

PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ANÁLISE DE CICLO DE VIDA, FERRAMENTAS PARA PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE AÇO AMBIENTALMENTE SUSTENTÁVEIS¹

Carlos Alberto Mendes Moraes²

Ana Cristina Garcia³

Lisiane Kleinkauf Rocha⁴

Rodrigo Gaspar⁵

Feliciane Andrade Brehm⁶

Resumo

Aproximadamente 90-95% das ligas metálicas produzidas no mundo são aço, ao mesmo tempo os efeitos negativos ao meio ambiente proveniente desta produção também são grandes. O presente trabalho tem por objetivo discutir como uma produção mais limpa aliada à ferramenta de análise de ciclo de vida pode contribuir para os processos e produtos em aço se tornarem ambientalmente mais sustentáveis. Como os custos com tecnologias de fim de tubo e disposição em aterros industriais de resíduos têm crescido muito, a prevenção da poluição e a minimização da geração de resíduos se tornam um investimento mais atrativo, contanto que os colaboradores sejam capacitados em produção mais limpa e análise de ciclo de vida para que incorporem estes conhecimentos nos projetos de processos e produtos.

Palavras-chaves: Siderurgia; Produção mais limpa; Análise de ciclo de vida.

CLEANER PRODUCTION AND LIFE CYCLE ANALYSIS, TOOLS FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABLE STEELMAKING PROCESSES

Abstract

About 90 to 95% of metallic alloys produced in whole world are steel, at the same time the negative effects to the environment from this production are high. This work intended to discuss how cleaner production supported by Life Cycle Analysis can contribute to processes and products in steel more environmentally sustainable. As the cost of end-of-pipe technologies and disposal in the industrial landfill has grown fast, the pollution prevention and minimization of waste generation become a more attractive investment. However, all collaborators from the steel plants must be capacitated in cleaner production and ACV to incorporate this knowledge in process and product projects.

Key words: Iron and steelmaking process; Cleaner production; Life cycle analysis.

¹ Artigo apresentado no XXXVIII Seminário Internacional de Aciaria da ABM realizado em Belo Horizonte, MG, de 24 a 28 de maio de 2007.

² Membro da ABM, Prof. Dr. - Engenharia Mecânica - Núcleo de Caracterização de Materiais - Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS. Av. Unisinos, 950 São Leopoldo – RS, Brasil, CEP 93022-000, e-mail: cmoraes@unisinos.br

³ Ms. Pesquisadora NITECGA/EA/UFRGS e NucMat/UNISINOS, e-mail: anagarcia@feevale.br.

⁴ Administradora, pesquisadora Núcleo de Caracterização de, e-mail: lisiane.rocha@terra.com.br.

⁵ Aluno de Graduação – Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS, e-mail: rccgaspar@terra.com.br.

⁶ Profa. Dra. - Engenharia Mecânica - Núcleo de Caracterização de Materiais - Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS, e-mail: felicianeb@unisinos.br.

INTRODUÇÃO

Os intensos avanços tecnológicos e o crescimento da atividade econômica baseada na industrialização e no agronegócio, nos últimos séculos, vêm degradando ecossistemas importantes em todo o planeta.

Sabe-se que as atividades industriais são responsáveis por uma das maiores parcelas de poluição, reconhecendo os impactos ambientais negativos atribuídos principalmente às suas atividades econômicas. Busca-se alterar sua forma de gestão incluindo também o conceito de qualidade do meio ambiente. Este interesse por parte dos setores industriais não se dá apenas devido às questões sociais, mas a adição de conceitos ambientais nas suas atividades torna-se estratégico para a sobrevivência da organização. Além disso, é crescente o número de consumidores que buscam mais informações da atuação ambiental das empresas ao adquirirem produtos e serviços ambientalmente corretos, mesmo que estes custem mais e apresentem algumas características distintas dos produtos tradicionais e que proporcionem assim, um consumo sustentável.

