

TECNOLOGIAS APLICADAS NO TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Paula Polastri (*), Ana Paula Jambers Scandelai, Danielly Cruz Campos Martins, Otavio Henrique da Silva, Renata Cristina de Souza Chatalov

* Centro de Ensino Superior de Maringá – UniCesumar, paula_pol@hotmail.com.

RESUMO

A ineficiência no gerenciamento de resíduos sólidos industriais, principalmente quanto à disposição final inadequada, pode causar impactos ambientais, afetando não somente o meio ambiente, mas também a saúde humana. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar as principais tecnologias empregadas para tratamento e disposição final de resíduos sólidos industriais no Brasil. Como metodologia, foi realizada uma revisão da literatura, levantamento de legislações e normas, acerca das tecnologias empregadas para tratamento de resíduos sólidos industriais, bem como das formas de disposição final ambientalmente adequada dos mesmos. Os principais processos de tratamento de resíduos identificados foram os físico-químicos (solidificação e estabilização), térmicos (incineração, pirólise, plasma térmico e coprocessamento) e biológicos (compostagem, vermicompostagem, *landfarming* e digestão anaeróbia). E quanto à disposição final, conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos, no Brasil, ocorre em aterros, sendo os aterros industriais, projetados especialmente para receber resíduos industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo sólido industrial, Tratamento físico-químico, Tratamento térmico, Tratamento biológico.

ABSTRACT

The inefficiency in the management of industrial waste, especially regarding the improper disposal can cause environmental impacts, affecting not only the environment but also human health. Thus, the objective was to present the main technologies used for final treatment and disposal of industrial solid waste in Brazil. As a methodology, a literature review was conducted, lifting laws and standards on the technologies employed for treating industrial solid waste, as well as environmentally sound forms of disposal thereof. The main identified waste treatment processes were the physicochemical (solidification and stabilization), thermal (incineration, pyrolysis, thermal plasma and co-processing) and biological (composting, vermicomposting and landfarming). What about the final disposal, according to the National Policy on Solid Waste in Brazil occurs in landfills, and industrial landfills, especially designed to receive industrial waste.

KEY WORDS: Industrial solid waste, Physicochemical treatment, Heat treatment, Biological treatment.

INTRODUÇÃO

A industrialização, o crescimento das populações, dentre outros fatores, vem acelerando a geração de grandes volumes de resíduos sólidos, de forma que, a disposição inadequada destes resíduos (e/ou rejeitos), tem leva à poluição das águas e a contaminação dos solos afetando diretamente a saúde humana e ao meio ambiente (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Desta forma, resíduos sólidos industriais, são considerados os resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais, nos estados sólido e semissólido, bem como determinados líquidos não passíveis de tratamento por métodos convencionais, que por suas características particularidades não podem ser lançados na rede pública de esgoto ou em corpos d'água (ABNT, 2004; BRASIL, 2010).

A realização dos procedimentos que levam a classificação dos RSI, por meio da caracterização física e química dos mesmos, é de suma importância, pois, desta forma, é possível o estabelecimento das diretrizes que norteiam a gestão e o gerenciamento dos resíduos. Como exemplo, têm-se as operações de acondicionamento, coleta e transporte, sobretudo, a definição das técnicas de tratamento e a disposição final mais adequada para cada tipo de resíduo gerado (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Em 2010, a Lei nº. 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceu como um de seus instrumentos o desenvolvimento de pesquisas de novos métodos, processos e tecnologias de tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, por parte da cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado. Assim, ressalta-se a importância na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, bem como sendo um dos objetivos estabelecidos na PNRS, que deve ser observada a ordem de prioridade como a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

Ainda, de acordo com a PNRS a disposição final ambientalmente adequada, refere-se exclusivamente a disposição de rejeitos em aterros, bem como apresenta uma série de proibições quanto à disposição de resíduos, como acerca da proibição da queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade. Sendo que, a queima de resíduos a céu aberto pode ser realizada, quando decretada emergência sanitária, desde que autorizada e acompanhada pelos órgãos ambientais competentes (BRASIL, 2010).

