

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**A APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PARA ANÁLISE
DOS ASPECTOS AMBIENTAIS QUE ENVOLVEM A RECICLAGEM DE
SUCATAS NAS USINAS SIDERÚRGICAS.**

José Antonio Costa Perez

Orientador: Prof. Dr. Antônio Roberto Saad

**Tese de Doutorado, elaborada junto ao
Programa de Pós-graduação em
Geociências e Ciências Exatas – Área
de Concentração em Geociências e
Meio Ambiente, para obtenção do
Título de Doutor em Geociência e Meio
Ambiente.**

Rio Claro (SP)

Comissão Examinadora

Dr Antonio Roberto Saad

Dra Denise Navas Pereira

Dra Leda Coltro

Dr Antony Edward Pacheco Brown

Dr José Eduardo Zaine

José Antonio Costa Perez
aluno

Rio Claro, 28 de maio de 2008

Resultado: -

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado a todos
que muito me incentivaram,
apoiaram e colaboraram para a sua
realização.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, cabe ao Professor Dr Antonio Roberto Saad um grande e especial agradecimento, por representar mais que um orientador, um exemplo de pessoa e profissional, ao mesmo tempo um parceiro e um mestre, sem o qual esse trabalho não teria chegado ao final pela confiança e pela oportunidade que representou o começo de toda a minha história cujas evidências são percebidas todos os dias.

Aos colegas e amigos do primeiro momento, Lucila Caselato, Carlos Roberto dos Santos, Duvivier Guethi e Ivan de Paula Rigoletto cujo apoio importantíssimo ajudou a minimizar a insegurança e a falta de convicção da fase inicial do Curso de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente.

Aos consultores e amigos Dra Denise Navas Pereira, Dr Norival Pereira e Dr Antony Edward Pacheco Brown pela convivência enriquecedora, tanto pela amizade no campo pessoal como pelas discussões e construções no campo profissional.

Aos professores Dra Gilda Carneiro Ferreira, Dr Leandro Eugênio da Silva Cerri, Dr Vicente José Fulfaro, pelos ensinamentos e pela postura profissional sempre demonstrada.

Aos professores Dra Gilda Carneiro Ferreira, Dr Vicente José Fulfaro, e Dr Antonio Roberto Saad pelas contribuições durante as defesas de exame de qualificação e de tese, sem as quais esse trabalho seria muito mais limitado e menos relevante.

Aos pesquisadores do IISI em especial ao Lionel Aboussouan, Manager Life Cycle Assessment, International Iron and Steel Institute, pelo apoio e amizade e pelas oportunidades que me proporcionaram de conhecer na prática a Análise do Ciclo de Vida aplicada à siderurgia.

A memória de meu pai e a minha mãe, pela vida e educação e aos meus irmãos e cunhados pelo incentivo e companheirismo.

Ao Mauro, André e Andréia meus filhos, e minha nora pela paciência e pelo estímulo que sempre representaram para eu fazer cada dia mais e melhor.

À Sílvia, parceira de todas as horas, exemplo de dedicação e apoio, merecedora de todos os créditos relativos à família e à tranquilidade que esta proporciona.

Sumário

Sumário.

Índice Das Tabelas

Índice das Figuras

Índice de Quadros

Resumo	01
Abstract	02
Siglário.....	03
Definições.....	06
1. INTRODUÇÃO.....	09
1.1 FATORES SIGNIFICATIVOS NA ANÁLISE PRETENDIDA.....	12
1.1.1 Presença de algas azul-verdes nos tempos primitivos.....	12
1.1.2 Oferta Mundial de Ferro	13
1.1.3 Produção Interna	14
1.1.4 Importação	15
1.1.5 Exportação	15
1.1.6 Consumo Interno.....	16
1.1.7 Projetos em Andamento ou Previstos	18
1.1.8 Outros Fatores Relevantes.....	18
1.2. REQUISITOS LEGAIS E O SISTEMA NACIONAL DO MEIOAMBIENTE.....	19
1.2.1 O Direito Ambiental.....	19
1.2.2. Avaliação de Impacto Ambiental.....	24
1.2.3. Impactos Ambientais da Mineração.....	26
1.2.4. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas.....	24
1.2.5. Criação de Áreas Protegidas.....	28
1.3. A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA.....	28
1.3.1 O nascimento do Aço.....	28
1.3.2 A produção de Aço.....	29
1.3.3 A Produção de Aço no Mundo.....	33
1.3.4 Fabricação do Aço.....	37
1.3.4.1 Métodos utilizados para a Fabricação do Aço.....	37
1.3.4.2. Materiais que entram na fabricação do aço.....	40
2 MATERIAIS e MÉTODOS.....	41
2.1 O método de estudo seguido.....	41
2.2 Análise de Ciclo de Vida	44
2.3 A Série de Normas ISO 14000.....	49
2.3.1 Fronteiras do Sistema.....	53
2.3.2. Métodos de Análise na ACV.....	55
2.3.3. Função e Unidade Funcional.....	56
2.3.4 Sistema de Fronteiras.....	56
2.4 Processos, Cobertura Tecnológica.....	60
2.5 Ciclo de Produção/Usina/Módulo.....	60
2.6 Categorias de Dados.....	61
2.6.1 Material Recuperado e Resíduos.....	61
2.6.2 Emissões para o Ar e para a Água.....	62
2.6.3 Energias Remanescentes.....	63

3	RESULTADOS	
3	A APLICAÇÃO DA ACV NA SIDERURGIA.....	64
3.1	Fluxos do Inventário do Ciclo de Vida.....	67
3.1.1	Sucata ferrosa.....	67
3.1.2	Uso de água.....	68
3.1.3	Emissões atmosféricas.....	68
3.2	Co-produtos Não-Determinados.....	69
3.3	Resíduos (total).....	69
3.4	Eficiência na utilização de materiais.....	73
3.5	Aplicação da ACV na reciclagem.....	73
3.5.1	Avaliação da aplicação de dados.....	75
3.5.2	Práticas da reciclagem do aço.....	76
3.5.3	Determinações das entradas e saídas de sucatas usando a metodologia de reciclagem para o ciclo de materiais.....	78
4	DISCUSSÃO.....	79
4.1	Método do ciclo de vida múltiplo.....	83
4.2	A universalização de uma metodologia de reciclagem considerando ACV.....	86
5	CONCLUSÃO.....	89
6	REFERÊNCIAS.....	94
7	BIBLIOGRAFICA CONSULTADA.....	98
8	ANEXOS.....	105

Índice de Tabelas

Tabela 1: Lista de Produtos coberto pelo estudo.....	56
Tabela 2: Número de estágios de processo representado no estudo para produção de aço.....	61
Tabela 3: Emissões na Siderurgia.....	63
Tabela 4: Produção de aço bruto no mundo, 1950 a 2006.....	33
Tabela 5: Os 10 países maiores produtores de aço no mundo (Mt/Ano).....	35
Tabela 6: Entradas e saídas do processo para produzir 1 kg de aço líquido.....	40
Tabela 7: Principais resíduos, rota alto-forno(bobinas de tiras a quente, valores médios).....	70
Tabela 8: Principais resíduos para ferros redondos e barras na rota, EAF,(valores médios)....	71
Tabela 9: Outros recursos Naturais (valores médios) usados para fabricação de aço bruto.....	71
Tabela 10: Produto: Bobina de Tiras a Frio Acabada, Rota do Alto-Forno, Média Mundial, para produção de 1kg de aço.....	72
Tabela 11: Índice de Recuperação para produtos em aço baseado em dados do SRI, 2005 dos Estados Unidos da América.....	77
Tabela 12: Legislação Ambiental.....	114

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – ACV Visão geral do sistema.....	57
Gráfico 2: Balanços de Massa e de Energia para uma usina integrada.....	58
Gráfico 3: Balanços de Massa para uma usina a Forno Elétrico de Indução.....	59
Gráfico 4 - Índice Médio de Crescimento do aço.....	34
Gráfico 5: Crescimento da Produção Mundial do Aço.....	34

Índice de Quadros

Quadro 1 – Reserva e produção mundial de ferro em 2005	14
Quadro 2 – Capacidade Instalada de Siderurgia Brasileira – 2007.....	17
Quadro 3: ACV compilação de dados no ICV e a sua avaliação das suas implicações nos itens ambientais.....	46
Quadro 4: Siderurgia Brasileira - Síntese	30
Quadro 5: Indicadores da Siderurgia Brasileira.....	31
Quadro 6: Siderurgia Brasileira e Mundial.....	32
Quadro 7: Produção Brasileira de Aço Bruto 2006.....	32
Quadro 8: Produção de aço por processo de lingotamento 2006.....	32
Quadro 9: produção de aço bruto: 2001, 2006, 2007.....	36
Quadro 10: Rotas de Fabricação de Aços: Rota de Usina Integrada e Rota do EAF.....	39
Quadro 11: Conexão entre rotas de processos primária/secundária da produção do aço.....	78
Quadro 12: Representação na distribuição de sucata para construção de um sistema.....	80
Quadro 13: Simplificação de um processo de ACV pela integração da manufatura e final de vida e informações das sucatas.....	82
Quadro 14: Representação da distribuição do consumo de sucata nos processo BF/BOF.....	83
Quadro 15: Sucata bruta consumo/produção dentro do ciclo de vida.....	85
Quadro 16: Um diagrama do sistema de ACV para 1 kg de uma barra de aço, usado na estrutura de um prédio.....	85
Quadro 17: metodologia a ser desenvolvida para avaliação dos aspectos que envolvem a Etapas de uma ACV, segundo a ISO 14040:2006.....	44
Quadro 18: Exemplo de um conjunto de processos elementares dentro de um sistema de produto.....	44
Quadro 19: Avaliação de impactos no ciclo de vida.....	51
Quadro 20: Conceito Geral de Impacto ambiental.....	113

Siglário.

AA - Auditorias Ambientais

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais

ABGE – Associação Brasileira de Geologia e Engenharia Ambiental

ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos

ADA - Avaliação de Desempenho Ambiental

ADIMB – Agência para o Desenvolvimento da Indústria Mineral Brasileira

ANM – Agência Nacional de Mineração

APROMIN – Associação Brasileira de Profissionais da Mineração

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CCQ - Círculos de Controle da Qualidade.

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

CBMM – Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração

COPELMI – Companhia de Pesquisas e Lavras Minerais

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

CFEM – Compensação Financeira por Exploração dos Recursos Minerais

CAMMA – Conferência Anual dos Ministérios de Minas das Américas

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

COPOM – Conselho de Política Monetária

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPMF – Contribuição Provisória sobre Movimentação Financeira

CSLL – Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

CONAE – Coordenação Nacional das Associações de Empregados da CPRM

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

DEOH – Departamento de Obras Hidráulicas de Santa Catarina

DJSGI – Dow Jones Sustainability Group Index - considerado o primeiro índice global que pretendia rastrear o desempenho das companhias líderes em relação ao

desenvolvimento sustentável.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA - Environment Protection Agency

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes.

FEBRAGEO – Federação Brasileira de Geólogos

FGTS – Fundo de Garantia por Tempo de Serviço

FBCN – Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza

GAIA - Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais.

GANNA - Grupo de Análise e Normas Ambientais.

GATE – Programa Levantamentos de Informações para Gestão Territorial

INSS – Instituto Nacional de Seguridade Social

IAS - Institute of Advanced Studies.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

ICOMI – Indústria e Comércio de Minérios S/A

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IDH – Indicadores de Desenvolvimento Humano

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias

IISI – International Iron and Steel Institute.

INFOMIMET – Fontes de Informação para o Setor Mínero-Metalúrgico

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

ISA – Instituto Sócio Ambiental

ISO – International Organization for Standardization

IUM – Imposto Único sobre Minerais

LI – Licença de Instalação

LO – Licença de Operação

LP – Licença Prévia

MERCOSUL – Mercado Comum do Sul

MBR – Minerações Brasileiras Reunidas

MF – Ministério da Fazenda

MINFRA – Ministério da Infra-Estrutura

MME – Ministério de Minas e Energia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

ONU – Organização das Nações Unidas.

PIS – Programa de Integração Social

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

PAE – Plano de Aproveitamento Econômico

PCA – Plano de Controle Ambiental

PPA – Plano Plurianual

PNH – Programa Nacional de Hidrologia

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SRF – Secretaria da Receita Federal

SMM – Secretaria de Minas e Metalurgia

SDS – Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SIECOM – Sistema de Informações em Economia Mineral

SBGf – Sociedade Brasileira de Geofísica

SBG – Sociedade Brasileira de Geologia

SBGq – Sociedade Brasileira de Geoquímica

SAGE - Strategic Action Group on the Environment

SGA - Sistema de Gestão Ambiental

TDM – Título de Direito Minerário Único

UNDP – United Nations Development Program

UNEP – United Nations Environmental Program

UNU - United Nations University

WRI - WORLD Resources Institute

Resumo

A reciclagem de sucatas é vital para a produção de um novo aço. Na produção do aço a reciclagem contribui para a conservação de energia ao mesmo tempo em que preserva os recursos naturais da terra. Aços obsoletos são necessários para economia, meio ambiente e desempenho da sustentabilidade social, pois podem ser continuamente regenerados em um sistema complementar das rotas de produção do alto-forno ou forno elétrico. O aço mantém suas propriedades através de sucessivos ciclos de reciclagem sem a perda da qualidade, portanto, ele pode ser reciclado inúmeras vezes. O seu manuseio e a sua separação dos outros materiais ocorre facilmente devido as suas propriedades magnéticas naturais. Os aços são fabricados em aciaria a oxigênio (BOF), utilizando principalmente o ferro gusa já no forno elétrico a arco (EAF) utiliza principalmente a sucata. Quando o aço é reciclado, o processo de produção é totalmente otimizado pelo reuso e reciclagem de energia, processamento de gases, água, vapor, poeiras, escória, e muitos outros co-produtos. Nesta Tese foi utilizada a ACV para analisar os produtos e atividades humanas, descrevendo de maneira arbitrária e simplificada como a reciclagem de sucata contribui eficientemente para redução dos impactos dos materiais no meio ambiente.

Abstract

The recycling of scrap steel is vital to the production of new steel. Recycling conserve energy in the production of new steel as well as to preserve the earth's resources. Obsolete steel is continually being regenerated through a complementary system of blast furnace and electric arc furnace steelmakers are necessary to further the industry's economic, environmental, and social sustainability performance. Steel maintains its properties through successive product cycles without a loss of quality, it can be recycled an unlimited number of times. It is easy to handle and separate from other materials in the recycling stream due its natural magnetic properties. Steel is made either by the basic oxygen furnace (BOF) route, mainly from pig iron (molten iron), or by the electric arc furnace (EAF) route, mainly from recycled scrap steel. When steels are recycled, the whole production process is optimized to reuse and recycle energy, process gasses, water, steam, dust, slag's and many other by-products. A LCA methodology is used to analyze the impact of goods and human practices on the environment, describe it in an arbitrary and oversimplified manner and how effective is recycling in reducing the environmental impact of a material on the environment.

DEFINIÇÕES.

Agenda 21.

constitui um plano de ação que tem como objetivo colocar em prática os programas e efetivas ações para frear o processo de degradação ambiental e promover o desenvolvimento sustentável.

A Carta da Terra ou Declaração do Rio.

visa, entre outros aspectos, estabelecer acordos internacionais que respeitem os interesses de todos e protejam a integridade do sistema global de ecologia e desenvolvimento

Conferência sobre Mudança no Clima, (realizada em Kioto no Japão e conhecida como RIO +5)

o objetivo proposto era estabilizar a concentração de gases que provocam o efeito estufa em níveis que não causem mudanças prejudiciais no clima.

Eco-Eficiência (DE SIMONE & POPOFF -1997).

eco-eficiência é entendida como a combinação de bens e serviços a preços competitivos que satisfazem as necessidades humanas e proporciona qualidade de vida, enquanto progressivamente reduz o impacto ecológico e a intensidade de uso dos recursos através do ciclo de vida, para um nível pelo menos em consonância com a capacidade de carga do planeta Terra”.

sustentável

quando se quer referir a um conjunto de características desejáveis sob vários aspectos.

Desenvolvimento Sustentável (Segundo KINLAW,1997, p. 71).

A macrodescrição de como todas as nações devem proceder em plena cooperação com os recursos e ecossistemas da Terra para manter e melhorar as condições econômicas gerais de seus habitantes presentes e futuras, concentrando-se políticas nacionais e internacionais. Já o Desempenho Sustentável é a macrodescrição daquilo que cada empresa ou indústria deve fazer para traduzir o conceito de desenvolvimento sustentável em práticas empresariais, partindo da premissa que, para que as nações sobrevivam as empresas dessas nações precisam sobreviver e, para que as empresas sobrevivam, precisam obter lucro.

sustentabilidade social.

segundo o sociólogo francês, se entende como a criação de um processo de desenvolvimento sustentado pela visão de uma sociedade justa e de uma civilização com maior equidade na

distribuição de renda e de bens, reduzindo o abismo entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres (SACHS, 1993, p.14-18).

tecnologia limpa.

Este conceito foi desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e significa aplicar, de forma contínua, uma estratégia ambiental aos processos e produtos de uma indústria, a fim de reduzir riscos ao meio ambiente e ao ser humano.

Emissão Zero

A Iniciativa para a Pesquisa em Emissão Zero (ZERI, por sua sigla em inglês Zero Emissions Research Initiative) foi lançada pela Universidade das Nações Unidas (UNU - United Nations University) em 1994, como parte do Programa de Eco-Reestruturação para o Desenvolvimento Sustentável do Instituto de Estudos Avançados (IAS - Institute of Advanced Studies), ligado àquela universidade (PAULI, 1996, p. 14).

Meio Ambiente.

Segundo o jurista José Afonso da Silva:

“Meio Ambiente é a interação do conjunto de elementos naturais, artificiais e culturais que propiciam o desenvolvimento equilibrado da vida em todas as suas formas”.

Meio Ambiente (Segundo Política de Meio Ambiente, Decreto Federal nº 99.274/90) o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

Degradação da Qualidade Ambiental (Segundo Política de Meio Ambiente, Decreto Federal nº 99.274/90) a alteração adversa das características do meio ambiente

Poluição (Segundo Política de Meio Ambiente, Decreto Federal nº 99.274/90)

Degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos

Impacto Ambiental segundo **Resolução CONAMA nº 001/86** do (Conselho Nacional de Meio Ambiente, em seu art. 1º)

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (CHEHEBE, 1998).

é um método técnico para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a retirada dos recursos da natureza até a disposição do produto final. Esta técnica auxilia na identificação de prioridades e afasta-se do enfoque tradicional *end-of-pipe* (tratamento no final do processo) para a proteção ambiental.

1. INTRODUÇÃO

Os assuntos ambientais cada vez mais têm assumido uma importância crescente na sociedade como um todo, tanto para os órgãos do Governo como para as indústrias e comunidades. As tendências atuais de desenvolvimento econômico neste início de século XXI apontam para uma demanda futura de recursos naturais incapaz de serem atendidas pelo planeta, tanto em termos de fornecimento de matérias-primas para a produção quanto em termos de absorção dos resíduos originados pela cadeia produtiva. A noção de cadeia de responsabilidade vem estabelecer para a indústria e para a sociedade, como um todo, uma nova regra geral. Passa-se a considerar não somente a operação de manufatura propriamente dita, como também o uso do produto relacionado com todas as suas etapas de vida até a sua disposição final.

A ênfase para vários produtos e especialmente, para o aço, tem se voltado cada vez mais para o enfoque específico do produto e não apenas de seu processo de fabricação, onde se busca cada vez mais a reciclagem e deste modo se reduz matérias-primas obtidas diretamente de minério de ferro. Estão surgindo, de forma progressiva, inúmeras regulamentações que colocam em destaque os assuntos ambientais relativos aos produtos em geral. Como exemplo, podem-se citar as regulamentações européias para selos verdes, aplicadas a partir dos resultados dos estudos de ciclo de vida para diferentes produtos.

O desenvolvimento desta Tese faz uma análise de quanto pode ser reduzido de impacto ambiental e quanto isto beneficia e contribui para a sustentabilidade do Planeta Terra a partir da avaliação dos aspectos ambientais relativos à reciclagem do aço: as sucatas.

O aço é considerado como sendo um dos materiais mais utilizados pela sociedade moderna. Ele entra na constituição básica da maioria dos produtos de grande consumo. A produção anual de aço atingiu 1.343,5 milhões de toneladas em 2007 (*International Iron and Steel Institute-IISI*, 2008) e esta produção ocorre atualmente pela combinação do uso de minério de ferro e carvão e da reciclagem do aço após o seu final-de-vida, através das sucatas. O aço cuja produção ocorre principalmente a partir de matérias primas virgem, tanto a sua produção como a sua utilização afetam de diferentes maneiras o meio ambiente.

A partir da avaliação dos aspectos ambientais que envolvem a reciclagem do aço é feita uma análise de como o aço está sendo fabricado atualmente no mundo e quais alternativas estão sendo empregadas, bem como as novas propostas que estão sendo

apresentadas para a minimização desses impactos e para a redução do consumo de recursos naturais, energia e água.

Está sendo utilizada como elemento básico desta Tese a metodologia de ACV para a avaliação global dos impactos ao meio ambiente desde a sua produção até a sua utilização. A ACV tem sido considerada pela indústria Siderúrgica como sendo uma metodologia que fornece à comunidade um perfil exato de referências ambientais do aço.

Quando se analisa a reciclagem de aço na indústria siderúrgica nota-se que a reciclagem cobre um espectro muito mais amplo. Não inclui somente o aço que é reciclado, mas quando se recicla a sucata de aço todo o processo de produção é otimizado, considerando o reuso e reciclagem de energia, processo de geração de gases, uso da água, geração e uso de vapor, poeiras, escória e muitos outros co-produtos.

Na produção do aço, tanto a sucata como as demais matérias-primas são produtos valiosos que incorporam energia e recursos naturais. Portanto, quanto mais alto for o índice de reciclagem nas indústrias siderúrgicas, mais produtos ambientalmente saudáveis a sociedade terá. O aumento da reciclagem e as melhorias no desenvolvimento de novos produtos mais resistentes e mais leves beneficiam tanto a conservação dos recursos naturais como a redução das emissões dos gases do efeito estufa.

Complementarmente, a reciclagem dentro do processo de produção do aço se constitui em uma valiosa ferramenta que ajuda os produtores de aço a melhorar seu desempenho com relação ao meio ambiente. Isto inclui:

- A otimização do desempenho ambiental dos processos de produção do aço;
- A produção de aços modernos e de componentes de aço que se apoiam em soluções ambientais, e
- As iniciativas para aumentar a reutilização do aço

Para uma maior consolidação deste princípio, cumpre ressaltar que, após profunda pesquisa, pode ser evidenciado que a atividade de recuperação de materiais secundários vem crescendo de importância, principalmente nos países mais desenvolvidos, motivada pela preocupação com a economia de energia implícita em suas respectivas utilizações, a acelerada exaustão das reservas de boa parte dos minérios e por uma constante preocupação com a preservação do meio ambiente. A escassez futura de diversas matérias-primas básicas, de ampla utilização nos dias atuais, pode ser facilmente diagnosticada, através de estimativas confiáveis sobre a exaustão de reserva de alguns minerais. Somente com uma mudança nos perfis de consumo ou com a reciclagem acelerada de sucata das mais diversas procedências, será possível retardar esta tendência, de forma favorável.

Em paralelo, crescem os preços da energia com a conseqüente elevação dos custos de produção, das taxas inflacionárias e a dependência do insumo petróleo e seus derivados. A busca de fonte alternativa de energia tornou-se preocupação mundial constante nos governos de todo o mundo na obtenção de energéticos substitutos, demonstrando a fragilidade de um sistema econômico dependente de um insumo vital.

Entretanto, apesar dos grandes esforços que vêm ocorrendo, a sociedade terá que conviver por mais algumas décadas com o problema, em face de impossibilidade de substanciais mudanças tecnológicas na estrutura produtiva. Mesmo com processos energéticos alternativos disponíveis, a experiência mostra que é necessário decorrer décadas até a perfeita substituição de tecnologia e a adequada absorção de novas fontes de energia, considerando a estrutura industrial existente.

Como será apresentado nesta análise, em face de substancial poupança de energia e de matérias-primas virgens, é de suma importância a utilização dos insumos secundários como as sucatas, obtidos através de recuperação de resíduos industriais ou de bens inservíveis para que se possa atravessar o período de adaptação a novos processos energéticos.

A análise que foi desenvolvida é a avaliação dos ganhos ambientais que envolvem a reciclagem do aço, pela utilização da sucata no sentido de responder a determinadas necessidades da sociedade e das organizações interessadas, tanto na proteção do meio ambiente, reduzindo os impactos relativos de suas atividades, quanto na melhoria de seus produtos, através da redução de uso de recursos naturais, água e energia.

Desta forma, foi desenvolvida então uma tese que, em resumo, seguem os seguintes itens básicos:

- Como o aço é obtido no mercado;
 - Diretamente do minério;
 - A partir de sucata;
- Quais os impactos provocados por cada um dos métodos;
- Qual a Legislação ambiental aplicável aos dois métodos;
- Quais os aspectos que envolvem uma reciclagem;
- Quais as tecnologias existentes no Brasil e no mundo (vantagens e desvantagens de cada uma):
 - Quais recursos naturais que se consome em cada um dos casos.
 - A reciclagem e seus aspectos ambientais (ar, água e solo); estudo para o caso de sucatas.
 - A sucata e a composição atual dos automóveis.

1.1 FATORES SIGNIFICATIVOS NA ANÁLISE PRETENDIDA

É sabido que as atividades que englobam o setor siderúrgico provocam grandes impactos ambientais, uma vez que tais atividades envolvem grandes volumes de recursos naturais e energia. Portanto, os seus resíduos industriais, quando eliminados sem preocupação ambiental, poderão degradar a paisagem, poluir as águas, a atmosfera e o solo. Os impactos ambientais inerentes a tais atividades expõem o homem e o meio ambiente a doenças e perigos que, em certos casos, podem ser extremamente graves.

No estudo de impactos ambientais, avaliar as possibilidades de produzir menos sucata, eliminá-las ou tratá-las corretamente é também buscar uma melhor reconciliação das empresas siderúrgicas com o meio ambiente. Foi considerada a preocupação da imagem da indústria siderúrgica como atividade utilizadora de grandes recursos naturais, em vista do público em geral, e analisar como as empresas estão atualmente respeitando este patrimônio natural.

1.1.1 Presença de algas azul-verdes nos tempos primitivos

FERRO, um metal quimicamente ativo, de uma maneira geral existe na natureza na forma de óxido. Ele está presente na crosta terrestre, porém na forma de óxidos de ferro (Fe_2O_3) e magnetita (Fe_3O_4).

Os mais importantes de todos os depósitos de minério de ferro existentes são aqueles de minério de ferro oxidados, que foram formados em escala como carga de sedimentos nas primitivas marés. Neste Período as chuvas foram fortemente ácidas, e o ferro, cuja presença era abundante na crosta terrestre, foi dissolvido por eles e uma grande quantidade da água de lavagem foi carregada para o mar.

Pesquisas paleontológicas revelaram que há 3,5 bilhões de anos atrás apareceram nos mares as cianobactérias, com a geração de oxigênio pela fotossíntese (Fairchild, TE; Boggiani, 2004). As cianobactérias são organismos comuns que hoje em dia são encontradas em todos os ambientes aquáticos.

Nesses primitivos mares, as cianobactérias se multiplicaram, gerando massivas quantidades de oxigênio, que por sua vez oxidaram o ferro dissolvido nas águas dos mares.

Os óxidos de ferro se acumularam no fundo do mar. A Terra foi formada há cerca de 4,6 bilhões de anos atrás, e as algas tiveram seu aumento gradual a cerca de 3,5 bilhões de anos, quando então se formaram as primeiras camadas sedimentares. Assim, o ferro continuou-se acumulando no fundo do mar em todo o globo terrestre, sendo que a grande escala de sedimentação ocorreu entre 2,6 bilhões e 1,8 bilhões de anos passados.

Os depósitos de minério de ferro formados através deste processo são distribuídos pelos continentes de todo o mundo. As reservas são muito vastas, o que possibilitou um fornecimento estável, para suprir a indústria siderúrgica. Os depósitos de minério de ferro, que atualmente são considerados como base da civilização moderna resultou das atividades das algas verde-azuis nos tempos primitivos, o que mostra como o ferro está integrado ao meio ambiente da Terra.

1.1.2 Oferta Mundial de Ferro

As reservas mundiais de minério de ferro (medidas mais indicadas) são da ordem de 370 bilhões de toneladas (Jesus, 2006).

O Brasil possui 7,2% dessas reservas e está em quinto lugar entre os países detentores de maiores quantidades de reservas de minério de ferro.

Em termos de metal contido nas reservas, o Brasil ocupa um lugar de destaque no cenário mundial, devido aos altos teores de ferro em seus minérios.

As reservas brasileiras estão assim distribuídas: Minas Gerais (63,7%), Pará (18,4%), Mato Grosso do Sul (16,9%) e outros estados (1,0%). O Brasil detém, ainda, reservas inferidas de cerca de 41,1 bilhões de toneladas.

A produção mundial de minério de ferro em 2005 foi de cerca de 1,5 bilhões de toneladas. A produção brasileira representou 18,5% da produção mundial, conforme pode ser observado no quadro 1, a seguir:

Reserva e Produção Mundial

Discriminação Países	Reservas ⁽¹⁾ (10 ⁶ t)		Produção (10 ³ t)		
	2005 ^(e)	%	2004 ^(e)	2005 ^(e)	%
Brasil	26.474	7,2	261.674	280.861	18,5
África do Sul	2.300	0,6	39.000	40.000	2,6
Austrália	40.000	10,8	231.000	280.000	18,4
Canadá	3.900	1,1	28.000	30.000	2,0
Cazaquistão	19.000	5,1	20.000	19.000	1,3
China	46.000	12,4	310.000	310.000	20,4
Estados Unidos	15.000	4,1	55.000	55.000	3,6
Índia	9.800	2,6	121.000	140.000	9,2
Irã	2.500	0,7	17.000	17.000	1,1
Mauritânia	1.500	0,4	11.000	11.000	0,7
México	1.500	0,4	12.000	12.000	0,8
Rússia	56.000	15,1	97.000	95.000	6,3
Suécia	7.800	2,1	22.000	23.000	1,5
Ucrânia	68.000	18,4	66.000	69.000	4,5
Venezuela	6.000	1,6	22.000	22.000	1,4
Outros Países	64.226	17,4	27.326	116.139	7,6
TOTAL	370.000	100,0	1.340.000	1.520.000	100,0

Fontes: DNPM/DIDEM; USGS-United States Geological Survey (Mineral Commodity Summaries – 2006). (1) Reservas medidas e indicadas; (e) Dados estimados, exceto Brasil.

