Produção mais Limpa em uma Indústria Siderúrgica

FISCHER, Y. R. [a*], MELO, I. V. [a], SILVA, L. C. S.[a], WANDERLEY, V. A.[a]

a. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco

**Corresponding author, yrfischer@gmail.com*

Resumo

Este trabalho aborda sobre a eficiência do processo de produção de aço de uma indústria siderúrgica situada no Nordeste do Brasil segundo a visão da ecoeficiência que integra os três aspectos do desenvolvimento sustentável que são o econômico, o ambiental e o social. Tem como objetivo analisar os insumos e resíduos críticos do ponto de vista da ecoeficiência industrial de acordo com o programa P+L em sua aciaria elétrica. Trata-se de trabalho baseado em informações obtidas diretamente na indústria. Embora a aciaria (unidade onde se transforma o ferro gusa ou a sucata em aço líquido) seja uma das unidades mais críticas da usina siderúrgica onde é formada a escória que representa o resíduo gerado em maior quantidade e também o maior desperdício financeiro, observou-se que na indústria em análise o aproveitamento da escória como coproduto para a indústria de cimento foi a opção escolhida para a melhoria do processo. Considerando-se que a sucata, gusa e cal são os insumos com custos mais onerosos na Aciaria, o controle da temperatura do processo é uma prática que permite a redução destes insumos, além de um menor consumo energético. Outra prática adotada na aciaria é a purificação da sucata. Conclui-se, portanto, que a aplicação do programa P+L proporciona uma melhoria significativa em processos industriais, com destaque para a siderurgia.

Palavras-chave: siderúrgica, aciaria, desenvolvimento sustentável, ecoeficiência, produção mais limpa.

1. Introdução

O desenvolvimento da sociedade urbana e industrial ocorreu de forma desordenada causando crescentes níveis de poluição e degradação ambiental que tem acarretado impactos negativos significantes na natureza que comprometeu a qualidade do ar, poluiu os rios, reduziu a fertilidade do solo e contribuiu para o aumento das áreas desérticas em nosso planeta (Braga et al, 2005).

A tecnologia demonstrou, então, que era capaz de contribuir de forma efetiva para a melhoria de situações críticas (Braga et al, 2005). O avanço tecnológico possibilitou o desenvolvimento de métodos de planejamento e equipamentos para controle de poluição. Essas ferramentas tecnológicas tanto permitiram corrigir problemas existentes quanto estimaram efeitos e impactos de situações hipotéticas através de modelos físicos e matemáticos. Apesar destes avanços na tecnologia, não se entende que a tecnologia resolva todos os problemas de forma plena. Neste campo existem diversos limites, alguns ainda desconhecidos para o controle dos problemas ambientais.

Dentre os limites conhecidos que impedem a ausência de perdas em processos que geram a degradação ambiental estão a lei de conservação de massa, a 1ª lei da termodinâmica e a 2ª lei da termodinâmica.

A lei de conservação da massa afirma que a matéria não pode ser criada, mas apenas transformada. Conforme esta lei, ao fabricar e descartar os produtos, estes apenas se modificam, todavia sua massa se conserva e nunca deixa de existir.

A 1ª lei da termodinâmica, que também aborda sobre conservação, afirma que a energia se transforma de uma forma para outra, mas se conserva, ou seja, não pode ser criada nem destruída. Esta lei mostra que para se realizar trabalho em processos apenas se transforma uma energia em outra. Por exemplo, a energia potencial das hidrelétricas transforma-se em energia elétrica que, por sua vez, transforma-se em energia que realiza trabalhos em processos como, por exemplo, a energia cinética.

A 2ª lei da termodinâmica afirma que a energia se transforma de uma maneira mais nobre para outra de menor qualidade (Braga et al, 2005). Desta maneira, as transformações energéticas sempre envolvem rendimento inferior a 100%. Logo, para qualquer processo, sempre ocorrem perdas energéticas de modo que nunca se aproveita 100% da energia proveniente dos insumos dos processos.

