



## Utilização Da Escória De Aciaria LD Em Artefatos De Cimento

GABRIEL ALBERTO RODRIGUES<sup>1</sup>, 0009-0008-6651-7156  
BRUNO LIMA DOS SANTOS<sup>1</sup>, 0009-0002-1808-2369  
ANDRÉ LUCAS RODRIGUES<sup>1</sup>, 0009-0007-7073-1633  
HAYSSA OLIVEIRA PAULINO<sup>1</sup>, 0009-0002-9296-4677  
JOÃO GABRIEL DOS SANTOS DIAS MOURA MATOS<sup>1</sup>, 0009-0000-2270-6010  
MYKAELLA RAMOS DANIEL DA SILVA<sup>1</sup>, 0009-0000-1212-3348  
ÍTALO PINTO RODRIGUES<sup>1,2</sup>; 0000-0002-6832-8358  
ANA CLAUDIA DE ALMEIDA CARDINOT<sup>1</sup>; 0000-0001-8020-0966

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

2 – INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, SP

[gabriel.alberto@unifoa.edu.br](mailto:gabriel.alberto@unifoa.edu.br) (contato principal)

**Resumo:** A produção de aço em Volta Redonda (RJ) pela empresa CSN gera um problema significativo com a produção de escória, que requer armazenamento. O método atual de armazenamento causa impactos negativos no meio ambiente e na comunidade local. Este estudo examina a possibilidade de utilizar a escória na produção de artefatos de concreto como uma solução para reduzir o volume armazenado no depósito do bairro Brasilândia. Para alcançar esse objetivo, uma metodologia detalhada foi desenvolvida, incluindo análises laboratoriais da escória e testes de resistência dos artefatos de concreto produzidos. Os resultados obtidos demonstram que a utilização da escória na produção de artefatos de concreto não apenas reduz a quantidade de material armazenado, mas também apresenta benefícios em termos de resistência e durabilidade dos produtos finais. A conclusão deste estudo indica que a incorporação da escória na produção de artefatos de concreto é uma estratégia viável e eficaz para mitigar os impactos ambientais associados ao armazenamento da escória em Volta Redonda, oferecendo uma alternativa sustentável e econômica para o tratamento desse resíduo industrial.

**Palavras-chave:** Escória. Produção de aço. Armazenamento. Artefatos de concreto. Meio ambiente.

## INTRODUÇÃO

Desde a década de 70, vêm sendo realizadas pesquisas sobre a utilização da escória LD em diversos países, como Inglaterra, Alemanha, Japão e Estados Unidos. Normas relacionadas à utilização da escória siderúrgica já foram estabelecidas nesses países. De acordo com Motz e Geiseler (2001), países como Japão, Canadá, Austrália e alguns países europeus demonstram um grande reaproveitamento da escória em obras de engenharia. Entretanto, segundo o IAB (2009), os indicadores de reutilização no Brasil são relativamente baixos em obras de engenharia.



A produção de aço é um setor importante para a economia brasileira, conforme indicam estudos realizados ao longo do período para a confecção deste projeto. No entanto, esse setor também apresenta impactos ambientais significativos. Entre os efeitos indesejáveis da produção de aço pela empresa CSN em Volta Redonda (RJ), destaca-se a geração de grandes quantidades de escória. A escória é um resíduo que requer armazenamento adequado, como destacou a professora de Responsabilidade Ecológica e Ambiental, Samantha Grisol, ao longo do período. Infelizmente, nem sempre esse armazenamento é realizado de forma satisfatória, resultando em problemas ambientais e sociais, especialmente no bairro Brasilândia, como foi confirmado por reportagens de jornais.

O objetivo deste trabalho acadêmico é apresentar soluções para a problemática da escória na região, considerando a possibilidade de utilização desse material na Engenharia Civil, além de propor estratégias de gestão para o armazenamento e descarte adequado desse resíduo. Este trabalho também inclui análise de stakeholders e os cenários AS IS e TO BE.

