

CARBONIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ALTERNATIVA ENERGÉTICA E QUESTÕES RELACIONADAS À SAÚDE

CARBONIZATION OF URBAN SOLID WASTE: ENERGY ALTERNATIVE AND HEALTH RELATED ISSUES

ANDRESSA DAMACENA LIMA SANTOS¹, WEVERSON ALVES FERREIRA^{2*}

1. Acadêmica do curso de Farmácia do Centro Universitário Luterano Ji-Paraná; 2. Farmacêutico, Doutor em química, Professor do curso de Farmácia do Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná.

*Rua Itauba 1026, Bairro Centro, Governador Jorge Teixeira, Rondônia, Brasil. CEP: 76.898-000. andressadamacena0102@hotmail.com

Recebido em 27/10/2018. Aceito para publicação em 21/11/2018

RESUMO

Desde a Grécia aos dias atuais, a destinação dos resíduos sólidos produzidos pelo homem, principalmente nas zonas urbanas, tem sido fonte de sérios problemas de gestão. Isto porque, indubitavelmente, tais resíduos contêm várias substâncias que podem afetar a saúde do homem e prejudicar o meio ambiente. Muitos são os problemas sanitários ligados à destinação inadequada do lixo, entre eles a poluição de mananciais, a contaminação do ar, a presença de aves nos lixões, além de problemas estéticos e de odor. No Brasil, os Resíduos de Serviços de Saúde, causam preocupação pelo potencial de risco que representam à comunidade e ao meio ambiente. Dentre as várias tecnologias em desenvolvimento e que representam alternativas viáveis para o aproveitamento do biossólido, a pirólise, isto é, a degradação térmica de qualquer material orgânico, vem ganhando destaque. Neste processo, são gerados produtos que podem ser usados como fonte de combustíveis ou em outros usos relacionados à indústria petroquímica, tais como óleo, gases e carvão. Trata-se, portanto, de uma alternativa mais eficiente e com maior valor agregado, apesar de a incineração ainda ser o processo mais utilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Carbonização de resíduos sólidos; pirólise; saúde; gestão de resíduos.

ABSTRACT

From Greece to the present day, the disposal of man-made waste, especially in urban areas, has been a source of serious management problems. This is because, undoubtedly, such wastes contain several substances that can affect human health and harm the environment. There are many health problems associated with inadequate waste disposal, including pollution of water sources, air pollution, the presence of birds in dumps, and aesthetic and odor problems. In Brazil, Health Services Waste causes concern about the potential of risk to the community and the environment. Among the various technologies in development and which represent viable alternatives for the use of biosolids, pyrolysis, that is, the thermal degradation of any organic material, has been gaining prominence. In this process, products are generated that can be used as a fuel source or in other uses related to the petrochemical industry, such as oil, gas and coal. It is, therefore, a more efficient and more value-added alternative, although incineration is still the most used process.

KEYWORDS: Solid waste carbonization; pyrolysis; health; waste management.

1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, aspectos ambientais estão relacionados diretamente às condições de saúde humana. A partir da metade do século XX, a inter-relação da saúde com o ambiente se insere nas preocupações da saúde pública. Segundo a OMS, "saúde ambiental é o campo de atuação da saúde pública que se ocupa das formas de vida, das substâncias e das condições em torno do ser humano, que podem exercer alguma influência sobre a sua saúde e o seu bem-estar"¹.

Nas últimas décadas, a poluição ambiental alcançou proporções globais, principalmente em função do grande crescimento populacional. Esse aumento populacional propiciou a urbanização mal planejada e o desenvolvimento inadequado da atividade industrial, incluindo, nesta última categoria, a atividade agrícola e o uso exacerbado de agrotóxicos. Em função desta realidade, grandes volumes de resíduos sólidos, líquidos e gasosos são gerados constantemente, os quais, tratados ou dispostos de maneira imprópria, apresentam um elevado potencial poluente a todos os compartimentos ambientais².

