

A TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM BIOFERTILIZANTES VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS E MELHORIAS SUSTENTÁVEIS AO MEIO AMBIENTE

Autor[1], Antonio Carlos Barreto dos Santos

Resumo: O presente artigo tem como objetivo expor diferentes tipos de resíduos orgânicos e sua conversão em fertilizante, por meio da compostagem, visando a redução de custos e melhorias sustentáveis para o meio ambiente. Assim, o foco principal deste artigo foi analisar a utilização de resíduos biológicos como esterco animal, lodo de esgoto, resíduos sólidos urbanos e resíduos alimentares para produção de biofertilizante. Além disso, foram examinadas as vantagens e desvantagens do uso de fertilizantes químicos e orgânicos, evidenciando seus aspectos ambientais, bem como o potencial econômico da conversão dos insumos orgânicos através da compostagem, demonstrados através da sustentabilidade, redução do peso e volume dos resíduos orgânicos em suas potencialidades de gerações contínuas.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa. Compostagem. Resíduos Orgânicos. Sustentabilidade. Desperdício.

Abstract: This article aims to expose different types of organic waste and its conversion into fertilizer, through composting, aiming at cost reduction and sustainable improvements for the environment. Thus, the main focus of this article was to analyze the use of biological waste such as animal manure, sewage sludge, municipal solid waste and food waste for the production of biofertilizer. In addition, the advantages and disadvantages of using chemical and organic fertilizers were examined, highlighting their environmental aspects, as well as the economic potential of converting organic inputs through composting, demonstrated through sustainability, reducing the weight and volume of organic waste in their potential for continuous generations.

KEYWORDS: Biomass. Composting. Organic waste. Sustainability. Waste.

[1] E-mail do autor: premieri@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

A fertilização é vital para melhorar as características da planta e a absorção de nutrientes. A viabilidade dos fertilizantes orgânicos depende em grande parte dos custos de processamento de conversão, custos de produção e avaliações ambientais, visando melhorias socioeconômicas e ecológicas, principalmente na qualidade dos alimentos e preservação do meio ambiente.

As possibilidades dessas fontes de resíduos de biomassa como fertilizantes orgânicos foram avaliadas por meio do estudo de seu manejo eficaz. Grande parte desses resíduos de biomassa é descartada em aterro sanitário ou incinerada devido à falta de espaço e outras variáveis da cultura populacional, o que contribui para o grande aumento de peso e do volume dos resíduos gerados. Destarte, resíduos de biomassa contêm nutrientes valiosos, que podem ser bem aproveitados se gerenciados de maneira adequada.

Eles contêm alta matéria orgânica e podem ser tratados para remover patógenos e em seguida, usados para fertilizar os solos. Ao contrário dos fertilizantes químicos, a matéria orgânica requer um lapso de tempo para se mineralizar. Este tempo de mineralização dependerá da composição da matéria orgânica, características do solo, umidade e condições de temperatura.

O aumento da demanda por alimentos criou restrições ao uso da terra para o cultivo, devido à necessidade de industrialização e desenvolvimento. Portanto, para fornecer os suprimentos alimentares necessários, fertilizantes químicos e pesticidas têm sido amplamente utilizados para aumentar o crescimento e o rendimento das safras.

Contudo, o uso rigoroso de fertilizantes químicos tem levado à deterioração do equilíbrio dinâmico dos ecossistemas do solo, da flora e da fauna, bem como à contaminação dos cursos d'água. A necessidade de uma fertilização sustentável com mínimo impacto ambiental tem motivado a busca por fontes alternativas de fertilizantes para uso na agricultura e searas. Isso tem gerado um interesse crescente em matéria-prima renovável de resíduos orgânicos desde a última década.

Além disso, os biofertilizantes de processos de compostagens também podem auxiliar na biorremediação de solos contaminados com agrotóxicos e hidrocarbonetos. Portanto, o desafio recente no campo de pesquisa agrícola é reduzir o uso de altas taxas de fertilizantes químicos, o que afetará negativamente a saúde humana e o meio ambiente.

Em decorrência desses fatos, o presente artigo evidencia os principais impactos gerados pela transformação de resíduos orgânicos em biofertilizantes por meio dos processos de compostagem, mediante a conjuntura ambiental, além de evidenciar como essas mudanças

influenciaram diretamente no setor agrícola, além de fornecer uma visão abrangente sobre o progresso atual na produção de fertilizantes orgânicos a partir de resíduos de biomassa.

