



## LOGÍSTICA DIRETA E LOGÍSTICA REVERSA NA PRODUÇÃO DO AÇO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA SIDERÚRGICA

Recebido: 06/01/2015  
Aprovado: 20/03/2015

<sup>1</sup>Jorge Sala Minoves  
<sup>2</sup>Eloísa Helena Rodrigues Guimarães  
<sup>3</sup>Tarcísio Afonso  
<sup>4</sup>Ester Eliane Jeunon

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo comparar a logística reversa e a direta no processo de fabricação do aço em uma siderurgia de grande porte. Na pesquisa foram analisadas as vantagens e desvantagens dos processos de aquisição, transporte e estocagem de sucata metálica e de minério de ferro, matérias-primas utilizadas na produção do aço. Além disso, foram avaliados os impactos da utilização das duas matérias-primas no meio ambiente. Para atingir os objetivos propostos, foi realizado um estudo de caso em uma unidade de uma empresa siderúrgica localizada na cidade de João Monlevade/MG. O trabalho foi desenvolvido a partir de análises qualitativas nos bancos de dados da empresa e entrevistas com os profissionais de logística e suprimentos. A discussão teórica desenvolvida discutiu conceitos relacionados à logística, elaborados por Fleury (2003), Leite (2009), Bertaglia (2009), Ballou (2006) entre outros. Os resultados das análises mostram grandes vantagens para o uso da sucata metálica, embora a unidade analisada tenha sido planejada, inicialmente, para utilizar apenas o minério de ferro. Por outro lado, o minério de ferro gera impactos negativos no meio ambiente, o que não ocorre com a sucata metálica.

**Palavras-chave:** Siderurgia; Logística direta; Logística reversa; Matéria-prima.

---

<sup>1</sup> Mestre em Administração pela Fundação Pedro Leopoldo – FPL, Brasil  
E-mail: [jorge.sm@hotmail.com](mailto:jorge.sm@hotmail.com)

<sup>2</sup> Doutora em Estudos Lingüísticos pela Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Brasil  
Professora pela Faculdades Pedro Leopoldo, FPL, Brasil  
E-mail: [eloisarodrigues@gmail.com](mailto:eloisarodrigues@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutorado em International Affairs pela Ohio University  
Professor pela Faculdades Pedro Leopoldo, FPL, Brasil  
E-mail: [tarcisio.afonso@fpl.edu.br](mailto:tarcisio.afonso@fpl.edu.br)

<sup>4</sup> Doutora em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações (Psto) pela Universidade de Brasília, UNB, Brasil  
Professora pela Faculdade Pedro Leopoldo, FPL, Brasil  
E-mail: [eejeunon@gmail.com](mailto:eejeunon@gmail.com)

## Abstract

This work aims to compare direct and reverse logistics across the steelmaking process in a large-scale steel manufacturing company. In the research, the advantages and disadvantages of the acquisition, transport and storage of scrap metals processes had been analyzed, raw materials used in the production of the steel. Furthermore, it assesses environmental impacts which arise from the use of these materials. To achieve the proposed objectives, a case study was carried out in an industrial plant of a steel company located in João Monlevade, Minas Gerais, Brazil. Based upon qualitative analysis of databases of the company and on interviews with its logistics and supply chain professionals. The theoretical discussion thus engendered Logistic concepts drawn by Fleury (2003), Leite (2009), Bertaglia (2009), and Ballou (2006), among others. These study findings point out the great advantages inherent to the use of scrap metals. On the other hand, the use of iron ore has adverse impacts on the environment, which do not occur with the use of scrap metals.

**Keywords:** Steel Industry; Direct Logistics; Reverse logistics; Raw material.

## 1 INTRODUÇÃO

O atual método de produção de aço tem passado por procedimentos de adequação com o objetivo de promover melhorias, seja nos processos de produção que utilizam minério de ferro, seja nos processos que utilizam a sucata metálica.

Recentemente, devido à necessidade de tornar os processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente, o Ministério do Meio Ambiente instituiu a Lei 12.305, que trata da política nacional de resíduos sólidos. Nesse documento, a *logística reversa* é definida como “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, Capítulo II, Art. 3, inciso XII).

