

# O PROCESSO DE RECICLAGEM VEICULAR E OS BENEFÍCIOS GLOBAIS DA UTILIZAÇÃO DE SUCATAS METÁLICAS PARA A PRODUÇÃO DE AÇO\*

João Gabriel de Oliveira Marques<sup>1</sup>  
Daniel Enrique Castro<sup>2</sup>

## Resumo

O atual contexto energético e ambiental exige cada vez mais que os processos industriais gerem produtos com menos impactos ambientais, consumam menos recursos naturais e energia. Dentre esses processos estão os relacionados com a produção de aço. Basicamente, existem duas possibilidades para obtenção desse metal. A primeira, rota integrada, obtém o aço utilizando o minério de ferro como matéria prima. A segunda, rota semi-integrada, obtém o mesmo metal por meio da fusão de sucatas metálicas recicladas. Nesse contexto, os objetivos deste trabalho são definir uma possível fonte de sucata metálica para o setor siderúrgico e determinar qual dessas alternativas de produção do aço é mais eficiente do ponto de vista energético e ambiental. A fonte de sucata metálica proposta para a produção de aço são veículos reciclados. A metodologia utilizada na avaliação dos processos de produção do aço é a Análise de Ciclo de Vida (ACV). Os resultados mostram uma redução global no consumo de materiais e energia bem como na geração de impactos ambientais em função da utilização de sucatas metálicas provenientes de veículos reciclados para a produção de aço.

**Palavras-chave:** Aço; Reciclagem veicular; Análise de ciclo de vida; Eficiência.

## VEHICLE RECYCLING AND THE GLOBAL BENEFITS DUE TO USING METAL SCRAP FOR STEEL PRODUCTION

### Abstract

The current energy and environmental contexts require that industrial processes make products with less environmental impacts, consume less natural resources and energy. Among these processes are those related to steel production. Basically, there are two possibilities to obtain it. The first, integrated route, obtains this metal from iron ore as raw material. The second, semi-integrated route produces it by merging recycled metal scrap. In that context, the objectives of this work are define a possible source of metal scrap for steel industry and determine which of those routes produce steel with less environmental impacts generation, less natural resources and energy consumption. The source of metal scrap proposal for steel production is vehicle recycling. The methodology used to evaluate steel production processes is Life Cycle Assessment (LCA). The results show an overall significant reduction in energy and natural resource consumption and less environmental impacts generation due to using metal scrap from vehicle recycling to produce steel.

**Keywords:** Steel; Vehicle recycling; Life cycle assessment; Efficiency.

<sup>1</sup> Engenheiro Mecânico, Mestrando, Aluno, Mestrado em Engenharia da Energia, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Aeronáutico, Doutor, Professor/Consultor, Mestrado em Engenharia da Energia, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho é estruturado em quatro capítulos. O primeiro capítulo começa com a apresentação de aspectos gerais relativos ao aço e ao setor siderúrgico nacional. Posteriormente, serão apresentadas as fases do ciclo de vida do aço bem como as etapas referentes à sua produção. Essa linha de raciocínio permitirá uma melhor compreensão dos objetivos do trabalho que são apresentados ao final do capítulo um. O capítulo dois apresentará as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo três abrange os resultados do trabalho e as discussões pertinentes. Por fim, o capítulo quatro aborda as principais conclusões obtidas no trabalho.

### 1.1 Aspectos Gerais Sobre o Aço e o Setor Siderúrgico Nacional

O aço, produzido por meio de processos siderúrgicos, é uma liga metálica constituída principalmente pelos elementos ferro e carbono. Ele é um dos materiais mais importantes do mundo além de ser o metal mais utilizado e reciclado mundialmente, conforme destacam Yellishetty et al. [1].

Relativamente à sua produção, dados da World Steel Association [2] referentes ao ano de 2014 mostram que a produção mundial de aço alcançou a marca de 1,662 bilhões de toneladas, um crescimento de 1,2% em relação ao ano anterior. Inserido nesse contexto, o Brasil produziu em torno de 33,9 milhões de toneladas, correspondendo a aproximadamente 2% da produção global de aço, tornando-o assim um dos principais produtos da economia brasileira e mundial. Complementarmente, a Figura 1 [3] mostra a distribuição do consumo de produtos siderúrgicos no país.

