

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Daiton Fernando Munhol de Souza

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DO COPROCESSAMENTO EM  
FORNOS DE CLÍNQUER

CURITIBA

2017

Daiton Fernando Munhol de Souza

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL DO COPROCESSAMENTO EM  
FORNOS DE CLÍNQUER

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de especialização MBA em gestão ambiental, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Profº: MSc. Jean Carlos Padilha

CURITIBA

2017

## RESUMO

A geração crescente de resíduos sólidos nas indústrias trouxe consigo a preocupação empresarial em desenvolver mecanismos que possam ser viáveis economicamente e ambientalmente por conta de uma maior exigência da sociedade e órgãos governamentais. Em meio a essas preocupações ambientais, a indústria do cimento oferece o coprocessamento como técnica de gestão de grande variedade de resíduos para minimizar os impactos ambientais. O coprocessamento é uma técnica de destruição térmica de resíduos em fornos de cimento que não gera passivos ambientais, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente. Vale lembrar que o Brasil aparece entre os 15 maiores produtores mundiais de cimento e a prática do coprocessamento de resíduos é cada vez mais utilizada por conta da atividade atender a dois aspectos bem atuais, que são o apelo energético e o ambiental. Os resíduos coprocessados em 2015 representaram a eliminação de um passivo ambiental de 1,07 milhão de toneladas. Tais resíduos coprocessados serviram como substitutos de matérias-primas e com potencial energético. Os pneus constituem a 53 milhões de pneus de automóveis inservíveis retirados do ambiente. O presente trabalho tem como objetivo analisar qualitativamente e quantitativamente os impactos econômicos e ambientais positivos obtidos através do coprocessamento em fornos de clínquer. Baseado na revisão bibliográfica realizada nesse estudo, pode-se concluir que o coprocessamento traz ao menos três vantagens econômicas para as empresas blendeiras, por faturar de outras empresas pela recepção de resíduos, como fonte energética na queima de resíduos nos fornos e depois sua cinza é usada como matéria prima alternativa na fabricação do cimento, além da geração de empregos diretos e indiretos na coleta e caracterização dos resíduos.

Palavras-Chave: Vantagem Econômica e Ambiental, Coprocessamento, rejeitos, Clínquer.

## **ABSTRACT**

The growing generation of solid waste in the industries has brought with it the business concern in developing mechanisms that can be economically and environmentally viable due to a greater demand of the society and governmental organs. Amid these environmental concerns, the cement industry offers coprocessing as a technique for managing a wide variety of wastes to minimize environmental impacts. Coprocessing is a technique of thermal destruction of waste in cement kilns that does not generate environmental liabilities, thus contributing to the preservation of the environment. It is worth remembering that Brazil is among the 15 largest world producers of cement and the practice of coprocessing of waste is increasingly used because of the activity to meet two very current aspects, which are the energy and environmental appeal. Coprocessed waste in 2015 represented the elimination of an environmental liability of 1.07 million tonnes. Such coprocessed waste served as substitutes for raw materials and energy potential. The tires constitute the 53 million tires of wasteful cars taken from the environment. The present work has as objective to analyze qualitatively and quantitatively the positive economic and environmental impacts obtained by coprocessing in clinker kilns. Based on the literature review carried out in this study, it can be concluded that the coprocessing brings at least three economical advantages for the blender companies, for billing other companies for the reception of residues, as an energy source in the burning of residues in the ovens and then their ash is used as an alternative raw material in cement manufacturing, as well as the generation of direct and indirect jobs in the collection and characterization of waste

**Keywords:** Economic and Environmental Advantage, Coprocessing, Tailings clinker.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fornos de cimento usam resíduos perigosos como substituto de energia...	8
Figura : Evolução dos resíduos coprocessados de 2000 a 2012. ....	10
Quadro 1: Características da economia de coque de petróleo com a utilização de pneus inservíveis.....	15