Como o aço tem a vantagem de ser totalmente reciclável, após retorno em forma de sucata metálica por meio da logística reversa é processado e transformado em matéria-prima para fabricação do aço nas usinas semi-integradas. A logística reversa da sucata metálica gera um novo sistema produtivo por meio das empresas especializadas em coleta, preparação e negociação de sucata metálica de ferro e aço oriunda do pós-consumo. Misturada com a sucata metálica gerada na própria usina, passando por processo siderúrgico, a sucata metálica se transforma em aço. Esse processo substitui o consumo de minério de ferro e reduz o uso do carvão.

A sucata metálica é viável por ser totalmente reciclada, sem perder suas qualidades. Em contrapartida, a extração incessante do minério de ferro causa perdas no teor de ferro. Campolino (1994) salienta que o uso exploratório constante das jazidas de minério de ferro tem diminuído o teor de ferro encontrado no minério, e, com essa ocorrência, os minérios de alta qualidade têm se tornado cada vez mais raros. A consequência disso é a possível queda do preço do metal. Uma alternativa para manter o preço é desenvolver tratamentos de segregação dos rejeitos minerais. Com esses tratamentos, consegue-se beneficiar o minério aumentando o teor de ferro, porém o método aumenta o custo do processamento e pode aumentar o preço do minério.

O reaproveitamento da sucata metálica nas aciarias brasileiras atingiu 24% da produção, sendo que a média mundial de consumo é de 28%. Apesar de as aciarias brasileiras apresentarem bom resultado comparando-se com a média mundial, ainda estão distantes da média dos Estados Unidos, que recicla 70% de sucata metálica em suas aciarias.

Assim, a motivação para esta pesquisa relaciona-se à necessidade da siderurgia de evoluir para um sistema de fabricação do aço com menor custo logístico, melhor qualidade e que minimize o impacto ambiental ocasionado pela extração do minério de ferro nas jazidas.

O papel da Logística Reversa, nesse processo, seria, então, operacionalizar o retorno dos resíduos de pós-consumo ao ambiente produtivo, processo que agrega valor ambiental, logístico, financeiro e legal às empresas que a adotam. As formas de operacionalizar o retorno dos resíduos dependem da viabilidade econômica e do objetivo da empresa (Guarnieri, 2011).

Diante do exposto, a pergunta norteadora da pesquisa descrita neste relato foi: quais as vantagens e dificuldades da logística direta e da logística reversa no processo de fabricação do aço em uma siderúrgica do grupo ArcelorMittal em Minas Gerais? A metodologia da pesquisa consistiu em um estudo de caso realizado a partir da análise de dados disponibilizados pela empresa e por entrevistas semiestruturadas com profissionais envolvidos diretamente nos processos produtivos da empresa.

Para atingir seus objetivos, este relato está estruturado da seguinte forma: esta introdução; o referencial teórico, que se apoia em uma revisão bibliográfica sobre os processos logísticos e sua importância no processo de fabricação do aço; a seção de metodologia, e, finalmente, as duas últimas seções, que apresentam os resultados da pesquisa e as conclusões do estudo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O crescente aumento dos processos produtivos em todo o mundo, ocasionado pelo aumento do consumo, ao mesmo tempo em que exigiu processos logísticos mais eficientes, devido à necessidade de movimentar mercadorias a longas distâncias, criou demandas específicas de armazenamento e descarte de resíduos (Guarnieri, 2013).

Movimentos que se espalharam por vários países reivindicavam uma solução para o problema, exigindo que as empresas buscassem soluções em produção e logística mais viáveis para minimizar impactos ao meio ambiente. Entre várias medidas, destacam-se os investimentos em mecanismos antipoluentes, substituição de matérias-primas não renováveis por matérias-primas renováveis e redução do desperdício, além do reaproveitamento de resíduos gerados nos processos produtivos e de comercialização dos produtos (Guarnieri, 2013). Nesse contexto, uma das

ferramentas que mais tem se destacado é a logística reversa, que obteve grande evidência no Brasil devido à sanção da Lei 12.305/2010.

Guarnieri (2011) amplia o conceito de logística definido na legislação, complementando-o com o conceito de logística reversa e inserindo-a no contexto da sustentabilidade. Assim, para a autora, a logística reversa seria “a operacionalização do retorno dos resíduos de pós-consumo e pós-venda e o gerenciamento do fluxo de informações que ocorre desde o consumidor final até o fabricante, objetivando sua revalorização ou em última instância seu descarte ambientalmente adequado” (Guarnieri, 2011, p. 4). No caso desta pesquisa, considera-se que o conceito de logística reversa pós-consumo é o mais adequado, pois trata do uso da sucata metálica para a fabricação de aço.

