio ambiente se tornou fundamental.

A educação é um processo de transformação que a partir da construção do conhecimento promove mudanças na percepção do indivíduo enquanto membro social, criando caminhos para tornar realidade mudanças almejadas na realidade socioambiental (BERNARDES; MATOS; NEHME, 2013).

A Educação Ambiental é importante, pois, por meio do processo educativo, o indivíduo é capaz de repensar suas atitudes, reivindicar o posicionamento de órgãos competentes e assim, construir coletivamente melhorias nas condições ambientais e de vida das comunidades, sem se atentar somente a problemas pontuais, mas sim, promover a relação entre eles na busca de soluções (BUCK; MARIN, 2005).

2.7 Agroecologia e Agricultura Familiar

Com a intensificação dos problemas ambientais gerados pela agricultura convencional, houve diversas discussões sobre os malefícios que todas essas técnicas de produção podiam causar, especialmente com o uso de agrotóxicos, destacando a necessidade de adotar e discutir sobre novas técnicas de produção agrícola menos degradantes, dentre elas, a agroecológica (CARVALHO; NODARI; NODARI, 2017).

A Agroecologia surgiu em meio a crises socioeconômicas e ambientais associadas ao meio rural, se apropriando de conhecimentos e técnicas com objetivo de se contrapor aos padrões de desenvolvimento e produção que acarretaram no estabelecimento dessas crises (BORSATTO; CARMO, 2012).

Assim, após seu surgimento, e diante das discussões e importância da Agroecologia no contexto atual, foi instituída em 2012, por meio do Decreto 7.794, a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, com o objetivo de:

Integrar, articular e adequar políticas, programas e ações indutoras da transição agroecológica e da produção orgânica e de base agroecológica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida da população, por meio do uso sustentável dos recursos naturais e da oferta e consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2012, p.1).

Na Agroecologia é possível incorporar novos conhecimentos e práticas a agricultura, abordando as dinâmicas de produção em uma vertente mais sustentável, resgatando e promovendo relações com os conhecimentos tradicionais já existentes (QUEIROZ, 2016),

valorizando a cultura histórica das relações entre sociedade e meio ambiente (PEREIRA; CUELLAR, 2015).

A valorização do conhecimento dos agricultores em uma perspectiva agroecológica pode contribuir para que exista um reconhecimento destes e de seus produtos comercializados, além de promover a valorização cultural dessas famílias e de seus modos de produção que foram sendo modificados ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2017).

A Agroecologia associada a agricultura familiar coopera para que exista um método de produção com cultivos e técnicas que minimizem a degradação ambiental (RADUNZ; BARREIRO; RADUNZ, 2017), como por exemplo, o uso de defensivos naturais em substituição ao uso de agroquímicos, que causam sérios danos ao meio ambiente (AQUINO; ASSIS, 2007).

A produção Agroecológica propõe meios de produção baseados no controle biológico, evitando assim o uso de agrotóxicos e fertilizantes, como também, incentivo à plantação de culturas diversificadas, reduzindo plantios baseados em monocultura (FILHO et al., 2013), que são comuns na agricultura convencional para atender as demandas de exportação (BERNARDES; MATOS; NEHME, 2013).

Quando desenvolvida de forma mais sustentável, a agricultura produz vantagens para o produtor e consumidor, possibilitando o consumo de alimentos mais saudáveis, que é um padrão de qualidade difícil de ser alcançado com o uso de agroquímicos na agricultura convencional (SANTOS; ARAGÃO, 2013).

Em contraponto as técnicas mecanizadas e a degradação ambiental da agricultura convencional, a agricultura familiar vem sendo considerada uma forma de agricultura que pode, se bem desenvolvida, causar menos impactos ao meio ambiente (RADUNZ; BARREIRO; RADUNZ, 2017).

A agricultura familiar, por definição, é uma forma de trabalho da zona rural, que se caracteriza, dentre outros fatores, por ser uma forma de subsistência de um pequeno produtor no campo, suprimindo suas necessidades básicas por alimento e obtenção de renda (RODRIGUES et al., 2017).

No Brasil, a principal fonte de alimentos que atende as necessidades da população do país é proveniente da agricultura familiar, representando em 2015, segundo os dados do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), 70% de toda a produção alimentar nacional (BRASIL, 2015).

Como a grande produção nacional de alimentos no Brasil é fornecida pela agricultura familiar, existe uma incessante necessidade de aumento na produção, e é necessário que se

busque meios de cultivo que analisem a importância das questões ambientais, mas também, que valorizem, nesse contexto, o produtor rural (BARBOSA et al., 2016).

Visto que, apesar da importância da agricultura familiar no contexto socioeconômico, é comum que pequenos produtores adotem técnicas de produção pouco adequadas para as características da região e ao tipo de cultura cultivada, gerando impactos aos recursos hídricos e ao solo (QUEIROZ, 2016), comprometendo a produção e a permanência destes no campo.

O incentivo e assistência técnica aos agricultores familiares são então fundamentais para a redução do êxodo rural, garantindo a extensa produção de alimentos que é proveniente da agricultura familiar no Brasil que gera economia e renda para essas famílias (LUZZARDI, 2013).

2.7.1 Educação Ambiental em uma Perspectiva Agroecológica

Segundo a Lei 9.795 de 1999, a Educação Ambiental é definida como um processo de formação amplo que deve estar inserido em todos os ambientes:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (BRASIL, 1999, p. 1).

A proposta de formação educativa da Educação Ambiental é ampla e interliga as necessidades ambientais e sociais, envolvendo o individual, mas também o coletivo, e por meio dessa relação busca resultar em uma postura ecológica do indivíduo com o meio ambiente (SILVA; RUFFINO, 2016).

A Educação Ambiental não formal é aquela que se estende para além da escola, e por isso, está associada aos processos de mudanças comunitários, destacando as características de cada lugar e, aproximando os problemas ao homem por meio da sensibilização ambiental buscando a sustentabilidade perante dos problemas socioambientais (CARVALHO, 2008).

As atitudes do indivíduo com o meio ambiente refletem a realidade e a cultura na qual ele está inserido, entretanto, ações de Educação Ambiental podem promover mudanças no modo de pensar desse indivíduo em relação a natureza, se suas atitudes contribuem para a degradação ambiental, tornando-o ambientalmente mais consciente (DUARTE et al., 2015).

Formar um indivíduo é destacar a importância do ser mediante suas ações e relações sociais, ambientais e políticas, buscando um ambiente mais equilibrado para viver, ser mais consciente e ressaltar a necessidade de respeito com os limites da natureza buscando uma perspectiva sustentável para os cenários ambiental e social que são observados na atualidade (DZIEKANIAK; ARIZA; FREITAS, 2017).

A presença da Educação Ambiental no campo também é importante, especialmente no semiárido, com o uso de metodologias alternativas que aproximem o saber científico do saber tradicional, concretizando assim, mudanças necessárias na redução de impactos ambientais derivados de atividades insustentáveis que sejam desenvolvidas na zona rural (SOUTO; SOUSA; SOUTO, 2016).

A busca por uma agricultura que seja considerada sustentável vem se tornando mais necessária e, o processo de Educação Ambiental bem aplicado reconhece o trabalho, saberes e a cultura dos agricultores familiares, que acabam ficando a margem dos métodos de produção da agricultura convencional (RODRIGUES et al., 2017).

É importante então que o produtor seja mais consciente frente as questões ambientais, tenha uma relação mais harmoniosa com a natureza e busque formas de produção e manejo do solo, como o cuidar da terra, para evitar sua degradação e, adotar estratégias de identificação dos impactos que comprometam a sustentabilidade agrícola (ALMEIDA et al., 2010).

Ações de Educação Ambiental podem ser desenvolvidas ressaltando a importância da zona rural no contexto social, resgatando os valores de pequenas famílias de agricultores, além disso, despertar o interesse dos produtores para um método de produção baseado na Agroecologia (CARVALHO, 2001).

No campo, a Educação Ambiental adquire uma vertente de mudança na realidade cultural, econômica e social, com objetivo de melhorar as condições de vida e trabalho das famílias que ali residem, por meio da valorização reduzindo as desigualdades (BERNARDES; MATOS; NEHME, 2013).

Nas escolas da zona rural, por meio da Educação Ambiental pode ser abordado aspectos que associem as características do local, demonstrando a importância de produzir cultivos com práticas agroecológicas, ressaltando os problemas que podem ser causados pelo uso de agrotóxicos, reduzindo o seu uso e os problemas ambientais (SANTOS et al., 2014).

A Educação Ambiental traz a reflexão sobre a importância social e ambiental de uma agricultura sem o uso de agroquímicos, e por meio da Agroecologia destaca possibilidades e métodos de produção que podem ser empregados para evitar impactos ambientais provenientes da agricultura convencional (BERNARDES; MATOS; NEHME, 2013).

É necessário repensar sobre a visão limitada da relação entre a sociedade e meio ambiente, percebendo que é possível adequar as necessidades e atividades humanas a um ambiente bem preservado, sem necessariamente separar o homem da natureza como seres distintos entre si (CARVALHO, 2008).

O cuidado com a natureza acarreta em inúmeros benefícios ao bem-estar e qualidade de vida do ser humano, e pode, quando essa relação é bem administrada, também ser fonte de renda para as pessoas que vivem na zona rural, respeitando os limites da natureza (SILVA; MOREIRA, 2018).

A Educação Ambiental presente desde a formação inicial do indivíduo é importante, tendo em vista que o indivíduo será mediador de atitudes que destaquem a importância de reconhecer a necessidade de preservar o meio ambiente para garantir o futuro da humanidade (OLIVEIRA; FEITOSA, 2017).

Quando a formação ocorre na zona rural, a construção do pensamento reflexivo sobre a importância do cuidado com o meio ambiente deve envolver a escola e a comunidade para que a troca de saberes possa ser mútua, e assim a transmissão de informações sobre a importância da produção agroecológica seja presente (BERNARDES; MATOS; NEHME, 2013).

A Educação Ambiental nesse processo de inter-relações, contribui para a autonomia do ser humano para lidar com as questões ambientais, buscando atingir a participação permanente do indivíduo na busca de melhorias (BUCK; MARIN, 2005).

Nesse contexto, a Educação Ambiental é um processo necessário para atingir uma sociedade ambientalmente sustentável, bem como, para conscientizar a sociedade sobre todos os aspectos que envolvam as questões ambientais na busca de um ambiente equilibrado (SOBRAL, 2013).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A sub-bacia do Rio Piancó, integra a bacia hidrográfica Piranhas-Açu, localizada nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte com capacidade de armazenamento média de 1.846.126.108m³ (CRISPIM et al., 2015), possuindo nível de ocupação urbana em estágio avançado, onde 62,85% de toda a área total da sub-bacia já foi ocupada (SOUSA et al., 2014), elevando os níveis de degradação ambiental, principalmente pelo desenvolvimento de atividades antrópicas (FERREIRA et al., 2014).

A pesquisa foi desenvolvida no trecho do Rio Piancó que compreende a zona urbana do município de Pombal, Paraíba.

O município de Pombal possui 889,491 Km² e população estimada de 32.766 habitantes, está localizado no estado da Paraíba, inserido na Mesorregião do Sertão e dentro do bioma Caatinga (IBGE, 2017).

3.2 Caracterização das Espécies

Foram utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa espécies agrícolas de interesse econômico que são cultivadas na região e, irrigadas com água proveniente do Rio Piancó, a saber: *A. cepa* L. (cebola), família Amaryllidaceae (MAURYA et al., 2018); *C. lanatus* L. (melancia), família Cucurbitaceae; *P. vulgaris* L. (feijão), família Fabaceae e *Z. mays* L. (milho), família Poaceae (JUDD et al., 2009).

No Brasil, dentre esses cultivos, a maior produção em 2016, segundo dados do IBGE foi de *Z. mays*. (64.143.414 t), seguido de *P. vulgaris*, (2.615.832 t), *C. lanatus* (2.090.432 t) e *A. cepa* (1.657.441 t), na Paraíba, essa produção média foi de 12.613 t, 9.349 t, 4.705 t e 1.308 t, respectivamente.

3.3 Procedimentos Metodológicos

3.3.1 Pesquisa de campo com os Agricultores

Foram realizadas entrevistas seguindo a sequência de perguntas dispostas em um questionário, organizadas de forma aleatória, a agricultores que residiam em comunidades ribeirinhas às margens do Rio Piancó, Paraíba. Para as questões em Likert, os itens eram explicados e mostrados aos entrevistados para melhor compreensão das questões no momento da entrevista.

O público alvo foi agricultores ($n = 8$) que usam a água do rio em algum momento durante a sua produção agrícola e/ou para qualquer outro tipo de uso relacionado à agricultura.

O questionário foi constituído de 32 questões (APÊNDICE A) sobre temáticas que envolveram os recursos hídricos e uso do solo, distribuídas entre questões subjetivas (15) e objetivas (17). As questões objetivas foram construídas segundo o modelo da escala de Likert, com cinco níveis de respostas.

Os entrevistados concordaram em participar voluntariamente da pesquisa, estando de acordo com os objetivos do trabalho descritos no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE B).

A análise dos dados coletados nas entrevistas (questionários) foi realizada de forma qualitativa (questões abertas), com base na literatura atual e específica na tentativa de analisar possíveis conhecimentos e práticas dos agricultores sobre o tema pesquisado. Seguindo os princípios descritos na metodologia de Campos e Turato (2009), foram realizadas, para algumas questões abertas, a análise de conteúdo.

Na abordagem quantitativa, os dados foram analisados efetivamente por, por meio da estatística descritiva, para as questões construídas em escala de Likert, calculando a frequência percentual para cada alternativa de respostas.

Esta pesquisa com questionários e entrevistas foi considerada aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Patos (ANEXO A), por atender os princípios éticos e a legislação vigente para o desenvolvimento deste tipo de pesquisa.

3.4 Estudo ecotoxicológico da água do Rio Piancó

3.4.1 Coleta e análise de água

A coleta da água foi realizada no trecho do Rio Piancó que compreende o perímetro urbano do município de Pombal, Paraíba, onde ocorre maior densidade de habitantes, com consequentemente registros de lançamentos de resíduos e despejos de esgotos residenciais. Foram selecionados dois pontos para coleta de água do rio, localizados geograficamente ao centro e meio do perímetro urbano de Pombal (Coordenadas geográficas estimadas: Ponto 1 ($6^{\circ}46'47''S$ $37^{\circ}48'46''W$) e Ponto 2 ($6^{\circ}46'11''S$ $37^{\circ}48'20''W$) (Figura 1). Os dois pontos distanciam em média 2km.

Figura 1. Localização de Pombal, Paraíba e de pontos amostrais (P1 e P2) do Rio Piancó, utilizados para coleta, procedimentos experimentais e análises químicas e físicas de água.



Fonte: Lacerda; Silva; Medeiros (2016).

As coletas foram realizadas com auxílio de recipientes esterilizados em estufa, mergulhando o recipiente no rio, coletando água do rio a três metros de distância da margem e com média de 15 a 30 cm de profundidade (Figura 2).

Figura 2. Coleta de água (Ponto amostral 1) no Rio Piancó, Pombal, Paraíba.



Fonte: Autores (2018).

Para cada ponto amostral foi realizada uma amostragem em recipientes de 5 L, totalizando 10 L coletados em cada ponto, para garantir que a mesma água fosse utilizada durante o decorrer de todo o desenvolvimento experimental. A água foi armazenada em isopor com gelo, permanecendo assim até o laboratório (GOMES et al., 2015), em seguida foi armazenada em temperatura ambiente no Laboratório de Análises Ambientais, da Universidade Federal de Campina Grande, Patos onde foi conduzido todo o experimento.

Ainda *in locu*, do volume de água descrito acima, duas amostras de água foram coletadas em frascos de vidro (500 mL, cada) previamente esterilizados, para análises físico químicas. Todas as análises químicas e físicas foram realizadas em triplicatas. As análises de pH, cor, turbidez, total de sólidos dissolvidos (TSD), temperatura e condutividade elétrica (utilizando Medidor Multiparâmetros HANNA HL 9829) foram realizadas *in locu* (Figura 3).

Figura 3. Medição *in locu* de parâmetros físicos e químicos da água do Rio Piancó, Paraíba por meio de sonda multiparâmetros.



Fonte: Autores (2018).

Análises químicas complementares foram realizadas, sendo os seguintes parâmetros avaliados: oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), quantificado por oximetria, demanda química de oxigênio (DQO) quantificado por refluxo fechado, dureza total (Titulometria de Complexação), sódio (Na), potássio (K) (fotometria de chama), cálcio (Ca), bicarbonato (HCO_3^-) e cloretos (Método de Morh).

3.4.2 Experimentos ecotoxicológicos com as espécies agrícolas

Os efeitos ecotoxicológicos da água do rio foram avaliados com três espécies agrícolas: *Z. mays*, *P. vulgaris*. e *C. lanatus*. Os experimentos com os metais (Ni, Pb) foram desenvolvidos com *C. lanatus*.

