

ANÁLISE ECOTOXILÓGICA DA MANIPUEIRA NO SOLO UTILIZANDO A *Folsomia candida* (COLLEMBOLA)

Lucas Santana Cardoso

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: lucascardosoesa@gmail.com

Ana Paula Magalhães da Silva Leal

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. E-mail: paulah.leal@gmail.com

RESUMO

A cultura da mandioca pode ser encontrada em grande parte do território nacional, pela sua grande diversidade de produtos e subprodutos, a raiz da mandioca tem um grande potencial de se transformar em itens alimentares, sendo um insumo de importante relevância, presente na dieta da população brasileira. A farinha é um dos principais produtos da mandioca notadamente consumidas em grande escala entre os habitantes das regiões Norte e Nordeste, a região do Recôncavo baiano é considerada um dos mais importantes polos de produção nacional. Nas últimas décadas têm-se levantado questões acerca da toxicidade do resíduo proveniente do processamento da mandioca, a manipueira, a preocupação com o descarte indiscriminado desse resíduo líquido no solo e na água e a potencialidade de contaminação dos mesmos tem despertado o interesse de pesquisadores pelo tema. Dentro deste cerne, o presente trabalho objetiva a avaliação da toxicidade da manipueira em ambientes terrestres, a partir de testes ecotoxicológicos, com a utilização da *Folsomia candida* (collembola) como organismo-teste. A metodologia aplicada foi o teste de fuga para três amostras de solo e para a goma extraída da manipueira, sendo que em todos os testes foi constatado relativa toxicidade ao organismo.

PALAVRAS-CHAVE: manipueira, ecotoxicologia, collembola

INTRODUÇÃO

O crescente contato de substâncias xenobióticas com o ecossistema edáfico tem gerado impactos significativos ao meio ambiente, esse tipo de contato que pode ocorrer por aplicação ou por descarte tem gerado diversos impactos, sendo esses gerados usualmente a partir de atividades agrícolas e industriais. Grande parte desses compostos atingem o ambiente direta, ou indiretamente, por volatilização, percolação e dispersão, expondo e comprometendo a saúde dos organismos ali presentes assim como do próprio ambiente.

Assim, substâncias como os agrotóxicos, substâncias de descarte industrial, e demais processos produtivos agrícolas, dos quais contêm metais pesados e até resíduos de produtos farmacêuticos entram no ambiente terrestre, onde podem ser absorvidos e até bioconcentrados pelos organismos ali presentes.

Segundo Wild (*apud* De Andréa, 2010) observada a importância do solo como fonte de água e nutrientes para plantas e outros organismos, como agente tamponador de mudanças de temperatura e do fluxo de água entre a atmosfera e as águas subterrâneas, atuando como reservatório de nutrientes e como habitat para organismos decompositores na ciclagem e disponibilização de nutrientes, a poluição do ecossistema edáfico pode ter consequências importantes para todas as formas de vida e na qualidade de alimentos, da água e da atmosfera.

As diferentes mudanças sejam nas condições biológicas, como no número, e até na biodiversidade das espécies refletem a presença de poluentes, fornecendo diagnóstico de qualidade do ambiente terrestre, apontando uma situação de estresse do ecossistema. De acordo com De Andrea (2010) a partir do estudo dos efeitos de substâncias químicas tóxicas nas comunidades naturais que é um dos objetivos fundamentais da ecotoxicologia, e o objetivo final da ecotoxicologia do solo que é a compreensão dos efeitos de longo prazo de substâncias químicas sobre os ecossistemas edáficos, a observação dos efeitos de xenobióticos nos organismos terrestres é feita com o objetivo de proteger o funcionamento e a estrutura desses ecossistemas.

Diferentes organismos tais como algas, plantas, micro-organismos, animais do solo e até organismos superiores como aves e peixes podem ser usados em duas modalidades nos estudos de contaminação: em biomonitoramentos e como bioindicadores. A partir do momento que se detecta a contaminação nos organismos depois que condição de risco já se instalou, fala-se em biomonitoramento.

