



ISSN: 1984-3151

# RECICLAGEM ENERGÉTICA: UMA SOLUÇÃO INOVADORA PARA O PLÁSTICO NÃO RECICLÁVEL

## ENERGY RECYCLING: NA INNOVATIVE SOLUTION FOR UNRECYCLABLE PLASTIC

Julyane Carolina Silva<sup>\*1</sup>; Magno André de Oliveira<sup>1</sup>; Pedro Henrique Pires<sup>1</sup>; Thuanye Peixoto Silva<sup>1</sup>; Márcia Rodrigues<sup>2</sup> (Orientadora)

- 1 Alunos do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário de Belo Horizonte – UnBH, 3º período, Belo Horizonte, MG. \*juhlorah@hotmail.com .
- 2 Mestre em Geografia. UFMG. 1997. Professora do Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte, MG. marromar2004@yahoo.com.br.

Recebido em: 31/08/2011 - Aprovado em: 03/10/2011 - Disponibilizado em: 13/10/2011

**RESUMO:** *Este trabalho visa mostrar uma nova tecnologia, que já é utilizada em mais de 35 países com mais de 750 usinas no total e que ainda está em estudo no Brasil: a reciclagem energética do plástico. O objetivo é analisar o plástico, sua composição química, as etapas de reciclagem do material e produção de energia, os produtos finais obtidos pela reciclagem e os gases liberados no decorrer do processo. Dessa forma, após evidenciar como esta é uma tecnologia vantajosa, espera-se despertar para a reflexão de que é viável a utilização da reciclagem energética, devido aos seus grandes benefícios ambiental, econômico e social mostrados no decorrer da pesquisa.*

**PALAVRAS-CHAVE:** *Plástico. Reciclagem energética. Tecnologia.*

**ABSTRACT:** *This paper shows a new technology that is already used in over 35 countries with more than 750 plants in total and is still under study in Brazil: the energy recycling of plastic. Through studies, tables, comparisons and observations, have to analyze the plastic, chemical composition, the steps of material recycling and energy production, the final products obtained by recycling and gases released during the process. Thus, after highlighting how this technology is advantageous, it is expected to awaken to the reflection that it is feasible to use the recycling energy due to its great benefits environmental, social and economic shown the course of research.*

**KEYWORDS:** *Plastic. Energy recycling. Technology.*

## 1 INTRODUÇÃO

O plástico é um material muito utilizado em diferentes setores, como na produção de embalagens, equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Em geral, o uso do plástico é frequente no dia a dia do homem. De acordo com o site britânico Waste Online (citado por OLIVER, 2007), o mundo consome cerca

de 100 milhões de toneladas por ano, sendo que 1 tonelada de plástico representa cerca de 20 mil garrafas de água de 2 litros ou 120 mil sacolas de supermercado.

Para Oliver (2007), ainda não se pode concluir qual é o tempo exato de degradação do plástico, pois ele não esteve tempo suficiente na natureza para este

processo ocorrer. De acordo com este autor, o tempo estimado para os ambientalistas é de 500 anos.

Há três tipos de reciclagem: química, mecânica e energética. Na reciclagem química, ocorre um reprocesso dos plásticos, transformando-os em petroquímicos básicos: monômeros ou misturas de hidrocarbonetos que servem como matéria-prima, em refinarias ou centrais petroquímicas, para a obtenção de produtos nobres de elevada qualidade. O objetivo da reciclagem química é a recuperação dos componentes químicos individuais para a reutilização como produtos químicos ou para a produção de novos plásticos. (BRASILPLAST)

De acordo com a Operação Reciclar – BRASILPLAST, a reciclagem mecânica consiste na conversão dos descartes plásticos pós-industriais ou pós-consumo em grânulos usados na produção de outros produtos, como sacos de lixo, solados, pisos, conduítes, mangueiras, componentes de automóveis, fibras, embalagens não-alimentícias e muitos outros.

Na mesma fonte, consta que, a reciclagem energética “é a tecnologia que transforma o lixo urbano em energia elétrica e térmica, um processo que aproveita o poder calorífico contido nos plásticos para uso como combustível.” Além de produzir energia elétrica, essa tecnologia ainda traz benefícios para os países que a utilizam, nos quais há cidades com incapacidade de destinação de grande volume de lixo urbano; também são aproveitadas as cinzas da incineração e há outros fatores que serão analisados e explicados nesta pesquisa.

