

GESTÃO E COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS

Laila Beatriz Leite Andrade (PET), Rogério José da Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá

Palavras-chave: Resíduos Sólidos, Coprocessamento; Gestão de Resíduos.

Introdução

A indústria do cimento, apresenta em seus fornos a possibilidade da realização de uma atividade amplamente difundida para a destruição térmica de resíduos industriais e passivos ambientais – o coprocessamento. Sendo esta reconhecidamente adequada e segura. A técnica constitui da queima de resíduos no interior dos fornos, que alcançam altíssimas temperaturas no seu interior (até 2.000°C). Deste modo, levando a destruição térmica dos resíduos devido ao alto poder destrutivo e térmico dos fornos de cimenteiras.

Além disso, através do coprocessamento, a indústria aproveita resíduos em substituição de combustível e/ou matéria-prima. Desta forma, o coprocessamento proporciona a destinação ambientalmente adequada de resíduos, contribuindo para redução do uso de combustíveis tradicionais não renováveis, como o coque de petróleo, o óleo combustível e o carvão mineral. Combustíveis estes que são amplamente aplicados na indústria cimenteira (SNIC, 2021).

Como vantagens o coprocessamento apresenta a eliminação efetiva dos resíduos de maneira ambientalmente correta e segura, levando a substituição de combustíveis fósseis não renováveis por combustíveis alternativos. Contribuindo para redução de emissões de gases de efeito estufa, além de preservar jazidas que seriam exploradas para obtenção de matérias prima (SNIC, 2021).

Apesar do cenário pandêmico enfrentado no ano de 2020, o coprocessamento de resíduos continua em tendência de aumento no Brasil. Em 2020, atingiu-se 2.018 milhões de toneladas de resíduos coprocessados, sendo 1.865 milhão de toneladas de combustíveis alternativos e biomassas e 153 mil toneladas de matérias-primas alternativas (ABCP, 2021).

Deste modo, o objetivo deste trabalho é apresentar o coprocessamento como uma alternativa para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos.

Metodologia

O presente trabalho deu-se a partir de revisão de artigos relacionados ao coprocessamento de resíduos em fornos

de clínquer e relacionados aos resíduos utilizados no processo, além de dados de agências, como ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento e outros.

Resultados e discussão

A classificação de resíduos no Brasil é regulamentada pela NBR ABNT 10004/2004 que classifica os resíduos em: a) resíduos classe I – Perigosos; b) resíduos classe II – Não perigosos; Resíduos classe II A – Não inertes; Resíduos classe II B – Inertes.

Resíduos perigosos de classe I são resíduos que podem apresentar alguma(s) das seguintes características: Inflamabilidade, Corrosividade, Reatividade, Toxicidade ou Patogenicidade.

Resíduos de classe II A, os não inertes podem exibir propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos de classe II B, inertes, são os que quando submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, 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 (ABNT, 2004).

O coprocessamento pode ser aplicado para a destinação e eliminação ambientalmente adequada de resíduos perigosos, este foi amplamente aplicado e desenvolvido em países como Estados Unidos, países da Europa e Japão (HALIM *et al.*, 2018).

Na China do ano de 2020 foi realizado um estudo sobre o coprocessamento de resíduos derivados dos cuidados de pacientes contaminados com COVID-19, visto que a disposição adequada destes resíduos pode auxiliar na prevenção e controle da doença. Estes são classificados, segundo Ma *et al.* (2020), como resíduos infecciosos e devem ser dispostos como perigosos. Assim, devido a necessidade de se eliminar tais resíduos, que apresentam risco a saúde e vida da população, foram utilizados fornos de coprocessamento para destinação ambientalmente adequada destes resíduos.

Como pode-se ver na Tabela 1 o coprocessamento de resíduos médicos na China vem aumentando ao longo dos

anos, assim como a utilização deste método de disposição durante o ano de 2020. De acordo com Ma *et al.* (2020) o coprocessamento de resíduos médicos por usinas de incineração é uma das prioridades técnicas do ministério de ecologia e meio ambiente (Ministry of Ecology and Environment) da republica da China.

Tabela 1 - Aplicação do coprocessamento de resíduos médicos

Cidade	Capacidade [t/d]	Resíduos médicos [t]	Ano
Shanghai	1000	850	2014
Shanghai	1000	1930	2015
Shanghai	1000	4630	2016
Shanghai	1000	7560	2017
Shanghai	1000	9310	2018
Shanghai	1000	14,490	2019
Shanwei	1200	42.75	2020*
Dongying	400	0.87	2020*
Putian	2850	28.23	2020*
Zhuhai	600	12.29	2020*
Xiantao	500	3.04	2020*

*Estatísticas de 7 de fevereiro de 2020

Fonte: Adaptado de Ma *et al.* (2020).