Alguns organismos apesar de não morrerem pelo contato com os xenobióticos, respondem a eles por meio de reações comportamentais ou metabólicas mensuráveis, que indicam e refletem alguma mudança no ambiente onde eles vivem. De acordo com De Andrea (2010), a partir do momento que estes organismos estão na base de teias alimentares eles podem ser usados como bioindicadores porque indicam o perigo potencial de contaminação da teia alimentar à qual fazem parte. Dessa maneira, principalmente organismos como minhocas, colêmbolos e enquitreídeos têm sido usados no mundo todo como bioindicadores em estudos de previsão dos possíveis efeitos de poluentes e para indicar a qualidade do solo.

A análise proposta neste trabalho consiste em avaliar a toxicidade do resíduo proveniente da mandioca, um resíduo líquido resultante da prensagem da raiz da mesma, cujo nome é manipueira. As mandiocas utilizadas na produção da farinha contêm elevadas concentrações de glicosídeos cianogênicos, compostos que, após degradação, liberam cianeto na forma de ácido cianídrico (HCN) conferindo toxicidade à raiz. O processamento adequado da mandioca, para produção da farinha, resulta na degradação dos glicosídeos cianogênicos e na obtenção de um alimento com baixo teor de cianeto, o que gera a hipótese de liberação de HCN durante o processo (ZACARIAS,2011).

METODOLOGIA

A avaliação do risco ecotoxicológico de agrotóxicos e outros xenobióticos com organismos bioindicadores segundo De Andrea (2012) é feita antes que o efeito seja a mortalidade, isto é, utilizam-se doses subletais para se verificar os efeitos potenciais das condições de risco no ambiente. Internacionalmente já existem protocolos de testes que fazem o prognóstico do efeito biológico de agrotóxicos no solo que medem: a sobrevivência, a reprodução e a rejeição de organismos como a colêmbolos *Folsomia cándida* e *F. fimetaria*.

A partir da visita de campo a uma casa de farinha situada no bairro Sapucaia pertencente ao município de Cruz das Almas/BA, foi coletada três diferentes amostras de solo das proximidades da casa de farinha onde há o despejo da manipueira de forma indiscriminada no solo. Além disso foi coletada a goma extraída do próprio líquido da manipueira. Foram escolhido três diferentes pontos de coleta como podemos observar no esboço abaixo:

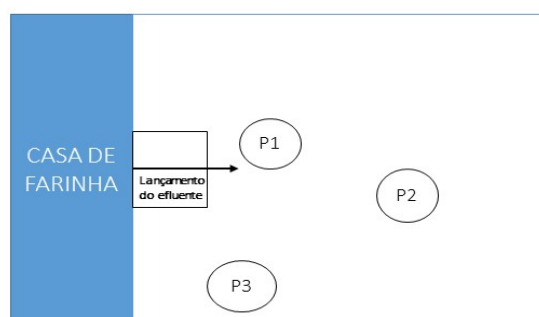


Figura 1: Croqui da área de coleta e pontos de amostragem

Ao todo foram realizados cinco testes de fuga, utilizando o organismo *Folsomia candida* (colembolla), no qual foram colocadas as três amostras de solo em contato com um solo de referência não contaminado amostrado das proximidades da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), para um teste de 2 dias, e uma mesma amostra do solo 1 foi submetida a um teste de 14 dias. Além disso foi experimentado a goma “in natura” proveniente da manipueira em contato com o solo de referência para um teste de 2 dias. Os testes foram realizados no laboratório de ecotoxicologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no mês de fevereiro de 2016.

O teste de fuga apesar de ser um método simples e rápido, ainda é pouco utilizado no Brasil. Este é um teste onde observa se organismos-testes apresentam um comportamento de fuga de um solo que pode apresentar uma biodisponibilidade de substâncias química ou contaminante.

