

VI-048 - BIODISPONIBILIDADE DE METAIS DE AREIA DE MOLDAGEM E SEU EFEITO SOBRE CENOURA E ALFACE

José Angelo Rebelo⁽¹⁾

Engenheiro-agrônomo pela Universidade Federal de Santa Catarina – Ufsc. Mestrado em Agronomia, com concentração em Fitopatologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRgs. Doutorado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Fitotecnia com concentração em Fitopatologia – UFRgs.

Raquel Luísa Pereira Carnin⁽²⁾

Química Industrial pela Universidade da Região de Joinville (Univille). Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc). Doutora em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pesquisadora da Tupy.

Endereço⁽¹⁾: Estação Experimental de Itajaí – Epagri/ Bairro Itaipava/ Rodovia Antônio Heil, km 7/ Itajaí, SC

RESUMO

O principal resíduo das fundições de ferro é a areia de moldagem, também conhecida com Areia Descartada de Fundição (ADF), composta por areia, pó de carvão e bentonita. A norma da ABNT NBR10004/2004 classifica a ADF como resíduo Classe II A – não perigoso, porque apresenta no ensaio de solubilização alumínio, ferro e manganês acima do valor máximo permitido da norma. Por isso, as empresas precisam enviar os resíduos para aterros comerciais ou construir aterros próprios. Estes procedimentos adotados pelas empresas ocorrem porque há uma lacuna na Norma, embora apenas tenha a função de ser um referencial na gestão de resíduos e não definir a possibilidade do aproveitamento da ADF.

O objetivo deste estudo foi o de demonstrar o efeito da areia descartada de fundição sobre a qualidade de alimentos produzidos em substratos compostos por ele.

PALAVRAS-CHAVE: Areia descartada de fundição, alface, cenoura.

INTRODUÇÃO

Muitas indústrias são geradoras de efeitos nocivos ao meio ambiente pela própria transformação dos recursos naturais em bens porque, no processo, geram enorme quantidade de resíduos. Considerando-se a diversidade e o porte do parque industrial brasileiro, a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos gerados, assumem uma importância considerável no processo de degradação do meio e de exploração de recursos naturais.

As areias de fundição representam um dos resíduos sólidos industriais com maior volume de produção. Somente no Brasil são gerados cerca de 3 milhões de toneladas por ano. A maior parte destes resíduos é disposta em aterros com custos para os geradores e impactos ambientais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define que resíduos sólidos são os que se encontram em estado sólido ou semi-sólido, resultantes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição (NBR 10.004, 2004).

Os resíduos sólidos são considerados como perigosos quando suas características apresentarem risco à saúde pública, provocando doenças até a morte e riscos ao meio ambiente, quando gerenciados de forma inadequada.

A classificação de resíduos de acordo com a ABNT NBR 10.004/2004 compreende desde a identificação do processo que gerou este resíduo, as características de seus constituintes e a comparação destes com as listagens de substâncias, cujo impacto à saúde e ao meio ambiente já é conhecido. A norma NBR 10.004/2004 classifica os resíduos em duas classes, segundo sua composição e propriedades conforme Tabela 1:

Tabela 1. Classificação dos resíduos (NBR 10.004, 2004).

Classificação dos Resíduos		
Classe I	Classe II	
Perigosos	Não perigosos	
	Tipo A	Tipo B
	Não-inertes	Inertes

As indústrias de fundição geram vários tipos de resíduos, dentre eles um tipo de resíduo sólido proveniente do descarte das Areias de Fundição, que respondem pela maior parcela de peças fundidas no Brasil, sendo sua utilização em aproximadamente 80% das fundições nacionais (PABLOS, 1996).

A ADF é classificada como resíduo classe II A porque apresenta no ensaio de solubilização alumínio, ferro e manganês acima do valor máximo permitido da norma (Abifa, 2006).

SILVA (2007) relata que a norma NBR 10.004 foi baseada no Código Federal de Registros (CFR) nº 40 (Proteção ao Meio Ambiente) e 261 - Sistema de Gestão de Resíduos Perigosos, este último, classifica os resíduos somente em duas classes: perigosos e não perigosos, não mencionando a aplicação do ensaio de solubilização. Como a norma brasileira incorporou a exigência do teste de solubilização a ADF foi classificada na Classe II-A.