Assim, observa-se que a utilização do coprocessamento para disposição final ambientalmente e socialmente adequada de resíduos médicos perigosos. Visto que estes resíduos são produzidos em grande quantidade e apresentam risco de contaminação. Assim, o coprocessamento é uma possibilidade que, se executada da forma correta, não oferece riscos a população.

Porém, a aplicação de resíduos perigosos no coprocessamento levanta uma preocupação, visto que estes podem conter metais pesados em sua composição que poderiam se vincular ao cimento produzido e a possibilidade de ser emitido para o meio ambiente. De fato, foi observado que o metal pesado presente nos resíduos perigosos se vincula ao cimento, foi reportado o aumento no nível de metais pesados no cimento nos últimos anos. Assim, Halim *et al.* (2018) utilizaram uma metodologia para avaliação de risco a saúde da presença e concentração de metais pesados como Cd, Ni, Cr, Pb, Cu e Zn no cimento Portland produzido a partir do coprocessamento de resíduos perigosos. Estes metais pesados são de grande importância devido ao fato de serem carcinogênicos, principalmente Cd, Cr, Pb e Ni. Assim, tal avaliação prove informações relevantes quanto ao impacto do coprocessamento de resíduos perigosos na saúde humana.

A Tabela 2 e Figura 1 apresentam a concentração de metais pesados no cimento, observa-se no cimento A – que não apresenta resíduos coprocessados – a seguinte ordem de concentração de metais pesados: Zn > Pb > Cr

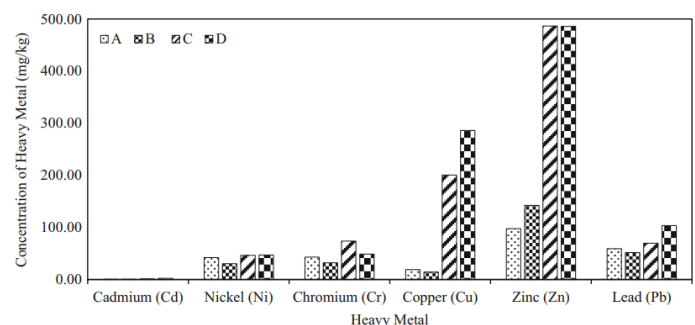
> Ni > Cu > Cd, porém a mesma ordem de concentração ocorre nos outros cimentos amostrados, Cimento B, C e D, mas estes apresentam resíduos perigosos coprocessados durante sua produção. Além disso, observa-se grande variação na composição dos metais pesados nos cimentos que apresentam coprocessamento, o que indica que a composição de metais pesados no cimento varia de acordo com o tipo de resíduos que é coprocessado, seja como matéria prima alternativa ou como combustível alternativo (HALIM *et al.*, 2018).

Tabela 2 - Concentração de metais pesados no cimento

Metais pesados	Concentração de metais pesados [mg/kg]			
	Cimento A	Cimento B	Cimento C	Cimento D
Cd	0,71	0,75	1,42	2,34
Ni	42,20	30,45	46,55	47,05
Cr	43,10	32,10	73,78	48,88
Pb	59,15	51,65	69,75	103,65
Cu	19,04	14,39	200,59	286,09
Zn	97,56	142,45	486,55	485,74

Fonte: Adaptado de Halim *et al.* (2018).

Figura 1 - Concentração de metais pesados no cimento



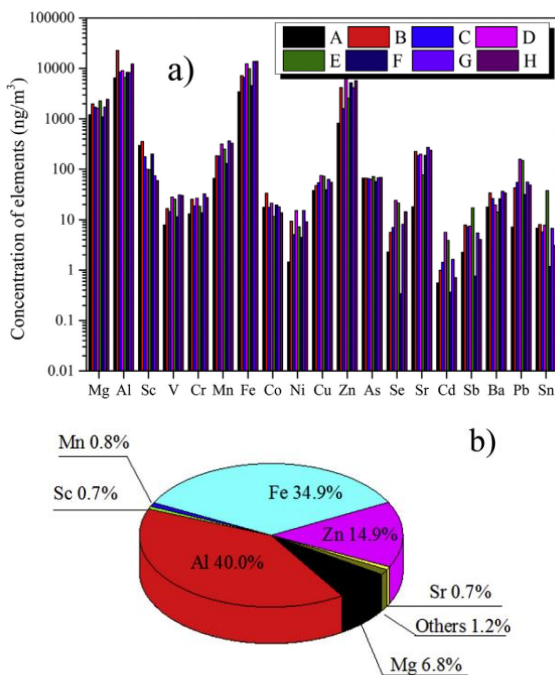
Fonte: Halim *et al.* (2018).

