

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO PROVENIENTE DA DESTILAÇÃO DE DIMETILFORMAMIDA NO SOLO: UMA ALTERNATIVA À INCINERAÇÃO

Ezequiele Backes (*), Daniela Montanari Migliavacca Osorio, Liane Bianchin

* Universidade Feevale, ezequielebackes@hotmail.com

RESUMO

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos ocasiona impactos ambientais e para a saúde humana. Alterações no estilo de vida e consumo da população impulsionaram a geração e diversidade de resíduos sólidos, resultando no aumento da poluição ambiental. Dessa forma, torna-se necessário viabilizar soluções para o tratamento e utilização desses resíduos. O resíduo de dimetilformamida proveniente de destilação atualmente é incinerado, um processo oneroso e prejudicial ao ambiente. O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos da incorporação do resíduo proveniente da destilação de dimetilformamida no solo a partir do plantio e desenvolvimento do milho (*Pennisetum americanum*), como uma alternativa à incineração. A metodologia compreendeu pesquisa e avaliação de estudos anteriores realizados na Venezuela a fim de propor um método de caracterização deste resíduo. A partir disso, propõe-se realizar teor de cinzas e teor de metais e submeter o resíduo a testes de infravermelho, espectrometria de massas, cromatografia gasosa e absorção atômica. Também será determinado pH e preparadas amostras de solo ácido, alcalino e neutro. Após esse ajuste, o resíduo será incorporado no solo nas proporções 0, 10, 15 e 20%. Será feito fracionamento físico do solo e após o crescimento do milho, o solo será caracterizado por meio de pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, nitrogênio e fósforo. A atividade da microbiota edáfica será avaliada pela taxa de respiração do solo. No milho será avaliada a produção de massa verde e seca e medida a altura da planta. Espera-se que a incorporação do resíduo em pequenas proporções não altere significativamente as condições do solo e crescimento do milho, tornando-se uma alternativa mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Incorporação de resíduo, Dimetilformamida, Solo, Incineração, Milho.

ABSTRACT

Improper management of solid waste causes environmental and human health impacts. Changes in lifestyle and population consumption have boosted the generation and diversity of solid waste, resulting in increased environmental pollution. In this way, it becomes necessary to provide solutions for the treatment and use of these wastes. The dimethylformamide residue from distillation is currently incinerated, an onerous and environmentally damaging process. The objective of this research is to evaluate the effects of the incorporation of the residue from the distillation of dimethylformamide in the soil from the planting and development of millet (*Pennisetum americanum*), as an alternative to incineration. The methodology comprised research and evaluation of previous studies conducted in Venezuela in order to propose a method of characterization of this residue. From this, it is proposed to perform ash and metal content and to subject the residue to infrared tests, mass spectrometry, gas chromatography and atomic absorption. It will also be determined pH, and samples of acid, alkaline and neutral soil. After this adjustment, the residue will be incorporated in the proportions 0, 10, 15 and 20% in the soil. Will be done physical fractionation of the soil and after the growth of millet, the soil will be characterized by pH, organic matter, capacity of exchange of cations, nitrogen and phosphorus. The activity of edaphic microbiota will be evaluated by the rate of respiration of the soil. In the millet will be evaluated the production of green and dry mass and measured the height of the plant. It is expected that the incorporation of the residue into small proportions does not affect the growth of millet and millet growth, making it a more sustainable alternative.

KEY WORDS: Incorporation of waste, Dimethylformamide, Soil, Incineration, Millet.

INTRODUÇÃO

Entre as principais preocupações que envolvem o aumento da geração de resíduos sólidos mundialmente estão os efeitos que estes podem causar no meio ambiente e na saúde humana. Esse aumento na geração de resíduos sólidos, tanto em quantidade quanto em diversidade, pode ser justificado a partir do crescimento populacional e urbano, o qual associado aos modelos de desenvolvimento adotados atualmente, tem promovido mudanças em nossos padrões de consumo, resultando no aumento de volumes de resíduos cada vez maiores (LEITE; BELCHIOR, 2014; GOUVEIA, 2012; STIJEPOVIC; LINKE, 2011).

A partir disso, foi criada a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com a proposta de promover e melhorar o gerenciamento dos resíduos sólidos, observando a possibilidade de redução, reutilização, tratamento ou utilização desses resíduos, por exemplo (PNRS, 2010).