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
1.1 Contextualização .....	6
1.2 Fundamentação teórica .....	7
1.2.1 <i>Técnicas do coprocessamento nos fornos de clínquer</i> .....	7
1.2.2 <i>Expansão do coprocessamento no Brasil</i> .....	9
1.2.3 <i>Legislação brasileira pertinente ao coprocessamento</i> .....	10
1.3 Objetivos.....	12
1.4 Justificativas .....	13
<b>2 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
2.1 Impactos econômicos e ambientais quantitativos .....	14
2.2 Impactos econômicos e ambientais qualitativos .....	15
<b>3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>4 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A geração crescente de resíduos sólidos nas indústrias trouxe consigo a preocupação empresarial em desenvolver mecanismos que poderiam ser viáveis economicamente e ambientalmente corretos por conta de uma maior exigência da sociedade e órgãos governamentais. Contudo as organizações têm passado por processos de mudanças que visem tecnologias inovadoras nos processos produtivos que mitiguem a quantidade de resíduos gerados nos processos produtivos e outras inovações que possibilitem um descarte sustentável aos resíduos gerados.

Em meio a essas preocupações dentro das indústrias, a indústria do cimento oferece o coprocessamento como técnica de gestão de grande variedade de resíduos para minimizar os impactos ambientais de outros ramos industriais na qual essa prática é amplamente empregada na Europa, Estados Unidos e Japão há quase 40 anos e é utilizado no Brasil desde o início da década de 90 (PANORAMA, 2015).

A solução usa resíduos e rejeitos em substituição parcial ao combustível que alimenta a chama do forno que transforma calcário e argila em clínquer, matéria-prima do cimento, onde a queima se realiza em condições estritamente controladas, dentro do marco regulador existente, de acordo com a Resolução 264/99 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Segundo Kihara (2008), o coprocessamento é uma técnica de destruição térmica de resíduos em fornos de cimento que não gera passivos ambientais, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente. Corroborando com essa afirmação a revista “Panorama de Coprocessamento 2015” da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) menciona a atividade como uma tecnologia de queima de resíduos em fornos de cimento que não gera novos resíduos e contribui para a preservação de recursos naturais, por substituir matérias primas e combustíveis tradicionais no processo de fabricação do cimento.

Em âmbito à escassez de estudos na área de coprocessamento, a relevância da pesquisa no presente trabalho consiste em pesquisar os impactos

ambientais, sociais e econômicos através de dados teóricos por alguns autores para que se tenha uma compreensão de que é possível alinhar vantagens econômicas e ambientais, embora que a obtenção de lucro seja a primeira preocupação das organizações, contudo a exigência da sociedade moderna busca pela mitigação dos impactos ao meio ambiente causados pelas empresas.

Contudo, o estudo está dividido em três sessões além da contextualização. Na primeira é apresentado o referencial teórico onde se apresenta a conceituação e o embasamento necessário para o desenvolvimento do trabalho; posteriormente, são apresentados e discutidos os resultados obtidos e, por último, é apresentado à conclusão do estudo.

## **1.2 Fundamentação teórica**

### *1.2.1 Técnicas do coprocessamento nos fornos de clínquer*

Devido às altas temperaturas dos fornos rotativos onde é produzido o clínquer, os complexos cimenteiros acabam por demandar grandes volumes de combustíveis. Até meados de 1960 a 1970 as indústrias blendeiras foram dependentes de petróleo cru; migrando após esse período para carvão mineral e em outras regiões para carvão vegetal, mas o marco aconteceu nas indústrias cimenteiras na década de 90 quando foi introduzido o uso de resíduos renováveis, resíduos industriais e sucatas como fonte de energia no processo produtivo e em contrapartida, ao invés das indústrias pagarem por seu suprimento de combustível, elas passaram a faturar pela recepção de resíduos para realização do coprocessamento. Dessa forma o que poderia ser considerado resíduo para algumas empresas se transforma em uma preciosa fonte de energia para as indústrias cimenteiras.