Ainda, para avaliação do risco foi utilizada uma metodologia que calculou um “índice de risco (IR)” - *hazard index* (HI). Este foi avaliado pensando em três vias de exposição: ingestão, inalação e absorção dermal. Outras preocupações surgem relacionadas ao coprocessamento de resíduos perigosos, como por exemplo a emissão de material particulado (PM₁₀). Como resultado Yang *et al.* (2018) observaram que a concentração do PM₁₀ variou entre 108,3 e 558,7 µg/m³, com média de 315,1(+/- 140) µg/m³, nas 8 amostras analisadas. Os valores encontrados se encontram muito altos, se comparados ao valor aceitado pelo padrão nacional de qualidade do ar (NAAQS) da China, que é de 150 µg/m³.

A Figura 2 apresenta a avaliação da concentração de elementos traço no material particulado analisado, nas 8 amostrar, os valores encontrados para o Cádmio (Cd)

ultrapassou o valor indicado pela OMS e pela NAAQS. A alta concentração de Zn e Mn encontrada diferem de estudos previamente realizados, porém depois de análises realizadas nos resíduos coprocessados, verificou-se que a alta concentração destes compostos no material particulado foi devida a alta concentração no resíduo que foi coprocessado.

Figura 2 – (a) Concentração de elementos traço; (b) Porcentagem média da massa dos elementos traço



Fonte: Yang *et al.* (2018).

Com relação as emissões observadas em planta de produção de cimento que realizam coprocessamento Lopes *et al.* (2015) concluíram que a inserção de resíduos industriais, pneus inservíveis e outros resíduos aplicados no coprocessamento contribui para redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o CO₂, além de serem removidos passíveis ambientais e possíveis criadouros para vetores de doenças.

Conclusões

O coprocessamento é, portanto, uma técnica de destruição térmica eficiente que com os devidos cuidados e monitoramento é aplicável para destinação final dos resíduos. Este método de destinação é ambientalmente adequado e economicamente favorável, visto que a utilização de resíduos reduz o custo da compra de combustíveis convencionais, sendo uma prática que tende a crescer no mundo. Além de reduzir a exploração de jazidas e a emissão de CO₂ proveniente de combustíveis fósseis, contribuindo para a ciclagem deste elemento.

O coprocessamento pode ser aplicado para disposição final ambientalmente adequada de resíduos médicos, tais como os provenientes dos cuidados de pacientes durante a pandemia de COVID-19 que oferecem risco a saúde da população.

Os resultados observados quanto a emissões e presença de metais pesados indica que existe a necessidade da regulamentação do coprocessamento de maneira que esta técnica possa ser aplicada possibilitando a destinação final ambientalmente adequada de resíduos sem causar danos ou riscos à saúde da população.

Agradecimento

A autora agradece a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade de apresentar o presente trabalho. Agradece ainda ao financiamento do FNDE, via bolsa do PET Energia, Petróleo, Gás e Meio Ambiente.

Referências

- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Panorama do Coprocessamento 2021 (Ano base 2020)**. São Paulo, 2021. 24p. Disponível em: <https://abcp.org.br/panorama-do-coprocessamento-brasil-2021/>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 10004: Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.
- HALIM, N. A.; KUSIN, F. M.; MOHAMED, K. N. Heavy metal exposure from co-processing of hazardous wastes for cement production and associated human risk assessment. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 733–742, 2018.
- LOPES, A. O.; IFEKAIBEYA, B. C.; RAMOS, M. D.; SILVA, R. J. da. Gee Emissio S I Ceme T Pla T a D Its Co Trol By Tech Ology , Co-Processi G a D the Use of Active Additio S. [s. l.], v. 2, n. 1, 2015.
- MA, Y.; LIN, X.; WU, A.; HUANG, Q.; LI, X.; YAN, J. Suggested guidelines for emergency treatment of medical waste during COVID-19: Chinese experience. **Waste Disposal and Sustainable Energy**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 81–84, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42768-020-00039-8>.
- SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Coprocessamento**. São Paulo, SP: SNIC, 2021.

Disponível em: <http://snic.org.br/sustentabilidade-coprocessamento.php>. Acesso em: 15 dez. 2021.

YANG, Z.; TANG, S.; ZHANG, Z.; LIU, C.; GE, X.
Characterization of PM10 surrounding a cement plant with integrated facilities for co-processing of hazardous wastes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 186, n. 2, p. 831–839, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.178>.