Tanto fertilizantes químicos como os orgânicos resultantes de processos de compostagem de variados tipos de biomassa, apresentam nutrientes essenciais para as plantas, a saber do nitrogênio, que auxilia no crescimento da cultura e evita a degradação da terra após longos períodos de atividades agrícolas. O fósforo é crucial para o metabolismo energético, armazenamento e expressão da informação genética. Por outro lado, o potássio é essencial para estimular os sistemas fotossintéticos e pode melhorar o crescimento da planta, a produção e a resistência à seca, ajudando a manter o crescimento sob condições de estresse.

A abordagem utilizada para a construção desse artigo é a qualitativa descritiva. O método de pesquisa escolhido foi um conjunto de procedimentos e técnicas que visaram à coleta e análise dos dados, capaz de fornecer os meios para se alcançar o objetivo proposto.

Levando em consideração essa metodologia, construiu-se uma base de dados, com o auxílio das plataformas online, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e google acadêmico. Com o uso das palavras-chave: “Biomassa”, “Compostagem”, “Resíduos Orgânicos”, “Sustentabilidade” e “Desperdício”. Incluindo apenas artigos publicados nos idiomas português, espanhol e inglês com autoridade sobre o assunto.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Utilizações de Biorresíduos Para Produção de Fertilizantes e Crescimento de Plantas

Os fertilizantes químicos foram amplamente utilizados ao longo dos anos, gerando impactos ambientais significativos, sendo muitos deles irremediáveis. O uso excessivo desses produtos, resultou em severa acidificação do solo, que é frequentemente associada à deficiência de fósforo, menor biodiversidade e produção e toxicidade do alumínio (SHARARA,2018).

No geral, a indústria agrícola foi considerada mais impactante em termos de potencial de destruição da camada de ozônio, potencial de oxidação fotoquímica e demanda de energia cumulativa, onde os desenvolvimentos dos processos ocorrem. Em razão desses acontecimentos, a humanidade passou a buscar alternativas para reciclar os seus resíduos orgânicos e transformá-los em fertilizantes por meio da compostagem (GUIMARÃES, 2017).

A compostagem é uma técnica de processamento para sintetizar os fertilizantes orgânicos. O manejo desses resíduos de biomassa é essencial para o desenvolvimento de um

ciclo sustentável em termos de gerenciabilidade, agregando valor ao produto, a fim de melhorar o solo, bem como minimizar os impactos ambientais (BRENTROP, 2008).

Os resíduos orgânicos usados como fertilizantes agrícolas, podem ser classificados em várias categorias, nomeadamente: Resíduos orgânicos de origem animal (estrupe), composto (fontes vegetais e resíduos alimentares) e resíduos urbanos (lamas de esgoto e resíduos domésticos) (MARTÍNEZ-BLANCO, 2010).

Esses resíduos são processados para otimizar seu conteúdo de nutrientes e promover seu valor agrícola, contribuindo para uma economia e meio ambiente mais ecologicamente correto. A Tabela 1 mostra as características dos diferentes tipos de resíduos biológicos usados para a produção de fertilizantes, segundo estudo realizado por Pereira em 2011.

Tabela 1: Características dos diferentes tipos de resíduos biológicos usados para a produção de fertilizantes