A aquisição de sementes para o desenvolvimento experimental foi realizada na Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e no Comércio de Patos, Paraíba, sendo ambas avaliadas quanto à sua viabilidade por meio de teste de germinação realizado utilizando 200 sementes (BRASIL, 2009).

O experimento com a água do rio consistiu no uso da água coletada, em concentrações (diluídas em água deionizada), a saber: 0,0% (concentrada), 25%, 50%, 75%, além do controle negativo (água deionizada), totalizando cinco tratamentos.

Para os experimentos com os metais, foram preparadas soluções a partir do sulfato de níquel hexahidratado ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e acetato de chumbo $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, nas concentrações de

1,0; 3,0; 6,0 e 9,0 mM para ambos os metais em estudo. Além disso, também foi utilizado controle negativo de variância com água deionizada.

Para a montagem do experimento foi utilizado a metodologia descrita por Silva et al., (2017b), onde as sementes foram pré tratadas com hipoclorito de sódio (NaClO 2,5%) durante 10 min, em seguida foram lavadas três vezes com água deionizada. Desinfetadas, as sementes foram colocadas em contato com cada respectiva concentração em estudo, durante 20 min, e colocadas para germinação em placas de Petri (150 mm) isoladas com plástico filme para evitar a perda de umidade. Todos os experimentos foram inteiramente casualizados, em triplicatas, com 25 sementes em cada placa.

As sementes foram semeadas em placas de Petri (150 mm), sob camada dupla de papel *germitest*, que foi esterilizado em estufa (120°C por 4 h.) O papel foi previamente umedecido com 8 mL da solução/diluição de cada respectiva concentração e diluição. As condições laboratoriais foram controladas, com temperatura média de 30±2°C.

Os materiais utilizados no decorrer da pesquisa foram descontaminados em solução de ácido nítrico (HNO₃ por 24h.), diluído a 5% em água deionizada.

As variáveis respostas foram: porcentagem de germinação, anormalidades, biomassa fresca e seca, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e crescimento da raiz e da parte aérea.

Para ambos os experimentos com sementes as medidas biométricas de parte aérea e raiz foram realizadas utilizando paquímetro digital (precisão = 0,001 mm), no período de 48h (medida da raiz), 72h (medida da parte aérea) e 120h (raiz e parte aérea) para *P. vulgaris* e *Z. mays*. Para *C. lanatus* as medidas biométricas foram realizadas em 48 e 120h, sendo aferido nas duas leituras as medidas da parte aérea e da raiz.

O percentual de germinação, frequência de anormalidades, e produção de biomassa fresca e seca das plântulas foram determinados segundo Brasil (2009) e o IVG, segundo Maguire (1962). Também foi calculado o TMG, ao final de cada experimento.

3.4.3 Bioensaio Ecotoxicológico

Para a determinação do possível potencial genotóxico da água do Rio Piancó, foi realizado um bionensaio ecotoxicológico com *A. cepa*, considerando os seguintes indicadores de genotoxicidade: fragmentos cromossômicos, pontes cromossômicas, cromossomos retardatários, total de anormalidades da anáfase a telófase e formação de micronúcleos.

O bioensaio foi realizado com bulbos de cebola, em contato com cada respectiva diluição da água do rio em estudo, mais o controle negativo de variância com água deionizada. Para a

fixação das raízes e montagem de lâminas foi utilizado a metodologia descrita por Guerra (1999), onde, após a emergência das raízes, as mesmas foram fixadas em Carnoy, na proporção de 3 mL de álcool para 1 mL de ácido acético, e armazenadas sob refrigeração.

Para a montagem de lâminas, as raízes foram inicialmente lavadas com água deionizada, em seguida, colocadas em contato com ácido clorídrico (HCl), por 10 min e lavadas novamente. Após a lavagem, as raízes foram colocadas sob a lâmina, contendo ácido acético (45%) e pela técnica do esmagamento as lâminas foram preparadas e colocadas em hidrogênio líquido por 5 min. Em seguida, as lâminas foram coradas com hematoxilina e visualizadas em microscópio.

3.4.4 Análises Estatísticas

Para as análises estatísticas dos dados foi utilizado o software estatístico SPSS 20.0. As variâncias entre os tratamentos foram comparadas por meio da Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey, para dados paramétricos e, para dados que não apresentaram homogeneidade significativa, foi utilizado o teste de Kruskal Wallis, seguido do teste de Mann-Whitney. A correlação entre a diluição da água e concentração dos metais em relação as variáveis estudadas foram determinadas por meio do modelo de regressão polinomial. Para as análises estatísticas realizadas, foi considerado como nível de significância, $p < 0,05$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Percepção dos agricultores sobre Recursos Hídricos

Os agricultores entrevistados apresentaram idades variando entre 23 e 72 anos de idade, sendo, 25,0% do gênero feminino e 75,0% do gênero masculino. Dos entrevistados, 75,0% possui escolaridade até o ensino fundamental incompleto e, 12,5% ensino médio completo ou não teve a oportunidade de estudar (12,5%).

A renda mensal das famílias é de até um salário mínimo (62,5%), para o sustento médio de três moradores por cada residência e, dentre esses, 31,8% é estudante, dona de casa (27,3%), agricultor (18,2%) ou trabalham com outras atividades (13,6%), os demais não estudam ou estão desempregados (9,1%).

A maioria dos entrevistados moram as margens do Rio Piancó a mais de 15 anos (62,5%), apenas 37,5% possui casa própria e algum tipo de benefício social pelo governo, como bolsa família (62,5%) ou aposentadoria (12,5%).

A água do Rio Piancó é utilizada por todos os entrevistados para atender necessidades domésticas no cotidiano, como cozinhar, tomar banho, lavar louça e roupa, ou para o trabalho, usando-a na irrigação. Para beber, 75,0% das famílias usa a água da cisterna proveniente da chuva, ou compra água purificada (25,0%), a água do rio só é usada para consumo humano quando existe a falta de água em épocas de seca visto que o rio é perene, fazendo uso de cloro como tratamento alternativo para consumir essa água.

Apesar dos problemas ambientais existentes nas margens do Rio Piancó serem percebidos pela comunidade ribeirinha entrevistada, boa parte (62,5%) não se considera agente poluidor do rio, mas acredita que o rio pode veicular doenças. Embora existam períodos de seca que afetam diretamente a produtividade agrícola dessas famílias, todos os entrevistados se consideram satisfeitos em morar na região (Tabela 4).

Todos os agricultores compreendem que o Rio Piancó está poluído, contudo só 25,0% concorda que a água do rio pode interferir na produtividade agrícola. Essa percepção dos agricultores pode ser justificada devido a agricultura ser uma forma de subsistência dessas famílias no campo.

Tabela 4. Frequência de respostas dos entrevistados sobre aspectos relacionados a sua relação, características e qualidade da água do Rio Piancó, Pombal, Paraíba.

Itens	Respostas (%)		
	1	2	3
A urbanização compromete a qualidade da água do Rio Piancó	37,5	62,5	0,0
Considera que suas atividades poluem/contaminam o Rio Piancó	62,5	0,0	37,5
A água do Rio Piancó pode veicular doenças	0,0	0,0	100,0
O Rio Piancó está poluído	0,0	0,0	100,0
A água do Rio Piancó é imprópria para ser usada na agricultura	50,0	25,0	25,0
A água do Rio Piancó pode interferir na produtividade agrícola	50,0	25,0	25,0
Está satisfeito com a qualidade da água do Rio Piancó	62,5	37,5	0,0
Está satisfeito em morar na região onde vive	0,0	0,0	100,0
A agricultura é uma forma de subsistência no campo	0,0	12,5	87,5

1. Discorda totalmente ou discorda; 2. Nem discorda, nem concorda; 3. Concorda ou concorda totalmente.

Além disso, o uso da água do Rio Piancó para atender necessidades humanas torna-se um problema por deixar essas famílias vulneráveis a contaminantes e microrganismos presentes na água poluída.

No que compete a qualidade microbiológica da água do rio, Lacerda, Silva e Medeiros (2016) identificaram a presença de elevados níveis de coliformes totais e fecais, o que torna o uso dessa água imprópria para o consumo humano, podendo acarretar em doenças na população que faz o uso da água sem tratamento adequado.

Na pesquisa de Andrade et al., (2009) também foi identificado grande quantidade de bactérias patogênicas como *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*, tornando essa água imprópria para suprir necessidades humanas, sem tratamento prévio adequado.

Segundo a pesquisa de Lacerda, Silva e Medeiros (2016), as famílias que residem aos arredores do Rio Piancó têm conhecimento sobre o potencial patogênico que a água do rio pode exercer sobre a saúde humana, citando algumas doenças, que de acordo com a percepção dos entrevistados, estão relacionadas a má qualidade da água desse corpo de água, como diarreia (45,0%) e viroses em geral (15,0%).

Os agricultores percebem que o Rio Piancó mudou ao longo do tempo, e que as mudanças comprometeram a qualidade da água do rio, destacando ações de recuperação e preservação que poderiam minimizar esses impactos (Tabela 5).

Tabela 5. Principais mudanças ocorridas no Rio Piancó percebidas pelos agricultores em sua vivência com o rio, e principais ações de recuperação e preservação que poderiam ser desenvolvidas.

Principais mudanças	n	Ações de recuperação e preservação	n
Aumento da poluição e contaminação	6	Limpeza/Não jogar lixo e produtos químicos	7
Diminuição na quantidade de água	2	Conscientização das pessoas	1
Assoreamento	1	Reflorestamento da margem	1
Mudança na cor da água	1	Fiscalização mais eficiente	1

n: número de vezes que cada item foi citado pelo entrevistado.

Os agricultores, apesar dos impactos que causam ao Rio Piancó, conseguem identificar e perceber mudanças no rio e propor possíveis soluções para esses problemas. Ou seja, existe uma lacuna entre o que os agricultores pensam e fazem, que poderia ser trabalhada por meio de ações educativas.

A percepção dos moradores locais sobre as mudanças causadas ao longo do Rio Piancó é observada em outras pesquisas, onde os principais impactos citados estiveram relacionados a construção de granjas as margens do rio, dentre outras atividades antrópicas, que intensificaram a degradação da mata ciliar e da vegetação nativa, que em alguns trechos corresponde a apenas 10% da vegetação original existente (ARAÚJO et al., 2010).

Extração de lenha e a expansão de áreas agrícolas próximas ao Rio Piancó também são outras atividades antrópicas identificadas na região que favorecem a degradação do solo e assoreamento do rio (SOUSA et al., 2014).

Diante dos impactos derivados de ações antrópicas que tem impactado nos recursos hídricos, esse cenário tem se tornando preocupante, demonstrando a necessidade de ações de preservação, principalmente, nas margens dos rios (TORRES et al., 2017).

Metade dos agricultores afirmaram que o órgão responsável por fiscalizar e proteger o Rio Piancó é a ANA (Agência Nacional de Águas), 25,0% acreditam ser o Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) e outros 25,0% não soube responder a essa pergunta.

A vivência dos agricultores com o Rio Piancó recebe influência da presença de órgãos ambientais que fiscalizam o rio, impondo restrições para assegurar a disponibilidade de água a todos, evitando que o rio seja ainda mais degradado.

A bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, compreende dois estados brasileiros, por isso, é considerada como domínio da União e é regulada pela ANA, que objetiva, por meio do monitoramento, dentre outros pontos, manter a qualidade e quantidade de água em padrões satisfatórios para atender as necessidades dos seus respectivos usos (ANA, 2000).

O principal motivo que levou os agricultores a trabalhar com a agricultura foi a atividade ter passado de geração em geração (50,0%), entretanto, 62,5% deseja que os filhos estudem

para conseguir um emprego melhor e não continuem na profissão. Se o Rio Piancó deixasse de existir, secasse, 75,0% dessas famílias afirmaram que a situação ficaria muito difícil, e que a solução seria mudar de local. Apenas 25,0% dos entrevistados acredita que o rio não se manterá para as gerações futuras.

Na região, a desvalorização das atividades desenvolvidas pelos agricultores, o pouco retorno financeiro e as condições de trabalho têm contribuído para que os agricultores não queiram que seus filhos deem prosseguimento as atividades ribeirinhas, o que afeta também a cultura e os costumes locais com a saída das famílias e jovens para os centros urbanos.

Os costumes e, principalmente, os bens materiais de pessoas que residem as margens do Rio Piancó são hereditários e, é possível observar em algumas localidades que as gerações mais atuais contribuíram para a modificação da estrutura física natural em vários níveis ao entorno do rio (ARAÚJO et al., 2010).

Embora boa parte dos entrevistados acreditem que nenhuma das suas atividades possa exercer algum impacto no rio, 37,5% dos agricultores afirmaram lançar o esgoto das residências diretamente no rio ou a céu aberto. Essa é uma percepção limitada sobre os impactos da presença das comunidades ao rio.

Nesse contexto, Lacerda; Silva e Medeiros (2016) identificaram que cerca de 60% das pessoas entrevistadas na pesquisa sabem que os efluentes são lançados diretamente no Rio Piancó, sem nenhum tratamento, e que essas ações contribuem ainda mais para a degradação do rio.

Os agricultores que acreditam prejudicar o rio em algum nível (37,5%), tenderam a associar os impactos ao uso da água para irrigação, desmatamento, ou ao despejo de lixo no rio, não percebendo a relação entre o lançamento de esgotos de suas residências e qualidade da água. Todos os entrevistados afirmaram nunca ter participado de nenhum programa ou atividade que tivesse objetivo de preservar ou conservar o Rio Piancó.

Os principais cultivos que são produzidos pelos agricultores são: milho e feijão (24% dos agricultores os produzem); melancia (13%); alface (12%); banana (8%); cebola (6%) entre outras culturas cultivadas por 4% dos agricultores (goiaba, manga, acerola, jerimum, melão, caju, batata e capim). Todos os entrevistados consomem com frequência os alimentos produzidos utilizando a água do rio como fonte para irrigação das culturas.

Os agricultores cultivam diversos tipos de cultura que são importantes para o sustento financeiro das famílias, bem como, as necessidades alimentícias, corroborando com a interdependência existente entre os agricultores e os benefícios oferecidos pelo rio.

A agricultura na região é uma das atividades que mais contribui para o sustento das famílias ribeirinhas, representando uma renda per capita de R\$ 100,00 para uma comunidade rural localizada as margens do Rio Piancó, e este valor está acima de benefícios sociais recebidos pelo governo, como a aposentadoria, por exemplo, que representa renda per capita de R\$ 60,00 nessa área (ALMEIDA et al., 2010).

Apenas 12,5% dos entrevistados soube conceituar o que é a agroecologia, definindo-a como uma agricultura sustentável. Nesse contexto também foi identificado que a relação predominante dos agricultores com a terra é somente plantar, não exercendo nenhuma atividade de cuidado da terra.

Este é um cenário preocupante, pois denota que o agricultor como homem do campo, tem perdido ao longo do tempo a percepção da importância da sua relação com a natureza, o que pode inclusive, ser justificado pelas técnicas degradantes de produção que muitos deles adotam.

A maioria nunca percebeu nenhuma interferência da água do rio na germinação das sementes (75,0%), enquanto que 25,0% acredita que raramente interfere, mas, não souberam explicar como e em que nível ocorre esta interferência.

Nesse contexto, é provável que a água do Rio Piancó, em determinados períodos do ano, apresente nível de contaminação elevado e, pela falta de chuva, aumente a carga de contaminantes na água, esse fato pode ter influenciado em algum nível na germinação de sementes, sendo percebida por esse percentual de agricultores entrevistados.

Os agrotóxicos foram definidos pela maioria dos agricultores como sendo um tipo de veneno usado nas plantações para matar as pragas (62,5%), enquanto que 25,0% não soube conceituar, e apenas 12,5% usou o termo: “defensivos agrícolas”.

Apesar de apresentar uma maior tendência em caracterizar o agrotóxico como veneno, poucos agricultores (25,0%) fazem uso de técnica natural para combater as pragas sem o uso de agrotóxicos, por meio da utilização da espécie *Azadirachta indica* A.Juss., popularmente conhecida como nem, com finalidade de uso de inseticida.

É possível que a facilidade na técnica de produção com agrotóxicos, bem como a falta de conhecimento e incentivo sobre técnicas de produção mais sustentáveis tenha influenciado esses agricultores ao uso de agrotóxicos nos seus métodos de cultivo.

Na pesquisa de Sobrinho e Mota (2016), os agricultores afirmaram ter alcançado bons resultados após o uso da *A. indica*, como defensivo natural para o controle biológico, visto que, 95% desses entrevistados faziam uso de defensivos agrícolas sintéticos.

Sendo assim, a Agroecologia se faz importante, pois pode articular incentivos e métodos de produção que façam uso desses defensivos naturais. Considerando ainda que há notadamente um crescimento na preferência dos consumidores por alimentos que sejam mais saudáveis e que façam menos uso de agrotóxicos na produção dos alimentos, como também dos benefícios ambientais adquiridos nesse método de produção (FERNANDES, 2006).