Diante do exposto, tem-se por objetivos analisar as condições que possibilitem a reciclagem energética do plástico, estudar a composição do plástico e os produtos gerados a partir dessa reciclagem. Além disso, conhecer o funcionamento do mecanismo de

geração de energia e mapear as áreas onde a reciclagem energética já é uma realidade no Brasil.

Essa pesquisa mostra um projeto inovador de reciclagem do plástico para aqueles tipos que não se decompõem de maneira tradicional – reciclagem química ou mecânica - ou têm difícil decomposição. Esses plásticos normalmente são descartados na natureza, prejudicando o meio ambiente e os seres que o habitam.

A reciclagem energética surge, então, em um contexto muito mais conveniente do que outrora. A saturação dos locais para depósito de resíduos, em sua maioria, inadequados e a busca de novas tecnologias para a produção de energia que não utilizem os tradicionais combustíveis fósseis propicia maior crédito a essa tecnologia.

Esta solução já é uma realidade em vários países desenvolvidos e emergentes. Neles, cerca de 150 milhões de toneladas/ano de lixo são destinados a mais de 850 usinas de geração de energia, todas perfeitamente adequadas às mais rígidas normas ambientais. Isso porque depois de separados, os resíduos são combinados para melhorar a eficiência no processo e, assim, incrementar a geração energética, que utiliza os gases resultantes para produzir o vapor que aciona o turbo gerador de energia térmica ou elétrica. O rejeito é usado na fabricação de material de construção, como telhas e tijolos. Os gases extraídos da caldeira são neutralizados em circuito fechado e, já limpos, lançados na atmosfera. (ESMERALDO, 2010).

Os resíduos plásticos que já não puderem ser reciclados são indispensáveis na reciclagem energética, porque promovem a combustão, substituindo o óleo diesel ou óleo combustível. Isso significa menos necessidade de combustível fóssil e mais uma reutilização de embalagens plásticas,

estando aí incluídas as sacolas plásticas que são usadas para descartar o lixo doméstico – um ganho fundamental para a sustentabilidade. (ESMERALDO, 2010).

## 2 METODOLOGIA

Utilizando o estudo da composição dos diferentes tipos de polímeros e de seu grau de reciclabilidade são apresentadas as condições necessárias para que ocorra o processo de reciclagem energética. Analisadas essas condições, é estabelecido o nível de geração de energia correspondente à quantidade de material utilizado através de gráficos e tabelas. Através do uso da ciência cartográfica, também são definidos os locais onde a reciclagem energética pode ser feita e onde essa tecnologia já é efetiva.

## 3 O PLÁSTICO E A RECICLAGEM ENERGÉTICA

Derivado do petróleo, o plástico possui um alto poder calorífico e, por isso, é considerado, por especialistas, um componente importante no processo de reciclagem energética. A alternativa, no entanto, é aconselhada para os resíduos não-recicláveis, pois no caso dos outros materiais, a reciclagem mecânica é eficiente. (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2010).

De acordo com o Instituto Sócio-econômico dos Plásticos (Plastivida), a Reciclagem Energética é hoje uma realidade e uma importante alternativa no gerenciamento do lixo urbano. É a tecnologia que transforma lixo urbano em energia elétrica e térmica, um processo amplamente utilizado no exterior e que aproveita o alto poder calorífico contido nos plásticos para uso como combustível. Países que adotam esse processo, além de criar novas matrizes energéticas,

conseguem reduzir substancialmente o volume de seus resíduos urbanos.

Embora a Reciclagem Energética ainda não exista no Brasil, a Plastivida entende que essa é uma alternativa ambientalmente correta, economicamente viável e socialmente recomendável. Sendo assim, uma técnica sustentável.

Um país sustentável é aquele que, entre outras atitudes, cria tecnologias e meios possíveis para solucionar a problemática do lixo urbano. A Reciclagem Energética é um processo praticado em todo o mundo há mais de 20 anos. Atualmente, mais de 150 milhões de toneladas de lixo urbano são tratados por ano em cerca de 750 usinas de Reciclagem Energética, implantadas em 35 países, gerando mais de 10.000MW de energia elétrica e térmica. (PLASTIVIDA).

