



FACULDADE METROPOLITANA DE MARACANAÚ
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JARDEL LIMA MOTA

**REAPROVEITAMENTO DO PÓ DE CICLONE DA INDÚSTRIA
SIDERÚRGICA NA INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO NORDESTE**

MARACANAÚ

2020

JARDEL LIMA MOTA

REAPROVEITAMENTO DO PÓ DE CICLONE DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
NA INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO NORDESTE

Monografia apresentada ao curso de Bacharelado de Engenharia de Produção da Faculdade Metropolitana de Maracanaú – UNIFAMETRO MARACANAÚ como requisito para obtenção do grau, sob a orientação da Dra. Kamila Lima do Nascimento.

MARACANAÚ

2020

M917r

Mota, Jardel Lima.

Reaproveitamento do pó de ciclone da indústria siderúrgica na indústria cerâmica na Região Nordeste. / Jardel Lima Mota. – Maracanaú, 2020.

40 f.; 30 cm.

Monografia – Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Fametro – Unifametro, Maracanaú 2020.

Orientação: Profa. Dra. Kamila Lima do Nascimento.

1. Indústria Siderúrgica. 2. Cerâmica. 3. Pó de Ciclone. I. Título.

CDD 672

JARDEL LIMA MOTA

REAPROVEITAMENTO DO PÓ DE CICLONE DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA
NA INDÚSTRIA CERÂMICA NA REGIÃO NORDESTE

Esta monografia apresentada no dia 5 de junho de 2020 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção da Faculdade Metropolitana de Maracanaú – UNIFAMETRO MARACANAÚ tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Dra. Kamila Lima do Nascimento
Orientadora – Faculdade Metropolitana de Maracanaú

Me. Luiz Claudio Magalhães Florêncio
Membro – Faculdade Metropolitana de Maracanaú

Esp. Gleison Ribeiro Cruz
Membro – Faculdade Metropolitana de Maracanaú

AGRADECIMENTO

A Deus pelo dom da vida, por sua força e presença constante, por me guiar em situações difíceis à conclusão de mais uma preciosa etapa de minha vida.

Aos meus familiares Maria das Candeias Lima Mota e Maria Noélia Costa Lima, sem as quais não estaria aqui, por terem me apoiado na trajetória acadêmica e profissional.

A Profa. Dra. Kamila Lima do Nascimento pela orientação, paciência, ajuda e confiança durante o trabalho.

Ao Prof. Dr. Tulio Ítalo da Silva Oliveira por seu suporte e apoio nas disciplinas de exatas.

Ao Prof. Me. Marcelo Davi Santos por seu suporte e apoio nos cálculos aplicados a vida.

Ao Prof. Me. Luiz Claudio Magalhães Florêncio pelo compartilhamento das práticas em laboratório nos quais tive meu primeiro ensaio de titulação.

Ao Prof. Esp. Gleison Ribeiro Cruz por sua amizade e apoio didático no decorrer do curso com as ferramentas da Engenharia de Produção para um mundo mais eficiente.

A todos os professores, equipe de coordenação e funcionários do Faculdade Metropolitana de Maracanaú – UNIFAMETRO MARACANAÚ.

Aos meus amigos Ednilton dos Santos Rodrigues, Juliano Coelho da Silva e Raimunda Luciana Rodrigues Mendonça que me ofereceram bons momentos de discussão sobre o tema abordado e vários outros assuntos, além de materiais de pesquisa e de grande importância.

Aos meus amigos de graduação da turma de 2020.

Aos meus amigos, Marcelo Elvório de Moraes Silva e Leonardo Roger Silva Veloso em compartilha e contribuir para o meu crescimento acadêmico e profissional.

A toda a minha equipe de trabalho, que contribuíram para meu estágio.

RESUMO

O presente trabalho visa mostrar o potencial e a viabilidade da utilização do resíduo sólido da indústria siderúrgica para sua utilização no setor de cerâmica na região nordeste. Especificamente, o estudo direciona-se a demonstrar as potencialidade do pó de ciclone, também conhecido como “pó de balão”, obtido através da limpeza a seco dos gases do alto forno. O referido pó é composto por partículas/pó dos finos de carvão mineral, minério de ferro e fundentes. Pode ser utilizado como elemento constituinte da massa argilosa para fabricação de artefatos cerâmicos para a indústria de cerâmica. A produção de resíduos de pó de ciclone proveniente do processo produtivo gera uma quantidade significativo em toneladas, que ocupam áreas de armazenagem interna dentro das plantas industriais e em áreas externas a saturação de locais para disposição em aterros sanitários, da poluição contaminado o meio ambiente não sendo disposto de forma correta e em aterros industriais licenciados, isso justifica a necessidade da criação de mecanismos que contribuam para a redução de passivo ambiental, redução da utilização de matéria prima, minimizando a exaustão do recurso natural, buscando a geração de receita e desenvolvimento de novos mercados através da implantação, do desenvolvimento e da conscientização de técnicas associadas as tecnologias vigentes para o reaproveitamento ecologicamente correto, provocando uma redução do desperdício, da geração de resíduos, da ocupação de espaço.

Palavras-chaves: resíduo. Siderúrgica. Processo. Reaproveitamento. Pó. Cerâmica. ciclone.

ABSTRACT

This paper aims to show the potential and the feasibility of using solid waste from the steel industry in the ceramic manufacturing in the Northeast region. Specifically, the study aims to demonstrate the potential of cyclone powder obtained through dry cleaning of blast furnace gases. Said powder consists of particles / powder of fine mineral coal, iron ore and fluxes and can be used as a constituent element of the clay mass for the manufacture of ceramic artefacts for the ceramics industry. The production of cyclone powder from the production process generates a significant amount in tons, which occupy internal storage areas inside industrial plants and in external areas the saturation of places for disposal in landfills, of pollution contaminating the environment and not being correctly disposed of in licensed industrial landfills, this justifies the need to create mechanisms that contribute to the reduction of environmental liabilities, reducing the use of raw materials, minimizing the exhaustion of the natural resource, seeking the generation of revenue and the development of new markets through the implantation, development and awareness of techniques associated with current technologies for ecologically correct reuse, causing a reduction in waste, residue generation, and space occupation.

Keywords: Waste. Steelworks. Process. Reuse. Powder. Ceramics. Cyclone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Pirâmide de priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos	14
Figura 2-Vista geral de uma planta Siderúrgica	17
Figura 3-Principal unidade produtiva em destaque: Alto Forno.....	18
Figura 4-Visão geral do Alto Forno.....	19
Figura 5-Visão das unidades e etapas do Alto Forno.....	20
Figura 6–Vista do Sistema de limpeza de gás BFG no Alto Forno.....	21
Figura 7–Fluxograma de destinação	22
Figura 8-Esquema geral para a seleção de alternativas para reciclagem	24
Figura 9-Depósito adequado para armazenamento de pó de ciclone	28
Figura 10-Fluxograma do processo produtivo da indústria de cerâmica	29
Figura 11-Vista da área de estocagem e beneficiamento interno.	39
Figura 12- Monitoramento da geração de resíduos do processo produtivo.	39
Figura 13-Vista do estoque de argila para produção de artefatos.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Descrição operacional seguindo a ordem dos processos:	17
Tabela 2-Metodologia aplicada	27
Tabela 3-Resultado do lixiviado para inorgânicos	30
Tabela 4-Resultado do solubilizado para inorgânicos	30
Tabela 5-Resultado do lixiviado para outros orgânicos	31
Tabela 6-Resultado do solubilizado para outros orgânicos	32
Tabela 7-Characterização Pó Ciclone do Alto Forno	32
Tabela 8-Informações Adicionais.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BFG	Blast Furnace Gás
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
H ₂ O	Água
NBR	Norma Brasileira
PCI	Injeção de Carvão Pulverizado
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Tema.....	13
1.2	Problematização e justificativa	15
1.3	Hipótese	15
1.4	Objetivos	16
1.4.1	Objetivo Geral.....	16
1.4.2	Objetivos específicos.....	16
2	TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO.....	17
2.1	Alto Forno.....	18
2.2	Unidades e etapas principais	19
2.3	Sistema de limpeza primária do gás de Alto Forno	19
3	METODOLOGIA.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS.....	35
	ANEXO	39