Foram citados três tipos de agrotóxicos comprados em farmácias veterinárias no município de Pombal, Paraíba, onde recebem as instruções de uso, utilizados nos cultivos pelos agricultores: U46 BR (herbicida – classe toxicológica III), Decis 25 EC (inseticida – classe toxicológica III) e ACTARA 250 WG (inseticida – classe toxicológica I).

A aplicação dos agrotóxicos é realizada a cada 8 ou 15 dias, borrifando a substância sobre as culturas. A compra desses agrotóxicos é realizada em farmácias veterinárias do município de Pombal, por qualquer agricultor, sem restrições de venda.

Os agrotóxicos vêm causados problemas ambientais diversos, como também a saúde humana, esses impactos estão relacionados, principalmente, com o uso inadequado que visa exclusivamente obter lucros com a produção da lavoura (SANTOS TMM et al., 2017).

Dessa forma, embora o uso dos agrotóxicos constitui importante estratégia para a produção agrícola no contexto econômico, ações de Educação Ambiental são necessárias para que se possa repensar esse modo de ver e perceber também os impactos gerados a natureza (NUNES; SIMÕES, 2012).

4.2 Estudo ecotoxicológico da água do Rio Piancó

Os parâmetros físicos e químicos da água do Rio Piancó avaliados, estão, em sua maioria, dentro dos padrões estabelecidos pela resolução N° 357/2005 do CONAMA para a Classe II de Águas Doces (Tabela 6).

A água coletada no ponto 1 apresentou parâmetros com valores mais elevados que o ponto 2, como: pH, condutividade elétrica, STD, Na, K, turbidez, DBO e bicarbonato, entretanto, o ponto 2 apresentou maior DQO e Cloretos em relação ao ponto 1.

Tabela 6. Análise de parâmetros físico químicos da água do Rio Piancó, Paraíba, coletados em dois pontos do rio.

Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	VMP* CONAMA
Temperatura (°C)	27,50 ± 0,28	28,00 ± 0,08	Nd
pH	7,54 ± 0,69	6,94 ± 0,22	6,0-9,0
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	300,27 ± 10,93	298,00 ± 8,49	Nd
STD (mg L^{-1})	150,23 ± 8,16	146,71 ± 7,49	500 mg L^{-1}
Cor (u.c.)	21,17 ± 0,23	21,67 ± 1,89	75 mg Pt L^{-1}
Turbidez (UNT)	1,13 ± 0,04	0,72 ± 0,03	100 UNT
Na (mmol L^{-1})	1,22 ± 0,36	1,09 ± 0,05	Nd
K (mmol L^{-1})	0,20 ± 0,41	0,18 ± 0,65	Nd
OD (mg L^{-1})	4,80 ± 0,40	4,30 ± 0,32	5 mg L^{-1**}
DBO (mg L^{-1})	3,27 ± 0,23	1,85 ± 0,11	5 mg L^{-1}
DQO (mg L^{-1})	4,11 ± 0,11	19,08 ± 0,57	Nd
Cloratos ($\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$)	35,38 ± 0,25	37,21 ± 5,20	250 mg L^{-1}
Dureza total ($\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$)	74,28 ± 1,34	75,07 ± 2,67	Nd
Bicarbonato ($\text{mgCaCO}_3 \text{L}^{-1}$)	196,17 ± 0,80	185,71 ± 0,59	Nd

Os dados representam a média ± desvio padrão de três amostras para cada parâmetro avaliado. *Valores máximos e **valores mínimos permitidos de acordo com a resolução Nº 357/2005 do CONAMA - Classe II – Águas Doces. Nd: Não determinado.

A água do Rio Piancó, apesar de receber grande influência de atividades antrópicas da região, neste período específico apresentou resultados satisfatórios para a maior parte dos parâmetros avaliados, no que se refere a qualidade química e física da água segundo a legislação vigente para essa classe de uso, entretanto, a necessidade de medidas mitigadoras para reduzir a poluição da água do rio deve ser emergencial e contínua.

Análises físicas e químicas realizadas no Rio Piancó na pesquisa de Sousa et al., (2014), reportaram valores de temperatura da água (28,37°C), condutividade elétrica (287 $\mu\text{S cm}^{-1}$), OD (5,7 mg L^{-1}), DBO 1,9 (mg L^{-1}) e pH (7,85) semelhantes aos identificados nessa pesquisa, entretanto em alguns períodos de coleta o pH da água chegou a atingir valores elevados, acima de 9,0.

Segundo Chaves et al., (2015), a temperatura da água influencia na variação de diversos outros parâmetros físicos da água, como a viscosidade, tensão superficial e, também, pode interferir na produção de calor.

A elevada condutividade elétrica indica que a água apresenta alta carga de íons, com teores de cálcio, sódio e potássio, dentre outros, e por isso, quando maior a condutividade elétrica, maior será a capacidade de conduzir corrente elétrica na água, enquanto que o pH vai estar relacionado a quantidade de íons de hidrogênio, e pode ter seus níveis alterados, tornando-se mais ácido ou básico, pelo desenvolvimento de atividades antrópicas poluidoras (SOUSA et al., 2014).

A água do Rio Piancó apresentou valores de cor e turbidez dentro dos padrões permitidos, assim como a DBO, indicado que no momento da coleta a água do rio esses parâmetros estavam em consonância com os padrões de qualidade considerados ideais pela resolução ambiental adotada como referência.

A cor e turbidez da água influenciam na entrada de luz no corpo de água, de forma que quanto mais escura e turva a água for, menor será a quantidade de luz. A DBO também é um parâmetro que reporta alterações antrópicas que tenham potencial de impactar em algum nível no meio aquático (MARANHÃO et al., 2017).

A análise de sólidos totais dissolvidos é necessária, pois com essa análise é possível determinar a quantidade de sedimentos que podem estar suspensos na água, além disso, esses sólidos podem contribuir para alteração de outros parâmetros da água, como a cor e a turbidez (TORRES et al., 2017). O bicarbonato e Na são alguns exemplos de sais que contribuem para a elevação dos teores de STD (SOUSA et al., 2014).

A elevada disponibilidade de resíduos minerais na água também pode contribuir para a elevação de cloretos, onde, na pesquisa de Abreu e Cunha (2017) em duas localidades analisadas na bacia hidrográfica do Rio Jari, localizada entre os estados do Pará e Amapá, o nível de cloreto na água variou de 1,0 a 18,0 mg L⁻¹.

Os cloretos são importantes de serem analisados na água, principalmente quando o uso dessa água está associado a irrigação, pois a grande quantidade de sais na água, pode ser depositada no solo resultando em processos de salinização (BARROSO et al., 2011).

O Rio Piancó tem recebido grande aporte de sedimentos, que adentram o rio por meio da chuva ou por outras atividades que são desenvolvidas em suas margens. Crispim et al., (2015), identificaram que os principais sedimentos que são carregados para dentro em um trecho do Rio Piranhas, que integra a bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, são pedregulhos e areia fina.

Outros parâmetros como P e N também foram analisados em pesquisas realizadas no Rio Piancó, demonstrando que a presença desses nutrientes na água está associada a grande quantidade de efluentes que são lançadas no rio, favorecendo a sua eutrofização (FERREIRA et al., 2014).

O OD no Rio Piancó está abaixo dos valores indicados pela Resolução nº 357 do CONAMA para essa classe de água, com uma média de 4,80 e 4,30 mg L⁻¹, quando o valor mínimo permitido é de 5 mg L⁻¹. Com a eutrofização do corpo de água, a quantidade de OD

tende a diminuir, devido à grande proliferação de algas que consomem todo o oxigênio disponível e, assim, o ecossistema aquático acaba sendo afetado (TORRES et al., 2017).

A dureza total da água do Rio Piancó foi de 74,28 e 75,07 mg $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$, ponto 1 e 2, respectivamente. Na literatura são reportados valores acima destes encontrados, onde na pesquisa de Oliveira; Santos e Lima (2017) no riacho São Caetano, de Balsas (MA), a dureza total da água foi de 163,0 mg $\text{CaCO}_3\text{L}^{-1}$, e esses dados elevados estiveram associados a processos erosivos na área estudada, com íons de Ca^{2+} e Mg^{2+} , dissolvidos na água.

Ainda que a água analisada esteja, na maior parte das análises, dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para sua respectiva classe de uso, a água é considerada imprópria para irrigação de algumas hortaliças consumidas cruas e para consumo humano devido a carga microbiológica elevada, derivada do despejo de efluentes domésticos no curso do rio.

É importante conhecer as variáveis físico químicas da água tendo em vista que por meio delas é possível compreender melhor os padrões de qualidade desse recurso, bem como as relações ecossistêmicas existentes no ambiente (TORRES et al., 2017).

A água do Rio Piancó não apresentou genotoxicidade para as células do meristema radicular de *A. cepa*, não sendo observado anormalidades cromossômicas nas fases da mitose fotografadas (Figura 4).

Embora a água do Rio Piancó não tenha sido considerada genotóxica, o biomonitoramento da qualidade da água de rios utilizando espécies vegetais é importante, visto que a irrigação de espécies agrícolas utilizando água de rios poluídos e contaminados podem oferecer riscos para o estabelecimento dessas espécies no solo.

Alterações cromossômicas foram observadas em raízes de cebola expostas à amostras de água do Rio Guandu, localizado no Rio de Janeiro, identificando potencial citotóxico e genotóxico da água do rio, acarretando, nas células meristemáticas de *A. cepa*, diversas alterações cromossômicas, como formação de micronúcleos, pontes cromossômicas, e perda de fragmentos cromossômicos (GOMES et al., 2015).

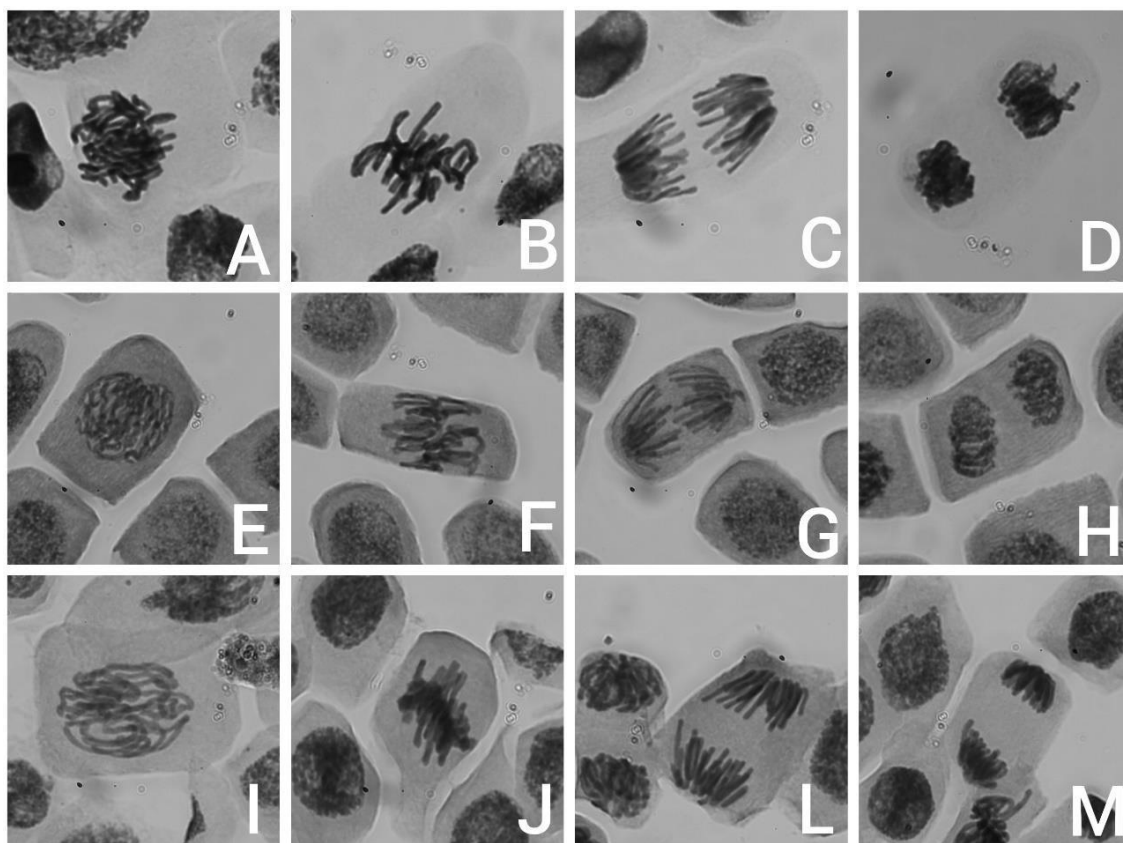


Figura 4 – Células meristemáticas de *A. cepa* expostas a água deionizada: A) Prófase; B) Metáfase; C) Anáfase; D) Telófase; e a água concentrada do Rio Piancó, Paraíba em dois pontos de coleta. Ponto 1: E) Prófase; F) Metáfase; G) Anáfase; H) Telófase. Ponto 2: I) Prófase; J) Metáfase; L) Anáfase; M) Telófase.

Silveira et al., (2018), também obtiveram dados similares, onde foram identificadas anormalidades cromossômicas, como pontes cromossômicas, micronúcleos e quebra cromossômica, em células do meristema radicular de *A. cepa*, derivadas da genotoxicidade da água contaminada do Rio Cascavel no estado do Paraná.

Alterações cromossômicas, como formação de pontes e perda de fragmentos podem ser causadas por alteração na estrutura e no conjunto cromossômico, respectivamente (PEREIRA et al., 2013), induzidos por um agente com capacidade genotóxica.

O percentual de germinação, crescimento da raiz e da parte aérea das plântulas expostas a diluições da água do Rio Piancó, nos dois pontos amostrais, não apresentaram variações significativas em *C. lanatus* e *P. vulgaris*. Entretanto, *Z. mays* reduziu a germinação em 10,67% e 9,33% (Ponto 1 e 2, respectivamente) e o crescimento da raiz no Ponto 1 (Figura 5), quando exposta a água do rio concentrada (0,0%) em relação ao controle (Tabelas 7, 8 e 9). A água do Rio Piancó interferiu significativamente no IVG de *C. lanatus* e *Z. mays*.

Tabela 7: Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração	<i>C. lanatus</i> - Ponto 1				<i>C. lanatus</i> - Ponto 2			
	G%	IVG	Parte aérea	Raiz	G%	IVG	Parte aérea	Raiz
Controle	100,00 ± 0,00 ^a	18,50 ± 0,50 ^a	53,76 ± 1,85 ^a	19,08 ± 0,77 ^a	100,00 ± 0,00 ^a	18,67 ± 0,58 ^a	53,04 ± 2,15 ^a	18,74 ± 0,89 ^a
75,0	100,00 ± 0,00 ^a	18,33 ± 0,76 ^{ab}	54,81 ± 2,10 ^a	18,73 ± 0,72 ^a	98,67 ± 2,31 ^a	17,83 ± 0,76 ^{ab}	53,99 ± 2,02 ^a	18,52 ± 1,03 ^a
50,0	96,00 ± 4,00 ^a	17,17 ± 0,76 ^b	53,79 ± 1,57 ^a	18,43 ± 0,80 ^a	98,67 ± 2,31 ^a	16,83 ± 0,29 ^b	53,47 ± 1,79 ^a	18,00 ± 1,05 ^a
25,0	94,67 ± 2,31 ^a	16,89 ± 0,67 ^b	53,25 ± 1,34 ^a	18,67 ± 1,06 ^a	90,67 ± 4,62 ^a	16,17 ± 1,26 ^b	53,02 ± 1,84 ^a	17,70 ± 0,58 ^a
0,0	93,33 ± 2,31 ^a	16,78 ± 0,25 ^b	53,02 ± 1,07 ^a	17,90 ± 1,01 ^a	97,33 ± 2,31 ^a	16,33 ± 1,32 ^b	53,70 ± 1,68 ^a	18,05 ± 0,69 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 8: Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de *P. vulgaris*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração	<i>P. vulgaris</i> - Ponto 1				<i>P. vulgaris</i> - Ponto 2			
	G%	IVG	Parte aérea	Raiz	G%	IVG	Parte aérea	Raiz
Controle	98,67 ± 2,31 ^a	15,83 ± 0,29 ^a	13,66 ± 1,46 ^a	71,00 ± 5,85 ^a	100,00 ± 0,00 ^a	15,67 ± 0,29 ^a	13,42 ± 1,09 ^a	70,48 ± 2,17 ^a
75,0	96,00 ± 0,00 ^a	14,83 ± 0,73 ^a	13,80 ± 2,40 ^a	68,90 ± 4,74 ^a	100,00 ± 0,00 ^a	14,67 ± 0,29 ^b	12,65 ± 1,26 ^a	69,01 ± 2,48 ^a
50,0	94,67 ± 6,11 ^a	14,50 ± 0,50 ^b	12,04 ± 1,88 ^a	68,91 ± 3,60 ^a	93,33 ± 6,11 ^a	15,17 ± 0,58 ^a	12,44 ± 1,00 ^a	68,40 ± 2,47 ^a
25,0	94,67 ± 4,62 ^a	15,25 ± 1,39 ^a	12,87 ± 2,08 ^a	68,46 ± 4,87 ^a	93,33 ± 2,31 ^a	15,33 ± 0,76 ^a	12,50 ± 1,22 ^a	68,74 ± 2,31 ^a
0,0	97,33 ± 2,31 ^a	15,00 ± 0,87 ^a	12,99 ± 1,66 ^a	68,90 ± 4,37 ^a	93,33 ± 2,31 ^a	14,50 ± 1,00 ^a	12,79 ± 0,96 ^a	68,51 ± 1,69 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 9: Percentual de germinação (%G), IVG e biometria (última leitura) da parte aérea e raiz de *Z. mays*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração	<i>Z. mays</i> - Ponto 1				<i>Z. mays</i> - Ponto 2			
	G%	IVG	Parte aérea	Raiz	G%	IVG	Parte aérea	Raiz
Controle	100,00 ± 0,00 ^a	15,50 ± 0,50 ^a	18,50 ± 1,05 ^a	65,00 ± 2,37 ^a	100,00 ± 0,00 ^a	16,17 ± 0,29 ^a	17,54 ± 0,84 ^a	66,88 ± 2,20 ^a
75,0	97,33 ± 4,62 ^a	15,50 ± 1,32 ^{ab}	17,98 ± 0,80 ^a	65,64 ± 2,15 ^a	100,00 ± 0,00 ^a	15,44 ± 0,59 ^a	17,14 ± 1,00 ^a	66,62 ± 2,09 ^a
50,0	98,67 ± 2,31 ^a	14,83 ± 0,29 ^{ab}	18,05 ± 0,69 ^a	62,68 ± 1,42 ^a	98,67 ± 2,31 ^a	15,06 ± 1,29 ^{abc}	17,57 ± 1,23 ^a	66,60 ± 2,97 ^a
25,0	97,33 ± 2,31 ^a	14,78 ± 0,98 ^{ab}	18,29 ± 0,97 ^a	65,80 ± 1,86 ^a	94,67 ± 2,31 ^a	14,89 ± 0,77 ^b	17,64 ± 1,18 ^a	67,13 ± 2,42 ^a
0,0	89,33 ± 2,31 ^b	13,89 ± 0,84 ^b	17,29 ± 1,09 ^b	52,79 ± 1,34 ^b	90,67 ± 2,31 ^b	13,39 ± 0,48 ^c	17,49 ± 1,30 ^a	66,54 ± 2,66 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indica valores médios estatisticamente diferentes, segundo o teste ANOVA, seguido do teste de Tukey (p<0,05).