Quadro 1: Reserva e produção mundial de minério de ferro.

1.1.3 Produção Interna

Segundo o DNPM/MG a produção brasileira de minério de ferro em 2005 atingiu 281,2Mt (milhões de toneladas), aumentando 7,5% em relação ao ano anterior, com um valor de R\$ 17,9 bilhões. Essa produção está dividida entre 28 empresas, que operaram 53 minas (todas a céu aberto) e utilizaram 44 usinas de beneficiamento.

A Companhia Vale do Rio Doce S/A-CVRD e as empresas nas quais a CVRD tem participação produziram 246,0Mt (+8,6 % em comparação com 2004), assim distribuídas: CVRD (Minas Gerais/MG) - 108,4Mt (+9,7%), CVRD (Pará/PA) - 72,5Mt (+4,5%), CVRD (Mato Grosso do Sul/MS) - 1,1Mt (+7,8%), Minerações Brasileiras Reunidas S/A-MBR — 48,8Mt (+15,9%) e SAMARCO Mineração S/A - 15,1Mt (-2,4%).

A Cia. Siderúrgica Nacional-CSN (MG) produziu 13,7Mt (-11,7%); a Mineração Corumbaense Reunida Ltda. (MS), 2,0Mt (+44,6%); a V & M Mineração Ltda. (MG), 3,3Mt (+11,3%), a Mineração Rio Verde Ltda. (MG), 2,8Mt (-25,3%) e a Mineração J. Mendes Ltda. (MG), 2,4Mt (+64,3%).

Essas oito empresas foram responsáveis por 96,1% da produção. Quanto ao tipo de produto, a produção se dividiu em: granulados – 18,5% e finos – 81,5% (sinterfeed – 52,6% e

pelletfeed – 28,9%). A produção brasileira de pelotas em 2005 totalizou 70,0Mt (+36,7% em relação a 2004).

A CVRD produziu, em usinas próprias (Tubarão/ES, Ponta da Madeira/MA e Fábrica/MG) e das empresas coligadas, HISPANOBRAS, ITABRASCO, NIBRASCO e KOBRASCO (Tubarão/ES), 56,0Mt (+49,7%). A SAMARCO produziu, em suas duas usinas instaladas no Município de Ubu/ES, 13,9Mt (+4,7%). O valor da produção de minério de ferro em 2005 representou 58,2% do valor da produção mineral brasileira. A indústria extrativa de minério de ferro empregou, em 2005, 31,4 mil pessoas (13,8mil com vínculo empregatício e 17,6mil terceirizados).

1.1.4 Importação

Em 2005, segundo informe de 2006 da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior-SECEX/MDIC, o Brasil importou, da Venezuela, 77t de minério de ferro com um valor de US\$-FOB 45,0 mil. As importações de semi-manufaturados totalizaram 216,5mt (mil toneladas) com um valor de US\$-FOB 76,1milhões e os principais países de origem foram: Paraguai (33,0%), Japão (18,0%), Trinidad e Tobago (12,0%), Argentina (11,0%) e Estados Unidos (5,0%).

Quanto aos produtos manufaturados as importações atingiram 744,5mt com um valor de US\$-FOB 916,9 milhões e os principais fornecedores foram: Argentina (18,0%), Áustria (14,0%), Alemanha (11,0%), França (7,0%) e Ucrânia (5,0%).

As importações de compostos químicos de ferro atingiram 13,8mt com um valor de US\$-FOB 29,2 milhões e os principais países de origem foram: Alemanha e Argentina (20,0% cada), China (16,0%), Estados Unidos (12,0%) e Itália (8,0%).

1.1.5 Exportação

As exportações brasileiras de bens primários de ferro (minério e pelotas) em 2005 atingiram 224,1Mt, com um valor de US\$-FOB 7.297 milhões, mostrando um aumento de 9,5% na quantidade e de 53,3% no valor das exportações em comparação com o ano anterior.

Os principais países de destino foram: China (24,0%), Japão (13,0%), Alemanha (12,0%), França e Coréia do Sul (6,0% cada). Os principais blocos econômicos de destino foram: Ásia – exclusive Oriente Médio (41,0%), União Européia (36,0%) e Oriente Médio

(4,0%). O crescimento no valor das exportações se deveu ao reajuste de 71,5% nos preços praticados pela CVRD em seus contratos de fornecimento.

As exportações de produtos semi-manufaturados de ferro totalizaram, em 2005, 13,1Mt com um valor de US\$-FOB 4.171 milhões e os principais importadores foram Estados Unidos (48,0%), Taiwan (10,0%), Coréia do Sul (8,0%), Tailândia e China (6,0% cada).

Foram exportados 6,6Mt de produtos manufaturados, com um valor de US\$-FOB 4.232 milhões e os principais países de destino foram: Estados Unidos (14,0%), China (13,0%), México, Chile e Argentina (5,0% cada). O Brasil exportou, ainda, em 2005, 19,5mt de compostos químicos de ferro, com um valor de US\$-FOB 18,7 milhões.

Os principais compradores foram: Estados Unidos (27,0%), Argentina (13,0%), Espanha (11,0%), Reino Unido e Alemanha (9,0% cada). Quanto aos estados de origem as quantidades exportadas de minério de ferro se dividiram em: Minas Gerais - 69,5%, Pará - 30,0% e Mato Grosso do Sul - 0,5% e, quanto ao tipo de produto, em: granulados - 9,2% e finos - 90,8%.

1.1.6 Consumo Interno

O consumo interno de minério de ferro está concentrado na indústria siderúrgica (usinas integradas e produtores independentes de ferro-gusa) e nas usinas de pelotização. Em 2005, esse consumo atingiu 132,7Mt (17,0% maior que o registrado no ano anterior).

A indústria siderúrgica consumiu 57,1Mt de minério para produzir 34,0 Mt de gusa, enquanto as usinas de pelotização, para produzir 70,0Mt de pelotas, consumiram 75,6Mt de minério.

A produção brasileira de aço bruto em 2007 totalizou 31,6Mt. (IBS, dez 2007) sendo que 2007 foi considerado como sendo o ano de resultados positivos para a siderurgia.

Em nível global, o crescimento do consumo aparente foi da ordem de 6,8% atingindo cerca de 1,20 bilhões de toneladas de produtos siderúrgicos. Foi o sexto ano de crescimento consecutivo, abrangendo praticamente todos os mercados, com a relevante exceção dos EUA.

No que se refere à produção, as estimativas do IISI indicam total da ordem de 1,23 bilhões de toneladas de aço bruto, mais de 7,5% acima do registrado em 2006.

No plano interno tivemos um ano de sucessivos recordes, tanto na produção como no consumo. A produção de aço bruto, estimada pelo IBS é de aproximadamente 34 milhões de toneladas (+ 9,9%) enquanto as vendas internas, com crescimento superior a 18%, atingiram 20,6 milhões de toneladas de produtos acabados e semi-acabados.

O aumento de demanda no mercado interno foi observado em praticamente todos os grandes setores consumidores com destaque aos bens de capital (+30,7%), construção civil (+30%), automotivo (+17,8%) e utilidades comerciais (+6%).

O consumo aparente doméstico apresentou, assim, crescimento de 19,7%, totalizando cerca de 22,2 milhões de toneladas de produtos, sendo 13,4Mt de produtos planos (+20,5%) e 8,8 Mt de produtos longos (+18,5%).

A expectativa para a siderurgia brasileira em 2008 é positiva. Estima-se (IBS, 2007) que a produção atinja a 37,6 milhões de toneladas de aço bruto, representando um crescimento de 10,8% em relação a 2007.

Tal crescimento tem como objetivo atender as expectativas dos diversos setores consumidores, assim como manter significativas exportações. Estas devem atingir a 12,4 milhões de toneladas, representando um aumento de 17,9 %. Esse crescimento será possível devido em parte ao aumento da capacidade de produção com a entrada em operação de novos projetos de expansão. Conforme pode ser visto no quadro 2 a seguir, dados de 2007, a capacidade instalada da siderurgia brasileira atingiu a 41 milhões de toneladas.

Principais Estatísticas – Brasil

Discriminação		2003 ^(r)	2004 ^(r)	2005 ^(p)
Produção	Beneficiada	(t)	230.707.428	261.674.548
	Produção/MG	(t)	169.452.824	190.181.271
	Pelotas	(t)	45.273	51.222
Exportação	Bens Primários:			
	Minério	(t)	136.927.081	157.520.672
		(10 ² US\$-FOB)	2,282,179	3,042,387
	Pelotas	(t)	37.918.963	47.246.875
		(10 ³ US\$-FOB)	1,173,742	1,716,488
	Semi e Manufaturados	(10 ³ t)	17.552	18.292
		(10 ² US\$-FOB)	4,536,180	6,549,452
Importação	Bens Primários:			
	Minério	(t)	18	36
		(10 ² US\$-FOB)	8	3
	Pelotas	(t)	77.260	59.838
		(10 ³ US\$-FOB)	1,262	1,726
	Semi e Manufaturados	(t)	884.666	724.661
		(10 ³ US\$-FOB)	519,396	638,857
Consumo Aparente ⁽¹⁾	Beneficiado	(t)	93.780.365	104.153.912
	Consumo Efetivo ⁽²⁾	(10 ³ t)	103.494	113.429
Preços	Minérios ⁽³⁾	(R\$/t)	37,44	55,05
	Minérios ⁽⁴⁾	(US\$-FOB/t)	16,67	19,31
	Pelotas ⁽⁴⁾	(US\$-FOB/t)	32,28	36,33
	Lump ⁽⁴⁾	(US\$-FOB/t)	21,68	24,55
	Sinter-Feed ⁽⁴⁾	(US\$-FOB/t)	17,58	18,93
	Pellet-Feed ⁽⁴⁾	(US\$-FOB/t)	15,37	17,56

Fontes: DNPM-DIDEM, SECEX-MDIC, SINFERBASE; (1) Produção + Importação - Exportação; (2) Consumo na indústria siderúrgica mais consumo das usinas de pelotização (1,68 t minério/t de gusa 1,08t de minério/t de pelotas); (3) Preço médio FOB-mina: minério beneficiado; (4) Preço médio FOB - Exportação; (p) preliminar; (r) revisado; (-) nulo.

Quadro 2 – Capacidade Instalada de Siderurgia Brasileira – 2007

1.1.7 Projetos em Andamento ou Previstos

Entre os projetos que a CVRD está desenvolvendo na área de minério de ferro, pelotas e infra-estrutura (com investimentos da ordem de R\$ 11,0 bilhões) destacam-se: expansão da capacidade de produção da Mina de Carajás (Parauapebas/PA) para 100,0Mt/ano; aumento da capacidade de produção da Mina de Brucutu (São Gonçalo do Rio Abaixo/MG) para 12,0Mt/ano em 2006 e 24,0Mt em 2007; aumento da capacidade de produção na mina Cauê e Conceição (Itabira/MG) para 45,0Mt/ano; expansão da mina de Fazendão (Catas Altas/MG) para 14,0Mt/ano; expansão da mina de Fábrica (Congonhas/MG) para 17,0Mt/ano; expansão do Porto de Tubarão/ES, com a ampliação dos sistemas de correia transportadora e das máquinas de pátio e a construção de novos pátios de estocagem, adicionando 10 milhões de toneladas à capacidade de movimentação do porto; expansão da usina de pelotização de Ponta da Madeira/São Luiz (MA) de 6,0 para 7,0 Mt/ano; construção de duas novas plantas de pelotização, uma em Minas Gerais e a outra no Complexo de Tubarão/ES, com capacidade de produção de 7,0Mt/ano, cada.

1.1.8 Outros Fatores Relevantes

A Lei Complementar nº 87, de 10/09/1996 (“Lei Kandir”), publicada no DOU-Diário Oficial da União em 18/09/1996, isentou as empresas produtoras de minério de ferro do recolhimento do ICMS nas exportações, a partir de janeiro/1997. O Decreto nº 01, de 11/01/1991 (DOU - 14/01/1991) regulamentou o pagamento da CFEM-Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais instituída pela Lei nº 7.990, de 11/12/1989 (DOU-14/12/1989).

A CFEM, cuja alíquota para o minério de ferro é 2,0% (dois por cento), incide sobre o faturamento líquido, definido como sendo o valor total das receitas de vendas, deduzido os impostos incidentes sobre a comercialização, as despesas de transporte e seguros. A arrecadação da CFEM é distribuída entre o Município Produtor (65,0%), Estado (23,0%) e União (12,0%). Em 2005 a arrecadação da CFEM relativa ao minério de ferro atingiu cerca de R\$ 231,4 milhões, o que representa 57,0% da arrecadação total da CFEM. sobre a comercialização, as despesas de transporte e seguros.

1.2 REQUISITOS LEGAIS E O SISTEMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

1.2.1 O Direito Ambiental

Até 1981, como “poluição” se considerava, para todos os efeitos, as emissões das indústrias que não estivessem de acordo com os padrões estabelecidos por leis e normas técnicas. Nessa época, sob o pressuposto de que toda atividade produtiva causava um certo impacto ao meio ambiente, eram toleradas as emissões poluentes que atendessem a certos parâmetros.

Esse sistema, que pode ser chamado de “ultrapassado”, era no seu todo bastante coerente:

- (i) zoneamento industrial, para confinar as empresas mais poluentes em locais próprios para absorver volumes significativos de poluição;
- (ii) licenciamento às indústrias, para dividi-las geograficamente em compasso com esse zoneamento industrial; e
- (iii) parâmetros para as emissões poluentes, como capacidade de absorver a metabolizar tais emissões.

No Brasil, somente a partir da década de 1980, é que a legislação tutelar do ambiente passou a se desenvolver com maior celeridade. Por muito tempo, predominou a desproteção total, em parte devido à concepção individualista do direito de propriedade, que sempre constituiu forte barreira à atuação do poder público na proteção ambiental.

Esse estado de coisas, que perdurou por quase cinco séculos, começou a mudar, radicalmente, no início da década de 1980, sob o influxo da onda conscientizadora emanada da Conferência de Estocolmo, de 1972. Como que para compensar o tempo perdido, ou talvez por ter a ecologia se tornado o tema do momento, passaram a proliferar, em todos os níveis de poder público e da hierarquia normativa, copiosos diplomas legais voltados à proteção do desfalcado patrimônio natural do país.

Os três marcos mais importantes da resposta à proteção ao meio ambiente foram:

- 1) A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (anexo 5), que entre outros tantos méritos teve o de trazer para o mundo do direito o conceito de meio ambiente, como objeto específico de proteção em seus múltiplos aspectos; o de propiciar o planejamento de uma ação integrada de diversos órgãos governamentais segundo uma política nacional para o setor e o de estabelecer, no artigo 14, parágrafo 1º, a obrigação do poluidor de reparar os danos causados,

segundo o princípio da responsabilidade objetiva (ou sem culpa) em ação movida pelo Ministério Público, que conta com um corpo de profissionais habilitados e já afeitos à defesa judicial dos interesses coletivos e que não responde por despesas de atos processuais, nem está sujeito ao ônus da sucumbência, podendo agir com muito maior desenvoltura e versatilidade.

Na prática, o Ministério Público procurou aparelhar-se prontamente para exercer de modo eficaz a nova atribuição. No Estado de São Paulo, como em outros, foram criadas, em todas as Comarcas, Curadorias de Proteção ao Meio Ambiente.

Não há mais dano ambiental a salvo da respectiva reparação, ou seja, não há mais tolerância na emissão de poluentes. A nova legislação baseia-se na idéia de que mesmo o resíduo poluente, tolerado pelos padrões estabelecidos, poderá causar dano ambiental e, portanto, sujeitar o causador do dano ao pagamento de uma indenização. É o conceito da responsabilidade objetiva, reitere-se, segundo o qual os danos não podem ser partilhados com a comunidade. Em essência, a responsabilidade objetiva é o que se constitui a obrigação de reparar um dano ambiental, que não tenha sido absolutamente necessário que ele tenha sido produzido em decorrência de um ato ilegal (não atendimento aos limites normativos de tolerância, concentração ou intensidade de poluentes), até porque a responsabilidade objetiva dispensa a prova de culpa. É suficiente, em síntese, que a fonte produtiva tenha produzido o dano, atendendo ou não os padrões previstos para as emissões poluentes.

A sutil diferença está em que uma empresa pode estar atendendo aos limites máximos de poluição legalmente impostos, e assim mesmo vir a ser responsabilizada pelos danos residuais causados, bastando, apenas, que se prove o nexo de causa e efeito entre a atividade da empresa e um determinado dano ambiental.

2) A Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985 (anexo 5), que disciplinou a ação civil pública como instrumento processual específico para a defesa do ambiente e de outros interesses difusos e coletivos, e que possibilitou que a agressão ambiental finalmente viesse a se tornar um caso de Justiça. Através dessa Lei, as associações civis ganharam força para provocar a atividade jurisdicional e, de mãos dadas com o Ministério Público, puderam em parte frear as inseqüentes agressões ao meio ambiente.

3) A Constituição Federal de 1988 (anexo 5), em que se fez notável o progresso na esfera do Meio Ambiente, na medida em que a Magna Carta deu ao Meio Ambiente uma disciplina rica, dedicando à matéria um capítulo próprio em um dos textos mais avançados em todo o mundo. Na esteira da Constituição Federal vieram as Constituições estaduais, seguidas das leis orgânicas dos municípios, que são verdadeiras constituições locais e alguns com sua

própria Constituição, além de grande variedade de diplomas, marcados por intensa preocupação ecológica, e que, por certo, acabarão por desaguar no futuro Código do Meio Ambiente, previsto no Programa de Reconstrução Nacional da Presidência da República.

O texto constitucional estabeleceu uma série de obrigações às autoridades públicas, incluindo:

- (i) a preservação e recuperação das espécies e dos ecossistemas;
- (ii) a preservação da variedade e integridade do patrimônio genético, e a supervisão das entidades engajadas em pesquisa e manipulação genética;
- (iii) a educação ambiental em todos os níveis escolares e a orientação pública quanto à necessidade de preservar o meio ambiente;
- (iv) a definição das áreas territoriais a serem especialmente protegidas; e
- (v) a exigência de estudos de impacto ambiental para a instalação de qualquer atividade que possa causar significativa degradação ao equilíbrio ecológico.

Outro aspecto que mereceu especial atenção do texto constitucional foi o da competência legislativa da União, dos Estados e do Município, quanto à matéria ambiental. Institutos como competência legislativa exclusiva, competência comum, competência concorrente e competência suplementar, foram exaustivamente utilizados pelos constituintes, gerando alguma confusão quando se quer saber se determinado Município pode legislar em matéria já disciplinada por lei federal ou estadual.

Interessante observar que, de certa forma, a antiga sistemática de controle dos danos ambientais convive com o novo aparato de legislação e a estrutura governamental, nascidos com a Política Nacional do Meio Ambiente.

Paralelamente ao monitoramento diário das emissões poluentes das indústrias e das fontes produtivas em geral, atuam os órgãos e os instrumentos característicos da legislação em vigor a partir de 1981, ou seja, o IBAMA, as secretarias estaduais de meio ambiente, as agências ambientais nos Estados que as possuem (CETESB, FEEMA, COPAM, IAP, CRA e outras) continuam segregando as fontes produtivas em compasso com o zoneamento industrial, e prosseguem expedindo licenças e controlando as emissões atmosféricas, os efluentes líquidos e os resíduos. Concomitantemente, atua o Ministério Público, instaurando inquéritos civis, promovendo ações civis públicas, provocando a abertura de inquéritos policiais e propondo ações penais.

Mas será que o Ministério Público, levando a “ferro e fogo” o princípio da responsabilidade objetiva, considerando a Política Nacional do Meio Ambiente, reprime todos e quaisquer danos ambientais, tenham ou não sido produzidos por desrespeito aos limites impostos às emissões poluentes, tenham ou não sido notificados pelos órgãos de monitoramento ambiental?

A rigor não, e exatamente por isso é que via de regra não são conflitantes as atuações paralelas dos órgãos administrativos de monitoramento ambiental e do Ministério Público. De fato, as fontes produtivas adequadas aos limites impostos para as emissões poluentes produzem um inegável dano residual, em maior ou menor grau, e nem por isso são compelidas a reparar esse dano, como seria de rigor no contexto da responsabilidade civil objetiva.

Na prática, somente responde pelos danos ambientais aquele que os produziu em descompasso com os limites impostos às emissões poluentes. Os órgãos administrativos de monitoramento ambiental só convocam o Ministério Público para acionar as empresas, quando o relacionamento destas com esses órgãos administrativos já tiver se deteriorado.

É óbvio que os Promotores estão atribulados com os casos já notificados pelos órgãos administrativos de monitoramento ambiental, que não lhes restam recursos humanos e materiais para reprimir todos os danos ambientais teoricamente alcançados pela implacável responsabilidade objetiva e pela nova responsabilização criminal. Sem contar que o Ministério Público é acionado e atua também por provocação da comunidade como um todo (ruídos, odores), e não apenas a partir de notificações dos órgãos administrativos de monitoramento ambiental.

O fato é que no Brasil a legislação determina que todos e quaisquer danos ambientais geram o dever de reparar, independente de terem ou não sido produzidos em desacordo com os limites estabelecidos para as emissões poluentes. A legislação também prevê penas criminais às condutas ambientalmente lesivas. Para as empresas proativas, como se diz, que obedecem a limites ainda mais restritivos que os da lei, a legislação ambiental brasileira, principalmente a nova lei criminal, não representa uma ameaça. Para as demais empresas, é chegada a hora de adaptar os seus sistemas de controle ambiental aos rigores da lei, priorizando qualquer item que represente um ponto ambientalmente vulnerável – o chamado passivo ambiental. Se já existisse um motivo econômico para evitar qualquer tipo de degradação ambiental, há a lei.

Fato é que o motivo econômico já existe, pois a concepção do desenvolvimento sustentado tem em vista a tentativa de conciliar a preservação dos recursos ambientais e o

desenvolvimento econômico. A efetivação do princípio da proteção ao meio ambiente como princípio econômico implica, obrigatoriamente, a mudança de todo o padrão de acumulação de capital, na mudança do padrão e do conceito de desenvolvimento econômico.

Um dos mais importantes instrumentos de planejamento ambiental e de intervenção de que é dotado o Direito Ambiental é o **Estudo de Impacto Ambiental**, cuja finalidade é realizar um diagnóstico antecipado das conseqüências ambientais decorrentes de atividades potencialmente degradadoras do meio ambiente, o que possibilita antecipar as conseqüências negativas e positivas e medir as alternativas apresentadas com vistas a uma opção a ser decidida pela sociedade, o que pode significar, além da redução de custos, com a melhora do processo desenvolvido pela empresa, a possibilidade de se economizar investindo em meio ambientes dadas as penalidades impostas pela lei nº 9.605/98 e demais normas regulamentadoras, que podem, inclusive, inviabilizar o desenvolvimento das atividades da empresa, caso seja atuada.

A necessidade de a empresa agir pro-ativamente se dá indiretamente por imposição legal, a exemplo da Lei nº 6.803/80 (anexo 5), que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, ao condicionar a concessão de incentivos e financiamentos às indústrias que tenham comprometimento com a preservação do meio ambiente, além do que, os projetos destinados à realocização de indústrias e à redução da poluição ambiental, em especial aqueles em zonas saturadas, terão condições especiais de financiamento, a serem definidas pelos órgãos competentes.

1.2.2 Avaliação de Impacto Ambiental

Um dos mais importantes instrumentos é a avaliação de impacto ambiental. A Resolução do CONAMA 01, de 1986 (anexo 5), considera impacto ambiental *“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais”*.

Em nível federal, o processo de avaliação de impacto ambiental está definido na Resolução do CONAMA 01/86, sendo realizado através do ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA, que se constitui em um conjunto de atividades técnico-científicas

destinadas à identificação, previsão e valoração dos impactos e à análise de alternativas. As conclusões do EIA devem ser apresentadas, de forma objetiva, no RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL–RIMA, que deve ser elaborado por profissionais legalmente habilitados, em linguagem adequada à sua compreensão pelas comunidades afetadas.

Além do EIA/RIMA, outro importante instrumento é o PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL – PCA, que é o projeto executivo do conjunto de atividades técnico-científicas destinadas a minimizar os impactos ambientais que venham a ser gerados por atividades econômicas, elaborado por profissionais legalmente habilitados.

Caberá ao órgão ambiental competente a revisão e análise técnica do EIA/RIMA e PCA, que encaminhará cópias aos órgãos públicos que tiverem relação com o projeto, informando-os e orientando-os quanto ao prazo para manifestação. O RIMA será acessível ao público, permanecendo cópias à disposição dos interessados na biblioteca dos órgãos ambientais e em outros locais a serem definidos para cada caso específico.

1.2.3 Impactos Ambientais da Mineração

De acordo com Barreto, M.L. (2001), o equacionamento da questão ambiental na mineração, por diversas razões, é diferente do dos outros setores econômicos.

O objeto da atividade mineral é a extração de um recurso natural, ao contrário dos outros setores, que simplesmente os incorporam à sua atividade produtiva. No setor mineral, também se utilizam recursos naturais como auxiliares ou componentes de seus processos produtivos, mas seu objetivo final ou objeto é a extração de um recurso natural. Nesse sentido, o setor mineral seria mais sensível ao equacionamento da questão meio ambiente *versus* desenvolvimento.

A extração de recurso natural é classificada como não-renovável. Isso porque, para essa visão e usando um *slogan* bem ilustrativo, “minério não dá duas safras”. Essa concepção teve sua maior expressão política a partir da Segunda Guerra Mundial e se estendeu até a década de 1980. Na atualidade, essa tipologia de recursos renováveis e não-renováveis é bastante discutível. Isso porque as discussões modernas sobre o assunto consideram que o recurso natural mineral somente tem valor quando se transforma em bem mineral, ou seja, quando é extraído.

A conhecida relação entre demanda e oferta, desse bem no mercado, dá-nos o seu valor real; ou seja, caso não exista demanda o seu valor desaparece. Assim, o bem mineral que hoje é usado, e, portanto, tem determinado valor, amanhã poderá não o ter e são

considerados bens não-renováveis, no sentido da manutenção da sua qualidade, e se encontram no centro das atenções ambientais.

Outro aspecto relacionado com este é que, na verdade, o recurso mineral não se esgota, simplesmente assume outras formas e propriedades. Nesse sentido, não se perde para as futuras gerações; ao contrário, o seu uso e aplicação resultam em agregação de valor e são o patrimônio ou riqueza das gerações presentes e passadas às futuras. De qualquer forma, ainda hoje a sociedade civil considera o recurso mineral como não-renovável, o que transforma o setor mineral, do ponto de vista ambiental, muito visado.

Uma vez que o objeto da atividade mineral é o próprio recurso mineral, é impossível a recuperação da área com base no princípio da reconstituição, uma vez que o que foi retirado, o minério, não poderá ser repostado. O tipo de impacto ambiental gerado pelo setor mineral, particularmente o visual, que é grande e muitas vezes confundido simbolicamente (porque é de fácil verificação e até mesmo constatação), como “o impacto”, particularmente nas minas e atividades extrativas a céu aberto. Esse dano ambiental necessita ser levado em conta, apesar de ser um dos que menos males e perigos causa ao meio ambiente e ao próprio homem. A relevância dele acaba sendo grande, não propriamente pelas causas objetivas que provoca, mas pelas subjetivas, as psicológicas, sobre as pessoas e instituições, governamentais e não-governamentais, nacionais e estrangeiras.

A relevância desse tipo de impacto está relacionada à sua localização, ou seja, à sua distância ou proximidade das áreas não urbanas.

Esse aspecto ganha cada vez mais importância uma vez que grande parte das minerações se localiza em áreas praticamente virgens em termos de ocupação física pelo homem, tornando o impacto visual mais “visível” e podendo trazer a urbanização futura dessa área, com todas as suas conseqüências ambientais. Por outro lado, os chamados recursos renováveis, como a água, o ar e a própria terra são considerados bens não-renováveis, no sentido da manutenção da sua qualidade, e de se encontrarem no centro das atenções ambientais.

Viu-se a especificidade da mineração no trato da dimensão ambiental, tendo conseqüências nos tipos de impactos ocasionados pelo setor. De acordo com o estudo do Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT para a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (1987) são estes os principais impactos da atividade de mineração:

- a) alteração de lençol de água subterrânea, poluição sonora, visual, da água, ar e solo,
- b) impactos sobre a fauna e a flora,
- c) assoreamento, erosão, mobilização de terra,
- d) instabilidade de taludes, encostas e terrenos em geral,
- e) lançamento de fragmentos, e
- f) vibrações.

Existem diversos instrumentos utilizados para minimizar impactos ambientais causados pelo desenvolvimento de atividades econômicas consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, tais como os legais (referentes ao licenciamento ambiental, estudo e relatório de impacto ambiental, plano de controle ambiental, recuperação de áreas degradadas), os econômicos (incentivos, caução ambiental) e os técnicos (desenvolvimento de novas tecnologias e parâmetros ambientais). Os legais e econômicos foram enfocados anteriormente.

Neste item serão somente abordados os técnicos, centrando-se no tema de tecnologia mineral.

1.2.4 Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

Para os empreendimentos de mineração, em cumprimento ao que diz a Constituição de 1988, foi instituída pelo Decreto 97.632/89 a apresentação de um PLANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS – PRAD, que é o conjunto de atividades destinadas à reabilitação de área degradada, com vistas a permitir sua revitalização futura, conciliada com as características locais, antigas ou novas. Esse último instrumento será desenvolvido no final deste capítulo, quando se tratará dos temas passivo ambiental e dos programas de reabilitação de áreas de mineração.