1 INTRODUÇÃO

O tema deste estudo é o reaproveitamento do pó de ciclone da indústria siderúrgica na produção de cerâmica na região nordeste. O setor siderúrgico gera uma diversidade de resíduos que podem tornar-se problemáticos para a indústria na medida em que estas necessitam seguir regras rigorosas que acarretam processos dispendiosos, além de poder gerar impactos ao meio ambiente. Vários estudos buscaram demonstrar que os resíduos da indústria podem ser retornados ao processo, como fonte de energia ou como matéria prima. Este trabalho soma-se aos esforços mencionados tendo objetivo demonstrar as potencialidades da utilização de resíduos industriais siderúrgicos como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos na região nordeste.

O descarte do resíduo no setor siderúrgico é caro, pois sem os devidos cuidados geram passivos ambientais, e isso provoca impacto financeiro com prejuízo também para a sociedades. Além de ocupar espaços produtivos em área internas nas empresas, que podem ser usufruídas para outras finalidades mais compensatórias na visão administrativa e espaços externas em aterros sanitários que podem ser poupados do sacrifício em receber um resíduo, que pode ser racionalizado na fonte geradora.

As empresas já não podem mais dar-se ao luxo de ter suas matérias primas jogados fora em forma de resíduos, pois são recursos disponíveis e que podem ser reutilizadas em seus processos produtivos, não simplesmente descartados como se eles não tivessem valor.

Recomenda-se ainda o uso de resíduos siderúrgicos incorporados com subprodutos industriais em produtos cerâmicos, especialmente além das vantagens óbvias de benefícios ambientais quando estes materiais adicionam versatilidade para os sistemas de materiais cimentícios (Oti, Kinuthia & Bai, 2009).

Nas últimas décadas, a segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes integrantes dos laudos de classificação, através de várias aplicações para demonstrar que os resíduos da indústria podem ser fonte de consumo, como coproduto para outras atividades econômicas com possibilidade de utilização na redução da exploração de recursos naturais. No intuito de buscar 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).

O reaproveitamento de resíduos siderúrgicos já é realidade em outros estados da região Sul e Sudeste, mas não no Nordeste. Hoje com o empreendimento da siderúrgica implantado especificamente no Ceará, torna possível o fornecimento do resíduo siderúrgico, tal como, o pó de ciclone como alternativa para incorporação na produção de artefatos cerâmicos.

É compreensível que este ainda não seja amplamente conhecido na região Nordeste, pois não havia disponibilidade do fornecimento deste resíduo para uso com esta finalidade de aplicação, sendo os custos com a logística referente a movimentação deste coproduto siderúrgico inviável para as empresas desta região obterem um ganho financeiro juntamente com o ambiental.

Este estudo descreve e analisa utilização do pó de ciclone na produção de produtos cerâmicos através de revisão de literatura. Recorre-se à literatura encontrada em livros e artigos que mostram as técnicas já existentes e as diversas demonstrações de aplicações para a utilização do pó de ciclone, resíduo proveniente do processo de lavagem de gases de uma indústria siderúrgica integrada, em beneficiamento da produção cerâmica, fornecendo um componente para ser adicionado a argilas na produção de artefatos cerâmicos.

1.1 Tema

O segmento siderúrgico nacional com seus pilares históricos de surgimento principalmente no Sul e Sudeste do país, tem gerado grande volume de riquezas e empregabilidade para milhares de pessoas de forma direta e indiretamente e constitui ramo de atividade que além de impulsionar o desenvolvimento regional e nacional, contribui para a implantação de tecnologias e novas técnicas no reaproveitamento do que é possível dentro de seu processo produtivo.

No entanto, a referida atividade industrial gera enormes quantidades de resíduos sólidos industriais de suas diversas etapas durante o processo siderúrgico, dentre eles o pó de ciclone que é obtida em um desses processos produtivos.

O simples descarte de resíduo sólido siderúrgico do processo produtivo do alto forno denominado pó de ciclone ou “pó de balão” encaminhado para a indústria cerâmica é de grande importância, pois visa a redução da utilização da matéria prima extraída da natureza para a fabricação de produtos cerâmicos. Na atualidade constitui

uma das melhores soluções para a problemática ambiental referente ao resíduo gerado.

Nos últimos anos a busca por alternativas economicamente ecológicas e viáveis para o descarte dos resíduos sólidos do segmento siderúrgico que atendam ao clamor social e empresarial é uma constante preocupação, mas também é motivo para a geração de receita para outras empresas, podendo destacar a indústria cerâmica com um exemplo.

O descarte de resíduos no Brasil é feito a partir dos critérios estabelecidos na Lei nº 12305 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, de acordo com esta norma:

- Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- Incentivo à indústria de reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda e promotor de cidadania.

Figura 1-Pirâmide de priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos



Fonte: FEAM

1.2 Problematização e justificativa

A indústria cerâmica é tradicional consumidora de resíduos siderúrgicos tais como: lamas, carepas, escórias e o pó de ciclone de alto-forno. Entretanto, ainda não existe disponíveis na literatura trabalhos técnico-científicos abordando a utilização do pó de ciclone do alto-forno na indústria cerâmica na região nordeste. Este aspecto é a principal justificativa para a realização deste trabalho descritivo.

A competitividade no mercado provoca mudança no posicionamento estratégico das empresas, não sendo diferente no segmento siderúrgico que busca cada vez mais, melhorar seu posicionamento adotando estratégias alinhadas ao perfil economicamente ecológico.

Saindo do eixo de surgimento de instalação siderúrgicas do Sul e Sudeste onde a utilização do pó de ciclone, denominado 'pó de balão' e outros resíduos sólidos são conhecidos e utilizados. A aplicabilidade deste é uma novidade para a indústria cerâmica local, sendo adicionado ao processo produtivo da cadeia de artefatos cerâmicos especificamente no Ceará, na cerâmica ABCDEFG localizada no município de São Gonçalo do Amarante.

A necessidade do descarte do pó de ciclone, que é um resíduo classe II A (resíduo não inerte) do processo de limpeza dos gases siderúrgico no alto forno, justifica-se pela sua significativa ocupação em áreas internas e externas que poderiam ser utilizadas para outras finalidades. A gestão adequada dos resíduos é fundamental também para redução dos impactos ambientais, visto que o processo siderúrgico gera diversos tipos de resíduos em elevada quantidade.