Segundo Rocha, Lins e Santo (2011) o processo de fabricação de cimento é basicamente a calcinação e a fusão de um material constituído aproximadamente de 94% de calcário, 4% de argilas e 2% de óxidos de ferro e alumínio em um forno rotativo operando em temperaturas de 1.450°C para os materiais sólidos, onde a temperatura de chama oscila em torno de 2.000°C. As etapas do coprocessamento após recebimento e classificação dos resíduos correspondem a: armazenamento



dos resíduos e preparação para a queima; transporte de resíduos até o forno onde é feito por correias; e sistema de alimentação dos resíduos, iniciando o processo de incineração e em seguida, as cinzas do processo são incorporadas ao clínquer, os filtros eletrostáticos ou de mangas bloqueiam a emissão de particulados para o meio ambiente e os gases são monitorados de forma contínua (SOUZA E FIALHO, 2015).

Conforme Maringolo, (2001), tal processo tem como objetivo a utilização do resíduo como aporte energético através de seu poder calorífico e com ganho composicional pela substituição de alguns elementos principais, como cálcio, silício, alumínio e/ou ferro da matéria-prima, ou que atue ainda como mineralizador, apresentando componente como enxofre, flúor, titânio e fósforo, os quais reduzem a temperatura de combustão. Para o autor, o coprocessamento está ligado ao conceito de conservação e racionalização do uso de recursos naturais, minerais e energéticos, não renováveis, através da utilização de resíduos industriais.

A figura 1 mostra alguns rejeitos de indústrias químicas sendo utilizado como fonte de energia na indústria cimenteira.



Figura 1: Fornos de cimento usam resíduos perigosos como substituto de energia.

Fonte: compromissoconsciente, (2011).

Rocha, Lins e Santo, (2011), destacam alguns combustíveis alternativos que tradicionalmente são usados na indústria cimenteira como bagaço de cana, casca de

arroz, casca de coco, resíduos de madeira, lenha, moinha de carvão vegetal, pneus, alcatrão, coque de petróleo, moinha de coque, turfa, rejeitos carbonosos e gás proveniente do processo de pirólise que são derivados de resíduos sólidos, líquidos, municipais e industriais. Os autores ainda afirmam que uma das matérias-primas que é muito utilizada no coprocessamento é a moinha de carvão adicionada na fase de preparo do resíduo e que também é conhecida como blendagem, cuja sua finalidade é retirar a umidade dos resíduos e dar fluidez ao material quando adicionado ao forno de clínquer. O problema é que a geração dessa moinha e sua disponibilidade no mercado vêm reduzindo-a drasticamente.

Na busca de materiais substitutos, Lins *et al* (2007) estudaram possíveis materiais como o carvão, caulim, anfíbolito, quartzo, raspa de pneu, fuligem de caldeira, pó de poli (tereftalato de etileno), PET, escória moída e resíduos de outros processos industriais, que, em conjunto ou isoladamente, pudessem substituir a moinha no processo de coprocessamento. Lins *et al* (2007) afirmaram que o anfíbolito, o caulim, a fuligem de caldeira e o carvão são resíduos que podem substituir a moinha.

A cada ano as empresas tem incorporado ao coprocessamento novos resíduos e segundo a ABCP, no ano de 2016 tais materiais tiveram excelente performance: Solventes, resíduos oleosos, resíduos têxteis, óleos usados (de carro e fábricas), pneus usados e resíduos de picagem de veículos, graxas, lamas de processos químicos e de destilação, resíduos de empacotamento e de borracha, resíduos plásticos, de serragem e de papel, lama de esgoto, ossos de animais e grão vencidos, lama com alumina (alumínio), lamas siderúrgicas (ferro), areia de fundição (sílica), terras de filtragem (sílica), refratários usados (alumínio), resíduos da fabricação de vidros (flúor), gesso, cinzas, escórias e resíduos sólidos domésticos (PANORAMA 2016).