## **2.1 A importância da logística na produção do aço**

Devido ao grande número de aplicações do aço, o processo de fabricação e distribuição desse metal depende de várias operações logísticas. Assim, é importante analisar o que se faz necessário para que uma empresa fabricante de aço possa receber sua matéria-prima na qualidade desejada, no custo adequado e no prazo certo.

Para Ballou (2007), são variáveis importantes a serem consideradas na decisão do transporte a ser utilizado: custo, tempo e prazos em que as mercadorias devem ser entregues. Há, também, outras variáveis envolvidas na escolha e definição do transporte: confiabilidade, tempo em trânsito, perdas, rastreabilidade, entre outros. No contexto brasileiro, verifica-se a predominância do transporte ferroviário para o minério de ferro e rodoviário para a sucata metálica. Apesar de o valor mais relevante estar ligado ao transporte, para os objetivos desta pesquisa também se foi necessário realizar o estudo comparativo do custo de aquisição da sucata metálica e do minério de ferro; a qualidade e a confiabilidade do fornecimento; a eficiência do ciclo pedido-entrega e os impactos do uso do minério de ferro e da sucata metálica no meio ambiente.

O fator mais relevante no transporte, conforme Ballou (2007), é seu tempo médio e sua variação. A variação do tempo da entrega está sempre em destaque na avaliação do desempenho do transporte. O tempo de entrega (viagem/trânsito) é definido e calculado como o tempo médio de percurso entre saída (origem) e chegada (destino). Assim, as escolhas dos modais de transportes podem sofrer variações de acordo com a possibilidade de melhor resultado em busca da conexão direta entre o ponto de origem e o destino.

Quanto ao custo de aquisição de matérias primas para a produção de aço, para Leite (2009), os custos, tanto os diretos quanto os indiretos, estão ligados diretamente às operações logísticas. Há, ainda, custos causados pelos gestores e custos de oportunidade que estão relacionados à imagem corporativa da empresa. Para o autor, é importante considerar ainda os custos ocultos, aqueles que não são visíveis pela contabilidade tradicional e estão diretamente associados à imagem da empresa e à perda de clientes. Esses custos são de difícil recuperação e podem afetar a imagem organizacional, mas podem ser evitados por meio da logística reversa.

Quanto ao fator qualidade, apesar de ser decisivo na obtenção dos resultados, há outros requisitos que devem ser considerados. Para Slack, Chambers e Johnston (2002), a produção de bens e serviços mobiliza todos os setores da empresa, tais como o marketing, área contábil-financeira, o desenvolvimento de produtos e serviços e a função de apoio como recursos humanos, compras, engenharia e suporte técnico. Ainda para Slack *et al.* (2002), a confiabilidade do fornecedor para um fornecimento eficaz é muito importante, mas deve-se destacar que ele tem que atender aos objetivos normais da produção, que são qualidade, rapidez, flexibilidades e custo.

Para Gonçalves (2004), no ciclo de pedido e entrega, o tempo de ressuprimento é importante e normalmente é afetado por duas possibilidades. A primeira, a antecipação da entrega, provoca o aumento do estoque e a conseqüente elevação do custo. A segunda, o atraso da entrega, que, no caso de o estoque acabar antes do recebimento da nova encomenda, pode ocasionar problemas na cadeia produtiva. Ainda conforme Gonçalves (2004), é importante associar essas possibilidades ao comportamento da demanda, que também é analisada sob duas possibilidades. A primeira possibilidade é a retração da demanda, o que resulta em aumento de estoque. A segunda é uma aceleração da demanda, além do previsível fim do estoque, influenciando negativamente os custos. Gonçalves (2004) demonstra que cada abordagem implicará a reavaliação dos parâmetros para dimensionar estoques adicionais chamados de estoques de segurança ou de “estoque pulmão”.

