

RESÍDUOS x AGRICULTURA: CLASSIFICAÇÃO, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADOS

Camila Hendges^{1*}, Andréia da Paz Schiller¹, Jéssica Manfrin¹, Tainara Carraro¹,
Daniele Cristina Schons¹, Affonso Celso Gonçalves Junior¹

SAP 20243 Data envio: 16/07/2018 Data do aceite: 30/09/2018

Sci. Agrar. Parana., Marechal Cândido Rondon, v. 18, n. 1, jan./mar., p. 1-8, 2019

RESUMO - A geração desordenada de resíduos é um dos maiores problemas ambientais enfrentados na atualidade. A atividade agrícola destaca-se pela elevada geração de resíduos que em consonância com outras atividades, como a industrial e urbana, por exemplo, é responsável por elevadas taxas de contaminação e impactos ambientais negativos ao meio ambiente. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho realizar um levantamento sobre a classificação de resíduos, técnicas de tratamento e destinação ambientalmente adequada, além das possibilidades de reuso dos resíduos agrícolas. Na atividade agrícola os resíduos mais comumente gerados são os resíduos orgânicos, entre eles destacam-se aqueles oriundos da lavoura e os originários das atividades agropecuárias. Diversas pesquisas demonstram que os resíduos orgânicos são passíveis de tratamentos, tais como compostagem, vermicompostagem e biodigestão, que transformam esses resíduos em materiais bioestabilizados, disponibilizando nutrientes, inferindo o uso desses compostos como biofertilizante. Outros estudos têm avaliado a obtenção de adsorventes provenientes de resíduos culturais visando a remediação de águas contaminadas por metais tóxicos e agroquímicos. Outros resíduos gerados em elevada quantidade, que possuem destinação ambientalmente adequada, amparada pela logística reversa, são as embalagens de agroquímicos. Dessa forma, apesar da atividade agrícola apresentar passivos ambientais em larga escala, algumas técnicas permitem reduzir os impactos ambientais negativos, permitindo que essas atividades sejam realizadas de forma mais sustentável, além de promover maior valor agregado aos resíduos. Entretanto, para que mais resultados positivos sejam encontrados há necessidade de maiores investimentos e regulamentações por parte dos governos.

Palavras-chave: gestão de resíduos, resíduos da agricultura, reutilização.

WASTE x AGRICULTURE: CLASSIFICATION, TREATMENT AND FINAL DESTINATION ENVIRONMENTALLY APPROPRIATE

ABSTRACT - The disorderly generation of residues is one of the biggest environmental problems faced nowadays. The agricultural activity stands out by the increase of the generation of waste that in line with other activities, such as an industrial and urban, for example, are responsible for high contamination rates and negative environmental impacts to the environment. The review aimed to perform a collection about the waste classification, techniques of treatment and destination environmentally adequate, besides of the possibilities of agricultural waste reuse. In the agricultural activity the most generate residues are the organic residues, among them stands up those originating from the tillage and the residues originated by farming activities. Various researches showed that organic residues are amenable to treatment, such as, composting, vermicomposting and biodigestion, that change the waste in biostabilized compounds for example the biofertilizer. Others studies have evaluated the getting of adsorbents from cultural residues aiming the remediation of water contaminated by toxic metals and agrochemicals. Other waste generated in high amount, which have an environmentally adequate destination, supported by reverse logistics, are the agrochemical packaging. In this way, although the agricultural activity shows large-scale environmental negative impacts, some techniques allow to reduce negative environmental impacts, allowing these activities to be carried out in a more sustainable way, besides promoting greater benefit to the waste. However, for more positive results to be found there is a need for more government investment and regulation.

Keywords: waste management, waste from agriculture, reuse of waste.

INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado e desordenado da população é responsável pelo elevado uso de recursos naturais e energéticos, que, conseqüentemente, tem ocasionado um considerável e contínuo incremento na geração de resíduos; o que pode levar à contaminação dos

mais diversos compartimentos ambientais, comprometendo sua qualidade (KOZAK et al., 2008).

Dentre as atividades potencialmente poluidoras, destacam-se as industriais e agrícolas, que são caracterizadas por apresentarem fontes pontuais e difusas de contaminação, e têm afetado diretamente a qualidade

¹Pós-graduação em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Campus Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777 - Centro, CEP 85960-000, Paraná, Brasil. E-mail: hendgescamila@hotmail.com.

*Autora para correspondência.

dos ecossistemas, pois liberam ao meio ambiente grande quantidade de elementos tóxicos (ARAÚJO; PINTO FILHO, 2010).

No caso das atividades agropecuárias, que envolvem o setor agrícola e a pecuária, a geração e o tratamento dos resíduos se torna fundamental, devido ao grande volume de resíduos gerados, que ocorre devido ao fato de que o país possui sua base econômica voltada para essas atividades (PAULA; PIRES, 2017).