De acordo com esta fonte, as usinas de Reciclagem Energética utilizam todo tipo de plástico como combustível e são adotadas largamente em países como EUA, Japão, China, Coreia do Sul, Malásia, Itália, França, Suíça, entre outros. Só no Japão existem 249 usinas. Na Suíça, 27. No Brasil, nenhuma. No Japão, curiosamente, as instalações são chamadas de “fábricas” e não “incineradores”, porque estas produzem, como subprodutos, materiais necessários para a sociedade a partir dos resíduos resultantes deste processo, largamente usados na construção civil como materiais de pavimentação, tijolos e telhas.

Para Esmeraldo (2010), em todo o mundo, tem crescido a Reciclagem Energética, em unidades industriais que utilizam processos limpos de transformação dos resíduos urbanos (lixo) em energia elétrica ou térmica. No Brasil, ainda há resistência na adoção dessa prática, por acharem que ela substituiria a coleta seletiva e a reciclagem mecânica dos

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), levando à perda dos postos de trabalho. Nada mais equivocado. Tal temor, embora legítimo, é desprovido de fundamento técnico, logístico e operacional, uma vez que a Reciclagem Energética não substitui a reciclagem mecânica. Complementa-a e, mais importante ainda, gera novos empregos.

O mesmo autor completa falando sobre a utilização da reciclagem energética em outros países, alguns bem menores que o Brasil, que conseguiram resolver esse problema com ações integradas e soluções completas. Além de estimularem a coleta seletiva, a reciclagem mecânica e a correta destinação final dos resíduos, desenvolveram essa tecnologia para realizar a recuperação energética em processos limpos.

De acordo com a Revista Planeta Sustentável (2010), especialistas em reciclagem aprovam a técnica de produção de energia e vão além, afirmando que, com o aumento populacional – e, conseqüentemente, o crescimento da produção de lixo – e a diminuição do espaço dos aterros, a tendência é que, nos próximos cinco anos, o país invista cada vez mais em usinas de reciclagem energética.

Atualmente, no Brasil, existe apenas um projeto experimental na área, desenvolvido pela UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro: a Usina Verde, que produz energia elétrica, mas apenas para consumo próprio. Segundo o site desse projeto,, a tecnologia utilizada no processo da reciclagem energética segue as recomendações da Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes, uma vez que os gases exauridos da Caldeira de Recuperação são neutralizados por um processo de lavagem alcalina que ocorre em circuito fechado, além da eliminação total do monóxido de carbono que

acontece na oxidação completa dos gases. (USINA VERDE)

Além eliminação dos gases poluentes, a Usina Verde ainda testa o precipitado salino residual, que corresponde a 8%, em peso, dos resíduos pré-tratados, em substituição à areia, na fabricação de tijolos e pisos. Segundo o site deste mesmo projeto, em 14 de outubro de 2005, foi aprovado o processo de certificação da Usina Modelo do CT USINA VERDE como Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). (USINA VERDE)

O escopo do Projeto de MDL da Usina do CT USINAVERDE é, exclusivamente, a eliminação das emissões do gás metano que seria gerado caso a mesma matéria orgânica tratada termicamente fosse depositada em seu destino final atual (Aterro de Gramacho/RJ). (USINA VERDE)

Uma outra área de implementação da reciclagem energética é a siderurgia. Segundo a revista Plástico Industrial (2006), uma das formas de se elevar o desempenho dos altos-fornos consiste na injeção de finas tiras de carvão ou óleo diretamente na região onde o ar quente é insuflado no alto-forno siderúrgico. Esses materiais são ricos em carbono e complementam a oferta desse elemento ao processo de redução do minério.

Na reciclagem energética, a energia gerada é um subproduto do processo de destinação final ambientalmente correta do lixo urbano e como tal uma Unidade de Tratamento de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) jamais deve ser comparada com hidrelétricas ou termelétricas, cuja única função exclusiva é gerar energia. (USINA VERDE)

#### 4. A RECICLAGEM ENERGÉTICA NO MUNDO

De acordo com as fontes pesquisadas, há cerca de 750 usinas espalhadas em mais de 35 países, porém nem todos são relatados. Construiu-se então, o mapa da FIG. 1 com os países citados:



Figura. 1: Mapa dos Países com Reciclagem Energética

Fonte: GEOGRAFIA 3º CICLO.