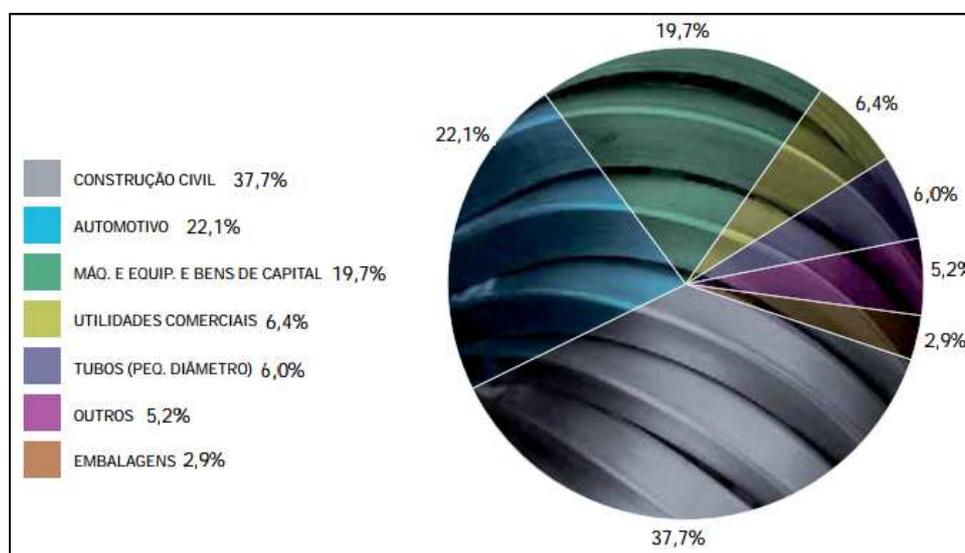


Figura 1. Distribuição do consumo de produtos siderúrgicos no Brasil [3].

Como se pôde ver na figura, os maiores consumidores de aço no país são os setores de construção civil, automotivo além do de maquinas e equipamentos e bens de capital. Esses três setores são responsáveis por aproximadamente 80% do consumo de aço no país. Adicionalmente, dados do Balanço Energético Nacional do ano de 2014 [4] apontam que o setor siderúrgico é responsável por aproximadamente 7% do consumo total de energia no país, tornando-o assim um

dos principais consumidores energéticos. Parte desse consumo está diretamente relacionado à utilização de recursos naturais como carvão e gás natural e tem como uma de suas principais consequências a emissão de gases de efeito estufa.

Paralelamente, o atual contexto energético e ambiental tem exigido cada vez mais a economia de recursos tanto a nível material quanto energético além da redução de impactos ambientais para a produção de bens, fenômeno esse definido por Norgate et al. [5] como desmaterialização. Tal contexto ocorre em função de uma série de fatores tais como a crescente consciência ambiental por parte das indústrias e da sociedade aliada à escassez dos recursos naturais em função de sua exploração e utilização pelas atividades humanas.

Desse modo, seria interessante a adoção de medidas que contribuíssem com a eficiência energética e ambiental do setor siderúrgico, tendo em vista a sua importância para a sociedade. Porém, antes da elaboração de desse tipo de medidas, deve-se primeiramente analisar o processo em questão a fim de se determinar possíveis pontos de melhoria tanto a nível energético quanto ambiental. Então, o próximo tópico do capítulo é dedicado ao estudo do ciclo de vida do aço bem como as etapas de sua produção.

## 1.2 O Ciclo de Vida a as Etapas de Produção do Aço

O ciclo de vida de um produto qualquer é constituído por todas as etapas de sua vida, abrangendo desde o seu nascimento, passando por uma sequência de etapas intermediárias até a sua morte ou destinação final. Normalmente, a vida de um produto tem início com a extração da matéria prima básica que o constitui. As etapas intermediárias abrangem os processos de transformação dessa matéria prima no produto final e sua posterior utilização. Por fim, a morte de um produto ou fechamento do ciclo termina com a sua disposição final ou reciclagem.

No caso do aço, utilizado na fabricação de uma gama de produtos, as etapas básicas do seu ciclo de vida podem ser visualizadas na Figura 2 [6] bem como alguns dos produtos mais conhecidos produzidos a partir desse material.