Os resíduos classificam-se de acordo com sua periculosidade e solubilidade. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em maio de 2004 a norma NBR 10.004, a qual classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados de forma adequada. Os resíduos de Classe I são denominados perigosos e possuem características de periculosidade por inflamabilidade, reatividade, corrosividade, toxicidade ou patogenicidade. Os resíduos de Classe IIA classificam-se como não inertes, podendo ter propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Já os resíduos de Classe IIB são ditos inertes, os quais não tiveram nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, ou seja, não representam maiores problemas para a saúde pública ou riscos para o meio ambiente (PEREIRA, 2014; ABNT, 2004).

A crescente geração de resíduos perigosos é resultante da elevada concentração industrial, que aliada à carência nas instalações e locais para a destinação e tratamento correto desses resíduos, tem aumentado a preocupação das autoridades ambientais (STIJEPOVIC; LINKE, 2011). Fatores interligados como a sustentabilidade, o aproveitamento do tempo, o custo benefício e outros fatores culminaram na ideia de reduzir, reciclar e reutilizar os resíduos sólidos gerados nos processos industriais (GOUVEIA, 2012).

Um dos grandes desafios a ser enfrentado atualmente pelas organizações é o gerenciamento de resíduos sólidos. Durante o processo produtivo de materiais, busca-se sempre reduzir ao máximo a quantidade de resíduo gerada, no entanto, ainda assim são gerados (PEREIRA, 2014). Um exemplo disso é a dimetilformamida. A N,N-dimetilformamida (DMF) é um solvente orgânico que possui grande miscibilidade com a água e solventes orgânicos comuns. É um solvente líquido incolor, com taxa de evaporação de 153,5 °C, utilizado industrialmente na produção de diversos materiais, como laminado sintético, materiais para revestimento de superfícies e fibras sintéticas. A massa molecular do DMF é de 73,09 g mol⁻¹, calculada a partir da sua fórmula (CH₃)₂-N-CHO. O DMF vendido comercialmente contém vestígios de metanol, água, ácido fórmico e dimetilamina (LOUVIS; SILVA, 2016).

Atualmente o resíduo proveniente da destilação de dimetilformamida é enviado para a incineração. Este tipo de processo de combustão possui custos elevados e é necessário que seja feito um controle rigoroso da emissão de gases dos poluentes gerados na combustão. Este processo não é muito incentivado devido às altas despesas na implantação e monitoramento constante da poluição gerada, sendo altamente prejudicial ao meio ambiente. Portanto, é de extrema relevância que atualmente sejam sugeridas alternativas como a disposição dos resíduos sólidos, a qual tem como objetivo utilizar o resíduo e não apenas eliminá-lo. Partindo-se desse princípio, a reutilização de resíduos ou ainda um destino ambientalmente mais sustentável, torna-se uma alternativa mais promissora tanto no âmbito ambiental, quanto econômico e social (PEREIRA, 2014; GOUVEIA, 2012, GOUVEIA, 2010). Uma das alternativas viáveis para a disposição de resíduos, além de simplesmente enviar para a incineração, é de avaliar a possibilidade de incorporá-lo no solo, a fim de verificar se o crescimento de uma planta sofre alguma alteração.

OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos da incorporação do resíduo proveniente da destilação de dimetilformamida no solo a partir do plantio e desenvolvimento do milho (Pennisetum americanum), a fim de analisar se esta pode ser uma alternativa para a atual destinação deste resíduo, que é a incineração.

METODOLOGIA

Não há pesquisas que façam referência ao tema deste trabalho, portanto, a metodologia compreendeu a realização de pesquisas em artigos que abordassem resíduos sólidos e técnicas de caracterização.

A parte experimental da pesquisa será baseada em testes preliminares realizados na Venezuela, a fim de propor um método de caracterização do resíduo de dimetilformamida para incorporá-lo posteriormente no solo. Em seguida será realizado o plantio do milho, e a partir do seu crescimento será possível avaliar os efeitos da incorporação do resíduo no solo. Após o crescimento, o solo será caracterizado através de metodologia reconhecida.

A coleta do resíduo será realizada em uma empresa de laminados sintéticos da região do Vale dos Sinos/RS. O solo será fornecido por um parceiro do projeto e o mesmo será coletado no município de Picada Café/RS.

RESULTADOS

Os resultados referem-se às atividades de caracterização do resíduo, realização da parte experimental, caracterização do solo e posterior análise estatística dos dados.