Os problemas manifestados na degradação ambiental levaram estudiosos a criarem em 1987, o conceito de desenvolvimento sustentável proposto pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente. Formada em 1984, essa comissão foi coordenada pela primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brudtland. Naquela ocasião a comissão entendeu que era tecnicamente viável prover as necessidades mínimas da população mundial até o século seguinte de forma sustentável e sem degradação continuada dos ecossistemas globais. A partir de então passou-se a entender o desenvolvimento sustentável como modelo que integra a economia, a sociedade e o meio ambiente. Assim, inclui-se a noção de que além do aspecto econômico deve se considerar o aspecto social e o aspecto ambiental.

Poucos anos após o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável criou-se mais um conceito, chamado de ecoeficiência, que surgiu a partir da necessidade de sintetizar a ideia de que é possível reduzir o impacto ambiental e, ao mesmo tempo, aumentar a rentabilidade. O termo ecoeficiência foi introduzido em 1992 pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) – Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável e publicado no livro Changing Course.

Nesta perspectiva, é possível entender ecoeficiência tanto como filosofia, estratégia de gestão quanto como ferramenta de gestão. Os diversos conceitos sempre buscam aliar o desempenho ambiental ao desempenho econômico para criar maior valor agregado com menor impacto ao meio ambiente. De acordo com o WBCSD (2000), a ecoeficiência fundamenta-se em três eixos básicos:

- Diminuir o consumo de recursos;
- Diminuir o impacto na natureza;
- Aperfeiçoar o valor do serviço ou produto.

Estes princípios se correlacionam com outros sete elementos, também reconhecidos pelo WBCSD, assumindo que os negócios possam utilizá-los para melhorar a ecoeficiência (WBCSD, 2000), (VERFAILLIE e BIDWELL, 2000):

- Diminuir o consumo de materiais dos bens e serviços;
- Diminuir o consumo de energia dos bens e serviços;
- Reduzir a dissipação de substâncias tóxicas;
- Intensificar a prática de reciclagem de materiais;

• Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis;

• Aumentar a durabilidade dos produtos;

• Intensificar o serviço.

Contudo, o conceito de "ecoeficiência" vem sofrendo mudanças de acordo com a organização e sua aplicabilidade. Segundo o WBCSD (2000), vários líderes de negócios definem-na de uma maneira geral como fazer mais com menos. Pessoas que trabalham na área a consideram como a síntese da eficiência econômica e ambiental, em que o prefixo eco representa a economia e a ecologia.

Após o entendimento da necessidade da aplicação da ecoeficiência para o desenvolvimento sustentável, especialistas e líderes industriais criaram um programa chamado de Produção Mais Limpa (PM(ais)L) que contempla a sustentabilidade. Este programa é uma metodologia de prevenção à poluição que se define como aplicação contínua de uma estratégia ambiental, econômica e social preventiva e integrada a processos, serviços e produtos. A P(Mais)+L visa aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, proporcionando deste modo a não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões.

Em 1992, a Newsletter of Cleaner Production (periódico da UNEP sobre a Produção mais Limpa) publicou quatro afirmações que procuram definir como Produção mais Limpa (BAAS, 1995):

• Produção mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos e produtos, para que se reduzam os riscos sociais e ambientais;

• As técnicas de Produção mais Limpa incluem a conservação de energia e matérias-primas, a eliminação de materiais tóxicos nos processos e a diminuição da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos;

• A estratégia de Produção mais Limpa para produtos destaca a diminuição dos impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto (desde a extração da matéria-prima até o descarte definitivo do produto);

• A Produção mais Limpa é alcançada pela aplicação de avaliação, avanços tecnológicos e mudanças de atitude.

Assim, a PML propõe que as empresas invistam em redução de resíduos uma vez que existe metodologias que auxiliam este processo. A metodologia da PML envolve algumas etapas e o SEBRAE (2004) as apresenta da seguinte maneira:

a) planejamento e organização: comprometimento da direção e dos funcionários, e formação de equipes de trabalho;

b) pré-avaliação e diagnóstico: determinação de metas para PML e realização de fluxogramas, com avaliação de entradas e saídas;

c) avaliação da PML: identificar as ações que podem ser implementadas de forma imediata e as que precisam de novas análises mais detalhadas através de balanços materiais e de energia e informações das fontes e causas da geração de resíduos e emissões;

d) estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental: escolher as oportunidades viáveis e documentar os resultados esperados;

e) implementação e plano de continuidade: por em prática as opções selecionadas e garantir atividades que mantenham a PML, monitorar e avaliar as oportunidades implementadas, além de planejar atividades que assegurem a melhoria contínua com a PML.

