

APROVEITAMENTO DO PÓ DE BALÃO PARA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS E CERÂMICAS VERMELHAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Izabel Cristina de Matos Andrade¹

Sérgio Ricardo Magalhães²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo através de revisão de literatura, apresentar a possibilidade de reaproveitar os resíduos finos do processo siderúrgico, conhecidos como “pó de balão”, composto basicamente de ferro e carvão para fabricação de tijolos e cerâmicas vermelhas. A indústria de cerâmica vermelha é muito importante do ponto de vista ambiental, pois possibilita o reaproveitamento de resíduos sólidos de outras indústrias, incorporando-os na massa cerâmica. Este aproveitamento traz alguns benefícios para a indústria de cerâmica vermelha como redução do custo e da quantidade de matéria-prima utilizada, redução do consumo de combustível, além de evitar que estes resíduos tenham destinação ambientalmente incorreta. Nas indústrias cerâmicas do Estado de Minas Gerais é comum utilizar na incorporação da massa os resíduos de pó de balão e lama de alto-forno. A proporção de resíduo varia de 5 a 10%, conforme critérios adotados pelos ceramistas.

Palavras-chave: pó de balão; aproveitamento; siderurgia; construção civil.

USE OF BALLOON POWDER FOR THE MANUFACTURE OF RED BRICKS AND CERAMICS IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT

The objective of this work is to review the literature on the possibility of reuse of the fine residues from the iron and steel process known as "balloon powder", basically composed of iron and coal for the manufacture of red bricks and ceramics. The red ceramic industry is very important from the environmental point of view, as it allows the reuse of solid wastes from other industries, incorporating them into the ceramic mass. This achievement brings some benefits to the red ceramic industry as a reduction in the cost and quantity of raw material used, reduction of fuel consumption, and to avoid that these residues have

¹ Doutoranda e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). E-mail: izacrismatos@gmail.com

² Docente do Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos da Universidade Vale do Rio Verde (UninCor). E-mail: sergio.magalhaes@unincor.edu.br

an environmentally incorrect destination. In the ceramic industries of the State of Minas Gerais it is common to use the residues of balloon powder and blast furnace sludge in the incorporation of the mass. The proportion of residue varies from 5 to 10%, according to criteria adopted by potters.

Keywords: balloon powder; use; steel industry; construction.

1 INTRODUÇÃO

Usinas integradas de produção de aço geram materiais coprodutos que apresentam algumas dificuldades para a sua total reutilização, dentre os quais o chamado pó de balão, um pó do coletor de alto-forno, escórias da redução do gusa em alto-forno e da fundição do aço no forno panela e refino secundário no forno elétrico a arco, assim como pós de despoejamento da aciaria.

O Instituto Aço Brasil (2015), afirma que o setor siderúrgico brasileiro está posicionado em 9º maior produtor mundial e que em 2014 foi responsável pela produção de 33,9 milhões de toneladas de aço bruto no país, além 22 milhões de toneladas de coprodutos.

O pó de balão, também chamado de Charcok, é oriundo do alto-forno, sendo um resíduo em geral pouco explorado, embora possa ser aglomerado por sinterização e adicionado às matérias-primas no alto-forno. Ele é um material coletado pelo sistema a seco dos gases de alto-forno, cuja geração fica entre 28 a 45 kg para cada tonelada de ferro gusa produzido, e é despejado a céu aberto em bags nos pátios das indústrias, podendo contaminar solo, ar e água, e a saúde respiratória das pessoas (MILANEZ; PORTO, 2008). Em relação à matéria prima, as perdas são relativamente baixas, uma vez que não ocorrem grandes transformações da argila, possibilitando o reaproveitamento em quase todas as etapas. A exceção encontra-se na etapa de queima, que não possibilita reversão do processo, gerando resíduos se o produto não estiver na qualidade exigida. Dentre as possibilidades de melhorias, sugere-se o estudo da incorporação de resíduos industriais na cerâmica, visando à manutenção das propriedades dos produtos e redução do impacto ambiental (JUNIOR et al., 2013; NASCIMENTO, 2014).