A caracterização do resíduo será realizada baseando-se na caracterização utilizada em estudos anteriores na Venezuela, submetendo o resíduo a testes de infravermelho, espectrometria de massas, cromatografia gasosa, digestão assistida por micro-ondas e absorção atômica. Além disso, ainda será realizado teor de cinzas e teor de metais.

O teor de cinzas refere-se ao resíduo mineral fixo ou resíduo inorgânico oriundo da queima da matéria orgânica em mufla a altas temperaturas de 500 a 600 °C. Entre os componentes avaliados estão o alumínio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, zinco, sódio manganês, entre outros (ZAMBLAZI, 2010).

Serão quantificados metais, como alumínio, cádmio, magnésio, zinco, entre outros, seguindo procedimento baseado no método EPA 3051 (USEPA, 2007), que utiliza a digestão ácida assistida por micro-ondas, seguido de leitura por espectrometria de absorção atômica.

Em relação à parte experimental, primeiramente será medido o pH das amostras do resíduo. Devido a suas características físico químicas, sabe-se que o seu pH é ácido. Por isso, as amostras terão o pH ajustado para que 1/3 das amostras fiquem com pH neutro, 1/3 terão seu pH ajustado para alcalino e 1/3 permanecerão com o pH ácido.

O experimento será montado por blocos casualizados sendo um denominado de branco, no qual não será incorporado o resíduo e três proporções diferentes desse resíduo (10, 15 e 20%), em triplicata, conforme Quadro 1. Posteriormente serão plantadas as sementes de milho em cada amostra de solo.

Quadro 1. Identificação das amostras.

Fonte: autoral.

Percentual de resíduo (%)	pH ácido	pH neutro	pH alcalino
0	Branco		
10	10A	10N	10B
15	15A	15N	15B
20	20A	20N	20B

Após a incorporação do resíduo, o crescimento do milho será acompanhado para verificar se o resíduo alterará as condições químicas no solo proporcionado pelo material incorporado.

A profundidade de plantio é muito importante, haja vista que o tamanho da semente é pequeno. De acordo com Guimarães et al., (2013) e Kichel et al., (1999), o milho pode ser semeado a profundidades que variam de 2 cm a 4 cm.

Após 30 dias do plantio, é realizada a coleta da parte aérea das plantas cortando-as rente ao solo; após o corte, o material é pesado para determinação da massa verde e posteriormente colocado em estufa a 65 °C, durante 72 h a fim de determinar a massa seca. A área foliar será determinada logo após o corte da parte aérea das plantas sendo obtida indiretamente através da medição de seu comprimento e largura (medidas com trena) multiplicada pelo coeficiente de 0,56 (PIRES et al., 2007). A altura da planta será medida com régua da base até o ápice (GUIMARÃES et al., 2013).

A caracterização físico-química do solo seguirá os procedimentos definidos por TEDESCO et al. (1995) e EMBRAPA (2011).

O pH das amostras será determinado por medição realizada em potenciômetro com eletrodo combinado imerso em suspensão sólido – líquido 1:1, após meia hora de repouso.

A matéria orgânica será determinada pela concentração de carbono orgânico total presente nas amostras. A quantificação será feita em analisador de carbono, no qual todo o carbono orgânico da amostra é convertido por queima a CO₂ e este é medido em detector específico.

A determinação da capacidade de troca de cátions (CTC), mensura que o valor aproximado é obtido pela soma da concentração de cátions de cálcio, magnésio, alumínio e manganês trocáveis, extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹. Concentrações de sódio e potássio disponíveis, extraídos com uma mistura ácida de HCl 0,5 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹. O alumínio será determinado por titulometria com solução de NaOH 0,0125 mol L⁻¹ e indicador fenolftaleína. Os teores de cálcio, magnésio e manganês serão obtidos por leituras em espectrofotômetro de absorção atômica de chama. As leituras dos teores de sódio e potássio serão realizadas em fotômetro de chama.

O nitrogênio é convertido em sulfato de amônio por oxidação com uma mistura de CuSO₄, H₂SO₄ e Na₂SO₄ ou K₂SO₄. Posteriormente em meio alcalino, o sulfato de amônio convertido da matéria orgânica libera amônia que, em câmara de difusão, é complexada em solução de ácido bórico contendo indicador misto, sendo então determinado por acidimetria (H₂SO₄ ou HCl).