O conceito de saúde está claramente associado às condições de vida e do ambiente³. Ao mesmo tempo em que degradam o homem, sua qualidade de vida e seu estado de saúde, os padrões de desenvolvimento adotados vêm favorecendo a degradação ambiental por meio da exploração predatória de recursos naturais e poluição.

Neste sentido, a proteção e a conservação dos recursos naturais e o acompanhamento do impacto que as modificações ambientais lançam sobre a saúde estão intimamente associados à qualidade de vida na sociedade moderna¹.

A tendência mundial aponta a necessidade de minimizar a produção de resíduos sólidos, considerando que as previsões apontam que a população mundial deverá dobrar nos próximos 50 anos e o volume dos resíduos sólidos quadruplicarem

nesse mesmo período⁴.

No Brasil a Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece regras e metas para a solução dos problemas que envolvem essa temática no território nacional. Uma das medidas determina que todo município brasileiro terá a obrigação legal de destinar e dispor adequadamente seus resíduos. De acordo com o Art. 3º, Inciso VII desta lei, a destinação de resíduos, que inclui reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético deve observar normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a minimizar os impactos ambientais adversos⁵. Estratégias de redução na fonte, reaproveitamento de materiais e programas bem estruturados de coleta seletiva são essenciais para diminuir o montante de resíduos gerados. Entretanto, sempre haverá uma considerável quantidade de rejeitos que precisará de tratamento e destinação adequada. O intuito do presente trabalho é justamente adentrar na discussão do que fazer com a parcela dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que não pode ser reutilizada ou reciclada⁶.

Dos resíduos atualmente tratados, os dois principais destinos são: a incineração e aterros controlados, acarretando sérios riscos sociais e ambientais. Por isso, faz-se necessária a busca de novas formas para racionalizar a utilização destes resíduos⁷.

Há algum tempo a carbonização, também conhecida como pirólise, começou a ser pensada como possível solução para o tratamento dos resíduos, pois reduz consideravelmente a massa e o volume, e os produtos resultantes podem ser comercializados⁷. Nesse contexto, a aplicação da técnica de carbonização ao tratamento de resíduos sólidos apresenta-se bastante promissora e eficaz, no sentido de diminuir a quantidade de resíduos que vão para os aterros sanitários, e, ainda, reaproveitar o carvão obtido para a produção de briquetes, com alto poder calorífico, que poderá ser utilizado como fonte energética para uso industrial, ou seja, produção de energia termoelétrica e/ou destinação do bio-óleo para utilização como óleo combustível⁸.

Considerando o amplo potencial de crescimento desse setor no Brasil, o presente estudo busca analisar a Carbonização de RSU como alternativa de tratamento e geração de energia, bem como seu impacto em questões relacionadas à saúde.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo trata de uma revisão bibliográfica, na qual foram utilizados artigos científicos publicados nas bases de dados: Scielo, Pubmed e Medline. Para a seleção dos artigos, foram empregados os termos: carbonização, pirólise, resíduos urbanos, gestão de resíduos e saúde.

Foram considerados recentes os artigos publicados nos últimos cinco anos. Entretanto, foram utilizados, também, porém em escalas menor, artigos que ultrapassam esse período para complementar e

enriquecer a discussão. Após a análise dos títulos e leitura dos resumos, foram incluídos os artigos que abordavam a carbonização de RSU, bem como a gestão destes resíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

RSU e questões relacionadas à saúde

Os primeiros registros de que se tem notícia acerca da existência de lixões e sua conseqüente influência na atração de vetores ocorreram em Atenas, Grécia. Já na Idade Média, livrar-se dos resíduos era uma responsabilidade pessoal. Este período da história foi marcado pelo surgimento de sérias doenças e epidemias⁹.

Não há dúvidas de que os resíduos sólidos contêm várias substâncias que podem afetar a saúde do homem, seja através de contato direto ou indireto, seja por meio dos micros e macrovetores. Os lixões representam a pior forma de disposição final para os resíduos sólidos urbanos⁹.