Finalmente, no que se refere aos impactos ambientais, Bottini (2013) demonstra que eles podem ser amenizados nos processos produtivos de fabricação de aço. A utilização da sucata metálica como matéria-prima pode gerar uma diversidade de vantagens, tais como conservação de energia e redução do consumo de água, já que a produção primária (minério de ferro) requer muito mais energia e mais água nos processos de exploração e redução para obtenção do aço. Esses processos provocam a exaustão dos recursos minerais providos de fontes limitadas da natureza.

A discussão teórica desenvolvida nesta seção teve como objetivo proporcionar os esclarecimentos necessários sobre o papel das operações logísticas no processo de fabricação do

aço, já que as empresas siderúrgicas utilizam-se de processos logísticos para aquisição de matérias-primas, seja pela logística direta, seja pela logística reversa. Entender todo o processo de aquisição, transporte e estocagem das matérias-primas e ainda os impactos dos insumos no meio ambiente foi fundamental para efetuar as análises propostas.

### 3 METODOLOGIA

Considerando o objetivo da pesquisa, que é comparar a logística reversa e a logística direta nas cadeias de suprimento na utilização da sucata metálica e do minério de ferro para produção de aço, optou-se por realizar uma pesquisa de abordagem qualitativa.

No caso desta pesquisa, buscou-se conhecer, com mais profundidade, o processo de produção de aço utilizado por uma empresa localizada na cidade de João Monlevade, no estado de Minas Gerais, por meio de análise dos dados gerados pela empresa e também a partir da percepção de pessoas envolvidas diretamente no gerenciamento desses processos. Essa opção caracteriza a pesquisa como um estudo de caso, que foi realizado em uma empresa do grupo ArcelorMittal, uma das maiores produtoras de aços da América Latina, com capacidade instalada de 6,5 milhões de toneladas/ano de aços longos e 1,55 milhão de toneladas/ano de trefilados. O Setor de Siderurgia da ArcelorMittal Aços Longos reúne seis unidades industriais no Brasil, além da Fábrica de Telas e Treliças de São Paulo. Faz parte também do Setor de Siderurgia a controlada Acindar, da Argentina, a maior produtora de aços longos daquele país. A ArcelorMittal Aços Longos detém 66% do capital dessa empresa.

A coleta de dados foi feita na unidade de João Monlevade, considerada a principal siderúrgica da ArcelorMittal Aços Longos, no período de novembro de 2013 a janeiro de 2014, e os meios utilizados foram pesquisas de campo, no local onde ocorre o fenômeno de interesse deste trabalho, e pesquisa documental, utilizando documentos como pedidos de compras; Relatórios de produção; Relatórios com parâmetros de ressuprimentos gerados pelo SAP (sistema de integrado de gestão). Esses documentos estão em meios eletrônicos e em processos de prática padrão. Os dados considerados pela empresa como confidenciais foram omitidos.

Além da pesquisa documental, foram realizadas entrevistas, por telefone ou pessoalmente, com um CEO da empresa, o gerente da ArcelorMittal Brasil e com os responsáveis pelas seguintes gerências: Meio Ambiente; Logística; Gerente geral da Usina de João Monlevade;

Gerente de RH, Gestão e Meio Ambiente; Gerente de Meio Ambiente e Geotecnia, especialista em Meio Ambiente e ainda com uma analista de Meio Ambiente.

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

A unidade de produção em estudo utiliza o processo de conversor a oxigênio Linz Donawitz, conhecido como sistema LD. O aço produzido pela aciaria é formado com 80% de minério de ferro e 20% de sucata metálica. Embora utilize duas matérias-primas no processo de obtenção do aço, a usina em estudo pode ser caracterizada como uma usina integrada.

Para a fabricação do aço, a sucata metálica é carregada no LD, juntamente com os fundentes (cal calcítica, cal dolomítica, fluorita etc.). Após o carregamento do forno, é feita a injeção de oxigênio a alta pressão e velocidade supersônica, por meio de uma lança refrigerada a água. Ocorrem, então, várias reações químicas entre o oxigênio e os elementos contidos na carga metálica. A maioria dessas reações é exotérmica, liberando parte da energia necessária para o sistema de obtenção do aço.

Na unidade em estudo, o minério de ferro é obtido de uma jazida própria, localizada a 10 km da usina. O transporte dessa matéria-prima é feito pelo modal ferroviário próprio, normalmente em comboio, carregando 500 toneladas.