- Países que realizam Reciclagem Energética de acordo com o Instituto Sócio-ambiental Plastivida (2009);
- País com usina em estudo.

Nota-se, pelo mapa apresentado, que os países que realizam a reciclagem energética – Estados Unidos, Suíça, Japão, Itália, França, Índia, Malásia, Coreia do Sul e China – são países desenvolvidos e NICs (países recentemente industrializados).. Possivelmente os outros países que realizam esse processo e não foram citados também são países desenvolvidos, que possuem uma economia mais estável e, em sua maioria, por questões culturais, tem maior conscientização, tanto da população, quanto dos investidores e empresários que visam a economia juntamente com o ambiente e a sociedade.

## 5 A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PLÁSTICO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Segundo Ferrari e Jorge (2001) os plásticos são macromoléculas formadas a partir de unidades estruturais menores. Os autores relatam que o número de unidades estruturais repetidas numa macromolécula é chamado grau de polimerização.

Conclui ainda que, em geral, os polímeros contêm os mesmos elementos nas mesmas proporções relativas que seus monômeros, mas em maior quantidade absoluta.

Ainda segundo este estudo, a polimerização é uma reação em que as moléculas menores se combinam quimicamente para formar moléculas longas, mais ou menos ramificadas com a mesma composição centesimal. Tais polímeros podem formar-se por reação em cadeia ou por meio de reações de poliadição ou policondensação. A polimerização pode ser reversível ou não e pode ser espontânea ou provocada (por calor ou reagentes). Alguns polímeros, como termofixos e borrachas, não podem ser reciclados de forma direta, pois não existe uma forma de refundí-los ou de polimerizá-los.

De acordo com Instituto Central de Ciências (2011), a matéria-prima dos plásticos é o petróleo. Este é formado por uma complexa mistura de compostos. Pelo fato de estes compostos possuírem diferentes temperaturas de ebulição, é possível separá-los através de um processo conhecido como destilação ou craqueamento. A fração nafta é fornecida para as centrais petroquímicas, onde passa por uma série de processos, dando origem aos principais monômeros, como, por exemplo, o eteno.

“Quando a reciclagem não é possível, a alternativa é queimar os plásticos, transformando-os em energia.” (GORN, 2006). Este autor complementa dizendo que a Reciclagem Energética é a tecnologia que transforma lixo urbano em energia elétrica e térmica, que aproveita o alto poder calorífico contido nos plásticos, para uso como combustível.

Segundo Forlin e Faria (2002), uma importante característica dos materiais plásticos utilizados como embalagem de alimentos nas operações de reciclagem

é o seu comportamento termo-físico. Os plásticos são classificados em termoplásticos e termofixos. A caracterização e a separação de contaminantes são ações imprescindíveis no processo de reciclagem.

Ainda segundo o autor, os materiais plásticos termofixos são produtos de polimerização em que ocorre a formação de elevado número de ligações cruzadas. Quando amolecidos, pela ação do calor e resfriados, endurecem irreversivelmente, fenômeno conhecido como cura, conferindo-lhes características de extrema rigidez e impossibilitando sua reciclagem. As resinas epóxi (resinas moldáveis e que apresentam uma menor absorção de água, maior resistência a deformação no calor e ainda uma maior resistência à pressão) e os componentes moldáveis à base de formaldeído e fenol são alguns exemplos desses materiais. Já o outro tipo de plástico, os chamados termoplásticos são menos rígidos e passíveis de reciclagem química e mecânica, as reciclagens convencionais. Os termoplásticos podem ser fundidos facilmente com o calor e endurecidos novamente com o resfriamento a temperatura ambiente.

Conforme Ferrari e Jorge (2001), a incompatibilidade de natureza química de determinadas resinas que compõem os diferentes materiais plásticos representam um sério problema na reciclagem de embalagens plásticas, à parte de outros contaminantes. Os autores relatam que quanto menor o número de componentes poliméricos e complexidade do sistema de embalagem, maior o seu valor de reciclagem, consequência da redução das etapas e recursos tecnológicos despendidos no processo, como limpeza, separação dos materiais que compõe a embalagem (delaminação), recuperação de coadjuvantes utilizados na limpeza e delaminação (água e solventes) e energia necessária para estas operações.