As principais doenças causadas pela contaminação devido aos RSU são: tétano, verminoses, intoxicações e contaminações por bactérias. Entretanto, outros problemas sanitários estão ligados à destinação inadequada do lixo. Em relação aos mananciais, o principal poluente do lixo que afeta a qualidade da água dos mananciais de superfície e subterrâneos é o chorume, líquido resultante da lavagem dos lixões pelas águas das chuvas que, muitas vezes, vêm com a presença de metais pesados e de substâncias recalcitrantes. Já a contaminação do ar é ocasionada pela queima do lixo, que pode ser provocada ou natural, e lança no ar dezenas de produtos tóxicos, que variam da fuligem às cancerígenas dioxinas, resultantes da queima de plásticos. Já a presença de aves nos lixões, como garças e urubus, pode ajudar na disseminação de agentes causadores de doenças^{10,11}.

Os agentes físicos, químicos e biológicos presentes nos resíduos sólidos municipais e nos processos dos sistemas de seu gerenciamento são capazes de interferir na saúde humana e no meio ambiente. Tais agentes físicos, químicos e biológicos provocam doenças como: perda parcial ou permanente da audição, cefaleia, tensão nervosa, estresse, hipertensão arterial. A poeira, um agente comum nas atividades com resíduos, pode ser responsável por desconforto e perda momentânea da visão e por problemas respiratórios e pulmonares. Os agentes químicos são responsáveis por doenças como saturnismo e distúrbios no sistema nervoso, entre outras. Por sua vez, os agentes biológicos são responsáveis por doenças do trato intestinal, hepatites (principalmente do tipo B) e dermatites^{12,13}.

Como se sabe, no Brasil os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) representam cerca de 1 a 3% dos resíduos sólidos urbanos produzidos, e causam preocupação pelo potencial de risco que representam à comunidade e ao meio ambiente por serem uma fonte potencial de organismos patogênicos, produtos tóxicos,

inflamáveis, perfuro-cortantes e radioativos¹⁴, tornando-se fonte de contaminação ambiental, com risco adicional aos trabalhadores envolvidos no seu manejo e à comunidade em geral¹⁵. Esses resíduos podem contaminar o ar, o solo e a água, seja por dispersão, seja por lixiviação.

Os aterros sanitários impactam o solo de diversas maneiras. Muitas vezes a poluição contamina os lençóis freáticos, chegando a rios e córregos. A composição da poluição não tem um padrão visto que os resíduos sólidos urbanos apresentam grande diversidade. O seu tratamento deve ser realizado de acordo com a composição do líquido gerado por cada aterro sanitário, sendo a estação de tratamento de chorume uma das alternativas, em que o efluente passa por um tratamento físico-químico e biológico, seguido por um sistema de membranas filtrantes, onde serão eliminados as impurezas e outros componentes indesejáveis que venham a poluir, principalmente, os lençóis freáticos¹⁶.

Os chamados “catadores de materiais recicláveis” participam ativamente no processo de reaproveitamento dos RSU¹⁷. Esta ocupação existe, informalmente, a pelo menos cinquenta anos no Brasil¹⁸ e é extrema importante para o meio ambiente. No entanto, no ramo da reciclagem, o catador é o que menos ganha¹⁹. A grande exposição destas pessoas aos fatores de risco presentes nos lixões, podem afetar de maneira significativa sua saúde e de outras que com elas convivem.

Carbonização de RSU com aproveitamento energético

A cada dia, novos produtos desafiam a busca por tecnologias e sistemas de gestão aptos a segregar e tratar resíduos resultantes tanto dos processos produtivos quanto da própria obsolescência dos produtos²⁰. Nesse contexto, diversos estudos são realizados para aperfeiçoar a gestão dos resíduos sólidos. Novas políticas e novas formas de tratamento podem destacar-se como exemplos dessa necessidade de desenvolvimento assim, várias tecnologias estão aparecendo e representam alternativas viáveis para o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos. Dentre elas, pode-se citar a pirólise, a oxidação úmida e o processo de gaseificação. Entretanto, comparada com as demais, a pirólise tem muitas vantagens.