O fato de a aciaria em estudo possuir jazida e ferrovia próprias garante ganho de tempo e controle do processo de abastecimento do minério de ferro. O modal ferroviário tem um aproveitamento de 50% do percurso, visto que, no retorno à jazida, os vagões trafegam vazios.

Já o abastecimento de sucata metálica é feito por meio do modal rodoviário. A distância da origem até a unidade em estudo varia de 120 a 1000 km. A maioria da sucata metálica é armazenada em pontos estratégicos de coleta. Para o transporte, são utilizadas caçambas específicas, o que inviabiliza a utilização para outro tipo de carga, forçando o retorno vazio, o que reduz em 50% o aproveitamento desse modal.

Conforme o coordenador de suprimentos da aciaria, a qualidade do minério de ferro tipo hematita, com 60% de teor de ferro, apesar de ser um fornecimento interno, recebe o mesmo tratamento do produto de um fornecedor externo nas exigências qualitativas. A mineradora e a sinterização são avaliadas com o mesmo rigor de qualidade cobrado dos fornecedores externos, garantindo um nível elevado de confiabilidade.



A sucata metálica também tem regras de qualidade e fornecimento, conforme o responsável pela área de suprimentos, exigindo-se também baixo nível de contaminação. Para garantir a segurança, são feitos diversos testes e análises em aparelhos que medem até a radioatividade da sucata metálica.

Por esse motivo, prioriza-se a sucata metálica proveniente de fontes que garantam uma melhor qualidade, como montadoras e outras indústrias de transformação. O ideal seria utilizar sucata metálica gerada internamente no grupo ArcelorMittal, porém essa sucata metálica é insuficiente, forçando a compra de fornecedores externos, conforme observações de um CEO da empresa pesquisada.

O responsável pelo pátio de sucatas metálicas da ArcelorMittal afirma que, apesar do fornecimento ser, na maioria, de origem externa, não se têm detectado problemas de qualidade relevantes. Ele credita tal ocorrência aos bons critérios adotados na seleção dos fornecedores. Concluindo, tanto o minério de ferro quanto a sucata metálica comprada externamente asseguram uma boa qualidade do aço produzido.

No aspecto confiabilidade no abastecimento, o coordenador de suprimentos acredita ser mais fácil a possibilidade de desabastecimento da sucata metálica, mesmo que isso não tenha sido verificado nos últimos anos. Já o insumo minério de ferro, conforme o gerente de suprimentos da unidade, tem confiabilidade assegurada devido à proximidade da jazida e ao fato de o transporte ser próprio. Soma-se a isso a existência, no local, de uma unidade de sinterização para tratamento do minério de ferro, o que melhora a qualidade desse produto. Quanto à estocagem, a unidade possui silos com capacidade de 4000 toneladas, que, somadas às 2000 toneladas estocadas na recepção, representam estoques para três dias de produção. Se necessário, pode-se também utilizar o modal rodoviário para esse insumo.

A distância entre origem e destino no fornecimento de matérias-primas é fator muito relevante para análise da confiabilidade, permitindo estoques menores por ter menos variáveis de fornecimento. A unidade analisada tem a vantagem de poder trabalhar com 100% de minério de ferro, embora isso seja economicamente desfavorável.

Já o insumo sucata metálica tem o ponto de origem muito distante do ponto de destino, além de seu fornecimento ser pulverizado. Muitas vezes, a sucata metálica tem um tamanho disforme, o que impossibilita seu uso direto no forno. Quando recebida nessas condições, precisa ser recortada e colocada no formato que possibilite a utilização. A unidade de produção analisada possui uma equipe de pessoas e maquinário próprio para adequar essa sucata metálica. É mantido um estoque

de 15000 toneladas de sucata metálica, suficiente para 20 dias de produção. Destaca-se que uma pane no abastecimento da sucata metálica não paralisaria a produção dessa unidade, uma vez que ela pode trabalhar com 100% do insumo minério de ferro.

Os custos de transporte de minério de ferro foram calculados com base no custo de fornecimento externo, apesar de a unidade ter jazida e transporte próprios. Os custos de transporte da sucata metálica são baseados no transporte rodoviário, por ser o modal mais utilizado.