As tecnologias ambientais convencionais trabalham principalmente no tratamento de resíduos e

emissões existentes, atuando no fim do processo de produção (técnicas de fim-de-tubo) e geram novas despesas para a empresa como, por exemplo, a implantação de estações de tratamento.

A Produção Mais Limpa, por sua vez, integra os objetivos ambientais ao processo de produção, visando diminuir os resíduos e as emissões em termos de quantidade e toxicidade, e implica consequentemente na redução dos custos de produção.

Algumas vantagens do programa de Produção Mais Limpa em comparação com as tecnologias convencionais de fim-de-tubo conforme a CNTL (1999) são expressas a seguir:

- Diminuição da quantidade de materiais e energia usados ocorrem;
- Exploração do processo produtivo com a minimização de resíduos e emissões, proporcionando um processo de inovação dentro da empresa;
- Processo de produção é observado como um todo, diminuindo os riscos na disposição dos resíduos e nas obrigações ambientais.
- Acesso a um desenvolvimento econômico mais forte, proporcionado pela minimização de emissões e resíduos.

Nos processos industriais existentes, a fabricação do aço na usina siderúrgica é um dos que promove maior impacto no desenvolvimento sustentável, tendo em vista o alto consumo elétrico e grande quantidade de insumos e resíduos gerados na produção.

Na usina siderúrgica, de uma maneira geral, a fabricação do aço ocorre em quatro etapas: preparação de carga, redução, refino e laminação.

Na etapa de preparação da carga, através da sinterização, aglomera-se minério de ferro formando o sínter. Nesta etapa ocorre também o processamento do carvão em coqueria formando-se o coque.

Na fase da redução, as matérias-primas são carregadas e preparadas para o alto forno. Na parte de baixo do alto forno o oxigênio é soprado aquecido a uma temperatura de aproximadamente 1000 ºC. O carvão entra em contato com o oxigênio transferindo energia térmica que funde a carga metálica e dá início à redução do minério de ferro em ferro-gusa líquido. O gusa é uma liga de ferro-carbono com alto teor de carbono.

A próxima etapa é a do refino onde as aciarias transformam a gusa líquida ou sólida e a sucata em aço líquido. Nesta etapa, parte do carbono contido na gusa é removido junto com as impurezas.

Na etapa de laminação, os semi-acabados, lingotes e blocos são processados pelos laminadores e transformados em diferentes produtos siderúrgicos, cuja nomenclatura depende da forma e da composição química.

Uma das unidades mais críticas da indústria siderúrgica de acordo com a visão da sustentabilidade é a aciaria, que envolve uma grande quantidade de insumos e resíduos. Nesta unidade da usina siderúrgica ocorre a fase de refino da siderurgia. Nesta etapa, conforme foi dito anteriormente, as máquinas e equipamentos da unidade transformam o ferro gusa (líquido ou sólido) ou a sucata em aço líquido.

Fig. 1. Imagem de uma aciaria elétrica. Fonte: Peyrani (2013).

A aciaria é uma unidade que está presente em qualquer tipo de usina siderúrgica. As indústrias siderúrgicas podem classificar-se segundo o seu processo produtivo como:

- Integradas – que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação participam de todo o processo produtivo e produzem aço.

- Semi-integradas - que operam duas fases: refino e laminação. Estas usinas partem de ferro gusa, ferro esponja ou sucata metálica adquiridas de terceiros para transformá-los em aço em aciarias elétricas e sua posterior laminação.

Nas usinas integradas a transformação do gusa em aço (refino) é feita em forno a oxigênio e nas usinas semi-integradas a sucata e o gusa sólido são refinados em forno elétrico.