Figura 5: Plântulas de *Z. mays* expostas (120h) a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba (Ponto 1).



As sementes reagem de formas diferentes após exposição a possíveis agentes químicos externos, que nesse caso específico, foram suficientes para reduzir, mesmo que em pequena proporção, o crescimento de plântulas de *Z. mays*.

Os metais pesados podem estar presentes na água e no solo e serem absorvidos pelas plantas. Na pesquisa de Torres et al., (2017), identificando metais pesados na água e sedimentos em um reservatório de água no município de Pedro Leopoldo (MG), foi verificado a presença de pequenas concentrações de metais pesados como o Pb ($0,155 \text{ mg L}^{-1}$) e Cd ($0,029 \text{ mg L}^{-1}$) na água, entretanto, no sedimento, a quantidade de Pb foi elevada com concentrações que chegaram a $37,044 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,82 \text{ mg kg}^{-1}$ para o mercúrio (Hg).

A presença de metais pesados também foi identificada em amostras de solo em uma área no município de Adrianópolis (PR), pesquisada por Andrade et al., (2009) onde as concentrações de Pb alcançaram em alguns locais $234,8 \text{ mg kg}^{-1}$, também sendo identificados outros metais como Ni ($38,4 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($22,1 \text{ mg kg}^{-1}$) e Cr ($27,8 \text{ mg kg}^{-1}$).

A análise de sedimentos em uma microbacia em Paty do Alferes (RJ), pesquisada por Ramalho; Sobrinho; Veloso (2000) também reportaram concentrações máximas de metais pesados, dentre eles o Pb ($30,73 \text{ mg kg}^{-1}$), Ni ($16,38 \text{ mg kg}^{-1}$) e Cd ($0,77 \text{ mg kg}^{-1}$).

A concentração de metais pesados nos rios pode contribuir para o desenvolvimento de efeitos tóxicos nas plantas, sobretudo quando essa água é utilizada para irrigação, ou ainda, quando o solo é contaminado por outras atividades, e que por meio da chuva acaba carreando esses metais para os corpos de água.

Os sedimentos concentram maior quantidade de metais em relação a água, por isso, a remobilização do sedimento na captação de água para a irrigação pode fazer com que esses metais fiquem em suspensão na água, e assim serem transportados para o solo no momento da captação da água para a irrigação.

A água do Rio Piancó favoreceu o aumento gradativo de plântulas anormais a partir da primeira diluição (75,0%), (Figura 6), sendo a raiz primária fina e fraca o tipo de anormalidade mais frequente nas espécies agrícolas estudadas para os dois pontos amostrais de água do Rio Piancó (Tabela 10).

Figura 6: Frequência de plântulas anormais de *C. lanatus*, *P. vulgaris* e *Z. mays* após 120h de exposição a diluições experimentais da água do Rio Piancó, Paraíba (Ponto 1 e 2).

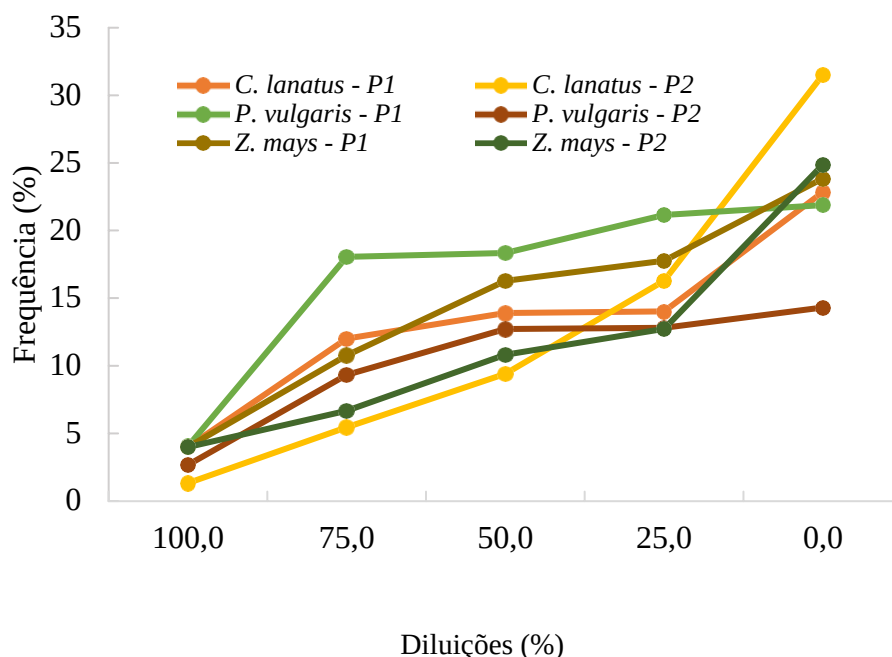


Tabela 10: Frequência de tipos de anormalidades (BRASIL, 2009) observadas em *C. lanatus*, *P. vulgaris* e *Z. mays*, expostas a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba em dois pontos amostrais de coleta (P1 e P2).

Anormalidades	<i>C. lanatus</i>		<i>P. vulgaris</i>		<i>Z. mays</i>	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Parte aérea ausente	13,3	12,4	14,8	14,8	13,3	15,3
Parte aérea retorcida	12,9	12,6	12,4	11,5	15,7	13,9
Raiz primária fina e fraca	35,6	35,0	33,3	36,5	31,4	36,8
Raiz primária atrofiada	15,2	13,8	12,9	12,9	13,3	12,3
Raiz primária ausente	11,5	14,3	12,9	11,9	14,9	10,5
Raiz primária retorcida	11,5	11,9	13,7	12,4	11,4	11,4

A biomassa fresca da raiz de *P. vulgaris* (Ponto 2) reduziu a partir da diluição da água do rio a 75%, e a partir de 50% a biomassa fresca da raiz e parte aérea de *Z. mays* (Ponto 1) também foi reduzida, as demais diluições não variaram significativamente na redução da produção de biomassa da parte aérea e da raiz entre as espécies (Tabela 11, 12 e 13).

Tabela 11: Biomassa (mg) fresca e seca da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração	Biomassa fresca – P1		Biomassa seca – P1		Biomassa fresca – P2		Biomassa Seca – P2	
	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz
Controle	15,21 ± 0,17 ^a	2,37 ± 0,21 ^a	0,31 ± 0,02 ^a	0,34 ± 0,04 ^a	13,36 ± 0,18 ^a	2,47 ± 0,32 ^a	0,35 ± 0,04 ^a	0,32 ± 0,03 ^a
75,0	12,43 ± 0,17 ^a	2,30 ± 0,10 ^a	0,28 ± 0,03 ^a	0,25 ± 0,03 ^a	13,13 ± 0,70 ^a	2,20 ± 0,26 ^a	0,29 ± 0,04 ^a	0,32 ± 0,05 ^a
50,0	12,73 ± 0,46 ^a	2,13 ± 0,15 ^a	0,24 ± 0,03 ^a	0,27 ± 0,03 ^a	13,55 ± 0,31 ^a	2,50 ± 0,40 ^a	0,32 ± 0,04 ^a	0,28 ± 0,03 ^a
25,0	12,35 ± 0,05 ^a	2,23 ± 0,21 ^a	0,29 ± 0,02 ^a	0,33 ± 0,03 ^a	13,15 ± 0,95 ^a	3,17 ± 0,40 ^a	0,26 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,04 ^a
0,0	12,48 ± 0,15 ^a	2,06 ± 0,15 ^a	0,27 ± 0,02 ^a	0,29 ± 0,03 ^a	13,16 ± 0,16 ^a	2,53 ± 0,32 ^a	0,25 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,01 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 12. Biomassa (mg) fresca e seca da parte aérea e raiz de *P. vulgaris*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração -	Biomassa fresca – P1		Biomassa seca – P1		Biomassa fresca – P2		Biomassa Seca – P2	
	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz
Controle	2,62 ± 0,12 ^a	4,49 ± 0,44 ^a	0,55 ± 0,03 ^a	0,69 ± 0,02 ^a	2,38 ± 0,15 ^a	4,44 ± 0,29 ^a	0,52 ± 0,04 ^a	0,77 ± 0,05 ^a
75,0	2,49 ± 0,16 ^a	4,81 ± 0,11 ^a	0,47 ± 0,04 ^a	0,67 ± 0,03 ^a	2,20 ± 0,19 ^a	3,76 ± 0,18 ^b	0,40 ± 0,03 ^a	0,63 ± 0,04 ^a
50,0	2,60 ± 0,08 ^a	4,92 ± 0,18 ^a	0,55 ± 0,02 ^a	0,63 ± 0,05 ^a	2,22 ± 0,14 ^a	3,96 ± 0,28 ^b	0,58 ± 0,04 ^a	0,65 ± 0,04 ^a
25,0	2,58 ± 0,20 ^a	4,81 ± 0,14 ^a	0,54 ± 0,03 ^a	0,62 ± 0,04 ^a	2,10 ± 0,18 ^a	3,20 ± 0,28 ^c	0,51 ± 0,03 ^a	0,59 ± 0,03 ^a
0,0	2,49 ± 0,09 ^a	4,48 ± 0,46 ^a	0,52 ± 0,04 ^a	0,61 ± 0,05 ^a	1,78 ± 0,25 ^a	2,96 ± 0,16 ^d	0,50 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,03 ^b

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 13. Biomassa (mg) fresca e seca da parte aérea e raiz de *Z. mays*, após 120h de exposição a diluições da água do Rio Piancó, Paraíba.

Concentração -	Biomassa fresca – P1		Biomassa seca – P1		Biomassa fresca – P2		Biomassa Seca – P2	
	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz
Controle	3,24 ± 0,26 ^a	4,50 ± 0,33 ^a	0,45 ± 0,04 ^a	0,70 ± 0,04 ^a	3,46 ± 0,21 ^a	4,40 ± 0,23 ^a	0,47 ± 0,05 ^a	0,69 ± 0,04 ^a
75,0	3,33 ± 0,26 ^a	4,35 ± 0,39 ^a	0,53 ± 0,06 ^a	0,66 ± 0,05 ^a	3,33 ± 0,08 ^a	4,42 ± 0,09 ^a	0,50 ± 0,04 ^a	0,71 ± 0,04 ^a
50,0	2,36 ± 0,28 ^b	3,47 ± 0,25 ^b	0,43 ± 0,02 ^a	0,42 ± 0,02 ^a	3,09 ± 0,18 ^a	4,43 ± 0,32 ^a	0,49 ± 0,01 ^a	0,58 ± 0,07 ^a
25,0	3,23 ± 0,27 ^a	4,34 ± 0,21 ^a	0,34 ± 0,02 ^a	0,63 ± 0,05 ^a	3,08 ± 0,11 ^a	4,52 ± 0,18 ^a	0,50 ± 0,03 ^a	0,62 ± 0,05 ^a
0,0	2,45 ± 0,12 ^c	2,79 ± 0,09 ^c	0,47 ± 0,02 ^a	0,57 ± 0,04 ^a	3,30 ± 0,33 ^a	4,32 ± 0,20 ^a	0,42 ± 0,03 ^a	0,64 ± 0,07 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indica valores médios estatisticamente diferentes, segundo o teste ANOVA, seguido do teste de Tukey (p<0,05).

4.3 Estudo ecotoxicológico com metais pesados (Ni, Pb)

O percentual de germinação das plântulas expostas ao Ni e Pb variou de 76,0% a 100,0%, reduzindo o IVG e aumentando o TMG das sementes a partir da concentração 1,0 mM, embora o TMG de *C. lanatus* foi maior em exposição ao Pb (Tabela 14 e 15).

A avaliação ecotoxicológica de Silva et al., (2017b), reportaram que a exposição de sementes de *S. terebinthifolius* ao Pb teve redução do percentual de germinação e IVG a partir da concentração de 0,2 e 0,4 mM, respectivamente. Em alface (*Lactuca sativa*), o percentual germinativo foi afetado em 1,0 mM de Pb, reduzindo em mais da metade a germinação na concentração 5,0 mM (PEREIRA et al., 2013).

Na pesquisa de Bae; Benoit e Watson (2016), as espécies *Coronilla varia*, *Lotus corniculatus*, e *Trifolium arvense* foram intolerantes a presença de Ni, com percentual de germinação sendo expressivamente reduzido em concentrações de 200 mg kg⁻¹ do metal.

Após 120h de exposição os efeitos de ambos os metais foram mais tóxicos, reduzindo o crescimento da parte aérea e da raiz de *C. lanatus* a partir da concentração 1,0 mM, com maior toxicidade na concentração 9,0 mM, inibindo o surgimento da parte aérea para o Ni e Pb. (Tabela 14 e 15).

O crescimento da parte aérea de *C. lanatus* foi maior nas concentrações de Ni para as duas biometrias realizadas (48 e 120h) em relação ao crescimento das plântulas que cresceram expostas ao Pb (Figura 7).

Tabela 14: Percentual de germinação (%G), IVG, TMG e biometria inicial (48h) e final (120h) da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após exposição a concentrações experimentais de Ni.

Ni (mM)	G%	IVG	TMG	Parte aérea (48h)	Parte aérea (120h)	Raiz (48h)	Raiz (120h)
Controle	100,00 ± 0,00 ^a	16,50 ± 0,50 ^a	1,68 ± 0,04 ^a	11,87 ± 0,79 ^a	45,65 ± 4,51 ^a	9,31 ± 0,91 ^a	27,27 ± 2,32 ^a
1,0	96,00 ± 4,00 ^a	12,22 ± 1,46 ^{bc}	2,31 ± 0,13 ^b	8,52 ± 0,24 ^b	37,79 ± 3,59 ^b	7,62 ± 0,85 ^{ab}	24,35 ± 2,18 ^{ab}
3,0	89,33 ± 2,31 ^b	9,50 ± 0,79 ^{bc}	2,69 ± 0,11 ^b	2,45 ± 0,25 ^c	5,49 ± 0,52 ^{cd}	5,39 ± 0,31 ^c	17,31 ± 2,26 ^c
6,0	86,67 ± 6,11 ^{bc}	8,08 ± 1,21 ^c	2,64 ± 0,15 ^b	1,46 ± 0,27 ^d	4,49 ± 0,31 ^d	2,74 ± 0,52 ^{de}	7,85 ± 1,03 ^d
9,0	78,67 ± 2,31 ^d	5,56 ± 1,01 ^d	2,91 ± 0,44 ^c	*	*	1,56 ± 0,30 ^e	4,32 ± 0,40 ^e

*Parte aérea não emergiu. Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 15: Percentual de germinação (%G), IVG, TMG e biometria inicial (48h) e final (120h) da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após exposição a concentrações experimentais de Pb.