Por fim, as atividades industriais geram diferentes tipos de resíduos, com características das mais diversas, sendo estes originados das atividades dos diversos ramos industriais. Sendo que, a crescente geração de resíduos industriais, que acompanha o desenvolvimento do país, exige uma busca constante de soluções ambientalmente adequadas para o manejo e a destinação correta dos mesmos.

OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo apresentar as tecnologias disponíveis para tratamento e disposição final de resíduos sólidos industriais, detalhando suas características, funcionamento, vantagens, desvantagens e aplicabilidades.

METODOLOGIA

Como metodologia, foi realizada uma revisão da literatura, levantamento de requisitos legais e normas técnicas aplicáveis, acerca das tecnologias empregadas para tratamento de resíduos sólidos industriais (RSI), bem como as formas de disposição final ambientalmente adequada dos mesmos.

RESULTADOS

Características e classificação dos RSI

Os RSI, em função do processo industrial onde os mesmos são gerados, apresentam distintas propriedades físicas, químicas e biológicas e, desta forma, são classificados em resíduos perigosos e não perigosos.

Os resíduos perigosos (classe I) apresentam propriedades como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (ABNT, 2004). São os RSI que apresentam periculosidade, podendo provocar significativo risco à saúde pública, ocasionando mortalidade e incidência de doenças, e riscos ao meio ambiente, afetando a qualidade ambiental, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada (ABNT, 2004; BRASIL, 2010).

Os resíduos não perigosos (classe II) se subdividem em inertes e não inertes. Os resíduos não inertes (classe II A) não apresentam nenhuma das propriedades dos resíduos perigosos, mas podem ter propriedades, tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os resíduos inertes (classe II B) não apresentam nenhuma das propriedades dos resíduos perigosos e dos não perigosos e não inertes, desta forma, se caracterizam por não apresentarem solubilidade em água (ABNT, 2004).

Em vista disso, o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos é de suma importância, bem como o conhecimento do processo ou atividade industrial e de seus constituintes. Pois tais parâmetros possibilitam subsidiar informações para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos industriais. Desta forma, a análise criteriosa das características físicas e químicas dos resíduos possibilita a correta identificação do RSI quanto aos riscos potenciais que oferecem ao meio ambiente e à saúde pública, podendo, se determinar a escolha do melhor e mais adequado manuseio, sistema de tratamento ou disposição final ambientalmente adequada (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Panorama das formas de tratamento e disposição final de RSI

No Brasil, no ano de 2008, 78% dos RSI gerados foram dispostos em aterros industriais e 21% passaram por algum tipo de tratamento. Dos RSI que receberam por tratamento, 14% foi por coprocessamento, 1% por incineração, 1% por outros tratamentos térmicos, e 5% por tratamentos biológicos (ABETRE, 2013).

Na Tabela 1 apresenta-se a quantidade de RSI processados por tecnologias de tratamento e disposição final em aterros industriais entre os anos de 2004 a 2008.

Tabela 1. Quantidade processada de RSI entre 2004 a 2008, por tecnologia de tratamento e disposição final.
Fonte: Adaptado de ABETRE, 2013.

RSI	2004 (1.000 t)	2005 (1.000 t)	2006 (1.000 t)	2007 (1.000 t)	2008 (1.000 t)
Tecnologia de tratamento					
Coprocessamento em fornos de clínquer	492	690	790	981	1000
Incineração	48	64	64	71	75
Outros tratamentos térmicos	49	77	59	69	83
Tratamentos biológicos	5	14	31	326	375
Outras tecnologias	11	13	15	18	14
Disposição final					
Aterro classe II A	1733	1605	2986	3655	4569
Aterro classe II B	489	506	343	579	724
Aterro classe I	120	235	171	252	302
Total	2947	3202	4458	5951	7142

Nota-se que existe uma maior disposição final de RSI em relação aos tipos de tratamento, bem como um aumento no processamento de RSI entre os anos de 2004 a 2008, podendo-se associar melhorias ambientais, quanto à destinação e disposição ambientalmente adequada dos RSI.