1.2.5 Criação de Áreas Protegidas

A criação de áreas protegidas é um dos instrumentos de gestão ambiental adotado pela Política Nacional do Meio Ambiente. A concepção tradicional de áreas protegidas é a de que tais áreas devem ser constituídas por regiões que devem permanecer isoladas de qualquer atividade humana. Contudo, essa concepção tem, gradualmente, se modificado na direção da preservação ambiental, levando em conta a proteção da vida humana e o desenvolvimento

econômico. Ao analisar a história da legislação brasileira referente a áreas protegidas, pode-se constatar que, nos anos 30, o conceito de área protegida considerava-a como um santuário ecológico.

Posteriormente, nos anos 60, evoluiu-se para um conceito misto de área protegida: áreas em que se vedava qualquer atividade humana que não fosse de preservação ambiental e áreas onde se permitiam determinadas atividades, desde que não desvirtuassem as características primitivas da área protegida.

Atualmente, na legislação brasileira surgiu uma outra concepção: aquela de proteger o ecossistema e permitir o seu uso sustentável, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. A Lei 9.985/2000 (anexo 5), que instituiu o SNUC, definiu como *“Unidades de Conservação aqueles espaços territoriais, incluindo seus recursos ambientais e as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”*

A mineração é considerada atividade potencialmente poluidora, de acordo com a Resolução CONAMA 1 de 1986, o que implica certas restrições e até proibição para o seu exercício em determinadas áreas, a saber: áreas definidas como intocáveis, áreas de conservação e áreas indígenas, essas últimas onde somente podem ser exercidas atividades com autorização do Congresso Nacional. Ou seja, a característica poluidora da atividade mineral não implica proibição do seu exercício em determinadas Unidades de Conservação. Contudo, exige-se a prévia autorização do órgão ambiental responsável pela administração da Unidade de Conservação (Lei 7.805/89). De acordo com Antunes (1996) “a exclusão da mineração somente poderá ser concebida se, no estudo de impacto ambiental, ficar demonstrado que os efeitos nocivos das atividades de mineração, na unidade específica, não podem ser mitigados adequadamente”.

As fontes consultadas, Antunes (1993) e Vidal e Souza (1996), avaliam que algo em torno de 3,7% a 3,9% do território brasileiro está protegido, tendo como base o conceito de Unidades de Conservação. Esse percentual, contudo, não inclui os ecossistemas genericamente protegidos por força do artigo 225 da Constituição Federal, que são a Floresta Amazônica Brasileira, a Mata Atlântica, a serra do Mar, o Pantanal Mato-grossense e a Zona Costeira. Esse percentual também não inclui as reservas indígenas, que hoje ocupam cerca de 9% do território nacional, de acordo com o DNPM.

As unidades de conservação estão divididas em dois grupos

(SNUC em 2003, anexo 5):

I – Unidades de Proteção Integral: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. Nessas áreas é estritamente proibida a atividade mineral.

II – Unidades de Uso Sustentável: Área de Proteção Ambiental, Floresta (Nacional, Estadual e Municipal), Área de Relevante Interesse Ecológico, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Nas Áreas de Relevante Interesse Ecológico, Reservas Extrativistas, Reserva de Fauna e Reservas Particulares do Patrimônio Natural a mineração está proibida.

1.3. A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

1.3.1 O nascimento do Aço

Para se extrair o ferro do minério de ferro, um composto na forma de óxido de ferro, é necessário aquecer o minério para remoção do oxigênio. Esse processo é chamado *redução*, sendo uma difícil tarefa onde se utiliza uma grande soma de energia.

Esta tarefa é executada eficientemente pelo alto-forno, uma estrutura alta (mais de 100 metros de altura) que comumente simboliza uma usina siderúrgica integrada. minério de ferro e coque são, alternativamente, carregados para o interior do alto-forno, através de um sistema localizado no topo, enquanto que ar é soprado a 1200° C pelas ventaneiras na seção média do alto-forno.

O coque queima e gera calor e esse calor da queima tem uma temperatura ao redor de 2200 °C. Com isso, o minério de ferro é então reduzido indiretamente pelo monóxido de carbono gerado do coque e oxigênio ou diretamente pelo carbono do coque. O ferro remanescente é derretido. O papel do coque não é somente o de uma fonte de calor, mas como um excelente agente redutor.

O metal quente vindo do alto-forno é transformado na aciaria em aço. O aço da aciaria depois de solidificado é enviado ao processo de laminação, e em seguida, aos produtos finais. A laminação de aço dá o desempenho a todos os tipos de aço, sendo este processo todo

chamado de usina integrada. Existem outras plantas como a de fornos elétricos que usam sucata e minérios.

As usinas siderúrgicas integradas envolvem um número grande de processos para transformar minério em finos produtos siderúrgicos.

Os processos de produção usam larga escala de minério e consomem cerca de *5,7 milhões de Kcal de energia para produzir uma tonelada de aço*. Portanto, eles requerem uma grande quantidade de ações e de medidas para o controle da poluição do ar, da água e de resíduos. A adoção de tecnologias operacionais para conservação da energia resulta em um melhor controle do meio ambiente, porque as novas tecnologias reduzem a geração de emissões ou a formação de poluentes em suas fontes de geração.

1.3.2 A produção de aço

Antes de examinar as alterações no *mix* de produtos, é necessário destacar que os aços são classificados em semi-acabados ou acabados (laminados). Os semi-acabados são consumidos diretamente pelas empresas siderúrgicas para produzir os laminados. Placas, blocos e tarugos são também demandados na cadeia produtiva da indústria metal-mecânica, abrangendo o setor automobilístico, de máquinas e equipamentos industriais, agrícola e ferroviário, incluindo as forjarias. Outro setor consumidor, a jusante das usinas, e que também contribui para o atendimento das necessidades do mercado, é o da relaminação, que tanto processa produtos siderúrgicos típicos de usina, como também aqueles cuja demanda não possui escala suficiente para que seja atendida pelas usinas siderúrgicas.

Os laminados, de modo análogo, podem e são utilizados diretamente por consumidores finais, nos mais diferentes usos. Eles se dividem em 2 grupos: planos e longos.

Os principais laminados planos são:

1. Em aço carbono:
 - 1.1. Não revestido:
 - 1.1.1. bobinas e chapas grossas;
 - 1.1.2. bobinas e chapas finas laminadas a quente;
 - 1.1.3. bobinas e chapas finas laminadas a frio.
 - 1.2. Revestido:
 - 1.2.1. folhas de flandres (ou estanhadas);
 - 1.2.2. folhas cromadas (*tin-free steel*);
 - 1.2.3. bobinas e chapas eletro-galvanizadas;
 - 1.2.4. bobinas e chapas galvanizadas (ou zincadas) a quente.
2. Em aço especial:
 - 2.1. bobinas e chapas em aços ao silício (chapas elétricas);

- 2.2. bobinas e chapas em aços inoxidáveis;
- 2.3. bobinas e chapas em aços ao alto carbono e em outros aços ligados.

Já os laminados longos, se dividem em:

- 3. Em aço carbono:
 - 3.1. perfis leves;
 - 3.2. perfis médios;
 - 3.3. perfis pesados;
 - 3.4. trilhos e acessórios ferroviários;
 - 3.5. vergalhões;
 - 3.6. fio-máquina (principalmente para arames);
 - 3.7. barras (construção mecânica);
 - 3.8. tubos sem costura;
 - 3.9. trefilados.
- 4. Em aço ligado/especial:
 - 4.1. fio-máquina (para parafusos e outros);
 - 4.2. barras em aços construção mecânica;
 - 4.3. barras em aços ferramenta;
 - 4.4. barras em aços inoxidáveis e para válvulas;
 - 4.5. tubos sem costura;
 - 4.6. trefilados.

Foram consumidos pelas usinas siderúrgicas nacionais os insumos que estão sendo apresentados a seguir no Quadro 4, Siderurgia Brasileira - Síntese e nas tabelas: Indicadores da Siderurgia, Siderurgia Brasileira Mundial, Produção de Aço Bruto – 2006 e Produção de Aço Bruto por Processo de Lingotamento-2006 (IBS - boletim N°6 , Dezembro 2007).

PRODUÇÃO										
	1°	2°	3°	4°	Total	1°	2°	3°	4°	Total
	Trim.	Trim.	Trim.	Trim.	2006	Trim.	Trim.	Trim.	Trim.	2007
	2006	2006	2006	2006		2007	2007	2007	2007	
Aço Bruto	7.186	7.293	8.332	8.129	30.901	7.995	8.332	8.876	8.955	33.958
Laminados	5.435	5.717	6.411	5.994	23.453	6.058	6.411	6.460	6.536	25.465
Planos	3.220	3.465	3.966	3.805	14.403	3.811	3.966	3.890	3.923	15.590
Longos	2.215	2.252	2.445	2.189	9.050	2.247	2.445	2.570	2.613	9.875
Semi-Acabados p/ vendas	1.513	1.378	1.434	1.585	6.077	1.342	1.434	1.465	2.123	6.364

(*) Exclui as vendas para dentro do parque siderúrgico

Fonte: IBS - boletim N°6 , Dezembro 2007

Quadro 4: Siderurgia Brasileira - Síntese (*)

Indicadores da Siderurgia

Steel Indicators

Indicador/Indicator	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Produção Mundial de Aço Bruto/ World Crude Steel Production (10 ³ t)	798.945	777.321	788.981	847.662	850.493	904.054	969.983	1.068.896	1.141.832	1.243.832
Produção de Aço Bruto da América Latina/ Crude Steel Production in Latin America (10 ³ t)										
Siderurgia Brasileira/Brazilian Steel Produção/Production	52.563	51.507	51.062	56.070	51.857	56.230	59.619	63.989	62.890	62.875
Aço Bruto/Crude Steel (10 ³ t)	26.153	25.760	24.996	27.865	26.717	29.604	31.147	32.909	31.610	30.901
Laminados/Rolled Products (10 ³ t)	17.425	16.433	16.793	18.213	18.073	19.032	21.090	23.368	22.607	23.504
Planos/Flat Products (10 ³ t)	11.267	10.386	10.121	11.213	10.648	11.408	13.202	14.441	14.187	14.454
Longos/Long Products (10 ³ t)	6.158	6.047	6.672	7.000	7.425	7.624	7.888	8.927	8.420	9.050
Semi-Acabados para Vendas/ Semi-Finished Products for Sale (10 ³ t)	6.724	6.856	7.131	7.594	7.717	8.841	8.029	7.187	6.629	6.347
Vendas Internas/Domestic Sales (10 ³ t)	14.653	13.611	13.435	14.938	15.692	15.826	15.408	17.783	16.061	17.531
Exportações/Exports (*) (10 ³ t)	9.147	8.741	10.017	9.599	9.291	11.686	12.985	11.982	12.514	12.519
(10 ⁶ US\$FOB)	3.004	2.753	2.365	2.717	2.282	2.928	3.860	5.287	6.512	6.914
Importações/Imports (*) (10 ³ t)	7.85	886	642	930	1.076	672	550	549	756	1.877
(10 ⁶ US\$FOB)	706	773	470	581	619	465	456	569	874	1.454
Consumo Aparente de Produtos Siderúrgicos/ Apparent Consumption of Steel Products (10 ³ t)	15.326	14.483	14.078	15.760	16.694	16.484	15.955	18.316	16.812	18.533
Consumo Per Capita de Aço Bruto (kg/hab./y)	107	99	96	103	108	105	100	112	101	110
Consumo Per Capita de Produtos Siderúrgicos (kg/hab./y)	96	90	86	93	97	94	90	101	91	99
Faturamento/Net Sales (10 ⁶ US\$)	11.781	10.181	7.889	9.999	8.604	9.013	11.547	17.639	22.467	24.995
Impostos Pagos/Taxes Paid (10 ⁶ US\$)	1.783	1.652	1.348	1.771	1.568	1.403	1.817	3.263	4.603	4.843
Investimentos/Investments (10 ⁶ US\$)	2.000	2.227	1.359	1.234	1.335	857	824	946	1.894	3.055
Capacidade Instalada (10 ³ t. aço bruto/ano)	29.897	30.557	28.928	29.889	32.876	33.388	33.694	34.022	36.039	37.074
Produtividade/Productivity (t/h/ano) (**)	375	423	432	470	438	474	386	385	337	348

(*) Exclui os acessórios para tubos/Excluding pipe and tube fittings.

(**) A partir de dezembro 2003, para fins de homogeneização de critérios, todas as empresas passaram a incluir o efetivo de terceiros./

As of December 2003 all steel companies started including the sub-contracted workforce.

Fonte/Source: IBS/ISI/ILAFAM/DIC-SECEX/MF-SRF

Siderurgia Brasileira Mundial
World and Brazilian Steel Industry

Unid./Unit: 10⁶ t

PRODUÇÃO DE AÇO BRUTO/ CRUDE STEEL PRODUCTION	1970	1980	1990	2000	2005	2006
Mundial/World - (A)	595,4	715,6	770,5	847,7	1.141,8	1.243,8
América Latina/ Latin America - (B)	13,2	28,9	38,2	56,1	62,9	62,9
Brasil/Brazil - (C)	5,4	15,3	20,6	27,9	31,6	30,9
C/A (%)	0,9	2,1	2,7	3,3	2,8	2,5
C/B (%)	40,9	52,9	53,9	49,7	50,2	49,1
Posição Relativa do Brasil no Mundo/ Brazil's Ranking Worldwide	18 ^o	10 ^o	9 ^o	8 ^o	9 ^o	10 ^o
	18 th	10 th	9 th	8 th	9 th	10 th

Fonte/Source: IISI/ILAFA/IBS

Quadro 6: Siderurgia Brasileira e Mundial

Produção Brasileira de Aço Bruto - 2006

Brazilian Crude Steel Production - 2006

CONFIGURAÇÃO TÉCNICA DAS USINAS/ TECHNICAL CONFIGURATION OF STEELWORKS	Produção de Aço Bruto/ Crude Steel Production 10³t	Participação/ Share (%)
Integradas/Integrated Steelworks	24.280	78,6
Semi-Integradas/Semi-Integrated Steelworks	6.621	21,4
TOTAL	30.901	100,0

Fonte/Source: IBS

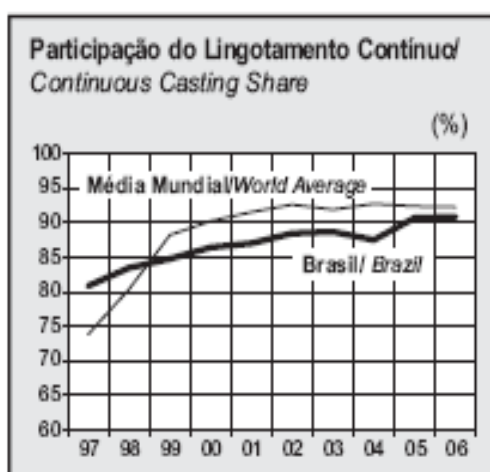
Quadro 7: Produção Brasileira de Aço Bruto 2006

Produção de Aço Bruto por Processo de Lingotamento - 2006

Crude Steel Production by Casting Process - 2006

PROCESSO DE LINGOTAMENTO/ CASTING PROCESS	10³t	Participação/ Share (%)
Lingotamento/Casting Process	30.860	99,9
Convencional/Conventional Casting	2.337	7,6
Contínua/Continuous Casting	28.523	92,3
Aço p/Fundição/Steel for Castings	41	0,1
TOTAL	30.901	100,0

Fonte/Source: IBS



Quadro 8: Produção de aço por processo de lingotamento 2006

1.3.3 A Produção de Aço no Mundo

A produção anual de aço atingiu 1.343,5 milhões de toneladas em 2007 (IISI, jan 2008)* e esta produção ocorre atualmente pela combinação do uso de minério de ferro e carvão e da reciclagem do aço após o seu final-de-vida, através das sucatas. O grande consumo de minério de ferro em uma usina siderúrgica ocorre na forma de finos. No plano interno, na siderurgia mundial ocorreu um ano de sucessivos recordes, tanto na produção como no consumo de aço. A seguir é apresentado como ocorreu esta evolução de produção e do consumo do aço no mundo através da Tabela 4 - Produção de aço bruto no mundo, 1950 to 2006, no gráfico 1 - Índice Médio de Crescimento, no Gráfico 4 - Crescimento da Produção Mundial de Aço, na Tabela 5: Os 10 países maiores produtores de aço no mundo (Mt/Ano) e no Quadro 9: produção de aço bruto: 2001, 2006, 2007.

**(Boletim Boletim do IISI, Worldsteel News 26, acessado: www.iisi.org em 21 de janeiro de 2008),*

Tabela 4: Produção de aço bruto no mundo, 1950 a 2006

(milhões de toneladas)

Ano	Mundo	Ano	Mundo
2006	1,244	1995	756
2005	1,142	1990	775
2004	1,069	1985	721
2003	970	1980	717
2002	904	1975	644
2001	850	1970	595
2000	848	1965	456
1999	789	1960	347
1998	777	1955	270
1997	799	1950	189
1996	755		

Fonte: IISI site Acessado em 29/01/2008 as 22:03

<http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id 193>

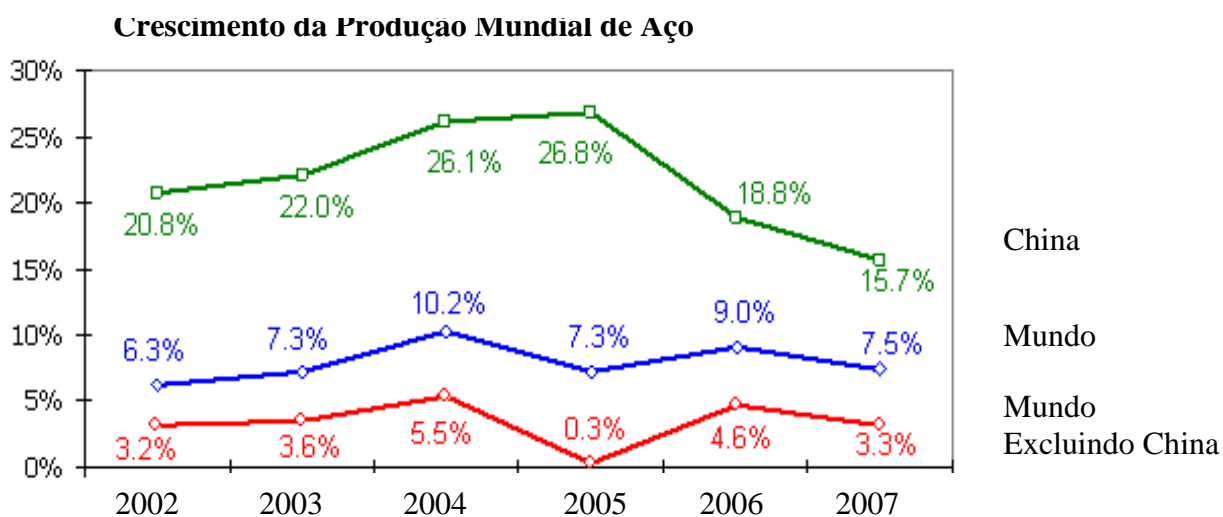
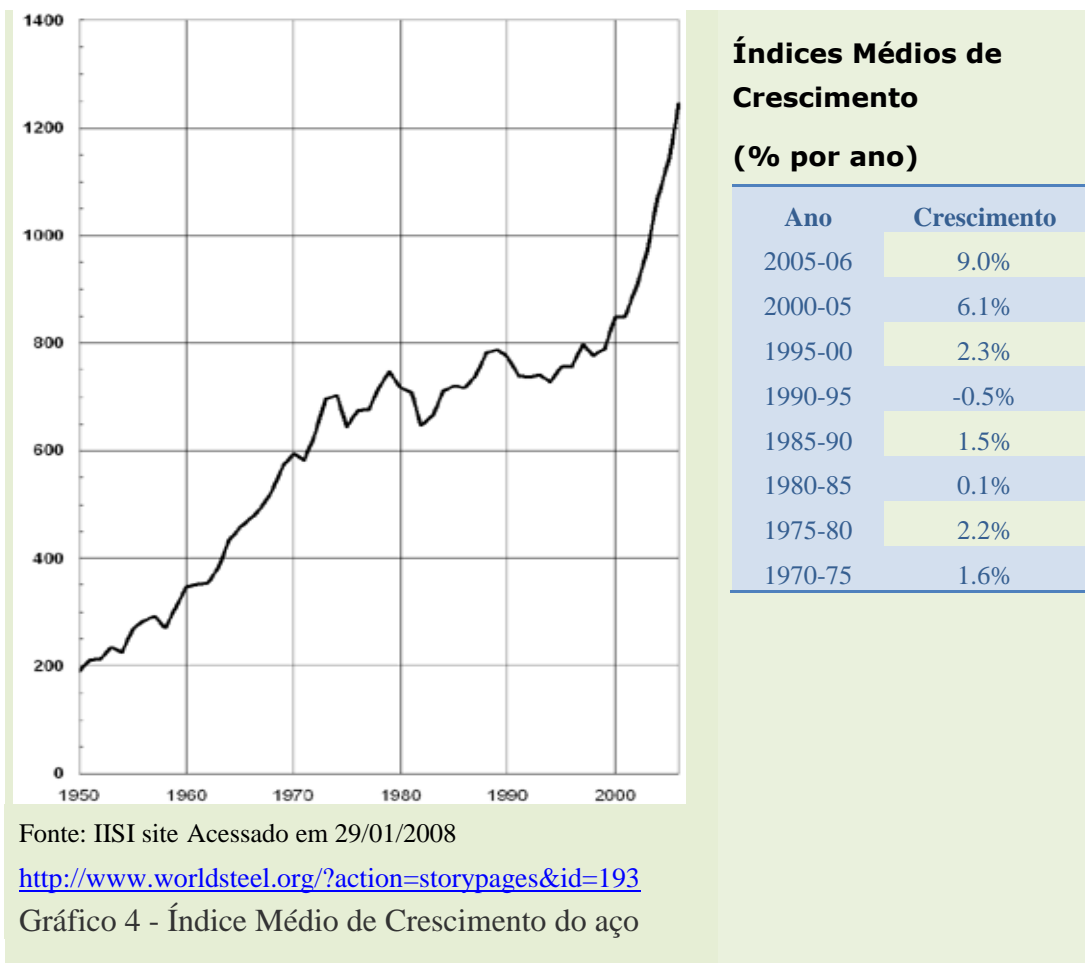
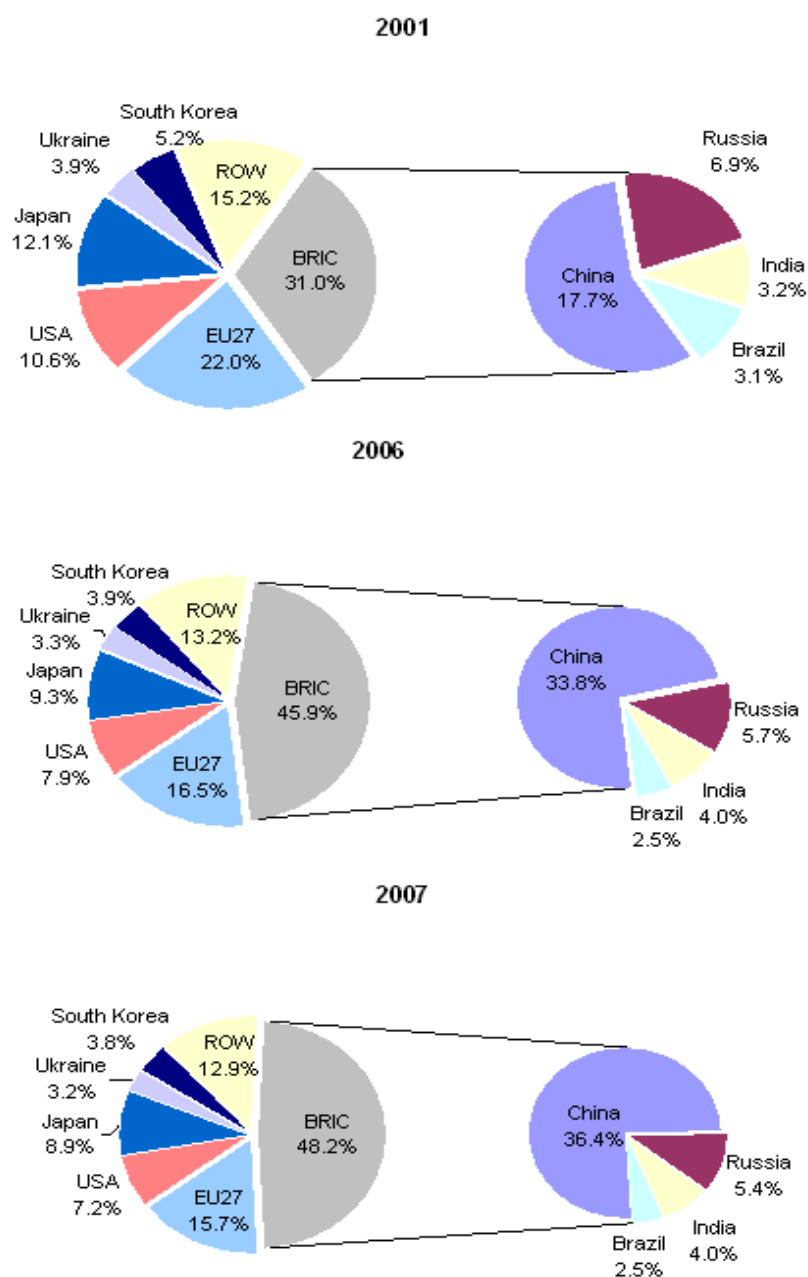


Tabela 5: Os 10 países maiores produtores de aço no mundo (Mt/Ano)

Pais	Colocação	2007	2006	% 07/06
China	1	489.0	422.7	15.7
Japão	2	120.2	116.2	3.4
Estados Unidos	3	97.2	98.6	-1.4
Rússia	4	72.2	70.8	2.0
Índia	5	53.1	49.5	7.3
Coréia do Sul	6	51.4	48.5	6.0
Alemanha	7	48.5	47.2	2.8
Ucrânia	8	42.8	40.9	4.7
Brasil	9	33.8	30.9	9.3
Italia	10	32.0	31.6	1.2

Fonte: IISI site <http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=193> Acessado em 29/01/2008 as 22:03

Evolução da produção do aço no mundo, segundo quadro 9.



Em 2007, a evolução da produção de aço nos três maiores países produtores China (489.0 Mt), Japão (120.2 Mt), e os USA (97.2 Mt).

Fonte: IISI site <http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=193> Acessado em 29/01/2008 as 22:03
 Quadro 9: produção de aço bruto: 2001, 2006, 2007

Segundo o Boletim do IBS N° 6 -“Siderurgia Em Foco”, de dezembro de 2007, a produção de aço bruto estimada no Brasil é de aproximadamente 34 milhões de toneladas (+ 9,9%), enquanto as vendas internas, com crescimento superior a 18%, atingiram 20 milhões de toneladas de produtos acabados e semiacabados.

1.3.4 Fabricação do Aço

1.3.4.1 Métodos utilizados para a Fabricação do Aço

Para a fabricação do aço são utilizados basicamente dois métodos:

- Usinas Integradas cuja rota de produção, tem como base a Coqueria, o Alto-Forno (BF), e a Aciaria a Oxigênio (BOF). Utiliza como matérias-primas, o minério de ferro, o carvão, o calcáreo e adição de aços reciclados.
- Usinas não integradas cuja rota de produção tem como base o Forno Elétrico a Arco (EAF). Utiliza como matéria-prima a sucata metálica de aço e a eletricidade.

Ambas as rotas de produção seguem avançados tratamentos metalúrgicos secundários, chamadas metalurgia secundária, que assegura a desejada composição química do aço, seguida de uma fundição (solidificação do aço fundido) e configurando a desejada forma física. O processo de lingotamento contínuo é o mais comumente utilizado para obtenção das conformações do aço em barras, perfis e placas. Esta etapa de processo também assegura a microestrutura desejada do aço.

Minério de ferro é abundante em todas as partes do mundo, porém, a fabricação de aço a partir de material reciclado (sucata) geralmente utiliza menos energia e menos recursos materiais do que os processos que utilizam minério de ferro virgem extraído das minerações, diretamente da rocha.

Entretanto, se não ocorrer a produção originalmente dos aços a partir de minérios, não existirá aço para a reciclagem. Aço reciclado, originalmente denominado de sucata, é classificado em três tipos dependendo de sua origem. São eles: sucata própria originária na área da laminação no próprio processo de produção; sucata imediata originária das linhas de produção de bens de consumo; e sucata obsoleta, originária de produtos siderúrgicos no seu final-de-vida.

O ciclo de retorno da sucata varia em função do tipo de sucata. A sucata gerada internamente que retorna das laminações em algumas semanas, a sucata de linha de produção de bens e serviços retorna em alguns meses, porém as sucatas do final-de-vida de uso, as sucatas denominadas de obsoletas, depende do ciclo de vida do produto em que o aço é o componente.