Abaixo, na Figura 2, é relatada a quantidade de energia do plástico, ressaltando o seu grande poder calorífico.



Figura 2: A Energia Proveniente do Plástico

Fonte: PLASTIVIDA, 2009.

O Poder Calorífico de combustíveis é definido como a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida. (MUNDO EDUCAÇÃO)

O poder calorífico do plástico, por ser derivado de petróleo, é equivalente ao da gasolina e superior ao do carvão mineral. (CAIRES, 2009). A Tabela 1 mostra os valores do poder calorífico de alguns combustíveis:

Tabela 1: Poder calorífico de diversos combustíveis

Amostra	Poder Calorífico (cal/g)
Lenha (20% de umidade)	2.500 - 3.000
Serragem	2.500
Carvão mineral nacional	5.000 - 7.000
Carvão vegetal de 1ª qualidade	7.500
Óleo Diesel	10.600
Bagaço de Cana-de-açúcar	2.300

Fonte: PEREIRA, *et al*, 2002.



## 6 DO PLÁSTICO À ENERGIA ELÉTRICA

### 1ª ETAPA DO PROCESSO: Pré-Tratamento dos Resíduos

O lixo bruto é descartado pelos caminhões na moega de recepção. A seleção ocorre em galpão fechado, dotado de sistema de exaustão de odores. São separados os materiais passíveis de reciclagem, entre eles o principal, o plástico não reciclável de formas convencionais. (USINA VERDE) e (PLASTIVIDA, 2010).

### 2ª ETAPA DO PROCESSO: Tratamento Térmico e Geração de Energia

A decomposição térmica dos resíduos ocorre em forno fechado, sob temperatura de 950°C. A oxidação dos gases da combustão ocorre a mais de 1000°C, por cerca de 2 segundos. As cinzas e inertes resultantes do processo representam de 5 a 8% do total do lixo tratado, que podem ser utilizados na construção civil. Os gases quentes produzidos no forno são aspirados e levados até uma caldeira de recuperação, onde irá aquecer a água, gerando vapor a 45 Bar de pressão e 420°C. À essas condições de temperatura e pressão, o vapor é suficiente para acionar o turbo gerador, que produz cerca de 650 kW/h de energia nova por tonelada de lixo tratado. O vapor exausto da turbina é condensado e retorna ao sistema de geração de energia. Os gases sujos exauridos da caldeira são tratados no sistema de lavagem e purificação de gases, onde não ocorre geração de efluentes líquidos, pois as águas de lavagem são neutralizadas em tanques e retornam ao processo. (USINA VERDE) e (PLASTIVIDA, 2010).

As emissões gasosas dessa reciclagem são compostas de vapor de água e gases em nível bem inferior às normas ambientais. A oxidação, ligada ao fator do excesso de ar na queima, reflete na

eliminação total do monóxido de carbono, cujos testes indicam, no máximo, 2ppm de CO nos gases emitidos na chaminé. (USINA VERDE, 2010).

O funcionamento da Usina Verde está representado pelo fluxograma abaixo:



Figura 3: Processo da Reciclagem Energética/ USINA VERDE

Fonte: USINA VERDE, SD.

Esse processo encontra-se abaixo dos parâmetros de eliminação de substâncias gasosas do CONAMA 2002, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Emissões Gasosas da USINA VERDE

Parâmetro	USINA VERDE	CONAMA Res. 316/2002
	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
Material Particulado	38,42	70
Cl <sub>2</sub>	53,48	
HCl	32,16	80
HF	0,12	5
SO <sub>x</sub> -SO <sub>2</sub>	8,61	280
NO <sub>x</sub>	365,44	560
Hidrocarbonetos Voláteis	1.031,49	39.290,0
Metais Pesados Classe I	0,04	0,28
Metais Pesados Classe II	0,02	1,4
Metais Pesados Classe III	6,2	7
Dioxinas e Furanos	0,32 ng/Nm <sup>3</sup>	0,5 ng/Nm <sup>3</sup>

Fonte: PORTAL PLÁSTICO.