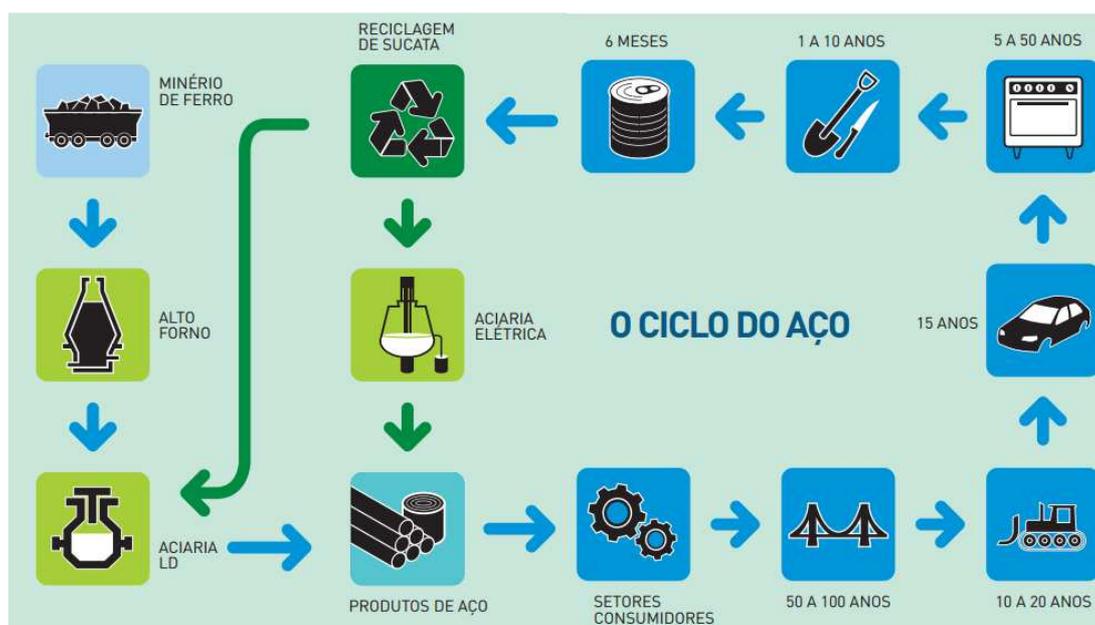


Figura 2. Ciclo de vida do aço [6].

Avaliando-se o ciclo de vida do aço, apresentado na figura anterior, conclui-se que existem duas possibilidades (rotas) para obtenção desse metal. A primeira alternativa é conhecida como rota integrada ou processo siderúrgico primário e produz o aço dito como não reciclado. A segunda alternativa de produção é conhecida como rota semi-integrada ou processo siderúrgico secundário e produz o aço dito como reciclado.

Basicamente, a rota integrada consiste na transformação do minério de ferro, extraído da crosta terrestre por meio de processos de mineração, em ferro gusa através de reações físico-químicas que ocorrem em um alto forno. Posteriormente, o ferro gusa é transformado em aço através da remoção do excesso de carbono contido no ferro gusa. Tal transformação ocorre na aciaria. Complementarmente, a rota integrada de produção também utiliza sucata metálica como parte dos insumos para a produção de aço não reciclado. Em contrapartida, a rota semi-integrada consiste apenas na fusão de sucatas metálicas recicladas provenientes de várias fontes tais como estruturas metálicas, carros, tratores e fogões.

Então, se existem duas alternativas para a produção de aço é conveniente determinar qual delas consome as menores quantidades de materiais e energia e gera os menores impactos ambientais em virtude das exigências do atual contexto energético e ambiental. Para tal finalidade faz-se necessário a utilização de uma ferramenta (metodologia) capaz de avaliar de forma criteriosa os processos siderúrgicos em questão. Essa ferramenta é a Análise de Ciclo de Vida (ACV) que será abordada em mais detalhes no segundo capítulo do trabalho.

Adicionalmente, como existem várias possibilidades de utilização de sucatas metálicas para a produção do aço, deve-se definir também um processo capaz de suprir as necessidades do setor siderúrgico em relação às sucatas metálicas recicladas. O processo sugerido é o de reciclagem veicular, baseado no modelo japonês, que será discutido em mais detalhes no segundo capítulo do trabalho.

Também serão explicados os fatores que justificam a escolha da reciclagem veicular como fonte de sucata metálica para o setor siderúrgico e a utilização da ACV como ferramenta de comparação entre processos industriais.

Enfim, essa comparação entre os processos siderúrgicos de produção do aço e a utilização de sucatas metálicas proveniente da reciclagem de veículos para a produção desse metal são os principais objetivos do trabalho, detalhados no tópico seguinte.