Considerando o elevado número de resíduos produzido na aciaria, é indispensável reduzir os insumos e a geração dos resíduos através da ecoeficiência industrial e, os que forem gerados, devem ser reaproveitados de alguma forma.

Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo analisar os insumos e resíduos críticos (do ponto de vista da ecoeficiência industrial de acordo com o programa P+L) de uma aciaria elétrica de uma indústria siderúrgica da região Nordeste.

2. Método

Fundamentando-se em tarefas da metodologia do Guia da Produção Mais Limpa do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), foi analisada a aciaria de uma usina siderúrgica semi-integrada (que usa aciaria elétrica) da Região Nordeste do Brasil.

Todos os dados foram levantados considerando uma corrida (ciclo de produção da aciaria) e em função da tonelada de aço líquido produzido.

Para fim de análise, os custos encontrados foram transformados em anuais conforme requer o programa P+L.

Analisou-se os prejuízos econômicos, sociais e ambientais provocados pelos resíduos sólidos, efluentes líquidos e gasosos de acordo com a visão da ecoeficiência do processo.

3. Resultados e discussão

Na análise dos insumos e resíduos críticos da aciaria, decidiu-se pela realização do balanço de massa e energia do forno elétrico, visto que é nele onde se encontram os insumos e resíduos mais críticos da aciaria no processo de produção, ou seja, aqueles que representam maiores riscos ao ambiente e maiores custos. Assim, através do balanço de massa e energia pode-se analisar o insumos e resíduos que acarretam maiores danos a sustentabilidade. Apresenta-se na figura abaixo o balanço de massa e energia do forno elétrico da aciaria da siderúrgica em análise.

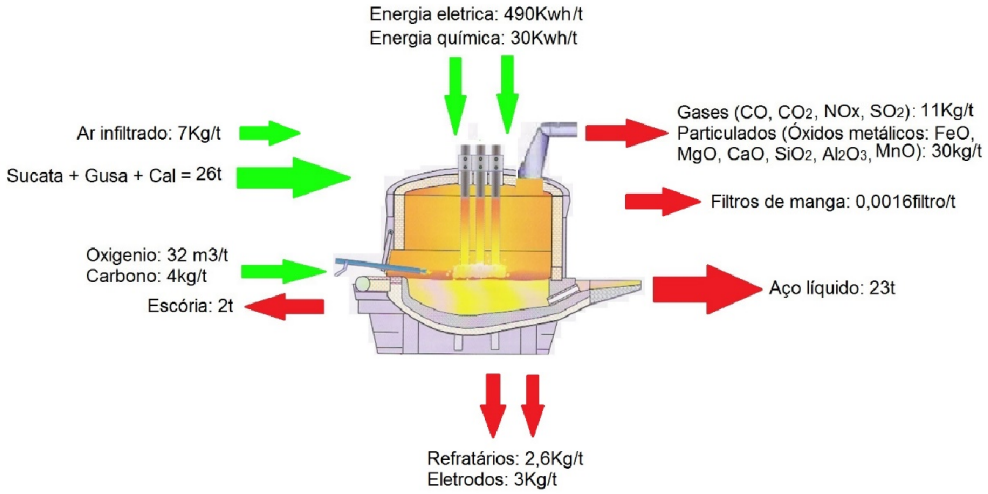

Fig. 2. Balanço de massa e energia do forno elétrico da aciaria elétrica.

Através da análise do balanço de massa realizado no trabalho verificou-se que a sucata, gusa e cal são os insumos que representam maior custo econômico no processo porque são as matérias-primas que irão ser transformadas em aço líquido, ou seja, são utilizadas em maior massa. Para diminuir a quantidade de insumos conforme pede o programa, a indústria em análise realiza procedimentos a fim de aumentar a eficiência do processo, a exemplo da realização de processamento e purificação da sucata, que proporciona uma maior quantidade de aço gerado com menos sucata. Este procedimento é realizado através da trituração e prensamento da sucata e separação magnética desta.