Tecnologias de tratamento de resíduos sólidos industriais

Pode-se considerar que o tratamento de resíduos é qualquer processo que altere as características, composição ou propriedade do resíduo, de maneira a tornar menos impactante sua disposição final no solo ou simplesmente sua destruição, desta forma, os processos de tratamento de resíduos podem ser classificados como: físico-químicos, térmicos e biológicos (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002).

• Tratamentos físico-químicos

A solidificação e estabilização (encapsulamento) é um processo que induz trocas químicas no constituinte de um resíduo, transformando-o em formas menos solúveis e tóxicas por meio de reações químicas que fixam elementos ou compostos tóxicos em polímeros impermeáveis ou em cristais estáveis (BIDONE; POVINELLI, 1999).

As principais aplicações da estabilização/solidificação são as baseadas na adição de cimento, cal ou outros materiais pozolânicos, que envolvem a inserção do resíduo em materiais plásticos ou termofixos, a obtenção de materiais que possam se autosolidificar sem maiores adições de outros materiais constituintes, encapsulamento superficial e vitrificação de resíduos com sílica. No entanto, como desvantagem, esta técnica não pode ser aplicada para qualquer tipo de resíduo, não sendo recomendável para resíduos com mais de 10 a 20% de constituintes orgânicos (BIDONE; POVINELLI, 1999).

• Tratamentos térmicos

De acordo com a Resolução CONAMA nº 316/2002 (BRASIL, 2002), que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos, o tratamento térmico é definido como “todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800 °C”. Desta forma, as principais técnicas empregadas no tratamento térmico de resíduos industriais são incineração, pirólise, plasma térmico e coprocessamento.

A incineração trata-se da decomposição térmica do resíduo via oxidação, com o objetivo de tornar um resíduo menos volumoso, menos tóxico ou atóxico, ou ainda eliminá-lo, em alguns casos, assim, esta técnica pode reduzir 90% do volume e 75% do peso do resíduo, podendo ser aplicada para incinerar resíduos contaminados (perigosos), orgânicos e rejeitos (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002).

Basicamente, no incinerador ocorrem as reações de oxidação (ou combustão) e de decomposição dos resíduos. A reação de combustão de produtos orgânicos libera calor, o qual é transferido para os gases e para o material sólido, havendo a redução do volume dos resíduos. Esse calor pode ser aproveitado na saída do forno, sendo esta etapa considerada reciclagem energética de resíduos, que é transferido para os gases e para o material sólido. Por outro lado, os produtos inorgânicos podem sofrer decomposição térmica, havendo perda de massa.

Na incineração há a formação de gases, óxidos e sólidos, sob a forma de cinzas volantes (do sistema de tratamento de gases como do lavador de gases ou filtros), ou como produtos da incineração incompleta (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002). Estas cinzas devem ser devidamente dispostas em aterros industriais quando for constatado resíduo de alta periculosidade. Portanto, deve ser conhecido o resíduo a ser incinerado devido à poluição dos gases gerados, tendo todas as medidas e dispositivos de controle. No Brasil, existem 23 incineradores para RSI, sendo um localizado no Paraná, no município de Curitiba (ABETRE, 2013).

A pirólise consiste na degradação térmica de resíduos orgânicos na ausência de oxigênio, operando a elevadas pressões e temperaturas (300 °C a mais de 1000 °C). Dentre as suas vantagens, têm-se: limitação da produção de particulados, aproveitamento energético, sistema com instalações compactas, capacidade de operar com resíduos mais úmidos, permitindo fundir e vitrificar certos resíduos inorgânicos. Contudo, a instalação e manutenção são custosas e não possui sofisticado sistema de lavagem de gases para a retenção de metais voláteis e gases ácidos (FIRJAN, 2006).