O aço continua sendo utilizado na fabricação de bens duráveis (como em automóveis, aparelhos e instrumentos, residências, e pontes) por anos ou décadas antes de serem reciclados. Assim, ainda existe uma elevada demanda de aço em todo o mundo, pois não

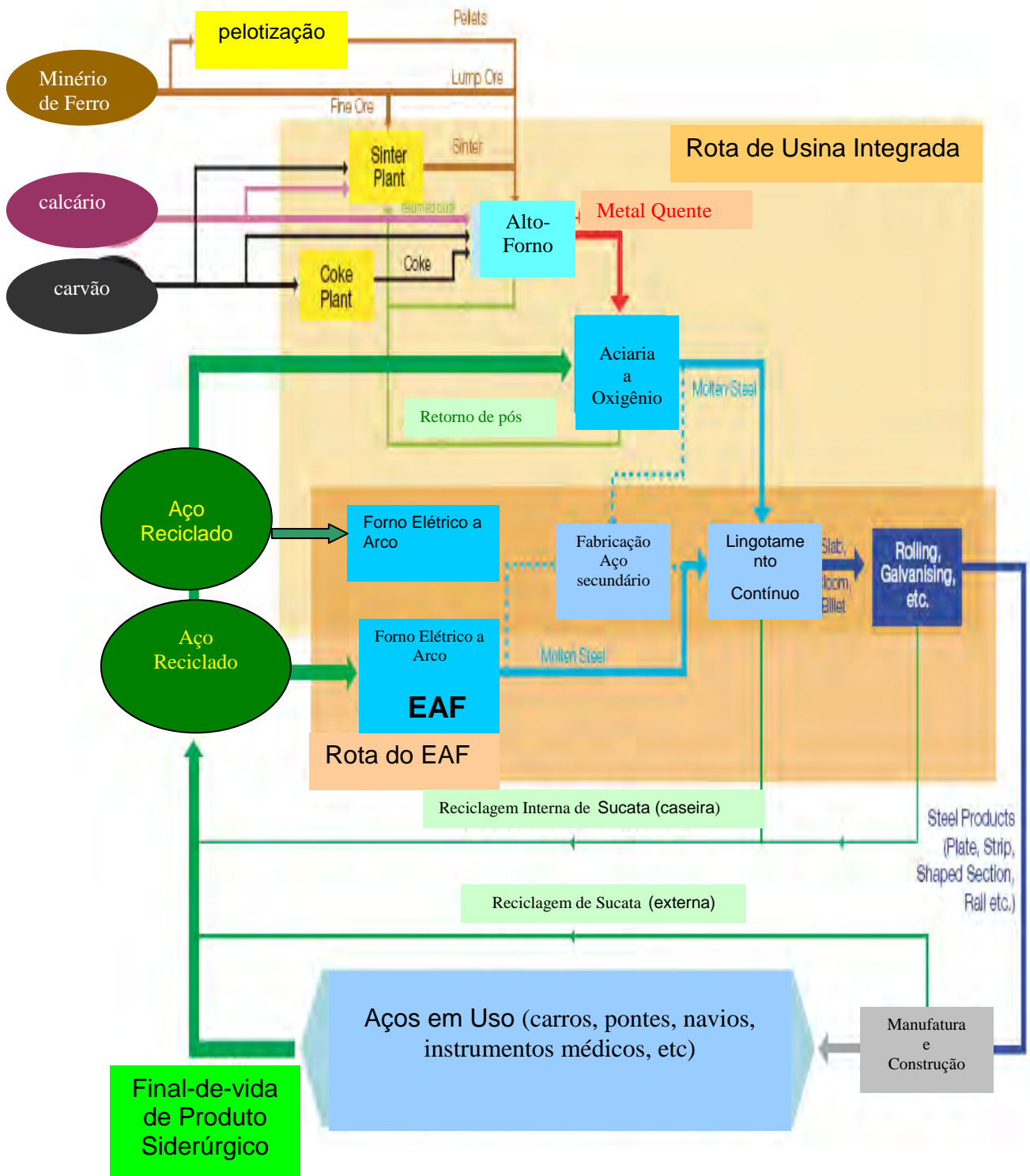
existem aços reciclados disponíveis para satisfazer a atual demanda que ocorre em todo o mundo sem a utilização de aços fabricados a partir de minério de ferro. Portanto, a demanda do aço é satisfeita através da combinação das duas rotas de fabricação, Aciaria a Oxigênio e Forno Elétrico a Arco.

Esta flexibilidade permite um método mais sustentável para a produção do aço que é adotado em função das condições locais de produção.

Os principais processos siderúrgicos de fabricação de aço são os que partem do minério de ferro por redução em Alto-Forno onde se obtém o ferro gusa e, posteriormente, conversão em aço, que é chamado processo integrado; e os que não realizando a etapa de redução, partem de sucatas ou gusa que são fundidas, convertidas em aço como no processo integrado.

Destes, o mais utilizado em larga escala é os processo siderúrgico integrado, que além da produção de gusa em Alto Forno, envolve etapas suplementares de produção de coque, agente redutor, e tratamento do minério de ferro, normalmente por sinterização.

No quadro 10 a seguir são apresentadas as *Rotas de Fabricação de Aços: Rota de Usina Integrada e Rota do EAF*



Fonte: IISI Steel Recycling, 2007

Quadro 10: Rotas de Fabricação de Aços: Rota de Usina Integrada e Rota do EAF

1.3.4.2 Materiais que entram na fabricação do aço

A tabela 6 abaixo lista as entradas e saídas do processo para produzir 1 kg de aço líquido.

Tabela 6: Entradas e saídas do processo para produzir 1 kg de aço líquido

entradas	Unidades	rota BOF	Rota EAF
Coque	g	686	78
Flux	g	60	70
Minério de Ferro	g	1725	
Minério de Ferro e Sucata	g	148	1065
Água	litros	11.5	1
Ar	m ³	0.0012	
Energia Primária Total	MJ	21.71	7.43

saídas			
Produto de Aço	g	1000	1000
Para o Ar			
CO ₂	g	1987	365
CO	g	25.9	3
SO ₂	g	2.1	1
NO _x	g	2.4	0.8
Metano	g	0.2	0.7
Outros hidrocarbonetos	g	14	0.1
H ₂ S	g	0.1	0
COVs (VOCs)	g	0.1	0.1
Particulados	g	1.8	0.3
Água vapor	g	7.5	0
Para Água			
Cloretos	g	0.3	1
Sólidos Suspensos	g	0.1	0.1
NH ₃	g	0.1	0
Águas Residuárias	litros	0.28	0.21
Para a Terra			
Refugo de Mineração	g	2394	
Recuperação Materiais			
Escórias	g	25	11
Poeiras e Lamas	g	10	
carepas e finos	g	17	
Outros materiais recuperados	g	13	12.5
Total de Resíduos	g	1520	122

Para resultados do IVC para diferentes produtos siderúrgicos, deverá ser consultado o IISI através dos sites www.worldsteel.org e www.sustainablesteel.org. A consulta foi realizada em 26 de dezembro de 2007. Referência: World Steel Life Cycle Inventory, Methodology Report, IISI 2006

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 A método do estudo.

A pesquisa realizada apresentou relativa complexidade no que diz respeito aos fatores envolvidos, a maioria absoluta deles tanto de natureza qualitativa quanto de natureza quantitativa. Dessa forma, será apresentada uma abordagem didática da metodologia empregada no presente trabalho, onde nos próximos itens serão definidos e apresentados alguns tópicos relativos à delimitação metodológica do trabalho.

A classificação da pesquisa desenvolvida baseia-se nas proposições de Silva e Menezes (2000, p. 20), que estabelecem quatro maneiras de classificação de uma pesquisa científica: quanto aos objetivos, quanto à forma de abordagem, quanto à natureza, e quanto aos procedimentos adotados. Gil (1991, p.46) afirma que”, embora as pesquisas geralmente apontem para objetivos específicos, estas podem ser classificadas em três grupos: estudos exploratórios, descritivos e explicativos.

Quanto aos objetivos propostos nesta pesquisa situa-se na categoria de **Pesquisa Exploratória**, devido ao caráter recente e pouco explorado do tema escolhido. De acordo com Chizzotti (1995, p.104,), a “*pesquisa exploratória objetiva, em geral, provocar o esclarecimento de uma situação para a tomada de consciência*”. Segundo o mesmo autor, “*um estudo exploratório ocupa o primeiro de cinco níveis diferentes e sucessivos, sendo indicado [...] quando existe pouco conhecimento sobre o fenômeno*”.

As Pesquisas Exploratórias envolvem levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram (ou tem) experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Possuem ainda a finalidade básica de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias para a formulação de abordagens posteriores. Dessa forma, este tipo de estudo visa proporcionar um maior conhecimento para o pesquisador acerca do assunto, a fim de que esse possa formular problemas mais precisos ou criar hipóteses que possam ser pesquisadas por estudos posteriores Gil (1996, p. 39).

Na sua forma de abordagem, o presente estudo representa uma **pesquisa qualitativa**, pois suas características principais coincidem com as recomendações de Godoy (1995, p.95) acerca da pesquisa qualitativa:

“considera o ambiente como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento chave; possui caráter descritivo; o processo é o foco principal de abordagem e não o resultado ou o produto; a análise dos dados foi realizada de forma intuitiva e indutivamente pelo pesquisador; não requereu o uso de técnicas e métodos estatísticos; e, por fim, teve como preocupação maior a interpretação de fenômenos e a atribuição de resultados.”

A pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, assim como não emprega instrumental estatístico na análise dos dados. Parte de questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo Godoy, (1995, p. 58).

Com relação à **natureza** do presente estudo, o mesmo pode ser classificado, segundo Silva e Menezes (2000, p. 20) como **pesquisa aplicada**, dada sua intenção de servir de apoio ao gerenciamento ambiental das organizações produtivas de uma forma geral, embora respeitando as peculiaridades de cada aplicação. Segundo as autoras, a pesquisa aplicada, além de envolver verdades e interesses locais, “objetiva gerar conhecimento para aplicação prática em soluções de problemas específicos”.

Segundo a classificação proposta por Gil (*GIL, p 159, 1996*), quanto aos **procedimentos técnicos adotados**, o presente trabalho apresentou uma profunda **Pesquisa Bibliográfica**: elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na Internet, material científico que se encontrava em desenvolvimento e um **Estudo Multicaso**, o qual envolveu o estudo profundo e exaustivo de determinados objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento, como foi realizado em cada uma das aplicações do Método de Análise do Ciclo de Vida (ACV).

Para Gil (1996, p. 71, 72) a principal vantagem da pesquisa bibliográfica consiste em “[...] fato de permitir ao investigador a cobertura de uma ampla gama de fenômenos, muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. Para ele, “[...] não existam regras fixas para a realização de pesquisas...[...] há algumas tarefas que a experiência demonstra serem importantes, tais como: exploração das fontes bibliográficas, leitura do material, elaboração de fichas, ordenação e análise das fichas e conclusões”.

O estudo de caso, segundo Tachizawa e Mendes (1999, p.49), “é uma análise específica da relação entre um caso real e hipóteses, modelos e teorias”.

Segundo Trivinos, (1987, p. 132), “*um estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa aprofundadamente*”.

A **pesquisa de campo** visou proporcionar um estudo acerca do modo como vem sendo tratado o tema da pesquisa numa realidade prática, a fim de corroborar os resultados obtidos a partir da pesquisa bibliográfica. A abordagem adotada para a presente pesquisa foi o **estudo multicaso**, que consiste em vários estudos de caso ocorrendo simultaneamente, sem a necessidade de perseguir objetivos comparativos, como sugere Trivinos (1987, p. 136).

O **estudo multicaso** é, segundo Chizzotti (1995, p.128,) um método que implica no recolhimento e registro de dados sobre um caso, **ou casos**, para a preparação de um informe, do tipo relatório, ou a apresentação de um **ou mais casos modelares**.

Segundo vários autores Chizzotti (1995, p. 128), Ludke e André apud Klockner (1999, p.16,) o desenvolvimento do estudo de caso supõe três fases:

a) **exploratória**: o caso deve ser uma referência significativa para merecer a investigação e, por comparações aproximativas, aptas para fazer generalização a situações similares ou autorizar inferências em relação ao contexto da situação analisada. Este é o momento de precisar os aspectos e os limites do trabalho a fim de reunir informações sobre um campo específico e fazer análises sobre projetos definidos a partir dos quais se possa compreender uma determinada situação;

b) **delimitação do caso**, a qual visa reunir e organizar um conjunto comprobatório de informações. Devem ser realizadas as negociações prévias para se ter acesso aos documentos e dados necessários ao estudo de caso;

c) **a organização e redação do relatório**, que poderá ter um estilo narrativo, descritivo ou analítico. Essa última etapa também pode ser de registro do caso, ou seja, o produto final do qual consta uma descrição do objeto de estudo.

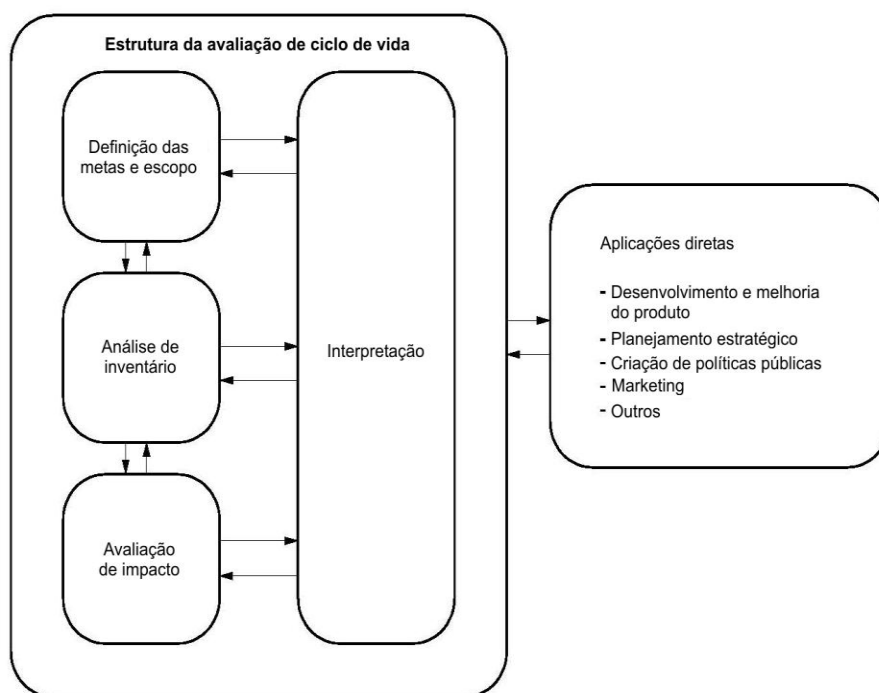
Como enfoque teórico norteador do desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se do enfoque sistêmico. Segundo Trivinos (1987, p. 81) “o enfoque sistêmico, tem suas raízes na Teoria Geral dos Sistemas elaborada por Ludwig von Bertalanffy (1901- 1972), parte da idéia de que existem numerosas relações no interior do objeto que se estuda, mas que este também está ligado ao meio externo por um conjunto de inter-relações”.

Nesse sentido, ainda, Capra (1997, p. 81) afirma que: “entender as coisas sistemicamente significa, literalmente, colocá-las dentro de um contexto, estabelecer a natureza de suas relações”.

2.2 Avaliação do Ciclo de Vida

O método de ACV implica no levantamento de informações relativas aos produtos siderúrgicos, os aços e seus respectivos impactos ambientais, com base nas suas variáveis de entrada e saída, associadas com a extração de matérias-primas, transportes, produção e uso de recursos básicos para os produtos de consumo.

Avaliação de Ciclo de Vida é uma ferramenta analítica usada para avaliar o desempenho ambiental de um produto. Inventário do Ciclo de Vida é um proeminente método de engenharia usado para medir os aspectos ambientais em uma ACV, porém, é também amplamente utilizado, como um método direcionado para a avaliação de um produto. Fundamentalmente, ACV e ICV são ferramentas utilizadas para avaliação ambiental de produtos e tomada de decisão; entretanto, a ferramenta é representativa e apresenta uma visão conceitual direcionada e disciplina que inclui os vários níveis na aplicação do ciclo-de-vida, como também se amplia na disciplina do fazer e na tomada de decisão.



Quadro17: metodologia a ser desenvolvida para avaliação dos aspectos que envolvem as Etapas de uma ACV, segundo a ISO 14040:2006

Comumente, são utilizados no ciclo de vida: administração de produtos, gerenciamento do ciclo de vida, extensão da responsabilidade de produtos, e produtos-foco de gestão ambiental.

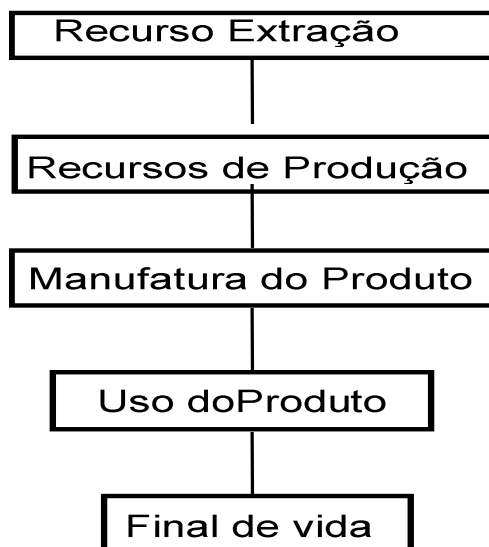


Figura 1: O ciclo de vida do produto, “terra a terra”.

Fonte (Young, S.B., 1997)

A ferramenta ACV apresenta três dimensões essenciais enquanto ICV direciona somente em duas dimensões (Young, S.B., 1997):

<p>Dimensão 1: Os estágios do ciclo-de-vida Basicamente é a medição de dados ao longo de uma seqüência física de uma unidade de processo que transforma massa e energia durante o ciclo-de-vida</p>	ACV & ICV
<p>Dimensão 2: Análise dos múltiplos itens do meio ambiente ACV e ICV não são ferramentas de simples itens. Mais precisamente, analisa o direcionamento de numerosos recursos das variáveis ambientais de entrada e variáveis de saída, ampliando as considerações para os complexos itens ambientais (conforme figura1).</p>	ACV & ICV
<p>Dimensão 3: avaliação ACV estende além das medidas quantitativas e análises de um ponto onde é realizado uma avaliação ou julgamento. Simplesmente, ela deve ser uma declaração de qual é o melhor ou qual é o pior</p>	ACV somente

Fonte: Young, S.B., Life Cycle Assessment and Steel, 1997, pp. 123-130.

Em um estudo de ACV três fases são identificadas:

1. dados do ICV: compilação de um inventário considerando os pontos relevantes de entrada e saída de um sistema de produção de um produto, baseado nas definições dos objetivos e escopo do estudo da ACV,
2. avaliação dos itens ambientais e impactos associados para as variáveis de entrada e saída,
3. interpretação do resultado do inventário e fases dos impactos com relação aos objetivos do estudo.

A série de normas ISO 14040 da ISO - International Organisation for Standardisation fornece a nível internacional, os princípios para estudos de ACV.

Devidos as necessidades de vários países e vários setores industriais, esta série de normas foi desenvolvida com o objetivo de fornecer uma estrutura para determinação dos aspectos ambientais e potenciais impactos associados a um produto (ou serviço).

Exemplos de Lista de Inventário (ICV)	Exemplo de itens potenciais correspondentes
Entradas	
Matérias-primas	Utilização de recursos
Minério de ferro, kg	
calcáreo, kg	
Energia	Consumo de energia
Óleo cru, MJ	
Gás natural, MJ	
hidroelétricas, kWh	
Água	Conservação da água
Água de superfície, m ³	
saídas	
Emissões para o Ar	Mudanças climáticas
Dióxido de Carbono, kg	
Óxidos de nitrogênio, kg	Chuvas ácidas
hidrocarbonetos, kg	
Emissões para a Água	Substâncias tóxicas
DQO, kg	Poluição da água
nitratos, kg	
óleos, kg	
Resíduos sólidos	Capacidade do solo
cinzas kg	

Fonte: Young, S.B. .*Life Cycle Assessment and Steel*, 1997, pp. 123-130.

Quadro 3: ACV compilação de dados no ICV e a sua avaliação das suas implicações nos itens ambientais.

Como sendo um método próprio e independente, o ICV tem demonstrado seu considerável benefício. O método do ICV é um novo processo para a contabilização de fluxos de massa e de energia. Foi construído com base nas técnicas convencionais de gerenciamento de processos de engenharia metalúrgica e química, porém o ICV apresenta uma consistência na contabilização através de muitas operações e atividades de ciclo-de-vida.

Nesta análise foram examinados, de forma adequada e sistemática, os aspectos ambientais referentes à reciclagem de produtos siderúrgicos, os aços, desde a matéria-prima até sua disposição final, passando por todo o sistema produtivo, demonstrando-se o desempenho ambiental do produto, as suas condições de reciclagem, assim como, a sua aceitação pela sociedade e no mercado de consumo. Foi considerada como básica a Avaliação do Ciclo de Vida, que é atualmente uma ferramenta fundamental nas tomadas de decisão para redução de consumo de matérias-primas, água e energia e também adicionalmente fornecer informações sobre os efeitos ambientais provocados pela reciclagem de cada um dos produtos siderúrgicos estudados.

Foram analisados os aspectos ambientais que envolvem a reciclagem do aço considerando as razões da aparição do resíduo e foi pesquisada a existência de técnicas apropriadas ou procedimentos de prevenção e como elas estão sendo utilizadas pelas organizações e centros de pesquisas, onde suas regras consistem em suscitar a adoção de melhores formas de valorização ou eliminação.

Em diversos países industrializados, a **ACV**, e especialmente o seu componente mais desenvolvido, a análise do **ICV**, é atualmente reconhecida como assessórios ou ferramentas deste sistema, não só pelo fornecimento quantitativo como pelas análises científicas dos impactos ambientais decorrentes das atividades industriais. Para a condição de uma análise imparcial de um sistema industrial inteiro, o **ICV** tem mostrado, de uma forma ampla, que ainda oculta a realidade sobre assuntos “verdes” e que muitas vezes apresenta mais complexidade do que o esperado.

A respeito dos pontos enfatizados por esta norma geral, é necessário esclarecer uma lista de assuntos e fontes de dados usados na **ACV** de maneira objetiva e transparente, é perigoso considerar os resultados de um estudo sem o completo conhecimento dos pontos assumidos e fontes de dados que foram utilizados no seu desenvolvimento.

Em alguns países foram formadas Parcerias por Agência do Governo, Universidades e Grupos Ambientais incumbidos de definir os critérios relevantes. Um primeiro passo a ser dado, relativo a esta responsabilidade, é na assessoria para definição de objetivos e escopo dos estudos relevantes.

É reconhecido que a metodologia para determinação de ciclo de vida é dependente de objetivos. A fronteira de um sistema a ser estudado é tão mais sensível quando as metodologias do **ACV** são definidas com relação aos objetivos do estudo determinado.

Neste caso, a escolha da tecnologia representativa, atualmente disponível no mercado, incluindo algumas inovações, quando foi possível estudar os produtos em seus correspondentes locais de produção, no nosso caso a produção do aço, utilizando como matéria-prima primária a sucata de aço.

Na definição do escopo o principal o objetivo foi o de mostrar como os problemas poderão ser conduzidos e como eles poderão ser tratados.

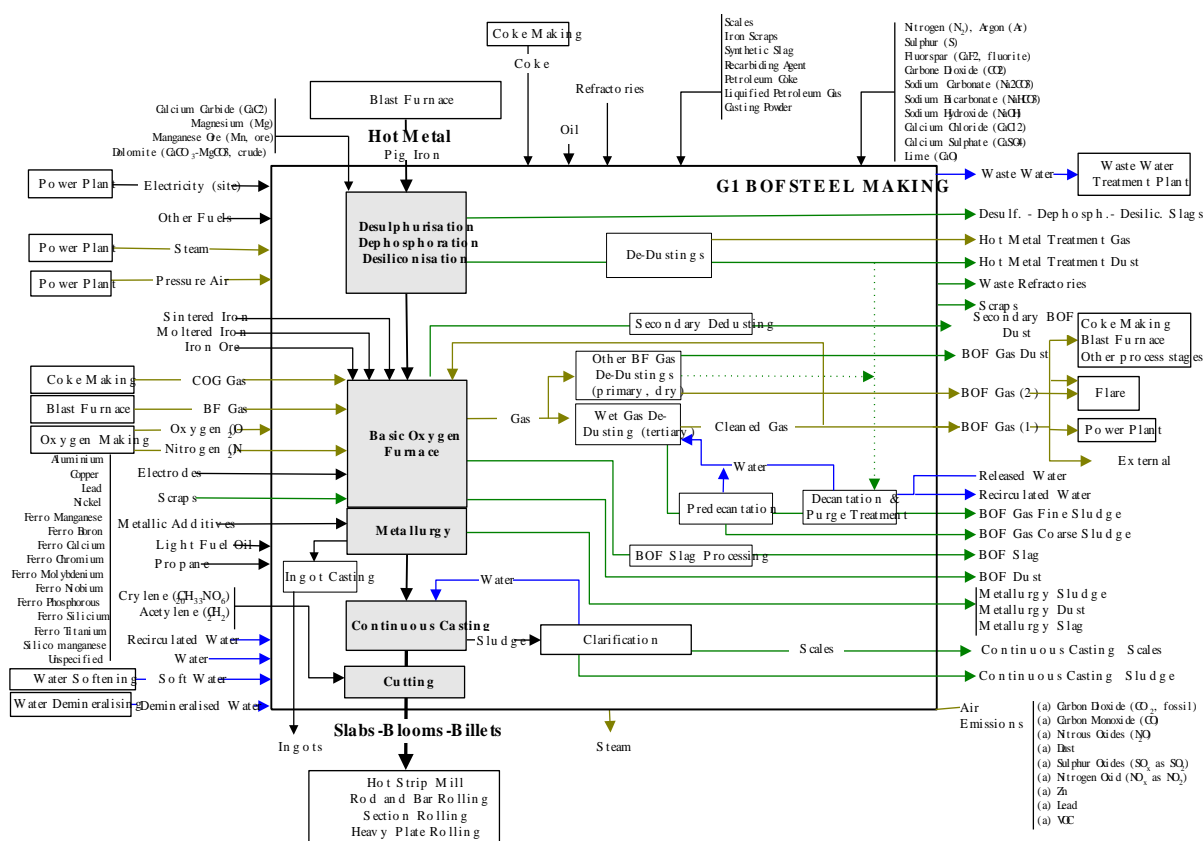
O principal propósito foi o de se desenvolver a definição de fronteiras de sistemas, associados com as suas respectivas áreas de processo industriais e estabelecer linhas mestras para determinação do ciclo de vida, determinando os pontos assumidos que foram considerados no estudo, de modo a estabelecer modelos para processos industriais.

A metodologia do inventário do ciclo de vida tradicionalmente se baseia no estabelecimento de balanço de energia e de massa, incluindo consumo de energia, consumo de matérias-primas, emissões atmosféricas, efluentes hídricos e resíduos sólidos. Este vasto exercício de compilação de dados tem sido, ao longo do tempo, completamente separado da subsequente fase da determinação do ciclo de vida (o inventário fornece uma quantificação de todo o fluxo existente, respectivamente ao seu impacto, e a própria determinação do impacto, avaliando o potencial dos seus respectivos fluxos no meio ambiente).

Cenários e prioridades em termos de coletânea de dados ajudarão no desenvolvimento da capacitação, para o direcionamento do projeto. Por exemplo, os seguintes fluxos foram considerados:

- consumo de energia (balanço de energia primária, para diferentes categorias);
- consumo de matérias-primas: minérios, óleos, gás natural, carvão, cal, etc;
- emissões atmosféricas: NO_x, SO_x, CO₂, NO₂, CH₄, CO, material particulado; compostos orgânicos voláteis, metais pesados, etc;
- efluentes hídricos: sólidos em suspensão Total, DBO, DQO, metais pesados, hidrocarbonetos, sulfatos, etc;
- resíduos: inertes, perigosos, etc.

Está sendo apresentado a seguir um Exemplo de Modulo Representação da aplicação de ACV na Siderurgia utilizando o software GaBi 4.



Fonte: IISI, Worldwide LCI Database for Steel Industry Products, appendix 2, 2006

Quadro 18: exemplo de um conjunto de processos elementares dentro de um sistema de produto

2.3 A Série de Normas ISO 14000

Com o crescimento da preocupação mundial em assuntos ecológicos, a série de normas internacionais ISO 14.000 para Sistema de Gestão Ambiental, além de promover a harmonização no campo da gestão ambiental, auxilia as empresas a demonstrar seu comprometimento com o desenvolvimento sustentável, ajudando a superar os inúmeros impasses existentes entre o desenvolvimento das atividades econômicas e a proteção ambiental.

A Norma NBR ISO 14001:2004, item 4.3.1 – “Aspectos Ambientais”, destaca a necessidade da organização de identificar os impactos ambientais significativos, e que estes sejam considerados na definição de seus objetivos ambientais. O texto coloca que:

A organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento(s) para:

- Identificar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços dentro do escopo definido de seu sistema da gestão ambiental, que a organização possa controlar e aqueles os quais possa influenciar, levando em consideração os desenvolvimentos planejados ou novos, ou as atividades, produtos e serviços novos ou modificados; e.

- Determinar os aspectos que tenham ou possam ter impactos significativos sobre o meio ambiente (p.ex., aspectos ambientais significativos).

A organização deve documentar essas informações e mantê-las atualizadas.

A organização deve assegurar que os aspectos ambientais significativos sejam cobertos no estabelecimento, implementação e manutenção de seu sistema da gestão ambiental

Embora o texto do requisito citado mencione a palavra "procedimentos" é importante esclarecer que a organização não deve obrigatoriamente possuir seus procedimentos de produção normalizados, contudo, todos os envolvidos na fabricação devem, necessariamente, conhecer e descrever todo o processo, de forma clara e idêntica, se estes forem questionados. As definições segundo a ABNT, norma NBR ISO 14001:2004 a seguir são consideradas de suma importância no nosso estudo:

aspecto ambiental é definido como o elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente.