O princípio desse ensaio é a exposição dos organismos simultaneamente às amostras de solo não contaminado (controle) e contaminado. As duas amostras são colocadas no mesmo recipiente, em seções distintas, separadas por uma divisória, formando dois compartimentos. Após a introdução das amostras em cada lado da divisória, a mesma é retirada, formando uma linha onde 10 organismos são colocados na superfície. Ao final de 48 horas, o número de organismos é determinado em cada seção do recipiente. A amostra é considerada tóxica, com a função de habitat do solo limitada de acordo com a ISO 17512-1 se forem encontrados mais de 80% do total de organismos expostos na amostra do solo controle.



Figura 2: Amostras de solo coletadas

TOXIDADE E IMPACTOS CAUSADOS PELO DESCARTE INDISCRIMINADO DA MANIPUEIRA

Manipueira, vocabulário indígena incorporado à língua portuguesa, é o líquido de aspecto leitoso e cor amarelo-clara que escorre das raízes amiláceas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), por ocasião da prensagem da massa ralada das mesmas. É subproduto ou resíduo da industrialização da mandioca, que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como uma miscelânea de compostos, tais como: goma (5 a 7 %), glicose e outros açúcares, proteínas, células descamadas, linamarina e derivados cianogênicos (ácido cianídrico, cianetos e aldeídos), substâncias diversas e diferentes sais minerais (MAGALHÃES, apud CAMILLI, 2007).

A poluição ambiental que pode ser gerada pelo uso da manipueira acontece somente nos locais de produção da mesma, pois a produção gera um elevado volume deste líquido levando condições de insalubridade na população e afetando à saúde e a economia desta atividade. Em comparação com o despejo do esgoto doméstico nos rios, a manipueira quando despejada diretamente no rio é muito mais danosa, pois a capacidade de depuração do rio é inferior a poluição gerada pela manipueira. Segundo Santos (2009) a manipueira *in natura* pode apresentar um potencial de poluição 25 vezes maior que o do esgoto doméstico. A manipueira de feculárias é diluída porém ainda assim apresenta um potencial de poluição 12,5 vezes maior que o do esgoto doméstico.

ORGANISMO-TESTE DO SOLO: COLLEMBOLA

As collembolas são organismos artrópodes, ápteros que vivem em todo o mundo. Eles são amplamente difundidos e numerosos, podendo ser milhares por metros quadrados a se proliferar sobre a superfície do solo em que são encontrados. Eles vivem em ambientes como litoral marinho, água doce, árvores e serapilheira.

Os organismos que vivem no solo são de extrema importância para manter a estabilidade e o desenvolvimento do ecossistema como todo. Eles desempenham um papel fundamental no que se diz respeito ao processo de formação e estruturação do solo, na regulação da atividade microbiana, na decomposição da matéria orgânica e na reciclagem de nutrientes, por se alimentarem dos microrganismos e da matéria orgânica em decomposição. Levando em conta as perceptíveis mudanças, tanto quantitativas quanto qualitativas, que ocorrem na diversidade e abundância dos grupos após uma interferência no ambiente, estes são tidos como indicadores de boa representatividade das práticas e manejos que afetam as características do solo. Da mesma forma, distúrbios decorrentes da presença de poluentes no solo podem ser bem acompanhados através do comportamento desses organismos, uma vez que são diretamente expostos ao solo contaminado, seja pelo contato, ingestão de partículas de solo e água, ou mesmo pela transferência através da cadeia alimentar (BIANCHI M, 2010).

RESULTADOS

Nos testes de fuga a amostra é considerada tóxica quando 80% ou mais organismos são encontrados no solo controle. Os resultados encontrados para os ensaios com *Folsomia Cândida* (colembollas) estão dispostos no gráfico 1.