Os órgãos ambientais do Brasil utilizam a norma NBR 10.004 como parâmetro único para decidir o que fazer com a ADF. Por isso, as empresas precisam enviar os resíduos para aterros comerciais ou construir aterros próprios. Estes procedimentos adotados pelas empresas ocorrem porque há uma lacuna na Norma, embora tenha apenas a função de ser um referencial na gestão de resíduos e não definir a possibilidade do aproveitamento da ADF (CARNIN, 2008).

A extração das matérias primas da ADF: areia, pó de carvão e bentonita aliado ao acúmulo de resíduo em aterros causam significativos impactos ambientais. Por isso, o aproveitamento do ADF deveria ser incentivado para a redução do quantitativo de areia extraído da natureza.

A disposição das ADF's em aterros industriais além de possuir altos custos também cabe às fundições a responsabilidade por eventuais problemas ambientais futuros, como problemas de remediação de solo. Assim, para evitar esses custos as fundições se esforçam para encontrar formas de aproveitamento (ALVES, 2012). No Brasil, o aproveitamento da ADF só é possível em artefatos de concreto sem função estrutural e agregado para misturas asfálticas através da Decisão de Diretoria Cetesb 152/2007 e resoluções estaduais, como por exemplo, a Resolução Estadual Consema 011/2008. Estas atividades também são normatizadas pela NBR 15.702 da ABNT/2009.

A viabilização do aproveitamento de ADF em aplicações para a construção civil está quase consolidada, sendo abundante o número de estudos que tratam a respeito. Sua utilidade na agricultura como um dos componentes de solos manufaturados, tem sido reportada por diversos estudos estrangeiros como viável e segura. De maneira geral, a utilização das ADF na agricultura e em práticas de remediação são ainda práticas incipientes, mas que possui bastante aplicabilidade. Entretanto, a preocupação com relação ao potencial de contaminação destas areias ainda é forte.

Além das preocupações ambientais, barreiras como falta de acesso às informações por parte da opinião pública, o baixo valor unitário das areias virgens, a falta de mercado organizado que conecte as fontes produtoras aos usuários e políticas públicas eficazes, são apontadas como as principais causas da limitação das práticas de reutilização (ALVES, 2012).

USO DA ADF NA AGRICULTURA (SOLOS MANUFATURADOS)

Diversos estudos foram realizados para avaliar a possibilidade de utilização das ADF como aditivo de solos manufaturados (ABICHOU *et al.*, 2002; DAYTON *et al.*, 2009; DUNGAN, *et al.*, 2007; DUNGAN; DEES, 2007; DUNGAN, *et al.*, 2009; DUNGAN, *et al.*, 2006; HINDMAN, J. *et al.*, 2008; JING; BARNES, 1993; KOFF, *et al.*, 2008, 2010; STEHOUWER, 2006; STEHOUWER, *et al.*, 2009).

Para ABICHOU *et al.* (2002) e JING e BARNES (1993), a presença das areias de moldagem (ADF) no solo, devido à presença da bentonita, aumenta a capacidade de reter nutrientes e servindo, consequentemente, como um fertilizante indireto.

Para avaliar a biodisponibilidade dos contaminantes das ADF, DUNGAN e DEES (2007) cultivaram Rabanete (*Raphanus sativus* L.), Espinafre (*Spinacia oleracea* L.) e Azevém, em misturas 1:1 de ADF (areias de fundição de ferro, aço e alumínio) e areia virgem. As plantas testadas não acumularam concentrações dos elementos traços analisados com exceção de Níquel, Molibdênio e Chumbo em algumas ADF e somente em algumas espécies de plantas.

Com relação aos microrganismos de solo DUNGAN *et al.* (2009), caracterizou a estrutura e a composição das comunidades bacterianas em misturas de solo com a adição de 30% de ADF proveniente de fundições de ferro, alumínio e aço. Todas as misturas foram cultivadas com Azevém perene e estudadas com 4 semanas e 6 meses de experimento. Os autores concluíram que embora a adição de ADF no solo, causa mudanças nos níveis bacterianos, essas mudanças são similares às mudanças causadas pela adição de areia virgem.

JING e BARNES (1993), cultivaram árvores em diversas misturas de solo com areia de fundição e observaram um crescimento similar ao controle, nenhuma fitotoxicidade foi reportada.