Tais resíduos são compostos por restos orgânicos das lavouras, palhas, dejetos orgânicos e de atividades zootécnicas, que podem ser passíveis de reutilização e tratamento para utilização no próprio meio agrícola (PIRES; MATTIAZZO, 2008). Um dos objetivos da reutilização é proteger a saúde pública, economizando os recursos naturais e evitando danos ao meio ambiente, uma vez que estes são portadores de baixas concentrações de contaminantes, podendo beneficiar economicamente o setor agrícola (FIGUEIREDO; TANAMATI, 2010).

Outro ponto que leva a grande mobilização dos setores público e privado na questão de gestão ambiental de resíduos agrícolas, é a conscientização do destino correto dado às embalagens de agroquímicos. Para essa finalidade, foi criado no Brasil, o Sistema Campo Limpo, que realiza a logística reversa de embalagens vazias de defensivos. O Brasil é destaque mundial neste setor, pois 94% das embalagens plásticas primárias (que entram em contato direto com o produto) são destinadas corretamente (INPEV, 2013a), minimizando a contaminação do meio ambiente pela disposição inadequada desses resíduos (SPADOTTO; RIBEIRO, 2006).

A coleta desses resíduos é incentivada por políticas públicas implementadas para a gestão de resíduos, que estimulam parcerias entre o governo, cooperativas e cidadãos, gerando benefícios sociais, ambientais e econômicos, uma vez que, muitos empreendimentos privados se interessam pela coleta e comercialização de resíduos agrícolas em geral, gerando empregos, movimentando a economia, e minimizando a possibilidade de tais resíduos serem inseridos no ambiente (FARIA; PEREIRA, 2012).

Tendo em vista a importância dos compartimentos ambientais (solo, ar e água) na realização das atividades humanas, o desenvolvimento de técnicas de recuperação e de mitigação de impactos ambientais negativos ocasionados pelos resíduos gerados nas mais diversas atividades deve ser considerado. Além disso, políticas e regulamentações internacionais, como por exemplo a ISO 14000, atreladas às exigências do mercado por produtos ambientalmente adequados, têm impulsionado todos os setores a buscar alternativas ambientalmente corretas para os resíduos gerados em seus processos produtivos (DELMAS; TOFFEL, 2008; CURKOVIC; SROUFE, 2011).

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica acerca dos resíduos gerados na agricultura, bem como, as formas de tratamento e aproveitamento desses resíduos, evidenciando, por meio da literatura, seus potenciais meios de reuso a fim de

reduzir os impactos ambientais, possibilitando que este estudo sirva de base científica teórica para estudos posteriores.

Classificação e geração de resíduos na agricultura

A Lei 12.305/2010 classifica os resíduos quanto à sua origem em diversos grupos, dentre os quais destacam-se, por abranger a agricultura, os resíduos agrossilvopastoris, gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluindo os insumos utilizados nas mesmas. Diversos são os resíduos gerados nestas atividades, que podem ser subdivididos quanto à sua periculosidade e tipologia - orgânicos, recicláveis e rejeitos (ABNT, 2004; BRASIL, 2010).

Os resíduos perigosos são aqueles que oferecem periculosidade à população, ou seja, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem caracterizar risco à saúde pública ou riscos ao meio ambiente, quando gerenciados de forma inadequada (ABNT, 2004).

Os resíduos orgânicos são aqueles que possuem origem orgânica, seja vegetal ou animal (WANGEN; FREITAS, 2010). Os recicláveis são aqueles que podem ser transformados em novos produtos por meio de alterações em suas propriedades físicas, químicas ou biológicas. Por sua vez, os rejeitos são os resíduos que não podem ser tratados ou recuperados por processos tecnológicos disponíveis, sendo a disposição final ambientalmente adequada a única possibilidade de destinação (BRASIL, 2010).

Dentre os resíduos gerados na agricultura, são considerados perigosos as embalagens de defensivos agrícolas e seus resíduos, as pilhas e baterias, os óleos lubrificantes usados e contaminados e as lâmpadas (ABNT, 2004). Todos estes, além dos pneus (classificados como não perigosos) estão abrangidos no Artigo 33 da Lei 12.305/10, que obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar a logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, visando o reaproveitamento e a destinação ou disposição final ambientalmente adequada.

Na atividade agropecuária, pneus, óleos lubrificantes usados e contaminados, baterias e resíduos de peças são gerados com certa frequência, devido ao uso comum de veículos e de implementos agrícolas para auxílio nas atividades do setor, como caminhões, tratores, colheitadeiras, plantadeiras, espalhadores de dejetos líquidos animais, pulverizadores e outros (HUNT; WILSON, 2016).

Os resíduos recicláveis são gerados nas mais diversas atividades, seja na atividade de agricultura e pecuária, podendo ser embalagens de produtos, insumos, peças, ferramentas, alimentos e outros; além de possíveis peças estragadas que possam ser recicladas por se constituírem de plásticos, papéis, metais e vidros, por exemplo (JUN; XIANG, 2011).