Como vantagens desta técnica de tratamento, os óleos pirolíticos produzidos podem ser utilizados como insumo na indústria química; os sólidos apresentam propriedades combustíveis e adsorventes; e os gases podem ser reaproveitados em plantas de geração de energia elétrica, comumente denominadas plantas de cogeração (OLIVEIRA et al., 2009).

A técnica de plasma térmico ou tocha a plasma é considerada uma das técnicas mais promissoras para tratamento de resíduos e faz parte das chamadas “tecnologias limpas”. É aplicada na indústria metalúrgica, na produção de novos materiais, e no tratamento de resíduos (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002). Nesta técnica, é possível tratar rejeitos industriais perigosos, sendo capaz de reduzi-los em até 99,99% do seu volume original. Os resíduos são transformados em componentes inertes ao ambiente através da vitrificação dos componentes inorgânicos, formando matrizes vítreas ou metálicas que imobiliza os metais perigosos. Os gases oriundos da parte orgânica dos resíduos são lavados e reduzidos à condição de não poluentes e podem gerar energia diretamente como combustível (gases de síntese) ou indiretamente com o emprego de turbinas. Ainda, este método, pode ser aplicado na redução do volume das cinzas tóxicas geradas em incineradores convencionais.

Alguns países que utilizam o plasma térmico são: Estados Unidos, Canadá, França, Rússia, China e Japão. No Brasil, já existe uma tocha em funcionamento em São Paulo. Trata-se de um forno que utiliza gás ionizado a altas temperaturas, gerado por meio de eletricidade de alto rendimento. O plasma é produzido por um campo elétrico contínuo de baixa frequência, aplicado por um gás em movimento, impulsionado por uma pressão superior à atmosférica. O resultado é a fusão completa do resíduo, resultando em um produto liquefeito, que posteriormente resfriado e endurecido, tem o aspecto de um vidro (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002).

Algumas das características da tocha são o atingimento de temperaturas do sistema superiores a 4000 °C e capacidade de tratamento de aproximadamente 1,0 t h⁻¹ ou 4000 t ano⁻¹, para ciclos de 12 h de tratamento (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002). O coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer utiliza RSI, a partir do processamento destes, como substituto parcial de matéria-prima e/ou combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento (BRASIL, 1999).

No Brasil, a legislação que regulamenta o coprocessamento é a Resolução CONAMA nº 264/1999 (BRASIL, 1999), que dispõe sobre o licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos. Excetuando-se os resíduos domiciliares brutos, de serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins, além de estabelecer limites de emissões para material particulado e poluentes. A Resolução CONAMA nº 316/2002 (BRASIL, 2002), referente ao tratamento térmico de resíduos, complementa a Resolução CONAMA nº 264/1999, ao estabelecer limites de emissões de dioxinas e furanos no coprocessamento. No Brasil, existem 35 cimenteiras licenciadas para coprocessamento, sendo duas localizadas no estado do Paraná (ABELTRE, 2013).

Os resíduos mais comuns utilizados no processo, além de pneus, são os resíduos de diversas indústrias, principalmente dos setores químico, petroquímico, metalúrgico, alumínio, automobilístico e de papel e celulose. Entre os mais comuns encontram-se borrachas, solventes, tintas e óleos usados, borras de petróleo e de alumínio e, ainda, solos contaminados e lodos de centrais de tratamento de esgoto.

• Tratamentos biológicos

A compostagem é um processo de decomposição aeróbia, em que há desprendimento de gás carbônico, água na forma de vapor e energia pela ação dos microrganismos. Parte da energia é usada pelos microrganismos para crescimento e movimento e a energia restante é liberada como calor, o qual se busca conservar na pilha de compostagem. Como resultado, a pilha atinge uma temperatura elevada, resfria e atinge o estágio de maturação. O composto, produto da compostagem, é um material homogêneo e relativamente estável (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

As principais vantagens da compostagem são a valorização da parte orgânica dos resíduos sólidos e aumento da vida útil do aterro sanitário ou industrial (neste caso, para RSI). Todavia, as principais desvantagens são que a tonelada do resíduo se torna mais cara em comparação à disposição no aterro e, ainda, apresenta grande dificuldade para a comercialização do composto produzido (PHILIPPI JR; ROMERO; BRUNA, 2004).