Diante do exposto, neste estudo, buscou-se identificar na literatura sobre o tema se as práticas de reaproveitamento já comuns em outras regiões do país poderiam ter aplicabilidade no Nordeste. Deste modo, o problema de pesquisa que conduziu esta investigação foi o de saber se: a literatura sobre o tema do reaproveitamento do pó de ciclone oferece suporte para que se possa inferir que sua aplicação no Nordeste pode ser empreendida?

1.3 Hipótese

A hipótese do trabalho é que os resíduos industriais siderúrgicos podem ser utilizados como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos, como blocos cerâmicos e tijolos estruturais na região nordeste.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Demonstrar as potencialidades da utilização de resíduos industriais siderúrgicos como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos, como blocos cerâmicos e tijolos estruturais na região nordeste.

1.4.2 Objetivos específicos

Pesquisar a literatura que discorre sobre a utilização do pó de ciclone na indústria de cerâmica;

Mostrar os impactos sociais e ambientais nas indústrias que já incorporam a referida técnica em seus processos.

Evidenciar como o processo de produção com vistas ao reaproveitamento de resíduos podem evitar o descarte inadequado retornando a matéria prima a cadeia produtiva, o que diminui o consumo e os custos de recursos naturais.

Analisar a partir da literatura os processos adotados em outras regiões são compatíveis com os identificados na região Nordeste.

2 TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

A seguir será abordado de forma sucinta as etapas do processo produtivo de uma siderúrgica e de suas unidades de processamento para um melhor entendimento da origem do resíduo que pode ser incorporado na composição há argila cerâmica.

Uma usina siderúrgica é um ramo de atividade econômica que faz uso intensivo de recursos naturais e não renováveis, através da transformação desta matéria prima extraída da natureza e da utilização de energia, criando um elevado volume de produtos e coprodutos obtidos através das diversas etapas do processo produtivo de transformação do minério de ferro, carvão vegetal ou coque e adição de fundentes dando origem ao ferro gusa, que é produzido através do Alto Forno.

Figura 2-Vista geral de uma planta Siderúrgica



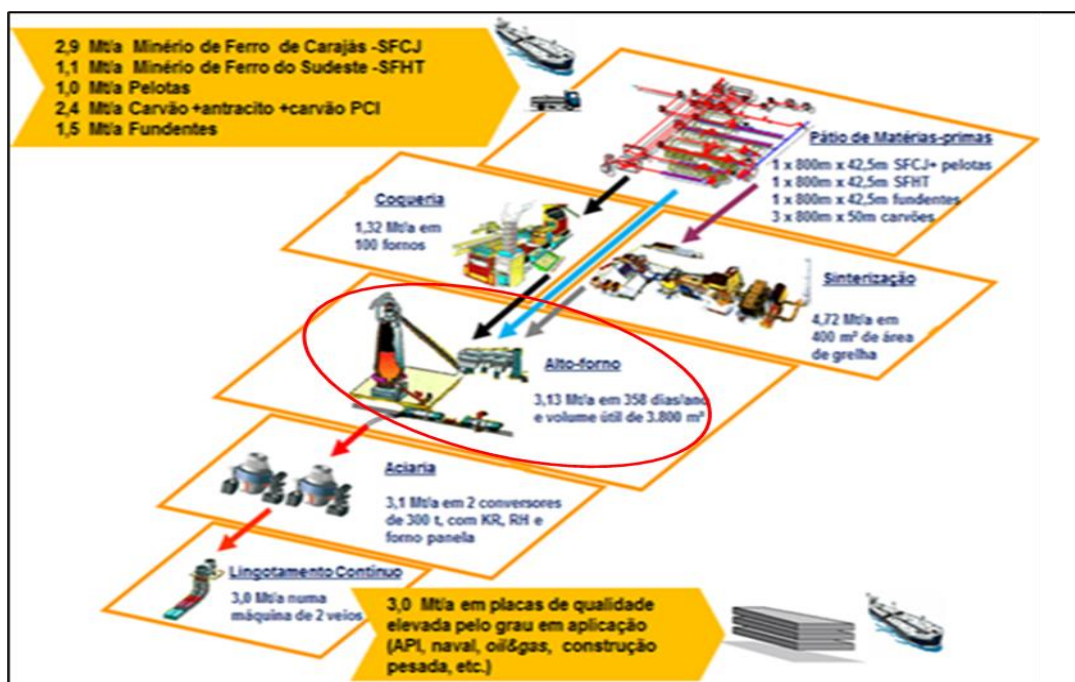
Fonte: Próprio Autor

Tabela 1-Descrição operacional seguindo a ordem dos processos:

Unidades Operacionais	Pátio de Matérias Primas Coqueria Sinterização Alto Forno Aciaria Lingotamento Contínuo
-----------------------	--

Esta tabela demonstra a sequência de processo do fluxo de produção até o Alto Forno, onde encontra-se o sistema de limpeza de gases, sendo obtido o pó de ciclo. A título de informação será identificada algumas etapas meramente ilustrativa abaixo.

Figura 3-Principal unidade produtiva em destaque: Alto Forno



Fonte: Memorial Descritivo Empresa A

2.1 Alto Forno

O Alto Forno é um reator metalúrgico destinada à produção de ferro gusa, através da fusão redutora de minério de ferro, carvão vegetal ou coque e fundentes os quais são carregados pelo topo do Alto Forno, e na descida, são transformados pela ação dos gases ascendentes, proveniente da combustão do carvão com o oxigênio soprado pelas ventaneiras, obtendo-se a escória e o ferro gusa depositado em seu interior, mas também gera uma quantidade de resíduos industriais, além de emitir materiais particulados com a poeira e os gases no topo, que são coletados pelo sistema de limpezas.