Até as décadas de 1950 e 1960 as questões ambientais nas indústrias eram caracterizadas pela inexistência quase total de responsabilidade com o seu impacto ambiental, pela disposição dos resíduos, emissões de poluentes na água, na atmosfera e nos solos. Nas décadas de 1970 e 1980, conceitos de tratamento de resíduos foram incorporados por diversas indústrias, principalmente para o cumprimento de normas ambientais, surgindo uma abordagem de Fim-de-Tubo. Esta abordagem concentra-se em tratar os resíduos gerados nos processos de uma organização (comumente misturados), antes de ultrapassarem os limites físicos da organização, mas depois de gerados.⁽¹⁾ Nesse sentido, foram instalados centros de tratamento de resíduos que possuem custos de instalação e operação consideráveis, contribuindo de forma limitada para a redução dos impactos ambientais negativos dos resíduos gerados.

A partir da década de 1990, os conceitos de prevenção da poluição vêm crescendo nas indústrias, devido a diversos fatores, configurando assim uma atitude pró-ativa.⁽¹⁾ Neste sentido, surge a abordagem da produção mais limpa, que é uma abordagem mais complexa, pois visa reduzir os impactos ambientais negativos e de custos elevados em toda a empresa, através da análise das causas da geração de resíduos e a alteração dos processos geradores destes. Esta abordagem envolve uma série de etapas para sua implementação, baseado na metodologia desenvolvida pela UNIDO/UNEP e adotada no Brasil pelo CNTL.⁽²⁾

A indústria siderúrgica mundial, ao mesmo tempo em que recicla quase toda sucata de aço gerada, gera uma série de outros resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas durante o processo de fabricação do aço. Este setor é um dos mais visados pelos órgãos ambientais no que concerne a questões ambientais, neste sentido e somados a estar num mercado mundial muito competitivo, tem sido um dos mais avançados em termos de instalação de equipamento para controle de poluição atmosférica, tratamento de efluentes líquidos e gerenciamento adequado de resíduos (na maioria dos casos no Brasil apenas com disposição final em aterros industriais próprios ou não).

PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO, PRODUÇÃO MAIS LIMPA E ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

A partir da década de 90, uma mudança de paradigma passando das tecnologias de fim de tubo, como as abordadas anteriormente, ou seja, para a prevenção da poluição passou a ser imperativo para todo o setor produtivo. Desta forma, conceitos como desenvolvimento sustentável, gestão ambiental, sistema de gestão ambiental, certificação na ISO 14001, produção mais limpa, minimização de resíduos, boas práticas operacionais, redução na fonte, passam a ser utilizados e buscados. Mais recentemente, análise de ciclo de vida, ecoeficiência, ecologia industrial, consumo sustentável, gerenciamento de fluxo de materiais (Material flow management), entre outros devem ser inseridos no cotidiano das empresas em breve.

Quanto a *Prevenção da Poluição Kiperstok*⁽¹⁾ coloca que:

“... tem como principal foco a não geração de poluentes, e está relacionada com o uso de matérias-primas, insumos e resíduos nos processos produtivos. Este conceito está ligado ao de *produção limpa*, que considera o uso de técnicas que possibilitam o menor consumo de recursos naturais (água e energia) e a minimização dos resíduos, dos riscos e dos impactos ambientais negativos em geral.”

Quanto a *Produção Limpa, Kiperstok*⁽¹⁾ coloca que:

“...também está relacionada com valores e comportamentos dos agentes econômicos e sociais. Esta pressupõe a transparência e abertura das informações pelas empresas, num estímulo à prática de *benchmarking*, assim como também a publicação de relatórios que favorecem a elevação de padrões ambientais. Dentre os instrumentos de gestão ambiental, os programas de Prevenção da Poluição / Produção Limpa, baseados no princípio de “antecipar e prevenir” possíveis fontes geradoras de problemas ambientais, apresentam resultados muito interessantes para as empresas com benefícios tecnológicos, financeiros, ambientais e outros, como a melhoria da imagem, contribuindo para o aumento de competitividade destas no mercado globalizado.”