Oti, Kinuthia & Bai (2009) recomendaram o uso de subprodutos industriais em produtos cerâmicos, especialmente quando estes materiais adicionam versatilidade para os sistemas de materiais cimentícios, além das vantagens óbvias de benefícios ambientais. Isso é relevante para diferentes profissionais que atuam na área de construção e trabalham em países em desenvolvimento, que têm que enfrentar os desafios globais, enquanto confrontado com o aumento da pressão sobre a transparência, as boas práticas, bem como sobre a capacidade de realizar suas operações de forma mais sustentável.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída no Brasil pela lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), objetiva de forma hierárquica, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e, sendo inevitável, a disposição final adequada dos resíduos gerados durante o processo de produção e após o ciclo de vida do produto. Regula aspectos da fabricação, importação, transporte, tratamento e destinação final de todos os resíduos sólidos no território brasileiro, com o intuito de nortear, em norma geral, a regularização e a gestão ambiental, contemplando os Resíduos Sólidos Industriais (RSI) e os Resíduos de Construção e Demolição (RCD). O processo de fabricação de vários produtos industriais gera RSI que ainda não possuem tecnologias adequadas para sua reutilização ou reciclagem, sendo necessário à sua disposição final ou intermediária, objetivando a posterior utilização.

Neste contexto, baseando-se nos conceitos previstos PNRS considera-se por reciclagem o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos os novos produtos. Da mesma forma, a reutilização é descrita como o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química (BRASIL, 2010).

Segundo Mourão (2011), a composição entre os resíduos varia muito em função dos procedimentos e características das matérias-primas utilizadas. Os sólidos são os que apresentam maior potencial para a reutilização e reciclagem, em especial aqueles que possuem teor de ferro em sua composição, tais como; escórias, lamas, poeiras/pós e carepa.

O Instituto Aço Brasil (IAB, 2015) aponta a possibilidade da utilização de resíduos siderúrgicos na fabricação de cimentos, pavimentação, dentre outras aplicações. A intenção principal é a estimular ações para a “qualificação técnica e a agregação de valor aos coprodutos”.

O objetivo desse artigo foi estudar através de revisão de literatura, a possibilidade do uso do resíduo de pó de balão na fabricação de tijolos e cerâmicas vermelhas.

2 O SETOR DE PRODUÇÃO DE TIJOLOS E CERÂMICAS VERMELHAS

A indústria artesanal de tijolos está diretamente relacionada com a construção de casas e prédios. A fabricação de tijolo vermelho cozido em fornos (septo e telhas) tem permanecido substancialmente inalterada desde os tempos antigos (VILLANUEVA et al., 2015). O Brasil dispõe de importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, cuja produção está concentrada principalmente nas regiões sudeste e sul, onde estão localizados os maiores polos cerâmicos do país.

O setor pode ser dividido entre os fabricantes de cerâmica vermelha e as olarias. As olarias produzem tijolo maciço, enquanto as cerâmicas vermelhas produzem tijolos com furos (vazados), sejam para fins de vedação ou estrutural, telhas, blocos, lajotas, tubos, manilhas, etc. A seguir são detalhados os principais produtos fabricados em Minas Gerais.

Os tijolos maciços não apresentam furos e têm a forma paralelepípedica, aproximadamente na proporção 4:2:1. São empregados principalmente em alvenarias revestidas ou nas alvenarias aparentes. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) determina para tijolos maciços comuns sua forma e dimensão (NBR 7170 e NBR 8041) e sua resistência (NBR 6460).

Os tijolos furados têm forma semelhante aos maciços e aplicação idêntica, porém apresentam furos no sentido vertical. As características desejáveis são as mesmas apresentadas para os tijolos maciços, entretanto apresentam as seguintes vantagens sobre os tijolos maciços:

- Possuem aspecto mais uniforme, arestas e cantos mais firmes, faces planas e melhor esquadros;

- Têm menos peso por unidade de volume aparente;
- Dificultam a propagação de umidade e favorecem a dessecação das paredes;
- Possuem melhor isolamento térmico;
- Apresentam resistência da ordem dos tijolos maciços, apesar da redução de sua seção horizontal.