Figura 4-Visão geral do Alto Forno



Fonte: Próprio Autor

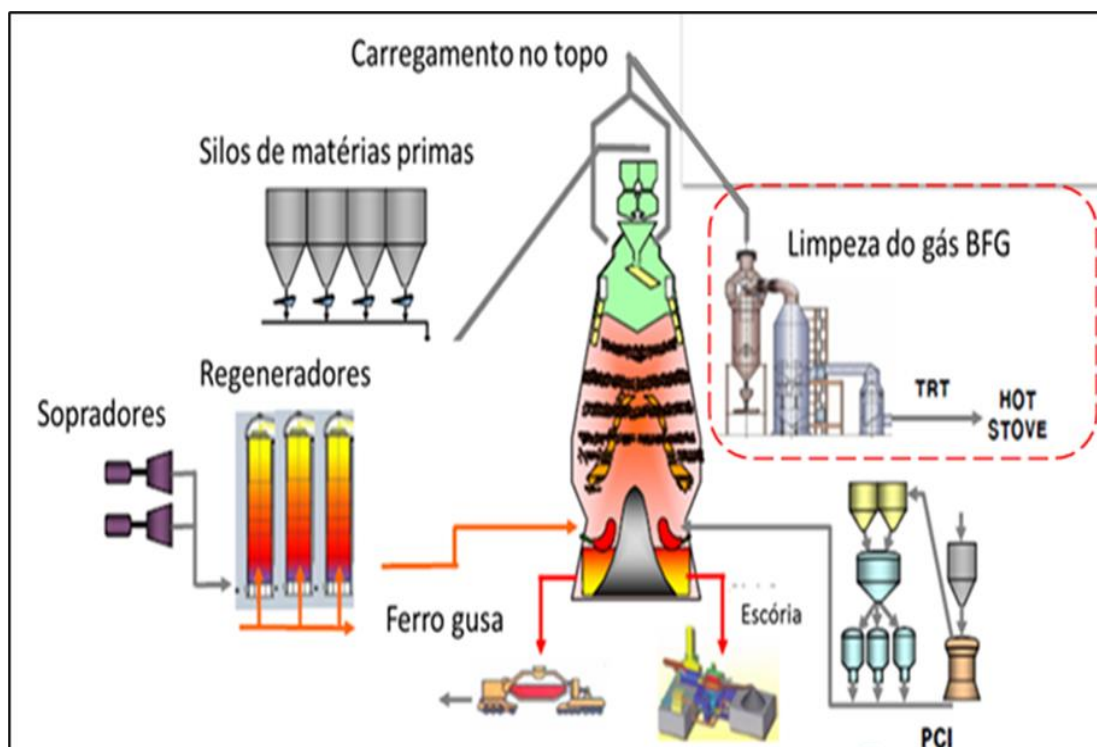
2.2 Unidades e etapas principais

- ❖ Transporte de matérias primas;
- ❖ Carregamento pelo topo;
- ❖ Transformação de carga,
- ❖ Vazamento de gusa na Casa de corrida;
- ❖ Regeneradores;
- ❖ Sistema de limpeza do gás Alto Forno (BFG - Blast Furnace Gas);
- ❖ Granulação de escória;
- ❖ Sistema de injeção de carvão pulverizado (PCI);

2.3 Sistema de limpeza primária do gás de Alto Forno

Na usina de limpeza de gás de Alto Forno, o gás redutor ($\text{CO} + \text{H}_2$) produzido na zona de combustão do Alto Forno (região das ventaneiras) sobe em contracorrente à descida da carga, que durante sua elevação, provoca o aquecimento da carga, reações de decomposição e redução de óxidos. Como consequência deste processo, obtém-se o gás no topo parcialmente oxidado em CO_2 e H_2O . Este gás é conhecido como gás de Alto Forno (BFG - Blast Furnace Gás), que possui elevada capacidade calorífica e pode ser usado como combustível nos processos siderúrgicos.

Figura 5-Visão das unidades e etapas do Alto Forno



Fonte: Memorial Descritivo Empresa A

O gás que sai no topo do Alto Forno tem uma quantidade elevada de particulado, exigindo um prévio tratamento para possibilitar a sua utilização como combustível. Esta poeira é proveniente de finos da carga metálica, do coque e da degradação do sinter, gerando muitos finos que são facilmente arrastados pelo gás. O gás constitui uma fonte de energia muito útil em toda a usina, sendo indispensável portanto a sua utilização de modo econômico e racional. Essas condições exigem que o gás seja tratado da melhor maneira possível.

Sendo realizada a limpeza primária que consiste em eliminar parcialmente por via seca os particulados. Essa eliminação é tanto mais eficiente quanto: mais baixa for a velocidade do gás, maiores e mais pesadas forem as partículas e mais baixa for a viscosidade do gás. O equipamento responsável por essa limpeza é o ciclone. A entrada do gás no ciclone se faz pela parte baixa e a saída pela parte alta. A separação da poeira no ciclone se faz por gravidade e será tanto mais eficiente quanto maior for o volume para uma vazão de gás. A retirada do particulado acumulado em seu interior é realizada periodicamente, utilizando-se de vagões ferroviários ou caminhões. Todo o pó de ciclone gerado no Alto Forno é reciclado.

Figura 6–Vista do Sistema de limpeza de gás BFG no Alto Forno



Fonte: Próprio Autor

Para um esclarecimento a respeito do esquema de limpeza de gases do Alto Forno abordado anteriormente, a ilustração acima traz uma visão real do equipamento, sendo que o objeto explorado é o pó captado no sistema.

Serão introduzidos conceitos praticados e aliados a teoria a respeito do reaproveitamento do pó de ciclone, da sustentabilidade e da viabilidade econômica como ferramenta estratégica. Apoiando a indústria cerâmica no uso do resíduo oriundo do setor siderúrgico onde está inserida a empresa pesquisada sendo embasam a utilizada no estudo realizado.

Os estudos dos impactos e a conscientização ecológica devido ao reaproveitamento dos resíduos em destaque o pó de ciclone oriundo de processo siderúrgico como meio de geração de valor, vêm causando uma crescente alternativa para as empresas e a sociedade, fazendo com que novos modelos e métodos de utilização de tecnologia sejam empregados na redução e obtenção de recursos não renováveis, gerando a busca por estratégias competitivas.

Baseando-se nos conceitos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída no Brasil pela lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010, 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).

A indústria de cerâmica 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 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.

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, 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.

- Todas as etapas de gestão de resíduos devem atender aos requisitos legais e normas técnicas aplicáveis em nível Federal, Estadual e Municipal;
- Os seguintes princípios devem ser considerados: reduzir a geração, reutilizar, reciclar ou comercializar resíduos de forma ambientalmente correta.

Figura 7–Fluxograma de destinação



Fonte: Próprio Autor

É geralmente possível recuperar e agregar valor aos resíduos siderúrgicos, alguns por técnicas de processamento mineral, físico ou químico (Das et al., 2007). Transformar os desperdícios contínuos de forma que possam ser reutilizadas na mesma unidade de produção ou por diferentes instalações industriais é essencial, não somente para conservar metais e recursos minerais, mas também para proteger o meio ambiente.

A indústria de cimento foi a que primeiro se engajou na proposta de utilização de subprodutos industriais na composição de seus produtos, sendo que, atualmente, é responsável pelo consumo de grande parte da escória siderúrgica e cinzas em geral (John, 1995; Reis et al., 2007).

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.

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. A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa na ordem de 30% e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção (FEAM, 2012).

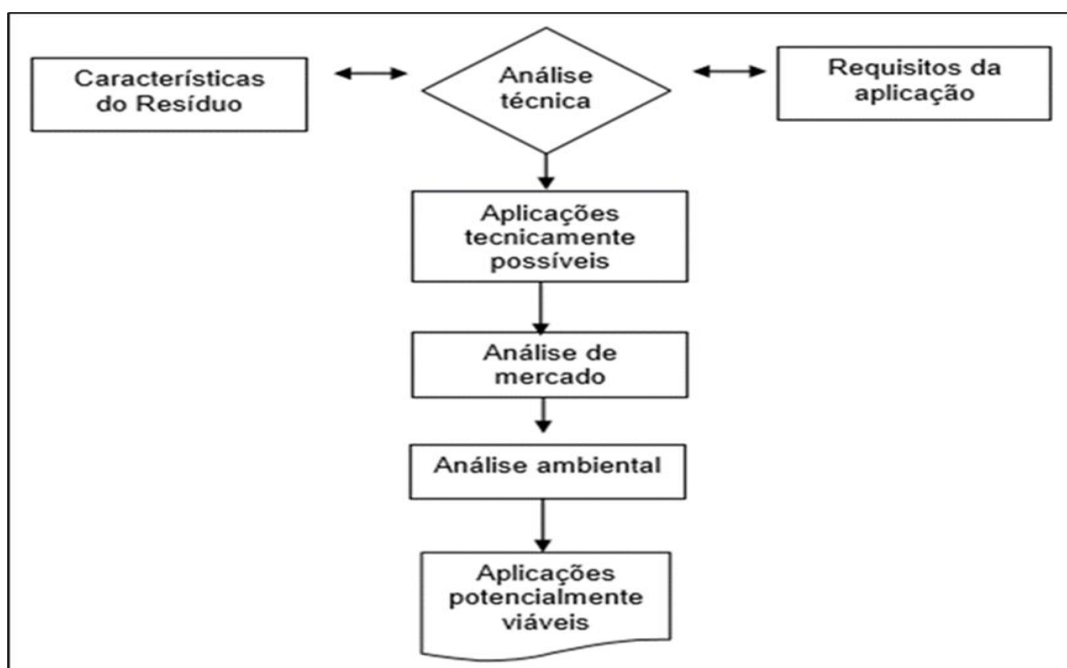
Para a incorporação de resíduos na massa cerâmica deve-se observar a proporção utilizada de modo a evitar a perda de resistência mecânica. Além disso é importante considerar a granulometria das partículas, pois a adição de elementos com granulometria considerada alta pode alterar o nível de plasticidade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