Tipos de Material	Fonte de Biomassa	Tratamento de Processamento em Fertilizante	Parâmetros monitorados e seus efeitos resultantes
Adubo orgânico	Estrume	Inoculação com <i>Azotobacter</i>	Rendimento biológico: Taxa máxima alcançada com o uso de esterco de gado. Rendimento de grãos: Aumento da biomassa e altura das plantas com boas condições nutricionais proporcionadas pelo adubo orgânico.
Adubo orgânico e adubo verde	Estrume de fazenda; Adubo verde <i>Trifolium alexandrianum</i>	Tratamento com microrganismos eficazes e solução fertilizante	Biomassa da parte aérea e rendimento de grãos: O aumento da biomassa da parte aérea e do rendimento de grãos do arroz foi observado com o uso de adubo verde como corretivo do solo.
Estrume animal	Vários animais: galinha, porco e gado	Misturado com fertilizante inorgânico em experimento de campo	Salinidade do solo: Aumento dos sais solúveis totais, diminuição do pH e ocorrência de salinização secundária do solo. Chuvas fortes reduziram consideravelmente a concentração de SST no solo.
Cinza de lodo de esgoto	Estação de tratamento de águas residuais	Lixiviação ácida; troca iônica; precipitação com água de cal	Absorção de fósforo: Foi encontrada uma taxa de absorção mais alta em comparação com o fertilizante comercial, pois a alta solubilidade dos fertilizantes comerciais levou à rápida formação de composto insolúvel que impediu o crescimento da planta.
Lodo de esgoto	Estação de tratamento de águas residuais	Seco termicamente e digerido anaerobicamente	Propriedades do solo: Maiores valores de matéria orgânica, K total, N e minerais. Propriedades microbianas: Atividades microbianas mais altas observadas em solos corrigidos por lodo de esgoto.
Lodo de esgoto fresco	Estação municipal	Compostagem usando	Processo de compostagem: A adição de corretivos

desidratado	de tratamento de águas residuais	reator	de fosfato promoveu aumento de temperatura, degradação da matéria orgânica e maior controle de nutrientes.
Composto	Resíduos de moinho de azeite	Torneamento mecânico e regado para compensar a evaporação	Agrônômico: o rendimento das safras usando composto era comparável ao de fertilizantes químicos. Nenhuma diferença significativa foi observada no teor de húmicos entre o composto e o fertilizante químico.
Composto - fertilizante líquido	Umidade do processo de fermentação	Coleção de umidade liberada	Recuperação do solo: A solução de carbono orgânico dissolvido preparada a partir da compostagem de resíduos alimentares removeu cerca de 43% e 21% do Zn inicial da camada superficial do solo e subsolo durante a lavagem do solo.
Composto	Desperdício de alimentos: arroz, repolho, porco	Biorreator de fermentação aeróbica de alta temperatura dinâmico	Processo de compostagem: pH estável e valor de condutividade elétrica alcançado após 96h de fermentação. Fertilizante orgânico maturado obtido em 96h. A colisão e fricção contínuas dentro do biorreator criam um ambiente perfeito para a reprodução de micro-organismos.
Vermicompostagem	Estrume de gado; Minhocas (<i>Eisenia fetida</i>)	Vermicompostado por dois meses	Propriedades do vermicomposto: benéfico para a estrutura do solo e disponibilidade de nutrientes. Rendimento: Aumento do crescimento vegetativo e do rendimento da hortelã-pimenta sem efeito negativo na saúde humana e no meio ambiente.

Fonte: PEREIRA, 2011.

2.2 Estrume animal

A aplicação de esterco animal como fertilizante é ideal para a agricultura e tem sido realizada em todo o mundo há séculos. O aumento de esterco e excreções nas fazendas é atribuído ao aumento da população global, que requer maiores fontes de produção de alimentos.

Esses adubos são de natureza orgânica e contêm nutrientes desejáveis, como nitrogênio e fósforo, que podem ser usados como fertilizantes para produzir produtos agrícolas de alto rendimento e de boa qualidade. O manejo dessas excreções de gado é necessário, pois podem mostrar efeitos prejudiciais na aplicação a longo prazo na agregação do solo (MARTÍNEZ-BLANCO, 2010).

Os nutrientes das excreções irão se acumular na superfície do solo e posteriormente serão levados para os cursos d'água pela chuva ou escoamento superficial, causando o crescimento de algas e resultando em eutrofização (GUIMARÃES, 2017).

Além disso, as excreções do gado são uma importante fonte de poluição, patógenos e odores de gases de efeito estufa (GEE). Portanto, estratégias adequadas de manejo de esterco, como a conversão de energia em fertilizantes, são essenciais para produzir efeitos mínimos ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que facilita a reciclagem eficiente dos nutrientes das plantas.

Os benefícios da aplicação de esterco como fertilizante orgânico e as preocupações com o uso a longo prazo também precisam ser avaliados. A utilização de esterco de gado tem mostrado resultados promissores no aumento do crescimento das plantas, como exemplificado na Tabela 1.