Tanto o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) localizado junto ao SENAI-RS, e a CETESB (órgão ambiental do Estado de São Paulo) dispõem de manual de implementação de programa de produção mais limpa e prevenção de poluição, respectivamente, em seus sites. Cabe salientar que estes manuais devem ser considerados como manuais genéricos, no sentido de que a sua aplicação depende muito da situação organizacional e de gestão ambiental de cada empresa interessada. Pode-se ainda complementar que cada empresa vai criar o seu manual em função de suas características particulares.

Porter e Vvan der Linde,⁽³⁾ que apesar das definições acima, eles colocam já em 1995 que **“mudar de controle da poluição para a sua prevenção é um bom começo, mas as empresas devem ir além.”**

De acordo com Hinz et al.,⁽⁴⁾ A ACV surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise e os impactos ambientais entre as atividades de uma empresa, incluindo seus produtos e processos. A partir dessa metodologia pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados.

A ferramenta Análise de Ciclo de Vida, já inserida como ação voluntária na ISO 14000, consegue no final de suas etapas mapear toda a problemática referente ao produto/processo em todo o seu ciclo de vida, desde a obtenção da matéria-prima até o descarte final. É exatamente neste ponto, na identificação aprofundada da problemática, que a ACV se vale como uma nova e eficaz ferramenta gerencial. A análise feita “berço ao túmulo” aponta qual o foco da mudança que vai propiciar ganhos ambientais e financeiros para as empresas. A ACV, justamente, avalia o foco das ações de melhoria em todo o processo. Estudos mais recentes já identificam ACV como uma análise do “berço ao berço”, significando a necessidade de se controlar um processo desde a extração de recursos naturais até a volta do produto após uso pelo consumidor como resíduo sendo transformado em matéria-prima novamente.

Uma das principais dificuldades de realizar a ACV em uma empresa é a falta de dados mensurados ou mensuráveis para a realização do inventário. O ideal, para o perfeito andamento deste trabalho, é que a empresa já tenha algum tipo de projeto ambiental em andamento, como SGAs, Programa de Produção Mais Limpa, ou um gerenciamento de seus resíduos. A empresa precisa ter o controle de tudo que entra, de como processa e de tudo que sai, seja como produto final, seja como resíduo.

Para resíduos, a ACV além de analisar as diversas possibilidades de reaproveitamento dentro do próprio processo, propõe soluções e aponta possíveis ganhos econômicos com o reuso dos materiais, reciclagem interna e externa, ou nas formas mais adequadas de descarte.

Graedel e Allenby⁽⁵⁾ realizaram um interessante trabalho ao agregar e analisar, comparativamente, informações referentes ao impacto ambiental do automóvel dos anos 50 e do automóvel dos anos 90. Os autores desenvolvem uma análise de ciclo de vida para os veículos, ou seja, utilizam um instrumento que avalia um produto “do berço ao túmulo”, desde a matéria-prima para sua fabricação até o descarte final. Eles avaliam seu impacto ambiental do “berço ao túmulo” desde a geração dos insumos para a sua fabricação até o descarte final do produto obsoleto, passando pelo seu uso. O estudo inclui não apenas o produto em si, mas toda a infra-estrutura a ele relacionada.

A Ecoeficiência é um conceito relativamente novo e vem sendo inserido aos poucos nas discussões sobre meio ambiente e qualidade como um todo. Na União Européia, o conceito apareceu pela primeira vez, em um texto oficial, no ano de 1997. O conceito de ecoeficiência aborda não só a eficiência nas questões ambientais e econômicas, mas também nas questões sociais.

