



## DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO EM RESÍDUOS DE EMBALAGENS DE PLÁSTICO

### **Eraldo Henriques de Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre e doutor em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor titular da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

### **Claudiene Divina dos Santos da Costa**

Bacharel em Química pela Uni-Anhanguera. Especialista em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos pela Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

### **Simone Costa Pfeiffer**

Engenheira geóloga pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Mestre e doutora em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professora associada da Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Goiás (EECA/UFG).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Universitária, nº. 1488 - Setor Universitário - Goiânia – Goiás. CEP: 74.605-220 - Brasil - Tel: +55 (62) 3209-6093 - e-mail: carvalhoufg@gmail.com

### **RESUMO**

A utilização de resíduos como combustíveis ou matéria-prima alternativas em fornos rotativos de cimenteiras é denominada coprocessamento. Nesse sentido, as embalagens plásticas inservíveis tem grande potencialidade por possuir elevado poder calorífico, embora possam causar problemas ao processo devido à presença de alto teor de cloro. Este elemento contribui para o encrustamento dos ciclones, fechando o sistema de entrada de matéria-prima na torre e, conseqüentemente, interrompendo a produção do cimento. Por este motivo, este trabalho identificou o teor de cloro em amostras de embalagens plásticas destinadas ao coprocessamento visando contribuir com o processo produtivo do cimento e com a destinação ambientalmente adequada desses resíduos. Para isto, foram realizadas análises potenciométricas e constatado que as concentrações de cloro das amostras estudadas possuem valores acima do exigido pela



indústria cimenteira. Portanto, a alta concentração de cloro nos resíduos plásticos gera para as blendeiras - indústrias que transformam os resíduos em combustível alternativo - o desafio de diluir esta concentração com a mistura de resíduos isentos ou com baixo teor de cloro. Assim, o emprego de embalagens plásticas não cloradas pelas demais indústrias seria imprescindível para a qualidade do combustível alternativo, contribuindo com o coprocessamento na produção de cimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** embalagens plásticas, coprocessamento, combustível alternativo, teor de cloro.

## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

O coprocessamento em fornos de cimenteiras é uma alternativa de tratamento de resíduos que não gera rejeitos, pois, a quantidade de cinzas oriunda de sua destruição térmica é incorporada ao cimento. Além disso, substâncias perigosas existentes nos resíduos podem ser destruídas com as altas temperaturas dos fornos ou removidas no sistema de tratamento de particulados, evitando que escapem para a atmosfera. A utilização de resíduos industriais como combustíveis complementares aos convencionais e aos resíduos de origem vegetal proporcionam à indústria cimenteira a diminuição de custos com combustíveis fósseis. As análises de resíduos exigidas pela indústria cimenteira para os combustíveis alternativos são: umidade, Poder Calorífico Superior (PCS), cloro e cinzas. As mesmas são exigidas para os combustíveis fósseis, exceto o cloro (INTERCEMENT BRASIL S.A. 2005b).

Para se obter a máxima eficiência na queima dos resíduos como combustíveis, deve existir um tratamento prévio, que garanta a máxima regularidade e homogeneidade em termos de características físicas e químicas, denominado *Blend*. O *Blend* é composto por resíduos diversos reprovados, vencidos, descartados e rejeitados pelas indústrias, contendo, em maior quantidade, plásticos em geral (ECOBLENGING AMBIENTAL LTDA, 2015). A palavra plástico vem do grego “plastikos” que tem como significado “capaz de ser moldado”. Esse material entrou no mercado no início do século XIX, mas, sua grande conquista foi com a resina fenólica sintética em 1910. O ano de 1930 foi considerado o período de desenvolvimento dos plásticos modernos como PVC (policloreto de vinila), PS (poliestireno) e, em 1950, o PP (polipropileno) e PEAD (polietileno de alta densidade), entre outros (SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA, 2012).

O plástico pode ser utilizado em diversas áreas com finalidades diferentes. Os plásticos de PET são transparentes, inquebráveis, impermeáveis e leves, podendo ser utilizados na fabricação de embalagens para produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos etc. O PVC possui uma