Definida como a degradação térmica de qualquer material orgânico, a pirólise geralmente ocorre a uma temperatura que varia de 400°C até o início do regime de gaseificação. No processo da pirólise, são gerados produtos que podem ser usados como fonte de combustíveis ou na indústria petroquímica, tais como óleo, gases e carvão²¹.

Existem dois processos de pirólise: a convencional (pirólise lenta) e a pirólise rápida, que se diferenciam através de variáveis de processos, tais como: taxa de aquecimento, temperatura, tempo de residência das fases sólida e gasosa e produtos desejados^{22,23}. Enquanto o processo de pirólise convencional é

dirigido especificamente para a produção de carvão, a pirólise rápida é considerada um processo avançado, no qual, controlando-se os parâmetros de processo, podem ser obtidas quantidades consideráveis de bio-óleo e da fração gasosa. Nesse caso, as temperaturas podem variar entre 550 e 650 °C²⁴.

A principal finalidade da pirólise é a obtenção de produtos com densidade energética mais alta e com melhores propriedades do que aquelas da biomassa inicial. Esses produtos podem ser usados para abastecer energeticamente o próprio processo ou serem comercializados como produtos químicos ou combustíveis. Devido a seus poderes energéticos, os materiais obtidos possuem utilizações potenciais diversas²⁴. O óleo obtido pode ser transportado, armazenado e usado como combustível para geração de calor em caldeiras. Já a fração sólida, pode ser utilizada para a produção de carvão ativado, um excelente composto empregado na adsorção de compostos inorgânicos e orgânicos, na extração de metais, purificação de água, na medicina (absorção do veneno), limpeza de gases e na indústria de alimentos (remoção de impurezas orgânicas)²⁵. Por sua vez, os gases gerados no processo de pirólise, poderão ser utilizados para produção de calor e geração de energia, mas geralmente são usados para produzir energia no próprio processo de pirólise de biomassa ou para a secagem das matérias primas²⁶.

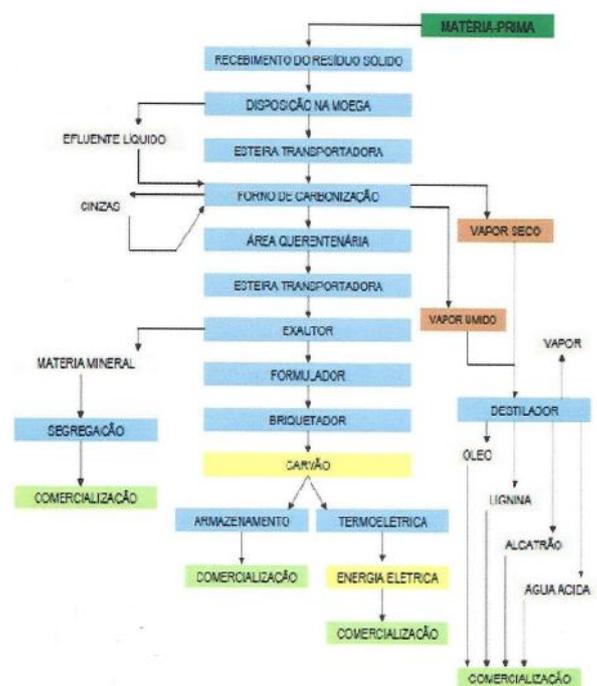


Figura 1: Fluxograma com todas as etapas do processo da pirólise. **Fonte:** TJMC Empreendimentos, 2012.

De acordo com Voloch²⁷, para cada 5 toneladas de resíduos são obtidos aproximadamente, 32 litros de óleo vegetal, 18 litros de alcatrão, 18 litros de lignina, 18 litros de água ácida, 2 toneladas de pó de carvão. Já o vapor de água é liberado para a atmosfera (Figura 1).

Viabilidade e vantagens da carbonização de RSU nos serviços de saúde

Em relação aos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS), ainda se verifica uma ausência de orientação técnico-científica consolidada, em que as discussões sobre os riscos potenciais, assim como as possibilidades de manejo e tratamento dessa categoria de resíduos são taxadas por estereótipos. Há uma escassa disponibilidade de informações com rigor científico, sobretudo no que diz respeito à forma de tratamento e destinação final⁷.