HINDMAN *et al.* (2008), conduziram um estudo em colunas para investigar o crescimento de plantas, lixiviação e absorção de nutrientes, elementos traços e orgânicos de misturas de diferentes tipos de ADF e materiais compostados. Os autores encontraram diferenças significativas na absorção de nutrientes pelas plantas e na lixiviação de elementos traços, mas estas foram atribuídas ao componente compostado nas misturas em estudo (ALVES, 2011).

STEHOUWER *et al.* (2009), conduziram um estudo de campo ao longo de 3 anos, onde foi comparados misturas de solo com ADF e solos naturais. O crescimento das plantas foi melhor nos solos com misturas e aditivos que nos solos naturais e o conteúdo dos principais macronutrientes e elementos traços nos tecidos vegetais foi similar em ambos nos dois casos. Os autores concluíram que as ADF podem ser utilizadas em misturas de solo, apresentando um baixo risco de contaminação por elementos traços e contaminantes orgânicos. Entretanto, é necessário se ater, à lixiviação de N e P resultante do uso de materiais compostados imaturos, de baixa relação C/N.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Itajaí/Epagri (EEI) em Itajaí, SC, no ano de 2008/2009. Utilizaram-se a cenoura Forto e as alfaces, uma para verão e outra para inverno, denominadas de Litorânea e Antonina, respectivamente.

A cenoura foi semeada diretamente nos canteiros e cultivada por 105 dias em solo ainda não usado na agricultura (T1) e em misturas dele com ADF da Tupy S.A. (Joinville, SC) nas porcentagens (v/v) de 25, 50, 75 e 100 (T2, T3, T4, T5, respectivamente) em canteiros com medidas internas de 1m de largura, 3,0m de comprimento e 0,35m de profundidade montado com tijolos e revestido internamente por PVC agrícola transparente de 100µ de espessura, sobre piso de concreto de um abrigo de cultivo coberto pelo PVC citado (Figura 1).



Figura. 1. Área experimental de cultivo de cenoura e alface em substrato com ADF.

O espaçamento foi de 0,30 x 0,05m com 250 plantas úteis por tratamento. As alfaces foram cultivadas no mesmo abrigo, em hidroponia, em três ciclos de 35 dias, com trinta plantas por tratamentos (Figura 2), que foram submetidas à solução nutritiva (Figura 3), em 70L de água coletada de chuvas, com 1g de Kristalon laranja (6-12-36) + 1 mL de FeEDTA + 1g de Nitrato de Cálcio por litro, com ou sem 10 kg de ADF, trocada semanalmente.



Figura. 2. Alface de duas variedades (1) e (2) em hidroponia, com e sem ADF.

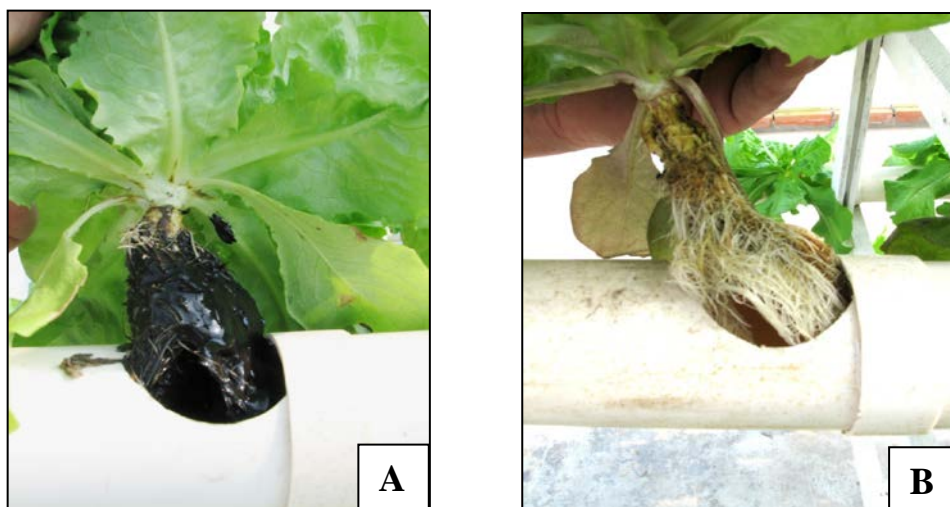


Figura 3. Alface em hidroponia com ADF (A) e sem ADF (B).