## **PRODUÇÃO DE AÇO E A GERAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA**

A produção de aço é um processo industrial complexo que envolve diferentes estágios, conforme ilustrado na Figura 1, começando pela preparação da matéria-prima e culminando na produção do aço propriamente dito. Como definido por Pereira (1994), "o aço é uma liga metálica composta principalmente por ferro e carbono, com pequenas quantidades de outros elementos adicionados para conferir propriedades específicas".

No processo de aciaria, o ferro gusa é transformado em aço por meio de um processo chamado oxidação controlada. No entanto, como observado por Fernandes (2005), "a geração de escória de aciaria representa um problema ambiental, uma vez que a escória pode conter substâncias tóxicas e contaminantes, como metais pesados".

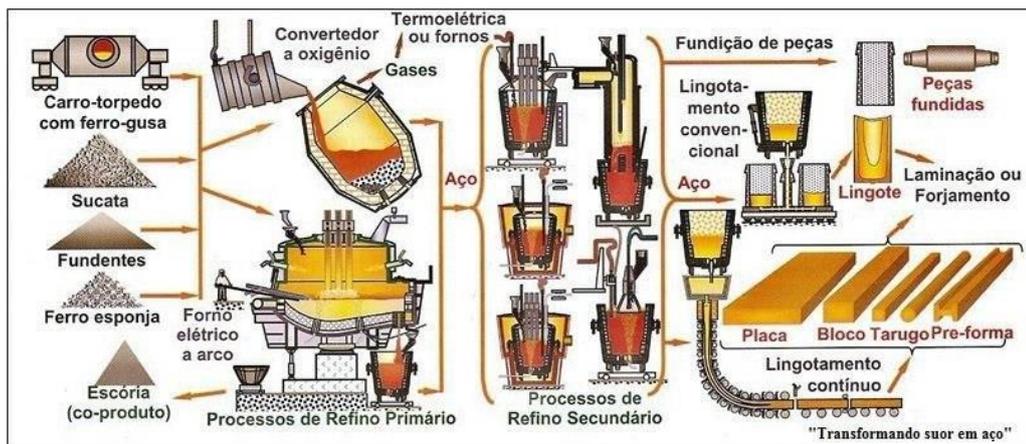
A escória é um subproduto proveniente da produção de aço, consistindo em óxidos metálicos e não metálicos. Conforme apontado por Piret (1978), "a escória é removida





da aciaria por meio de um sistema de resfriamento e separação, podendo ser reaproveitada como material de construção, na fabricação de cimento, na produção de agregados para pavimentação, entre outras aplicações".

Figura 1 - Representação esquemática da produção do aço



Fonte: BUITRAGO,2016.

## PROCESSO DE ACIARIA LD

O processo de refino do aço, que transforma o ferro gusa em aço líquido, ocorre na aciaria LD (Linz-Donawitz). Devido à sua eficiência elevada e custo relativamente baixo quando comparado a outros métodos, esse processo é o mais utilizado.

Conforme descrito por Gerdau (2012), o processo de aciaria LD envolve a adição de oxigênio ao ferro gusa em um conversor LD. O oxigênio reage com o carbono presente, formando dióxido de carbono e aumentando a temperatura do banho. Existem outras reações importantes, como a do silício e a do manganês presentes no ferro gusa, que formam sílica e óxido de manganês. Essas reações aumentam o teor de pureza do aço, removendo, por exemplo, enxofre e fósforo.

Moore e Marshall (1991) relatam que, neste processo, não é necessário introduzir uma fonte de calor externa, pois a energia necessária é obtida por meio da oxidação de diversos elementos, incluindo o carbono e o silício.