### 1.3 Objetivos do Trabalho

Este trabalho apresenta três objetivos principais que são:

- I. Definir uma fonte de sucata metálica para a indústria siderúrgica em virtude da possibilidade de obtenção do aço a partir dessa fonte.
- II. Determinar qual das rotas de produção do aço, integrada (sem reciclagem metálica) ou semi-integrada (com reciclagem metálica), consome as menores quantidades de materiais e energia para cada 1 tonelada de aço bruto produzido.
- III. Determinar também qual dessas formas de produção do aço produz os menores impactos ambientais a cada 1 tonelada de aço bruto produzido.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse capítulo do trabalho é composto por duas etapas. A primeira abrange de forma simplificada o processo de reciclagem veicular além dos fatores que favorecem a sua escolha como uma das possíveis fontes de sucata metálica reciclada para a indústria siderúrgica. A segunda etapa é destinada ao estudo da ferramenta (metodologia) de análise de ciclo de vida e como ela será aplicada no trabalho para comparar ambas as rotas de produção do aço. Ambas as etapas deste capítulo são embasadas por diversos estudos apresentados na literatura e que analisaram situações reais.

### 2.1 Fonte de Sucata Metálica para a Indústria Siderúrgica – O Processo de Reciclagem Veicular

Conforme exemplificado na Figura 2, existem várias possibilidades de fornecimento de sucata metálica para o setor siderúrgico. Dentre elas está reciclagem de veículos em fim de vida útil ou ELV's (ELV – End of Life Vehicle). Os ELV's são definidos por Castro [7] como “os veículos que não oferecem condições seguras de tráfego, veículos acidentados ou em condições de perda total, além dos automóveis cuja reparação não é economicamente viável”.

Basicamente, a reciclagem veicular consiste na retirada dos ELV's das ruas ou de outros lugares, seguido da desmontagem dos mesmos em locais apropriados. Depois de desmontados, certos componentes podem ser reaproveitados como, por exemplo, o motor. Outros componentes devem ser descartados dentre os quais estão itens de segurança, como os freios e air bag. Fluidos dos sistemas de freio e ar condicionado são removidos e enviados para empresas que farão o seu descarte de forma apropriada. As partes restantes do veículo, tais como a carroceria, serão trituradas e o metal resultante será utilizado como matéria prima para produção de aço na indústria siderúrgica. Essa forma de reciclagem é baseada no modelo japonês e visa o reaproveitamento de praticamente todas as partes do veículo. As etapas do processo de reciclagem veicular são apresentadas detalhadamente por Castro [7].

Esse processo foi escolhido em função de uma série de benefícios que ele pode proporcionar, não só para o setor siderúrgico, mas para outros segmentos da indústria e para a sociedade de modo geral. Dentre esses benefícios estão os relacionados com mobilidade urbana.

Atualmente, segundo dados do DETRAN [8], existem cerca de 48 milhões de carros no país, muitos deles em condições precárias de funcionamento, o que têm gerado graves acidentes e problemas de mobilidade urbana. Adicionalmente, estatísticas da ANFAVEA [9] mostram que se tem produzido em média 3,5 milhões de automóveis anualmente nos últimos anos, dentre carros de passeio, carros comerciais leves, caminhões e ônibus. Tal fato agrava ainda mais os já existentes problemas de mobilidade urbana. Inserida nesse cenário, a reciclagem veicular poderia amenizar essa situação na medida em que a frota de carros antiga fosse reciclada e substituída pela nova. Desse modo não ocorreria acúmulo de automóveis nas cidades.

Ainda, outra característica que beneficia a reciclagem de veículos está na duração do ciclo de vida do automóvel em comparação a outros produtos fabricados em aço, tais como estruturas metálicas, fogões e tratores. Se compararmos o tempo do ciclo de vida de um veículo com os outros produtos listados anteriormente percebe-se

que o ciclo de vida de um automóvel possui uma duração menor [6]. Isso faz com que a sucata metálica proveniente de veículos esteja disponível para reciclagem e conseqüentemente para a indústria siderúrgica num tempo menor em comparação aos outros produtos feitos em aço.