### *1.2.2 Expansão do coprocessamento no Brasil*

A prática do coprocessamento no Brasil tem se expandido já que a mesma apresenta muitos benefícios econômicos e ambientais, estando a maior parte das fábricas localizadas no Sudeste.

A figura 2 mostra que o panorama atual do coprocessamento no Brasil tem apontado que a atividade está em pleno funcionamento e expansão.

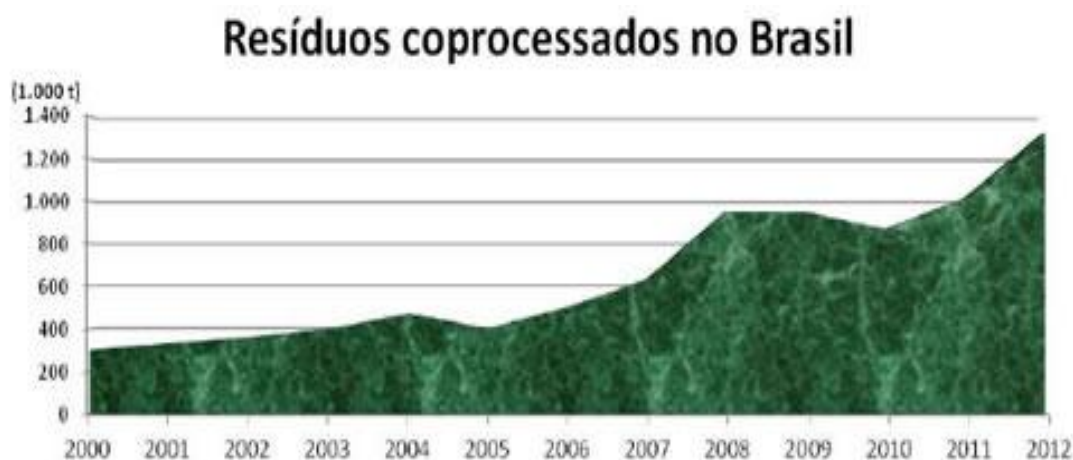


Figura 2: Evolução dos resíduos coprocessados de 2000 a 2012.

Fonte: ABCP, (2012).

Segundo a ABCP, em 2016, das 60 fábricas com plantas integradas que possuíam fornos rotativos para a produção de clínquer, 38 plantas estavam licenciadas para o coprocessamento de resíduos, representando 67% do parque industrial brasileiro de produção de cimento. Vale lembrar que o Brasil aparece entre os 15 maiores produtores mundiais de cimento e a prática do coprocessamento de resíduos é cada vez mais utilizada por conta da atividade atender a dois aspectos bem atuais, que são o apelo energético e o ambiental.

### *1.2.3 Legislação brasileira pertinente ao coprocessamento*

A Lei federal com maior ênfase na espera de resíduos sólidos é sem dúvidas a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) nº 12305, de 02 de Agosto de 2010 que em seu parágrafo 3º classifica rejeitos como resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada. Contudo o coprocessamento tem sido uma boa alternativa para sanar esse problema.

Os principais objetivos dessa lei são mencionados no artigo 6º e são relacionados com a implantação de:

- a) Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- b) A não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos;
- c) Destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- d) Diminuição do uso dos recursos naturais (água, sílica e energia, por exemplo) no processo de produção de novos produtos;
- e) Intensificação de ações de educação ambiental;
- f) Aumento da reciclagem no país;
- g) Promoção da inclusão social;
- h) Geração de emprego e renda para catadores de materiais recicláveis.

É notável que a prática do coprocessamento atenda alguns dos objetivos desta lei, porém para execução dessa atividade não é necessário apenas atender objetivos da PNRS, porém a indústria cimenteira deve ser devidamente regulamentada pela Resolução 264/99 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), onde são estabelecidas normas para que as indústrias apresentem o licenciamento de atividades que possam ser prejudiciais ao meio ambiente. Rocha, Lins e Santo, (2011), afirmam que a resolução 264/99 estabelece duas classes de resíduos que podem ser coprocessados em processos industriais: os resíduos que podem substituir a matéria-prima, caso tenham características similares à mesma; e os resíduos de alto poder energético que podem ser usados como combustíveis secundários.

