



Proposta de metodologia para caracterização de resíduo proveniente da destilação de dimetilformamida e avaliação dos efeitos no solo a partir do crescimento de milho (*Pennisetum americanum*)

Ezequiele Backes¹, Liane Bianchin², Daniela Montanari Migliavacca Osório³

¹Universidade Feevale (ezequielebackes@hotmail.com)

² Universidade Feevale (lianebianchin@feevale.br)

³ Universidade Feevale (danielaosorio@feevale.br)

Resumo

O rápido crescimento da urbanização, economia e tecnologia, resulta em mudanças no estilo de vida e consumo da população. Estas modificações resultaram em maior produção de resíduos sólidos, surgindo a necessidade de viabilizar uma solução para o tratamento/ utilização desses resíduos. Atualmente o resíduo de dimetilformamida proveniente de destilação é incinerado, um processo oneroso e prejudicial ao ambiente. O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de caracterização de resíduo de dimetilformamida proveniente de destilação, incorporá-lo no solo e avaliar seus efeitos mediante crescimento de milho. 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 serão avaliadas 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: Dimetilformamida. Incorporação de resíduo. Solo.

Área Temática: Resíduos sólidos.

Proposal for a methodology for the characterization of residue from distillation of dimethylformamide and evaluation of the effects on the soil from the growth of millet (*Pennisetum americanum*)

Abstract

The rapid growth of urbanization, economics and technology results in changes in the lifestyle and the population consumption. These modifications resulted in greater production of solid waste, with the need to provide a solution for the treatment or use of such waste. Currently the residue of dimethylformamide from distillation is incinerated, a costly and highly damaging process for the environment. The aim of this work is to propose a methodology of characterization of dimethylformamide residue from distillation, incorporate it into the soil and evaluate its effects through growth of millet. 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: Dimethylformamide. Incorporation of waste. Soil.

Theme Area: Solid waste.



1 Introdução

O crescimento populacional e desenvolvimento econômico, aliados a urbanização e a revolução tecnológica acarretam mudanças no estilo de vida e consumo da população. Para suprir estas demandas modificaram-se as formas de produção, o que acarretou em um aumento da produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, surgindo a necessidade de viabilizar uma solução para o tratamento ou utilização desses resíduos (GOUVEIA, 2012; STIJEPOVIC; LINKE, 2011; REBAH et al., 2007; WEI; HUANG, 2001).

É fundamental que se considere a disposição e não o descarte dos resíduos. No caso de descarte de alguns tipos de resíduos, principalmente os perigosos, a única opção é a de incineração, que além de ser um processo oneroso, é altamente prejudicial ao meio ambiente. Já no caso da disposição, o objetivo é utilizar o resíduo e não apenas eliminá-lo. Dentro das opções de disposição, a reutilização de resíduos ou ainda um destino ambientalmente mais sustentável, é, sem dúvida, a opção mais interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental, e, muitas vezes, social (PEREIRA, 2014; GOUVEIA, 2012, GOUVEIA, 2010).

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; MELLO FILHO et al., 2010).

O gerenciamento inadequado desses resíduos sólidos ocasiona impactos ambientais e para a saúde humana. Seguindo a tendência de crescimento desse problema, a destinação incorreta dos resíduos sólidos destaca-se como um grave problema ambiental da atualidade. 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, WHO, 2007). 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.

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de caracterização de resíduo de dimetilformamida proveniente de destilação de solução de DMF, incorporá-lo no solo e avaliar seus efeitos mediante o acompanhamento do crescimento de milheto (*Pennisetum americanum*).

2 Metodologia

Não há estudos anteriores que se referem ao tema desta pesquisa, dessa forma, a metodologia compreendeu pesquisas em artigos relacionadas ao assunto de resíduos sólidos e de como caracterizá-los.

Em relação ao procedimento experimental, este será elaborado a partir de testes preliminares realizados na Venezuela. A partir destes testes, definiu-se que primeiramente será realizada a caracterização do resíduo de dimetilformamida, após o mesmo será incorporado no solo. Os efeitos do resíduo no solo serão avaliados a partir do plantio e



desenvolvimento de milheto. Após o crescimento do milheto, o solo também será caracterizado através de metodologia reconhecida.