As soluções nutritivas (70L) foram substituídas semanalmente e por três oportunidades. Cada litro de água circulante recebeu 1g de Kristalon laranja (6-12-36) + 1 mL de FeEDTA + 1g de Nitrato de Cálcio. Nos tratamentos com ADF acrescentaram-se 10 kg de deste resíduo para cada 70L de solução nutritiva. Havia 30 plantas totais e úteis por tratamento. O ciclo de cultivo, a partir da deposição das mudas em cada tratamento foi de 35 dias.

A circulação da solução nutritiva foi 15 em 15 minutos durante o dia (6h às 18h) e de 15 minutos a cada 2h durante a noite (18h às 6h), conforme Furlani *et al.* (1999). As mudas de alface utilizadas tinham 22 dias da semeadura. Foram obtidas em canteiros móveis de polietileno com 128 células e com substrato feito com solo agrícola empregado nos tratamentos com a cenoura e misturado com composto orgânico feito apenas com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), na proporção v/v de 3:1.

O espaçamento das cenouras, após o desbaste, foi de 0,20 m entre linhas por 0,05 m entre plantas, com 200 plantas totais e consideradas úteis, por tratamento.

Os tratamentos com alface foram conduzidos sob o mesmo abrigo de cultivo, mas em solução hidropônica, onde T1= variedade litorânea; T2= variedade antonina, ambos tratamentos com ADF na solução nutritiva; T3= variedade litorânea; T4= variedade antonina, ambos tratamentos sem ADF na solução nutritiva.

Para análise de conteúdo mineral, as folhas das alfaces e raízes e folhas das cenouras foram picadas e em seguida postas a secar em estufas a 50°C até peso constante. Depois de transformada em pó foram embaladas em sacos plásticos e enviadas a laboratórios para análise de conteúdo mineral por tratamento.

Considerando o expressivo número de plantas por tratamento e que todas elas foram analisadas, a interpretação dos resultados foi feita baseada nos valores aritméticos do conteúdo mineral em cada tratamento.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A adição de ADF na solução hidropônica refletiu em maior concentração de minerais nas duas alfaces. Os insumos usados na solução nutritiva apresentaram maior concentração de minerais que a ADF (Figura1).

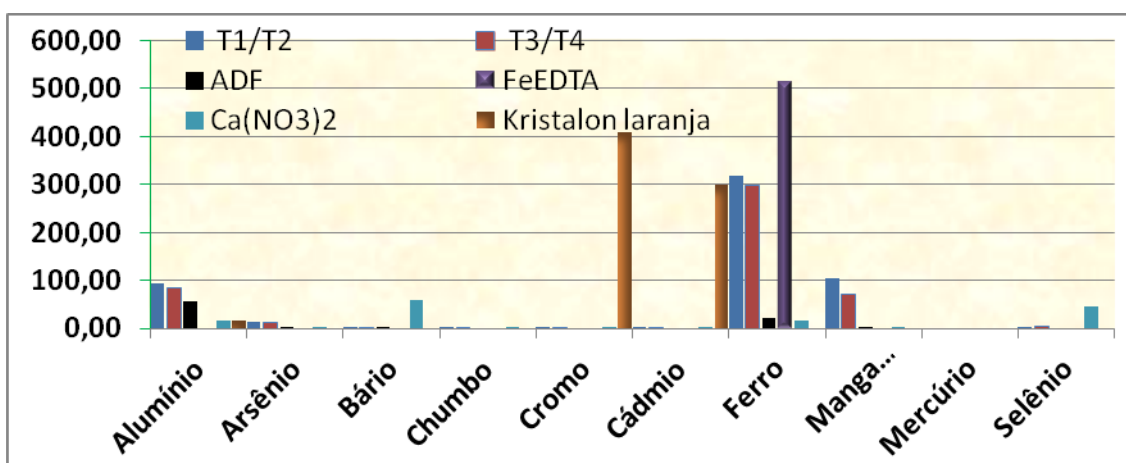


Figura 1. Metais (mg.kg⁻¹) em areia descartada de fundição (ADF), nos insumos usados na solução nutritiva (kristalon laranja, nitrato de cálcio e FeEdta) e em matéria seca de alface hidropônica com e sem ADF, respectivamente (T1/T2) e (T3/T4).