Diversas técnicas têm sido utilizadas para o aproveitamento destes resíduos, principalmente para as escórias. Estas são aplicadas em diversas áreas como aplicação em fertilizantes (Acciolly et al., 2000), indústria de cimento (John, V. 1995), pavimentação asfáltica e lastro rodoviário (Castelo Branco, V. 2004), correção de acidez do solo (Prado, R. 2000), incorporação em cerâmica vermelha (Vieira et al., 2006) entre outras.

As mudanças relativas à conscientização, à atitude da população e à compreensão do problema dos resíduos que é um problema de “gestão política que

envolve o setor público + setor privado + sociedade civil”, levaram à introdução de uma legislação específica em quase todos os países que visavam à diminuição dos resíduos e incentivando a maiores índices de reciclagem ficando o aterro como última opção (Bel, 2006).

Figura 8-Esquema geral para a seleção de alternativas para reciclagem



Fonte: John et al., 2003.

3 METODOLOGIA

A etapa da metodologia foi realizada por pesquisa bibliográfica apresentada de forma descritiva utilizando-se consulta a literatura relacionada ao tema já publicadas em fontes confiáveis, constando em artigos, obtidos de fontes diversas através de documentos públicos e textos científicos em bibliotecas tradicionais e digitais, sites de entidades relacionadas ao setor siderúrgico e ceramista, mundial, nacional, regional ou local, além de consultas a centros virtuais de referência para a construção civil e experimentos já realizados por outras empresas e pesquisadores de renome acadêmico.

Procedimentalmente a pesquisa foi iniciada pela pesquisa nas fontes mencionadas a partir de palavras-chaves referentes ao tema em análise. Em seguida, procedeu-se com o tratamento da informação baseada nos textos encontrados para fornecer ao leitor informações gerais sobre o estado da arte referente ao tratamento de resíduos em indústrias siderúrgicas. Por fim, procedeu-se com a descrição das análises encontradas sobre a utilização do pó de ciclone relacionando o referido material com a realidade específica do nordeste brasileiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No tratamento da informação foi falado a respeito do pó de ciclone de modo geral, da sua utilização na indústria, enfatizando na discussão e resultados saber se tudo o que foi feito em outros locais do Brasil podem ser aplicados no Nordeste, a começa a entender do ponto de vista dos parâmetro encontrados na caracterização no Sudeste são os mesmo encontrados aqui.

Na análise, percebe-se que é possível a utilização do resíduo do processo siderúrgico pó de ciclone como elemento incorporado à argila cerâmica na produção de artefatos cerâmicos.

Ao examinar os percentuais de incorporação, podemos identificar que suas adições conforme aplicação estão dentro dos estudos já mencionados, seguindo procedimentos e normas na literatura clássica objetivando de forma clara o seu propósito.

Ao avaliar as propriedades físicas e mecânicas com valores permitidos para estes parâmetros, é possível observar que o comportamento atende suas finalidades, sem prejudicar sua resistência e uso final.

Averiguado que as formas qualitativas e quantitativas dos elementos identificados em laudo de caracterização dos componentes constituintes, estão dentro dos parâmetros normatizados para sua aplicabilidade. A finalidade com que o processo é demonstrado resulta de uma variedades de casos já relatados com aplicação comprovada por vários idealizadores juntamente com empresas que são acompanhadas por associações, fundações, instituições e federações que replicam a utilização de forma a atende todas as expectativas.

Também podemos examinar que vários pesquisadores já aplicaram de forma prática e com resultados significativos, que a utilização é perfeitamente viável, sendo possível sua replicação também na cerâmica da região nordeste.

Ao término, nas conclusões, são feitas considerações a respeito da descrição acerca dos coproduto (pó de ciclones) e sua aplicabilidade para o setor cerâmico juntamente com algumas estratégias sugeridas, no intuito de contribuir para o crescimento do reaproveitamento deste resíduo enriquecendo o leque de medidas a serem implementadas para promover o tão almejado crescimento com sustentabilidade e com economia.

Coletar pó de ciclone do Alto Forno para caracterização dos elementos constituintes. Conforme literatura os materiais empregados: massa argilosa e resíduo sólido de siderurgia na forma de um pó fino e de cor escura, seu idealizador (G. E. Oliveira, 2002).

Determinar características físicas, químicas, mineralógicas e morfológica do resíduo siderúrgico, com interesse para indústria cerâmica.

As composições químicas da massa argilosa e do resíduo sólido de siderúrgico utilizados são mostradas em Tabelas I e II abaixo, conforme seu idealizador (G. E. Oliveira, 2002).

Tabela 2-Metodologia aplicada

Tabela I - Composição química da argila utilizada. [Table I - Chemical composition of the clay.]		Tabela II - Composição química do resíduo de siderurgia. [Table II - Chemical composition of the siderurgy solid waste.]	
Composição	(% em massa)	Composição	% em massa
SiO ₂	43,11	SiO ₂	12,41
Al ₂ O ₃	29,70	Al ₂ O ₃	5,48
Fe ₂ O ₃	9,38	Fe ₂ O ₃	57,94
TiO ₂	1,47	TiO ₂	0,21
K ₂ O	1,45	MnO	0,62
Na ₂ O	0,53	ZnO	0,24
MgO	1,13	K ₂ O	0,63
CaO	0,24	CaO	5,82
P ₂ O ₅	0,21	SO ₃	2,23
Mn ₂ O ₃	0,06	PF	14,42
PF	12,72		

Fonte: G. E. Oliveira

Identificar a quantidade adequada de resíduo a ser incorporado em função da plasticidade e das propriedades da massa cerâmica utilizada.

Determinar as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas em função da quantidade de resíduo incorporado: 0, 5, 10 e 20% em massa, conforme já descritos em literatura existente a aplicado na prática.

Avaliar propriedades com: plasticidade, retração linear, absorção de água e tensão de ruptura a flexão.

Correlacionar as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas queimadas com a microestrutura.

Verificar a inertização de elementos potencialmente tóxicos e perigosos na cerâmica queimada por meio de ensaio de solubilização.