Vale ressaltar que a Resolução CONAMA 264/99 proíbe o coprocessamento dos resíduos hospitalares, domésticos não tratados, radioativos, pesticidas, agrotóxicos e explosivos.

Além dessa Resolução, as indústrias cimenteiras no Brasil ainda seguem padrões de algumas outras resoluções e normas técnicas como NBR 12019 e NBR 12022 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para verificação das emissões de efluentes gasosos geradas, Resolução CONAMA 316/02 Sistemas de Tratamento Térmico - dioxinas e furanos e Resolução CONAMA 416/2009 para Pneus.

Segundo Tavares, (2014) a Norma Brasileira de Referência (NBR) 10.004/04, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) não estabelece

padrões para o coprocessamento, mas dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos usados no mesmo, quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública cuja classificação consiste:

Classe I – Perigosos: Aqueles que apresentam periculosidade, ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, apresentando risco à saúde pública e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

Classe II A – Não perigosos (Não inertes): Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos da classe I (Perigosos) ou de resíduos da classe II B (Inertes). Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

II B – Não perigosos (Inertes): Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos a um contato dinâmico e/ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

### **1.3 Objetivos**

#### Objetivo geral

Analisar qualitativamente e quantitativamente os benefícios econômicos e ambientais obtidos através do coprocessamento em fornos de clínquer.

#### Objetivos específicos

- Verificar os diversos resíduos usados e permitidos pela legislação brasileira no coprocessamento.
- Sintetizar a evolução do coprocessamento no Brasil.

- Identificar de forma qualitativa e quantitativa, quais são os impactos econômicos e ambientais positivos que o coprocessamento tem apresentado até o presente momento.

#### **1.4 Justificativas**

Com o aumento da população ocorre também um crescente uso de recursos que de alguma forma mais tarde se tornar em resíduos sólidos. Os rejeitos são resíduos não mais passíveis de utilização e que são responsáveis por encherem os aterros sanitários existentes. O coprocessamento é uma técnica que reaproveita resíduo e poupa recursos naturais enquanto gera empregos, atendendo assim o tripé da sustentabilidade.

Através desses fatores, justifica-se a importância do presente trabalho que em suma pretende descobrir as principais vantagens econômicas e ambientais tanto para o meio ambiente como para população local que as empresas fabricantes de cimentos podem trazer, implantado em suas fábricas um sistema de coprocessamento.

O estudo contribuirá como incentivo tanto para as empresas fabricantes de cimentos que serão as primeiras beneficiadas, como também para o poder público que poderá de várias formas incentivar e contribuir para que os 33% de empresas desse ramo no parque industrial brasileiro de cimentos portland que ainda processam em suas unidades sem coprocessamento possam se aderir a essa técnica e por fim, que sirva de referência para outros acadêmicos realizarem trabalhos científicos na área.

## **2 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos no presente trabalho foram obtidos através da revisão da literatura e podem ser divididos em vantagens econômicas e ambientais quantitativas e qualitativas.

### **2.1 Impactos econômicos e ambientais quantitativos**

Segundo a ABCP, (2015), os resíduos coprocessados em 2015 representaram a eliminação de um passivo ambiental de 1,07 milhões de toneladas (t). Tais resíduos coprocessados serviram como substitutos de matérias-primas e representaram 20% (231.000 t) e aqueles com potencial energético correspondem a 80% (891.000 t) do total coprocessado. Os pneus constituem 24% (265.500 t) do total, equivalentes a 53 milhões de pneus de automóveis inservíveis retirados do ambiente (1 t = 200 pneus).