característica mais rígida, impermeável e resistente à temperatura, sendo usados principalmente em tubos, conexões e forros, mas também em embalagens cosméticas e filmes esticáveis. O Fundo Nacional de Desenvolvimento e Educação - FNDE restringe o tipo de plástico utilizado na fabricação de vasilhas para os refeitórios escolares, que são polietileno ou polipropileno, por ser passível de ser reciclado no final de sua vida útil (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Com relação à prevenção da poluição ou da geração de resíduos, a indústria cimenteira vem atuando de forma direta sobre os produtos e processos, com o objetivo de poupar materiais e energia. Dessa forma, uma ação de prevenção combina dois fatores ambientais: o uso sustentável dos recursos e o controle da poluição (ROCCO, 2011). Para que o resíduo seja considerado um combustível alternativo, o mesmo deve apresentar um PCS de, no mínimo,  $8 \text{ MJ kg}^{-1}$  ou  $1.911 \text{ kcal kg}^{-1}$  da amostra seca. Tal combustível entra no processo produtivo pelo pré-calcinador, junção da matéria-prima com o combustível na entrada do forno, que necessita de um controle de qualidade para que um bom potencial de combustão seja atingido, já que alguns fatores como a entrada elevada de água ou de cloro influenciam na redução desse potencial (INTERCEMENT BRASIL S.A., 2015b). O alto teor de cloro nos resíduos recebidos para o coprocessamento se apresenta como um dos principais problemas para indústria blendeira.

Uma vez que a presença de alto teor de cloro nessas embalagens pode resultar em danos nos equipamentos envolvidos nessas alternativas de tratamento térmico, como, por exemplo, a incrustação dos ciclones, a presente pesquisa teve por finalidade analisar o teor de cloro em amostras de resíduos plásticos, a fim de classificá-las como adequadas ou não a destinação a determinados tratamentos térmicos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

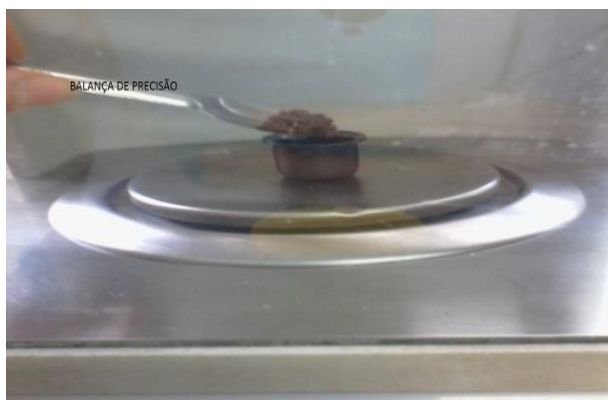
A pesquisa foi realizada no laboratório da indústria Intercement Brasil S.A., localizada no município de Cezarina-GO. A determinação do teor de cloro nas embalagens plásticas foi feita pelo método da potenciometria, com eletrodo específico para cloretos de dupla junção da marca Hanna-HI/4107, em conformidade com a NBR ISO/IEC 17.025/2005. As análises foram realizadas em triplicata em vinte amostras distintas de embalagens plásticas. O critério de seleção das embalagens analisadas baseou-se na representatividade das destinadas ao coprocessamento na cimenteira existente no município em questão. Foram analisadas as seguintes embalagens: as da indústria calçadista, blister de alumínio, blister de plástico, bolsa de urina, rótulos laminados, de escovas de dente, de sabonete, de óleos, de hidratantes, de suporte chip, de capa de chuva, restos de lona, de creme de barbear, de esmalte para unhas, restos de isopor revestido com plástico e as de gel para cabelo.



### *Preparo da Amostra*

Foram pesados 0,5 g das amostras, na balança Adventurer da marca Ohaus (ver Figura 1), e colocado em um cadinho de cádmio de uma bomba calorimétrica da marca Labcontrol (ver Figura 2), modelo Ika C 2.000 Basic, com aproximadamente 1,0 mL de água deionizada, para reter os possíveis compostos presentes nas amostras, liberados durante a combustão. Em seguida, foi realizada uma lavagem no copo da bomba calorimétrica (ver Figura 3), onde a amostra foi queimada, e, em contrapartida, a mesma foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL por um funil contendo algodão, com o intuito de retirar as partículas de granulometria maiores que pudessem causar alguma interferência, facilitando assim, a leitura do teor de cloro contido na amostra. Depois, o balão foi aferido e a amostra ficou pronta para as análises potenciométricas (ver Figura 4).

**Figura 1 – Pesagem das amostras na balança de precisão.**



**Figura 2 - Bomba calorimétrica**





**Figura 3 - Copo da bomba calorimétrica**



**Figura 4 - Análises Potenciométricas**



#### *Calibração do potenciômetro*

Para calibrar o potenciômetro foi necessário preparar cinco amostras nas seguintes concentrações: 1,0 ppm; 5,0 ppm; 10 ppm; 20 ppm e 30 ppm, de acordo com o SGQ-NBR.ISO/IEC 17.025/2005, retirado de uma solução padrão de Cloreto de Sódio (NaCl) 1.000 ppm.