Os resíduos orgânicos, que fazem parte da tipologia mais comumente relacionada às atividades agrossilviculturais, são gerados em atividades agrícolas e

silviculturais, pecuárias e domésticas. Podem também ser incluídos aqueles gerados em atividades agroindustriais, como nas unidades de recebimento de grãos, indústrias de processamento de grãos e outros produtos da agricultura, laticínios, frigoríficos e outras indústrias de transformação de matérias primas provenientes das atividades agrossilvopastoris (BRASIL, 2012).

Tratamento e destinação final dos resíduos gerados na agricultura

Resíduos recicláveis e rejeitos

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 401 de 2008 (BRASIL, 2008), estipula que a destinação ambientalmente adequada de pilhas e baterias deve adotar os seguintes procedimentos: coleta, recebimento, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final.

Estudos de Provasi et al. (2012) e de Mantuano et al. (2011) demonstram a possibilidade de recuperação de metais de pilhas e baterias, e sugerem que a reciclagem pode ser feita visando utilizar estes resíduos como fontes secundárias de metais.

No que diz respeito aos óleos lubrificantes usados e contaminados, a Resolução CONAMA nº 362 de 2005 apresenta como alternativa mais segura e adequada a utilização do rerrefino, que corresponde à reciclagem do resíduo (BRASIL, 2005), que pode ser considerada uma estratégia de revalorização sustentável do produto, entretanto, há necessidade de maior contribuição por parte das empresas geradoras (MUNIZ; BRAGA, 2015). Apesar de existirem estudos acerca da utilização do rerrefino no país e o desenvolvimento de novas aplicações deste resíduo quando a reciclagem não é economicamente viável, há necessidade de maiores esclarecimentos no que diz respeito à logística reversa (SENCOVICI; DEMAJOROVIC, 2015).

Em relação aos pneus usados, estes devem ser preferencialmente reutilizados, reformados e reciclados antes de sua destinação final adequada (BRASIL, 2009). As alternativas ambientalmente mais recomendadas envolvem a reciclagem, transformando estes resíduos em matéria-prima secundária, combustível alternativo para a indústria de cimento e coprocessamento e queima em caldeiras da indústria de papel (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013), além da utilização em asfaltos modificados economicamente mais viáveis e de melhor qualidade (MELLONE et al., 2013).

Quanto aos resíduos recicláveis de materiais plásticos, papéis, vidros, metais e aos rejeitos gerados, a coleta, em geral, é insuficiente, atingindo apenas 47% da população rural (BRASIL, 2016), nas regiões Sudeste e Sul do país a coleta atende aproximadamente metade da população, e nas demais regiões do país menos de 30% (IPEA, 2012). Devido a isto, em muitos casos, tornam-se comuns outras destinações consideradas inadequadas, como as queimadas (CERRETA et al., 2013).

Outros resíduos sólidos gerados em grande quantidade na prática agrícola são as embalagens de

defensivos agrícolas, os quais são atendidos pela logística reversa. No Brasil, a Lei Nº 9.974 de 6 de junho de 2000 regulamentou a obrigatoriedade das empresas que produzem e comercializam este tipo de produto, a recolher e dar destinação adequada (BRASIL, 2000), após realização da tríplice lavagem realizada pelo agricultor (LADEIRA et al., 2012).

Em função do elevado consumo e contaminações por agrotóxicos, foi criado no Brasil, o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias, que visa a correta destinação das embalagens vazias de defensivos agrícolas, que são destinadas à reciclagem (92%), e são produzidos, por exemplo, tubo para esgoto, caixa para descarga, embalagem de óleo lubrificante, tampas para embalagens de defensivos agrícolas, entre outros, ou incineração (8%) (INPEV, 2013b).

Apesar de haver formatos de destinação adequada dessas embalagens, muitas acabam sendo dispostas inadequadamente próximo aos corpos hídricos, o que pode gerar impactos ambientais, principalmente em função de o Brasil enquadrar-se entre os maiores consumidores de pesticidas no mundo, o que exige controle adequado desse tipo de resíduo (CHIARELLO et al., 2017).

No Brasil, em recente pesquisa, Almeida et al. (2017) enfatizaram as sucessivas tentativas de flexibilização das normas de regulação de agrotóxicos, por meio de projetos de lei em curso no Congresso Nacional. Para tanto, ao fazerem uma avaliação do Projeto de Lei nº 3.200/2015, concluíram que o mesmo representa um dos maiores retrocessos às conquistas legislativas para a regulamentação dos agrotóxicos, devido a sua permissibilidade, pois oferecem riscos à saúde humana frente à exposição a produtos tóxicos.

Chiarello et al. (2017) salienta que a presença de resíduos agrícolas, tais como agrotóxicos, pode também ocorrer nas águas superficiais e sedimentos dos rios. Os autores encontraram nove tipos de resíduos de agrotóxicos em água e cinco em sedimento do leito da Bacia Hidrográfica Lajeado Tacongava (RS), o que demonstra que existe contaminação local, indicando que pode estar ocorrendo descarte indiscriminado destes produtos.