A fração do teor total de fósforo no solo é correspondente ao teor utilizado pelas plantas. O fósforo será determinado pela formação de complexo fósforo-molibdico de cor azul obtido após redução do molibdato com ácido ascórbico e determinação por espectrometria de absorção molecular na região do UV/Vis.

O fracionamento físico das amostras para determinação dos teores de areia, argila e silte seguirá o método da pipeta, baseado na Lei de Stokes, descrito em EMBRAPA (2011). A metodologia baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico. Pipeta-se um volume da suspensão, para determinação da argila que seca em estufa é pesada. As frações grosseiras (areia fina e grossa) são separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte corresponde ao complemento dos percentuais para 100% e é obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

A taxa de respiração do solo será determinada através da quantificação do dióxido de carbono (CO₂) total liberado no processo de respiração microbiana. Esta determinação será realizada a partir de 100 g de solo acondicionadas nos vidros, durante 57 dias de incubação à temperatura ambiente de 28 °C±5. Cada amostra deve ser incubada em frascos de 1L, com recipientes contendo 10 mL de 0,5 mol L⁻¹ NaOH para captação do CO₂ liberado. Após a incubação, os recipientes com NaOH serão retirados e recebem 1 mL de BaCl₂ a 30% e 3 gotas de fenolftaleína para titulação com 0,25 mol L⁻¹ HCl padronizado. As determinações serão realizadas aos 3, 9, 15, 22, 29, 36, 43, 50 e 57 dias após o início da incubação. A liberação do CO₂ é posteriormente calculada.

Os resultados obtidos serão avaliados pela análise de variância, teste de médias e correlações, de acordo com as possíveis simulações, utilizando-se o software estatístico Statistical Data Analysis (SPSS). Essas avaliações possibilitarão correlacionar os resultados físico-químicos e biológicos encontrados na caracterização do resíduo, solo e milheto.

CONCLUSÃO

Atualmente torna-se indispensável que ao invés do descarte dos resíduos, viabilizem-se alternativas como sua disposição, minimizando os impactos ambientais. Assim sendo, sugeriu-se que uma das opções viáveis para a disposição do resíduo resultante da destilação de dimetilformamida, além de simplesmente enviar para a incineração, é de avaliar primeiramente a possibilidade de incorporá-lo no solo, mensurando seu efeito mediante a avaliação do crescimento de uma planta semeada com o resíduo.

Espera-se que a incorporação do resíduo em pequenas proporções não afete o crescimento do milheto, tornando-se uma alternativa mais sustentável do que atualmente é proposto pela sociedade, tanto no âmbito ambiental, quanto econômico e social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-1004**: classificação dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>> Acesso em: 06 abril. 2017
2. EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed Rio de Janeiro, RJ, 2011.

3. GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Journal Scielo Analytics: Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1503-1510, 2012
4. GOUVEIA, N; PRADO, R. R. Análise espacial dos riscos à saúde associados à incineração de resíduos sólidos: avaliação preliminar. **Revista Brasileira Epidemiol**, 13(1):3-10, 2010
5. GUIMARÃES, C. V. et al. Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido a compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n.11, p.1188-1194, 2013.
6. KICHEL, N.A. et al. **O milho (Pennisetum americanum (L.) Leek) como planta forrageira**: Brasília, p.97-102. 1999.
7. LEITE, J. R. M.; BELCHIOR, G. P. N. **Resíduos sólidos e políticas públicas: diálogos entre Universidade, Poder público e Empresa**. Editora Insular: Florianópolis, 2014
8. LOUVIS, A. R.; SILVA, N. A. A. Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos N,N-Dimetilformamida. **Revista Virtual Química**, 8 (5), 1764-1785, 2016
9. PEREIRA, J. A. R. Geração de resíduos industriais e controle ambiental. **Research gate**. 2014
10. PIRES, F. R. et al. Desempenho Agrônomo de variedades de milho em razão da fenologia em pré-safra. **Bioscience Journal**, v.23, p.41-49, 2007
11. PNRS: **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos>> Acesso em 20 abril. 2018
12. STIJEPOVIC, M.Z.; LINKE, P. Optimal waste heat recovery and reuse in industrial zones. **Energy**, V. 36, p. 4019-4031, 2011
13. TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2ª ed Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
14. U. S. EPA - **United States Environmental Protection Agency**. Method 3051a: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. Washington: 2007
15. ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010