#### *Realização da análise*

Em um Becker de 100 mL, foi colocado 50 mL da amostra e adicionado 1,0 mL da solução ISA HI 4000-00; posteriormente, o eletrodo de dupla junção foi imergido para à determinação de cloretos de dupla junção na amostra em agitação por um agitador magnético, o resultado foi obtido em ppm necessitando de uma conversão para porcentagem utilizando a Equação (1):





$$C = R_{\text{ppm}} \times V_b \div M_a \div 10000$$

Equação

(1)

Onde:

C = Concentração em porcentagem;

$R_{\text{ppm}}$  = Resultado em ppm;

$V_b$  = Volume do balão;

$M_a$  = Massa da amostra.

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que diversas amostras de embalagem plásticas inservíveis apresentaram teor de cloro acima do exigido pela indústria cimenteira estudada - Intercement Brasil S.A., que é de 0,45% (ver Tabela 1), bem como para as demais indústrias cimenteiras do Brasil, cujo limite é 0,7%. Somente os resíduos intitulados Resíduo Calçadista 4 e Blister de Alumínio atenderam os limites máximos de 0,45 e 0,7%.

**Tabela 1 - Resultados do teor de cloro nos resíduos plásticos analisados**

Amostras	Tipo de Resíduo	Alíquota 1	Alíquota 2	Alíquota3	Concentração média de Cl <sup>-</sup> (%)
1	Blister de plástico	29,2	29,6	29,4	29,40
2	Embalagem de escova de dente	31,7	31,2	31,6	31,50
3	Embalagem de sabonete	0,78	0,94	0,88	0,87
4	Embalagem transparente kit óleos / hidratantes	13,68	13,43	13,51	13,54
5	Capa de chuva	19,00	18,87	18,83	18,90
6	Lona (preta/alaranjada)	18,34	18,63	18,53	18,50
7	Embalagem de creme de barbear	4,2	3,7	4,1	4,00
8	Embalagem de esmalte de unhas	48,3	47,2	48,5	48,00
9	Embalagem gel de cabelo	15,34	15,12	15,29	15,25



Ficou evidenciada a problemática em relação ao coprocessamento de embalagens plásticas com alta concentração de cloro na fabricação do cimento, ou seja, a dificuldade em diluir o cloro no *Blend*, antes de sua utilização como combustível alternativo.

As blendeiras (indústrias que transformam os resíduos em combustível alternativo) não recebem informações sobre o percentual de cloro existente nas embalagens plásticas, visto que as mesmas não possuem indicações nos rótulos ou em si próprias sobre a concentração de cloro em sua composição. O que se pode identificar é a tipologia da resina utilizada na fabricação das embalagens por meio da simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos imposta pela norma da ABNT NBR 13.230 (2008).

## CONCLUSÃO

Os resultados indicaram concentrações de cloro acima do exigido pela indústria cimenteira, aumentando os desafios para as blendeiras, já que precisam acertar a mistura dessas embalagens com outros resíduos isentos ou com baixo teor de cloro.

Por fim, o emprego de embalagens plásticas não cloradas torna-se ambientalmente importante, pois facilita sua destinação e reduz os custos com o tratamento térmico desse tipo de resíduo sólido.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13230: embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis – Identificação e simbologia. Rio de Janeiro. 8 p. 2008.
- ECOBLENDING AMBIENTAL LTDA. Controle de qualidade, Cezarina, 2015.
- INTERCEMENT BRASIL S.A. Manual para Combustíveis e Matérias-primas Alternativas. Engenharia e Tecnologia. P. 15-16, 2015b.
- PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: EDUFAL, 2005. Disponível em: <[http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos\\_caracteristicas\\_usos\\_producao\\_e\\_impactos\\_ambientais.pdf](http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf)> Acesso em: 02 nov. 2016.
- ROCCO, T. Plano de Gestão Ambiental para Indústria de Plásticos no Município de Marau – RS. 2011. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2011.
- SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. Indústria da transformação do material plástico: manual de segurança e saúde do trabalho. São Paulo: SESI-SP editora, 2012. Disponível em <<<http://www.crq4.org.br/sms/files/manual-plastico.pdf>. Acesso em 15 de outubro de 2016.



**48º** CONGRESSO NACIONAL  
DE SANEAMENTO DA ASSEMAE  
ALTERNATIVAS DE FINANCIAMENTOS  
PARA O SANEAMENTO PÚBLICO  
27 A 30 DE MAIO DE 2018 | FORTALEZA - CE

Realização:



Associação Nacional  
dos Serviços Municipais  
de Saneamento