O transporte ferroviário é fundamental na cadeia logística, pois facilita a troca, o abastecimento de mercadorias e o escoamento da produção. É um modal de transporte com elevada capacidade de carga. Apesar da eficiência econômica, nem sempre pode ser usado devido à deficiência de sua estrutura. As características do transporte ferroviário proporcionam custos menores, mas são viáveis apenas para grandes quantidades e grandes distâncias.

Quanto ao custo de estoque com armazenagem do minério de ferro dentro da cadeia de suprimentos, foi possível constatar a necessidade de uma grande área (4000 metros quadrados) dentro da própria empresa, devido ao seu grande volume. Segundo o gerente de logística, os custos com manutenção dos estoques dos insumos não apresentam diferenças significativas. As fases de custos mais significativas são o custo de aquisição e o custo de preparação das matérias-primas. O uso de minério de ferro fino ou de baixa granulometria é inconveniente no alto-forno. Devido a esse fator, torna-se necessário o tratamento por meio da sinterização, para recuperação por aglutinação da granulometria ideal para ser usada no alto-forno. O processo de sinterização é contínuo, tipo Dwight-Lloyd, fornecido pela Lurgi. A produção é de 138.000 toneladas mensais para um consumo de 115.000 toneladas mensais de sinter.

Já a sucata metálica, antes de ir para usina, passa por um entreposto em que é descarregada, estocada e adequada ao consumo. Algumas cargas de sucata metálica já vêm em condições de uso. Nesses casos, são levadas diretamente para o forno. Observa-se que os entrepostos não possuem equipamento para preparar a sucata metálica, ficando essa adequação a cargo da unidade. Uma sugestão para otimizar o processo seria adaptar maquinário e contratar pessoal para preparação da sucata metálica nos entrepostos.

A análise dos profissionais de logística e de coordenadores da siderúrgica dos custos nas cadeias de suprimentos de minério de ferro e sucata metálica apontou uma série de dados relevantes. Segundo informações da gerência de suprimentos, o custo da cadeia de produção do minério de ferro (custo do minério, custo do transporte, custo do carro torpedo para transporte de

gusa líquido) é maior do que o custo da cadeia de produção da sucata metálica (custo da sucata metálica, custo de transporte, custo de preparação da sucata metálica).

Na unidade em estudo, conforme o coordenador de compras, considerando-se apenas o custo de aquisição da matéria-prima, o minério de ferro e a sucata metálica se equiparam. No entanto, o minério de ferro, para ser transformado em gusa, passa por outras etapas, como sinterização e fusão, o que eleva seu preço. No final do processo, quando as duas matérias-primas estarão prontas para entrar na aciaria, verifica-se que o custo do minério de ferro é cinco vezes maior do que o custo da sucata metálica, na unidade em estudo, que é uma aciaria tipo LD, em que há o aproveitamento calorífico do gusa para a fusão da sucata metálica. Nas outras aciarias, que trabalham com 100% de sucata metálica para a fabricação do aço e utilizam forno elétrico, o custo final do minério de ferro é três vezes maior, porque não há esse aproveitamento calorífico.

O ciclo de pedido e entrega de matéria-prima é fundamental para que as empresas possam se manter em condições competitivas no mercado. No caso da sucata metálica, o ciclo pedido e entrega é, na maioria das vezes, superior ao ciclo do minério de ferro, quase sempre em função da distância. Na usina em estudo, a distância entre o fornecedor de sucata metálica até a unidade de produção é considerável, sendo necessária a formação de estoques reguladores nos entrepostos localizados em diversos estados. O tempo de reposição de sucata metálica é calculado considerando os tempos de compra, coleta e preparação desse insumo.

O coordenador de materiais informou também que a sucata metálica, diferente do minério, possui diversas variáveis de fornecimento, o que exige um acompanhamento muito estreito dos processos em andamento para garantir o abastecimento. Segundo o mesmo coordenador, o custo da sucata metálica representa um terço do custo do minério de ferro. Além disso, o uso desse insumo é menos agressivo ao meio ambiente, já que se trata de um processo de reciclagem.