Hlnz et al.,⁽⁴⁾ em seu trabalho conclui que:

“a visão tradicional e linear de preservação ambiental, baseada apenas no controle da poluição através de tecnologias “fim de tubo” utilizadas para o tratamento, minimização e inertização de resíduos, atuando de forma a remediar os efeitos da produção, onde os resíduos gerados são posteriormente tratados não garante a ecoeficiência e a sustentabilidade ambiental, sendo esta, uma tratativa ecologicamente ineficiente. Enquanto que a PmaisL e ACV, englobam a gestão do sistema de produção, preocupadas com o meio-ambiente e vieram para auxiliar as organizações a se manterem ambientalmente sustentáveis.”

Análise de ciclo de vida tende a ser uma ferramenta poderosa para se alcançar produção mais limpa para ambos processos e produtos. É também uma ferramenta prática que pode ser utilizada em parcerias entre fabricantes e usuários de produtos,

garantindo que as matérias-primas utilizadas em construção e fabricação possam ser utilizadas por construtores, arquitetos, projetistas para alcançar projetos eficientes e sustentáveis.

DESENVOLVIMENTO DA ANÁLISE DE FLUXO DE MATERIAL - MFA

As primeiras análises de fluxo material e seu conceito foram introduzidos por Ayres⁽⁶⁾ e as primeiras contas de materiais foram apresentadas no começo dos anos noventa para a Áustria⁽⁷⁾ e também no Japão pela Agência do Ambiente em 1992. Desde então MFA está na vanguarda do interesse científico e de grandes esforços para harmonizar as diferentes aproximações metodológicas desenvolvidas por grupos de pesquisa ao redor do mundo.

De modo geral, os princípios apontam, tanto na perspectiva tecnológica como na perspectiva dos recursos naturais e do meio ambiente, para a necessidade de um redirecionamento, de uma mudança de rumos no modo através do qual as atividades econômicas são conduzidas. Ayres e Ayres⁽⁸⁾ sugerem quatro grandes estratégias para o aumento da produtividade dos recursos materiais: Desmaterialização, Substituição de Materiais, Reciclagem de Produtos e Recuperação de Rejeitos Industriais como Insumos.

A estratégia de Substituição de Materiais também apresenta muitos exemplos, principalmente ligados aos materiais metálicos. Recentemente, a indústria de aço tem sido pressionada pelo aparecimento de outros materiais como alumínio, cerâmicos e plásticos. Tal ameaça estimula as indústrias siderúrgicas a desenvolverem aços de maior qualidade e com preços mais competitivos.

Em algumas cadeias produtivas o fechamento do ciclo de materiais, através da reciclagem de produtos, há séculos é adotado, principalmente no caso das sucatas metálicas (ferro, aço). Mais recentemente, a reciclagem de alumínio, papel e vidro têm aumentado de forma substancial em resposta aos problemas de disposição final dos grandes volumes de resíduos sólidos urbanos.

APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS NO SETOR SIDERÚRGICO

De acordo com o grupo de pesquisa MIT,⁽⁹⁾ o aço representa aproximadamente 95% de todo metal produzido no mundo, e os efeitos ambientais negativos desta produção são também grandes. Esta indústria produz em torno de 5% dos gases de efeito estufa produzidos pela atividade humana, além de grandes quantidades de SO₂ (gás que contribui com a chuva ácida) e uma variedade de outros resíduos. Portanto, a constante preocupação com melhorias ambientais nestas empresas torna-se rotina e fator que influencia a qualidade de seus produtos.

A Tabela 1 mostra nitidamente que já pelo tipo de usina integrada ou semi-integrada, há uma diferença bastante grande em termos de gastos energéticos para fabricação de aço. Está embutido nesta exemplificação, o menor consumo de recursos naturais, menor geração de resíduos, facilitando assim a gestão ambiental quando se trata de usina que trabalham a partir de sucata de aço em FEA's.