Outro ponto a favor da reciclagem veicular está no fato de que em média um único automóvel de passeio possui 60% de seu peso em aço, o que corresponde em média a aproximadamente 0,6 toneladas desse metal, desse modo, um único veículo reciclado forneceria uma quantidade considerável de aço. Seguindo essa linha de raciocínio, caso fosse considerado que os 3,5 milhões de automóveis produzidos anualmente contenham essa quantidade de aço, e caso essa quantidade de veículos fosse reciclada anualmente para se amenizarem os problemas de mobilidade urbana, ter-se-ia uma quantidade de aço reciclado produzido correspondente a 6,2 % da produção anual do país. Desse modo, um veículo antigo seria utilizado para produzir um novo e conseqüentemente seriam reduzidos os impactos ambientais e consumo energético relativos à extração de material virgem do meio ambiente, conforme será discutido posteriormente.

## **2.2 Ferramenta para Avaliação e Comparação de Processos Industriais – Análise de Ciclo de Vida (ACV)**

Conforme dito anteriormente, cresce a cada dia a preocupação com o uso consciente das fontes materiais e energéticas além da preservação ambiental. Dentro desse contexto, surgiu a necessidade do desenvolvimento de ferramentas (metodologias) capazes de avaliar os impactos ambientais relacionados a processos, produtos ou serviços bem como o consumo de materiais e energia a eles associados. Dentre as metodologias desenvolvidas aquela que tem ganhado cada vez mais destaque e credibilidade na avaliação de processos industriais é a Análise de Ciclo de Vida (ACV).

Vários autores, dentre eles Norgate e Haque [10] definem a ACV como uma ferramenta capaz de avaliar de forma objetiva os impactos ambientais de várias atividades, produtos ou serviços. Essa capacidade de avaliação dos impactos ambientais de produtos e processos é um dos fatores que levaram muitas empresas a considerarem a ACV como importante ferramenta de avaliação de desempenho e gestão ambiental, conforme destacam Yellishetty et al. [11].

Complementarmente, Offei e Adekpejou [12] afirmam que essa metodologia fornece conhecimentos para avaliação de escolhas tecnológicas. Em função dessa característica, a ACV foi escolhida como a ferramenta utilizada neste trabalho para comparar as atuais tecnologias (rotas) siderúrgicas de produção do aço, esse que é um dos objetivos principais do trabalho. Nesse panorama, Yellishetty et al. [13] acreditam que a ACV é a melhor ferramenta de avaliação sustentável para os setores industriais, incluindo mineração e siderurgia.

O ponto chave de estudos de ACV são os Inventários de Ciclo de Vida (ICV). De forma simplificada, um inventário de ciclo de vida contém as informações relativas ao processo ou produto analisado em função de uma unidade funcional previamente definida. Dentre essas informações normalmente estão os materiais e insumos utilizados (carvão, gás natural, água, energia elétrica, minérios, etc.) além das emissões e resíduos gerados (gases do tipo estufa e SO<sub>x</sub>, metais pesados e outros). Essas informações são quantificadas por meio de balanços de massa e energia aplicados em pontos estratégicos do processo. Em relação à unidade funcional, ela serve como parâmetro de referência para análise do processo ou produto em

questão e muitas vezes ela é definida como uma unidade básica do processo em análise tal como 1 tonelada de aço bruto ou de minério de ferro produzido.

Então, dentro do escopo deste trabalho, buscou-se na literatura trabalhos de ACV abordando os processos siderúrgicos de produção do aço. Enfatizou-se a busca por trabalhos que possuíssem inventários de ciclo de vida, que são as fontes de dados utilizados para avaliação e comparação de processos industriais. Esses inventários serão utilizados para comparar algumas das variáveis (insumos, emissões e resíduos) associadas à produção de 1 tonelada de aço bruto (unidade funcional), considerando ambas as possíveis rotas de produção.

Dentre os principais trabalhos de ACV encontrados na literatura que possuem inventários de ciclo de vida estão aqueles publicados por Yellishetty et al. [1], Bieda [14,15] e Burchart-Korol [16]. Esses autores avaliaram o ciclo de vida do aço e quantificaram os recursos materiais e energéticos (carvão, gás natural, eletricidade e outros) bem como os impactos ambientais gerados (emissão de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e Pb) que ocorrem durante as etapas de produção desse metal. Finalmente, após a análise desses inventários, são apresentados os resultados do trabalho bem como as discussões pertinentes.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados, apresentados nas Tabelas 1 e 2, baseiam-se nos inventários de ciclo de vida apresentados por Burchart-Korol [16], relativos à realidade da Polônia. Escolheu-se esse autor, pois ele quantificou simultaneamente os insumos utilizados e os impactos ambientais gerados em etapas específicas de ambas as rotas de produção do aço, desse modo mantêm-se a coerência dos dados. Complementando esses resultados, é feita uma discussão acerca dos benefícios globais proporcionados pela utilização de sucatas metálicas para produção de aço.