A indústria de cerâmica vermelha pode absorver um amplo conjunto de resíduos de outras indústrias, o que é, do ponto de vista ambiental, bastante positivo, uma vez que não apenas se reduz o uso de matéria-prima, mas se proporciona um encaminhamento útil desses resíduos, evitando que sejam dispostos inadequadamente no ambiente.

Os resíduos podem ser utilizados na indústria de cerâmica vermelha por incorporação à massa cerâmica ou como combustíveis responsáveis pela queima do corpo cerâmico, sendo que, em ambos os casos, é utilizado o poder calorífico dos resíduos para auxiliar na queima, como combustíveis diretos, ou misturados na argila. Os resíduos com poder calorífico elevado, como resíduos de madeira, coque de petróleo, bagaço de cana, sabugo de milho, palha de café, resíduo de algodão, papel e papelão, são utilizados como combustíveis diretos.

Em Minas Gerais, os resíduos mais utilizados na mistura com a argila são o pó de balão (resíduo da siderurgia), lama de alto-forno (fercoque) e os próprios resíduos da fábrica (peças quebradas e cinzas). Outros resíduos como escória de alto-forno, pó de ardósia, areia de fundição, carepa e lamas diversas de processo de tratamento de efluentes líquidos também podem ser utilizados para este fim, embora no Estado este uso seja restrito. A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa na ordem de 30% (FEAM, 2012), e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção.

Dessa forma, a utilização de resíduos industriais como matéria-prima secundária em produtos cerâmicos apresenta-se como uma solução, porém, deve-se garantir a queima adequada de metais pesados e outros elementos indesejáveis constituintes dos resíduos, assim como a incorporação destes à matriz sinterizada, de modo a evitar o arraste por meio líquido no uso e descarte final de novos produtos. Para isso, é necessário que se

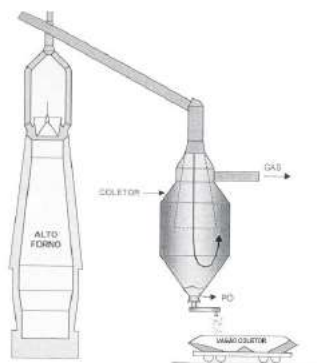
obtenha uma temperatura de queima suficiente, controlada por meio de termopar, sendo seu uso ainda não consolidado por parte dos empreendimentos.

Para a incorporação de resíduos na massa cerâmica deve-se observar a proporção utilizada de modo a evitar a perda de resistência mecânica (PUREZA, 2004). Além disso, é importante considerar a granulometria das partículas, pois a adição de elementos com granulometria considerada alta pode alterar o nível de plasticidade da massa, causando dificuldade na absorção da água.

3 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓ DE BALÃO AOS TIJOLOS E CERÂMICAS

O pó de balão consiste no material particulado captado no alto-forno pelo sistema de despoiramento denominado balão gravitacional (coletor primário), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Esquema do coletor de pó de balão para limpeza do gás de topo do alto-forno



Fonte: Oliveira & Martins (2003).

O pó de balão é constituído, predominantemente, por uma mistura de óxidos de ferro (hematita e goetita) com quartzo e finos de carvão e calcário [cristais de calcita- CaCO_3 e gibsita - $\text{Al}(\text{OH})_3$], em decorrência da grande quantidade de pó arrastado do sistema de limpeza a seco dos gases dos altos-fornos. Embora de baixo caráter poluidor, é classificado como Resíduo Classe I – Perigoso, conforme parâmetros definidos pela norma NBR 10004 (ABNT, 2004), exigindo cuidados específicos. Entretanto, é

importante destacar que essa classificação é devido ao elevado teor de fenóis (C₆H₅OH) encontrado especificamente nesse tipo de material, cujo ponto de fusão é de 41°C.