O estudo de WANG (2019) relata que a aplicação de esterco animal deu um alto efeito de estimulação na imobilização abiótica e biótica de nitrogênio, atribuído ao aumento da disponibilidade de carbono e da atividade microbiana em ocorrência solo em pH mais alto para este.

No entanto, a aplicação de esterco animal a longo prazo tem demonstrado contribuir positivamente para a agregação do solo. Os macroagregados são formados em solos com aplicação constante de esterco e isso afeta a estabilidade dos agregados. Uma vez que o teor de sal na alimentação animal é alto em sistemas forrageiros, os íons de sódio provenientes do esterco atuam como um agente dispersante que reduz a estabilidade dos agregados.

2.3 Resíduos de Lodo de Esgoto

O fósforo é um nutriente chave para todos os seres vivos, a sua deficiência no solo compromete a produtividade das culturas e todo um ecossistema microbiota. A fonte de fósforo é proveniente de rochas fosfáticas não renováveis, razão pela qual existe uma necessidade de reciclagem eficiente de compostos de fósforo para garantir a capacidade de alimentar uma população global em crescimento.

O lodo de esgoto é um dos resíduos orgânicos com maior concentração de fósforo, além de outras substâncias indesejáveis como metais pesados, patógenos, hidrocarbonetos, fármacos e desreguladores endócrinos. O lodo de esgoto tem boas propriedades agrônomicas com alto teor de nitrogênio e fósforo, o que pode estimular a atividade microbiana do solo, a atividade das enzimas do solo e a respiração do solo como resultado da degradação da matéria orgânica.

Entretanto, o lodo de esgoto também contém uma variedade de contaminantes tóxicos, que representam um risco potencial para o meio ambiente e a saúde humana. A fertilização benéfica usando lodo de esgoto e os efeitos associados à sua aplicação a longo prazo são discutidos mais adiante (BRENTROP, 2008).

O fertilizante de fósforo pode ser recuperado do lodo de esgoto por meio de vários métodos, por exemplo, carbonização hidrotérmica, pirólise, combustão e compostagem. A combinação de carbonização hidrotérmica, lixiviação ácida e precipitação de estruvita foi relatada para recuperar uma boa parte (cerca de 80%) dos fosfatos totais.

O ácido atua como um catalisador para aumentar o grau de carbonização, bem como para aumentar a quantidade de amônia disponível para a formação de estruvita para elevar a recuperação de fosfato. Por outro lado, a pirólise de lodo de esgoto pode reduzir a bioacumulação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAPs) e de elementos tóxicos no lodo de esgoto.

A compostagem é um método eficaz e econômico para gerenciar o lodo de esgoto, viabilizando a biodegradação da matéria orgânica e produção de substâncias que afetam a mobilidade dos metais pesados. A adição de corretivos de fosfato durante a compostagem de lodo de esgoto também contribui para melhor eficiência de fertilizantes e passivação de metais pesados, criando composto que é seguro para aplicações agrícolas.

2.4. Resíduos Alimentares

O crescimento da população levou a um aumento no consumo de alimentos, bem como à geração de resíduos alimentares. Padrões de vida mais elevados nos países desenvolvidos também contribuem para a produção maior de resíduos alimentícios. Grande parte desses resíduos de alimentos são gerados a partir de produtos consumíveis não utilizados, restos domésticos e produtos residuais das indústrias de produção e processamento de alimentos acabam em aterros sanitários.

O crescente descarte de comida chamou a atenção para os problemas de poluição ambiental, que trarão danos tanto para humanos quanto para animais. A decomposição desses resíduos orgânicos em aterros sanitários libera compostos que geram odores desagradáveis, podendo contaminar o solo e os ecossistemas aquáticos, com risco de transmissão de doenças por meio dos materiais infectados.

No entanto, esses resíduos podem ser convertidos em matéria orgânica valiosa por meio da implementação da compostagem, transformando-os em compostos utilizáveis, através de uma técnica sustentável que converte os restos de alimentos em uma forma estável de matéria orgânica e fertilizantes que podem ser usados para a agricultura como corretivos

do solo, em virtude do alto teor de carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos orgânicos desses produtos (BRENTROP, 2008).

O conteúdo e a qualidade do composto dependem dos tipos de matérias-primas utilizadas, do processo de compostagem, das condições de decomposição e da adição de nutrientes durante o processamento. Portanto, a compostagem é primordial para o reaproveitamento desses insumos.