#### 3.1 Resultados: Análise de Inventários de Ciclo de Vida - Comparação entre o Aço Reciclado e o Não Reciclado

Os resultados apresentados na Tabela 1 [16] mostram que a produção de aço via rota semi-integrada consome menos recursos materiais em comparação à rota integrada. De modo geral, a produção de aço reciclado: consome menos recursos energéticos não-renováveis tais como coque, antracito e gás natural; consome menos água e dispensa a utilização de minério beneficiado (sínter e pelotas). Paralelamente, ocorre o aumento no consumo de eletrodos e sucatas metálicas que são insumos básicos utilizados na produção de aço via rota semi-integrada.

Ainda, observando a Tabela 1, percebe-se que a produção de aço reciclado consome mais energia elétrica comparativamente ao aço não reciclado. Esse fato está diretamente relacionado com a grande quantidade de energia necessária para fusão das sucatas nas aciarias elétricas. Porém, esse fato é compensado pela grande economia de recursos energéticos não renováveis (coque, antracito e gás natural), proporcionada pela produção de aço via rota semi-integrada.

Complementarmente, os resultados apresentados na Tabela 2 [16] mostram que a produção de aço via rota semi-integrada gera menos impactos ambientais comparativamente à rota integrada. De modo geral, a produção de aço reciclado: emite menos poluentes gasoso, tais como os causadores do efeito estufa (CO<sub>2</sub>) e da chuva ácida (SO<sub>2</sub>); gera menos resíduos líquidos; emite menos metais pesados e tóxicos, como por exemplo, o chumbo (Pb).

**Tabela 1.** Inventário de ciclo de vida: insumos consumidos na produção de 1 ton. de aço [16]

Unidade Funcional 1 tonelada de aço bruto produzido	Unidade	Rota Integrada (aço não-reciclado)					Rota Semi-integrada (aço reciclado)		Economia pela reciclagem (%)
		Beneficiamento (Sinterização)	Preparação da cal	Alto forno (Redução)	Aciaria (Refino)	Total	Aciaria elétrica (Fusão de sucatas)		
Consumo de materiais									
Entradas - Insumos consumidos	Minério sinterizado	Kg	0	0	1307,71	0	1307,7	0	100
	Pelotas	Kg	0	0	250	0	250	0	100
	Calcário (limestone)	Kg	180,16	123,13	0	0	303,29	0	100
	Água corrente	m <sup>3</sup>	0	0	0,35	90,6	90,95	0	100
	Água de resfriamento	m <sup>3</sup>	0,43	0	23,08	0	23,51	0	100
	Sucata metálica	Kg	0	0	0	295,54	295,54	1201,21	306,4 (aumento)
	Cal viva (quicklime)	kg	20,61	0	0	62,46	83,07	44,7	46,19
	Refratários	kg	0	0	0	63,19	63,19	59,44	5,93
	Eletrodos	kg	0	0	0	0	0	2,21	100 (aumento)
	Consumo de recursos energéticos								
	Antracito	kg	10,56	0	10,68	0	21,24	0	100
	Coque em pó	kg	59,83	0	0	0	59,83	0	100
	Coque	kg	0	0	428,27	0	428,27	0	100
Gás natural	m <sup>3</sup>	0	5,53	0,39	0,41	6,33	4,71	25,59	
Eletricidade	kWh	79,2	2,52	25,52	27,8	135,04	416,89	208,7 (aumento)	

**Observação:** a coluna "Total" nas Tab. 1 e 2 refere-se soma das variáveis relativas à cada uma das etapas da rota integrada.