A minhocultura ou vermicompostagem é o processo de tratamento de resíduos orgânicos por meio de criação de minhocas em minhocários. O produto final da vermicompostagem constitui em um fertilizante orgânico (húmus), capaz de melhorar atributos químicos (oferta, melhor retenção e ciclagem de nutrientes), físicos (melhoria na estruturação e formação de agregados) e biológicos do solo (aumento da diversidade de organismos benéficos ao solo). Dentre as principais espécies de minhocas criadas comercialmente no Brasil, estão *Eisenia foetida*, também conhecida como vermelha-da-califórnia, e *Eudrilus eugeniae* (noturna africana ou minhoca do esterco) (EMBRAPA, 2011).

O método de tratamento *landfarming* consiste em uma técnica em que o substrato orgânico do resíduo é misturado na camada superficial do solo, sendo estes degradados biologicamente. Esta tecnologia ocorre por ação de microrganismos através de operações adequadas de manejo e gestão do solo. É um processo relativamente simples, onde se realiza a mistura do resíduo com a camada de solo existente na zona arável, a qual deve ser revolvida periodicamente. São fatores importantes para o tratamento de resíduos por *landfarming*, visando definir a carga aplicada: a definição das características dos resíduos, em teores dos seus componentes orgânicos, teores de nitrogênio, fósforo, cátions troáveis, metais e microrganismos (BIDONE; POVINELLI, 1999).

A digestão anaeróbia promove a degradação biológica da matéria orgânica por meio do metabolismo de diversos microrganismos em reatores. O produto final inclui biogás (60-70% de metano) e um resíduo orgânico rico em nitrogênio. Esta tecnologia tem sido utilizada com sucesso no tratamento de resíduos agrícolas e alimentares e lodo do tratamento de efluentes, bem como na produção de energia renovável (CHEN; CHENG; CREAMER, 2008). Desta forma, além da geração do biogás gera-se o biofertilizante, subproduto que pode ser utilizado na agricultura orgânica como, por exemplo, em substituição aos fertilizantes sintéticos ou minerais (GALBIATTI, 2010).

Disposição final de resíduos sólidos industriais

No Brasil, a PNRS define disposição final ambientalmente adequada, como sendo a distribuição de rejeitos em aterros, conforme normas operacionais específicas, visando evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

Neste contexto, entende-se como sendo rejeitos, os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A forma de disposição final de RSI ocorre em aterros industriais, sendo estes projetados especialmente para receber resíduos industriais. Diferentemente dos aterros sanitários, destinados a receber resíduos sólidos urbanos. Os aterros industriais são construídos para receber um tipo específico de resíduo, em razão disso, existem basicamente dois tipos de aterros industriais, para resíduos perigosos (classe I) e para resíduos não perigosos (classe II) (PHILIPPI; ROMERO; BRUNA, 2004).

No Brasil, existem 80 aterros privados para resíduos não perigosos e não inertes (classe II A). Deste total, três são localizados no estado do Paraná; 17 são aterros privados para resíduos perigosos (classe I), sendo dois no estado do Paraná (ABETRE, 2013). A Tabela 2 apresenta a distribuição no país dos aterros industriais.

Tabela 2. Aterros industriais privados no Brasil. Fonte: ABETRE, 2013.

Aterros para resíduos não perigosos e não inertes (classe II A)		Aterros para resíduos perigosos (classe I)	
Estado	Número de aterros	Estado	Número de aterros
Rio Grande do Sul	11	Rio Grande do Sul	4
Santa Catarina	11	Santa Catarina	4
Rio de Janeiro	7	São Paulo	3
Minas Gerais	7	Paraná	2
Espirito Santo	5	Minas Gerais	2
Bahia	3	Espirito Santo	2
Paraná	3		
Pernambuco	2		
Mato Grosso	1		
Sergipe	1		
Rio Grande do Norte	1		
Total	80	Total	17

Observa-se que a maioria dos aterros industriais localizam-se na região Sudeste e Sul do país. Além disso, em algumas regiões não existe nenhum tipo de aterro industrial, o que consequentemente mostra a inviabilidade econômica da disposição final de RSI em aterros, devido aos custos elevados com transporte.