A aplicação a longo prazo desse resíduo, pode determinar os efeitos das alterações orgânicas no solo. Um estudo por Wang (2019) sobre a disponibilidade de nitrogênio após sete anos de aplicação de composto de resíduos alimentares mostrou um aumento na matéria orgânica.

Além disso, o estudo evidenciou que as aplicações de longo prazo melhoram as funções biológicas do solo, por exemplo, aumentando o carbono da biomassa microbiana. A aplicação de aditivos orgânicos também melhorou a estabilidade dos agregados do solo, elevando as atividades das enzimas, reduzindo a densidade do solo e maximizando o nitrogênio orgânico, causando um efeito positivo na mitigação das mudanças climáticas pelo sequestro de carbono no solo (GUIMARÃES, 2017).

Esses resultados indicam que o desempenho agrônomo do solo corrigido com composto, apresenta benefícios adicionais a este e melhora o rendimento e a qualidade das safras. As aplicações de fertilizantes agrícolas de base orgânica são muito promissoras, pois têm o potencial de converter resíduos biodegradáveis em produtos fertilizantes valiosos e devem ser consideradas como um gerenciamento eficaz de resíduos compostáveis. Vale grifar ainda que além dos benefícios.

2.5 Impacto Ambiental de Fertilizantes e Biofertilizantes

Vários tipos de biofertilizantes têm sido desenvolvidos devido ao seu potencial como alternativa mais ecológica, econômica e sustentável em relação aos fertilizantes inorgânicos. Os biofertilizantes desempenham um papel importante na sustentabilidade da fertilidade do solo e também na produtividade das plantas.

Por exemplo, a micorriza, um tipo de fungo amplamente encontrado no solo, pode auxiliar na ingestão de fósforo das plantas, melhorar a resistência a patógenos radiculares e aumentar a tolerância das plantas ao estresse ambiental e biológico. (JILIANI, 2007).

Este sistema fúngico tem a capacidade de se estender a uma ampla área para extração de nutrientes e de resistir a condições desfavoráveis. Além disso, a biorrefinaria de macroalgas para a produção integrada de combustível, biomoléculas e fertilizantes pode contribuir para a restauração ambiental e mitigação do clima. (JILIANI, 2007).

O processo de compostagem contribui para a gestão sustentável dos resíduos orgânicos, visto que esses resíduos podem ser reutilizados como valiosas fontes de fertilizante. A compostagem é simples e rápida de implementar, além de apresentar menores custos ambientais e sociais, se comparada a outros métodos de destinação de resíduos orgânicos, como aterro e incineração.

Também permite o bom gerenciamento dos fluxos de resíduos, reduz a quantidade de matéria orgânica para aterros sanitários e diminui as emissões de gases de efeito estufa. O uso de corretivos de compostagem e adubo verde também pode reduzir o N₂ do solo e as emissões de O sem aumentar as emissões de CO₂.

A análise do ciclo de vida da produção de fertilizantes é vital para a criação de planos de combate e redução dos impactos ao meio ambiente. Essas categorias incluem uso da terra, efeito estufa, mudança climática, toxicidade humana, acidificação, eutrofização e esgotamento de combustíveis fósseis (MARTÍNEZ-BLANCO, 2010).

Uma análise do ciclo de vida em dois tipos de escala de compostagem, sendo compostagem doméstica e industrial, foi realizada por Martinez-Blanco et al. (2010). Foi descoberto que o sistema de compostagem industrial exigiria mais energia, pois haveria grandes quantidades de requisitos de transporte de resíduos biológicos. A geração de resíduos e as emissões de compostos orgânicos voláteis (VOCs) da compostagem industrial são muito maiores, embora as emissões de gases como NH₃, N₂O e CH₄ são mais baixos em comparação com a compostagem doméstica. Isso se deve aos processos de biofiltração disponíveis nos processos industriais para filtrar os gases de exaustão.

No geral, a compostagem industrial foi considerada mais impactante em termos de potencial de destruição da camada de ozônio, potencial de oxidação fotoquímica e demanda de energia cumulativa, onde os desenvolvimentos dos processos de biofiltração e técnicas de minimização de energia devem ser explorados para reduzir o impacto ambiental do sistema.