Tabela 1: Comparação entre usina integradas (AF + BOF) e semi-integrada (FEA)

Processo	Carga	Consumo de Energia
Alto Forno + Conversor	100% Minério	32 GJ/t
Forno de Arco Elétrico	100% Ferro Esponja	31 GJ/t
Alto Forno + Conversor	80% Minério + 20% Sucata	26 GJ/t
Alto Forno + Conversor	70% Minério + 30% Sucata	25 GJ/t
Forno de Arco Elétrico	50% Ferro Esponja + 50% Sucata	20 GJ/t
Forno de Arco Elétrico	100% Sucata	7 GJ/t

Além disso, com o aumento de sucata de aço no mercado mundial, tem ocorrido aumento da produção mundial de aço via FEA. Para exemplificar, em 1970 a produção de aço via FEA representava 14%, 23% em 1980, 28% em 1990 e 35% em 1998 do total da produção mundial de aço.⁽¹⁰⁾ De acordo com Birat,⁽¹¹⁾ a produção de aço via forno elétrico a arco representava 33% da produção mundial em 2000, prevendo que esta passe a representar 40% em 2010 para uma produção total prevista de 830 milhões de toneladas por ano.

Bisio et al.⁽¹²⁾ colocam que na ausência de medidas adequadas, forno elétricos a arco podem causar o seguintes tipos de poluição: a) poluição térmica de água residual, b) poluição do ar por gases primários e secundários, c) altíssima poluição sonora. Portanto, estudaram o uso de cobertura adequada para absorção de som do forno, junto com a recuperação de energia em circuito fechado no resfriamento de fluidos, permite a total eliminação da poluição térmica da água residual, assim um considerável redução da poluição do ar e sonora. Estas podem ser consideradas medidas de boas práticas operacionais num programa de produção mais limpa.

A aplicação de medidas de minimização de resíduos não é nada novo no setor siderúrgico. A AIPP⁽¹³⁾ (American Institute for Pollution Prevention) organizou já em 1992 nos Estados Unidos Uma Conferencia intitulada "Pollution Prevention for the Iron and Steel Industry" que suplementou a elaboração de um manual prático para um plano de prevenção de poluição na indústria do ferro e do aço.

Medidas como uso de válvula EBT, abóbadas refrigeradas em vez usar refratário, são melhorias operacionais que além de aumentar a produtividade, têm impacto ambiental positivo pois diminuem o consumo de energia e a geração de resíduos.

Hoje, produtos em aço já estão sendo projetados para serem mais sustentáveis ambientalmente, promovendo construção mais fácil e mais rápido, utilização mais eficiente e de maior durabilidade, e que garanta fácil reciclagem de componentes ao fim da vida do produto

Goodhew et al.,⁽¹⁴⁾ professores da UNiversidade de Liverpool (Inglaterra), e responsáveis pelo Projeto "Matter" desenvolveram um módulo no programa computacional que lida com sustentabilidade e análise de ciclo de vida, projetando sobre exemplos da indústria do aço e seu mercado. Um dos principais objetivos é

capacitar o estudante ampliar sua visão sobre o ciclo de vida. Ele aprende sobre os efeitos e impactos ambientais no ciclo de vida de processos e produtos de aço, assim como influenciar suas fontes e identificar os parâmetros ambientais relevantes.

Além de ele entender e interpretar teoricamente o método, pode explorar cenários selecionados de ACV focando na indústria do aço e seus clientes em setores automotivos e de construção. Complementam observando que o compromisso da indústria do aço com a sustentabilidade é reforçado com este recurso.