Pb (mM)	G%	IVG	TMG	Parte aérea (48h)	Parte aérea (120h)	Raiz (48h)	Raiz (120h)
Controle	100,00 ± 0,00 ^a	13,83 ± 0,29 ^a	1,89 ± 0,02 ^a	9,00 ± 0,51 ^a	40,41 ± 4,69 ^a	8,57 ± 0,71 ^{ab}	28,03 ± 3,67 ^a
1,0	97,33 ± 2,31 ^a	11,06 ± 0,25 ^b	2,47 ± 0,14 ^b	3,28 ± 0,25 ^b	8,42 ± 1,26 ^b	6,12 ± 0,75 ^{bc}	16,76 ± 2,66 ^{bc}
3,0	94,67 ± 6,11 ^a	8,72 ± 1,30 ^c	2,76 ± 0,17 ^{bc}	2,43 ± 0,20 ^c	7,77 ± 1,09 ^{bc}	4,95 ± 0,76 ^{bc}	13,12 ± 1,24 ^{bc}
6,0	89,33 ± 4,62 ^b	8,19 ± 0,46 ^c	3,08 ± 0,03 ^{bc}	1,40 ± 0,20 ^d	4,22 ± 0,82 ^d	2,64 ± 0,47 ^d	7,32 ± 1,45 ^d
9,0	76,00 ± 4,00 ^c	5,56 ± 0,67 ^d	3,62 ± 0,20 ^d	*	*	1,42 ± 0,31 ^e	4,43 ± 0,73 ^e

*Parte aérea não emergiu. Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indica valores médios estatisticamente diferentes, segundo o teste ANOVA, seguido do teste de Tukey ou teste de Kruskal Wallis, seguido do teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Figura 7: Plântulas de *C. lanatus* expostas a metais pesados (120h): A) Plântulas expostas a concentrações de Ni. B) Plântulas expostas a concentrações de Pb.



Além da inibição no crescimento vegetal, a presença de Pb pode acarretar outros efeitos tóxicos as plântulas, como a clorose (ROMEIRO et al., 2007). É possível que os efeitos tóxicos ao crescimento ocasionados pelo Pb, seja resultado do potencial inibitório do metal na divisão celular meristemática, reduzindo assim, o crescimento (PEREIRA et al., 2013).

A toxicidade do Ni também foi observada na pesquisa de Palark (2016), onde o metal interferiu na altura (cm) e na quantidade de clorofila de plântulas de *Triticum aestivum* L. em exposição a 25 μg de Ni.

Dados de Berton et al., (2016), avaliando a influência do Ni em plântulas de *P. vulgaris*, observaram que além de inibir o crescimento, doses de Ni (210 mg kg^{-1}), causou a morte das sementes após a germinação.

A partir da menor concentração (1,0 mM) dos metais (Ni e Pb), houve aumento na frequência de plântulas anormais de *C. lanatus*, sendo mais notório na concentração 9,0 mM para o Pb (Figura 8), embora o Ni tenha apresentando maior frequência na anormalidade caracterizada como parte aérea ausente (62,2%), em relação ao Pb (41,9%) (Tabela 16).

Figura 8: Frequência de plântulas anormais de *C. lanatus*, após 120h de exposição a concentrações experimentais de metais pesados (Ni e Pb).

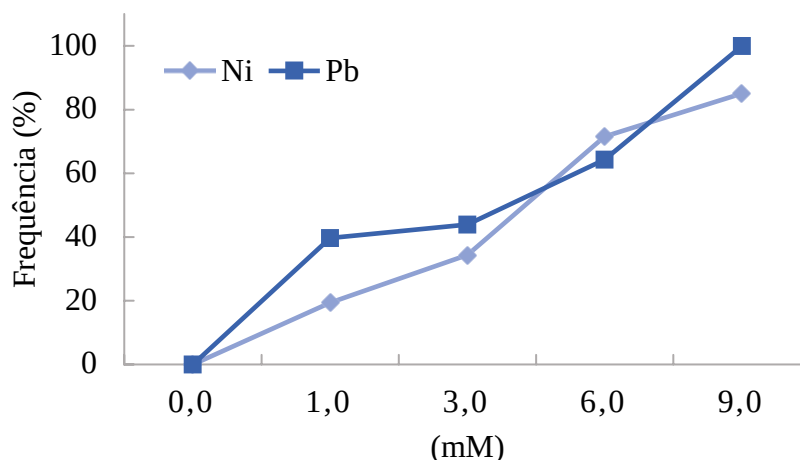


Tabela 16: Frequência de tipos de anormalidades (BRASIL, 2009) observadas em *C. lanatus*, expostas (120h) a concentrações experimentais de Ni e Pb.

Anormalidades	<i>C. lanatus</i>	
	Ni	Pb
Parte aérea ausente	62,2	41,9
Raiz primária atrofiada	20,2	30,4
Raiz primária fina e fraca	17,1	23,3
Raiz primária ausente	0,5	4,4

Os metais pesados podem causar anormalidades no processo de desenvolvimento da plântula, devido os efeitos tóxicos que o metal tende a exercer nas sementes após a germinação.

Anormalidades são descritas na literatura no desenvolvimento inicial de espécies agrícolas expostas a outros metais pesados, como o Cd, que favoreceu o surgimento de raiz primária atrofiada (51,4%) e raiz primária ausente (37,1%), em plântulas de *Triticum aestivum* (GUILHERME; OLIVEIRA; SILVA, 2015).

O Ni e Pb inibiram a gradativamente a produção de biomassa fresca e seca da parte aérea e da raiz de *C. lanatus* a partir da concentração 1,0 mM para ambos os metais exercendo efeitos mais tóxicos na concentração 9,0 mM, inibindo a produção de biomassa da parte aérea após exposição aos dois metais (Tabela 17 e 18).

Tabela 17: Biomassa (mg) fresca e seca da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após 120h de exposição a concentrações experimentais de Ni.

Ni (mM)	Biomassa fresca		Biomassa seca	
	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz
Controle	18,02 ± 0,70 ^a	2,25 ± 0,12 ^a	1,55 ± 0,07 ^a	0,27 ± 0,03 ^a
1,0	13,32 ± 1,27 ^b	1,78 ± 0,08 ^a	1,22 ± 0,09 ^a	0,23 ± 0,03 ^a
3,0	1,45 ± 0,14 ^a	1,36 ± 0,09 ^a	0,20 ± 0,01 ^b	0,16 ± 0,02 ^a
6,0	0,67 ± 0,07 ^b	0,73 ± 0,05 ^b	0,13 ± 0,01 ^c	0,12 ± 0,02 ^a
9,0	*	0,85 ± 0,03 ^b	*	0,13 ± 0,01 ^a

*Parte aérea não emergiu. Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Tabela 18: Biomassa (mg) fresca e seca da parte aérea e raiz de *C. lanatus*, após 120h de exposição a concentrações experimentais de Pb.

Pb (mM)	Biomassa fresca		Biomassa seca	
	Parte Aérea	Raiz	Parte Aérea	Raiz
Controle	17,69 ± 1,27 ^a	2,29 ± 0,18 ^a	1,46 ± 0,09 ^a	0,23 ± 0,03 ^a
1,0	2,11 ± 0,31 ^b	1,00 ± 0,06 ^b	0,22 ± 0,01 ^b	0,15 ± 0,01 ^a
3,0	2,05 ± 0,12 ^b	1,12 ± 0,17 ^b	0,21 ± 0,02 ^b	0,10 ± 0,02 ^a
6,0	1,16 ± 0,03 ^c	0,50 ± 0,02 ^c	0,12 ± 0,02 ^b	0,08 ± 0,03 ^a
9,0	*	0,78 ± 0,07 ^c	*	0,06 ± 0,01 ^a

*Parte aérea não emergiu. Os dados representam a média ± desvio padrão de três placas para cada concentração.

Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indica valores médios estatisticamente diferentes, segundo o teste ANOVA, seguido do teste de Tukey ou teste de Kruskal Wallis, seguido do teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Efeitos tóxicos similares foram descritos por Yongsheng; Qihui e Qian (2011) avaliando a influência de Pb no solo em *Camellia sinensis* L. com concentrações acima de 800 mg kg⁻¹, concluindo que houve redução da biomassa fresca e seca da parte aérea e da raiz da espécie estudada. Em *Peganum harmala* L. essa redução ocorreu a partir da exposição a 5 ppm de Pb para a raiz e parte aérea (MAHDAVIAN; GHADERIAN; SCHAT, 2016).

Em espécies consumidas na alimentação humana, como cenoura (*Daucos carota*) e quiabo (*Abelmoschus esculentus*), a interferência do Pb (50 mg kg⁻¹) na produção da biomassa fresca e seca foi maior na raiz (LIMA et al., 2013).

Dados reportados por Berton et al., (2016) evidenciaram que em concentrações de 2,3 mg kg⁻¹, as plântulas de *P. vulgaris*, tendem a ter o acúmulo do metal na biomassa fresca das sementes e, por essas sementes serem consumidas na alimentação, torna-se um grave problema, representando riscos à saúde humana.

A contaminação de solo e água por metais pesados são prejudiciais ao desenvolvimento de grande parte das plantas, especialmente, aquelas com potencial agrícola, representando risco a saúde humana e a produtividade quando existe uso de agroquímicos, na agricultura, como fertilizantes de fosfatados.

Elementos químicos com potencial tóxico podem ser utilizados de forma indiscriminada na composição dos fertilizantes, variando de região para região, e por isso, os riscos ainda são pouco conhecidos (JIAO et al., 2012). Esses fertilizantes podem conter metais pesados, se forem a base de fosfato (AHMAD; NAJEEB; ZIA, 2015), ou possuir compostos de fósforo e potássio (SURRIYA et al., 2015).

A pesquisa desenvolvida por El-Taher e Althoyaib (2012), analisou a composição de 20 tipos diferentes de fertilizantes de fosfato, sendo identificado a presença média de pelo menos cinco metais pesados: Cr ($322,6 \text{ mg kg}^{-1}$), Ni ($69,3 \text{ mg kg}^{-1}$), Cd ($32,2 \text{ mg kg}^{-1}$), Pb ($22,8 \text{ mg kg}^{-1}$) e Co ($15,5 \text{ mg kg}^{-1}$). Nos solos agrícolas, a presença de metais pesados compromete a produção e a qualidade dos cultivos, em virtude do seu potencial de bioacumulação (KAMRAN et al., 2016),

O uso desses elementos químicos de forma indiscriminada pelos agricultores se constitui um problema ambiental, tendo em vista que a acumulação desses metais no solo pode ser proveniente ainda da água utilizada para a irrigação, que pode conter elevadas concentrações desses metais.

A contaminação do ecossistema por metais pesados é um problema decorrente de atividades antrópicas que tem determinado riscos a agricultura, por meio do uso da água e solo contaminados para irrigação e plantio, respectivamente.

CONCLUSÃO

É veemente a necessidade de ações locais visando a conservação e preservação do Rio Piancó, além disso, a Educação Ambiental pode sensibilizar os agricultores em atitudes de cuidado com o rio e, por meio da Agroecologia é possível que os métodos de produção se tornem mais sustentáveis e menos degradantes.

Ações de Educação de Ambiental com os agricultores são necessárias, visando melhores práticas agrícolas e consequentemente uma minimização da contaminação do solo e do rio por metais e agrotóxicos.

Os parâmetros físicos químicos analisados, em grande maioria, estão de acordo com o que determina a resolução N° 375/2005 do CONAMA para os dois pontos de coleta de água e, embora o Rio Piancó receba grande carga de efluentes domésticos e resíduos urbanos, a água do rio não reportou efeitos genotóxicos nas células meristemáticas de *A. cepa*.

Entretanto, foi observado que a água do rio favoreceu o surgimento de anormalidades para as três espécies agrícolas estudadas a partir da diluição em 75,0%, reduzindo a germinação, e crescimento e biomassa fresca da raiz de plântulas de *Z. mays*, quando expostas a água do rio concentrada. Apenas o IVG de *P. vulgaris* não foi reduzido após entrar em contato com a água do Rio Piancó.

Os dados reportaram que mesmo em pequenas concentrações, a disponibilidade de metais pesados, como o Ni e Pb são tóxicos para *C. lanatus*, reduzindo a germinação, IVG, crescimento da parte aérea e da raiz, biomassa fresca e seca das plântulas e promovendo o aumento do TMG, a partir da concentração 1,0 mM analisada para ambos os metais.

O Pb teve efeitos mais tóxicos nas plântulas de *C. lanatus*, apresentando TMG e anormalidades mais elevados em relação as concentrações de Ni.

Dessa forma, é necessário que exista o tratamento de efluentes na região, como também a despoluição do Rio Piancó para evitar que os efeitos tóxicos causados pelos poluentes aumentem, assim como, sejam acumulados no solo pela irrigação.

Essa pesquisa fornece diagnóstico das vulnerabilidades presentes na comunidade estudada e, pode servir de base para que órgãos públicos e organizações sociais possam atuar na área visando minimizar e/ou solucionar os problemas socioambientais da região identificados com os resultados desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 45-56, 2017.
- AGUIRRE, C. E. D.; JUINIOR, L. M.; A.; FRAGOSO, D. F. M.; ATAÍDE, J.; O.; ACEVEDO, A. C. T.; et al. Atividade insetida de *Nicotiana tabacum* e *Azadirachta indica* sobre *Helicoverpa armigera* Hubner, 1908 (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Univap**, v. 22, n. 40. 2016.
- AHMAD, W.; NAJEEB, U.; ZIA, M. H. Soil Contamination with Metals: Sources, Types and Implications. **Soil Remediation and Plants**, p. 37-61, 2015.
- ALBERTINI, S.; CARMO, L. F.; FILHO, L. G. P. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Food Science and Technology**, v. 27, n.1, 113-118, 2007.
- ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M. A. Phytoremediation of heavy metals - Concepts and applications. **Chemosphere**, v. 91, p. 869-881, 2013.
- ALMEIDA, P. G.; REINALDO, L. R. L. R.; ALVES, L. S.; SOUSA, J. S.; MARACAJÁ, P. B.; WANDERLEY, J. A. C. SANTOS, D. P. Impactos ambientais causados pela agricultura e a pecuária nas propriedades São João e Areia Branca, Pombal – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 34-63, 2010.
- AL-QAHTANI, K. M. Water purification using different waste fruit cortexes for the removal of heavy metals. **Journal of Taibah University for Science**, v. 10, p. 700-708, 2016.
- ALTHAUS, D.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; SILVA, K. J.; BISSANI, C. A.; FELISBERTO, R. Natural Fertility and Metals Contents in Soils of Rio Grande do Sul (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, p. 1-15, 2018.
- AMIM, R. T.; FREITAS, S. P.; FREITAS, I. L. J.; SCARSO, M. F. Banco de sementes do solo após aplicação de herbicidas pré-emergentes durante quatro safras de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 10, p. 1710-1719, 2016.
- ANA, **Agência Nacional de Águas**. 2018. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA>>. Acesso em: 12 de abril de 2018.
- ANDRADE, A. A. X.; SOARES, E. M. B.; CUNHA, D. A.; OLIVEIRA, M. L. R. Riscos e incertezas: a realidade pós-extração do minério de chumbo em Boquira, BA. **Interações**, v. 18, n. 1, p. 103-117, 2017.
- ANDRADE, C. M.; BENTO, I. C.; GUIMARÃES, A. R.; OLIVEIRA, I. C. Educação Ambiental emancipatória: Desafios da prática docente no contexto escolar. **Educação Ambiental em Ação**, n. 55, p. 2278, 2016.

ANDRADE, M. G.; MELO, V. F.; GABARDO, J.; SOUZA, L. C. P.; REISSMANN, C. B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. I – fitoextração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1879-1888, 2009.

ANDRADE, S. O.; CRISPIM, D. L.; SOUSA, M. A.; CHAVES, A. D. C. G.; MARACAJÁ, P. B. Análise espacial da qualidade microbiológica das águas do rio Piancó no trecho Coremas-Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 157-161, 2015.

ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana**, n. 2, p. 95-107, 2010.

ANTONIOLLI, Z. I.; REDIN, M.; SOUZA, E. L.; POCOJESK, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, 2013.

ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2018). Regularização de Produtos – Agrotóxicos. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/reavaliacao-de-agrotoxicos>>. Acesso em 28 de Jun de 2018.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & Sociedade**, n. 1, p. 137-150, 2007.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAÚJO, I. M. M.; OLIVEIRA, A. G. R. C. Agronegócio e Agrotóxicos: Impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no Nordeste Brasileiro. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15, n. 1, p. 117-129, 2017.

ARAUJO, M. L. M. N.; REINALDO, L. R. L. R.; SOUSA, J. S.; ALMEIDA, P. G.; ALVES, L. S.; WANDERLEY, J. A. C. Impactos ambientais nas margens do Rio Piancó causados pela agropecuária. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 4, n.1, p. 13-33, 2010.