A ABETRE (Associação Brasileira de Empresas de Tratamentos de Serviços) diz que de acordo as normas da ABNT, resíduos sólidos industriais são todos aqueles no estado sólido ou semissólido resultantes das atividades industriais, incluindo lodos e determinados líquidos, cujas características tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d´água, ou que exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis. Então, caso sejam jogados ao meio ambiente podem causar doenças na população, destruir florestas, prejudicar solos, etc. Sendo assim, a indústria deve procurar reaproveitar e reciclar os resíduos sólidos de alguma forma.

Na aciaria analisada, em cada ciclo de produção, a escória é o resíduo gerado em maior quantidade, como se verificou após a análise do balanço de massa e energia realizado. Em kg, ela representa aproximadamente o dobro dos demais resíduos, por isso, não é difícil observar que de todos os resíduos gerados, ela acarreta o maior desperdício financeiro. Nesse caso, a alternativa da indústria é vender a escória para empresas que fazem asfalto e, deste modo, ela é aproveitada como um coproduto do processo. Existem outras possibilidades de se reciclar a escória como na construção civil, na indústria do cimento, do vidro, entre outras.

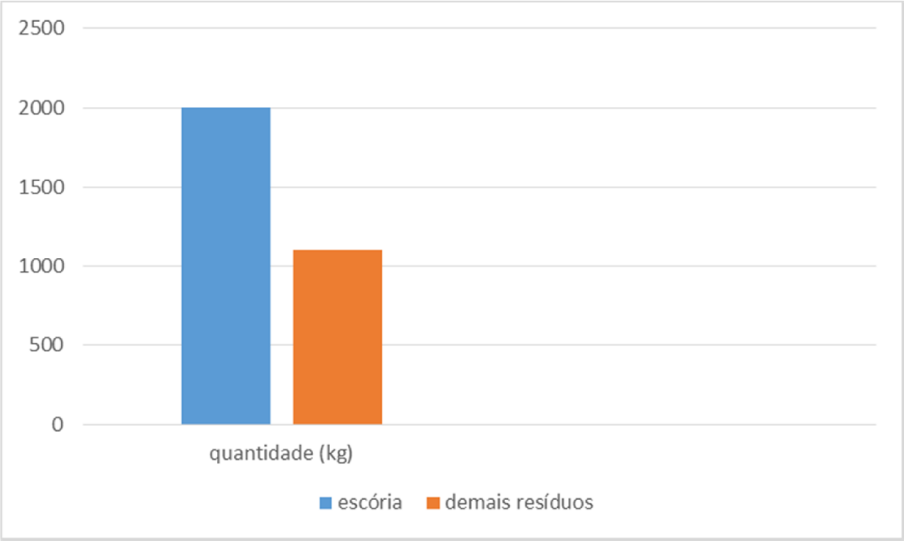

Fig. 3. Gráfico comparativo entre a quantidade de escória e os demais resíduos gerados por corrida de produção.

A energia elétrica é outro insumo que deve ser economizado. Além dos custos que encarecem a produção, países como o Brasil, cuja eletricidade é gerada principalmente pelas usinas hidrelétricas, estão sujeitos a racionamento desta energia. A carência de energia elétrica gera um impacto social significativo no cotidiano da população, limitando o trabalho, transporte, etc. Além disso, a necessidade do uso de termoelétricas provoca o lançamento de uma grande quantidade de efluente atmosférico ao meio ambiente de forma que intensifica o dano ambiental por efeito estufa por exemplo.

Também foram analisados através do balanço de massa e energia, o consumo da água e o consumo elétrico. O custo do consumo elétrico representa apenas cerca de 2,5% do custo de compra das principais matérias-primas do processo que são a sucata, a gusa e o cal. Quanto ao consumo da água, verificou-se que aproximadamente 95% deste insumo é recirculado na indústria em análise, o que proporciona também um gasto bastante inferior ao das matérias-primas. Assim, se observou que nesta aciaria elétrica, no que se refere aos custos da produção, o que torna o processo mais oneroso é o custo da matéria-prima.