A substituição térmica decorrente do uso de combustíveis alternativos no ano de 2014 foi de 8,1%. Entre o ano 2000 e 2015 houve aumento na destruição de resíduos em fornos de cimento na ordem de 500% (PANORAMA, 2016)

Freitas e Nóbrega (2014) apresentaram algumas vantagens econômicas de uma fábrica de cimento localizada no município de João Pessoa na Paraíba, onde a fábrica usou pneus irreversíveis como fonte energética substituindo o coque de petróleo no período de 2006 a 2009. O quadro 1 apresenta os valores de substituição térmica dos pneus, calculados em reais economizados com a utilização dos pneus como fonte de calor no forno de clínquer.

Ano	2006	2007	2008	2009
Preço (R\$/t) pneu	80,00	80,00	80,00	80,00
Preço (R\$/t) de coque	170,00	170,00	170,00	170,00
Massa diária de pneu coprocessada (Kg/dia)	9.325,44	13.218,37	12.822,48	17.617,16
Massa de coque equivalente à massa de pneus (kg)	9.450,50	13.395,64	12.994,44	17.853,43
Custo dos pneus (R\$)	746,04	1.057,47	1.025,80	1.409,37
Custo do coque equivalente aos pneus (R\$/dia)	1.606,59	2.277,26	2.209,06	3.035,08
Economia anual (R\$/ano)	258.165,16	365.936,94	354.977,10	487.712,96

Quadro 1: Características da economia de coque de petróleo com a utilização de pneus inservíveis.

Fonte: FREITAS e NÓBREGA (2014) Modificado pelo autor (2017).

Ao analisar os valores economizados pela cimenteira através da substituição dos pneus ao coque de petróleo a nível anual, verificou-se um ganho econômico para a empresa de R\$487.712,96 no último ano, como também ganhos ambientais, onde 3572 pneus inservíveis foram coprocessados por dia no ano de 2009 deixando de causar prejuízos ao meio ambiente, além dos ganhos sociais que estão embutidos no empreendimento.

## 2.2 Impactos econômicos e ambientais qualitativos

Analisando as questões econômicas e ambientais é possível entender que as vantagens econômicas e ambientais estão atreladas uma a outra e quando uma é atendida através de processos de mitigação de impactos, otimização de recursos naturais e reaproveitamento de resíduos, consequentemente a outra também é atendida.

Notou-se grandes vantagens econômicas/ambientais contribuindo para a saúde pública no combate a dengue, zika vírus e febre amarela urbana ao destruir pneus velhos porque a falta de destinação adequada de pneus é uma das principais fontes de propagação do mosquito *Aedes aegypti* no país. Segundo o professor Fernando Belíssimo da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) da USP, a



maior parte dos criadouros do mosquito não está nas residências e sim ao redor delas e geralmente está associado a resíduos sólidos urbanos (FMRP- USP, 2017).

A prática ainda auxilia na saúde pública mitigando a contaminação do solo e lençóis freáticos evitando contaminações em alimentos e na água ao reduzir a quantidade de resíduos lançados no meio ambiente; preserva jazidas ao usarem rejeitos como material substituto; gera novos empregos e não gera subprodutos, como cinzas, pois as mesmas são incorporadas no processo de fabricação de cimento (VOTORANTIM CIMENTOS, 2017).

Verifica-se que a prática do coprocessamento tem apresentado grandes vantagens econômicas, ambientais e sociais atingindo então o tripé da sustentabilidade conforme mostram os exemplos abaixo:

- Geração de emprego e renda na preparação ou separação dos resíduos que serão utilizados como matéria-prima ou energia no processo por empresas ou cooperativas, atendendo a política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS);

- Geração de outros empregos e de receitas a outras empresas na contratação de laboratórios que farão caracterização química dos resíduos;

- Geração de receita à cimenteira por cobrar pela destinação de resíduos e pela economia de combustível ou matéria prima em seu processo produtivo;

- Pagamento de impostos ao município pelas empresas blendeiras instaladas e em operação.