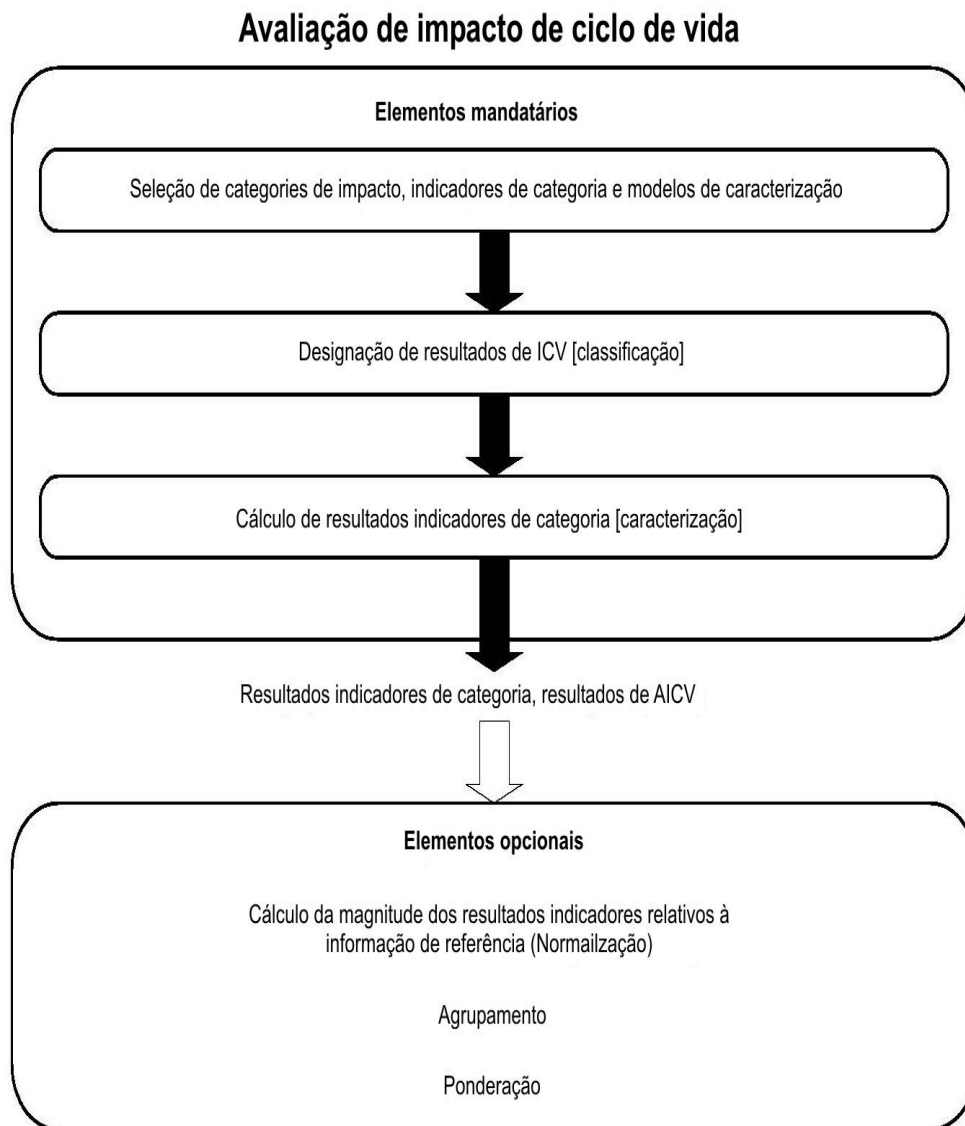
NOTA - Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental significativo.

impacto ambiental é definido como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Assim, este item tem o intuito de buscar na teoria a interpretação do que é impacto significativo e sua importância na implementação do SGA. Porém, a referência a um aspecto ambiental que tem um impacto significativo leva a entender que há aspectos que não provocam impacto maior ou menor em sua significação.

Já no texto da norma, NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), requisito 3.4.1, o impacto ambiental é definido como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”. Porém, para um melhor entendimento do conceito deve-se apresentar a definição de meio

ambiente como “*circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo o ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas interligações*”.



Quadro 19: Avaliação de impactos no ciclo de vida
Fonte: Norma ISO 14040:2006

Segundo Ministério de Meio Ambiente - MMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente a Resolução CONAMA nº 001/86 (anexo 5), em seu art. 1º, coloca que impacto ambiental é “*Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiental causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais*”.

Segundo Sachs (1993), impacto ambiental é a alteração da qualidade ambiental quando ocorre modificação no meio ambiente pela ação humana.

Ainda, quando procuramos esclarecer ainda mais este assunto, segundo a definição da norma ABNT, NBR ISO 14001:2004, dez 2004, os impactos ambientais se classificam em:

- **Impacto Adverso:** quando este representa uma mudança negativa ao meio ambiente, como por exemplo, esgotamentos dos recursos naturais renováveis e não renováveis e a contaminação do solo, da água e do ar, comprometimento da biodiversidade, erosões e compactações do solo, doenças e lesões, etc.;
- **Impacto Benéfico:** quando este representa uma mudança positiva no meio ambiente, por exemplo: regenerações, redução de consumos, descontaminações, geração de riquezas, etc.

A organização identifica os aspectos ambientais quando da avaliação para diagnosticar o que cada atividade, tarefa ou serviços relacionados com os seus processos podem causar alterações no meio ambiente, assim cada um dos seus agentes responsável por cada alteração se constituem nos aspectos ambientais relacionados com cada uma de suas atividades.

No anexo A.3.1-Diretrizes sobre Aspectos Ambientais, (ABNT NBR ISO 14001, 2004) dá exemplos genéricos de aspectos, que são:

- emissões atmosféricas;
- lançamentos em corpos d'água;
- geração de resíduos;
- uso do solo;
- uso de matérias-primas e de recursos naturais;
- outras questões relativas ao meio ambiente e as comunidades.

Ainda como auxílio na identificação de aspectos ambientais, alguns elementos são citados por Carvalho (1998, p. 37) conforme a seguir:

- ruído, vibração, odor, poeira, vapores, névoas;
- radiações, descarga gasosa para a atmosfera;
- efluentes líquidos, incluindo esgotos domésticos com descarga para o solo ou para mananciais de água;
- consumo de água, energia elétrica, ar comprimido;
- consumo de produtos químicos como N₂, O₂, H₂, ácidos, bases, sais, açúcares, proteínas, vitaminas, etc.;

- consumo específico dos recursos naturais não renováveis – combustíveis fósseis, areia, óleo, óleo combustível, argila, derivados de petróleo, etc.;
- vazamentos de recursos líquidos e de químicos perigosos ou tóxicos;
- escape de recursos gasosos e de gases perigosos e/ou tóxicos;
- explosões, incêndios, inundações;
- uso do solo através de equipamentos, máquinas, substâncias e operações que interajam com o solo;
- uso de reservas nativas, áreas paisagísticas ou áreas culturais, através de equipamentos, máquinas e operações que interajam com as tais áreas;
- reutilização de insumos, reciclagens, usos alternativos, aproveitamento de resíduos, etc.;
- equipamentos, máquinas e operações que interajam com tais áreas;
- reutilização de insumos, reciclagens, usos alternativos, aproveitamento de resíduos, etc.;
- geração de resíduos sólidos e líquidos (restos de alimentos, materiais infectados de ambulatórios, borras, graxas, estopas usadas, sucatas ferrosas e não-ferrosas, óleo queimado, etc);
- uso de aterros, jazidas ou incineradores;
- manipulação, manuseio e/ou transferência de produtos tóxicos ou perigosos;
- armazenamento (inclusive tanques e diques) de produtos tóxicos, explosivos ou inflamáveis;
- transporte de cargas (químicas, tóxicas ou perigosas) por meio rodoviário, ferroviário, aéreo, fluvial e marítimo;
- disposição do produto da organização por clientes consumidores.

Os aspectos ambientais podem ainda ser diferenciados pelo seu controle:

- **Direto:** aquele sobre o qual a organização exerce ou pode exercer controle efetivo;
- **Indireto:** aquele sobre o qual a organização pode apenas exercer influência, notadamente junto às partes interessadas externas.

A identificação dos aspectos e impactos ambientais é de fundamental importância para o conhecimento real do desempenho ambiental de uma organização e sua conseqüente avaliação.

2.3.1 Fronteiras do Sistema.

As **Fronteiras do Sistema** foram estabelecidas considerando os princípios teóricos do **ICV** que estabelece que cada material constituinte de um produto a ser estudado seja rastreado desde a utilização dos recursos naturais. A rigorosa aplicação deste princípio conduziu ao estudo dos mais variados processos industriais siderúrgicos, para a produção de aço, desde as mais simples operações até os mais complexos sistemas de produção.

A metodologia quantitativa estabelecida tem como objetivo avaliar se um material deverá ser incluído nas fronteiras do sistema estudado. Esta metodologia quantitativa foi utilizada no estudo. Especificamente, as variáveis secundárias foram investigadas o que determinou quando elas foram ou não incluídas no modelamento. Estas variáveis secundárias incluíram, por exemplo, combustíveis para fornos, coque para processos de redução, aditivos usados no refino de processos para remoção de impurezas, etc.

O desenvolvimento do estudo considerou as peculiaridades locais e particulares de cada uma das usinas siderúrgicas analisadas, utilizando como base o Módulo de Representação da aplicação de ACV na Siderurgia através do *GaBi 4 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering*, desenvolvido pela Universidade de Stuttgart, IKP, na Alemanha em 2004. Foi então possível se determinar quando um item específico do fluxo de processo de produção estava ou não incluído nas fronteiras do sistema secundário.

Foram analisados os fluxos de produção a partir da análise de inventários e ponderações em função dos seus respectivos problemas ambientais originários dos processos de produção do aço. Com base na ACV foram elaboradas coleta de dados que foram tratados, em função de seus efeitos nos respectivos processos de produção do aço. É necessário um bom conhecimento das limitações de cada um dos inúmeros processos e sistemas de produção do aço para identificar onde estão as oportunidades de melhorias ou estabelecimento de critérios.

O processo de agregação de dados resultou, a partir dos dados utilizados na introdução de simplificações em um produto complexo, e, portanto, a análise do impacto levou em consideração figuras e valores obtidos diretamente da fase do inventário.

Estas interpretações foram realizadas através de:

- análise de cada passo: fatores de impactos envolvidos; matérias-primas consumidas, emissões para ar e água, resíduos;

- análise de cada fator de impacto: produto principal (processo de fabricação, transporte, etc.);
- análise de cada impacto (aquecimento global, redução da camada de ozônio)
- acidificação, origem principal, em termos de poluição.

2.3.2 Métodos de Avaliação na ACV

A análise para avaliação dos aspectos ambientais na reciclagem do aço foi desenvolvida na seguinte seqüência de fases:

A primeira delas é a definição dos objetivos dessa análise, que foi o de avaliar os aspectos ambientais que envolvem a reciclagem do aço.

O passo seguinte foi a definição do escopo do estudo. O principal propósito na definição do escopo foi o de desenvolver a capacitação e a definição de fronteiras de sistemas, associados com suas respectivas áreas de processos industriais. Esse procedimento permitiu o estabelecimento de linhas mestras para determinação do ciclo de vida de cada produto selecionado, definindo os pontos assumidos que serão considerados no estudo, de modo a estabelecer modelos para os processos produtivos. O resultado desta etapa é um valioso guia metodológico geral, muito útil e foi utilizado para os próximos passos dados no desenvolvimento do trabalho.

O próximo passo foi a definição dos fluxos considerados no inventário da avaliação do ciclo de vida. A metodologia estabelecida para o inventário relativo aos impactos ambientais que envolvem a reciclagem do aço se embasa no que tradicionalmente é estabelecido, isto é, em um balanço de energia e de massa, incluindo consumo de energia, consumo de matérias-primas, emissões atmosféricas, efluentes hídricos e resíduos sólidos. Os cenários e as prioridades, em termos de coleta dos dados, ajudaram no desenvolvimento da capacitação e no direcionamento deste estudo;

Finalmente, procurou-se identificar as fronteiras do sistema. Os princípios teóricos do inventário relativo aos aspectos ambientais que envolvem a reciclagem do aço estabeleceram para cada material, constituinte de um produto estudado, a rastreabilidade desde o seu início, isto é, desde a fase de utilização dos recursos naturais. A rigorosa aplicação deste princípio conduziu o estudo aos mais variados processos industriais para produção do aço, desde as mais simples operações industriais até os mais complexos sistemas de produção. A metodologia quantitativa serviu para avaliar se um determinado material deverá ou não ser

incluído nas fronteiras do sistema estudado. Especificamente, as variáveis secundárias (combustíveis para fornos, coque para processos de redução, aditivos usados no refino de processos para remoção de impurezas, etc) foram cuidadosamente investigadas, no sentido determinar quando elas devem ou não entrar na modelagem.

Dentro deste estudo, a função do sistema é a produção de aço em uma usina siderúrgica. Outras funções relativas à geração de co-produtos que ocorrem em uma produção de uma usina siderúrgica foram eliminadas, considerando as recomendações estabelecidas pela norma ISO 14041.

2.3.3 Função e Unidade Funcional

A unidade funcional, segundo a norma ISO 14040 (ISO, 2006), é definida como sendo o desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência.

A unidade funcional é que possibilita quantificar e normalizar o sistema de entrada e saída como sendo **uma tonelada de produção de aço em uma usina siderúrgica**.

A tabela 1 incluída no estudo apresenta a especificação detalhada de cada produto siderúrgico, como tamanho, espessura e espessura do recobrimento, variam de empresa para empresa e é uma função da tecnologia, do equipamento, série de equipamentos e produtos da usina envolvida. Em particular, foram agrupados para uma maior racionalização do número de itens e para ajudar no agrupamento de informações para processos similares.

Tabela 1 Lista dos Produtos coberto pelo estudo

Categoria do Produto	Rota de Fabricação.	Lista de produtos
Produtos Longos	Rota do Alto – Forno.	Seções
	e	Barras / ferro redondo
Aços Planos	Rota do Forno Elétrico.	Engenharia de Fabricação do Aço
		Chapas
		Bobinas Laminadas a quente
		Bobinas Laminadas a Frio
	Rota do Alto – Forno	Bobinas decapadas a quente
		Bobinas acabadas a frio Eletro galvanizados
		Galvanização profunda
		Folhas de Flandres
	Chapas com coberturas Orgânicas	
	Tubos Soldados	

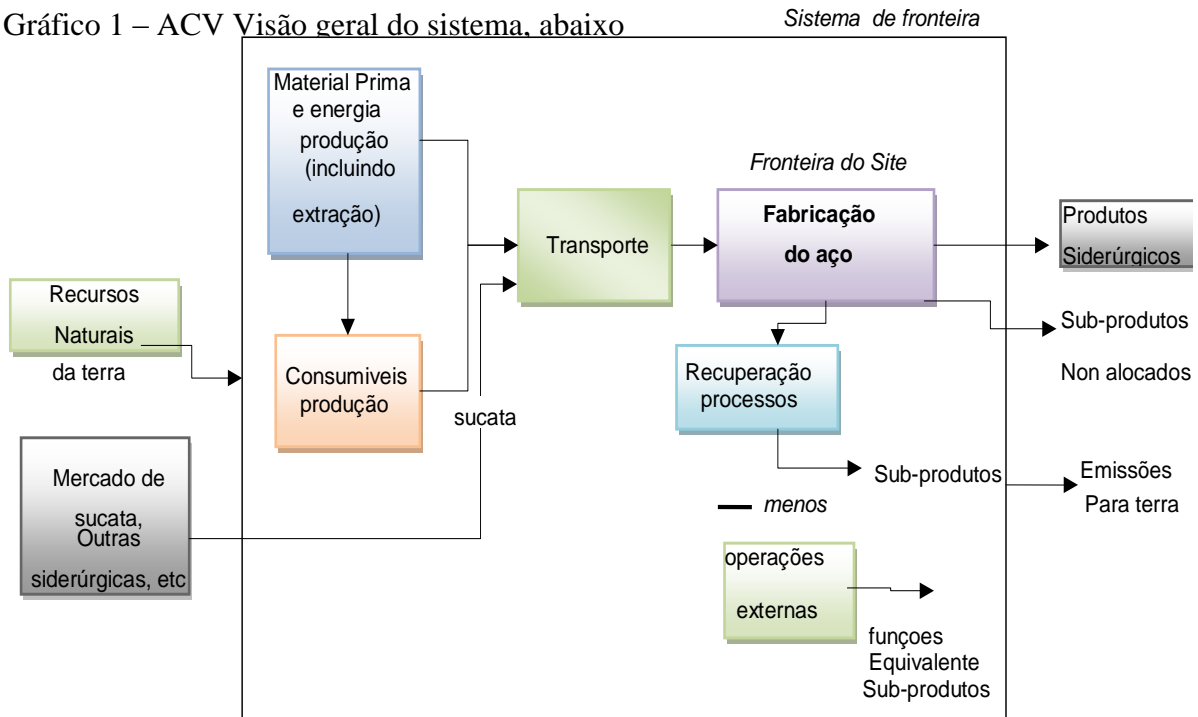
Fonte: IISI ACV- Visão geral do sistema, 2006

2.3.4 Fronteiras do Sistema

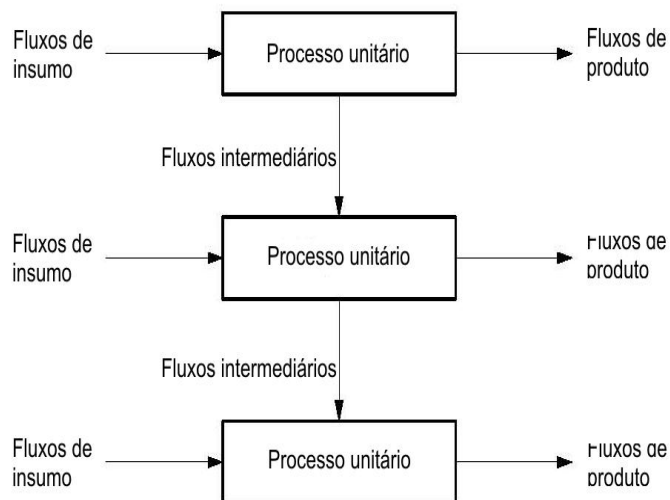
O estudo é um <berço-ao-túmulo> estudo do ICV. Isto é, ele cobre todos os passos da produção desde as matérias primas <no universo > (i.e. o berço) até os produtos finais prontos para serem embarcados em uma usina siderúrgica (i.e. o túmulo). Não estão incluídos toda a seqüência do fluxo de fabricação de produtos, seu uso, final de vida e os esquemas Gráficos 1, 2 e 3 a seguir.

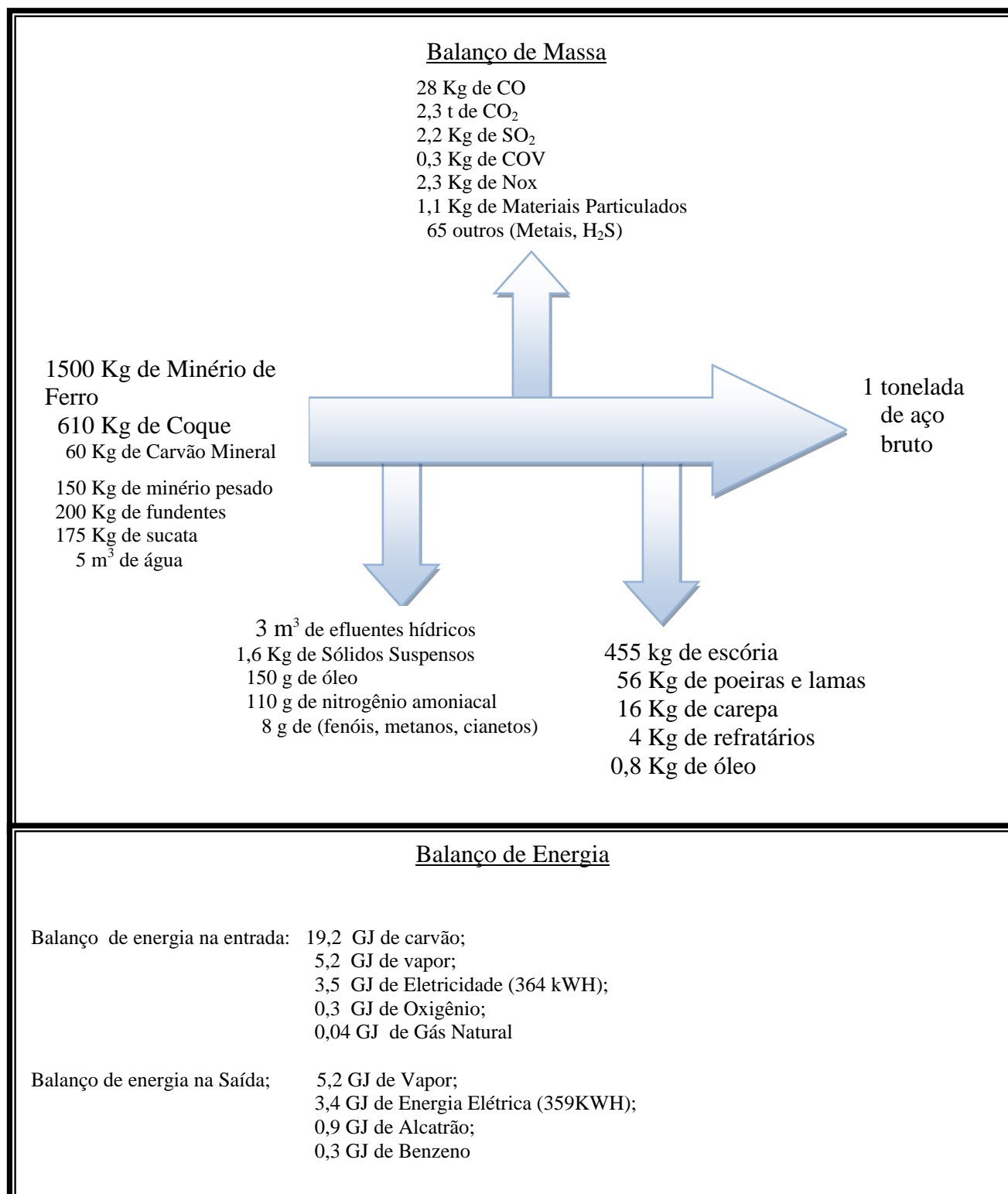
Natural

Gráfico 1 – ACV Visão geral do sistema, abaixo



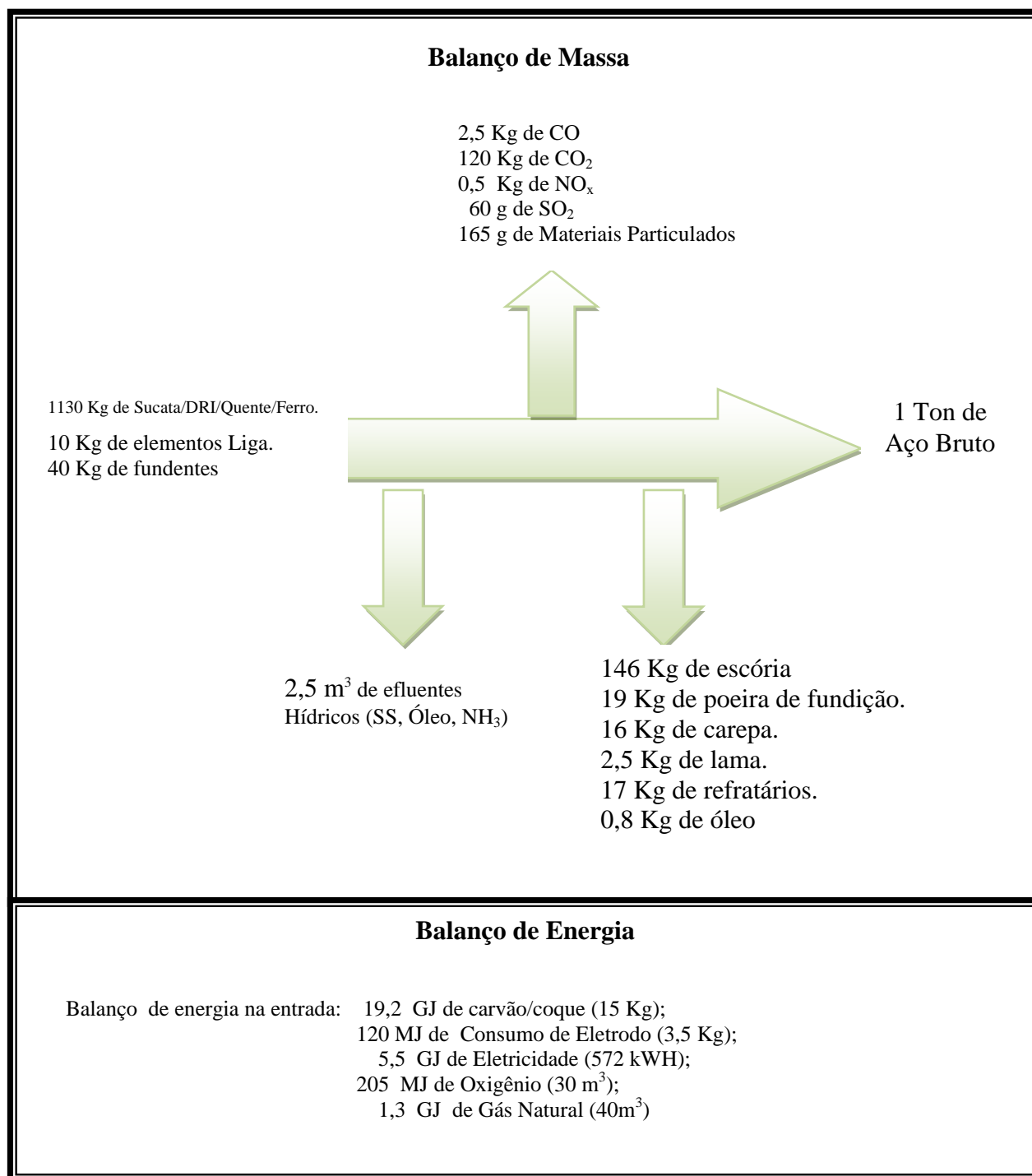
Fonte: IISI ACV- Visão geral do sistema, 2006





Fonte: IISI e UNEP, Steel Industry and Environment Technical and Management, capítulo 2, p 21. Brussels, Belgium, 1997

Gráfico 2: Balanços de Massa e de Energia para uma usina integrada



Fonte: IISI e UNEP, Steel Industry and Environment Technical and Management, capítulo 2, p 21, Brussels, Belgium, 1997

Gráfico 3: Balanços de Massa para uma usina a Forno Elétrico de Indução

2.4 Processos, Cobertura Tecnológica

Predominantemente o processo siderúrgico é coberto por duas rotas; a rota do Alto-Forno e a rota do Forno Elétrico a Arco (as rotas do BF e do EAF, respectivamente).

A rota do BF está baseada na fusão de minério de ferro primário e de sucatas com valores máximos de 25 % e o estágio de fabricação do aço desta rota ocorre com a utilização de um conversor a oxigênio (BOF). A rota do EAF baseia a fabricação do aço no processo que predominantemente utiliza 100% de sucata. Ambas as rotas produzem produtos fundidos que são encaminhados para processo de laminações a quente e a frio. Bobinas a frio conjuntamente com chapa recoberta e processos de acabamento para produtos planos são terminologicamente denominados como ‘rota de laminação a frio’. Produtos planos são predominantemente na rota do BF e os produtos longos são produzidos por ambas as rotas de processos EAF e BF.

Outros processos de tecnologias emergentes que incluem redução direta de minério de ferro que substitui a rota do BF (como a Midrex), estas tecnologias representam uma pequena, porém crescente contribuição na produção do mundo, e por esta razão ela está sendo incluída no escopo do estudo, porém nenhuma média foi calculada devido ao baixo número de usinas que adotam esta tecnologia.

2.5 Ciclo de Produção/Usina/Módulo

A estrutura modular estabelecida ao nível de usina siderúrgica é necessária para o cálculo da ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) porque muitas usinas importam ou exportam materiais (como o coque, metais quentes, placas, etc.). Isto também facilita a análise de dados/erros e pode orientar tanto no potencial de aplicação dos resultados como para “benchmarking” e melhorias ambientais.

De certa forma, os resultados agregam as contribuições de 150 a 250 unidades de processo, dependendo do produto que está sendo estudado.

Os dados primários foram coletados em 20 processos separados em etapas para produção de aço (Tabela 2 mostra uma lista), mais entrada de água, efluentes gerados, emissões de pilhas, energia, transporte, e fluxogramas de conteúdo de Fe-C.

Tabela 2 - Número de estágios de processo representado no estudo para produção de aço.

Estágio do Processo.	Número de Processos	Estágio do Processo.	Número de Processos
Fabricação do coque.	28	Processos de Fabricação do Aço	6
Fabricação do Sinter.	25	Tube sem costura/com costura	5
Alto-Forno.	29	Planta de Decapagem	23
Redução Direta do Ferro.	2	Laminador de Tiras a Frio	26
Aciaria (BOF)	29	Recozimento & Têmpera	26
Forno Elétrico a Arco	14	Eletro galvanização	11
Laminador de tiras a quente	24	Galvanização profunda a Quente	19
Perfilados	10	Tin-Free Mill (ECCS)	6
Laminador de Chapas Grossas	11	Tinplate Mill	10
Barras	10	Linha de Pintura Orgânica	11
Total de Processos			325

Fonte: IISI, ACV- *Visão geral do sistema, 2006*

2.6 Categorias de Dados

O estudo de ICV relata a inclusão de dados significantes de entrada e saída relativos aos fluxos de produção das siderúrgicas e, deste modo, qualquer estudo futuro poderá considerar uma série de categorias de impactos. Nesta análise estão incluídos a maioria dos materiais, entradas de energia, as emissões atmosféricas e hídricas e os resíduos sólidos gerados, mais notavelmente as emissões para o solo, que podem apresentar itens de contaminação que não se encontram incluídos.

2.6.1 Material Recuperado e Resíduos

Os materiais gerados na fabricação do aço que, são dispostos no solo, tanto internamente como externamente, e os materiais incinerados são classificados como resíduos.

Neste estudo desenvolvido pelo IISI para determinação e balanço de materiais nas usinas foram identificadas propostas para recuperação de materiais, considerando os fluxogramas de produção e nos cálculos foram identificados como sendo fluxos negativos de

entrada de material em cada módulo. Nesta regra estão incluídos o tratamento e a recuperação de sucatas.

Finalmente, materiais exportados da usina que são aplicados externamente foram classificados como co-produtos (é utilizado o termo “co-produto” ou “materiais recuperados”).

Portanto, uma parte dos materiais é considerada como resíduos e outra parte como co-produtos. Para tais casos, a relação entre co-produtos e resíduos foi identificada na avaliação de cada uma das usinas que participaram do estudo.