## ESCÓRIA DE ACIARIA LD

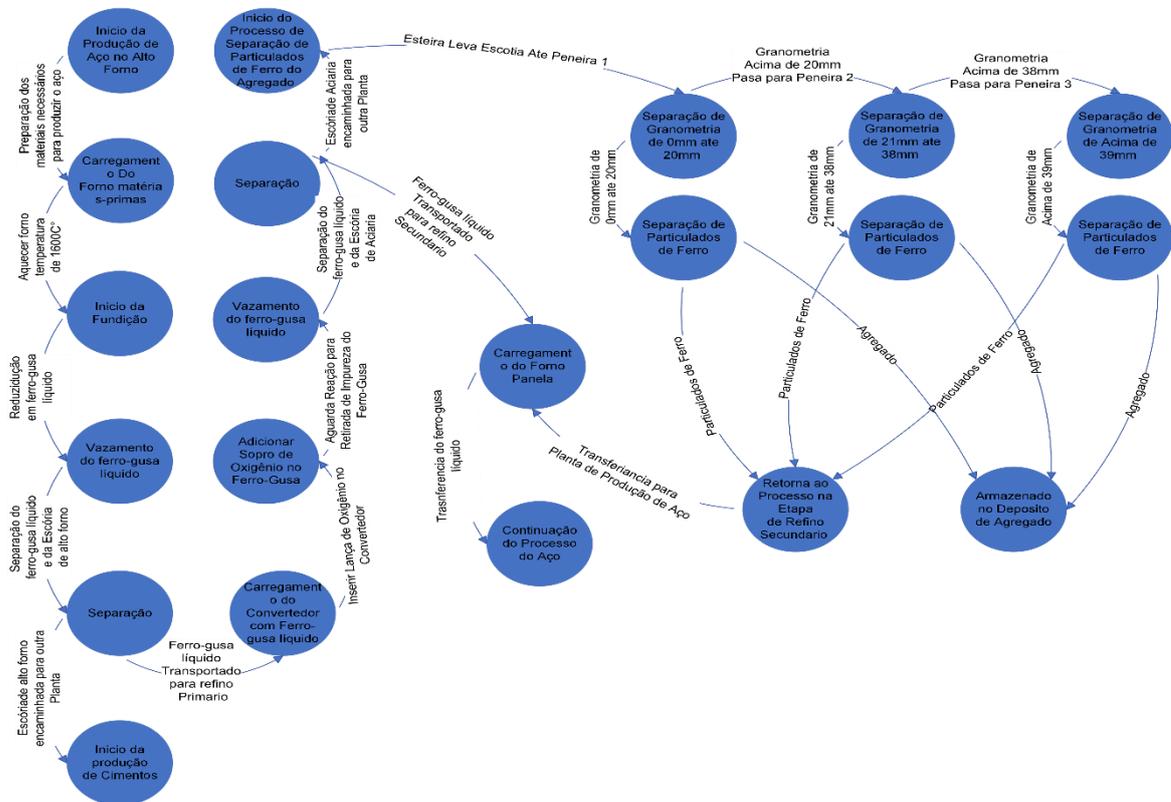


A escória de aciaria é um produto resultante do processo de aciaria. Após ser transportada ainda em estado líquido, ela é despejada em pátios para resfriamento, seja de forma lenta ao ar ou por meio de jatos de água, transformando-a em cristais.

Após o resfriamento, ocorre uma etapa crucial, na qual a escória é levada para uma planta de beneficiamento por meio de uma esteira, passando então por uma peneira vibratória para que o material seja separado de acordo com sua granularidade. Posteriormente, é realizada a separação magnética, conforme descrito por Gerdau (2012).

Esse processo permite a classificação em três diferentes tamanhos: de 0 a 19 mm, de 19 a 32 mm e superior a 32 mm. A porção separada pelo eletroímã é reutilizada no próprio processo, como ilustrado na Figura 2. De acordo com Piret (1978), o percentual recuperado nas siderúrgicas europeias é de 15%, número bastante próximo à realidade brasileira.

Figura 2 - Cenário AS IS



Fonte: OS AUTORES, 2023.