A siderúrgica BlueScope Steel⁽¹⁵⁾ começou a trabalhar com um modelo de ACV em 1993. Seu modelo é utilizado tanto para avaliar processo e produto. Ele examina o uso do material e as emissões em um produto, desde as matérias-primas até o fim da sua vida. Ele também examina o impacto dos produtos e processos no meio ambiente – desde a mineração de carvão e minério, que são utilizados na produção de ferro, através da fabricação de aço e processos de manufatura, a disposição por processos como a reciclagem no final da vida dos produtos. Ele faz isto examinando:

- Resíduos gerados durante a produção;
- Consumo de energia durante a produção e uso do produto;
- Consumo de água bruta durante a produção; e
- A quantidade de reciclagem possível com o produto.

A BlueScope Steel⁽¹⁵⁾ afirma continuar a desenvolver e aplicar ACV como ferramenta de suporte a produção mais limpa, novos negócios, desenvolvimento de produto e tecnologia, e gestão ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Marukawa et al.⁽¹⁶⁾ em seu trabalho, utilizando ACV no sentido de se obter “eco-aço” por, onde colocam que como a civilização humana avança, é inevitável que ferro e aço aumentem em quantidade em escala global. Assim, nos processos de produção e aplicação de tais materiais, deve-se levar em consideração a interação ecológica com o desenvolvimento sustentável.

Estas ferramentas ainda parecem um pouco abstratas para a maioria, porém a proliferação do desenvolvimento destas ferramentas em vários setores produtivos e o aumento da frequência de fenômenos impactos ambientais mostram a necessidade de consolidá-las, acreditando que assim o desenvolvimento sustentável faça realmente parte do dia a dia da sociedade.

REFERÊNCIAS

- 1 KIPERSTOK, Asher *et al.* Prevenção da poluição. Brasília: SENAI/DN, 2002. 290p.
- 2 CNTL. Implementação de programas de produção mais limpa. Porto Alegre, CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003.42 p.
- 3 PORTER, M.; LINDE VAN DER, C. Green and competitive. Harvard Business Review, p. 120-134, sept./oct., 1995a.
- 4 HINZ et al. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida. Revista Eletrônica Estudos Tecnológicos em Engenharia, Vol. 2, Número 2, 2006, p. 91-98.
- 5 GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. Design for environment. Englewood Cliffs, NJ Prentice Hall, 1997.
- 6 AYRES, R. Industrial metabolism. In: Ausubel, J. (Ed.) Technology and Environment. National Academy Press, Washington, D.C.1989.
- 7 STEURER, A. Stoffstrombilanz Österreich, 1988. Schriftenreihe Soziale Ökologie. No. Band 26.1992.
- 8 AYRES, R.; AYRES, L. (1996), Industrial Ecology: Towards Closing the Materials Cycle. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- 9 MIT Team Work. MIT team works toward cleaner steelmaking. March 28, 1996 Site <http://web.mit.edu/newsoffice/1996/steelmaking.html> acessado em janeiro/2007.
- 10 UN ECE Steel Series, Iron and Steel Scrap 1995, New York/Geneva, 1995, p. 123.
- 11 BIRAT, J. P. A futures study analysis of the technological evolution of the EAF by 2010, Irsid-Usinor Recherche. La Revue de Métallurgie-CIT, Novembre, 2000, P. 1347 – 1363.
- 12 BISIO, G. *et al.* Heat transfer, energy saving and pollution control in UHP electric-arc furnaces *Energy 25 (2000), P. 1047–1066.*
- 13 RIMER, A. E. A practical guide to pollution prevention planning for the iron and steel industries. Conferência Pollution Prevention for the Iron and Steel Industry, Estados Unidos, 1992, 60p.
- 14 GOODHEW, P.; GREEN, A. e NAYLOR, D. Interactive Simulations in the Teaching of Metallurgy.
- 15 BLUESCOPE STEEL. Disponível em: <http://www.bluescopesteel.com/file/download.cfm?DownloadFile=CA4B86B5-D7D0-4D99-AF71241CFB27E28E>>. Acesso em fevereiro, 2007.
- 16 MARUKAWA, K.; EDWARDS, K. L. Development of iron and steel into eco-material. Materials and Design 22(2001), p.133-136.