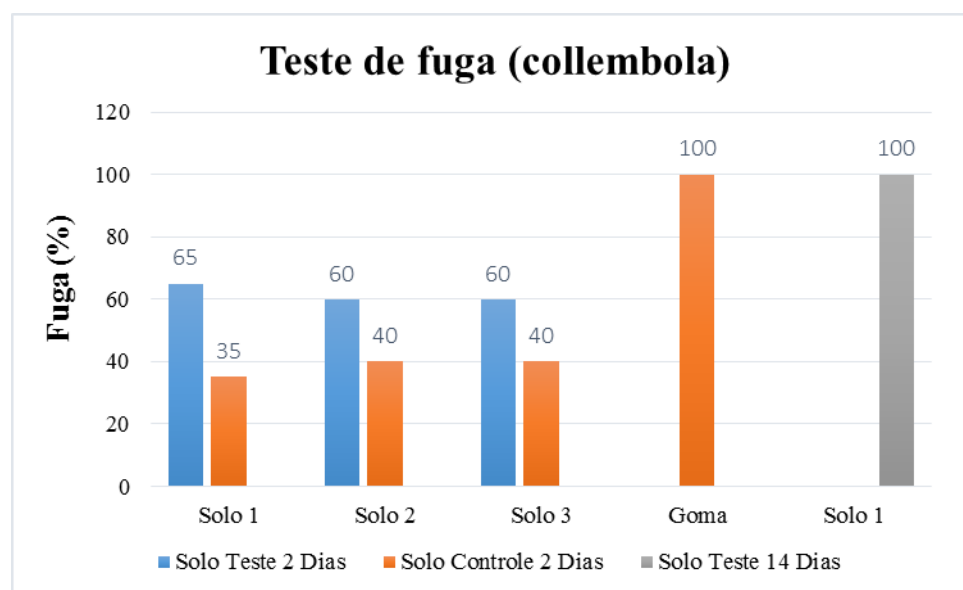


Gráfico 1: Teste de fuga com *Folsomia Cândida* (collembolas) com 2 e 14 dias.

A amostra do solo 1 apresentou a maior concentração da manipueira, tendo em vista que o solo foi coletado mais próximo ao local de despejo do líquido. A coleta da amostra do solo 2 aconteceu a uma distância intermediária entre a do solo 1 e a do solo 3, que foi a amostra coletada mais distante do ponto de lançamento do efluente, sendo verificado a menor concentração da manipueira.

A goma, que foi extraída do próprio líquido da manipueira foi testada “in natura”, sem misturas. De acordo com os resultados apresentados nos gráficos pode-se observar que, nos solos 1, 2 e 3 avaliados em 2 dias os organismos apresentaram preferência pelo solo teste, e o que maior percentual de fuga encontra-se na amostra da goma, onde 100% preferiram o solo controle à goma.

A goma foi considerada tóxica para as collembolas, o que subentende-se que nela havia uma concentração elevada de substâncias como o HCN, o que pode ter causado o comportamento de fuga ao organismo-teste. Quando a manipueira é misturada ao solo, acontece a dispersão das suas partículas de nutrientes e contaminantes, uma diminuição da sua concentração e uma heterogeneidade do solo da área onde foi despejada.

A preferência dos organismos pelo solo teste pressupõe-se que é devido a presença de fatores favoráveis aos organismos, como por exemplo, a possível riqueza de nutrientes na amostra do solo teste, que mesmo em menores concentrações quando comparado ao da goma, não ocasionou a fuga desses organismos, podendo ser justificado pela utilização destes nutrientes pelas collembolas como fonte de alimento pelas mesmas. O solo 1 com o ensaio realizado no período de 14 dias apresentou percentual de fuga igual a 100%.

A discrepância entre os percentuais dessas amostras de solo pode ser explicada, como já foi dito, pela não homogeneidade do solo, ou seja, uma amostra de um solo pode apresentar partículas de nutrientes ou contaminantes que não sejam encontradas na segunda amostra desse mesmo solo, devido à dispersão de partículas. Já que, além de substâncias possivelmente tóxicas presente na manipueira, no entorno da casa de farinha (área de estudo), no mesmo solo onde foi feita a coleta da amostra-teste, existe a presença de animais mortos, de fezes de animais e diversos tipos de rejeitos, o que pode ter ocasionado a contaminação desse espaço. Assim, para duas amostras de um solo, uma delas pode apresentar toxicidade e a outra não. As collembolas também podem não apresentar resistência ao solo teste por tal período de tempo em que foi submetida.