Verificar a redução de custo devido a redução do gasto energético.

Conforme literatura e aplicabilidade prática 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.

A indústria de cerâmica 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 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.

A incorporação de pó de balão ou lama de alto-forno na massa cerâmica pode reduzir o consumo de biomassa na ordem de 30% e o tempo de queima dos produtos cerâmicos, resultando em menor gasto energético na produção (FEAM, 2012).

Apesar do pó de balão e lama de alto-forno não serem considerados resíduos perigosos e trazerem benefícios para a cerâmica, são necessários cuidados no seu armazenamento temporário: devem ser armazenados em depósito temporário coberto, com piso concretado e fechado nas laterais.

Figura 9-Depósito adequado para armazenamento de pó de ciclone

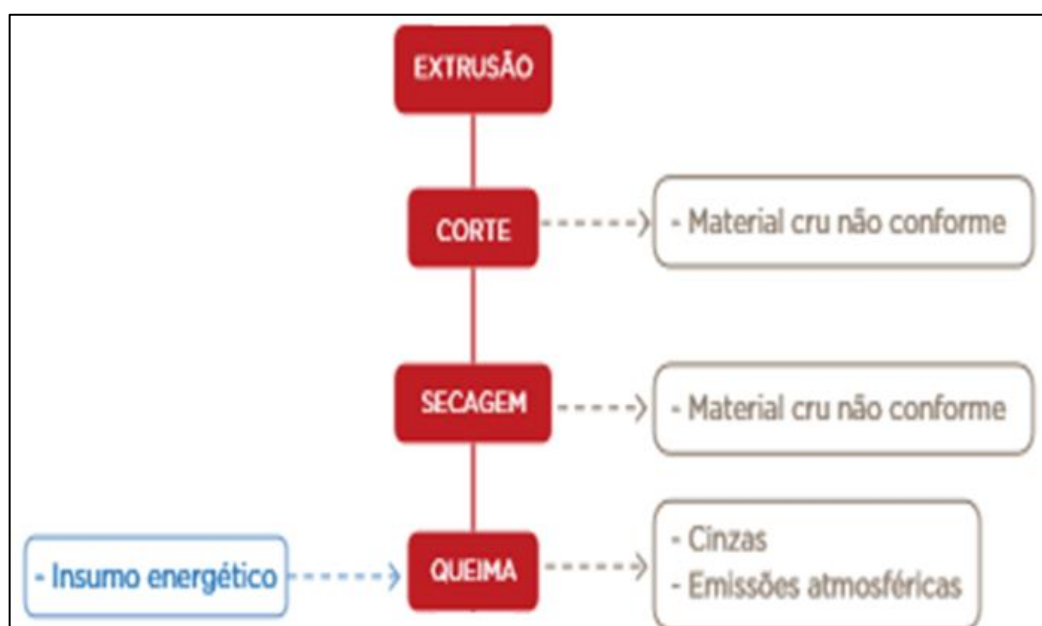


Fonte: FIEMG, 2013.

O reaproveitamento destes insumos é outro ponto positivo da indústria de cerâmica, uma vez que reduz a necessidade de se extrair recursos naturais, reduz custos de transporte e aquisição de combustíveis fósseis e evita-se que eles tenham destinação ambientalmente incorreta.

Incorporação de resíduos à massa cerâmica em uma sinergia, visando uma semiose na cadeia de materiais para alcançar um ganho expressivo de recursos, tempo e econômico.

Figura 10-Fluxograma do processo produtivo da indústria de cerâmica



Fonte: Adaptada da Associação Brasileira de Cerâmica

Apoiando-se à literatura, as caracterizações físicas e químicas realizadas neste trabalho permitiram a obtenção de propriedades relacionadas à estudos anteriores que indicam e demonstram o reaproveitamento do coproduto da indústria siderurgia na indústria cerâmicas.

Em laudo de caracterização de resíduo LOG nº 6903/2018 foi feito uma avaliação na amostra de Pó de Ciclone do ALTO FORNO, coletado na Empresa A. Esta avaliação foi realizada com base nas análises das amostras de ensaio de lixiviação e solubilização, conforme estabelece a Norma Brasileira NBR 10006 de 2004.

Segundo o laudo o resíduo pó de ciclone do alto-forno não é corrosivo, conforme evidencia o teste. Resíduo Classe II A - Resíduo Não Inerte (EUROFINS, 2018).

Tabela 3-Resultado do lixiviado para inorgânicos

Ensaio de Lixiviação segundo ABNT NBR 10005:2004					
LOGIN:		PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018			
pH do extrato lixiviado obtido:	Tempo total de lixiviado:	Volume dos extratos obtidos:			
7,77	18 horas	2000 mL			
PARÂMETROS INORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Arsênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	1,0	498
Bário Total	mg/L	0,361	0,010	70,0	498
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	0,004	0,5	498
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	0,009	1,0	498
Cromo Total	mg/L	< 0,010	0,010	5,0	498
Fluoreto Total	mg/L	6,21	0,150	150	576
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	0,0002	0,1	495
Prata Total	mg/L	< 0,005	0,005	5	498
Selênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	1,0	498

Tabela 4-Resultado do solubilizado para inorgânicos

Ensaio de Solubilização segundo ABNT NBR 10006:2004					
LOGIN:		PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018			
pH do extrato Solubilizado obtido: 11,4					
PARÂMETROS INORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Alumínio Total	mg/L	0,779	0,030	0,2	498
Arsênio Total	mg/L	0,061	0,010	0,01	498
Bário Total	mg/L	0,085	0,010	0,7	498
Cádmio Total	mg/L	< 0,004	0,004	0,005	498
Chumbo Total	mg/L	< 0,009	0,009	0,01	498
Cianeto	mg/L	5,60	0,2400	0,07	571
Cloreto Total	mg/L	292,1	0,300	250	499
Cobre Total	mg/L	< 0,009	0,009	2,0	498
Cromo Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,05	498
Ferro Total	mg/L	30,3	0,030	0,3	498
Fluoreto Total	mg/L	2,36	0,300	1,5	499
Fenóis Totais	mg/L	< 0,009	0,009	0,01	626
Manganês Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,1	498
Mercúrio Total	mg/L	< 0,0002	0,0002	0,001	495
Nitrato (como N)	mg/L	0,223	0,150	10,0	499
Prata Total	mg/L	< 0,005	0,005	0,05	498
Selênio Total	mg/L	< 0,010	0,010	0,01	498
Sódio Total	mg/L	94,9	3,00	200	498
Sulfato Total	mg/L	52,9	0,300	250	499
Surfactantes	mg/L	2,89	0,030	0,5	556
Zinco Total	mg/L	0,377	0,070	5,0	498

Já na Tabela 3 os parâmetros exigidos por norma, Ba, Cd, Cr e Pb no lixiviado apresentaram quantidades bem abaixo dos valores limites. No solubilizado o Al apresentou-se em quantidade normais aceitável por norma, o Al presente na argila é um dos seus constituintes naturais e, desta forma o teor acima do limite estipulado por norma é questionável do ponto de vista de problemas ambientais (Maciel et al., 2006).