## 7 O FUNCIONAMENTO DO TURBO GERADOR

O vapor da queima do combustível plástico movimentava pás ligadas a um eixo (turbina) e a energia cinética do vapor é transformada em energia mecânica. O movimento giratório produzido pelo eixo da bobina altera o fluxo do campo magnético dentro do gerador, que é um dispositivo destinado a manter uma diferença de potencial entre os dois pontos aos quais estão ligados; têm como função básica aumentar a energia potencial das cargas que os atravessam. Conforme a lei de indução de Faraday, uma corrente elétrica é induzida em uma bobina quando o número de linhas de campo magnético que atravessam os lados dessa bobina varia. Quando os lados da bobina cortam o campo magnético em ângulos iguais a  $90^\circ$ , obtém-se um valor máximo de linhas de campo que as atravessam. Quando estes mesmos lados ficam paralelos ao campo magnético as linhas de campo não cortam os lados da bobina. Esta alternância no fluxo do campo magnético produz corrente elétrica. Matematicamente:

$$E = d\Phi/dt,$$

Onde  $d\Phi/dt$  é a taxa de variação do fluxo do campo magnético, orientado espacialmente pelas componentes  $x$ ,  $y$  e  $z$ , em relação ao tempo. O cálculo dessa força eletromotriz que é induzida pela variação do fluxo magnético é uma função de variáveis espaciais.

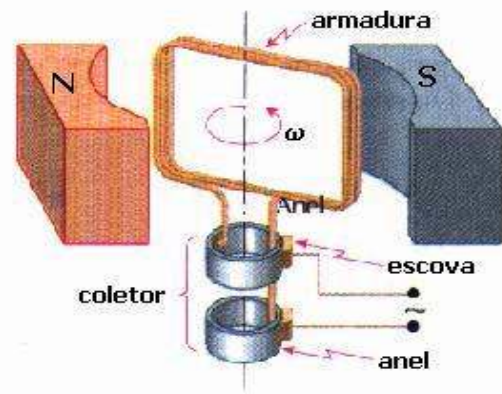


Figura 4: Gerador de energia

Fonte: CENTRO DE PESQUISA E ENSINO AVANÇADO, 1999.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo observado o mapa, percebe-se que os países que realizam a reciclagem energética têm uma visão diferente de economia, sociedade e meio ambiente, portanto, são culturalmente mais avançados. Porém, no Brasil, como em vários outros países, não ocorre dessa maneira. Há muitos projetos, ditos mais importantes e que ainda assim não são colocados em ação. Como foi citado no início do trabalho, Esmeraldo (2006) relata que há muitas controvérsias na discussão da Reciclagem Energética no Brasil, mas todas desprovidas de fundamento técnico. Tendo estudado este assunto, percebe-se que países desenvolvidos e emergentes adotaram essa nova tecnologia e há muitos lucros ambientais e para a sociedade, que é abastecida pela energia provinda da reciclagem. Somente há pouco tempo o Brasil vem experimentando este processo, mas somente na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Agora o que resta é esperar o Brasil se dar conta do grande investimento que pode fazer, pois é um país com recursos disponíveis para adquirir essa tecnologia.



Verificado o poder calorífico do plástico e comparado ao poder calorífico de outros combustíveis, percebe-se que este combustível deveria ser melhor aproveitado, devido aos grandes benefícios apresentados: a redução de resíduos sólidos urbanos sem destinação adequada, geração de uma energia mais limpa e que irá diminuir os gastos com outras fontes geradoras de energia, diminuição dos impactos ambientais em razão dos gases mínimos emanados pelas chaminés e os subprodutos (tijolos, cimento e pisos) utilizáveis em construção civil que podem gerar um lucro extra.

O processo químico dessa tecnologia atende à Convenção de Estocolmo, que se destaca por incluir no seu escopo a obrigação dos Países Parte de adotarem medidas de controle relacionadas a todas as etapas do ciclo de vida - produção, importação, exportação, disposição e uso das substâncias

classificadas como Poluentes Orgânicos Persistentes (Pops).

Os parâmetros de temperaturas e tempo de residência para eliminação total do monóxido de carbono (CO) são respectivamente [+930°C] e [+2s]. A Combustão do plástico nesse processo atende a essas condições, o que acarreta a neutralização do monóxido de carbono que seria lançado no meio ambiente ao final do processo.

## 9 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos professores de Engenharia Ambiental, 3º período, pela colaboração para que a interdisciplinaridade, que é uma das propostas da instituição, ocorresse neste artigo e à professora Márcia Rodrigues pela orientação do mesmo.