**Tabela 2.** Inventário de ciclo de vida: impactos ambientais gerados na produção de 1 ton. de aço [16]

Unidade Funcional 1 tonelada de aço bruto produzido	Unidade	Rota Integrada (aço não-reciclado)					Rota Semi-integrada (aço reciclado)		Economia pela reciclagem (%)
		Beneficiamento (Sinterização)	Preparação da cal	Alto forno (Redução)	Aciaria (Refino)	Total	Aciaria elétrica (Fusão de sucatas)		
Emissões Gasosas									
Saídas - Impactos ambientais gerados	CO <sub>2</sub>	kg	377,1	50,5	808,5	29,5	1265,6	269	78,75
	SO <sub>2</sub>	g	1014	0	10	6	1030	7	99,32
	NO <sub>2</sub>	g	773	6	18	4	801	1	99,88
	CO	kg	25,8	0,005	0,9	4,7	31,405	2,7	91,40
	Metais pesados								
	Pb (Chumbo)	g	6,11	0,03	0,05	0,97	7,16	0,53	92,60
	Cr (Cromo)	g	0,04	0	0,02	0,13	0,19	0,09	52,63
	Cd (Cádmio)	g	0,12	0	0	0,05	0,17	0,09	47,06
	Cu (Cobre)	g	0,67	0,03	0,49	3,22	4,41	0,13	97,05
	Zn (Zinco)	g	1,08	0,08	0,9	7,82	9,88	10,97	11,03 (aumento)
	Ni (Níquel)	g	0,06	0	0,07	0,29	0,42	0,04	90,48
	Resíduos / Rejeitos								
	Líquidos	m <sup>3</sup>	0,39	0,39	0,2	1,12	2,1	0,54	74,29
Refratários	kg	0	0	0,57	5,77	6,34	7,43	17,19 (aumento)	

**Observação:** a coluna "Economia pela reciclagem (%)" nas Tab. 1 e 2 refere-se ao percentual economizado em cada uma das variáveis quando se comparam ambas as rotas de produção do aço.

Então, como a obtenção do aço reciclado baseia-se apenas na fusão de sucatas metálicas evitam-se uma série de processos físico-químicos responsáveis pelo consumo de materiais e pela geração de impactos ambientais, como os que ocorrem em altos fornos e durante as fases de beneficiamento do minério de ferro.

Ressaltando que os resultados apresentados têm como base dados referentes à Europa (Polônia). Sendo assim, os valores absolutos referentes à realidade siderúrgica europeia podem ser diferentes da realidade brasileira, tendo em vista as diferentes matrizes energéticas e disponibilidade de recursos naturais. Entretanto, o comportamento geral apresentado nos inventários tende a se manter (exemplo: redução nas emissões de CO<sub>2</sub>). A escolha de dados referentes à realidade europeia se deve em razão da falta de dados disponíveis para o público no Brasil.

### 3.2 Discussão – Benefícios Globais da Utilização de Sucatas Metálicas Provenientes de Veículos Reciclados para a Produção de Aço

O reaproveitamento ou a reciclagem de recursos foi prevista por Jacobs [17] no ano de 1970 através da icônica frase: “As cidades de hoje serão as minas de amanhã”. Essa colocação descreve o momento atual da sociedade onde a escassez de recursos será suprida por meio da reutilização dos recursos já existentes em detrimento da extração de novos recursos do meio ambiente, fato esse que também é defendido por Norgate e Haque [10] e que abrange também a reutilização de materiais metálicos, incluindo o aço.

Esse comportamento se deve ao fato de que os recursos naturais disponíveis ficam cada vez mais escassos ao longo dos anos e conseqüentemente mais caros. Paralelamente, a demanda por produtos e serviços, dentre eles a produção de aço, continua crescendo conforme estudo apresentado por Yellishetty et al. [1]. Seguindo essa linha de raciocínio, Swart e Dewulf [18] acreditam que esse fato está condicionado à dependência da indústria e da sociedade em relação ao consumo de recursos metálicos.

Inserida nesse contexto, a produção de aço proveniente de veículos reciclados poderia funcionar como complemento ao processo siderúrgico primário. Adicionalmente, Norgate et al. [5] defendem que a utilização de aço reciclado proporcionaria uma economia de recursos naturais utilizados e impactos ambientais gerados provenientes dos processos de mineração. Isso por que a produção de aço reciclado dispensa várias das etapas constituintes da rota integrada, dentre elas a extração e o beneficiamento do minério de ferro. Etapas essas que são grandes consumidoras de energia e causadoras de impactos ambientais, conforme analisado por Yellishetty et al. [19].

Ainda, dentro de uma ótica econômica, um estudo publicado por Muller et al. [20] defende que “é sempre mais barato reciclar o aço do que obtê-lo através do processo tradicional de mineração”. Soma-se a isso o fato de que o aço tem um potencial de reciclagem ilimitado, como apontam Norgate et al. [5].