Tabela 5-Resultado do lixiviado para outros orgânicos

Ensaio de Lixiviação segundo ABNT NBR 10005:2004					
LOGIN:		PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018			
pH do extrato lixiviado obtido:		Tempo total de lixiviado:		Volume dos extratos obtidos:	
7,77		18 horas		2000 mL	
PARÂMETROS ORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
1,1-Dicloroetano	mg/L	< 0,0030	0,0030	3,0	670
1,2-Dicloroetano	mg/L	< 0,0030	0,0030	1,0	670
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	< 0,0015	0,0015	7,5	483
2,4,5-T	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,2	483
2,4,5-TP	mg/L	< 0,0015	0,0015	1,0	483
2,4,5-Triclorofenol	mg/L	< 0,0015	0,0015	400	483
2,4,6-Triclorofenol	mg/L	< 0,0015	0,0015	20,0	483
2,4-D	mg/L	< 0,0015	0,0015	3,0	483
2,4-Dinitrotolueno	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,13	483
Aldrin + Dieldrin	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,003	485
Benzeno	mg/L	< 0,0030	0,0030	0,5	670
Benzo(a)pireno	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,07	483
Clordano (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,02	485
Cloreto de Vinila	mg/L	< 0,0030	0,0015	0,5	670
Clorobenzeno	mg/L	< 0,0030	0,0030	100	670
PARAMETROS ORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Clorofórmio	mg/L	< 0,0030	0,0030	6,0	670
DDT (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,2	485
Endrin	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,06	485
Heptacloro e Heptacloro Epóxido	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,003	485
Hexaclorobenzeno	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,1	483
Hexaclorobutadieno	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,5	483
Hexacloroetano	mg/L	< 0,0015	0,0015	3,0	483
Lindano (g-BHC)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,2	485
m,p-Cresol	mg/L	< 0,0015	0,0015	200	483
o-Cresol	mg/L	< 0,0015	0,0015	200	483
Metiletilcetona	mg/L	< 0,0090	0,0090	200	670
Metoxicloro	mg/L	< 0,000030	0,000030	2,0	485
Nitrobenzeno	mg/L	< 0,0015	0,0015	2,0	483
Pentaclorofenol	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,9	483
Piridina	mg/L	< 0,0015	0,0015	5,0	483
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	< 0,0015	0,0015	0,2	670
Tetracloroetano	mg/L	< 0,0030	0,0030	4,0	670
Toxafeno	mg/L	< 0,000375	0,000375	0,5	485
Tricloroetano	mg/L	< 0,0030	0,0030	7,0	670
Observações:					
LQ: Limite de Quantificação		VMP: Valor Máximo Permitido segundo ABNT 10004:2004, anexo F			

Tabela 6-Resultado do solubilizado para outros orgânicos

Ensaio de Solubilização segundo ABNT NBR 10006:2004					
LOGIN:			PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018		
pH do extrato Solubilizado obtido: 11,4					
PARÂMETROS ORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
2,4,5-T	mg/L	< 0,0009	0,0009	0,002	483
2,4,5-TP	mg/L	< 0,0009	0,0009	0,03	483
2,4-D	mg/L	< 0,0009	0,0009	0,03	483
Aldrin + Dieldrin	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,00003	485
Clordano (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,0002	485
DDT (Isômeros)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,002	485
Endrin	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,0006	485
Heptacloro e Heptacloro	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,00003	485
PARÂMETROS ORGÂNICOS					
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Epóxido					
Hexaclorobenzeno	mg/L	< 0,0009	0,0009	0,001	483
Lindano (g-BHC)	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,002	485
Metoxicloro	mg/L	< 0,000030	0,000030	0,02	485
Toxafeno	mg/L	< 0,000375	0,000375	0,005	485
Observações:					
L.Q: Limite de Quantificação		VMP: Valor Máximo Permitido segundo ABNT 10004:2004, Anexo G			

Tabela 7-Characterização Pó Ciclone do Alto Forno

Massa Bruta segundo ABNT NBR 10004:2004					
PROJETO: CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS					
LOGIN:			PONTO: PÓ DE CICLONE (ALTO FORNO) - 28/03/2018		
MATRIZ: RESÍDUO SÓLIDO		DATA: 28/03/2018	HORA: 14:50		
PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADOS	LQ	VMP	Ref
Teor de Sólidos	%	95,6	0,03	-	681
Umidade	%	4,35	---	-	681
pH	-	12,0	-	>2,0;<12,5	504
Inflamabilidade	°C	Não Inflamável	---	60	829
Sulfeto (como H ₂ S)	mg/kg	439,3	6,695	500	837
Cianeto (como HCN)	mg/kg	0,461	0,065	250	571
Observações:					
L.Q: Limite de Quantificação		VMP: Valor Máximo Permitido segundo ABNT 10004:2004			

Tabela 8-Informações Adicionais.

Alessandra Shimizu	CRQ 4ª Região nº 04245592
<p>Informações Adicionais</p> <ul style="list-style-type: none">• Procedimento e plano de amostragem foram definidos pelo cliente de acordo com o Projeto: - CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS• Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado, sendo que a amostragem não é de responsabilidade deste laboratório.• O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.• Este relatório atende aos requisitos de acreditação da CGCRE que avaliou a competência do laboratório.• As referências internas foram baseadas e validadas a partir das referências externas.	

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo demonstrar as potencialidades da utilização de resíduos industriais siderúrgicos como recurso alternativo na produção de artefatos cerâmicos, como blocos cerâmicos e tijolos estruturais na região nordeste.

Baseado nos resultados da análise, conclui-se que o material reaproveitado do processo siderúrgico em outras regiões do país, também poderia ser aplicado na região nordeste, contribuindo para a redução de passivo ambiental, redução da utilização de matéria prima, minimizando a exaustão do recurso natural, buscando a geração de receita e desenvolvimento de novos mercados através da implantação, do desenvolvimento e da conscientização de técnicas associadas às tecnologias vigentes para o reaproveitamento ecologicamente correto, provocando uma redução do desperdício, da geração de resíduos, da ocupação de espaço.

Ainda, foi possível constatar que a existência de um empreendimento siderúrgico na região nordeste com grande movimentação e conseqüentemente acúmulo de resíduos como o pó de ciclone torna urgente a tarefa de repensar possibilidade adequadas e sustentáveis de descarte, especialmente através do reaproveitamento do resíduo “pó de ciclone” de seu processo em favor de outra empresa em uma relação de simiose.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para resíduos sólidos** - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10005. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10006. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT NBR 10007. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ACCIOLLY, A. M. A. et al. **Pó de forno elétrico de siderurgia como fonte de micronutrientes e de contaminantes para plantas de milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 2000.
- AMORIM, A. S. **Alternativas de reciclagem de lama de aciaria em concretos e argamassas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 129p. 2000.
- ANDRADE, I. C. M.; MAGALHÃES, S. R. **Aproveitamento do pó de balão para fabricação de tijolos e cerâmicas vermelhas na construção civil**. Revista de ensino, pesquisa e extensão, 2018.
- BEL, D. B. **Resíduos Industriais: soluções e perspectivas para o futuro**. ABEBRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. São Paulo: VIII Semana Fiesp do Meio Ambiente, junho 2006.
- 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.
- BROWN, G et al. THE OPEN UNIVERSITY. **Os recursos físicos da terra-Materiais de construção e outras matérias brutas**. Tradução Luiz Augusto Milani Martins. Campinas. SP. Editora UNICAMP, 1995.
- CASTELO BRANCO, V. T. F.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B. **O efeito da heterogeneidade do agregado de escória de aciaria nas propriedades de misturas asfálticas**. In: XVIII ANPET, 2004, Florianópolis. XVIII Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2004. v. 1. p. 103-114.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Siderurgia no Brasil 2010-2025**. Série Documentos Técnicos, n. 9, 2010.
- CHIAVENATO, I. **Introdução a Teoria Geral da Administração**. 9ª ed. São Paulo. Ed. Manole, 2014.