Também houve incremento de matéria seca com a adição de ADF na solução nutritiva. As folhas de cenouras acumularam MS crescentemente com o incremento de até 50% de ADF no substrato e diminuiu nos incrementos maiores que este. A produção de MS pelas folhas de cenoura foi a mesma nos substratos solo+0, solo+75 de ADF e 100% de ADF.

Nas raízes, a concentração de MS foi maior em solo+25% de ADF.

Nas demais misturas foi igualmente menor que essa. As raízes e folhas de cenouras produzidas em solo agrícola, ainda não explorado, continham mais metais que as raízes e folhas das cenouras cultivadas exclusivamente em ADF (Figura 2).

A marcha de absorção de metais pela alface não foi proporcional ao conteúdo na solução hidropônica e tampouco pelas raízes e folhas de cenoura, cujo acúmulo de metais diminuiu com o aumento da concentração de ADF no substrato, logo, não houve correlação do teor de metais na planta com o do teor no substrato.

As plantas não apresentaram sinais de fitotoxicidez. O solo apresentou maior teor de alumínio e menor de ferro que a ADF, mas não diferiu na concentração dos demais minerais analisados. Conforme Furlani et al (1978) alface e cenouras produzidas em lavouras convencionais apresentaram maior teor de metais que as produzidas neste trabalho (Figuras 3 e 4).

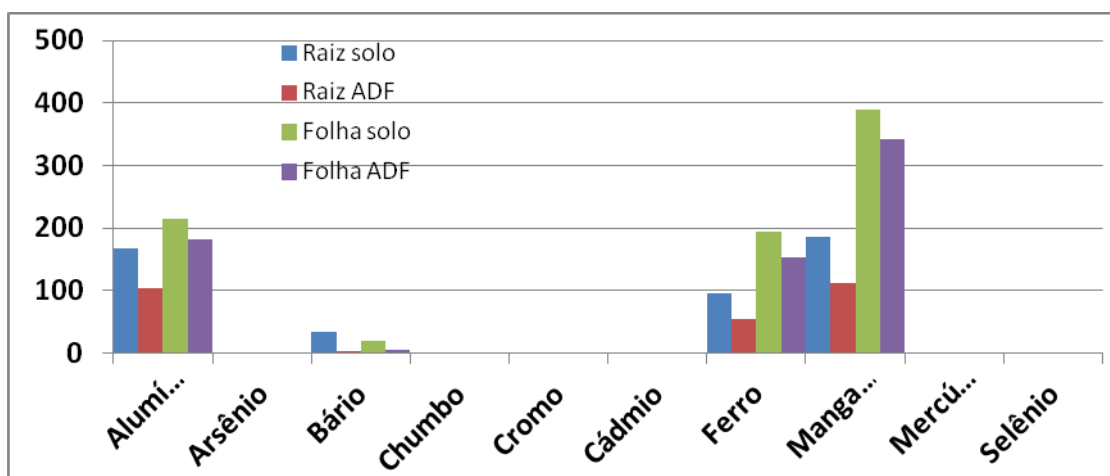


Figura 2. Metais (mg.kg⁻¹) em matéria seca de raízes e folhas de cenoura cultivada exclusivamente em solo agrícola ainda não explorado e exclusivamente em areia descartada de fundição (ADF).