Com a preservação ecológica e a redução de resíduos, estratégias integradas de gestão de nutrientes, como a combinação de fertilizantes químicos e orgânicos, estão sendo desenvolvidas para aumentar a sustentabilidade da produção agrícola (SHARARA, 2018).

3 CONCLUSÃO

As crescentes preocupações sobre os impactos ambientais e ecológicos associados às atividades agrícolas criaram a necessidade de práticas mais sustentáveis. Os fertilizantes biológicos derivados de resíduos orgânicos são estudados quanto ao seu potencial como fonte alternativa de fertilização. A perspectiva de comércio e produção dessas mercadorias requer

informações úteis sobre a viabilidade econômica e os potenciais impactos ambientais, incluindo a avaliação do ciclo de vida da produção de fertilizante orgânico.

As barreiras significativas no uso de fertilizantes orgânicos são provavelmente as incertezas no conteúdo de nutrientes devido suas variadas fontes e na adequação da utilização no solo. O rendimento agrônomico do fertilizante orgânico também pode ser menor em comparação com o manejo convencional de fertilizantes minerais, embora contribua para um ambiente mais verde. Não obstante, diminui os custos, a logística e o volume dos resíduos orgânicos nos processos de coleta e descarte em aterros.

As matérias-primas para biofertilizantes são derivadas de resíduos de biomassa, e podem ser obtidas sem custo e com fornecimento confiável e abundante, pois esses resíduos são gerados constantemente. Com uma demanda maior de biofertilizantes, o custo final acabará reduzindo. O manejo e a transformação de resíduos de biomassa em fertilizantes orgânicos têm apresentado grandes vantagens para o crescimento das plantas e melhoramento do solo, além de contribuir enormemente para a redução da pegada de carbono. Sendo de vital importância para o desenvolvimento de processos de gestão para a comercialização de bioprodutos a partir de resíduos orgânicos processados.

REFERÊNCIAS

WANG, J. A influência do esterco animal a longo prazo e da aplicação de resíduos de colheita na imobilização abiótica e biótica de N em um solo agrícola acidificado. *Geoderma* 2019, 337, 710–717.

MARTÍNEZ-BLANCO. O uso da avaliação do ciclo de vida para a comparação da compostagem de resíduos biológicos em casa e em escala real. *Waste Manag.* 2010, 30, 983–994.

TEJADA, M. Efeitos do lodo de esgoto e dos compostos de *Acacia dealbata* nas propriedades bioquímicas e químicas do solo. *Comum. Soil Sci. Plant Anal.* 2014, 45, 570-580.

CHIANG, P. Recuperação de solo contaminado com zinco usando uma solução de carbono orgânico dissolvido preparada com fertilizante líquido da compostagem de resíduos de alimentos. *J. Hazard. Mater.* 2016, 301, 100–105.

GUIMARÃES. Efeito das práticas de gerenciamento de bio-fertilizantes químicos, orgânicos na propriedade físico-química do solo: Implicações para a qualidade biológica do solo. *Solo Tillage Res.* 2017, 167, 30–38.

JILIANI, G. Aumentando o crescimento da cultura, disponibilidade de nutrientes, economia e microflora por meio de orgânicos e biofertilizantes. *Ann. Microbiol.* 2007, 57, 177-184.

HERNANDES, T. & POLO, A. Resíduos orgânicos urbanos - Manejo y utilización. Murcia, CSIC, 1991. 181p.

PEIXOTO, R.T.G. dos. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina. IAPAR. Circular, 57, 1988. 48p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Manual de implantação de compostagem e coleta seletiva. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/compostagem.pdf>. Acesso: Março 2021.

PEREIRA, Adolfo Plínio; GONÇALVES, Mônica Maria. Compostagem de diferentes resíduos orgânicos. *Pensamento Plural: Revista Científica do UNIFAE, São João da Boa Vista*, v.5, n.2, 2011.

BRENTROP, F. Emissões de GEE e eficiência energética na produção e uso de fertilizantes nitrogenados na Europa. In *Proceedings of the International Fertilizer Society Conference*, Cambridge, UK, 11 de dezembro de 2008; pp. 1-25.

SHARARA, M. Oportunidades e barreiras às técnicas de conversão de bioenergia e sua implementação potencial em fertilizantes. *Energies* 2018, 11, 957.