2.6.2 Emissões para o Ar e para a Água

Uma lista das emissões para o ar e para a água conhecida está definida e considerando cada etapa do processo de produção do aço e confirmados a partir de um questionário que foi enviado e respondido por cada uma das usinas siderúrgicas integrantes do estudo e foram estas informações que formaram um banco de dados. Considerando que as técnicas de medições eram mais avançadas em algumas usinas siderúrgicas do que em outras, uma lista inicialmente elaborada com combinações das emissões conhecidas resultou em uma extensão no quadro de emissões típicas relativas aos monitoramentos e dados rotineiramente obtidos em um site.

A lista da Tabela 3 foi desenvolvida a partir deste estudo e do levantamento para inclusão das emissões significativas relativas ao aquecimento global, acidificação pelo ar, índices de eutrofização, uma lista mais significativa e completa relativa aos metais, e emissões de menor interesse para um estudo de ACV.

Especificamente com relações às emissões para a água, a quantidade de poluentes medida na entrada da usina siderúrgica foi subtraída dos efluentes lançados porque eles não são atributos dos processos e das operações siderúrgicas. Para algumas empresas siderúrgicas localizadas em áreas urbanas ou distritos industriais, o efluente de saída acabou sendo melhor que a água que estava sendo captada.

Tabela 3 Emissões na Siderurgia

Cálculo das Emissões		Estudo Original 1995	Estudo Atualizado em 1999-2000
Ar	Gás do Efeito Estufa	CO ₂	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC's, PFC's, SF ₆
	Gás da Acidificação	NO _x , SO _x (Como SO ₂)	NO _x , SO _x as SO ₂ , HCl, H ₂ S
	Emissões de Orgânicos		Dioxinas COV's (excluindo metano)
	Metais		Cd, Cr, Pb, Zn
	Outros	CO, Particulados (Total)	CO, Particulados (Total)
Água	Metais	Cr, Fe, Zn, Pb, Ni	Cr, Fe, Zn, Pb, Ni, Cd
	Outros	Cl-, F-, Fenóis, CN-, N (exceto amônia), materiais P, Fosfatos, COD, S ₂ -, NH ₄ + (como N), Materiais em Suspensão (não especificados)	N (exceto amônia), compostos de P, Amônia, COD, e Materiais em Suspensão.

Fonte: IISI, *Worldwide LCI Database for Steel Industry Products*, Table 2.4-1: List of accounted air and water emissions, p 11, Brussels, 2006.

2.6.3 Energias Remanescentes

Os materiais que entram e saem do sistema e que são obtidos ou lançados no universo são considerados os elementos primários do IVC. Alguns materiais que entram no processo, particularmente combustíveis como o carvão, óleo, etc fazem parte da energia do processo e são proporcionais à sua massa de entrada no sistema, e que podem ser calculados tomando-se como base o seu valor calórico. Deste modo, nos dados do ICV, estes dados já estão acumulados para facilitar as análises de utilização e consumo de energia e não deve ser esquecido durante a análise que estes valores são derivativos dos materiais que entram no processo e, portanto não deverá ser “adicionado” a eles. Deve-se lembrar que a energia pode ser considerada como uma saída normal em um escopo de um ICV; entretanto, no estudo do IISI foram incluídas estas categorias para auxiliar na verificação de dados e na interpretação das proposições.

Portanto o cálculo dos indicadores de energia tem como base o:

poder calorífico e inclui o seguinte:

- *energia primária total*: é a soma das fontes de energias que são obtidas diretamente da terra, como o gás natural, óleo, carvão, biomassa ou hidroelétrica. A energia primária total contém outras categorias de energia denominadas não-renováveis e renováveis, e combustíveis e energia gerada no próprio processo. Elas serão descritas a seguir:
- *energia não-renovável*: inclui todos os combustíveis fósseis e fontes de energia primária de minerais, como o gás natural, óleo, carvão e energia nuclear.
- *Energia renovável*: inclui todas as outras fontes primárias, tais como hidroelétricas e biomassa.
- *Energia combustível*: é a parte da energia primária que entra no sistema e que é consumida.
- *Energia de processo*: é a parte da energia primária que entra no sistema e que não é consumida e/ou que está disponível como energia combustível e utilizada fora dos limites de fronteiras do sistema. No caso da fabricação do aço, estão incluídos os valores calóricos de energia que saem do sistema (como as contidas nos produtos, recuperação de materiais e resíduos), assim como as perdas de combustíveis. Na prática, a energia de processo obtida nos resíduos e as perdas de combustíveis não estão sendo consideradas no estudo.

A adição de combustíveis e energias de processo, assim como a adição de energias não-renováveis e renováveis sempre se equiparam à energia primária total.

Praticamente, a energia gerada na fabricação de produtos de aço é baixa quando comparada com os valores de energia primária, uma vez que o valor calórico do aço é assumido como zero e a energia gerada nos co-produtos é contabilizada nos procedimentos relativos às gerações desta energia primária.

No estudo do ICV, a definição de energia combustível abrange todas as energias que são aproveitadas, propostas nos processos e entram na geração de calor, energia mecânica ou possibilita reações químicas endotérmicas que ocorrem. Assim, a proporção de injeções que ocorrem na coqueria e no alto-forno, como gás natural, carvão e óleo e que são utilizados também como agentes redutores são incluídos como energia combustível.

Desta forma, nesse estudo, o cálculo da energia primária está baseado nos seguintes parâmetros:

- Valores caloríficos brutos para materiais fósseis, minerais e biomassa;
- Energia gravitacional de origem hidroelétrica: 1.11 MJ de energia gravitacional gera 1 MJ de eletricidade;
- Índice de queima para o minério de urânio: $7.92 \cdot 10^{-3}$ g de minério de urânio, equivalente a 3.19 MJ de energia primária, gera 1 MJ de eletricidade.

3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA ACV NA SIDERURGIA

Realizou-se as análises dos impactos ambientais que são provocados pelos atuais sistemas de produção de aço, as reciclagens e a destinação final dos resíduos gerados, particularmente as sucatas. Foram considerados os dados disponíveis e o conhecimento das atuais condições de operação dos complexos siderúrgicos e uma avaliação detalhada das possibilidades da reciclagem das sucatas. Avaliou-se a metodologia utilizada para levantamento dos aspectos ambientais, como a reciclagem do aço está sendo considerada e como as sucatas podem reduzir os seus impactos ambientais através das alternativas que diminuam a sua geração e otimizem o seu reaproveitamento. Foram avaliadas as possibilidades de contaminação das sucatas através de radiações, as contaminações dos recursos hídricos por infiltração de contaminantes no solo a partir de acumulação de sucatas em locais não controlados e que atentam diretamente à vida humana, animais e vegetais por efeitos de substâncias tóxicas, inflamáveis, corrosivas ou quando está presente uma toxidade aguda.

Avaliou-se as técnicas apropriadas ou procedimentos de prevenção de poluição e como elas estão sendo utilizadas pelas empresas e a adoção de melhores formas de valorização ou eliminação, para redução dos seus impactos ambientais correlatos.

Através de pesquisas econômicas de matérias-primas e energia, foram avaliados quais dos casos de reciclagem e reutilizações das sucatas são sinônimos de economia e diminuição dos impactos ambientais. Avaliou-se as medidas que estão sendo adotadas para recuperação de sucatas e quais são as condições técnicas para que elas possam ser novamente reutilizadas como matérias-primas. As sucatas podem muitas vezes representar uma matéria-prima de ocasião e, portanto, fontes de materiais e energia mais barata.

Uma coletânea de dados desenvolvida pelo setor siderúrgico em função, do número de configurações, contribuição de cada usina siderúrgica, processos de fabricação e a localização

geográfica está disponível para consulta no site (IISI, “*Worldwide LCI Database for Steel Industry Products*”, Brussels, Belgium, 2007). Duas categorias de dados são apresentados no banco de dados do Setor Siderúrgico mundial:

i) *Dados relativos aos itens*: são as informações administrativas indicando como o dado é calculado em cada item. Esses dados são regularmente atualizados para as devidas correções ou mesmo para melhoria da metodologia. Segundo levantamentos e análise realizados nos arquivos do ICV - Inventário do Ciclo de Vida disponível no IISI, verifica-se que existe atualmente uma grande quantidade de dados no ICV. Este Banco de Dados é sistematicamente atualizado e, portanto, é recomendável que a cada utilização seja feita uma nova consulta para, com segurança, sempre se usar a informação mais atualizada;

ii) *Data dos dados (1999-2000)*: são dados específicos relativos a cada usina siderúrgica.

A idade de dados teóricos em contra-partida é denominada componentes de expansão dos sistemas. Geralmente são valores obtidos através de questionários específicos, no período de 1995 a 2000 e atuais, estando disponíveis no IISI. Para determinação do ICV no estudo foram estabelecidas as médias estatísticas considerando os valores máximos e mínimos, e a sua variância usando neste caso o cálculo do coeficiente de variação (padrão de desvio / valor médio).

No Banco de Dados os valores obtidos são principalmente os resultados da variação que ocorre em cada usina siderúrgica e da matriz nacional de produção de energia. Com exceção da quantidade de resíduos sólidos gerados em minas de carvão, todos os valores adotados para os componentes dos sistemas foram adotados por cada uma das usinas participantes e em cada país. As principais unidades de processo como as minas de minério de ferro, pelotização e minas de carvão têm melhorado a sua representatividade através dos dados fornecidos diretamente pelas empresas.

A utilização do software **GaBi 4**, com aplicação específica para a siderurgia, é uma ferramenta universal direcionada às necessidades para administração de dados de sustentabilidade e avaliação do nível do ciclo de vida na organização, fábrica, processo ou produtos. Os Valores Mínimos e Máximos foram incluídos para que eles fiquem de acordo com a análise de sensibilidade. Portanto, o que pode ser verificado é que a coluna min (max) não pode ser considerada como sendo o melhor cenário uma vez que o valor do min (max) muitas vezes pertence a diferentes empresas. Por exemplo, em uma usina o valor mínimo para minério de ferro usado é fornecido juntamente com o valor máximo de sucata utilizada.

Similarmente, lembremos que a energia das colunas não são consistentes com os valores relativos as colunas de materias primas.

Valores extremos e variações regionais durante as avaliações extremas nas fases do processo formam a base para futuras análises. Em geral, os dados do ICV indicam o balanço entre o custo operacional e dos controles tendo como referência o benefício da tecnologia de processo e matérias primas como também a infra-estrutura local e fatores econômicos.

3.1 Fluxos do Inventário do Ciclo de Vida

Aqui é apresentado um esclarecimento adicional sobre a análise de alguns dados relativos a alguns dos produtos que estão incluídos no banco de dados.

Somente os mais significativos são mostrados na relação de dados, denominados os maiores como as matérias-primas, as emissões, os resíduos totais, os co-produtos totais não alocados e a energia.

(r) *Ferro (minério)*

A massa de minério de ferro líquido que existe no solo e se define como kg de minério de ferro (principalmente FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃) e estão excluídas das massas as perdas.

(r) *Zinco (minério)*

A massa de minério de zinco no solo se refere aos valores adotados pela no ICV e se refere aos estabelecidos pela *International Zinc Association for European Zinc* para produção, e representa 82% da produção Européia em 1995.

3.1.1 Sucata Ferrosa (líquido)

São descritas as quantidades líquidas de sucatas ferrosas considerando as que são importadas e as que são exportadas do sistema. Estão incluídos ambos, o aço e a sucata ferrosa (embora a quantidade de sucata ferrosa metálica seja pequena).

Os dados incluem:

- *Sucatas fornecidas de fontes externas* (sucateiros, reciclador municipal ou outros fornecedores),
- *Sucata "Circulante"* gerada dentro do processo e dentro da usina siderúrgica, más externa ao sistema de fabricação, para a rota de fabricação do aço. Portanto, para

os estágios intermediários (e.g., bobinas a quente), o líquido de sucata que entra no sistema pode ser diminuído em estágios subsequentes (e.g., bobina a frio).

3.1.2 Uso da Água (total)

Os dados atuais incluem uma melhoria no método de coleta de dados, pelo cálculo automático do consumo de água em uma planta siderúrgica, o que evita uma contagem dupla e a causada pela reciclagem em uma planta. Entretanto, os resultados mostram apenas o consumo de água, ao invés da água que entra e os efluentes gerados separadamente.

Complementando, a indústria siderúrgica se refere à água como sendo a água (total) usada, inclui todas as utilizações que tenham uma contribuição significativa no processo, exceto para a mina de carvão. Os dados relativos às minas de carvão disponíveis permanecem nas empresas aguardando melhoria de dados, e segue uma extensiva obtenção de dados; nenhuma atualização de dados foi possível a partir dos estudos originais para obtenção de dados. Neste estudo, está sendo assumido como sendo o volume líquido utilizado em todos os processos, como sendo a água usada em todo o processo siderúrgico (total).

A água usada no processo siderúrgico possui várias origens: as denominadas águas de superfície (rios e lagos), águas profundas (e.g. águas subterrâneas) ou fontes “tecnosfera” (outras plantas industriais, plantas de tratamento de efluentes, etc.).

3.1.3 Emissões atmosféricas

Com relação às emissões atmosféricas, os seguintes parâmetros foram considerados:

3.1.3.1 Dióxido de Carbono

No estudo se refere a ambos, fóssil e fontes minerais de CO₂ (e.g. combustão de gás natural, óleo, calcinação do calcáreo, e a oxidação de carvão).

3.1.3.2 Material Particulado (total)

Neste estudo estão incluídos todos os tipos de emissões de particulado para o ar, incluindo PM 10 and PM 2.5.

O tratamento dos materiais particulados deste estudo apresenta melhorias com relação ao estudo original de 1995; nominalmente a:

- Incluída previsão de emissões fugitivas que devem ser separadas das emissões das chaminés para conclusão dos resultados de emissões, de forma a se apurar melhor os resultados dentro de sua categoria de importância;
- Incluída a previsão para emissões fugitivas de pilhas de estocagem de materiais;.

Emissões fugitivas das pilhas de estocagem de matérias-primas, e.g. carvão e minério de ferro, são muito variáveis devido aos parâmetros locais como ventos, umidade e práticas gerenciais. Estima-se segundo o “*Worldwide LCI Database for Steel Industry Products*” (IISI, 2004), que estas fontes representam cerca de 5% do total das fontes de emissão de materiais particulados, portanto, por causa disso, materiais particulados grosseiros devem precipitar no solo da localidade da usina.

3.2 Co-produtos Não-Determinados

Vários co-produtos recuperados externamente não são determinados usando o sistema de expansão ou outros métodos. Sua massa acumulada é enquadrada na categoria “co-produtos não-determinados” que exclui a quantidade reciclada internamente ou descartada..

Para a rota de produção em Fornos Elétricos a Arco (EAF), a quantidade de co-produtos não-determinados é superior a 0.054 kg por kg de rota de engenharia de produção de aço, 63% dele é sucata em Fornos Elétricos a Arco (EAF). Escórias dos Fornos Elétricos a Arco (EAF) são recicladas principalmente como agregados siderúrgicos, e utilizados na construção de estradas de rodagem e outras aplicações nas construções civis.

Para a rota de produção em Alto-Forno (BF), a quantidade total de co-produtos não-determinados é superior a 0.10kg/kg bobina revestida.

3.3 Resíduos (total)

São identificados 85 diferentes tipos de resíduos na rota de produção via Alto-forno e mais de 19 resíduos para a rota de produção EAF - Forno Elétrico a Arco.

Na fabricação do aço, processo metalúrgico (BF, BOF, Metalurgia) através de importantes métodos de separação do ferro da escória e de outros componentes que existem no minério são ferramentas usadas para a fabricação do aço, e para remoção dos elementos indesejáveis incorporando-os na estrutura estável de escória.

Quando ferro ou aço em forma líquida é removido no processo, a escória é separada. Quando o aço é fabricado, através de um controle cuidadoso ocorre a separação e o tratamento da escória, esta escória pode ser vendida no mercado, principalmente na forma de agregados ou cimento.

Outros mercados menores existem para as areias de fundição e algumas vezes ocorre uma falta de demanda nestes mercados, e a indústria siderúrgica não processa esta escória e acaba enviando a mesma para uma disposição no solo. Somente nesta condição a escória é chamada de resíduo.

A seguir, na tabelas 7, é apresentada uma relação dos principais resíduos, rota BF (bobinas de tiras a quente, valores médios globais), na tabela 8 é apresentada uma relação dos principais resíduos para ferros redondos e barras na rota, EAF, (valores médios globais), e na tabela 9 é apresentado uma relação de outros recursos naturais (valores médios globais) que são usados para fabricação de aço bruto.

Os principais resíduos gerados na rota Alto - Forno (bobinas de tiras a quente, valores médios globais) (IISI, agosto de 2002), são dados obtidos em 1999-2000 e apresenta os co-produtos não-alocados, com lista dos vários co-produtos usando sistema de expansão ou outros métodos. Esta categoria exclui as quantidades de resíduos que são recicladas externamente ou encaminhados para aterros.

Tabela 7: Principais resíduos, rota alto-forno (bobinas de tiras a quente, valores médios)

Tipo de Material	Origem	Índice de Geração kg/kg de produtos
Resíduos (mineração)	Rochas de minério de ferro, etc.	1.33646
Resíduos (não específicos)	Mina e Operação com Combustíveis	0.15586
Mínerais (inertes)	Mina, Produção de Ácidos	0.0328
Escória de Aciaria	Aciaria	0.02419
Escória Metalúrgica	Planta Siderúrgica	0.01038
Refugos	Fabricação de Pelotas	0.007055
Refratários	Alto-Forno BF, Aciaria	0.0065
Escória de Alto-Forno	Alto-Forno	0.0044
Outros, incluindo lamas, poeiras, finos etc	Vários	0.0175
Total		1.59523

Fonte: IISI 'LCI for Steel Products', agosto de 2002

Tabela 8: Principais resíduos para ferros redondos e barras na rota, EAF, (valores médios)

Tipo de Material	Origem	Índice de Geração kg/kg de produtos
Não-especificados	Vários	0.0107
Poeiras de Forno Elétrico	Forno Elétrico	0.0046
Minerais (inertes)	Minas	0.0024
Escórias e Cinzas	Minas & Combustíveis	0.0006
Refratários	Plantas Siderúrgicas	0.0003
Outros Resíduos	Vários	0.0011
Total		0.0197

Fonte: IISI 'LCI for Steel Products', agosto de 2002

Tabela 9: Outros recursos Naturais (valores médios) usados para fabricação de aço bruto

Outros Recursos Naturais (kg/kg de produtos)	Bobinas de Tiras a Quente	Barras
	Rota do Alto-Forno (BF)	Rota do Forno Elétrico a Arco (EAF)
(r) Bauxita (Al ₂ O ₃ , minério)	0.00617	0.00336
(r) Cromo (Cr) (Cr, minério)	0.000682	6.16E-09 (e superior a 0.0069 para engenharia de aços)
(r) Ilmenita (FeO.TiO ₂ , ore)	0.000298	NR
(r) Magnésio (Mn, minério)	0.009878	0.015
(r) Urânio (U, minério)	1.8E-06	3.53E-07

Fonte: IISI - 'LCI for Steel Products', agosto de 2002

Tabela 10 Produto: Bobina de Tiras a Frio Acabada, Rota do Alto-Forno, Média Mundial, para produção de 1kg de aço.

Editado pelo: IISI, agosto de 2002 (Data de obtenção dos dados: 1999-2000)

	Maiores Componentes*	unidade	Média de (26 sites)	
Entradas:	(r) carvão (no solo)	kg	0.789481	
	(r) Dolomita (CaCO ₃ , MgCO ₃ , no solo)	kg	0.0290661	
	(r) Ferro (Fe)	kg	1.91427	
	(r) Calcáreo (CaCO ₃ , no solo)	kg	-0.0110614	
	(r) Gás Natural (no solo)	kg	0.0624542	
	(r) Óleo (no solo)	kg	0.0463004	
	(r) Zinco (Zn)	kg	-2.48E-05	
	Sucata Ferrosa (net)	kg	0.09144213	
	Uso da Água (total)	litro	23.1882	
Saídas:	(a) Cádmio (Cd)	g	7.00E-05	
	(a) Dióxido de Carbono (CO ₂)	g	2616.11	
	(a) Monóxido de Carbono (CO)	g	31.9049	
	(a) Cromo (Total)	g	3.91E-03	
	(a) Dioxinas (não-especificado, como TEq)	g	2.06E-08	
	(a) Cloreto de Hidrogênio (HCl)	g	0.086121	
	(a) Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)	g	0.0843961	
	(a) Chumbo (Pb)	g	0.00380944	
	(a) Mercúrio (Hg)	g	6.87E-05	
	(a) Metano (CH ₄)	g	1.00906	
	(a) Nitrogênio Oxide (NO _x como NO ₂)	g	3.30931	
	(a) Óxidos de Nitrogênio (N ₂ O)	g	0.135275	
	(a) Particulados (Total)	g	2.013858827	
	(a) Óxidos de Enxofre (SO _x como SO ₂)	g	3.22123	
	(a) VOC (exceto metano)	g	0.153512	
	(a) Zinco (Zn)	g	0.00367601	
	(w) Amônia (NH ₄ ⁺ , NH ₃ , como N)	g	0.0868194	
	(w) Cádmio (Cd ²⁺)	g	7.47E-05	
	(w) Cromo (Total)	g	1.21E-04	
	(w) DQO (Demanda Química de Oxigênio)	g	0.302357	
	(w) Ferro (Fe ²⁺ , Fe ³⁺)	g	0.0417901	
	(w) Chumbo (Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺)	g	2.73E-05	
	(w) Níquel (Ni ²⁺ , Ni ³⁺)	g	0.000234569	
	(w) Materiais Nitrogenados (não-especificados, como N)	g	0.0264328	
	(w) Materiais Fosforosos (não-especificados, como P)	g	0.0033978	
	(w) Materiais Suspensos (não-especificados)	g	0.250121	
	(w) Zinco (Zn ²⁺)	g	0.0021733	
	Co-produtos Não-alocados (veja tabela abaixo)	kg	0.0900452	
	Resíduos (total)	kg	1.75255	
	Energias:	E Alimentação de Energia	MJ	-0.213737
		E Energia Combustível	MJ	31.1173
		E Energias Não-renováveis	MJ	30.3653
		E Energias Renováveis	MJ	0.392903
E Energia Primária Total		MJ	30.9034	

*(r): Matéria Prima no solo, (a): Emissões para o ar, (w): emissões para a água

*Uma lista completa do IISI os dados do ICV contém 450 componentes, somente os mais significativos foram mostrados aqui.

* cargas de sucata não foram incluídas no escopo do estudo com exceção ao transporte de sucatas para a usina siderúrgica.

**nenhum conjunto com valores negativos e positivos.

	Maiores Componentes *	unidade	Média de (26 sites)
Lista dos co-produtos - Não-allocados	Sucata de aço	kg	0.0142828
	Carepa	kg	0.0132028
	Escória de Aciaria	kg	0.010152
	Escória do Alto – Forno	kg	0.00808569
	Rochas	kg	0.00490761
	Resíduos Oleosos	kg	0.00421798
	Resíduos da Decapagem Clorídrica	kg	0.00371193
	Lama da Lavagem de Gás da Aciaria	kg	0.003601
	Escória da Desulfuração	kg	0.00317257
	Escória Metalúrgica	kg	0.00285069
	Escória da Desfosfatização	kg	0.00240527
	Finos da Pelotização	kg	0.00210225
	Outros	kg	0.016819762

Fonte: IISI 'LCI for Steel Products', Brussels, Belgium, agosto 2002

3.4 Eficiência na utilização de materiais

A eficiência é medida pelo volume de material que é permanentemente disposto em aterros ou incinerado, externamente ou internamente e para uma determinada produção de aço bruto. Ela é calculada como sendo a diferença entre o aço líquido produzido e a quantidade de resíduos gerados, dividida pela quantidade de aço bruto produzido, e são multiplicados por 100%. A relação ótima de 100% representa o processo de produção onde nenhum material é disposto como resíduo.

3.5 Aplicação da ACV na reciclagem

A aplicação da ACV teve como objetivo o levantamento de informações relativas aos produtos siderúrgicos e os seus respectivos impactos ambientais, com base nas variáveis de entrada e saídas associados à produção e uso de recursos naturais para os produtos de consumo. Na ACV foram considerados o consumo de matérias-primas, água, energia e seus efeitos associados que provocam emissões para o ar, para a água, e para o solo e que forneceu as informações científicas necessárias e possíveis e a sua quantificação para tomadas de decisão. Os outros critérios, os econômicos, sociais e políticos se baseiam e usam todos os dados fornecidos pelo estudo de ACV para analisar informações sobre contribuições e participações nos impactos, assim como eles estão sendo provocados.

A ACV é uma ferramenta analítica para avaliar o desempenho ambiental de produtos e o ICV é um proeminente método de engenharia usado para medir os impactos ambientais. Na

ACV a finalidade de se avaliar os modelos de reciclagem do aço usando ACV e ICV foi o de obter informação para que se possa ter um senso comum a respeito do conteúdo do Banco de Dados do Setor Siderúrgico (ICV) e, portanto, avaliar quais os aspectos ambientais que envolvem a reciclagem do aço. Deste modo, poderá se evitar decisões prematuras, não dependendo de sistemas específicos, que é de alto interesse para um ambiente de múltiplas aplicações, necessário neste tipo de avaliação. A análise realizada está fundamentada em um modelo de reciclagem de múltiplos ciclos, que corresponde à melhor realidade para reciclagem dos materiais para as economias atuais.

O modelo tomado como base foi unidade de ferro, isto é, a saída de matérias primas brutas em uma mina de ferro, como ocorre comumente no mercado. Em seguida foi considerada a sua utilização onde o aço é reciclado indefinidamente, com uma taxa de reciclagem inferior a unidade original. Uma parte do material é «perdido» em cada uma das etapas da reciclagem mais não no inventário ICV (Inventário do Ciclo de Vida), pois nele a é considerado como elemento básico o final da vida que é a saída amarrada na reciclagem.

Com o objetivo de avaliar os critérios de reciclagem foi realizada como base uma análise da metodologia para integração da reciclagem na ACV. Na metodologia de ACV a reciclagem apresenta uma posição ambígua. A reciclagem não está diretamente identificada como um item, mas como um anexo de um documento principal na série de normas ISO 14040 (ISO, 2006). Portanto, a sua prática permite a livre escolha do método que deverá ser adotado ou desprezado. Isso pode ser considerado como inadequado para as atividades que são desenvolvidas em uma usina siderúrgica considerando-se a magnitude dos impactos provocados pela própria reciclagem do aço.

Como uma disciplina que propões uma métrica para estimar o valor ambiental ou uso de recursos naturais e atividade dos homens em uma sociedade a ACV tem conseguido no mundo todo o seu espaço próprio tanto no segmento econômico como no político. A série de normas internacionais ISO 14040 apresenta os requisitos mínimos para se criar um banco de dados e uma metodologia que de certa forma descreve qualitativamente o impacto ambiental relativo às atividades humanas. A maioria dos indicadores está centrada na redução global de energia e emissões, especialmente a dos gases que provocam o efeito estufa.

O método do ICV é a contabilização de fluxos de massa e de energia e tem ele demonstrado um considerável benefício. Foi construído com base nas técnicas convencionais de gerenciamento de processos de engenharia metalúrgica e química, porém no ICV existe

uma consistência na contabilização das inúmeras operações que ocorrem para a produção do aço e as atividades de ciclo-de-vida de um produto.

3.5.1 Avaliação da Aplicação dos dados do ICV na reciclagem

Considerando que no limite das fronteiras do estudo da ACV para a fabricação do aço, não se inclui a reciclagem de sucatas e os itens relativos à sua distribuição, foi feita uma análise de como a reciclagem do aço pode ser considerada em todo o ciclo de uso do aço desde o berço até o túmulo. Os pontos importantes considerados na reciclagem, são:

- 1) *determinação da origem externa* da sucata em todo o seu ciclo de vida (i.e, sucata originária do final de vida de prédios ou de carros),
- 2) *determinação para sucatas internas* advindas do processo de fabricação do aço, gerada nos diferentes pontos do fluxo de produção do aço.
- 3) *explicação para as múltiplas reciclagens* ou reuso dos componentes de aço.

Para sistemas que possuem os dois processos, o de entrada e de saída de sucata é necessária a aplicação de avaliações apropriadas e consistentes para cada uma delas e que em muitos casos são semelhantes e, portanto, tratados de forma idêntica.

A maior parte da reciclagem de sucatas de aço envolve uma refusão do aço para produzir um novo aço com pequenas variações ou mesmo sem alterações de suas características inerentes e, em muitos casos, esses aços reciclados podem ser considerados como pertencentes a um ciclo fechado. A norma ISO 14040 (ISO, 2006) recomenda que em tais casos devam ser evitadas as substituições das sucatas, uma vez que o seu uso como materiais secundários substitui o uso de matérias-primas virgens (primários). Esta orientação da norma é a base para metodologia do “*ciclo fechado dos materiais reciclados*”, e que é usado para determinar qual a abordagem mais adequada, para cada um dos casos de reciclagem.