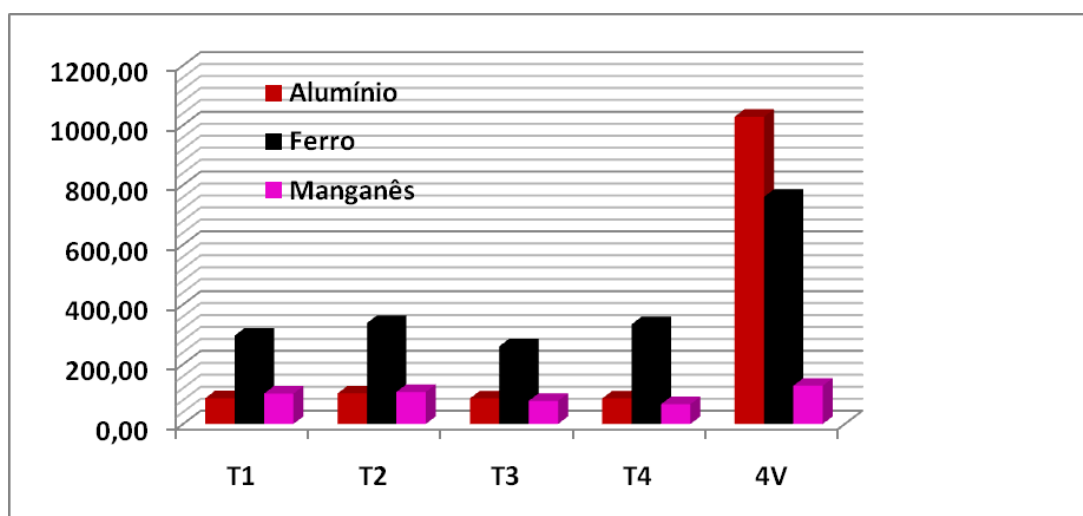


Figura 3. Alumínio, Ferro e Manganês (mg.kg⁻¹) na matéria seca de folhas de duas var. de alfaces cultivadas em hidroponia com e sem areia descartada de fundição T1/T2 e T3/T4, respectivamente e em quatro variedades cultivadas em solo de agricultura convencional.

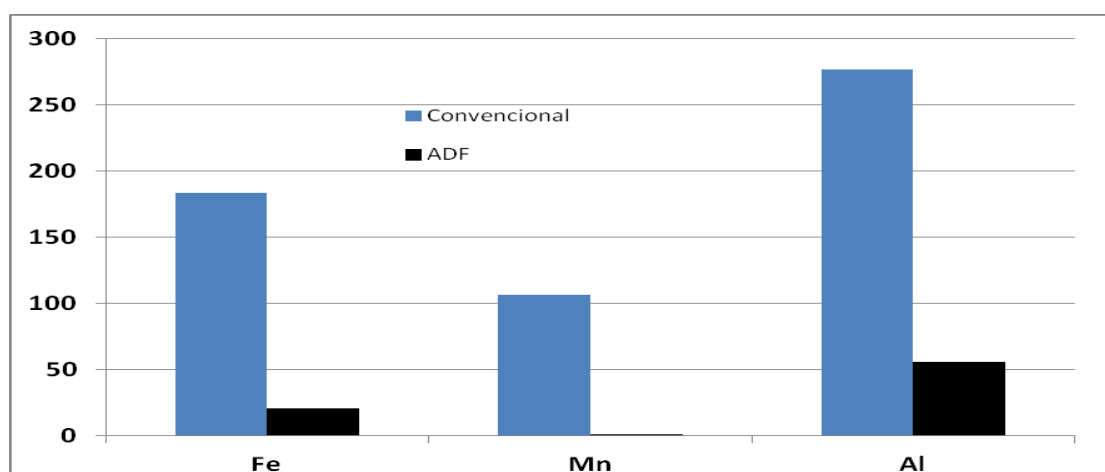


Figura 4. Alumínio, Ferro e Manganês (mg.kg⁻¹) na matéria seca de raízes de de cenouras cultivadas em areia descartada de fundição (ADF), e em duas var. de cenouras produzidas em solo de agricultura convencional.

CONCLUSÕES

O emprego de ADF em cultivo de cenoura e alface não impõe às plantas maior absorção de minerais que nos solos de agricultura convencional;

Solos agrícolas ainda não utilizados podem conter minerais em maior concentração que em ADF;

Insumos permitidos para hidroponia podem conter metais não anunciados e tanto ou mais que em ADF;

Não há correlação da concentração de metais no substrato com os encontrados nas plantas nele cultivadas;