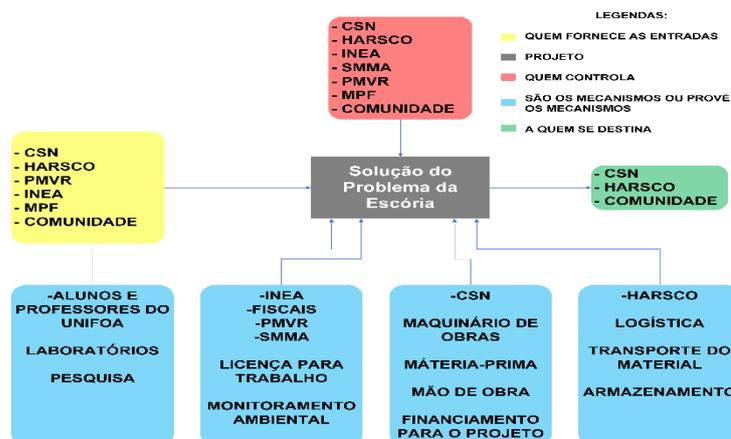


O material não metálico separado e armazenado em pilhas, de acordo com seu tamanho, é conhecido como agregado siderúrgico. Esse material aguarda o tempo de cura antes de ser destinado para uso em malhas ferroviárias, pavimentação ou como corretivo agrícola.

## LEVANTAMENTO DE STAKEHOLDERS

Para a realização desse projeto, é essencial compreender quem fornece as entradas, quem controla, quem provê os mecanismos e a quem se destina. Para isso, foi necessário realizar um levantamento dos stakeholders, utilizando a ferramenta IDF0, conforme apresentado na Figura 3, que destaca os principais stakeholders a serem considerados para a execução do projeto.

Figura 3 - IDF0 Stakeholders.

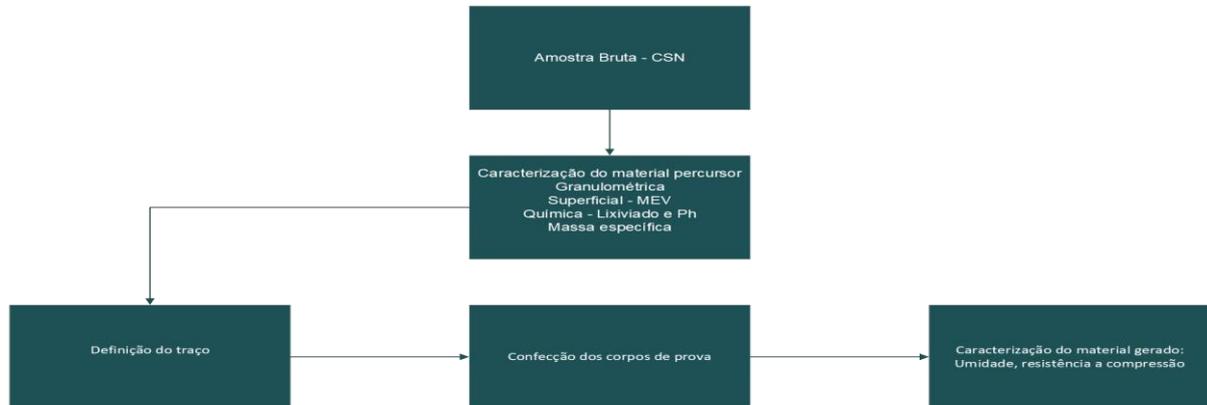


Fonte: OS AUTORES, 2023.

## METODOLOGIA DO EXPERIMENTO

Para a produção do nosso trabalho, foi necessário empregar algumas metodologias, que denominamos de processo. Estas metodologias serviram para orientar e organizar o projeto em etapas, principalmente nas práticas laboratoriais, como exemplificado na Figura 4.

Figura 4 - Metodologia experimental



Fonte: OS AUTORES, 2023.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características químicas, físicas, mecânicas, e outras propriedades condicionam o uso da escória de aciaria LD, especialmente em relação ao seu fator de expansão. No entanto, esse reaproveitamento precisa estar fundamentado em pesquisas e leis para monitoramento e regulamentação. O objetivo é amenizar e supervisionar a expansão da escória, buscando adequá-la e aplicá-la de acordo com suas particularidades e características específicas.