A prática da monocultura, proveniente da atividade do agronegócio, é responsável pelo desequilíbrio ecológico em territórios brasileiros. A alta produtividade contrasta com a perda de biomassa dos biomas no território nacional, reduzindo assim a cobertura vegetal nativa, o que desencadeia o desequilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, das condições climáticas e da perda da sociobiodiversidade (SOARES; PORTO, 2007; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2017). E nesse sentido, faz-se necessário que a produção agrícola seja realizada de forma sustentável e em harmonia com as demais cadeias produtivas (BELTRAME et al., 2016).

Nesse aspecto, a agricultura de precisão surge para complementar o sistema produtivo, pois insumos são aplicados no momento adequado e em quantidade necessária para o sistema de produção, objetivando maiores produtividades em áreas pequenas e homogêneas em fertilidade. Áreas com maiores produtividades podem

reduzir a aplicação de agroquímicos e conseqüentemente, diminuir as áreas desmatadas em busca de solos mais produtivos, minimizando a emissão de NH_3 pela decomposição da matéria orgânica e queimadas das matas (HEALD; GUEDES, 2016).

Tais emissões agrícolas (NH_3) contribuem na formação da matéria particulada presente na atmosfera, que também possuem relação com a criação de animais (gados, suínos dentre outros), na decomposição de estrume e matéria orgânica e com o uso de fertilizantes nas culturas agrícolas, além da prática das queimadas dos resíduos de culturas (POZZER et al., 2017). O NH_3 é o gás mais emitido pelas atividades agrícolas, compondo 78% das emissões totais de NH_3 para atmosfera, sendo essa a principal fonte para a formação de nitrato de NH_4 (BAUER et al., 2016; HEALD; GUEDES, 2016).

Em seus estudos Pozzer et al. (2017) concluíram que tratar as emissões de gases atmosféricos é um processo extremamente oneroso do ponto de vista econômico, e provavelmente menos eficiente do que a diminuição por parte de emissões agrícolas, e por isso, deve ser levada em consideração a possibilidade de regulação das emissões de NH_3 por estas atividades.

Resíduos orgânicos

Existem inúmeros métodos de tratamento para os resíduos que são gerados nas atividades agropecuárias, entretanto, o tratamento está intimamente relacionado ao processo no qual foi gerado (KOZAK et al., 2008). Nesse sentido, é importante conhecer os processos produtivos em que são gerados os resíduos a fim de submetê-los ao tratamento mais eficiente. Dentre os tratamentos de resíduos sólidos agrícolas, uma alternativa viável que apresenta baixo custo e alta eficiência na remoção de patógenos é a compostagem.

Segundo Orrico Júnior et al. (2010) a compostagem pode ser entendida como uma técnica de reciclagem de nutrientes por meio da decomposição da matéria orgânica de forma rápida. Neste processo ocorre a proliferação intensa de microrganismos, o que faz com que a temperatura do material seja elevada eliminando os patógenos. Além disso, o material originado desse processo é facilmente manejado e estocado, podendo ser aplicado como adubo orgânico sem efeitos danosos ao ambiente e as plantas.

Costa et al. (2008) avaliaram a eficiência da compostagem utilizando resíduos sólidos de frigorífico e obtiveram resultados positivos na compostagem de resíduos orgânicos. Resultados semelhantes foram observados por Loureiro et al. (2007), que realizaram a compostagem a partir de resíduos sólidos domiciliares com esterco bovino, visando a produção de insumos orgânicos e por Orrico Júnior et al. (2009) que realizaram a compostagem de lodos oriundos da atividade suinícola. Assim, é possível verificar que a compostagem é uma alternativa viável para o tratamento de resíduos sólidos originários de atividades agropecuárias.

As águas residuárias provenientes desse setor podem ter diferentes composições, podendo serem

utilizadas de diversas formas no setor agrícola (LANA, 2009). A utilização deste resíduo tem-se elevado nos últimos anos, o que ocorreu devido a busca por fontes alternativas de águas para irrigação, ao custo elevado de sistemas de tratamentos para lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores, entre outros (FAGGION et al., 2009).

Considerando que o uso de águas residuárias na forma *in natura* pode ocasionar sérios impactos ao ambiente e a saúde humana, surge a necessidade de tratamento. Esta prática visa reduzir principalmente, os parâmetros sólidos totais, suspensos e dissolvidos, a demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de metais pesados e tóxicos (BERTONCINI, 2008; GONÇALVES JUNIOR et al., 2014).

Aproveitamento e formas de aplicação de resíduos visando a redução de impactos ambientais

Devido ao potencial que os resíduos agrícolas possuem de impactar negativamente o meio ambiente de forma significativa, os mesmos têm se tornado uma preocupação crescente nos últimos anos. Por sua vez o número de pesquisas que visam o reaproveitamento desses resíduos também se elevou, pois esses, podem ser usados com finalidades benéficas, como por exemplo, na produção de energia e na recuperação de compartimentos ambientais contaminados (ZHANG et al., 2012).