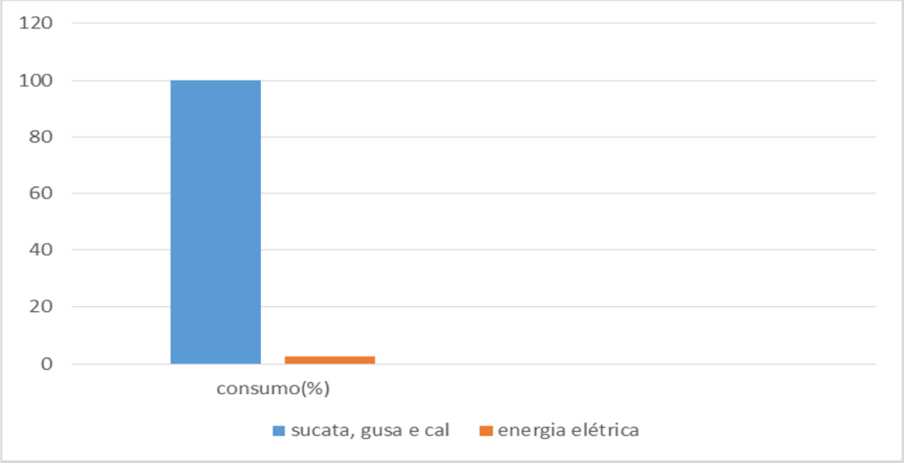

Fig. 4. Gráfico comparativo entre o custo do consumo de eletricidade e das principais matérias-primas do forno elétrico.

Tendo isso em vista, na aciaria da indústria em análise existe uma programação que regula a energia fornecida pelo forno em diferentes etapas do processo para que não se tenha uma temperatura nem muito alta nem muito baixa. Desta maneira aumenta-se a eficiência das reações, o que leva a necessitar de menos matérias-primas e reduzindo também, o consumo elétrico do processo. Esta prática atende a visão da ecoeficiência, garantindo uma diminuição dos impactos ao desenvolvimento sustentável, e, também constitui uma opção que atende ao programa de Produção Mais Limpa.

De acordo com Boson (2008), não pode se recircurlar a água que possui contato direto com as substâncias do processo de produção, e, deve-se tratá-la em estações de tratamento de efluentes. Ainda de acordo com a mesma autora, a água que não tem contato direto, como a que é usada na refrigeração da aciaria pode ser recirculada continuamente. Os efluentes líquidos liberados pela indústria siderúrgica podem gerar problemas socioambientais como a contaminação de água que afeta a saúde de pessoas e animais que a consomem, além de contribuir para a escassez de água nos reservatórios devido às alterações climáticas existentes, em especial no Brasil. Segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA), as indústrias consomem cerca de 22% da água potável. Para evitar tais danos, a indústria siderúrgica procura recircular o maior volume de água possível chegando a aproximadamente 95%.

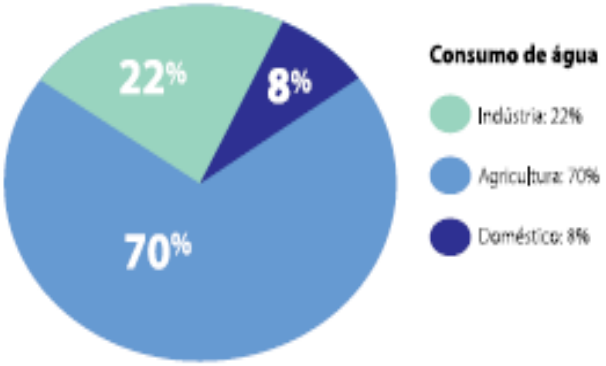

Fig. 5. Gráfico comparativo entre o custo de eletricidade e das principais matérias-primas do forno elétrico. Fonte: MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE (2005).

Os efluentes atmosféricos devem ser filtrados para evitar danos à saúde e ao ambiente. A aciaria da indústria em análise utiliza filtros de manga que permitem a diminuição significativa de resíduos atmosféricos lançados ao meio ambiente. Deste modo se obedece a legislação ambiental e evita-se danos sociais como doenças pulmonares, asma, irritação nos olhos, agravamento de problemas cardiovasculares, entre outros, e danos ambientais como prejuízos em vegetações e no solo, chuva ácida, etc. (CONAMA 03/90)

4. Conclusão

Como se pode observar a aplicação do programa P+L proporciona uma melhoria significativa em processos industriais, com destaque para a siderurgia.