A norma NBR 10004 (ABNT, 2004) classifica como resíduo tóxico as poeiras provenientes do filtro de manga primário e secundário de controle de emissão de gases empregado na produção de aço em fornos elétricos, onde seus constituintes perigosos são o cromo hexavalente, chumbo e cádmio. Além da presença de chumbo, traços detectados de bromo (0,365 %), cromo (0,277 %) e cobre (0,225 %), conseqüentemente, dificultam o gerenciamento desse resíduo. A presença do chumbo, entretanto, pode tornar interessante o uso deste resíduo em tijolos convencionais devido ao efeito fundente (HAGI & HAGI, 1992).

Segundo o Projeto Minas Ambiente (1998) a composição do material particulado varia com o processo produtivo e com as matérias-primas empregadas. A composição química aproximada do resíduo de pó de balão é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Composição química aproximada do resíduo de pó de balão

Elementos	Porcentagem (%)
Fe ₂ O ₃	57
SiO ₂	12
Al ₂ O ₃	2,0
P ₂ O ₅	0,05
CaO	3,0
MgO	0.1
Carvão Vegetal	20

Fonte: Projeto Minas Ambiente (1998).

O pó do balão, cuja composição química é parecida com o da lama do sistema de lavagem de gases, pode ser usado na sinterização, no entanto, é preciso observar o teor de fenóis, que em alguns casos estão acima do limite admissível de 10 mg/kg. No entanto, para algumas usinas não integradas a pesquisa conduzida por Oliveira e Martins (2003) verificou que o pó de balão deveria ser classificado como resíduo Classe I – perigoso.

Entretanto, Almeida e Melo (2001) verificaram que a destinação adequada para este resíduo poderia ser a indústria de cerâmica, uma vez que a concentração de fenol nos

tijolos produzidos atingiu de 1,79 mg/kg nos tijolos cru e 0,004 mg/kg nos tijolos queimados, bem abaixo do limite admissível.

A quantidade do pó de balão gerado em uma siderúrgica a carvão vegetal pode variar de 5kg/t gusa a 35kg/t gusa, com média de 25kg/t gusa, conforme levantamento realizado por Malard (2009). Somente nas siderúrgicas não-integradas, por ano, são geradas aproximadamente 125 mil toneladas desse resíduo.

Um grande problema enfrentado pelas siderúrgicas não-integradas, maiores fornecedoras desse resíduo para as cerâmicas, é seu armazenamento. Segundo Malard (2009), apenas 12% dos empreendimentos armazenam o pó de balão de maneira satisfatória e inúmeros possuem grandes passivos, o que acaba se transformando em um problema ambiental. Dessa forma, o aproveitamento do pó de balão na indústria cerâmica torna-se uma excelente opção para minimização desse impacto.

Segundo Malard (2009), o pó de balão também pode ser utilizado na agricultura, na silvicultura, na sinterização, na fabricação de briquetes e na indústria cimenteira (co-processamento).

A utilização da mistura argila e pó do balão é possível considerando que ambas são constituídas de material inorgânico oxidado, mais Carbono, sendo compatível quimicamente com os argilominerais utilizados na produção de artigos de cerâmica vermelha. Os metais presentes no pó do balão podem ser incorporados na rede cristalina do material cerâmico, sob condições de mistura e queima ideal, promovendo a imobilização de metais pesados, tornando o produto inerte em relação aos processos de lixiviação (ABNT, 2004) e de solubilização (ABNT, 2004), conforme as NBR 10.005:2004 (ABNT, 2004a) e NBR 10.006:2004 (ABNT, 2004c), respectivamente.

As empresas do seguimento cerâmico vêm licenciando-se com intuito de utilizar o resíduo pó de balão e lama de alto forno no seu processo produtivo. Na fabricação de tijolos é utilizada uma proporção de 1/10 de argila, ou seja, mistura de 10%, mantendo-o estocado a granel em depósito coberto, fechado lateralmente e com portão, conforme NBR 11.174/1990.

A Minuta de Modificação da Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 74/2004 (MINAS GERAIS, 2004), está direcionada para

o emprego de resíduos sólidos industriais siderúrgicos na incorporação, junto a produção de artefatos de cerâmica, na proporção de 10% de cinzas volantes ou de lama de alto-forno. Contudo, não apresenta medidas de identificação e controle das peças cerâmicas incorporadas com resíduos sólidos industriais.