A viabilidade técnica e ambiental da utilização do processo de pirólise como tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde através de um experimento utilizando uma amostra simulada destes resíduos em um reator de pirólise construído em escala piloto. Neste experimento, constatou-se a redução da massa após o tratamento e a formação de gases e os valores obtidos estavam de acordo com os dispostos na Resolução CONAMA n° 316/02²⁸.

Nos estudos elaborados por Lima²⁹ e Voloch²⁷, avaliou-se a obtenção do carvão a partir dos RSU por pirólise, ou seja, pela desidratação térmica dos resíduos em câmara fechada, com temperatura elevada (até 800°C) e sem alimentação de oxigênio, por aproximadamente 1 hora. A diferença fundamental entre incineração e carbonização é que, sem oxigênio, os resíduos não entram em combustão e, portanto, não ocorre, a queima do rejeito, mas a desidratação do material. Isso é muito importante, porque, apesar das altas temperaturas, a carbonização ocorre em ambiente relativamente úmido, evitando, dessa forma, a corrosão excessiva dos equipamentos.

Em um estudo elaborado por Melo³⁰, pode-se constatar uma redução de 89% da massa dos resíduos. As altas temperaturas empregadas durante o processo destroem os agentes considerados nocivos ao homem e ao meio ambiente⁶.

Dentre as vantagens verificadas no processo de pirólise dos RSS, tem-se a redução de massa, a utilização de combustível auxiliar de baixo custo (biomassa), a eliminação de lixiviados na disposição final, além da possibilidade de encaminhamento do produto carbonizado para a disposição em um aterro sanitário convencional sem riscos para a saúde³¹.

Nesse sentido, a técnica de pirólise mostra-se promissora para os Resíduos de Serviço de Saúde por ser uma alternativa de destinação final mais eficiente e de valor agregado considerável se comparada à incineração que, atualmente, é a mais utilizada nesses casos.

4. CONCLUSÃO

O progressivo aumento da população mundial, bem como, a grande quantidade de lixo que ela produz, tem se tornado um grave problema relacionado à saúde pública.

Além de reduzir o volume de lixo e lixiviados e

gerar produtos que podem ser utilizados como alternativa energética, a pirólise, por ocorrer em altas temperaturas, é uma ótima alternativa para o tratamento dos RSU, mesmo daqueles gerados em hospitais ou outros estabelecimentos de saúde.

Quanto à viabilidade do uso da carbonização dos RSU dos Serviços de Saúde, ainda são poucos os estudos realizados nesta área. Entretanto, devido a suas vantagens e benefícios, esta técnica mostra-se promissora por ser mais eficiente em relação a incineração, que ainda é a mais utilizada no tratamento destes resíduos. Assim, sugere-se que o tema em questão seja alvo de novas pesquisas, para que esta técnica seja mais utilizada no cotidiano.

REFERÊNCIAS

- [1] Siqueira MM, Moraes MS. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2009; 14(6):2115-2122.
- [2] Machado IFC.. Contribuição química para o plano de gerenciamento de águas residuais de serviços de saúde. *Quim. Nova*. 2017; 40(5):548-553.
- [3] Augusto LGS, Câmara VM, Carneiro FF, Cância J, Gouveia N. Saúde e ambiente: uma reflexão da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva (ABRASCO). *Rev. bras. epidemiol.* 2003; 6(2):87-94.
- [4] Zaneti ICBB. A educação ambiental como instrumento de mudança na concepção de gestão dos resíduos sólidos domiciliares e na preservação do meio ambiente. In: ANPPAS. 2002.
- [5] Brasil, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- [6] Voloch L, Peralta LR. O uso da carbonização como alternativa de tratamento e destinação de resíduos sólidos. *Geographia Opportuno Tempore, Londrina*. 2014; 1(especial):364-379.
- [7] Barbosa CC, Serra JCV. Viabilidade técnica e ambiental da carbonização em resíduos sólidos: eficiência e perspectivas. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*. 2014; 11(1):125-132.
- [8] Silva JWF. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados-MS. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*. 2017.
- [9] Castro VLFL. Resíduos sólidos de serviços de saúde do município de Campinas/ SP. Santiago do Chile: Cepal. 1995.
- [10] Silva, ARS. Impactos ambientais referentes à não coleta de lixo e reciclagem. *Ciências exatas e tecnológicas - Maceió*. 2015.
- [11] Silva, J.A.; Souza, V. & Moura, J.M. Gestão de resíduos sólidos domiciliares em Cuiabá: Gerenciamento integrado. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2011.
- [12] Colombi, A.; Basilico, S. & Foá, Riesgos para la salud de los trabajadores asignados a las instalaciones de tratamiento y eliminacion de los desechos. *Acta Toxicologica*. 1995; 3:28-37
- [13] Velloso MP. Os restos na história: percepções sobre resíduos. *Ciência & Saúde Coletiva*. 2008.
- [14] Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual de gerenciamento de