## REFERÊNCIAS

Ambiente Brasil. *“Reciclagem de Plástico: Classificação dos plásticos, tipos de Reciclagem”*. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem\\_de\\_plastico.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_plastico.html)

BRASILPLAST – *Operação Reciclar. “Reciclagem”*. Acesso em: 03/05/11. Disponível em: <http://operacaoreciclar.com.br/reciclagem/>

Centro de Pesquisa e Ensino Aplicado (CEPA), *“Alternador e Dinamo”*, 1999. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/alternador.htm>. Acesso em: 02/06/2011.  
ESMERALDO, Francisco de Assis. *“Reciclagem Energética é Fundamental”*. 07/07/2010. Disponível em: <http://www.tribunatp.com.br/modules/publisher/item.php?itemid=1395>

FERRARI, Geferson; JORGE, João. Sergipe, 2001. Disponível em: [www.fag.edu.br/professores/.../APOSTILA\\_parte\\_1rev\\_-\\_materiais\\_.pdf](http://www.fag.edu.br/professores/.../APOSTILA_parte_1rev_-_materiais_.pdf). Acesso em: 09/05/2011.

FORLIN, Flávio J.; FARIA, José de Assis F. *“Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas”*. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=reciclagem+energetica+do+plastico&hl=pt-BR&btnG=Pesquisar&lr=>. Acesso em: 09/05/2011

GEOGRAFIA 3º CICLO, *“Mapas”*. Disponível em: <http://geo3ciclo.com.sapo.pt/mapas.htm>. Acesso em: 23 maio 2011.

GORNI, Antonio Augusto. *“Siderúrgicas são o novo espaço para reciclagem energética de plásticos pós-consumo”*. São Paulo, 2006. Disponível em: [http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=reciclagem+energetica+resinas+termofixas&btnG=Pesquisar&lr=&as\\_ylo=&as\\_vis=0](http://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&q=reciclagem+energetica+resinas+termofixas&btnG=Pesquisar&lr=&as_ylo=&as_vis=0). Acesso em: 09 maio 2011.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). *“Convenção de Estocolmo”*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=143&idMenu=7729>. Acesso em: 29 maio 2011.

MUNDO EDUCAÇÃO, “Poder Calorífico de Combustíveis”. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/poder-calorifico-combustiveis.htm>. Acesso em: 29 maio 2011.

Observatório de Resíduos. “Plástico”, Brasília, 2011. Disponível em: <http://observatorioderesiduos.com.br/plastico-826>. Acesso em: 09 maio 2011.

OLIVER, Rachel. “Tudo sobre plástico”. CNN, 16/09/2007. Disponível em: <http://nanambienteinteiro.blogspot.com/2008/04/tudo-sobre-o-plastico.html>

PEREIRA, Roberto Guimarães; OLIVEIRA, Jorge Luiz de; ROMEIRO, Gilberto Alves; COSTA, Cleber Couto da. *Aproveitamento energético e caracterização de óleo de casca de coco obtido por processo de Conversão a Baixa Temperatura*. An. 4. Enc. Energ. Meio Rural 2002. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022002000100018&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022002000100018&script=sci_arttext). Acesso em: 31 maio 2011.

Planeta Sustentável. “O Plástico na Reciclagem Energética”, 06/04/2010. Disponível em:

<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/lixo/reciclagem-energetica-queima-lixo-plastico-546773.shtml>.

PLASTIVIDA: Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos. “Reciclagem Energética”. Disponível em: [http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem\\_Energetica.aspx](http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Energetica.aspx). Acesso em: 27 abr. 2011.

PORTAL PLÁSTICO, “Emanações Gasosas”. Disponível em: <http://www.plastico.com.br/revista/pm395/reciclagem6.html>. Acesso em: 29 maio 2011.

Recicloteca: Centro de Informações de Reciclagem e Meio Ambiente. “Materiais Recicláveis: Plástico”. 2011. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/plastico.asp?Ancora=3>

RESEPOX, Adesivos e Revestimentos. “Histórico da Resina Epóxi.” Acesso em: 14/06/2011. Disponível em: <http://www.resepo.com.br/historico.htm>

USINA VERDE, *Compromisso com o meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.usinaverde.com.br/tecnologia.php?cod=6A6713DE-F8A6-DFFA-16EB-B99E1F870C8D>