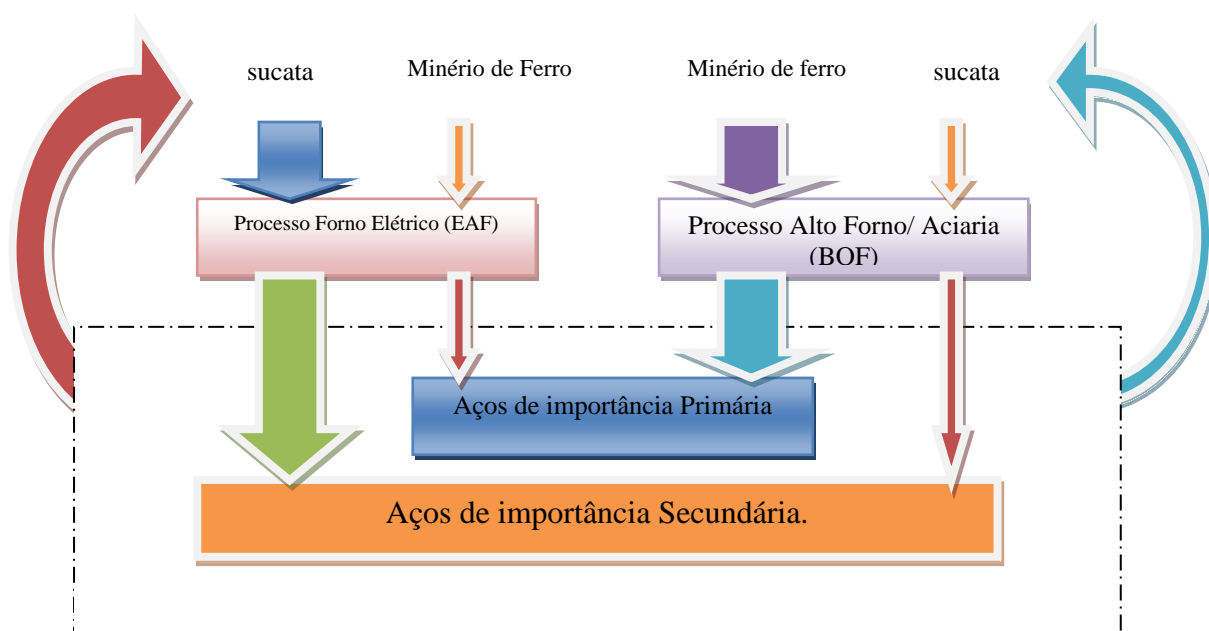
A reciclagem múltipla ou reuso foi utilizada para determinar o potencial de materiais que podem ser reciclados ou reusados novamente e assim sucessivamente. Foi calculada a gama de efeitos relativos aos materiais selecionados, considerando o número de estágios de uso e os produtos primários e o menor impacto na seqüência dos estágios de reciclagem. O número de estágios potenciais de reciclagem do aço foi estimado de acordo com as propriedades dos materiais. Como não existe degradação significativa de materiais e através de um sistema de coleta de sucata adequado com índices de recuperação, o aço pode ser reciclado indefinidamente.

Nesta Tese foram consideradas todas as fases que envolvem a produção de produtos em aço “*do berço ao túmulo*”, isto é, desde a extração das matérias-primas até o uso final.

3.5.2 Prática de reciclagem do aço

Para auxiliar o entendimento da reciclagem na siderurgia, é importante a apresentação de uma explanação da prática de reciclagem de aço. Na fabricação do aço o termo “*produção primária*” geralmente se refere à produção do ferro (metal quente) obtido a partir do minério de ferro em um Alto-Forno, que é subseqüentemente processado em uma Aciaria a conversor de oxigênio, para fabricação do aço. O processo secundário ou rota de reciclagem se trata de um processo tipicamente realizado em um Forno Elétrico de Indução a arco, que converte sucata de aço em um novo aço pela refusão do aço velho. Entretanto, a produção primária do aço não é a única rota Alto-Forno/Aciaria a Conversor de Oxigênio e similarmente a produção de aço secundária, por forno elétrico a arco. É comum a prática do uso de 10-20% de sucata na rota Alto-Forno/Aciaria a Oxigênio. As produções de aços primárias ocorrem no ciclo do EAF quando é usada uma pré-redução de ferro no processo do EAF.

O quadro 11 a seguir mostra como os processos o EAF e o BF/BOF podem produzir aços primários e secundários.



Fonte: *Brimacombe L e Shonfield P, 2001* in 9 (2) 19-21, *Sustainability and Steel Recycling, New Steel Construction, EUA*.

Quadro 11 - Conexão entre rotas de processos primária/secundária da produção do aço.

O aço, sendo um material 100% reciclável, a sucata pode ser transformada novamente em aço de mesma qualidade (ou melhor, ou pior) dependendo, sobretudo, da metalurgia empregada e do processamento utilizado para o ciclo de reciclagem. Se para alguns produtos reciclados como as barras necessitam de um mínimo processamento, para outros, aços de alta tecnologia necessitam mais controle metalúrgico e controle de processo para atingir as propriedades restritas das suas especificações.

Alguns produtos em aço são obtidos através do ciclo primário principalmente porque as especificações destes aços requerem baixos teores de elementos residuais e isto pode acarretar em custos mais elevados porque usam materiais primários. Baixo teor de sucata residual domina o maior volume do mercado por causa da facilidade do seu processo através dos ciclos de reciclagem.

A crescente demanda universal de aço estabelece que exista uma consistente necessidade de sucata de aço. Historicamente pode ser mostrado que não existe quantidade de sucata disponível para satisfazer as necessidades do mercado. Isto não se deve a uma deficiência na coleta de sucata, como será demonstrado pelos altos índices de recuperação. Sucata é recuperada durante a fabricação dos produtos (por exemplo, a porta de um carro) e no final da vida de um produto. Os dados de recuperação excluem informações sobre reuso que é considerada como uma extensão da vida de um produto.

Tabela 11 - índice de Recuperação para produtos em aço baseado em dados do SRI, 2005 dos Estados Unidos da América.

$$\text{Índice de Recuperação (RR)} = \text{Total recuperado em peso} / \text{Peso total} = (A - B + C) / A \times 100$$

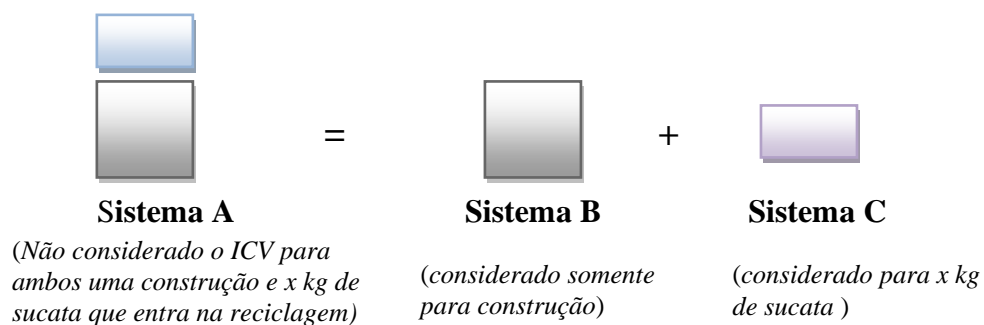
Setor Comercial	Tamanho do Mercado % *	Peso total entregue baseado em 1,000,000 t vendida, t (A)	Peso final dos produtos t (B)	peso recuperado produto final, t (C)	Final de vida índice de Reciclagem, % *	Sucata gerada no produto, t (A - B)	Peso total da sucata recuperada Total t (A - B + C)	Índice de recuperação, % (RR) †
Embalagens	5.5	55,000	49,500	30,690	62	5,500	36,190	65.8
Automotivo	30.2	302,000	181,200	179,388	99	120,800	300,188	99.4
Aplicações Domésticas.	5.0	50,000	37,500	33,750	90	12,500	46,250	92.5
Construção	43.6	436,000	327,000	261,600	80	109,000	370,600	85.0
Maquinas	15.7	157,000	141,300	127,170	90	15,700	142,870	91.0
Total		1,000,000	736,500	632,598	85.9 (Av)	263,500	896,098	89.6 (Av)

Fonte: SRI, 2005 dos Estados Unidos da América.

3.5.3 Determinação das entradas e saídas de sucata usando a metodologia de reciclagem para o ciclo de materiais

No estudo de ACV, quando sucatas de aço são recuperadas pela reciclagem é comum se estabelecer um crédito (benefício) para a utilização de sucata. Quando uma sucata é utilizada na fabricação de um novo produto haverá uma determinação (ou débito) associada com a entrada de sucata. Desta maneira deve ser considerado o benefício do valor líquido da sucata ou o débito da entrada líquida da sucata. Baseado na orientação da norma ISO 14040 (ISO, 2006) esta sucata pode ter um valor associado com os impactos evitados, tais como, uma fonte alternativa do metal ferroso (virgem) equivalente como descrito abaixo. Deste modo, os *aços secundários substituem os aços primários*.

No caso do aço, o primeiro reconhecimento é o chamado aço fundido, que é quando consideramos na sua produção a melhor condição para o produto virgem a substituição da matéria prima por sucata. Neste caso, pode-se destacar que o aço secundário fabricado a partir de sucata (na rota de produção por Forno Elétrico a Arco) substitui a fabricação do aço primário (no ciclo de fabricação via Aciaria a Oxigênio). Portanto, para se fazer de aço secundário a utilização da sucata necessita ser ajustada e também ser levado em consideração o rendimento de sucata/aço associado. A ilustração esquemática no quadro 12 apresenta o processo de utilização de saída de sucatas.



Fonte: *Brimacombe L e Shonfield P,*) in 9 (2) 19-21, *Sustainability and Steel Recycling, New Steel Construction, EUA, 2001*

Quadro 12 - representação esquemática na distribuição de sucata para construção em um sistema

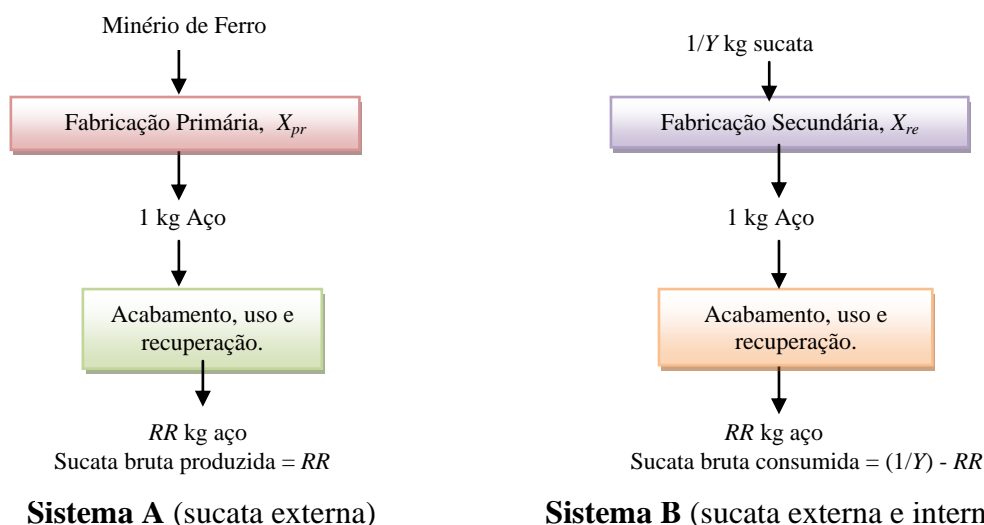
O índice de recuperação de aço é a fração do aço recuperada como sucata durante o ciclo de vida de um produto em aço. Recuperação de sucata inclui qualquer sucata que é gerada após a manufatura de um produto em aço, que está sendo analisado. Por exemplo, 100t de aço é usada para construir um edifício, com 80t de aço recuperado no seu final de vida, o $RR = 0.80$. Na prática para se incluir 100t de aço em um edifício são necessários 133t de aço primário. Uma vez que este adicional de 33t foi retornado para reciclagem então o $RR = (80+33)/133 = 0.85\%$. O rendimento metálico se refere a eficiência do processo secundário para conversão de sucata em aço. Ele é a relação do aço na saída /sucata na entrada.

O ICV para produção de aço primário se refere a 100% da produção de aço primário, de produtos semi-acabados originários de minério de ferro. O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) para produção de aço secundário se refere a 100% da produção de aço secundário a partir da sucata.

4. DISCUSSÃO

O primeiro estágio de uma análise pode-se dizer que toda sucata disponível no mercado pode evitar a fabricação de novos aços primários, porém o consumo de reciclados deve ser ajustado considerando o seu rendimento metálico. Como nunca um processo de reciclagem atinge 100% de eficiência, o ICV deve ser ajustado em função do rendimento metálico no processo. Estudos realizados (*Brimacombe, L e Shonfield, P, 2001*), mostram que, em média, é necessário 1,05 kg de sucata para produzir 1 kg de aço secundário.

O ICV determinado para a sucata pode ser aplicado para o sistema, que produz e consome sucata. Por exemplo, considerando a vida total de dois sistemas A e B com dados de ICV e rendimento metálico para ciclos que utilizam Forno Elétrico a Arco e ciclos que utilizam BF/BOF para produzir 1 kg de aço e assumindo idênticas condições de acabamento final, uso e módulo de recuperação, esquematicamente apresentado na quadro 12, temos.



Fonte: IISI: *Brimacombe L e Shonfield P, 2001* in 9 (2) 19-21, *Sustainability and Steel Recycling, New Steel Construction, EUA*.

Quadro 12 - Diagrama da Análise do Ciclo de Vida (ACV) para a fabricação do aço por ciclos de produção para aços primários e aços secundários.

No Sistema A existe a saída de sucata do sistema, que está sendo considerada na quantidade de aço recuperado para a reciclagem. O ICV para 1 kg de aço, no sistema, é o ICV para fabricação primária com um crédito para a produção de sucata.

No sistema B, uma análise similar foi desenvolvida para 1 kg de aço secundário no mesmo sistema de produção e no final de vida a mesma quantidade de aço é recuperado na reciclagem. No exemplo, no ciclo de produção de aço secundário, existe entrada e saída de sucata e a distribuição deve estar baseada no consumo bruto de sucata.

O que pode ser concluído em um estudo de ACV, quando se considera ciclo fechado de materiais, tanto para usinas integradas que usam matérias-primas virgens, como para usinas siderúrgicas não-integradas a Forno Elétrico a reciclagem ocorre de maneira idêntica. Portanto, o ICV não depende das fontes de materiais (primário ou secundário) mas do índice de reciclagem do aço no final de sua vida e, sobretudo, do rendimento metálico associado ao processo de reciclagem.

A metodologia descrita anteriormente para material reciclado em circuito fechado é um método prático de gerar os dados de ICV que são representativos na reciclagem do aço. Entretanto, às vezes é útil explorar a reciclagem considerando que o aço poderá ser inúmeras vezes reciclado. Isto é o mesmo que dizer que o aço primário que dará origem a um produto, com a reciclagem, poderá produzir muitos outros produtos diferentes e, portanto, apresentará vários perfis ambientais através de seus muitos ciclos de vida. A metodologia para material em circuito fechado inclui estes aspectos de reciclagem, porém múltiplas reciclagens podem

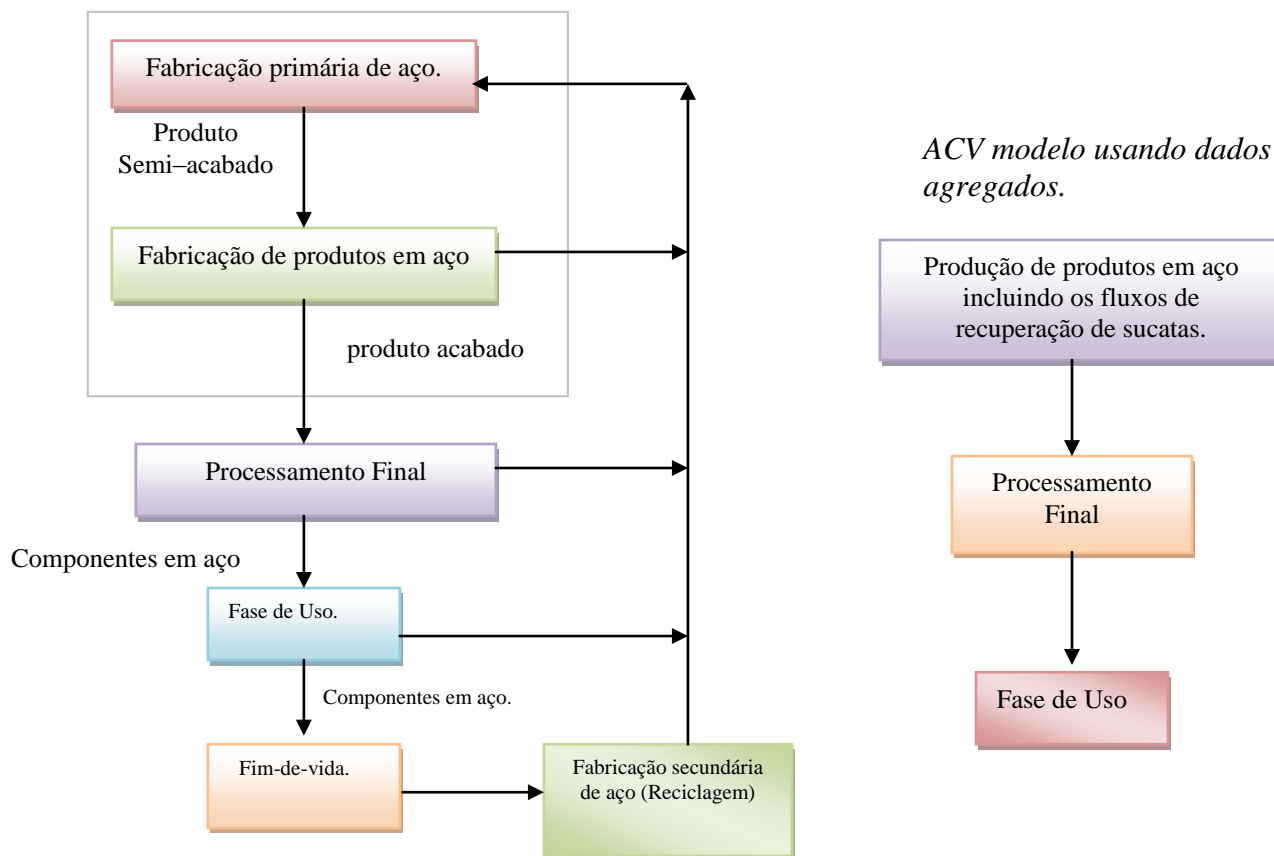
muitas vezes ser uma ferramenta útil para o entendimento dos benefícios da reciclagem ou do reuso.

A sistemática de avaliação através de múltiplos ciclos de reciclagem é uma ferramenta útil, pois fornece um diagnóstico e avalia os benefícios da reciclagem, isto porque permite que os limites de fronteira sejam calculados para uma determinada vida particular (n). Esta ferramenta possibilita avaliar os projetos onde a melhor recuperação ambiental poderá ser feita através da avaliação das múltiplas vidas de um produto. Entretanto, para que a aplicação da metodologia de ACV seja eficaz, é necessário se ter uma grande quantidade de dados relativa às inúmeras vidas de um produto. Comumente a ACV somente avalia o sistema uma única vez e não estabelece corretamente os limites de fronteira segundo cada fase da fabricação, uso e final-de-vida.

Por esta razão, os estudos desenvolvidos (IISI, BIRAT, J.P., ZAOU, A, 2006) levaram as empresas siderúrgicas, a partir de 1995, a adotar o método de circuito fechado para materiais como sendo um método que incorpora os benefícios da reciclagem do aço através dos dados de um ICV para produtos siderúrgicos. Os dados do ICV para produtos siderúrgicos têm sido constantemente atualizados e constantemente reavaliados de forma a agregar os dados de produção e os cenários de reciclagem de final-de-vida de um produto.

Conforme estudo apresentado no *International Forum Steels*, (BIRAT, J.P., 2003), a metodologia para circuitos fechados considera a reciclagem do aço no levantamento dos dados de um ICV para produtos siderúrgicos. Neste estudo é feita uma integração dos dados de fabricação e da reciclagem do aço desde o “berço ao túmulo”. A área destacada no diagrama de bloco, apresentado no quadro 13 a seguir, mostra graficamente esta integração.

A metodologia exclui as informações do final de vida para a não-recuperação do aço, é usual em um projeto/produto específico apresentar informações de como acontece a destinação e não-recuperação de aço em um processo de produção. Por exemplo, quando ocorre a não-recuperação de aço de uma construção, o mesmo pode ser também aplicado ao reuso em um novo projeto, disposição no solo ou permanecer na própria estrutura existente. As informações sobre o processamento de sucatas têm sido excluídas do estudo de análise de ciclo de vida devido à dificuldade de se obter dados relativos as sucatas.



Fonte: BIRAT, J.P et A; *International Forum Steel ,Tokyo, Japan, 2003*

Quadro 13 - Simplificação de um processo de ACV pela integração da manufatura e final de vida e informações das sucatas

O uso de sucata está baseado em se assumir que a fabricação de aço secundário ocorre a partir de sucatas e substitui a produção de aços primários fabricados a partir de minério de ferro. Deste modo, para a aplicação desta metodologia, é necessário primeiramente se calcular os dados de um ICV para ambos os 100% da produção de aço primária e os 100% da produção de aço secundária (BIRAT, J-P, 2003)

a) *Dados de ICV para 100% da produção de aço secundária.*

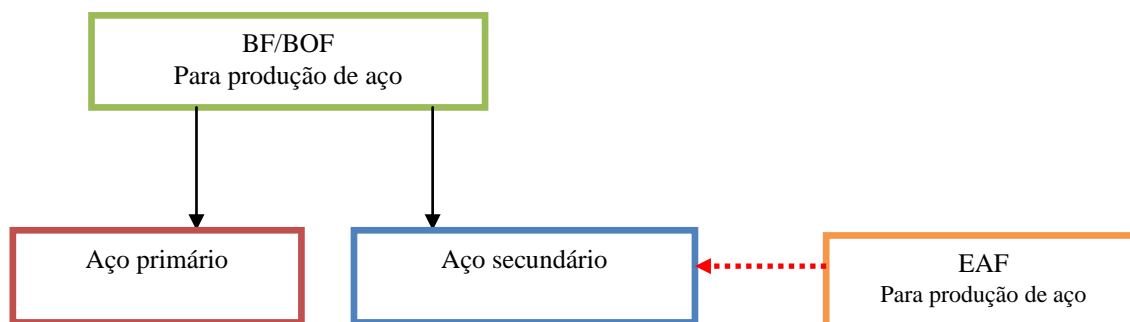
Existem atualmente bancos de dados disponíveis para produtos semi-acabados produzidos pela rota exclusiva de via EAF. Quase todas as usinas que utilizam rota de produção o EAF incluíram no estudo o processo de produção a partir de sucatas e, portanto, os dados do ICV para produção de aços secundários foram calculados como uma média de valores de todas as empresas.

b) *Dados de ICV para 100% da produção de aço primária.*

A grande maioria dos dados do ICV para produtos produzidos via rota BF/BOF apresenta alguns elementos externos sobre consumo de sucatas (IISI, 1996)*. Para calcular os dados para esta rota de produção de 100% de aço primário é necessário determinar para as

fronteiras associadas qual é a produção da rota secundária (quadro 14). Estendendo-se o sistema de fronteira para inclusão à produção de aço via rota EAF, pode-se obter os dados do ICV para 100% de produção de aço primário.

*(IISI, LCA methodology report, annex 5, Belgium. Brussels, 1996)



Fonte: IISI, LCA methodology report, annex 5, Belgium. Brussels, 1996.

Quadro 14 – Representação esquemática da distribuição do consumo de sucata nos processo BF/BOF

4.1 Método de ciclo de vida múltiplo

A metodologia para calcular a contribuição ambiental de um material que entra em processo de reciclagem e reuso, durante a sua vida, foi publicado por *Amato A, Brimacombe L and Howard N,(1999)*. Esta metodologia avalia os impactos provocados na produção de um determinado aço e não no seu ‘uso’ isto é, na fase da aplicação de produto, quantifica os benefícios de reciclar, uso deste novo produto e redução de consumo. Por exemplo, um processo primário utiliza 1 kg de um produto e este material é usado novamente ou reciclado depois do uso para produzir r kg de produto onde r compara à eficiência de reciclagem/reuso global mais de 1 ciclo de vida.

Em um ciclo fechado ou contínuo de produção e consumo de materiais, os sistemas de reuso/reciclagem serão indefinidamente possíveis com perdas limitadas em função da eficiência de recuperação do material e rendimento do processo. Reciclagem de ciclo infinito e reuso é a última instância a minimização do impacto ambiental provocado pelo uso de matéria prima virgem.

O estudo de reciclagem múltipla a ACV é uma ferramenta útil que pode avaliar os benefícios do reuso e reciclagem de um aço e permite calcular os impactos ambientais para cada uma das séries de ciclo de vida de um determinado aço. Permitiu avaliar para um produto onde os maiores impactos ambientais podem ser reduzidos considerando a sua multi-vida.

Um exemplo de multiuso de reciclagem é o do retorno de um tambor de óleo de aço a uma empresa recuperadora que depois de recuperá-lo o reencaminha, depois de limpo, para o

reabastecimento. Os tambores de óleo podem ser reabastecidos várias vezes antes da tomada de decisão de um final de vida de reciclagem do tambor. Quando se analisa o consumo de energia primária no sistema, a partir de um fluxo de ICV, a energia necessária para o processo de se fazer tambores de aço a partir uma bobina de aço a quente é 28.1 MJ/Kg (IISI, 2002).

Também foi assumida somente a energia primária que é usada para fabricar os tambores vazios, uma vez que a energia gasta para limpá-los e repintá-los é relativamente pequena (1 MJ/Kg). Durante o processo de fabricação de tambores ocorre o seu transporte, neste processo de transporte alguns dos tambores são danificados e têm que ser enviado por reciclagem.

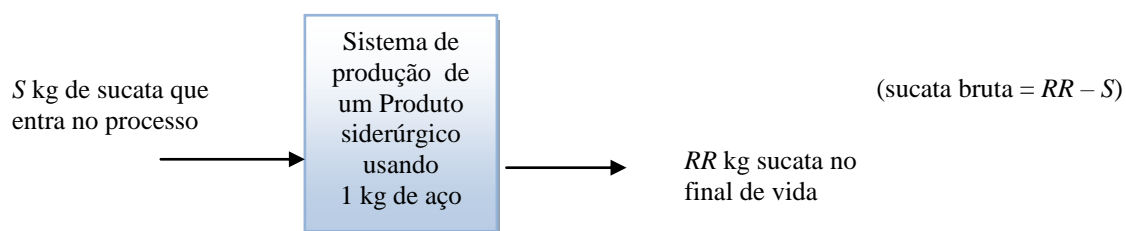
Aproximadamente 10% dos tambores são danificados durante um ciclo de vida ($r = 0.9$). Da metodologia de reuso/reciclagem múltipla, foi possível calcular o impacto ambiental como sendo uma função do número de ciclos de tempos que o material é usado novamente. Quando ocorre o reuso de um tambor de aço, é economizado o custo ambiental de se fazer novos tambores de aço. Quando se usa novamente o tambor de óleo e esse uso ocorre indefinidamente, ocorre a substituição de tambores estragados por tambores novos a partir de aço primário, então a energia primária durante o ciclo de vida inteiro do aço pode ser calculada como 3.71 MJ/kg ($28.1 + 0.9 (1 - 28.1)$).

Um exemplo de aplicação da metodologia de múltiplo ciclo de vida são as vigas de aço estrutural de um edifício que podem ser recicladas. Para a primeira vida, as seções feitas de aço virgem utilizam 22 MJ/kg , considerado a energia usada para processar e reciclar o aço e a utilização do ciclo de produção de fornos elétricos a arco, a energia utilizada é de 10 MJ/Kg (Brimacombe, L e Shonfield P, 2001). A eficiência de reciclagem global (r) inclui o rendimento para reciclar o aço no Forno Elétrico a Arco e a eficiência de recuperar o aço a fim-de-vida ($r = 0.89$). Quando o material é reciclado indefinidamente a energia primária é calculada como 11.34 MJ .

Para ampliação da fronteira do ciclo de vida, para produção de um produto siderúrgico, é necessário se definir no ICV as variáveis de entradas e de saídas para as sucatas. Para a valorização da metodologia de reciclagem é necessário se avaliar a quantidade de sucata bruta produzida ou consumida no seu ciclo de vida no quadro 15 - Sucata bruta consumo/produção dentro do ciclo de vida a seguir.

Quase todos os sistemas de produção de aço consomem sucatas (ou contêm reciclados) e similarmente no final de vida será produzida sucata. A entrada de sucata (S) dependerá da

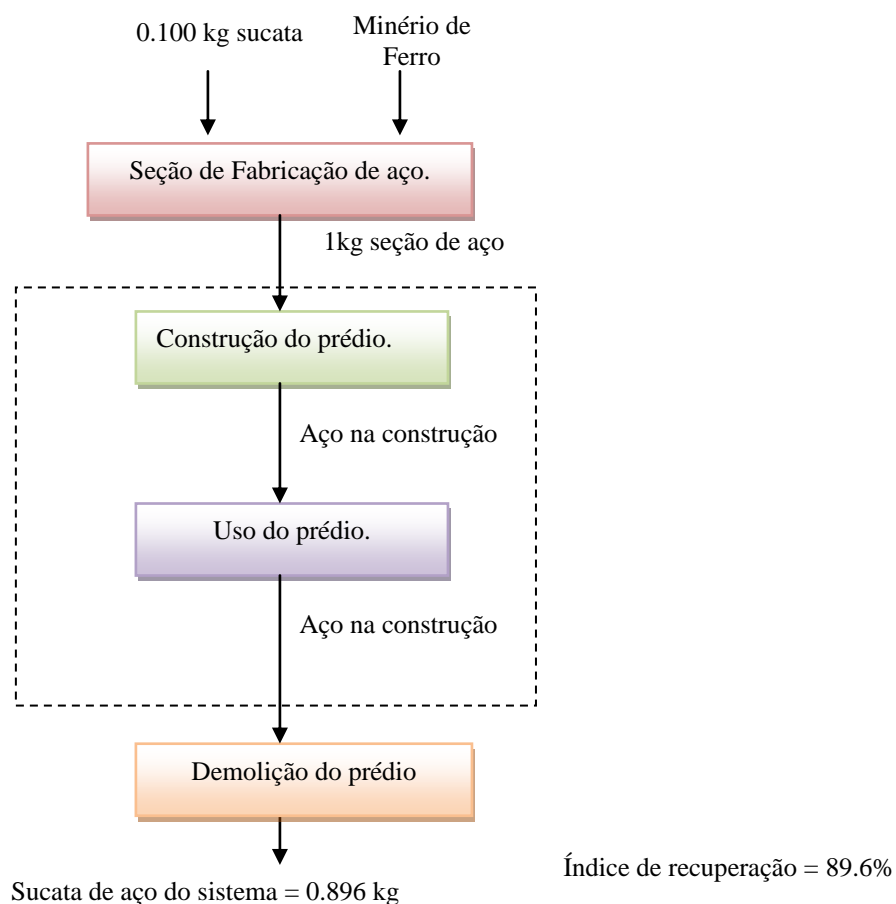
rota do processo e o final de vida de uma sucata depende do índice de recuperação (RR) do produto.