ARAÚJO, W. L.; OLIVEIRA, A. G.; FERREIRA, A. P. N.; SOUSA, F. S.; ANDRADE, A. B. A. Manejo de pragas no controle de doenças no cultivo de hortícolas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 43- 50, 2015.

ARGUMEDO, C. D. Metales pesados (Cd, Cu, V, Pb) em agua lluvia de la zona de mayor influencia de la mina de carbón en La Guajira, Colombia. **Revista Colombiana de Química**, v. 46, n. 2, p. 37-44, 2017.

AYOTUNDE, E. O.; OFFEM, B. O.; ADA, F. B. Heavy metal profile of water, sediment and freshwater cat fish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Siluriformes: Bagridae), of Cross River, Nigeria. **Revista de Biologia Tropical**, v. 60, n. 3, p. 1289-1301, 2012.

BAE, J.; BENOIT, D. L.; WATSON, A. K. Effect of heavy metals on seed germination and seedling growth of common ragweed and roadside ground cover legumes. **Environmental Pollution**, v. 213, p. 112-118, 2016.

BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental. 4ª ed. **Brookman**, 2011. 844p.

BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. **Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.

BARATA-SILVA, C.; SANTOS, T. P.; GOUVÊA, A. V.; LARENTIS, A. L.; MOREIRA, J. C.; SARCINELLIA, P. N. Adaptação da metodologia de análise de metemoglobina como biomarcador de efeito da exposição ao agrotóxico diflubenzuron. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 533-537, 2015.

BARBOSA, P. J. F.; MENDONÇA, J. C. A.; CASAROTTO, E. L.; MACHADO, R. R.; ALMEIDA, V. L.; FILHO, V. A. V. A importância da diversificação agrícola como complemento na renda familiar na região de Manhuaçu – MG. **Centro de Ciências Economia e Informática**, v. 20, n. 35, p. 1-11, 2016.

BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALÁCIO, H. A. Q.; LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 588–593, 2011.

BATISTA, A. A.; SANTOS, J. A. G.; BOMFIM, M. R.; MOREIRA, F. M.; LEAL, E. F.; CONCEIÇÃO, J. N. Induced changes in the growth of four plant species due to lead toxicity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 5, p. 327-332, 2017.

BAUER, M. A. L.; MESQUITA, Z. Organizações sociais e agroecologia: construção de identidades e transformações sociais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 48, n. 3, p. 23-34, 2008.

BERNARDES, M. B. J.; MATOS, P. F.; NEHME, V. G. F. Educação Ambiental e Agroecologia nas Escolas do Campo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, p. 436-447, 2013.

BERTI, A. P.; DÜSMAN, E.; SOARES, L. C.; GRASSI, L. E. A. Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleo e agrotóxicos. **Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, p. 45-51, 2009.

BERTON, R. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, S. A. L.; ABREU, C. A.; AMBROSANO, E. J.; SILVEIRA, A. P. D. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 8, p. 1305-1312, 2006.

BEZERRA, G. J.; SCHLINDWEIN, M. M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. **Revista Interações**, v. 18, n. 1, p. 3-15, 2017.

BING, H.; WU, Y.; ZHOU, J.; LI, R.; WANG, J. Historical trends of anthropogenic metals in Eastern Tibetan Plateau as reconstructed from alpine lake sediments over the last century. **Chemosphere**, v. 148, p. 211-219, 2016.

BOGDANOV, N. A.; PARANINA, A. N.; PARANIN, R. Danger of Pollution of the Water Area due to the Peculiarities of the Coastal Dynamics of the Temryuk Gulf of the Azov Sea.

International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, v. 12, n. 1, p. 167-172, 2018.

BORGES, K. S. C.; D'AVILA, R. C.; CAMPOS, M. L.; COELHO, C. M. M.; MIQUELLUTI, D. J.; GALVAM, N. S. Germinação e desenvolvimento inicial da *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* em exposição de cádmio, chumbo e cobre. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 335-343, 2016.

BORSATTO, R. S.; CARMO, M. S. Agroecologia e sua epistemologia. **Intersciencia**, v. 37, n. 9, p. 711-716, 2012.

BRASIL, **Ministério do Desenvolvimento Agrário**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/agricultura-familiar-produz-70-dos-alimentos-consumidos-por-brasileiro>>. Acesso em: 27 de abril de 2018.

BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente**. Agrotóxicos, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 28 de Jun de 2018.

BRASIL, **Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica**. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7794.htm>. Acesso em: 12 de abril de 2018.

BRASIL, Regra para Análises de Sementes. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Brasília, 2009. 398p.

BRASIL. Decreto número 28.687, de 11 de fevereiro de 1982. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n.18, 1982.

BRASIL. Decreto número 4074, de 4 de Janeiro de 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074.htm>. Acesso em: 28 de Jun de 2018.

BRASIL. Lei 6.938/81 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8028.htm>. Acesso em: 28 de Jun de 2018.

BRASIL. Lei 7.802, de 11 de Julho de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7802.htm>. Acesso em: 28 de Jun de 2018.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 27 de março de 2018.

BUCK, S.; MARIN, A. A. Educação para pensar questões socioambientais e qualidade de vida. **Educar**, n. 25, p. 197-212, 2005.

BUTINOF, M.; FERNANDEZ, R. A.; STIMOLO, M. I.; LANTIERI, M. J.; BLANCO, M.; MACHADO, A. L.; FRANCHINI, G.; DÍAZ, M. D. P. Pesticide exposure and health conditions of terrestrial pesticide applicators in Córdoba Province, Argentina. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 3, p. 633-646, 2015.

- CAMPANHARO, M.; MONNERAT, P. H.; ESPINDULA, M. C.; SOUZA, W. R. Resposta do feijoeiro “princesa” cultivado em argissolo e neossolo à aplicação de níquel. **Interciencia**, v. 38, n. 6, p. 465-470, 2013.
- CAMPOS, C. J. G.; TURATO, E. R. A análise de conteúdo em pesquisas que utilizam metodologia clínicoqualitativa: aplicação e perspectivas. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 17, n. 2, p. 1-6, 2009.
- CARVALHO, I. C. M. Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico. 4º ed. **Cortez Editora**, 2008. 256p.
- CARVALHO, I. C. M. Qual educação ambiental? Elementos para um debate sobre educação ambiental e extensão rural. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 43-51, 2001.
- CARVALHO, M. M. X.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. “Defensivos” ou “agrotóxicos”? História do uso e da percepção dos agrotóxicos no estado de Santa Catarina, Brasil, 1950-2002. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 24, n. 1, p. 75-91, 2017.
- CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2, p. 135-149, 2003.
- CASTRO, V. L. S. S. Uso de Misturas de Agrotóxicos na Agricultura e Suas Implicações Toxicológicas na Saúde. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 4, n. 1-3, p. 87-94, 2009.
- CHAPOLA, R. G.; OGASAWARA, G. A.; JANS, B.; JUNIOR, N. S. M. Controle da podridão abacaxi da cana-de-açúcar por meio da pulverização de fungicidas em rebolos no sulco de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 197-202, 2014.
- CHAVES, A. D. C. G.; ALMEIDA, R. R. P.; CRISPIM, D. L.; SILVA, F. T.; FERREIRA, C. F. Monitoramento e qualidade das águas do Rio Piranhas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 160-164, 2015.
- CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecimento das condições e padrões de lançamento de efluentes e outras providências, Brasília, p. 58-63, 2005.
- COSTA, C. C.; MAROTI, P. S. Percepção ambiental e estudo do meio como ferramentas de educação ambiental formal. **Educação Ambiental em Ação**, n. 45, p. 1614, 2013.
- COX, C.; JIN, L.; GANJEGUNTE, G.; BORROK, D.; LOUGHEED, MA, L. Soil quality changes due to flood irrigation in agricultural fields along the Rio Grande in western Texas. **Applied Geochemistry**, v. 90, p. 87-100, 2018.
- CRISPIM, D. L.; ISMAEL, L. L.; SOUSA, T. M. I.; GARRIDO, J. W. A.; QUEIROZ, M. M. F. Transporte e Caracterização de Sedimentos de fundo do Rio Piranhas em uma seção de controle próximo à sede do município de Pombal-PB. **Revista HOLOS**, v. 3, p. 93-101, 2015.

CRISTALDI, A.; CONTI, G. O.; JHO, E. H.; ZUCCARELLO, P.; GRASSO, A.; COPAT, C.; FERRANTE, M. Phytoremediation of contaminated soils by heavy metal and PAHs. A brief review. **Environmental Technology & Innovation**, v. 8, p. 309-326, 2017.

CURADO, A. L.; OLIVEIRA, C. C.; COSTA, W. R.; ANHÊ, A. C. B. M.; SENHUK, A. P. M. S. Urban influence on the water quality of the Uberaba River basin: an ecotoxicological assessment. **Ambiente & Água**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2018.

DELLA VECHIA, J. F.; CRUZ, C.; SILVA, A. F.; CERVEIRA JR, W. R.; GARLICH, N. Macrophyte bioassay applications for monitoring pesticides in the aquatic environment. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 587-603, 2016.

DORIA, H. B.; VOIGT, C. L.; CAMPOS, S. X.; RANDI, M. A. F. Metal pollution assessment in a Brazilian hydroelectric reservoir: *Geophagus brasiliensis* as a suitable bioindicator organism. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 4, p. 575-590, 2017.

DUARTE, R. G.; BASTOS, A. T.; SENA, A. P.; OLIVEIRA, F. C. Educação Ambiental na convivência com o semiárido: ações desenvolvidas pela Secretaria de Educação do Estado do Ceará. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2015.

DZIEKANIAK, C. V.; ARIZA, L. G. A.; FREITAS, J. V. As salas verdes e a formação de educadores (as) ambientais no Brasil. **Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnología**, n. 41, p. 73-86, 2017.

EL-TAHER, A.; ALTHOYAIB, S. S. Natural radioactivity levels and heavy metals in chemical and organic fertilizers used in Kingdom of Saudi Arabia. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 70, p. 290-295, 2012.

EMBRAPA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1671932/embrapa-mostra-aimportancia-do-manejo-integrado-de-pragas-na-agrishow>>. Acesso em: 30 de Jun de 2018.

FARIA, N. M. X.; FASSA, A. G.; FACCHINI, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 25-38, 2007.

FERNANDES, J. M. Plantas com potencial de uso no controle de pragas em plantas medicinais: alternativas de uso e conservação dos recursos vegetais. **Educação Ambiental em Ação**, n. 19, p. 442, 2006.

FERREIRA, P. M. L.; QUEIROZ, M. M. F.; COSTA, F. F.; MEDEIROS, M.; GARRIDO, J. W. A. Determinação do Índice De Estado Trófico para fósforo das águas do Rio Piancó Piranhas Açu no Município de Pombal – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 95-101, 2014.

FILHO, M. M.; RESENDE, F. V.; VIDAL, M. C.; GUIMARÃES, J. A.; MOURA, A. P.; SILVA, P. S.; REYES, C. P. Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica. Brasília: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2013. 16p.

FISCHER, M. L.; CUNHA, T. R.; ROSANELI, C. F.; MOLINARI, R. B.; SGANZERLA, A. Crise hídrica em publicações científicas: olhares para a bioética ambiental. **Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 586-600, 2016.

FREITAS, E. V. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOULART, D. F.; SILVA, J. P. S. Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p. 1899-1907, 2009.

GALLO, E.; SETTI, A. F. F.; MAGALHÃES, D. P.; MACHADO, J. M. H.; BUSS, D. F.; NETTO, F. A. F.; BUSS, P. M. Saúde e economia verde: desafios para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1457-1468, 2012.

GARCIA, L. C.; SAVIOLI, G. I.; GREGÓRIO, L. G.; FERREIRA, L. J.; MENDES, M. T.; et al. Características físico-químicas e tóxicas do Triticonazol. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 9, n. 3, p. 36-49, 2016.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

GHOSH, M.; SINGH, S. P. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2005.

GOMES, J. V.; TEIXEIRA, J. T. S.; LIMA, V. M.; BORBA, H. R. Induction of cytotoxic and genotoxic effects of Guandu River waters in the *Allium cepa* system. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 48-58, 2015.

GONÇALVES, B. V.; GOMES, L. J. Percepção ambiental de produtores rurais na recuperação florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim – Sergipe. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 127-138, 2014.

GONRING A. H. R.; PICANÇO, M. C.; LEITE, G. L. D.; SUINAGA, F. A.; ZANUNCIO, J. C. Seletividade de inseticidas a *Podisus rostralis* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 263- 268, 2003.

GUERRA, M. Hematoxylin: a simple, multiple-use dye for chromosome analysis. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 1, p. 77-80, 1999.

GUILHERME, M. F. S.; OLIVEIRA, H. M.; SILVA, E. Cadmium toxicity on seed germination and seedling growth of wheat *Triticum aestivum*. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, p. 499-504, 2015.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso em 20 de abril de 2018.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251210&search=||infográfico%3A-informações-completas>>. Acesso em 17 de abril de 2018.

- IGLESIAS, C. S. M.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F. Efeito da natureza do eletrólito e da força iônica na energia livre da reação de adsorção de níquel em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 897-903, 2007.
- IQBAL, M. Vicia faba bioassay for environmental toxicity monitoring: A review. **Chemosphere**, v. 144, p. 785-802, 2016.
- JÄRUP, L. Hazards of heavy metal contamination. **British Medical Bulletin**, v. 68, 167-182, 2003.
- JESUS, L. D. F.; MOREIRA, M. F. R.; AZEVEDO, S. V.; BORGES, R. M.; GOMES, R. A. A.; BERGAMINI, F. P. B.; TEIXEIRA, L. R. Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 2, p. 1-13, 2018.
- JIAO, W.; CHEN, W.; CHANG, A. C.; PAGE, A. L. Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: A review. **Environmental Polluitor**, v. 168, p. 44-53, 2012.
- JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M. D.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolécita - influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético. 3ª ed. **Artmed**, 2009. 632p.
- JÚNIOR, A. S. A.; SILVA, E. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no semi-árido piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 873-880, 2006.
- KAMRAN, M. A.; EQANI, S. A. M. A. S.; BIBI, S.; XU, R.; MONIS, M. F. H.; KATSOYIANNIS, A.; BOKHARI, H.; CHAUDHARY, H. Bioaccumulation of nickel by *E. sativa* and role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) under nickel stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 126, p. 256-263, 2016.
- KOTAPATI, K. V.; PALAKA, B. K.; AMPASALA, D. R. Alleviation of nickel toxicity in finger millet (*Eleusine coracana* L.) germinating seedlings by exogenous application of salicylic acid and nitric oxide. **The Crop Journal**, v. 5, p. 240-250, 2017.
- LACERDA, E. K. G.; SILVA, E.; MEDEIROS, R. S. Socio-environmental and microbiological assessment of the river Piancó, Pombal, Brazil. **Acta Scientiarum**, v. 38, n. 2, p. 187-194, 2016.
- LEMONS, H. M.; MUSAFIR, R. E. Poluição do solo. 2014. Disponível em: <http://www.mecanicaufrrj.educacao.ws/util/b2evolution/media/blogs/ricardo/Apost_Pol_Solo_s_HML_REM-2014.pdf>.
- LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2010. 216 p.

LIMA, F. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ACCIOLY, A. M. A.; SOUSA, C. S.; FILHO, F. F. C. Bioconcentração de chumbo e micronutrientes em hortaliças cultivadas em solo contaminado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 2, p. 234-241, 2013.

LUZ, B. R.; STAGGEMEIER, R.; FRATTA, L. X. S.; LONGO, L.; SCHUTZ, R.; SOLIMAN, M. C.; KLUGE, M.; FABRES, R. B.; SCHENKEL, G. C.; BRUNI, F. P.; FLECK, J. D.; PICOLI, S. U.; SPILKI, F. R. Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guaraní, município de Ivoti, RS. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 5, p. 871-880, 2017.

LUZZARDI, R. E. S. Resistência e modos de subjetividades dos agricultores familiares: o processo da substituição da bataticultura pelo fumo em São Lourenço do Sul-RS. **Educação Ambiental em Ação**, n. 45, p. 1597, 2013.

Maguire, J. Speed of germination aid in selection and evolution for seedling and vigour. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MAHAR, A.; WANG, P.; ALI, A.; AWASTHI, M. K.; LAHORI, A. H.; WANG, Q.; LI, R.; ZHANG, Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 126, p. 11-121, 2016.

MAHDAVIAN, K.; GHADERIAN, S. M.; SCHAT, H. Pb accumulation, Pb tolerance, antioxidants, thiols, and organic acids in metallicolous and non-metallicolous *Peganum harmala* L. under Pb exposure. **Environmental and Experimental Botany**, v. 126, p. 21-31, 2016.

MARANHO, L. A.; BOTELHO, R. G.; NOGUEIRA, L. A.; TORNISIELO, V. L. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Samambaia (São Pedro, São Paulo, Brasil) através de parâmetros físicos e químicos, índice de estado trófico e teste de toxicidade com *Daphnia magna*. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 195-201, 2017.