Lima et al. (2013) avaliaram a incorporação de resíduo sólido, conhecido como ferrocoque, proveniente do setor siderúrgico, em massas argilosas para fabricação de cerâmica vermelha. Foram preparadas massas com os seguintes teores de resíduo: 0; 1,5; 3,0 e 4,0%. As composições de 0% foram submetidas à queima às temperaturas de 800, 900 e 1000°C, para determinar a temperatura ideal de queima. Em seguida, todas as composições foram queimadas à temperatura ideal de 900°C, durante os períodos de 1h, 1h30min e 2h. As propriedades físicas e mecânicas foram determinadas em função do tempo de queima e da adição do resíduo. Os resultados obtidos indicaram que houve alteração nas propriedades dos corpos de prova, com a utilização do ferrocoque, revelando que o melhor tempo de queima foi de 2h e a composição mais adequada para a produção de cerâmica vermelha foi de 3,0%.

Oliveira & Holanda (2004) realizaram um estudo sobre a incorporação de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico na formulação de uma massa argilosa utilizada na fabricação de cerâmica vermelha. As massas preparadas continham os seguintes teores de resíduo de siderurgia: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% em peso. Os resultados de difração de raios X, distribuição de tamanho de partículas e limites de Atterberg são apresentados para as massas argilosas. Os corpos-de-prova foram conformados por extrusão a vácuo e queimados nas temperaturas de 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C e 1050°C. As propriedades físico-mecânicas foram determinadas em função da temperatura de queima e do conteúdo de resíduo de siderurgia. Os resultados obtidos indicaram que o resíduo sólido de siderurgia adicionado modificou as características físico-químicas e, também, as propriedades da massa argilosa pura. As massas cerâmicas contendo resíduo de siderurgia têm potencial para serem empregadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha para a construção civil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, há um expressivo setor produtivo voltado para a siderurgia, que além de utilizar uma grande quantidade de matéria-prima de origem mineral, gera, durante o processo de produção, uma grande quantidade de resíduos sólidos, os quais devem seguir para uma destinação ambiental adequada. Entretanto, devido ao grande volume gerado, a disposição final em aterros industriais torna-se onerosa, bem como demanda uma crescente expansão de células para contenção dos resíduos junto à acomodação no solo.

Faz-se necessário a busca por alternativas mais sustentáveis para a destinação dos resíduos gerados, como as cinzas volantes “pó de balão”, as quais são provenientes do sistema de controle de emissão gasosa dos altos-fornos empregados nos processos siderúrgicos. A reutilização ou reciclagem dos resíduos sólidos industriais deve atender aos quesitos da sustentabilidade: social, econômico e ambiental.

Uma alternativa para a destinação das cinzas volantes siderúrgicas é a sua reciclagem, por meio do seu emprego em substituição a argila, utilizada no processo de produção da cerâmica vermelha. Observa-se que o processo de fabricação de tijolos e telhas, permite a incorporação de resíduos em sua produção, apresentando-se atualmente como uma alternativa ambiental adequada para a incorporação de resíduos provenientes de siderúrgicas, como o “pó de balão” e a lama de alto-forno, segundo a visão do órgão de controle ambiental do estado de Minas Gerais.

As cinzas volantes provenientes das siderúrgicas que empregam o carvão vegetal como fonte de calor, apresentam sua geração descrita no Inventário de Resíduos Sólidos Industriais do Estado de Minas Gerais. Entretanto, a obtenção dos dados não é sistematizada, apresenta inconsistências e indica uma grande geração de resíduos sólidos industriais descrito como não tóxico, apesar da inexistência da obrigatoriedade da realização de análises de lixiviação e solubilização e do pequeno número amostral de empreendimentos declarantes. A incorporação de cinzas volantes na fabricação de artefatos cerâmicos é empregada atualmente no estado de Minas Gerais, com previsão de normatização e autorização do órgão de controle ambiental, sem a necessidade de ensaios de lixiviação e solubilização.