Wang et al. (2016) ao estudarem a reciclagem e a utilização de resíduos agrícolas na China, concluíram que o modelo agrônomico atual multiplica rapidamente os resíduos agrícolas, existindo um grande mercado a ser explorado. Salienta-se também que ainda faltam regulamentações e leis que beneficiem e incentivem o uso dos resíduos agrícolas naquele país.

Silva e Jerônimo (2012) avaliaram formas de aproveitamento da fibra de coco verde, visando à redução de impactos ambientais, pois este resíduo é altamente gerado em todo o país. De acordo com o estudo, o aproveitamento pode ocorrer por meio de fabricação de mantas e telas para proteção do solo em beiras de estrada; estofamento de bancos para veículos automotores; artesanato e fabricação de carvão vegetal. Essas possibilidades, do ponto de vista ambiental, são atrativas devido à possibilidade de reuso de um material com baixo valor agregado.

Resíduos com alto potencial para reaproveitamento também são oriundos da cultura da cana-de-açúcar, a qual durante o processamento na indústria para a produção de energia e açúcar gera grandes quantidades de resíduos. Esses podem ser utilizados de diversas formas: o bagaço pode ser incrementado na alimentação animal e na geração de energia; as cinzas podem ser utilizadas na construção civil, na composição de argamassa e cimento; enquanto que a vinhaça e a torta de filtro têm potencial como fertilizantes (SCHNEIDER et al., 2012).

Os resíduos do processamento da mandioca (bagaço e farelo) são destacados por Martinez e Feiden

(2017) como possíveis matérias primas para produção de etanol de segunda geração (bioetanol). Isso ocorre devido ao seu elevado conteúdo de carboidratos e amido, que possibilitam a conversão em açúcar e produção de biocombustíveis.

Cascas frutíferas, como aquelas de banana, também podem ser aproveitadas. Martins et al. (2015) verificaram que as trituradas apresentaram um elevado potencial de adsorção (99,6%) de chumbo (Pb) no tratamento de efluentes em temperatura controlada de 50 °C, demonstrando uma alternativa de baixo custo, com fácil manuseio e seletividade.

Os resíduos da produção de banana também podem ser empregados para outras finalidades. Souza et al. (2010) observaram que as cascas, folhas e pseudocaule da banana, são matérias precursoras para a fermentação no processo da produção de biogás. Quando biodigeridos de forma conjunta, apresentaram bom rendimento, demonstrando viabilidade técnica e econômica na utilização de resíduos para esse fim.

Muradin e Foltynowicz (2014) avaliaram o potencial de produção de biogás por meio de resíduos agrícolas na Polônia. Os autores citam que os biodigestores são projetados para produzir energia a partir de fontes naturais renováveis e que, além disso, servem para resolver o problema do desperdício dos resíduos orgânicos no país, podendo tornar a indústria agroalimentar mais lucrativa, mas salientaram que esse processo nunca será lucrativo economicamente sem apoio governamental. Dessa forma, os autores explicam que o principal objetivo da produção de biogás por meio da biodigestão de resíduos orgânicos não é econômico, mas sim, a melhoria da gestão dos resíduos, protegendo dessa forma os recursos naturais.

De mesma forma resíduos provenientes da criação de animais, tais como nas atividades suinícola e na criação de gado, têm sido utilizados para produção de biogás. Esse tipo de estudo se torna muito importante, pois, os dejetos utilizados na adubação agrícola na forma *in natura* podem causar danos ao solo e as culturas. Enquanto que, durante a produção de biogás esses resíduos são bioestabilizados, promovendo menores danos ao solo quando aplicados nos cultivos agrícolas, conforme Santos e Nardi Junior (2013).

Esse processo, além de promover a redução de emissão de gases de efeito estufa, pode ser uma fonte alternativa de energia renovável e o biofertilizante que é gerado se torna útil para a recuperação de nutrientes do solo (SARNIGHAUSEN; NARDI JUNIOR, 2016).

No estudo de Konrad et al. (2014), no qual foi avaliado o biogás produzido por meio de dejetos suínos com suplementação de glicerina residual (um coproduto gerado pela produção do biodiesel, que possui base agrícola), os resultados demonstraram que o dejetos suinícola é um potencial precursor para produção de biogás, e que a adição de glicerina em determinadas doses eleva ainda mais esse potencial. Além disto, o processo de biodigestão é indicado para produção de energia, pois os

produtos gerados tornam o processo economicamente viável.

Orrico et al. (2015) observaram que as inclusões de óleo de descarte na codigestão com os dejetos de suínos, melhoram, não apenas os rendimentos totais de produção de biogás, mas também reduzem os constituintes poluentes presentes.

Uma prática útil para a sustentabilidade voltada aos resíduos sólidos, mais precisamente os orgânicos, é a utilização de composteira (BELTRAME et al., 2016). Cotta et al. (2015) avaliaram a integração dos processos de compostagem e vermicompostagem para otimizar a reciclagem de resíduos sólidos com adição de esterco ou serragem de madeira. E explanaram que estas são alternativas que merecem destaque, pois além de permitirem o enriquecimento da matéria orgânica, promovem a disponibilização de nutrientes de forma econômica e sustentável, elevando também a capacidade de troca catiônica (CTC) no composto.