MARÇAL, D. A.; SILVA, C. E. Avaliação do impacto do efluente da estação de tratamento de esgoto ETE-Pirajá sobre o Rio Parnaíba, Teresina (PI). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 761-772, 2017.

MARCHETTI, M.; LUCHINI, L. C. Sorção/dessorção e mineralização do inseticida acefato em solo. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 14, p. 61-72, 2004.

MARCHIORETTO, L. R.; MAGRO, T. D. Weed control and crop selectivity of post-emergence herbicides in common beans. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1-6, 2017.

MARCON, L.; FILHO, P. B. S.; LOPES, D. S.; MOUNTEER, A. H.; BENJAMIN, L. A. O inseticida Thiodan® sobre o desenvolvimento folicular de lambaris. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2245-2251, 2014.

MARIN, A. A. Pesquisa em educação ambiental e percepção ambiental. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 203-222, 2008.

MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, p. 433-460, 2015.

MAURYA, P. K.; YADAV, L. M.; THKUR, G.; PATEL, P. Effect of micronutrient application on growth and yield of kharif onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 7, n. 3, p. 601-608, 2018.

MEDEIROS, S. R. M.; CARVALHO, R. G.; SOUZA, L.; BARBOSA, A. H. S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 711-730, 2016.

MELO, C. A. D.; MEDEIROS, W. N.; TUFFI SANTOS, L. D.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, G. L.; et al. Efeito residual de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen em três solos. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 835-842, 2010.

MIL-HOMENS, M.; COSTA, A. M.; FONSECA, S.; TRANCOSO, M. A.; LOPES, C.; SERRANO, R.; SOUSA, R. Natural heavy metal and metalloid concentrations in sediments of the Minho River estuary (Portugal): baseline values for environmental studies. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 5937–5950, 2013.

MONTEIRO, A. L. N.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G.; SANTOS, F. X. Avaliação de lavagem parcial de sais em neossolo flúvico irrigado, utilizando modelagem computacional. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 207-220, 2009.

NETO, O. N. S.; FILHO, J. A.; DIAS, N. S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A.; DINIZ, A. A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 200-208, 2012.

NIERO, R. Eficácia dos fungicidas no controle de doenças de final de ciclo (DFC) da soja. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 5, n. 1, p. 19-25, 2007.

NÖRNBERG, S. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E.; VALGAS, R. A.; OZELAME, A. L. Residual effects of pesticides in peach orchards on the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, p. 1-8, 2016.

NUNES, J. V. D.; SIMÕES, D. M. Relevância de se trabalhar o uso consciente de agrotóxicos no curso de graduação em agronomia. **Educação Ambiental em Ação**, n. 42, p. 1375, 2012.

OLIVEIRA, B. V.; JACOBUECCI, D. F. C.; JACOBUECCI, G. B. Levantamento da produção acadêmica em Educação Ambiental da Universidade Federal de Uberlândia. **Educação Ambiental em Ação**, n. 26, p. 652, 2008.

OLIVEIRA, J. B.; FEITOSA, A. A. F. M. A. A Educação Ambiental e a constituição de escolas sustentáveis. **Educação Ambiental em Ação**, n. 59, p. 2685, 2017.

OLIVEIRA, J. L. S.; SOUSA, C. A. A.; PALMEIRA, M. C.; SANTOS, T. M. M.; SILVA, E. Percepção ambiental de agricultores sobre uso sustentável do solo e os recursos hídricos do Rio Piancó, Pombal, Paraíba. **Educação Ambiental em Ação**, n. 65, p. 3338, 2018.

OLIVEIRA, K. A.; CORONA, H. M. P. A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 1, n. 1, p. 53-72, 2008.

OLIVEIRA, R. M. M.; SANTOS, E. V.; LIMA, K. C. Avaliação da qualidade da água do riacho São Caetano, de Balsas (MA), com base em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 523-530, 2017.

OLIVEIRA-JUNIOR, R. R.; CONSTANTIN J.; INOUE, M. H. Biologia e Manejo de Plantas Daninhas. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 348. Disponível em: <<http://omnipax.com.br/livros/2011/BMPD/BMPD-livro.pdf>>.

OTERO, N.; VITÒRIA, L.; SOLER, A.; CANALS, A. Fertiliser characterisation: Major, trace and rare earth elements. **Applied Geochemistry**, n. 20, p. 1473-1488, 2005.

PALÁCIO, H. A. Q.; NETO, J. R. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; CHAVES, L. C. G. Similaridade e fatores determinantes na salinidade das águas superficiais do Ceará, por técnicas multivariadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 395-402, 2011.

PARLAK, K. U. Effect of nickel on growth and biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 76, p. 1-5, 2016.

PEDRO, R.; DUTRA, R. C. L.; MORAES, J. J.; DINIZ, M. F.; MATTOS, E. C. Análise por FT-IR (UATR e PAS) de Microbicidas em Filmes Poliméricos de Tintas Comerciais. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, v. 24, n. 2, p. 214-221, 2014.

PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015.

PEREIRA, M. P.; PEREIRA, F. J.; RODRIGUES, L. C. A.; BARBOSA, S.; CASTRO, E. M. Fitotoxicidade do chumbo na germinação e crescimento inicial de alface em função da anatomia radicular e ciclo celular. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 1, p. 36-43, 2013.

PEREIRA, V. A.; GIBBON C. A. A Educação Ambiental No Ensino: Investigando As Abordagens, Percepções e Desafios na Realidade de uma Escola Pública em Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 376-394, 2014.

PERES, F.; MOREIRA, J. C.; DUBOIS, G. S. Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema. [in] PERES, F.; MOREIRA, J. C. (Orgs.). *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2003. p. 21- 41. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/sg3mt/pdf/peres-9788575413173.pdf>>.

PICOLOTTO, E. L.; BREMM, C. Ecologização na Agricultura Familiar, feiras e produtos artesanais na região Central do Rio Grande do Sul. **Política & Sociedade**, v. 15, p. 104-130, 2016.

PIERANGUELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; ANDERSON, S. J.; LIMA, J. M. Adsorção e dessorção de cádmio, cobre e chumbo por amostras de latossolos pré-tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 377-384, 2004.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3281-3293, 2017.

PRASAD, M. N. V. Nickelophilous plants and their significance in phytotechnologies. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 1, p. 113-128, 2005.

QUEIROZ, N. T. O conhecimento agroecológico como ferramenta para o desenvolvimento sustentável. **Educação Ambiental em Ação**, n. 58, p. 2547, 2016.

RADUNZ, A. L.; BARREIRO, C. B.; RADUNZ, A. F. O. Aspectos educacionais de promoção ao desenvolvimento da agricultura familiar frente ações desenvolvidas pelo CAPA em São Lourenço do Sul. **Educação Ambiental em Ação**, n. 60, p. 2722, 2017.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da Bacia Hidrográfica de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, 2000.

RAMPAZZO, L. S.; BLUM, L. E. B. Reação de cultivares de soja à mancha parda sob diferentes técnicas de manejo. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 115-123, 2014.

RIBEIRO, E. S.; PEREIRA, M. P.; CASTRO, E. M.; BARONI, G. R.; CORRÊA, F. F.; PEREIRA, F. J. Relações da anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 6, p. 605-612, 2015.

RODRIGUES, C. M.; SUCHORONCZEK, A.; BROZOSKI, F.; PONTAROLO, E.; KATAOKA, A. M. A Educação Ambiental na relação consumidor-produtor da agricultura familiar. **Educação Ambiental em Ação**, n. 61, p. 2853, 2017.

RODRIGUES, N. R. Agrotóxicos: Análises de Resíduos e Monitoramento. *Revista Multiciência*. Campinas, n. 7, 2006. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/intro_07.htm>.

RODRÍGUEZ, J. A.; PLAZA, G. Efecto de ácidos hidroxicarboxílicos en la biorregulación del estrés causado por herbicidas en el cultivo de tomate. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 10, n. 1, p. 66-79, 2016.

RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, T. J.; OJEDA-BARRIOS; D. L.; BLANCO-MACÍAS, F.; VALDEZ-CEPEDA, R. D.; PARRA-QUEZADA, R. Urease and nickel in plant physiology. **Revista Chapingo**, v. 22, n. 2, p. 69-81, 2016.

ROMEIRO, S.; LAGÔA, A. M. M. A.; FURLANI, P. R.; ABREU, C. A.; PEREIRA, B. F. F. Absorção de chumbo e potencial de fitorremediação de *Canavalia ensiformes* L. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 327-334, 2007.

SALAM, M. M. A.; KAIPAINEN, E.; MOHSIN, M.; VILLA, A.; KUITTINEN, S.; PULKKINEN, P.; PELKONEN, P.; MEHTATALO, L.; PAPPINEN, A. Effects of contaminated soil on the growth performance of young *Salix* (*Salix schwerinii* E. L. Wolf) and the potential for phytoremediation of heavy metals. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 467-477, 2016.

SANTOS, B. B.; ARAGÃO, G. M. O. Agricultura limpa através da Educação Ambiental e alimentar na Escola Municipal Comendador Cortez, município de Parnaíba-PI. **Educação Ambiental em Ação**, n. 44, p. 1529, 2013.

SANTOS, C. A. B.; SILVA, A. P. M. Viabilidade do uso de inseticidas botânicos extraídos de plantas exóticas. **Educação Ambiental em Ação**, n. 54, p. 2241, 2015.

SANTOS, L. M. G.; NETO, S. A. V.; IOZZI, G.; JACOB, S. C. Arsenic, cadmium and lead concentrations in Yerba mate commercialized in Southern Brazil by inductively coupled plasma mass spectrometry. **Ciência Rural**, v. 47, n. 12, p. 2-6, 2017.

SANTOS, M. J. D.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; ARNAUD, D. K. L.; REIS, F. L. A. M. Horta escolar agroecológica: incentivadora da aprendizagem e de mudanças de hábitos alimentares no ensino fundamental. **Revista Holos**, v. 4, n. 30, 278-290, 2014.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 1-14, 2017.

SANTOS, T. M. M.; SILVA, I. S.; GUILHERME, M. F. S.; COSTA, V. F.; OLIVEIRA, H. M.; GUEDES, C. S.; SILVA, E. Pesquisas sobre agrotóxicos no contexto da Educação Ambiental. **Educação Ambiental em Ação**, n. 61, p. 2877, 2017.

SARWAR, N.; IMRAN, M.; SHAHEEN, M. R.; ISHAQUE, W.; KAMRAN, M. A.; MATLOOB, A.; REHIM, A.; HUSSAIN, S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. **Chemosphere**, v. 171, p. 710-721, 2017.

SCHREIBER, F.; AVILA, L. A.; SCHERNER, A.; GEHRKE, V. R.; AGOSTINETTO, D. Volatility of different formulations of clomazone herbicide. **Planta Daninha**, v. 33, n. 2, p. 315-321, 2015.

SHAHID, M.; PINELLI, E.; DUMAT, C. Review of Pb availability and toxicity to plants in relation with metal speciation; role of synthetic and natural organic ligands. **Journal of Hazardous Materials**, v. 219, p. 1-12, 2012.

SILVA, A. S.; RIBEIRO, L. S.; PAIVA, W.; MELO, M. C.; MONTEIRO, V. E. D. Avaliação do potencial tóxico dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB. **Revista Matéria**, v. 20, n. 4, p. 840-851, 2015.

SILVA, D. A.; MOREIRA, R. M. Turismo rural no Sítio Pontes: alternativa estratégica para o desenvolvimento rural. **Educação Ambiental em Ação**, n. 63, p. 3169, 2018.

SILVA, E.; GUILHERME, M. F.; OLIVEIRA, H.; VIANA, Z.; SANTOS, V. L. Caracterização morfológica e efeitos ecotoxicológicos do chumbo na germinação de sementes de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, p. 1-7, 2017b.

SILVA, E.; SANTOS, P. S.; GUILHERME, M. F. S. Lead in plants: a brief review of its effects, mechanisms toxicological and remediation. **Agrarian Academy**, v. 2, n. 3, p. 1-20, 2015.

SILVA, E.; SOUZA, N. F. A.; VIANA, Z. C. V.; MARINHO, P. S.; SANTOS, V. L. C. S. Concentração de metais em sedimentos da Lagoa do Parque Metropolitano de Pituaçu, Bahia/Brasil. **Revista Holos**, v. 4, n. 33, p. 159-170, 2017a.

SILVA, E.; VIANA, Z. C. V.; ONOFRE, C. R. E.; KORN, M. G. A.; SANTOS, V. L. C. S. Distribution of trace elements in tissues of shrimp species *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) from Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, p. 194-204, 2016b.

SILVA, E.; VIANA, Z. C. V.; SOUZA, N. F. A.; KORN, M. G. A.; SANTOS, V. L. C. S. Assessment of essential elements and chemical contaminants in thirteen fish species from the Bay Aratu, Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 4, p. 871-877, 2016a.

SILVA, L. M. F.; ARAÚJO, G. T.; SILVA, A. D. V.; JUNIOR, M. V.; CARVALHO, C. M. Levantamento dos agrotóxicos utilizados na horticultura no município de Ubajara-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 4, p. 280-285, 2011.

SILVA, M. F. O.; COSTA, L. M. A indústria de defensivos agrícolas. **Biblioteca Digital. BNDES Setorial**, v. 35, p. 233-276, 2012.

SILVA, N. F.; RUFFINO, P. H. P. Educação ambiental crítica para a conservação da biodiversidade da fauna silvestre: uma ação participativa junto ao Projeto Flor da Idade, Flor da Cidade (Itirapina-São Paulo). **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 97, n. 247, p. 637-656, 2016.

SILVA, R. L. M.; COSTA, A. G. F.; SOFIATTI, V. Seletividade do halosulfuron-methyl aplicado na dessecação antes da semeadura da cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 640-645, 2014.

SILVEIRA, G. A.; SARAN, L. M.; MELO, W. J.; ALVES, L. M. C. Farming and soil urban occupation in the water quality of Jaboticabal and Cerradinho streams. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 6, p. 633-646, 2016.

SILVEIRA, M. A. D.; RIBEIRO, D. L.; VIEIRA, G. M.; DEMARCO, N. R.; D'ARCE, L. P. G. Direct and Indirect Anthropogenic Contamination in Water Sources: Evaluation of Chromosomal Stability and Cytotoxicity Using the *Allium cepa* Test. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 100, p. 216-220, 2018.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 131-143, 2007.

SOBRAL, I. S. Meio Ambiente, Educação do Campo e Educação Ambiental. **Educação Ambiental em Ação**, n. 45, p. 1584, 2013.

SOBRINHO, R. S.; MOTA, E. F. Diagnóstico do conhecimento de agricultores de Palmeira em Beberibe – CE sobre o controle microbiológico. **Educação Ambiental em Ação**, n. 55, p. 2276, 2016.

SOBRINHO, R. S.; MOTA, E. F. Diagnóstico do conhecimento de agricultores de Palmeira em Beberibe-CE sobre o controle microbiológico. **Educação Ambiental em Ação**, n. 55, p. 2276, 2016.

SOUSA, T. M. I.; FERREIRA, P. M. L.; GARRIDO, J. W. A.; QUEIROZ, M. M. F.; SILVA, F. M. Qualidade ambiental da bacia do Rio Piancó Piranhas Açu. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 9, n. 4, p. 84-94, 2014.

SOUTO, P. C.; SOUSA, A. A.; SOUTO, J. S. Saber acadêmico *versus* saber popular: a literatura de cordel no ensino de práticas agrícolas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 97, n. 245, p. 195-212, 2016.

SOUZA, Â. R. L.; MACHADO, J. A. D.; DALCIN, D. Análise de estudos internacionais sobre os fatores que influenciam a decisão dos agricultores pela produção orgânica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 8, n. 3, p. 563-583, 2015.

SUESS, R. C.; BEZERRA, R. G.; SOBRINHO, H. C. Percepção ambiental de diferentes atores sociais sobre o Lago do Abreu em Formosa - GO. **Revista HOLOS**, n. 29, v. 6, p. 241-258, 2013.

SURRIYA, O.; SALEEM, S. S.; WAQAR, K.; KAZI, A. G. Phytoremediation of Soils: Prospects and Challenges. **Soil Remediation and Plants**, p. 1-36, 2015.

SYAM, N.; WARDIYATI, T.; MAGHFOER, M. D.; HANDAYANTO, E.; IBRAHIM, B.; MUCHDAR, A. Effect of Accumulator Plants on Growth and Nickel Accumulation of Soybean on Metal-Contaminated Soil. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 9, p. 13-19, 2016.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: Impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 2, n. 2, p. 21-42, 2005.

TORRES, I. A.; SILVA, T. M. F.; RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; COSTA, T. A.; SOTO-BLANCO, B.; MELO, M. M. Avaliação físico-química de amostras de água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 4, p. 773-780, 2017.

VALENZUELA, P. M.; MATUS, M. S.; ARAYA, G. I.; PARIS, E. Pediatria ambiental: um tema emergente. **Jornal de Pediatria**, v. 87, n. 2, p. 89-99, 2011.