Entende-se que no processo industrial é necessário reduzir a geração de resíduos. As leis da termodinâmica afirmam que é impossível existir um processo industrial sem perdas e, sendo assim, deve-se buscar reaproveitá-las de todas as maneiras possíveis.

A escória é o principal resíduo gerado na aciaria, gerada em uma quantidade bastante superior aos demais resíduos e representa o maior desperdício financeiro no custo de produção da indústria siderúrgica em análise. Além disso, ela gera problemas socioambientais, realidade que reforça a

necessidade de reaproveitamento desse resíduo pelas indústrias, a exemplo do que faz a siderúrgica em análise que vende sua escória para empresas responsáveis pela construção do asfalto. Nesta indústria, a escória é revendida a empresas responsáveis pela construção de asfalto e, desta maneira, reaproveitada como um coproduto.

A sucata, gusa e cal são os insumos com custo mais onerosos na aciaria. A indústria siderúrgica necessita continuamente um processo mais eficiente, visando a ecoeficiência, conforme sugere o programa P+L, para que sempre se reduza as perdas e se necessite de quantidade cada vez menor de matérias-primas para uma mesma quantidade de aço produzido. Ao se reduzir a quantidade de insumos, tem-se uma medida que proporciona um menor impacto à sustentabilidade. Medidas como o controle da temperatura para reduzir o consumo elétrico e a purificação da sucata são muito importantes para o aumento da eficiência do processo.

Através de uma melhoria contínua da eficiência do processo, que atende de maneira integrada aos aspectos econômico, social e ambiental, de acordo com os conceitos de sustentabilidade, a indústria age de acordo com a ecoeficiência conforme sugere o programa P+L.

5. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS (ABETRE) – Classificação de Resíduos Sólidos Norma ABNT NBR 10.004:2004. 2006. http://www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos acessado em 01/09/2014

BRAGA, Benedito, et al. Introdução à Engenharia Ambiental - O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Pearson, 2005.

BOSON, Patrícia Helena Gambolgi. Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico. Brasília : 2008.

BAAS, L. W. Cleaner production: beyond projects. Journal of Cleaner Production, Great Britain, v. 3, p. 55-59, 1995.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS) - Guia da Produção mais Limpa, Faça Você Mesmo. http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/guia-da-pmaisl.pdf acessado em 07/10/2014.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS - CNTL SENAI, Ecoprofit - vol. 4: Análise de fluxo de material. Porto Alegre: SENAI, 1999.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS (CNTL). Implementação de programas de Produção Mais Limpa. Apostila. Porto Alegre, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n° 03 de junho de 1990. Brasília, 1990.

CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

DE SIMONE L., POPOFF F., Eco-efficiency: The business link to sustainable development. MA: MIT Press. Cambridge, 1997, 306p

PEYRANI – QUALIDADE EM MOVIMENTO. Substituição de dois rolamentos de giros de uma torre de panelas para a Gerdau. 2013 http://www.peyrani.org/substituicao-de-dois-rolamentos-de-giros-de-uma-torre-de-panelas-para-a-gerdau/ acessado em 02/10/2014

SEBRAE. 2004. Relatório de Atividades dos Núcleos Regionais de Produção mais Limpa. Rio de Janeiro, 33 p.

VERFAILLIE H, BIDWELL R, Medir a eco-eficiência – Um guia para comunicar o desempenho da empresa. World Business Council for Sustainable Development, BCSD Portugal – 2000. Disponível em: http://www.ipatiua.com.br/Documentos/measuring-eco-efficiency-portugese.pdf acessado em: 19-09-2014

WBCSD, A ecoeficiência: Criar valor com menos impacto. 2000. http://www.wbcsd.org/web/publications/eco_efficiency_creating_more_value-portuguese.pdf acessado em 03/10/2014