Outra forma de destinação de resíduos sólidos agrícolas, é a sua utilização como materiais precursoras para o processo de adsorção - processo que pode ser utilizado para a descontaminação de águas contaminadas por corantes, agrotóxicos, metais pesados e outras substâncias - os quais tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas. Estes materiais podem ser modificados física ou quimicamente, visando ampliar sua capacidade adsorptiva (SCHWANTES et al., 2016).

Alguns materiais que possuem potencial como adsorventes para remoção de metais pesados tóxicos, podem ser obtidos por meio de resíduos da casca de moringa (GONÇALVES JUNIOR et al., 2013), resíduos de mandioca (SCHWANTES et al., 2016) e torta de crambe (SCHWANTES et al., 2015b), os quais apresentaram elevadas taxas de remoção de Cd^{2+} , Pb^{2+} e Cr de soluções contaminadas.

O bagaço da cana de açúcar também pode ser utilizado como adsorvente, o qual, por meio de ativações químicas e físicas realizadas por Schwantes et al. (2015a), foi eficiente na remoção de aproximadamente 100% de nitrato de águas residuais, indicando a viabilidade econômica do processo.

Além disso, Gin et al. (2014) verificaram que o carvão ativado proveniente de cascas de mandioca ativado quimicamente, foi eficiente para o tratamento de água contaminada por alguns metais pesados (Fe , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Pb^{2+}), em especial Pb^{2+} , que foi removido com 100% de eficiência na solução testada pelos autores.

CONCLUSÕES

A partir da revisão de literatura realizada pode-se observar que a atividade agropecuária gera elevada quantidade e diversidade de resíduos. A utilização dos mesmos em outras atividades é uma alternativa interessante para o aproveitamento de resíduos orgânicos, por exemplo, pois pode diminuir sua disposição em lugares inadequados e diminuir os impactos ambientais negativos gerados.

Parte desses resíduos pode ser tratado e reutilizado, por técnicas como a compostagem, a vermicompostagem e a biodigestão, que demonstram ser extremamente eficientes, pois tratam os resíduos deixando passíveis a outros fins.

Os resíduos perigosos gerados nas atividades citadas podem ser destinados adequadamente por meio da logística reversa, porém ainda há muito a ser melhorado, principalmente no que diz respeito ao amadurecimento dos setores envolvidos, sejam eles legisladores ou empresas.

Em geral, se percebe a necessidade de estudos de viabilidade econômica para os tratamentos dos resíduos provenientes da agricultura, pois quando o tratamento dos resíduos é trabalhoso ou oneroso há um certo desinteresse. O que se percebe é que o retorno financeiro muitas vezes é o propulsor da utilização das tecnologias de tratamento dos resíduos agrícolas.

Por fim, torna-se necessário, também, que as regulamentações existentes sejam mais restritivas quanto ao uso de agroquímicos, tais como fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes, pois estes, diante da utilização inadequada, resultam em efeitos danosos ao meio ambiente e ao ser humano.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 10.004. **Resíduos sólidos - classificação. Norma Brasileira.** 2004. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/normas/ABNT_NBR_n_10004_2004.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2018.
- ALMEIDA, M.D.; CAVENDISH, T.A.; BUENO, P.C.; ERVILHA, E.C.; GREGÓRIO, L.D.S.; KANASHIRO, N.B.O.; CARMO, T.F.M. A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Caderno de Saúde Pública**, v.36, n.7, p.1-11, 2017.
- ARAÚJO, I.M.M.A.; OLIVEIRA, A.G.R.C.O. Agronegócio e agrotóxicos: impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no nordeste brasileiro. **Trabalho, Educação e Saúde**, v.15, n.1, p.117-129, 2017.
- ARAÚJO, J.B.S.; PINTO FILHO, J.L. Identificação de fontes poluidoras de metais pesados nos solos da bacia hidrográfica do Rio Apodi, na área urbana de Mossoró-RN. **Revista Verde**, v.5, n.2, p.80-94, 2010.
- BAUER, S.E.; TSIGARIDIS, K.; MILLER, R. Significant atmospheric aerosol pollution caused by world food cultivation. **Geophysical Research Letters**, v.43, n.10, p.5394-5400, 2016.
- BELTRAME, T.F.; LHAMBY, A.R.; BELTRAME, A. Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.20, n.1, p.351-362, 2016.
- BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1, n.1, p.152-169, 2008.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005.** Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 de junho de 2005.
- BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008.** Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05 de novembro de 2008.
- BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009.** Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 01 de outubro de 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010:** Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, 2010.
- BRASIL. **Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. DOFC, p. 000001, 07 jun. 2000. col.1.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2014**, Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016. 154 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Planos de gestão de resíduos sólidos:** manual de orientação, Brasília: MMA, 2012. 156 p.
- CERRETA, G.F.; SILVA, F.K.; ROCHA, A.C. Gestão ambiental e a problemática dos resíduos sólidos domésticos na área rural do município de São João - PR. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v.6, n.1, p.17-25, 2013.
- CHIARELLO, M.; GRAEFF, R.N.; MINETTO, L.; CEMIN, G.; SCHNEIDERB, V.E.; MOURA, S. Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC-HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. **Química Nova**, v.40, n.2, p.158-165, 2017.
- COSTA, M.S.S. de M.; COSTA, L.A. de M.; DECARLI, L.D.; PELÁ, A.; SILVA, C.J.; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.100-107, 2008.
- COTTA, J.A.O.; CARVALHO, N.L.C.; BRUM, T.S.; REZENDE, M.O.O. Compostagem *versus* vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, p.65-78, 2015.
- CURKOVIC, S.; SROUFE, R.P., Using ISO 14001 to promote a sustainable supply chain strategy. **International Journal of Business Strategy and the Environment**, v.20, n.2, p.71-93, 2011.