Finalmente, destacando ainda mais a importância da reciclagem no processo produtivo do aço, o estudo apresentado por Yellishetty et al. [1] aponta que quase todos os países produtores de aço buscam aumentar a sua taxa de reciclagem e que nos Estados Unidos as maiores taxas de reciclagem estão associadas ao setor automotivo.

## 4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a obtenção do aço bruto por meio da utilização de sucatas metálicas recicladas apresenta uma série de benefícios para a indústria e para a sociedade, tais como: a economia de recursos naturais e energéticos dentre eles coque, gás natural e água. Paralelamente, também são reduzidos os impactos ambientais gerados como, por exemplo, a emissão de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e Pb. Ainda, conclui-se também que a reciclagem de veículos, além de fornecer matéria prima para a produção de aço, possui potencial para resolver problemas relacionados à mobilidade urbana, recursos naturais e impactos ambientais.

## REFERÊNCIAS

- 1 Yellishetty M, Mudd GM, Ranjith PG, Tharumarajah A. Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. *Environmental Science & Policy*. 2011;14(6):650-663.

- 2 World Steel Association, Annual Crude Steel Production [página da internet]. Bruxelas, Bélgica: World Steel Association, 2015 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: <http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2015/World-crude-steel-output-increases-by-1.2--in-2014.html>.
- 3 Instituto Aço Brasil. Relatório de Sustentabilidade 2014. 2014 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: [http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Relatorio%20de%20Sustentabilidade\\_2014\\_web.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Relatorio%20de%20Sustentabilidade_2014_web.pdf)
- 4 Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional. Ano base 2013. 2014 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf).
- 5 Norgate TE, Jahanshahi S, Rankin WJ. Assessing the environmental impact of metal production processes. *Journal of Cleaner Production*. 2007;15(8):838-848.
- 6 Instituto Aço Brasil. Sustentabilidade na Indústria do Aço.2009 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: [http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Folder\\_Meio%20Ambiente%202011.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Folder_Meio%20Ambiente%202011.pdf).
- 7 Castro DE. Reciclagem e Sustentabilidade na Indústria Automobilística, Belo Horizonte; 2012. Disponível em: <http://www.savemotors.com.br/site/downloads/Reciclagem-e-Sustentabilidade-na-Industria-Automobilistica.pdf>
- 8 Departamento de Trânsito (DETRAN). Frota Nacional 2014. 2014 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>
- 9 Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Anuário da Indústria Automobilística Brasileira. 2015 [acesso em 6 abril 2015]. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>.
- 10 Norgate T, Haque N. Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations. *Journal of Cleaner Production*. 2010;18(3):266-274.
- 11 Yellishetty M, Ranjith PG, Tharumarajah A, Bhosale S. Life cycle assessment in the minerals and metals sector: a critical review of selected issues and challenges. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2009;14(3):257-267.
- 12 Awuah-Offei K, Adekpedjou A. Application of life cycle assessment in the mining industry. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2011;16(1):82-89.
- 13 Yellishetty M, Mudd GM, Ranjith PG. The steel industry, abiotic resource depletion and life cycle assessment: a real or perceived issue?. *Journal of Cleaner Production*. 2011;19(1):78-90.
- 14 Bieda B. Life cycle inventory processes of the Mittal Steel Poland (MSP) SA in Krakow, Poland—blast furnace pig iron production—a case study. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2012;17(6):787-794.
- 15 Bieda B. Life cycle inventory processes of the ArcelorMittal Poland (AMP) SA in Kraków, Poland—basic oxygen furnace steel production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2012;17(4):463-470.
- 16 Burchart-Korol D. Life cycle assessment of steel production in Poland: a case study. *Journal of Cleaner Production*. 2013;54:235-243.
- 17 Jacobs J. The economy of cities. *The economy of cities*.(1970)
- 18 Swart P, Dewulf J. Quantifying the impacts of primary metal resource use in life cycle assessment based on recent mining data. *Resources, Conservation and Recycling*.2013;73:180-187.
- 19 Yellishetty M, Ranjith PG, Tharumarajah A. Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable?. *Resources, conservation and recycling*. 2010;54(12):1084-1094.
- 20 Müller D B, Wang T, Duval B, Graedel TE. Exploring the engine of anthropogenic iron cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.2006;103(44):16111-16116.