DAS et al. **An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 1, p. 40-57, 2007.

EMPRESA A. **Memorial Descritivo**. Ceará, 2016.

EMPRESA A. **Relatório de Avaliação de Requisitos Legais**. Ceará, 2019.

EMPRESA A. **Relatório de Desempenho Ambiental**. Ceará, 2019.

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, 2012.

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG, **GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA**, Belo Horizonte, 2013.
FERREIRA, T. S. et. al. Reaproveitamento do pó de balão da indústria siderúrgica como matéria prima na cerâmica vermelha. 10º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, PB, 2019.

GOMES, C.O.; MONTEIRO, S.N.; SILVA, A.C.R.; CÂNDIDO, V.S. **Caracterização de pó de balão para aplicação em massa cerâmica para fabricação de blocos de vedação**. 72º Congresso Anual da ABM, 2017.

GOMES, C.O.; MONTEIRO, S.N.; SILVA, A.C.R.; CÂNDIDO, V.S. **Estudo da influência do pó de balão em massas de cerâmica vermelha**. 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2018.

Instituto Aço Brasil. **A Siderurgia em Números 2019**. Rio de Janeiro: Edurj, 2019.
INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**. 6ª edição. 2011.

JOHN, V.M. **Cimentos de escória Ativa com Silicato de Sódio**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1995.
JUNIOR, A. M. B. et al. Estudo para análise de ciclo de vida de produtos cerâmicos. *Revista Jovens Pesquisadores*, v. 3, n. 2, 2013.

LAJTONYI A.; CORUS, D. **Blast furnace gas cleaning system design**. *Revista MILLENNIUM STEEL*, 2011.

MACHADO, M. L. P.; SOBRINHO, V. P. F. M.; ARRIVABENE, L. F. **Siderurgia para Não Siderurgistas**. Vitória – ES, 2003.

MOURÃO, M. B.; et al. **Introdução à Siderurgia**. ABM. São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, G. E. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT-LAMAV, Campos dos Goytacazes, RJ (2002).

OLIVEIRA, G. E.; HOLANDA J. N. **Reaproveitamento de resíduo sólido proveniente do setor siderúrgico em cerâmica vermelha**. LAMAV-CCT, Universidade Estadual do Norte Fluminense Campos dos Goytacazes, RJ, 28013–60, 2004.

OLIVEIRA, M. R. C.; MARTINS, 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. v. 26, n. 1, pp. 5-9, 2003.

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.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F.M. **Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana de açúcar em vaso**. Scientia Agricola, v.57, 2000.

REIS, J.P. et al. **Incorporação de escória de alto-forno e vidro reciclado em cerâmica vermelha**. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007.

RIBEIRO, M. M. **Material particulado da planta de sinterização de usina siderúrgica integrada em composição de massa de cerâmica vermelha**. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, 2010.

RIZZO, E. M. S. **Introdução aos Processos Siderúrgicos**. 1ª edição. São Paulo: Associação de Metalurgia e Materiais, 2005.

VIEIRA, C. M. F. et al. **Alterações microestruturais de cerâmica argilosa incorporada com resíduo de minério de ferro**. In: Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 62, 2007, Vitória/ES. Anais: Congresso Anual da ABM, 2007, p.493-500.

VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. **Influência da Temperatura de Queima na Microestrutura de Argilas**, RJ. Cerâmica. v. 49, p.6-10, 2003.

World Steel Association, **STEEL INDUSTRY CO-PRODUCTS**, Design, 2018.

<http://cbecimat.com.br/anais/PDF/lg41-005.pdf> 16:13 06-09-2019.

<http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-materiais/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/Tese-Monica-M-Ribeiro-PDF.pdf> 14:59 06/09/2019.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100002 15:24 06-09-2019.

<https://abmproceedings.com.br/en/article/caracterizacao-de-po-de-balao-para-aplicacao-em-massa-ceramica-para-fabricacao-de-blocos-de-vedacao> 16:02 06-09-2019.

<http://www.grupoalterosa.ind.br/index.php?conteudo=conteudo&id=220:51> acessado em 27-04-2020

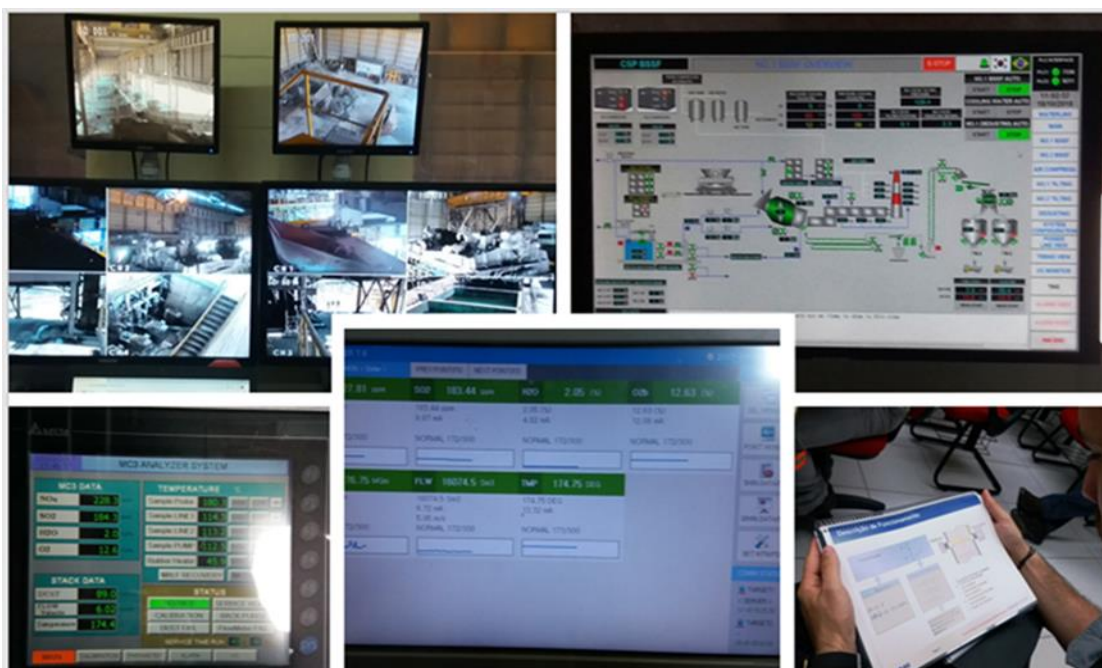
ANEXO

Figura 11-Vista da área de estocagem e beneficiamento interno.



Fonte: Próprio Autor

Figura 12- Monitoramento da geração de resíduos do processo produtivo.



Fonte: Próprio Autor

Figura 13-Vista do estoque de argila para produção de artefatos



Fonte 1: Próprio Autor