VIERO, C. M.; CAMPONOGARA, S.; CEZAR-VAZ, M. R.; COSTA, V. Z.; BECK, C. L. C. Sociedade de risco: o uso dos agrotóxicos e implicações na saúde do trabalhador rural. **Escola Anna Nery**, v. 20, n. 1, p. 99-105, 2016.

WÓJCIK, M.; TUKIENDORF, A. Accumulation and tolerance of lead in two contrasting ecotypes of *Dianthus carthusianorum*. **Phytochemistry**, v. 100, p. 60-65, 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1990-1991. International Programme on Chemical Safety - IPCS. Document WHO/PCS/90.1 Rev1. Disponível em: . Acesso em: 16 de Jul de 2018.

YADAV, S. K. Heavy metals toxicity in plants: An overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. **South African Journal of Botany**, v. 76, p. 167–179, 2010.

YONGSHENG, W.; QIHUI, L.; QIAN, T. Effect of Pb on growth, accumulation and quality component of tea plant. **Procedia Engineering**, n. 18, p. 214-219, 2011.

ZACARIAS, E. F. J.; HIGUCHI, M. I. G. H. Relação pessoa-ambiente: caminhos para uma vida sustentável. **Revista Interações**, v. 18, n. 3, p. 121-129, 2017.

ZENG, Z.; GAO, D.; GOU, J.; LI, G.; WANG, H.; NAN, Z. Absorption of crops grown in loess improved by sludge for heavy metals Ni and Cd in the seedling stage. **Procedia Environmental Sciences**, v. 31, p. 698-706, 2016.

ZIMBA, M.; ZIMUDZI, C. Pesticide management practices among rural market gardening farmers near Harare, Zimbabwe. **South African Journal of Science**, v. 112, n. 9, p. 1-5, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário utilizado para entrevistas com agricultores sobre aspectos relacionados ao uso sustentável do solo e os recursos hídricos do Rio Piancó, Pombal, Paraíba.

Nome do entrevistado (a):	Sexo: () Feminino () Masculino	Idade:	Nome da Comunidade:
Nível de escolaridade: () Ensino Fundamental incompleto () Ensino Fundamental completo () Ensino médio incompleto () Ensino médio completo () Nível superior incompleto () nível superior completo			
Tempo que reside no local:		Número de pessoas que moram na casa:	
Quantas pessoas que moram na casa trabalham? Detalhar informações.			
Renda média mensal: () Até um salário mínimo () Até dois salários mínimos () Acima de dois salários mínimos			
É beneficiário de algum programa social do governo? Se sim, qual?			
A residência onde mora é própria? Possui terras no local? Qual a área?			

1. Você usa a água do Rio Piancó no seu cotidiano? Se sim, quais são os usos?	
2. Você sabe qual é órgão responsável por fiscalizar e proteger o Rio Piancó e a área ao entorno?	
3. Em sua vivência na região, você considera que o Rio Piancó mudou ao longo do tempo? Quais foram as principais mudanças?	
4. Na sua concepção, quais ações de recuperação e preservação do Rio Piancó poderiam ser desenvolvidas?	
5. Para onde vai o esgoto produzido na sua residência?	
6. Você faz uso de agrotóxicos na sua produção agrícola? Se sim, quais, e por quê? Com que frequência realiza esses usos? Tem alguma instrução para realizar esse uso? Onde compra?	
7. Você faz uso de alguma outra fonte alternativa de água, além da água do Rio Piancó, para atender suas necessidades? Quais? Quais os usos? Acredita que a qualidade da água dessa fonte de uso possa estar comprometida devido alguma atividade que impacte o ambiente próximo à sua captação?	
Legenda para as questões 8 a 16: 1 – Discordo totalmente; 2 – Discordo; 3 – Nem discordo, nem concordo; 4 – Concordo; 5 - Concordo totalmente.	
8. Para você, a urbanização nas margens do Rio Piancó exerce influência na qualidade da água do rio?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
9. Considera que suas atividades próximas do rio (ou no rio) desenvolvidas por você contribui para a poluição e contaminação do Rio Piancó?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
10. Você considera que o Rio Piancó está poluído?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
11. Você acredita que o uso da água do Rio Piancó pode veicular doenças?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
12. Está satisfeito com a qualidade da água do Rio Piancó?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
13. Você considera a água do Rio Piancó imprópria para ser usada na agricultura?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
14. Você acredita que o uso da água do Rio Piancó para a irrigação de culturas agrícolas pode interferir na produtividade?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
15. Você considera o desenvolvimento da agricultura, na região, como forma de subsistência no campo?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
16. Você se considera satisfeito em morar na região onde vive?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
Legenda para as questões 17 a 22: 1 – Nunca; 2 – Pouco; 3 – Raramente; 4 – Muito, 5 – Sempre.	
17. Frequência que usa água do rio para beber. Se usa, faz algum tratamento antes de beber ou para cozinhar? Qual?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
18. Frequência que usa a água do Rio Piancó para atividades de recreação (banho, por exemplo).	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
19. Participa, ou já participou de algum programa/atividade desenvolvida com objetivo de conservar ou preservar a área na extensão do Rio Piancó?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

20. Frequência que usa a água do Rio Piancó para irrigação de culturas.	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
21. Você consome os alimentos que produz utilizando a água do Rio Piancó para a irrigação? Se ainda produzir, quais são os cultivos?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
22. Você já percebeu alguma interferência ou diminuição de produção/germinação de sementes com o uso da água do Rio Piancó na irrigação? Se sim, o que foi observado?	() 1 () 2 () 3 () 4 () 5
23. Se o rio deixar de existir (secar), o que iria interferir em sua vida? O que você faria para continuar suas atividades que dependiam da água do Rio?	
24. Você acredita que o rio se manterá para as gerações futuras de sua família (netos, bisnetos)?	
25. Você cuida da natureza ou sua relação com a terra é só para plantar? Se cuida o que você faz que acredita que ajuda a cuidar da qualidade da terra?	
26. Você sabe o que é agroecologia? Se sim, o que é?	
27. Você sabe/pratica alguma técnica alternativa para combater pragas sem agrotóxicos? Qual?	
28. Você gostaria que seus filhos continuassem com essa prática de agricultura como trabalho? Por quê? Se não, o que você deseja como trabalho para seu(s) filho(s)?	
29. O que lhe levou a trabalhar com a agricultura?	
30. O que é agrotóxico?	
31. Que atividades sua você julga que pode fazer mal à qualidade do rio? Quais?	
32. Existe abastecimento de água na sua casa? Quem é o órgão responsável pelo serviço?	

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), da Pesquisa Intitulada: "QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PIANCÓ, PARAÍBA: INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES, NO CONHECIMENTO E PRÁTICAS DE AGRICULTORES", que tem objetivo de avaliar possíveis efeitos tóxicos da água do Rio Piancó - Paraíba, no desenvolvimento germinativo de espécies agrícolas de interesse para a região, e verificar o conhecimento e práticas dos agricultores que esteja relacionado direta ou indiretamente ao uso da água do Rio Piancó e que possam impactar na sua qualidade. Para tanto, serão entrevistados agricultores que vivem as margens do rio e que utilizam a água para desenvolver alguma atividade relacionada a agricultura.

Os resultados desta pesquisa poderão contribuir para a sensibilização ambiental dos agricultores e de órgãos públicos locais, servindo de base para o desenvolvimento de ações de Educação Ambiental e medidas de intervenção de conservação e preservação do Rio Piancó.

O professor pesquisador Dr. Edevaldo da Silva, e José Lucas dos Santos Oliveira, aluno do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA (UFPB), responsáveis pelo projeto, pedem sua autorização para coletar informações por meio de respostas abertas e objetivas relacionadas em um questionário de perguntas de múltiplas escolhas.

Informamos ainda que sua participação como voluntário(a) na pesquisa é opcional, não sendo obrigado(a), a fornecer informações ou colaborar com esta pesquisa caso não queira. Sua recusa ou desistência não acarretará prejuízo.

Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em segredo para sempre. Para qualquer outra informação, você pode entrar em contato com o pesquisador pelo telefone (83) 3511 3078 ou pelo email: edevaldos@yahoo.com.br, (83) 9-9655-1219, e-mail: lucasoliveira.ufcg@gmail.com ou no endereço: Avenida Universitária S/N - Bairro Santa Cecília - Cx Postal 61 - Patos/PB - CEP:58708-110.

Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, fui informado sobre o que os pesquisadores querem fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada. Estou recebendo uma cópia deste documento, assinada, que vou guardar.

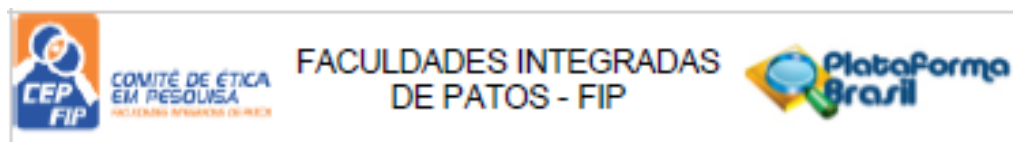
Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Local e Data

ANEXOS

ANEXO A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Patos – FIP.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Qualidade da água do Rio Piancó, Paraíba: Influência na germinação de sementes, no conhecimento e práticas de agricultores

Pesquisador: Edevaldo da Silva

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 82671618.3.0000.5181

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

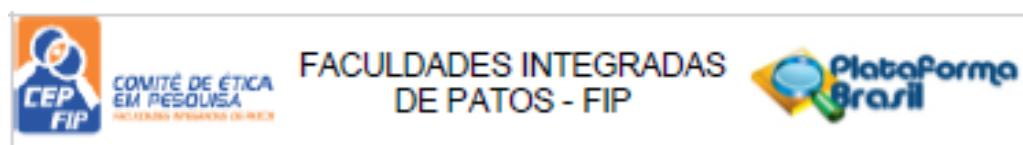
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.519.825

Apresentação do Projeto:

Essa pesquisa objetiva avaliar possíveis efeitos tóxicos da água do Rio Piancó - Paraíba, no desenvolvimento germinativo dos cultivos agrícolas: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), e alface (*Lactuca sativa* L.) e verificar o conhecimento e práticas dos agricultores quanto à qualidade da água para a irrigação. Para tanto, serão realizadas experimentos laboratoriais de bancada (com as sementes das espécies avaliadas) e, num segundo momento, uma pesquisa de campo com agricultores da cidade de Pombal para compreender a relação entre o agricultor e uso da água do rio com o desenvolvimento de suas atividades, através da busca de informações, por meio dos questionários, sobre o conhecimento e práticas dos agricultores. O público alvo será os agricultores que usam a água do rio em algum momento durante a sua produção agrícola e/ou para qualquer outro tipo de uso relacionado à agricultura. A proposta consiste em coletar dados do perfil e da vivência de oito famílias de agricultores que residem próximo ao município de Pombal e que fazem uso da água do rio no seu cotidiano, podendo assim determinar possíveis impactos ambientais causados por atividades dos agricultores, mas, que não são percebidos como tal, como também, saber a relação entre o agricultor e uso da água do rio com o desenvolvimento de suas atividades, através da busca de informações, por meio dos questionários, sobre o conhecimento e práticas dos agricultores. O questionário será aplicado no mesmo período para todas as famílias, com descrição inicial para os entrevistados sobre o que trata a pesquisa, e

Endereço: Rua Horácio Nóbrega S/N
 Bairro: Belo Horizonte CEP: 58.704-000
 UF: PB Município: PATOS
 Telefone: (83)3421-7300 Fax: (83)3421-4047 E-mail: cep@fiponline.edu.br



Continuação do Parecer: 2.519.825

a importância de promover uma divulgação da realidade local, o que pode, por meio da divulgação desse trabalho, sensibilizar os órgãos públicos para o desenvolvimento de ações de recuperação da área e de atividades de Educação Ambiental com os moradores. Será realizada apenas uma única coleta da água para todo o experimento com as espécies agrícolas. Ainda in loco, a água será coletada para análises físicas e químicas. A água coletada será avaliada, quanto à sua possível toxicidade, no seu uso para o desenvolvimento de três espécies agrícolas. As análises estatísticas dos resultados dos dados laboratoriais serão realizadas no software estatístico SPSS 20.0. A normalidade dos dados será avaliada pelo teste Kolmogorov-Smirnov. Quando necessária, os dados serão transformados em $\arcsin((x+0,5)/100)^{0,5}$ para garantir a homocedasticidade dos dados. A comparação das variâncias será por meio da Análise de Variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, quando os dados forem paramétricos e pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Mann-Whitney, para os dados não paramétricos. Além disso, a influência da concentração (diluição) da água nas variáveis biométricas será avaliada por meio da análise de regressão polinomial. A análise dos dados coletados nas entrevistas (questionários) será de forma qualitativa (questões abertas), com base na literatura atual e específica na tentativa de analisar possíveis conhecimentos e práticas dos agricultores sobre o tema pesquisado e; de maneira quantitativa (para questões construídas em Likert), por meio da estatística descritiva, calculando a frequência percentual para cada alternativa de respostas.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar possíveis efeitos tóxicos da água do Rio Piancó - Paraíba, no desenvolvimento germinativo dos cultivos agrícolas: milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), e alface (*Lactuca sativa* L.).
Verificar o conhecimento e práticas dos agricultores quanto à qualidade da água para a irrigação

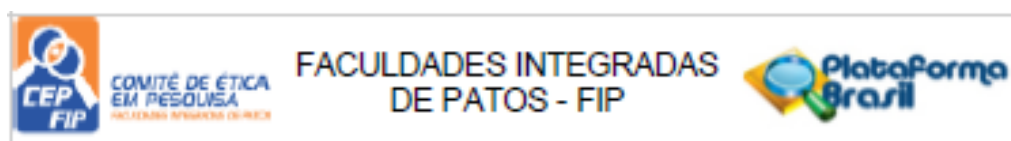
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Apresentam-se de acordo com os termos previstos pelas RESOLUÇÕES 466/2012 e 510/2016.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Verifica-se direcionamento metodológico adequado à realização de um trabalho com relevância acadêmica, científica e social.

Endereço: Rua Horácio Nobrega S/N
Bairro: Belo Horizonte CEP: 58.704-000
UF: PB Município: PATOS
Telefone: (83)3421-7300 Fax: (83)3421-4047 E-mail: cep@fiponline.edu.br



Continuação do Parecer: 2.519.025

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentam-se de acordo com os termos previstos pela NORMA OPERACIONAL 001/2013.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Cumpridas as pendências lançadas no parecer anterior, nos posicionamos de maneira Favorável a realização do trabalho.

Considerações Finais a critério do CEP:

Com base nos parâmetros estabelecidos pela RESOLUÇÃO 466/2012 do CNS/MS regulamentando os aspectos relacionados a ÉTICA ENVOLVENDO ESTUDOS COM EM SERES HUMANOS, o Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Integradas de Patos considera que o protocolo em questão está devidamente APROVADO para sua execução.

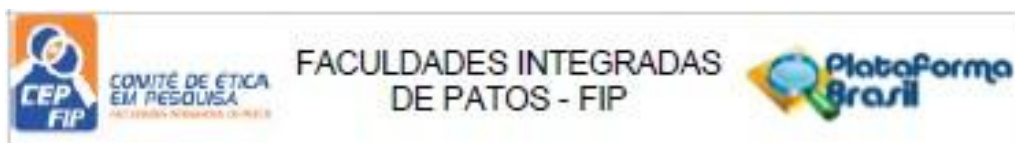
Este documento tem validade de CERTIDÃO DE APROVAÇÃO para coleta dos dados propostos ao estudo.

Destacamos que a CERTIDÃO PARA PUBLICAÇÃO só será emitida após o envio do RELATÓRIO FINAL do estudo proposto, via Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PI_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_935202.pdf	27/02/2018 10:28:02		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	27/02/2018 10:26:29	Edevaldo da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	27/02/2018 10:25:59	Edevaldo da Silva	Aceito
Outros	ORCAMENTO_CRONOGRAMA073.jpg	31/01/2018 15:39:41	JANETE FERNANDES DE	Aceito
Outros	Questionario.pdf	30/01/2018 11:52:05	Edevaldo da Silva	Aceito
Outros	Termo_Compromisso_Divulgacao.pdf	30/01/2018 11:51:18	Edevaldo da Silva	Aceito
Outros	Termo_Compromisso_Pesquisador.pdf	30/01/2018 11:50:51	Edevaldo da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	30/01/2018 10:59:49	Edevaldo da Silva	Aceito

Endereço: Rua Horácio Nóbrega S/N
 Bairro: Belo Horizonte CEP: 58.704-000
 UF: PB Município: PATOS
 Telefone: (83)3421-7300 Fax: (83)3421-4047 E-mail: cep@fiponline.edu.br



Continuação do Parecer: 2.519.026

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PATOS, 26 de Fevereiro de 2018

Assinado por:
Flaubert Paiva
(Coordenador)

Endereço: Rua Horácio Nóbrega S/N
Bairro: Belo Horizonte CEP: 58.704-000
UF: PB Município: PATOS
Telefone: (83)3421-7300 Fax: (83)3421-4047 E-mail: cep@fiponline.edu.br