3 Resultados

3.1 Caracterização do resíduo

Os resíduos classificam-se de acordo com sua periculosidade e solubilidade. A Associação Brasileira de Normas Técnicas 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 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).

O resíduo será coletado em uma empresa de laminados sintéticos da região do vale dos Sinos/RS. 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.

3.2 Caracterização do solo

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) será feita pelo método descrito por Tedesco et al. (1995), o qual 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 CuSO_4 , H_2SO_4 e Na_2SO_4 ou K_2SO_4 . 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 (H_2SO_4 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 (CO_2) 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 $28 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5$. Cada amostra deve ser incubada em frascos de 1L, com recipientes contendo 10 mL de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ NaOH para captação do CO_2 liberado. Após a incubação, os recipientes com NaOH serão retirados e recebem 1 mL de BaCl_2 a 30% e 3 gotas de fenolftaleína para titulação com $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ 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 CO_2 é posteriormente calculada.

4 EXPERIMENTO

Será medido o pH das amostras. Devido a suas características físico-químicas, sabe-se que o pH do resíduo é ácido. 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.

Também será caracterizada amostra de um solo fornecido por um parceiro do projeto e o mesmo será coletado em Picada Café. Neste solo serão plantadas sementes de milho, a planta escolhida para avaliar seu crescimento mediante a incorporação do resíduo no solo. 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.

Quadro 1. Identificação das amostras

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

Fonte: autoral



Após a incorporação, o crescimento do milho será acompanhado para verificar se o resíduo alterará as condições químicas no solo proporcionado pelo material incorporado. Os resultados obtidos serão avaliados pela análise de variância e teste de médias.

A profundidade de plantio é muito importante, haja vista que o tamanho da semente é pequeno. Em solo argiloso, o plantio deve ser em menor profundidade, pois esse tipo de solo retém mais água na superfície. Em solo arenoso, a semente deve ser colocada um pouco mais profunda a fim de ficar em contato com a umidade. Considerando as características do tipo de solo e do tamanho da semente, o milho pode ser semeado a profundidades que variam de 2 cm a 4 cm (GUIMARÃES et al., 2013; KICHEL et al., 1999).

Aos 30 dias após o plantio realiza-se 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; BORDIN et al., 2008; FOLONI et al., 2006).

5 Conclusão

Esta pesquisa avaliará a possibilidade de diminuir parte dos impactos ambientais causados ao meio ambiente, destinando um resíduo atualmente incinerado para ser incorporado no solo.

Espera-se que a incorporação do resíduo em pequenas proporções não afete significativamente as condições do solo e não afete o crescimento do milho, tornando-se uma alternativa mais sustentável do que atualmente é proposto pela sociedade.

Referências

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: 05/11/ 2017

BORDIN, I. et al. **Crescimento de milho e guandu, desempenho de plantas cítricas e propriedades físicas do solo escarificado em um pomar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1409-1418, 2008.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed Rio de Janeiro, RJ, 2011.

FOLONI, J. S. S. et al. **Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.49-57, 2006.

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.



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.

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.

KICHEL, N.A. et al. **O milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira:** Brasília, p.97-102. 1999.

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.

MELLO FILHO, C. H. R.; OLIVEIRA, J. R; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. **Caracterização e aplicação dos resíduos sólidos gerados na fabricação de precipitado de carbonato de cálcio como corretivo da acidez do solo.** Journal Scielo Analytics: Revista Escola de Minas. Vol. 63, nº 2, Ouro Preto, 2010.

PEREIRA, J. A. R. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental.** Research gate. 2014.

REBAH, F.B.; PRÉVOST, D.; YEZZA, A.; TYAGI, R.D. **Agro-industrial waste materials and wastewater sludge for rhizobial inoculant production: A review.** Bioresource Technology, V. 98, p. 3535-3546, 2007.

STIJEPOVIC, M.Z.; LINKE, P. **Optimal waste heat recovery and reuse in industrial zones.** Energy, V. 36, p. 4019-4031, 2011.

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).

U. S. EPA - United States Environmental Protection Agency. **Method 3051a: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils.** Washington: 2007.

WEI, M.S.; HUANG, K.H. **Recycling and reuse of industrial wastes in Taiwan.** Waste Management, V.21, p. 93-97, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Population health and waste management: scientific data and policy options.** Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2007.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos.** Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.