- DELMAS, M.A.; TOFFEL, M.W. Organizational responses to environmental demands: opening the black box. **Strategic Management Journal**, v.29, n.10, p.1027-1055, 2008.
- FAGGION, F.; OLIVEIRA, C.A.S.; CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.2, n.1, p.187-190, 2009.
- FARIA, A.C.; PEREIRA, R.S. O processo de logística reversa de embalagens de agrotóxicos: Um estudo de caso sobre o INPEV. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.14, n.1, p.127-141, 2012.
- FIGUEIREDO, P.G.; TANAMATI, F.Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde**, v.5, n.3, p.1-4, 2010.
- GIN, W.A.; JIMOH, A.; ABDULKAREEM, A.S.; GIWA, A. Utilization of cassava peel waste as a raw material for activated carbon production: approach to environmental protection in Nigeria. **International Journal of Engineering Research & Technology**, v.3, n.1, p.35-42, 2014.
- GONÇALVES JUNIOR, A.C.; NACKE, H.; SCHWANTES, D.; COELHO, G.F. **Heavy metal contamination in Brazilian agricultural soils due to application of fertilizers**. In: HERNANDEZ-SORIANO, M.C. (Ed.). Environmental risk assessment of soil contamination. 1a. ed., Rijeka (Croatia): InTech, 2014, v.1, p.105-135.
- GONÇALVES JUNIOR, A.C.; MENEGHEL, A.P.; RUBIO, F.; STREY, L.; DRAGUNSKI, D.C.; COELHO, G.F. Applicability of *Moringa oleifera* Lam. pie as an adsorbent for removal of heavy metals from waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.94-99, 2013.
- HEALD, C.L.; GUEDES, J.A. The impact of historical land use change from 1850 to 2000 on secondary particulate matter and ozone. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.16, n.23, p.14997-15010, 2016.
- HUNT, D.; WILSON, D. **Farm Power and Machinery Management**. 11a. ed., Illinois: Waveland Press, 2016.
- IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília: IPEA, 2012. 77p.
- INPEV. INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Sobre o sistema**. 2013a. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-o-sistema>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- INPEV. INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Logística reversa. Reciclagem/incineração**. 2013b. Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/logistica-reversa/destinacao-das-embalagens/reciclagem-incineracao>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- JUN, H.; XIANG, H. Development of circular economy is a fundamental way to achieve agriculture sustainable development in China. **Energy Procedia**, v.5, p.1530-1534, 2011.
- KONRAD, O.; KOCH, F.F.; LUMI, M.; TONETTO, J.F.; BEZAMA, A. Potential of biogas production from swine manure supplemented with glycerine waste. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.5, p.844-853, 2014.
- KOZAK, P.A.; CORTEZ, A.M.; SCHIRMER, W.N.; CALDEIRA, M.V.W.; BALBINOT, R. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n.2, p.203-212, 2008.
- LADEIRA, W.J.; MAEHLER, A.E.; NASCIMENTO, L.F.M. Logística reversa de defensivos agrícolas: fatores que influenciam na consciência ambiental de agricultores gaúchos e mineiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.50, n.1, p.157-174, 2012.
- LAGARINHOS, C.A.F.; TENÓRIO, J.A.S. Logística reversa de pneus usados no Brasil. **Polímeros**, v.23, n.1, p.1-10, 2013.
- LANA, R.P. Uso racional de recursos naturais não renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n. especial, p.330-340, 2009.
- LOUREIRO, D.C.; AQUINO, A.M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.7, p.1043-1048, 2007.
- MANTUANO, D.P.; ESPINOSA, D.C.R.; WOLFF, E.; MANSUR, M.B.; SCHWABE, W.K. Pilhas e baterias portáteis: legislação, processo de reciclagem e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.21, [s.n.], p.1-13, 2011.
- MARTINS, V.A.; OLIVEIRA, A.M.B.M.; MORAIS, C.E.P.; COELHO, L.F.O.; MEDEIROS, J.F. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de casca banana para tratamento de efluentes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.1, p.96-102, 2015.
- MARTINEZ, D.G.; FEIDEN, A. Potencial do resíduo do processamento da mandioca para produção de etanol de segunda geração. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.2, p.141-148, 2017.
- MELLONE, G.; SANTOS, M.R.; SHIBAO, F.Y. Pavimentação de rodovias com a utilização de resíduos de pneus inservíveis. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, v.3, n.2, p.489-508, 2013.
- MUNIZ, I.C.; BRAGA, R.M.Q.L. O gerenciamento de óleos lubrificantes usados ou contaminados e suas embalagens: estudo de caso de uma empresa de logística na região norte do Brasil. **Sistemas & Gestão**, v.10, n.3, p.442-457, 2015.
- MURADIN, M.; FOLTYNOWICZ, Z. Potential for producing biogas from agricultural waste in rural plants in Poland. **Sustainability**, v.6, n.8, p.5065-5074, 2014.
- ORRICO, A.C.A.; SUNADA, N.S.; LUCAS JUNIOR, J.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; SCHWINGEL, A.W. Codigestão anaeróbia de dejetos de suínos e níveis de inclusão de óleo de descarte. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.4, p.657-664, 2015.

- ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.3, p.483-491, 2009.
- ORRICO JÚNIOR, M.A.P.; ORRICO, A.C.A.; LUCAS JÚNIOR, J. Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.3, p.538-545, 2010.
- PAULA, L.F.; PIRES, M. Crise e perspectivas para a economia brasileira. **Estudos avançados**, v.31, n.89, p.125-144, 2017.
- PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na agricultura. *Circular Técnica*, n.8, p.1-9, 2008.
- POZZER, A.; TSIMPIDI, A.P.; KARYDIS, V.A.; MEIJ, A.M.; LELIEVELD, J. Impact of agricultural emission reductions on fine particulate matter and public health. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v.17, p.1-19, 2017.
- PROVASI, K.; ESPINOSA, D.C.R.; TENÓRIO, J.A.S. Estudo eletroquímico de recuperação de metais de pilhas e baterias descartadas após o uso. **Revista Escola de Minas**, v.65, n.3, p.335-341, 2012.
- SANTOS, E.B.; NARDI JUNIOR, G. Produção de biogás a partir de dejetos de origem animal. **Tekhne e Logos**, v.4, n.2, p.80-90, 2013.
- SARNIGHAUSEN, V.C.R.; NARDI JUNIOR, G. Potencial de produção de metano em sistemas de tratamento e de biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos. **Tekhne e Logos**, v.7, n.2, p.46-55, 2016.
- SCHNEIDER, C.F.; SCHULZ, D.G.; LIMA, P.R., GONÇALVES JUNIOR, A.C. Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.5, p.8-17, 2012.
- SCHWANTES, D.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; SCHONS, D.C.; VEIGA, T.G.; DIEL, R.C.; SCHWANTES, V. Nitrate adsorption using sugar cane bagasse physicochemically changed. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v.4, n.1, p.51-59, 2015a.
- SCHWANTES, D.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; COELHO, G.F.; CAMPAGNOLO, M.A.; SANTOS, M.G.; MIOLA, A.J.; LEISMANN, E.A.V. Crambe pie modified for removal cadmium, lead and chromium from aqueous solution. **International Journal of Current Research**, v.7, n.10, p.21658-21669, 2015b.
- SCHWANTES, D.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; COELHO, G.F.; CAMPAGNOLO, M.A.; DRAGUNSKI, D.C.; TARLEY, C.R.T.; MIOLA JUNIOR, A.; LEISMANN, E.A.V. Chemical modifications of cassava peel as adsorbent material for metals ions from wastewater. **Journal of Chemistry**, v.2016, [s.n.], p.1-15, 2016.
- SENCOVICI, L.A.; DEMAJOROVIC, J. Entraves e perspectivas para a logística reversa do óleo lubrificante e suas embalagens. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.4, n.2, p.83-101, 2015.
- SILVA, G.O.; JERÔNIMO, C.E. Estudo de alternativas para o aproveitamento de resíduos sólidos da industrialização do coco. **Monografias Ambientais**, v.10, n.10, p.2193-2208, 2012.
- SOARES, W.; PORTO, M. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.38-43, 2007.
- SOUZA, O.; FEDERIZZI, M.; COELHO, B.; WAGNER, T.M.; WISBECK, E. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.438-443, 2010.
- SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W.C. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006. 319p.
- WANG, B.; DONG, F.; CHEN, M.; ZHU, J.; TAN, J.; FU, X.; WANG, Y.; CHEN, S. Advances in recycling and utilization of agricultural wastes in China: based on environmental risk, crucial pathways, influencing factors, policy mechanism. **Procedia Environmental Sciences**, v.31, [s.n.], p.12-17, 2016.
- WANGEN; D.R.B.; FREITAS, I.C.V. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p.81-88, 2010.
- ZHANG, Z.; GONZALEZ, A.M.; DAVIES, E.G.R.; LIU, Y. Agricultural Wastes. **Water Environment Research**, v.84, n.10, p.1386-1406, 2012.