Desta maneira, nota-se a importância de implantação de ações visando outras formas de gerenciamento destes resíduos, anteriores à disposição final, como a não geração, minimização da geração, reutilização, reciclagem ou formas de tratamento.

As principais normas relativas a aterros industriais são a NBR 13896:1997 (ABNT, 1997) - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação, e a NBR 10157:1987 (ABNT, 1987) - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação. Desta forma, para assegurar o projeto, instalação e operação adequados de um aterro de resíduos perigosos e de resíduos não perigosos, são estabelecidos exigências relativas à localização, segregação e análise de resíduos, monitoramento, inspeção, fechamento da instalação e treinamento de pessoal. A instalação deve ser monitorada durante a sua vida útil, bem como após o encerramento do aterro. Portanto, após a vida útil do aterro, deve-se realizar o monitoramento das águas subterrâneas, por um período de 20 anos após o seu fechamento; manutenção dos sistemas de drenagem, de tratamento de líquido percolado e de coleta de gases; e manutenção da cobertura, de modo a corrigir rachaduras ou erosão (ABNT, 1987, 1997).

CONCLUSÃO

Para os RSI, como são originados de diversos processos industriais, bem como em relação as suas características físicas, químicas e biológicas, e quanto a sua periculosidade ou não, são classificados em perigosos e não perigosos. Desta forma, de acordo com a característica de cada resíduo será definida a forma de gerenciamento, bem como em último caso estes devem ser destinados para tratamento ou dispostos em aterros industriais.

Diante de várias técnicas de tratamento utilizadas atualmente e de disposição final, deve-se levar em conta fatores importantes para a escolha dos mesmos. Basicamente, deve-se avaliar: o tratamento é mais eficiente para cada tipo de resíduo; os custos envolvendo a coleta, transporte e tratamento/disposição; o atendimento aos requisitos legais; e as vantagens e desvantagens da técnica escolhida.

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias mais limpas para tratamento e disposição final dos resíduos industriais é de suma importância, sendo que estas tecnologias devem atender ao conceito de desenvolvimento sustentável, minimizando a geração de emissões dos gases do efeito estufa e recuperação energética de seus resíduos inevitáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE). **Perfil do setor de tratamento de resíduos**. 2013. Disponível em: <http://www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes-2>. Acesso: 13 de setembro de 2015.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 10157: Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1987.

4. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 1997.
5. Bidone, F.R.A., Povinelli, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: EESC/USP, 1999.
6. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 264, de 26 de agosto de 1999.** Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos.
7. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002.** Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.
8. Brasil. **Lei nº. 12.305, de 2 agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº. 9605 de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.
9. Campos, J.O., Braga, R., Carvalho, P.F. **Manejo de resíduos:** pressuposto para a gestão ambiental. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal/Deplan – IGCE, UNESP, 2002.
10. Chen, Y., Cheng, J.J., Creamer, K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: a review. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 10, p. 4044–64, 2008.
11. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Minhocultura ou Vermicompostagem.** Embrapa Agrobiologia. 2011
12. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). **Manual de gerenciamento de resíduos: guia do procedimento passo a passo.** 2. ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006.
13. Galbiatti, J.A. Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 432-437, 2010.
14. Oliveira, M.L., Cabral, L.L., Leite, M.C.A.M., Marques, M.R.C. Pirólise de resíduos poliméricos gerados por atividades *offshore*. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 4, p. 297-304, 2009.
15. Philippi, A.J., Romero, M.A., Bruna, G.C. **Curso de gestão ambiental.** Coleção Ambiental I. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004..