A política de gestão dos resíduos sólidos no estado de Minas Gerais, não contempla atualmente, a segregação e destinação ambiental dos resíduos de construção e

demolição incorporados com cinzas volantes siderúrgicas, distinta daquela aplicada à gestão dos resíduos de construção e demolição clássicos, sem adição de resíduos de outras atividades potencialmente poluidoras e degradadoras de meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**. Lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a. 16p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**. Solubilização de resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b. 3p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10004**. Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 68 p.

ALMEIDA, Marys Lene Braga; MELO, Gilberto Caldeira Bandeira de. **Alternativas de usos e aplicações dos resíduos sólidos das indústrias independentes de produção de ferro-gusa do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Trabalhos Técnicos, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/brasil/iii-094.pdf>> Acesso em: 17 nov.2017

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 2 ago. 2010.

FEAM, Fundação Estadual de Meio Ambiente. Plano de Ação para Adequação Ambiental e Energética das Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais: FEAM, 2012.

HAGI A.M., HAGI R.D., “Residues and effluents processing and environmental considerations”, In: **The Minerals, Metals and Materials Society**, Warrendale, PA, pp. 177–125, 1992.

INSTITUTO AÇO BRASIL (IAB). **Aço & sustentabilidade**. (Folder). Rio de Janeiro, 2015.

JUNIOR, A. M. B. et al. **Estudo para análise de ciclo de vida de produtos cerâmicos**. Revista Jovens Pesquisadores, v. 3, n. 2, 2013. ISSN 2237-048X.

LIMA, Lorena Houry Machado; REIS, Simone Cristina dos; BORGES, Leonardo Ribeiro. Aproveitamento de resíduo siderúrgico em blocos cerâmicos argilosos. **Revista e-xacta**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 69-78. (2013). Editora UniBH.

MALARD, A. A. M. **Avaliação ambiental do setor de siderurgia não-integrada a carvão vegetal do Estado de Minas Gerais**. 2009. 155 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Sócio-econômica e Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2009.

MILANEZ, B.; PORTO, M.F. **A ferro e fogo: impactos da siderurgia para o ambiente e a sociedade após a reestruturação dos anos 1990**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4, Brasília, 2008. p. 11. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-61-8-20080509163054.pdf> acesso em: 15 de nov 2017.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa nº 74, de 09 de setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Diário do Executivo de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2 out. 2004

MOURÃO, Marcelo Breda (coord.). **Introdução à siderurgia**. São Paulo, ABM, 2011.

NASCIMENTO, E. D. A. **Avaliação, através do ecodesign, do tijolo ecológico como produto ambientalmente correto**. 2014

OLIVEIRA, G. E.; HOLANDA, J. N. F. Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha. **Cerâmica**. vol.50 n.314. São Paulo. Apr./June 2004.

OLIVEIRA, M.R.C. & MATINS, J. **Caracterização e classificação do resíduo sólido “pó do balão”, gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal: estudo de um caso na região de Sete Lagoas/MG**. Química Nova, 2003, v.26, N.1, p.5-9.

OTI, J.E., KINUTHIA, J.M., BAI, J., “Compressive strength and microstructural analysis of unfired clay masonry bricks”, **Engineering Geology**, v. 109, pp. 230–240, 2009.

Projeto Minas Ambiente, **Pesquisa Tecnológica para Controle Ambiental em Unidades Independentes de Produção de Ferro–Gusa: Diagnóstico**. CDTN/CETEC/FEAM/UFMG, Belo Horizonte, 1998.

PUREZA, J.C.C. **Utilização de Resíduos industriais de baixa granulometria me massa cerâmicas de argila vermelha: aspectos tecnológicos e ambientais**. 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

VILLANUEVA, B. R. et al. **Análisis estratégico para el desarrollo de los productores de ladrillo en la ciudad de Saltillo, Coahuila**. México/strategic analysis for development of brick producers in Saltillo city, Coahuila, Mexico. Global Conference on Business & Finance Proceedings, 2015, Institute for Business & Finance Research. p.1212.