Uma possível solução para a utilização do agregado siderúrgico é sua aplicação em artefatos de cimento, substituindo parte do cimento Portland na mistura de concreto. Além disso, a escória pode melhorar a resistência à compressão e à tração do concreto, bem como sua durabilidade e resistência à corrosão.

Ademais, quando adicionada aos artefatos de concreto, a escória pode aprimorar a resistência à compressão, à flexão e à tração dos blocos de concreto, bem como sua resistência à abrasão e ao desgaste.

A metodologia adotada neste estudo permitiu uma análise abrangente e sistemática do material precursor e do material gerado, proporcionando resultados cruciais para a compreensão de suas propriedades e sua viabilidade para a aplicação proposta.

Além disso, conforme descrito na Tabela 1, a utilização da escória de aciaria LD na produção de artefatos de concreto pode contribuir para os seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).





Tabela 1 – ODS atingidas

ODS	Descrição
ODS 1	Erradicação da pobreza
ODS 9	Indústria, Inovação e Infraestrutura
ODS 11	Cidades e Comunidades Sustentáveis
ODS 13	Ação contra a Mudança Global do Clima

Fonte: OS AUTORES, 2023.

O levantamento de stakeholders é uma atividade crucial na gestão de projetos, envolvendo a identificação de todas as partes interessadas no projeto, incluindo pessoas, grupos, organizações e entidades governamentais que possam afetar ou ser afetadas pelo projeto. Esse levantamento proporciona uma visão abrangente das expectativas, interesses e preocupações das partes envolvidas, o que pode orientar o desenvolvimento e a implementação do projeto de maneira eficaz.

A seguir, serão apresentados os resultados do levantamento de stakeholders, que incluem os moradores da região, órgãos governamentais, CSN e HARSCO. Essa abordagem possibilita a minimização de conflitos e assegura que o projeto atenda às necessidades de todas as partes envolvidas, promovendo a colaboração e o sucesso do empreendimento.

Com isso, seria possível alcançar o cenário "TO BE" descrito na Figura 5, que contempla a adoção de boas práticas e tecnologias para a produção de artefatos de concreto com escória de aciaria.







2º Congresso  
**Tudo é  
Ciência:**  
**(Ser) Humano na  
Sociedade 5.0**



GEISELER, J.; MOTZ, H. The steel slags - characteristics, properties and quality assurance, Iron and Steel Slags - Properties and utilization - Reports, p. 149 – 168, 1998.

GERDAU. Aciaria LD. Disponível em: <<https://www.gerdau.com/pt-br/negocios/siderurgia/aciaria-ld>>. Acesso em: 03 abr. 2023.

INSTITUTO AÇO BRASIL – IAB: Estatísticas. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/index.asp>>. Acesso em: 13 março de 2009.

MACHADO, A. R. Análise do comportamento expansivo de escórias de aciaria básicas e ácidas em contato com solos. 2000. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MACHADO, J. P. B. Utilização de resíduos sólidos siderúrgicos como matéria-prima na produção de argamassas de revestimento. 2000. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MOTZ, H.; GEISELER, J. The steel slags - characteristics, properties and quality assurance, Iron and Steel Slags - Properties and utilization - Reports, p. 149 - 168, 1998.

PEREIRA, E. A. C. Aspectos técnicos de gestão de resíduos nas siderúrgicas integradas a coque. In: 25º SEMINÁRIO DE REDUÇÃO, MATÉRIAS-PRIMAS E RESÍDUOS NA SIDERURGIA. Volta Redonda, RJ. Anais, p. 187-199, 1994.

PIRET, J. Mécanique de la fragmentation des solides. Paris: Eyrolles, 1978.



2º Congresso  
**Tudo é  
Ciência:**  
**(Ser) Humano na  
Sociedade 5.0**

2º Congresso Brasileiro de Ciências e Saberes Multidisciplinares  
Volta Redonda - RJ | 26 a 28 de Outubro

ORGANIZAÇÃO