Estes resultados corroboram com o entendimento que com a inexistência de sistemas de tratamento e disposição final dos resíduos proveniente do processamento da mandioca, tem se agravado a contaminação de solos e mananciais, há necessidade de valorizar esses despejos, aplicando-se tecnologias de manejo, de tratamento, e especialmente o desenvolvimento de pesquisas afim de se estabelecer novos usos para esses resíduos.

A manipueira de uma farinheira apresenta concentrações de DQO em torno de 20000 mg/L, representativamente uma carga 25 vezes superior ao esgoto doméstico, o que explicita a necessidade de uma avaliação dos sistemas de esgotamento sanitários nas áreas produtoras de farinha com o intuito de mitigar os impactos deletérios ao meio ambiente e a saúde humana, haja vista que o teor de cianeto total no líquido é em torno de 364 mg/L em manipueira de farinheira, com 50 % de cianeto livre. Desta forma também se faz necessário a adoção de medidas de fiscalização e controle sanitário das casas farinhas afim que os impactos possam ser minimamente controlados afim de se garantir a salubridade ambiental, evitando contaminações diretas e indiretas aos produtores.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados foi possível observar que em geral não houve uma toxicidade a pequeno prazo para os organismos-testes quando submetidos ao solo contaminado com a manipueira. A goma se mostrou altamente tóxica, devido à presença de substâncias como o HCN em elevadas concentrações. As collembolas não apresentaram resistência a tal nível de concentração.

O tempo de exposição também foi um fator decisivo. O que mostra que é possível que os efeitos tóxicos aumentem com o decorrer dos dias. Distúrbios decorrentes da presença de poluentes no solo puderam ser acompanhados através do comportamento desses organismos, uma vez que foram diretamente expostos ao solo contaminado, seja pelo contato e/ou ingestão de partículas do solo.

Sugere-se que para obter maiores conclusões sobre o resultado do teste, poderiam ser levados em considerações fatores como, o tipo de solo que foi coletado, o que facilitaria o estudo para saber qual o caminho que o líquido percorre no interior dele; a profundidade que deveria ser retida a amostra, para obter maiores informações sobre as concentrações da manipueira em diversos pontos do solo; entre outros fatores.

Outra sugestão é a realização do teste em triplicata, que poderia possibilitar a obtenção de resultados mais eficientes. Nos ensaios realizados, isso não foi possível devido à quantidade insuficiente de organismos disponíveis para o teste.

REFERÊNCIAS

- CAMILI, E. A. Tratamento da manipueira por processo de flotação sem uso de agentes químicos. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. 78f. 2007.
- ZACARIAS, Cyro Hauaji. Avaliação da exposição de trabalhadores de casas-de-farinha ao ácido cianídrico proveniente da mandioca, Manihot esculenta, Crantz, no agreste alagoano. 2011. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Análises Toxicológicas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, University of São Paulo, São

Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9141/tde-16042013-111938/>>. Acesso em: 2015-12-02.

DE ANDRÉA, Mara Mercedes. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, n. 2, p. 95-107, 2010.

DE ANDRÉA, Mara Mercedes. Abordagens em ecotoxicologia terrestre no Brasil. XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2012.

SANTOS A. Usos e impactos ambientais causados pela manipueira na microregião sudoeste da Bahia-Brasil. In: LUZON JL; CARDIM M. (coord). *Problemas sociales y regionales em América Latina: estudio de casos*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2009.

BIANCHI, Miriam de Oliveira. Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados no solo. *Embrapa Agrobiologia Seropédica, RJ*, 2010. p. 13, 18. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50057/1/DOC266-10.pdf>> Acesso em 2015-12-02.