- resíduos de serviços de saúde. Brasília: Ministério da Saúde. 2006; 182p.
- [15] Cussiol NAM. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM. 2008; 88p
- [16] Heiderscheidt D. Conceitos aplicados à poluição do solo decorrente do derrame de petróleo e seus derivados. *Revista Maiêutica, Indaial*. 2016; 4(1):7-14.
- [17] Silva CM. Trabalho, economia solidária e catadores de recicláveis: desigualdades de gênero e de raça, em busca de cidadania. *Revista da ABET*. 2014; 13(2).
- [18] Gonçalves CV, Malafaia G, Castro ALS, Veiga BGA. A vida no lixo: um estudo de caso sobre os catadores de materiais recicláveis no município de Ipameri, GO. *Holos*. 2013; 2:1 13.
- [19] Magera M. Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das cooperativas de reciclagem de lixo. Campinas, São Paulo: Editora Átomo. 2003.
- [20] Schneider VE, Stedile NLR, Berger Filho AG. Potencial de risco dos resíduos de serviços de saúde. In: Schneider VE, Stedile NLR. (Org.) *Resíduos de serviços de saúde: um olhar interdisciplinar sobre o fenômeno*. 3. Ed. Caxias do Sul: Educs, 2015.
- [21] Pedroza, MM, Vieira GEG, Sousa JF, Pickler AC, Leal ERM, Milhomen CC. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato*. 2010; 11:147-157.
- [22] Vieira GEG. Fontes alternativas de energia – Processo aperfeiçoado de conversão térmica. 2004. 181p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Fluminense. 2004.
- [23] Vieira GEG. O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto – uma revisão. *Revista Liberato, Novo Hamburgo*. 2011; 12(17):01-106.
- [24] Vieira GEG. Resíduos da produção industrial de borracha (ETRI) e bebida (ETE) – Uma avaliação pela tecnologia de LTC. 2000. 322 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense. 2000.
- [25] Menezes JA. Microwave pyrolysis of sewage sludge: analysis of the gas fraction. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2004; 71:657-667.
- [26] Sanchez ME. Effect of pyrolysis temperature on the composition of the oils obtained from sewage sludge. *Biomass and Bioenergy*. 2009; 33:933-940.
- [27] Voloch L. Carbonização de resíduos sólidos urbanos como alternativa de tratamento e geração de energia: viabilidade de aplicação no município de Londrina – PR. Londrina. 2012.
- [28] TJMC Empreendimentos. Projeto Natureza Limpa. Disponível em: <<http://www.naturezalimpa.com/tecnologia.asp>>. Acesso em: 08 maio 2012.
- [29] LIMA, Jose Railton de S. Entrevista concedida por e-mail. Lagarto, 05 jul. 2012. Disponível em <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1110&subject=E> Acesso em: 27. Out. 2018.
- [30] Melo GCB. Avaliação de desempenho de um reator de pirólise no tratamento de uma amostra simulada de resíduos sólidos de serviços de saúde. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2008.
- [31] Filho AT. Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde pelo processo de pirólise. *Eng Sanit Ambient*. 2014; 19(2).