A concentração de metais na ADF não causa dano à cenoura e nem à alface nela produzida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO – ABIFA. Areias de Fundição de Ferro Descartadas: A Visão da Abifa. Revista Fundição e Matérias-primas. Edição 78, p. 54 – 61, 2006.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Resíduos Sólidos – Classificação – NBR 10.004/2004. Rio de Janeiro, 2004.
3. FURLANI, P.Q.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico e plantas. Campinas. 1999. 52p. (Boletim Técnico 180).
4. FURLANI, A.M.C.; et al. Composição mineral de diversas hortaliças. Bragantia, Campinas, SP, v.37, n.5.1978.
5. PABLOS, Javier Mazariegos. Utilização do resíduo sólido gerado pelo descarte em matriz de cimento. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Paulo – USP, 1996.
6. SILVA, Tatiane. Comparativo Entre os Regulamentos Existentes para Reutilização dos Resíduos de Fundição. Universidade Federal de Santa Catarina. Monografia de Conclusão do Curso de
7. Bárbara, S. Q. Estudo da Viabilidade Ambiental da Reutilização das Areias Descartadas de Fundição. [S.l.]: UFSC, 2012.
8. CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 152/2007/C/E - Dispõe sobre procedimentos para gerenciamento de areia de fundição. . [S.l.]: COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. , 2007.
9. CONSEMA Engenharia Ambiental e Sanitária. Florianópolis, 2007.
10. CARNIN, R. L. P. Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas. [S.l.]: UFPR, 2008.
11. ALVES. RESOLUÇÃO Nº 011-1. Estabelece critérios para a utilização da Areia Descartada de Fundição de materiais ferrosos na produção de concreto asfáltico e artefatos de concreto sem função estrutural. . [S.l.]: Conselho Estadual de Meio Ambiente. , 2008.
12. ABNT. NBR 15702 - Areia descartada de fundição: Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário. . Rio de Janeiro – RJ: [s.n.]. , 2009^a.
13. ABICHOU, TAREK; BENSON, CRAIG H.; EDIL, TUNCER B. Micro-structure and hydraulic conductivity of simulated sand-bentonite mixtures. Clays and Clay Minerals, v. 50, n. 5, p. 537-545, 1 out 2002.
14. DAYTON, E. A. WHITACRE, S. D. DUNGAN, R S; BASTA, N. T. Characterization of physical and chemical properties of spent foundry sands pertinent to beneficial use in manufactured soils. Plant and Soil, v. 329, n. 1-2, p. 27-33, 11 ago 2009.
15. DUNGAN, ROBERT S.; DEES, N. H. Use of Spinach, Radish, and Perennial Ryegrass to Assess the Availability of Metals in Waste Foundry Sands. Water, Air, and Soil Pollution, v. 183, n. 1-4, p. 213-223, 13 mar 2007.
16. DUNGAN, ROBERT S. KIM, J.-S. WEON, H.-Y.; LEYTEM, A. B. The characterization and composition of bacterial communities in soils blended with spent foundry sand. Annals of Microbiology, v. 59, n. 2, p. 239-246, jun 2009.
17. DUNGAN, ROBERT S; DEES, N. H. Metals in Waste Foundry Sands : Assessment with Earthworms. Science, v. 3, n. 3, p. 177-184, 2006.
18. DUNGAN, ROBERT S; KUKLIER, U.; LEE, B. Blending foundry sands with soil: Effect on dehydrogenase activity. The Science of the total environment, v. 357, n. 1-3, p. 221-30, 15 mar 2006.
19. HINDMAN, J. STEHOUWER, R.; MACNEAL, K. Spent Foundry Sand and Compost in Blended Topsoil : Availability of Nutrients and Trace Elements. differences, v. 5, n. 2, p. 77-86, 2008.
20. JING, J.; BARNES, S. Agricultural use of industrial by-products. BioCycle, v. 34, n. 11, p. 63–63, 1993.
21. KOFF, J. P. LEE, B. D.; DUNGAN, R S. Amelioration of physical strength in waste foundry green sands for reuse as a soil amendment. Journal of environmental quality, v. 37, n. 6, p. 2332-8, 2008.
22. STEHOUWER, R. Use of Spent Foundry Sand in Manufactured Topsoils : Assessment of transport and availability of trace metal and organic contaminants and nutrient dynamics in the topsoil environment. . [S.l.: s.n.]. , 2006.
23. STEHOUWER, R. C. HINDMAN, J. M.; MACDONALD, K. E. Nutrient and trace element dynamics in blended topsoils containing spent foundry sand and compost. Journal of environmental quality, v. 39, n. 2, p. 587-95, 2009.
24. JING, J.; BARNES, S. Agricultural use of industrial by-products. BioCycle, v. 34, n. 11, p. 63–63.