Quando questionado sobre o porquê do não uso de um percentual maior de sucata metálica no processo, o coordenador de materiais informou que toda a estrutura da unidade foi planejada para produzir aço a partir do minério de ferro, cuja jazida está a 10 km de distância. Uma mudança no processo produtivo implicaria modificações impossíveis na planta de produção. Além disso, uma siderúrgica, para o seu funcionamento, deve explorar a disponibilidade dos recursos naturais locais, como jazidas, água, floresta, área disponível e de recursos logísticos, tais como ferrovia, hidrovias, rodovia etc. Observe-se que a unidade é abastecida por ferrovia própria da jazida à unidade e, para abastecimento e escoamento da produção, é servida pela malha ferroviária Vitória-Minas, ligando a

usina ao porto de Vitória, o que possibilita entrada e saída de produtos e matérias-primas tanto para Minas Gerais como para o Espírito Santo. Esse mesmo percurso pode ser feito por rodovia.

O processo de pedidos e entregas é de responsabilidade da área de logística que cuida das compras. Conforme o gerente de compras, concordando com Gonçalves (2004), esse não é um setor somente para promover a procura de materiais e serviços para suprir a empresa: sua responsabilidade é bem maior que repasse de pedidos e entrega de mercadoria.

A matéria-prima em estudo tem oscilação de preço. Relembre-se que o minério de ferro, apesar de extração e transporte interno para análise de resultado e considerando-se aquisição, segue preço de mercado determinado principalmente pela China e suas oscilações. Afirma o gerente de compras que a aquisição desses materiais segue um planejamento rigoroso, com o monitoramento do estoque no pátio e controlando o estoque mínimo e o máximo com metas estabelecidas em todo o fluxo logístico, gerando oportunidade de identificação imediata de desvio, atuando preventivamente e evitando, desse modo, o desabastecimento. Quanto à sucata metálica, conta-se com o apoio dos entrepostos na informação e na disponibilidade de seus estoques. Destaca-se outro fator importante: os fornecedores qualificados que se submetem à avaliação constante, o que permite a transformação de compras em um processo integrado envolvendo preço, prazo de abastecimento e qualidade assegurada da matéria-prima.

Analisando o prazo de abastecimento, o minério de ferro necessita de menos estoque proporcional ao seu consumo devido ao fato de estar apenas a 10 km de distância, e a sinterização em que o minério é beneficiado em sinter, a poucos metros do alto-forno. Ao contrário, a sucata metálica pode estar a uma distância de até 1000 km, além de o transporte ser rodoviário, podendo a viagem durar muitos dias após o pedido ser efetivado.

Verificamos um ciclo de pedido menor para o minério de ferro, devido à proximidade da unidade pesquisada e ao fato de que o pedido não carece de tempo de análise de concorrência, já que a jazida é de propriedade da empresa onde ocorreu o estudo de caso.

Apesar de buscar formas de preservar o meio ambiente, uma mineradora provoca danos à natureza, causados pelo processo extrativo do minério de ferro retirado da lavra, criando pilhas de rejeito estéril (termo usado em geologia econômica para as substâncias minerais que não têm aproveitamento econômico). Ademais, o processo de fabricação de gusa em altos-fornos utiliza grande quantidade de água para refrigeração, lavagem e tratamento térmico, além de utilizar, para a produção de energia, carvão mineral ou vegetal, o que provoca devastação nos recursos naturais.

Conforme o gerente de logística da unidade pesquisada, para produzir aço a partir de sucata metálica, seria necessário apenas submetê-la a uma temperatura de 2000°C e corrigir sua composição química, uma vez que os produtos reciclados têm composição diferente. Nesse processo, gastam-se dois terços da energia utilizada a partir do minério de ferro. Outra informação importante fornecida pelo gerente é que a sucata metálica gera apenas 3% de material particulado (PTS – Partículas Totais em suspensão; MP 10 – Partículas Inaláveis; e FMC – Fumaça), contra 30% dos resíduos sólidos que são produzidos com a produção do aço a partir do minério de ferro. Devido ao beneficiamento do minério ser feito na jazida pelo processo seco, só há geração de rejeito estéril, que corresponde a 78% do material extraído.

Procurando reduzir os impactos negativos da exploração do minério, a empresa desenvolve, de forma contínua, uma série de programas de revegetação e de reconstituição da paisagem, mas esses processos geralmente custam caro, e nem sempre têm o sucesso desejado. Conseqüentemente, existem mineradoras que não adotam nenhuma medida para minimizar os impactos da atividade no meio ambiente. Analisando o processo de sinterização, observa-se que essa é uma das etapas mais danosas para o meio ambiente, porque libera grandes quantidades de partículas e gases altamente nocivos à saúde. Entre essas substâncias, estão as dioxinas, consideradas umas das mais prejudiciais ao ser humano. A etapa de fabricação de gusa, por sua vez, também traz grandes impactos ao meio ambiente pelo excessivo consumo de água e do carvão vegetal e mineral.