- Destinação adequada dos resíduos, em especial resíduos perigosos ao meio ambiente (resíduos Classe I, conforme NBR 10004/2004);

- Economia energética substituindo resíduo por recurso natural não renovável;

- Diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> oriundas da queima de combustíveis fósseis;

- Diminuição do consumo de matérias-primas como calcário, filito, quartzito e areias, fornecedoras dos elementos Ca, Fe, Si e Al ao processo de fabricação de cimento;

- Maior controle na cimenteira, pois para que se faça a queima de resíduos é feito um maior monitoramento no processo produtivo, ocorrendo assim, maior mitigação dos impactos negativos;

Corroborando com as vantagens citadas acima, Melo *et al.* (2011) mencionam que o mecanismo do coprocessamento trás para as indústrias cimenteiras vantagens econômicas ao reduzir os custos de produção deixando de pagar pelo recurso energético usado na queima para aquecer os fornos na fabricação de cimento e na compra de matérias-primas que são incorporadas ao clínquer.

Segundo Votorantim (2017), uma grande vantagem ambiental se dá quando existem resíduos com a presença de metais pesados, pois a mistura das matérias-primas à temperatura ambiente com gases a 350 °C cria condições favoráveis à condensação de metais pesados ou outros materiais volatilizados no interior do forno. Desta forma, estes retornam para o interior do forno e, devido ao atrito entre os materiais, favorece a absorção desses metais e outros contaminantes e simultaneamente a atmosfera alcalina no interior do forno favorece a neutralização dos contaminantes ácidos.

E corroborando com Votorantim, Karstensen *et al* (2006) investigaram a forma como pesticidas obsoletos e poluentes orgânicos são destruídos em fornos de cimento de países em desenvolvimento e um teste de queima de uma cimenteira no Vietnã foi conduzido em uma planta que produz, aproximadamente, 4.400 t/dia de clínquer. O solvente tinha como base uma mistura de dois inseticidas, 18,8% de Fenobucard ( $\text{Cl}_2 \text{H}_{17}\text{NO}_2$ ) e 2,4% de Fipronil ( $\text{Cl}_2 \text{H}_4 \text{Cl}_2 \text{F}_6 \text{N}_4 \text{OS}$ ). Tanto o Fenobucard como o Fipronil são inseticidas ativos e classificados como relativamente perigosos (Classe I) pela Organização Mundial da Saúde. A demonstração dos resultados do teste apresentou uma eficiência de destruição 100 mil vezes melhor do que a requerida pela legislação dos Estados Unidos, exceto para as emissões de  $\text{NO}_x$ . Segundo os autores, todas as medições de poluentes orgânicos se mostraram abaixo dos limites de detecção das leis ambientais internacionais, provando que a destruição foi completa e irreversível e de acordo com a Convenção de Estocolmo para a poluição atmosférica.

Malviya e Chaudhary (2006) desenvolveram um processo (método “S/S”) com o objetivo de imobilizar metais pesados instáveis capaz de converter os metais para uma forma menos instável. No processo os autores identificaram o cimento Portland como um suporte ideal para viabilizar esse método, por possuir pH alto o suficiente para imobilizar vários metais tóxicos, por reação de precipitação, absorção

e adsorção. Ao utilizarem testes de lixiviação, Malviya e Chaudhary (2006) avaliaram a efetividade da imobilização e concluíram que o cimento foi efetivo para imobilizar os metais pesados como (Pb, Zn, Fe, Cu e Mn) presentes nos resíduos do processo de produção de aço.

### **3 CONCLUSÃO**

Com base na revisão bibliográfica realizada nesse estudo, pode-se concluir que o coprocessamento traz ao menos três vantagens econômicas para as empresas blendeiras, por faturar de outras empresas pela recepção de resíduos, como fonte energética na queima de resíduos nos fornos e depois sua cinza é usada como matéria prima alternativa na fabricação do cimento, além da geração de empregos diretos e indiretos na coleta e caracterização dos resíduos. A nível quantitativo concluiu-se que os valores economizados por uma cimenteira no estado da Paraíba no ano de 2009 com a substituição de pneus ao coque de petróleo para o ano foi de quase R\$ 500.000,00, além das vantagens sociais com a geração de empregos.