## 5 CONCLUSÕES

O estudo comparativo do transporte na unidade em análise demonstra uma grande vantagem da localização geográfica a favor do minério de ferro. No aspecto qualidade, tanto a sucata metálica quanto o minério de ferro não têm apresentado não conformidades acentuadas. Isso se deve principalmente ao trabalho preventivo da logística de compras. Podemos afirmar que as duas matérias-primas têm características equivalentes na produção do aço.

Com relação à confiabilidade e ao tempo de fornecimento, o minério de ferro supera a sucata metálica, pois, por ser uma matéria-prima de produção própria, possui maiores garantias de abastecimento.

Os custos foram analisados com base no preço de mercado do minério de ferro e não no preço de custo real, não permitida a divulgação por ser uma informação confidencial da empresa.

Por outro lado, analisando os impactos ambientais, pode-se concluir que o minério de ferro tem impactos negativos ao meio ambiente, incluindo esgotamento dos recursos naturais, degradação da paisagem e poluição das águas e ar. Se comparada com o minério de ferro, a sucata metálica tem baixo índice de agressividade à natureza. É, portanto, o processo de manejo mais ecologicamente correto.

Concluindo, embora a análise final tenha apontado algumas vantagens para o uso da sucata metálica, é importante observar que a unidade analisada foi planejada para utilização do minério de ferro, pois possui jazida e ferrovia próprias, além de uma unidade de sinterização. Esses fatores proporcionam maior confiabilidade na logística de transporte, do fornecimento e do tempo de entrega.

Ao finalizar-se este trabalho, verificou-se que uma das limitações que podem ser apontadas refere-se ao fato de que as observações não se aplicam a aciarias que utilizam somente minério de ferro. Por outro lado, espera-se que as demonstrações das vantagens da sucata metálica sobre o minério de ferro levem essas usinas a desenvolverem pesquisas e projetos para a utilização da sucata metálica na fabricação de aço. Almeja-se, também, que as usinas semi-integradas evitem a utilização de gusa sólido de baixa qualidade e adquirido de forneiros que agridem o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

Ballou, Ronald. H.(2007). *Gerência da cadeia de suprimentos/logística empresarial*. São Paulo: Bookman.

Ballou, R. H. (2006). *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial* (5a ed.). Porto Alegre: Bookman.

Bertaglia, Paulo Roberto. (2009). *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento* (2a.ed. rev. e atual.). São Paulo: Saraiva.

Bottini, Felipe. Que tal um 2013 mais sustentável? *Jornal do Brasil on-line*, 9 de jan. 2103. Recuperado em 5 junho, 2013, de <http://www.jb.com.br/sociedade-aberta/noticias/2013/01/09/que-tal-um-2013-mais-sustentavel/>.

Bowersox, D. J., & Closs, D. J.(2001). *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Atlas.

Brasil. Portal do Rio+20. Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. 2012. Disponível em [http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20.html](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html). Acesso em: 20 fev. 2014

Brasil. Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras

providências. Brasília: Presidência da República, Casa Civil. Recuperado em 7 abril, 2014 de: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm).

Campolino, G. (1994). *Estudo da viabilidade da desfosforação e dessulfuração simultâneas do gusa*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Fleury, P. F., Wanke, P., & Figueiredo, K. F. (2003). *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos*. São Paulo: Atlas.

Gonçalves, P.S. (2004). *Administração de materiais*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Guarnieri, P.(2011). *Logística Reversa: em busca do equilíbrio ambiental*. Recife: Clube dos autores.

Guarnieri, P. (2013). Logística Sustentável: Associação entre responsabilidade ambiental e estratégia empresarial. *Rev. Mundo Logística*, Ano VI, Edição 36, Setembro e Outubro.

Leite, P.R. (2009). *Logística Reversa, custos logísticos contabilizados*. São Paulo: Pearson.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da produção* (2a ed.) São Paulo: Atlas.