Como vantagem ambiental, a atividade apresenta inúmeros benefícios como economia energética, diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, diminuição do consumo de matéria prima, melhor monitoramento do processo produtivo e principalmente a eliminação de um passivo ambiental de 1,07 milhões de toneladas de resíduos por ano no Brasil onde parte dele seria lançado no meio ambiente.

#### 4 REFERÊNCIAS

FMRP – USP, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Professor Fernando Bellíssimo é um dos responsáveis pelo guia conta Zika em gestantes lançados pela OMS. Disponível em: <http://www.fmrp.usp.br/prof-fernando-bellissimo-fmrp-usp-e-um-dos-responsaveis-pelo-guia-contra-zika-em-gestantes-lancado-pela-oms/>. Acesso: 11/03/2017.

FREITAS, Sidcléa Sousa e NÓBREGA, Cláudia Coutinho. Os benefícios do coprocessamento de pneus inservíveis para a indústria cimenteira. Artigo técnico do departamento de engenharia ambiental e sanitária da Universidade Federal da Paraíba, v.19 n.3. João Pessoa, setembro de 2014.

KARSTENSEN, K.H.; KINH, N.K.; THANG, L.B. et al. Environmentally sound destruction of obsolete pesticides in developing countries using cement kilns. *Environmental Science & Policy*, v. 9, p. 577-586, 2006.

KIHARA, Y. Coprocessamento de resíduos em fornos de cimento: tendências. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. Anais... São Paulo: IBRACON, 2008.

LINS, V.F.C; CASTRO, M.M.R.; LARA, A.A; CURY, C.S.R. et al. Seleção de resíduos sólidos para substituição da moinha de carvão em coprocessamento na indústria cimenteira. Relatório Técnico. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

MARINGOLO, V. Clínquer Co-Processado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento. 174 f. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MALVIYA, R; CHAUDHARY, R. Leaching behavior and immobilization of heavy metals in solidified/stabilized products. *Journal of Hazardous Materials*, v. 137, n. 1, p. 207-217, 2006.

MELO, Márcia Moraes; MORAIS, Kércia Maria de Sá; MELO, Raimundo Aguiar de; LIMA, Helena Maria Oliveira; PINHEIRO, Hugo Macário Brito. Ganho ambiental e econômico com o Projeto da Queima de Resíduo RGC da Fábrica de Cimento Poty de Sobral-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2011.

PANORAMA. Panorama do coprocessamento Brasil 2015. Documento da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Dezembro de 2015. Disponível em: [http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2015/10/panorama\\_coprocessamento\\_2015.pdf](http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2015/10/panorama_coprocessamento_2015.pdf). Acesso: 10/03/17.

PANORAMA. Panorama do coprocessamento Brasil 2016. Documento da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), Dezembro de 2016. Disponível em: [http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2017/01/Panorama-coprocessamento\\_2016-1.pdf](http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2017/01/Panorama-coprocessamento_2016-1.pdf). Acesso: 10/03/17.

ROCHA, LINS E SANTO. Rocha, Sônia Denise Ferreira; Lins, Vanessa de Freitas Cunha; Santo, Belinazir Costa do Espírito. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. Trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2011.

SOUZA E FIALHO. Souza, Lucas de; Fialho, Letícia de Souza. Coprocessamento: Vantagens econômicas e ambientais em transformar resíduos Sólidos. XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente ENGEMA. Anais, 2015

TAVARES, Fernanda Gláucia Ramos. Resíduos sólidos domiciliares e seus impactos socioambientais na área urbana de Macapá-AP. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais, 2014.

TEIXEIRA, Izabella. Vamos Cuidar do Brasil: 4º Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos. Texto Orientador. 2º Edição. Brasília, maio de 2013.