Fonte: *Brimacombe, L e Shonfield P, 2001*

Quadro 15 - Sucata bruta consumo/produção dentro do ciclo de vida

Nestas condições, a barra de aço é fabricada através da linha de produção BF/BOF e o processo usa uma pequena quantidade de sucata. No final da vida útil de um edifício ele é demolido e a sucata é (89.6%) recuperada e encaminhada à reciclagem. A quantidade de sucata recuperada representa uma figura média para recuperação de aço considerando todas as condições para todos os setores (quadro 16)



Fonte: *Brimacombe, L e Shonfield P, 2001*

Quadro 16- Um diagrama do sistema de ACV para 1 kg de uma barra de aço, usado na estrutura de um prédio.

Para calcular os dados de ICV para uma barra de aço incluindo o final de vida, para a reciclagem, é necessário determinar a quantidade de sucata produzida através da ACV.

4.2 A universalização de uma metodologia de reciclagem considerando ACV

A reciclagem representa um papel importante no nosso mundo contemporâneo. O exemplo do aço pode dar início a uma discussão. Realmente, o aço apresenta alto nível, é reciclado cerca de 80% no mundo ocidental. Os remanescentes 20% são consumidos por corrosão, ou enterrados no solo, jogado no mar ou simplesmente é disperso para ser praticamente reciclado.

O aço pode ser reciclado novamente infinitamente até o seu desaparecimento segundo um nível mensurável. Uma tonelada de aço originário inicialmente de uma matéria-prima virgem pode ter uma transformação equivalente a cinco toneladas de aço, usado na economia durante em inúmeros ciclos de vida, pode ser estendido por muitos anos, assim como ele é reciclado uma vez em um ano ele pode ser reciclado uma vez em um século, permanecendo em uma construção.

Este resultado, que pode ser representado por simples formas matemáticas, tem inúmeras e fortes conseqüências.

Os recursos naturais são recuperados a partir do modo de agir e de pensar, pois a reciclagem representa um fator de múltiplo efeito em um material original produzido a partir de uma matéria prima virgem. Por outro lado, o uso de materiais secundários como matéria-prima, a sucata ou aço reciclado, reduz o consumo de energia em cerca de 75% da energia necessária para produção do aço produzido a partir de matérias-primas virgens e reduz os impactos ambientais das emissões de CO₂ em 80%, (BIRAT, J.P., IISI, 2003).

Devido à fundição de sucata ser fisicamente mais simples que a redução por fusão, os processo industrial é mais simples, como resultado os investimentos no processo de fundição são de custos mais baratos. Esta é a principal razão porque, nos setores econômicos mais amadurecidos tem-se utilizado a reciclagem há muito mais tempo, e portanto, os caminhos da reciclagem são mais competitivos quando comparado com a rota de produção utilizadora de matéria-prima virgem. No setor de aço, as mini usinas, conhecidas como “minimills”, são baseadas em Fornos Elétricos a Arco (EAF) competindo com setores de Usinas Siderúrgicas

Integradas a Coque que tem como base a utilização de minério de ferro e carvão e, ganham ou perdem mercados devido a pequenos desbalanços neste equilíbrio.

A medida de eficiência é o volume de material que é permanentemente disposto em aterros ou incinerado, externamente ou internamente, para uma determinada produção de aço bruto. Ele é calculado como sendo a diferença entre o aço líquido produzido e a quantidade de resíduos gerados, dividido pela quantidade de aço bruto produzido, e são multiplicados por 100%. A relação ótima de 100% representa o processo de produção onde nenhum material é disposto como resíduo.

Um dos problemas associados com a reciclagem do aço e a contaminação por radiatividade. Existem atualmente em todas as siderúrgicas do mundo severos controles de contaminações por materiais radiativos para se evitar a contaminação do aço que é recebido e que deverá ser reciclado. Outro problema encontrado na reciclagem do aço é a separação do aço de outros materiais contidos conjuntamente nos resíduos sólidos. Devido a modernas tecnologias isso acaba não sendo mais um grande problema. Por exemplo, a separação de latas de aço de latas de alumínio pode ser facilmente solucionado através de uma separação magnética. Na reciclagem de carros primeiramente o carro é prensado e cortado em pequenas partes e a sucata de aço que será reciclada é separada através de processo magnético. A separação magnética é o método mais utilizado para a separação do aço.

Os benefícios da reciclagem do aço são atualmente bastante conhecidos “*a reciclagem de apenas sete latas de aço economizam energia equivalente do consumo de uma lâmpada incandescente de 60-watts por um período de 26 horas*”, (IISI,2007)*. Estas informações geradas por vários integrantes de diversas partes do mundo que participam deste Comitê de Estudo avaliaram que só no ano de 2003 foram recuperadas e refundidas em novos aços 5,2 milhões de tons de latas de aço. Isto representa um índice médio de reciclagem para embalagem em aço de 62.7%. Atualmente o Índice de Reciclagem de aço em muitos países tem superado os 80%.

* (IISI - Comitê de Embalagens, (IISI - PACKCO), 2007).

Com o Protocolo de Kioto que teve início forte ao redor de 2005, *Emissões dos Gases do Efeito Estufa* é um item ambiental significativos para a indústria siderúrgica. Existem seis gases considerados como colaboradores do efeito estufa segundo o Protocolo de Kioto. O mais relevante do mundo para indústria siderúrgica siderúrgico é o dióxido de carbono (CO₂) que nos processos de produção siderúrgica foi tomado como base para o cálculo deste indicador as emissões. O Carbono é uma matéria prima fundamental para o processo de fabricação de aço e para o qual até o momento não se encontrou um substituto a altura.

Os relatórios das usinas consultadas a partir de 2004 para o cálculo de emissões de CO₂ utilizaram um software comum *GaBi 4*,(2004). O valor médio apresentado nos relatórios pelas empresas siderúrgicas foi de 1.7 toneladas de CO₂ para cada tonelada de aço bruto produzido.

Estes valores refletem os relatórios das empresas siderúrgicas participantes do estudo e é um misto de rotas de fabricação BOF e EAF, ambos os processos são necessários para o processo mundial de fabricação do aço que utilizam aço reciclado e minério de ferro

A emissão de CO₂ por tonelada de aço líquido produzido apresenta uma enorme variação de uma para outra empresa, isto ocorre devido as diferentes rotas de fabricação de aço, fabricação de coque e de eletricidade internamente ou externamente a empresa, números diferentes de etapas ou processos auxiliares em diferentes companhias, e fontes de suprimento de energia.

Porém a maior conclusão é que, no caso dos aços, a reciclagem poderá manter o próprio mercado econômico pela criação de valores, sem a internalização dos custos ambientais através de taxas ou pesadas legislações.

A redução do consumo de matérias-primas ou energia reduz o esgotamento de recursos naturais. Como a indústria de aço provoca um forte impacto ambiental local ou global, nas economias industrializadas, quando são utilizadas as matérias-primas secundárias, a sucata considerada um recurso local é muito mais utilizada, diferente do minério de ferro e carvão que normalmente são transportados das mais diferentes partes do mundo. As indústrias de reciclagem realizam também um importante trabalho, vista como positiva em todo o mundo, normalmente agregando valores oferecendo trabalho aos cidadãos. Reciclagem de materiais é na verdade um recurso que é originário de uma economia moderna economizando recursos naturais, e isto é a própria sustentabilidade, sua utilização é também importante, pois a maioria das atividades é realizada com a obrigação da sustentabilidade. Como um fato que deve ser registrado, alguns países já restringiram a sua exportação de sucatas há algum tempo atrás.

Reciclagem, como mostrado no exemplo da siderurgia, é hoje a grande estratégia que traz benefícios para todas as partes interessadas.

5. CONCLUSÃO

A Reciclagem é atualmente uma das atividades essenciais das economias dos países desenvolvidos; ela introduz uma dinâmica de recursos aos materiais secundários que se comporta como se fosse uma mina que fornece ferro continuamente, porém sem a necessidade de uma regeneração. Sendo o material reciclado (as sucatas) quimicamente próximo dos materiais de seu ciclo original, eles consomem menos energia e provocam um menor impacto sobre o meio ambiente do que os mesmos materiais produzidos a partir de matérias primas brutas (o minério de ferro, carvão, etc). A reciclagem é particularmente importante nos países desenvolvidos que possuem um rico passado de atividades industriais, suscetível de reduzir a dependência de matérias primas concentrado em longínquas zonas geográficas.

Pelos levantamentos das ACV desenvolvidas pode-se afirmar que se a produção de aço do mundo fosse direcionada ao nível de energia que eficientemente é usada e registrada pelas indústrias siderúrgicas do Japão, o consumo de energia das indústrias siderúrgicas no mundo seria reduzido em cerca de 30%. Isto é equivalente a uma eliminação de cerca de 2% de CO₂ gerado no mundo ou equivalente a 100 milhões de toneladas de carbono equivalente.

Pelas avaliações realizadas, o método de multi-reciclagem é o apresenta o melhor resultado para as condições de reciclagem uma vez que inclui avaliação de materiais até o seu o final-de-vida. Existem dois caminhos para aplicação desta metodologia na prática: a um nível de especialista, que descreve a metodologia e os passos que os praticantes de ACV devem seguir realizando seus cálculos por conta própria, e em um valor médio para usuário, estabelecendo os cenários de reciclagem tendo como base o próprio ICV e não requer nenhum tratamento especial para reciclagem do material. E uma segunda solução que pode parecer muito simplista, que seria uma avaliação ambiental preliminar e com isso se estabelecer os caminhos para a reciclagem que deverá incluir o ICV que parece ser o caminho mais simples.

Foi mostrado nesta Tese pelo uso de ACV e o ICV quanto é eficaz a reciclagem na redução de impactos ambientais dos materiais no meio ambiente. A reciclagem é caracterizada não somente pelo nível de reciclagens (o índice de reciclagem) mas também pelo número de vezes que um material é atualmente reciclado. O comportamento de um material específico na reciclagem é tão importante quanto as suas propriedades intrínsecas de impactos.

A influência quantitativa no comportamento de cada material reciclado é tão

importante quanto seus impactos ambientais intrínsecos, e, portanto, o seu final-de-vida. O final-de-vida é o que dá o direcionamento do número de processos:

- **lançamento em aterro**, o qual gerará vários impactos devido ao transporte e expedição do material para o aterro, a manutenção do aterro e as suas emissões para o ar, solo e água. Um aterro, por exemplo, gera gases, que podem ser lançados livremente na atmosfera ou capturados e usados como combustível ou incinerado. Podem ser geradas para a atmosfera emissões de CH₄, ou CO₂, ou produção de um útil aquecimento.

- **compostagem**, uma análise que pode ser uma extensão da linha de lançamento em aterro, nele deverá ser incluída as etapas de preparação de materiais que utilizam máquinas e equipamentos e, portanto energia e vários outros tipos de impactos industriais.

- **incineração**, que geram fumos e os produtos de combustão e pode produzir energias utilizáveis, dependendo da tecnologia utilizada. A energia utilizável somente deverá levar em conta se ela realmente pode ser utilizada. O ponto exato onde este calor poderá ser utilizado deverá ser calculado a partir dos dados termodinâmicos (e.g. baixo poder calorífico).

- **dispersão**, que representa a fragmentação física de materiais e a sua dispersão na natureza, podendo ser no solo ou na água, sob certas condições em que não poderão ser recuperados através de uma prática viável. Isto provocará impactos, porém eles dependem dos materiais: plásticos, por exemplo, poderá eventualmente envolver a emissão de CO₂, enquanto que o aço se transforma em óxido de ferro que pode ser considerado neutro em termos de impacto. Atualmente ele pode ser contabilizado como materiais que contribuirão para recuperação de materiais primas para futuras gerações. Este tipo de análise não está sendo realizado e, portanto, necessita de maiores desenvolvimentos para serem utilizados nas atuais práticas de ACV.

Quando se aplica a ACV através de modelos específicos desenvolvidos (*GABI 4, 2004*) para analisar a produção de um aço primário, aquele que é produzido por uma Usina Siderúrgica Integrada, normalmente ocorre à emissão de 2,1 t de CO₂ por tonelada para a fabricação de uma bobina de aço laminado a quente. Caso o mesmo aço fosse produzido em uma usina siderúrgica que utiliza em seu processo Forno Elétrico a Arco (EAF), estas emissões são reduzidas para 0,6 t por tonelada de produto a quente. Então deste modo podemos concluir que a reciclagem é o caminho certo para redução de emissões, pois quando são comparados os dois processos de produção de aço, para mesma quantidade produzida se reduz 1.5 t de CO₂.

Estas diferentes emissões virtuais apresentam natureza física distintas. Por isso, este é um ponto destacado nos diversos modelos que foram analisados para a reciclagem do aço, e para tanto, foram tomados os devidos cuidados, uma vez que as emissões físicas e as virtuais são avaliadas em conjunto.

De um ponto de vista prático, os resultados desta análise complexa são atribuídos ao aço sobre a forma de valores específicos (toneladas de CO₂ por tonelada de aço), este custo que reparte através de médias ponderadas o impacto sobre as diferentes etapas sucessivas de reciclagem, segundo a quantidade de material reciclado em cada etapa.

Os processos de produção em um forno elétrico a arco geram gases a altas temperaturas. A sucata de aço quando pré-aquecida por esses gases, pode elevar a temperatura da sucata a ser enfiada a aproximadamente 300° C. O pré-aquecimento resulta em uma economia na eletricidade consumida nos fornos elétricos em cerca de 30-45 kwh por tonelada de aço bruto produzido.

Nesta Tese foi aplicada a reciclagem das sucatas do aço para avaliar os aspectos ambientais e o seu efeito. Paradoxalmente, a reciclagem de aço não é, entretanto totalmente integrada podendo ela ser utilizada como uma ferramenta para medir o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente: a ACV. Quando a ACV é utilizada se dispõe de uma grande liberdade de escolhas quanto à maneira de realizar uma reciclagem de sucatas.

Nesta tese foi apresentada uma análise das várias maneiras que as reciclagens poderão ser seguidas na ACV e o caminho racional preferencial que por coincidência o ocorre na economia real.

Atualmente as ACV são conduzidas sem apresentar uma explicação de como a reciclagem está sendo considerada no estudo. Como os índices de reciclagem vêm aumentando a cada ano a reciclagem do aço a metodologia para ACV deverá ser revisada no futuro considerando os cenários que poderão ser montados para cada caso. Em vista disso, foram avaliadas alternativas e caminhos que poderão ser seguidos no estudo de ACV, desde os descritos como os mais simples até os mais complexos, que descrevem claramente a prática atual de forma mais fechada. Desta maneira foram avaliados os benefícios e vantagens relativas a cada um deles e a identificação dos problemas epistemológicos que são criados quando se tenta incluir o estudo da reciclagem na metodologia de ACV e ICV.

Na realidade, normalmente, à unidade funcional na ACV não está explicitamente apresentada em suas definições, nem nas análises que são desenvolvidas, e a unidade tempo na reciclagem ocorre de maneira muito complexa. Uma das conclusões que se chega é a de se

utilizar uma simplificação para a metodologia de ACV para a reciclagem do aço. As justificativas para se adotar essa simplificação é que para produzirem produtos reais semelhantes são utilizados dois modelos para a fabricação do aço, um em uma Usina Siderúrgica Integrada a Coque e outro em uma Usina Siderúrgica Não-Integrada que utilize forno elétrico a arco. Cada um deles é abstrato com relação ao estudo de sensibilidade, e ambos podem ser conduzidos através de modelos. Como resultado temos os impactos ambientais provocados pelas emissões de CO₂ que ocorrem em uma usina siderúrgica. O resultado da ACV relativo às emissões desde o seu “berço até o seu túmulo” é complementado pelas emissões dos gases gerados no processo siderúrgico que são exportados (e.g. gás de alto-forno, gás de coqueria). O que ocorre e que nesta Tese, a reciclagem está sendo considerado de modo transparente, na realidade nada mais é que um simples balanço de massa para o carbono e para o CO₂, e facilmente poderá ser calculado quando se utiliza como base os processos de engenharia química e metalúrgica e o desenvolvimento de um estudo de sensibilidade.

Em ambos os tipos de processos de produção de aço que existe, a reciclagem da sucata é uma parte essencial do processo de produção de novos produtos siderúrgicos. As inovações que ao longo dos anos vem ocorrendo nas usinas siderúrgicas estabelecem que muitos novos tipos de aços tenham um longo ciclo de vida. Portanto, como cerca de 40% do aço produzido no mundo provem de reciclagem da sucata é necessário se ter disponível uma quantidade suficiente dela para garantir que o método de produção de aço através de uma Usina Siderúrgica Não-Integrada a EAF permaneça viável. Por outro lado à produção em Usinas Siderúrgicas Integradas a Coque, o aço fabricado nas aciarias por conversores a oxigênio utiliza, em media, de 15% a 25% de sucata na carga total dos conversores.

Práticas de conservação de energia ocorrem atualmente na indústria siderúrgica, como o reuso dos gases combustíveis gerados internamente (gases de co-produtos) para redução do consumo de energia, em geral nas usinas integradas, usando os gases residuais gerados nos fornos EAF, assegura a minimização do uso de energia. Conservação de energia ajuda na proteção dos recursos naturais, e é algo também importante para assegurar a competitividade do setor siderúrgico. A metodologia usada para calcular este indicador foi mudada. Os métodos usados até 2004 incluíram somente o processo de produção de aço bruto.

Para as a produção em usinas siderúrgicas integradas (Alto-Forno e Aciaria) foram consideradas a coqueria, o alto-forno, as sinterizações, a aciaria, a fundição e a pelotização. A rota de produção de usina não integrada, que utilizam Forno Elétrico a Arco inclui somente a

aciaria e a fundição. O limite de fronteira foi estendido para inclusão no processo às linhas de acabamento, como para as laminações de tiras a quente, laminações de tiras a frio, ferro redondo e aços galvanizados, conforme requisitos estabelecidos pela norma ISO 14001:2004 para definição do escopo de certificação.

Para definição dos indicadores da indústria siderúrgica, (IISI, de 2005)*, a *energia total consumida para produção de aços acabados é normalizada para o volume de aço bruto produzido*. A utilização média de energia para produção de aço em 2004 foi de 19.1 gigajoules (GJ) de energia por tonelada de aço bruto. Esta energia é equivalente ao montante de energia necessária para um automóvel se deslocar em um percurso de 100 km, ou o volume de energia que existe em 3 barris de petróleo. A taxa da qualidade de dados para este indicador é 93%, (IPCC, 2003)**. A intensidade do uso de energia varia enormemente de uma usina siderúrgica para outra, devido às diferenças existentes como rotas de fabricação de aço, e diferentes números de direcionamentos e processos auxiliares das diferentes companhias.

*(IISI, de 2005, *Anuário Estatístico de 2004*)

**(*Conforme definição do IPCC - Glosário e Termos no Third Assessment Report, 2003*)

Sistemas sofisticados de gerenciamento de energia asseguram a eficiência no uso e recuperação de energia através do aperfeiçoamento nos processos siderúrgico para reuso, onde possível. Por exemplo, na Alemanha, a recuperação e utilização do gás de aciaria economiza o equivalente a 300 milhões de metros cúbicos de gás natural, que de certa forma é uma fonte de recursos naturais.

A sistemática de avaliação da reciclagem de aço através de múltiplos métodos é uma ferramenta útil para se ter um diagnóstico e para avaliar os benefícios da reciclagem isto porque esta sistemática permite que os limites de fronteira sejam calculados para uma vida particular. Esta ferramenta, a ACV, possibilita avaliação das múltiplas vidas de um produto nos projetos onde poderá ser feita a melhor recuperação das condições ambientais. Para que ela seja eficaz, é necessárias uma se ter uma grande e irreal quantidade de dados relativa às inúmeras vidas de um produto. Pelo que pode ser avaliado nos inúmeros casos de ACV publicados é muito comum a utilização de uma única vez a metodologia e não serem estabelecidas corretamente os limites de fronteira segundo cada fase da fabricação, uso e final-de-vida. Por esta razão é recomendado que seja adotado o método de circuito fechado para materiais como sendo um método que incorpora os benefícios da reciclagem do aço através dos dados de um ICV para produtos siderúrgicos.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. Ribeiro de et al. **Planejamento ambiental**: caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum, um desafio. Rio de Janeiro: Thex, 1994.

AMATO, A.; BRIMACOMBE, L.; HOWARD, N. **Development of quantitative methodology for assessing embodied energy of recyclable and reusable materials/products**. I&SM, v. 23, n. 5, p. 235-241, PA, USA, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.; norma. NBR ISO 14.001, **Sistema de gestão ambiental** - especificação e diretrizes para uso, Rio de Janeiro, dez. 2004.

_____. NBR ISO 14004, norma, **Sistema de gestão ambiental** - diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio. Rio de Janeiro, dez. 2004.

_____. NBR ISO 14031, norma, **Avaliação do Desempenho Ambiental**. Rio de Janeiro, RJ, 2000

BACKER, Paul de. **Gestão Ambiental**: a administração verde. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

BAKKER, Deborah. **Dow Jones sustainability group index**. Disponível em: <<http://www.sustainability-index.com>>. Acesso em: 15 out. 2000.

BARRÈRE, Martini. **Terra, patrimônio comum**: a ciência a serviço do meio ambiente e do desenvolvimento. São Paulo: Nobel, 1992.

BIRAT, J.-P. **Greenhouse Gas Emissions of the Steel Industry - Avenues open for a Responsible and Sustainable Management of Emissions**. In: Pickles, C.A. (Ed.). **Greenhouse Gases in the Metallurgical Industries: Policies, Abatement and Treatment**. Met Soc., p. 89-101, Toronto, Canada, August 2001.

BIRAT, J.-P.; ZAOUI, A. **Le Cycle du Fer ou le recyclage durable de l'acier**. *La Revue de Métallurgie-CIT*, p. 795- 807, Paris, France, Oct. 2002.

BIRAT, J.-P. **The challenge of Global Warming to the Steel Industry, as seen from the standpoint of a European Steel Company**. POSCO Conference, Pohang, Korea, Invited Lecturer, 26-27 September 2002.

BIRAT, J.-P. **Scrap as a sustainable resource of iron units for the future**. *Stahl und eisen*, Stuttgart, v. 123, n. 5, p. 51-57, 2003.

BIRAT, J.-P. **Recycling and steel recycling**. International Forum Steels 2003, Tokyo, May 2003

BIRAT, J. P., **Le recyclage, une chance économique pour l'Europe, exemple de l'acier, 8ème entretiens écologiques du Sénat**, Recyclage et développement durable; Paris, France, 29 set. 2004.

BIRAT, J.-P.; Sustainability and the steel industry: local and global issues. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLEANTECHNOLOGIES IN THE STEEL INDUSTRY, 2005, Balatonfüred, Hungary, 2005.

Birat, J.-P; Prum N.; Chiappini M.; Yonezawa K.; Aboussouan L., **The value of recycling to society and its internalization into LCA methodology**, *Subject of a presentation at SETAC North America 26th Annual Meeting, 13-17 November 2005, Baltimore, Maryland, USA*, La Revue de Métallurgie - CIT Février 2006, p 51-60, Paris, France, 2006

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. 292 p.

BRASIL. MME, Departamento Nacional da Produção Mineral. **Levantamento nacional dos garimpeiros**: relatório analítico. Brasília: DNPM, 1993. (Tecnologia Mineral, 45).

_____. **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM. 1995. v.8

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes ambientais para o setor mineral**. Brasília, DF, 1997. 56 p.

_____. **Mineração no Brasil**: previsão de demanda e necessidade de investimentos. Brasília, DF, 2000. 45 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. **Programa de Reestruturação Institucional do Setor Mineral. Projeto de Lei**, Ed. PRISMA, Brasília, DF, 2001.

_____. **Programa para o Desenvolvimento da Produção Mineral**: PPA 2000-2003. Brasília, DF, 2000.

BRIMACOMBE, L.; SHONFIELD, G, Sustainability **and Steel Recycling**. New Steel Construction, PA, USA, v. 9, n. 2, p. 19-21, 2001.

BRIMACOMBE, LOUIS G.; NICHOLAS, R. B.; COLEMAN, **REDUCE, REUSE AND RECYCLE – LIFE CYCLE EQUATIONS TO SUSTAINABILITY**, CORUS. Research, development & technology, Sweden Technology Centre, Rotherham, UK William M. Heenan Jr, Steel Recycling Institute, Pittsburgh, PA, USA, 2006

CALLEMBACH, Ernest; CAPRA, Fritjof, GOLDMAN, Lenore; MARBURG, Sandra; LUTZ, Rüdiger. **Gerenciamento ecológico – Ecomanagement**: guia do instituto Elmwood de auditoria ecológica e negócios sustentáveis, São Paulo: Cultrix, 1999.

CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1997.

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 1986.

CARVALHO, A. B. M. **Como entender o que se diz na ISO 14001**. São Paulo: Ed. Bannas, ago. 1998.

CASTRI, Francesco di. Instituições favoráveis às ciências ambientais. In: BARRÈRE, Martini (Org.). **Terra, patrimônio comum: a ciência a serviço do meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Nobel, 1992. p.105-113.

CHEHEBE, José Ribamar B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 1991.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA.- MMA, **Resolução N° 1**, de 23 de janeiro de 1986. (Anexo 5).

FAIRCHILD, T.R.; BOGGIANI, P. C. **A vida primitiva: criptozoico (pré-colombiano) ao início do fanerozoico**. In: CARVALHO, Ismar de Souza (Ed.). **Paleontologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 221-223.

GaBi 4 Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. University of Stuttgart, IKP, Stuttgart, Germany, 2004

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed., **159p**, Atlas, São Paulo, 1996.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, abr. 1995.

IMPACT ASSESSMENT INTER ASSOCIATION – IAIA. – **Guidelines and Principles for Social Impact Assessment, Environmental Impact Assessment**, Volume 12, No. 2, 107-152, USA, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Siderurgia em Foco**. 6. ed. Informativo trimestral disponível em: www.ibs.org.br, acessado em 28 de dezembro de 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Curso de geologia de engenharia aplicada a problemas ambientais**. São Paulo, 1992. v. 3, 291 p.

IISI, **LCA methodology report**, annex 5, Brussels, Belgium, 1996

INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE – IISI, **World Steel Life Cycle Inventory - Methodology Report**, IISI Committee on Environmental Affairs, Brussels, 1999-2000, Brussels, Belgium, 2002

_____. IISI, **Life Cycle Inventory Methodology report**, <http://www.worldsteel.org/> acessado em 19 September 2004.

_____. IISI - 39 Opening Session October 3, 2005 - **Short Range Outlook for Steel Demand** – Seoul – Korea, 2005

_____. IISI, LCA methodology report, *Application of the IISI LCI Data to Recycling Scenarios*, 2005.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION – ISO. **Environmental management - life cycle assessment - principles and framework. ISO 14040**. Geneva, Switzerland, October 2004.

JESUS, C. A. G. de. **Reservas Mundiais de minério de ferro**. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2004. Relatório.

KLÖCKNER, K. S. S. S. **Algumas diretrizes para programas de treinamento, conscientização e competência no âmbito de sistemas de gestão ambiental**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

LEVINE, S. Joseph. **Como escrever e apresentar sua tese ou dissertação**. Michigan, USA: State University East Lansing, Revista Pesquisa, agosto 2004.

LIXO municipal: manual de gerenciamento integrado. 2 ed. São Paulo, IPT, 2000. 278 p.

MMA/SDS - PROGRAMA ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: **Diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Brasília, 110p., Brasília, DF, 2001.

MOURA, Luiz Antonio Abdala de. **Qualidade e gestão ambiental**. 2. ed. Juarez de Oliveira, São Paulo, 2000

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel; FUNDAP, 1993.

SOUZA, P. A. de. **Impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração**. Brasília: DNPM, 2001. 152 p.

TACHIZAWA, Takeshy. Gestão ambiental e o novo ambiente empresarial. **Revista Brasileira de Administração**, Rio de Janeiro, RJ, ano XI, n. 32, p.38-48, mar. 2001.

TRIVIÑOS, Augusto N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

VALLE, C.E. do. **Qualidade ambiental - o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. São Paulo: Pioneira, 1995. 105 p.

Young, S.B., **Life Cycle Assessment and Steel**, *IISI-31 Conference Papers, International Iron and Steel Institute 31st Annual Meetings and Conference*, pp. 123-130, Vienna, Austria, (Brussels: International Iron and Steel Institute), 1997.

——— Site: www.gestaolegal.com.br, consulta a Legislação Ambiental, acessado em 09 de fevereiro de 2008, 21:30. conforme quadro anexo 5.

7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

———. **WRI 2000**. Disponível em: < www.wri.org > Acessado em: abr. 2000.

———. **Classification of metals and metal compounds**. Guidance Document on the Harmonized System for the Classification of Chemicals Which Are Hazardous for the Aquatic Environment. 6th EGAEH. OECD, Brussels, Belgium, 1999.

———. **Sustainability rulers: measuring corporate environmental and social performance**. Sustainable Entrep. Perspect. J. Ranganathan., USA, May, 1998

———. **Measuring Eco-Efficiency in Business: Feasibility of a Core Set of Indicators**. National Round Table on Environment and Economy - NRTEE, Ottawa, Canada1, 1999.

———. **Three-Year Project on Sustainable**. The Interim Report on the OECD. Development. PAC/AFF(99)1. OECD. 1999.

____. **Can Manufacturers Institute**. Disponível em: < <http://www.cancentral.com> > Acessado em maio de 2004.

____. **Canned Food Information Service, Inc**. Disponível em: < <http://www.cfis.com.au> > Acessado em: junho de 2005.

____. **Design Concepts, Inc**. Disponível em: < <http://www.design-concepts.com> > Acessado em: maio de 2004.

____. **Gas Appliance Manufacturers Assoc**. Disponível em: < <http://www.gamanet.org> > Acessado em: agosto de 2005

____. **Grocery Manufacturers of America**. Disponível em: < <http://www.gmabrands.com> > Acessado em: 25 de janeiro de 2006.

____. **Independent can**. Disponível em: < <http://www.independentcan.com> > Acessado em: 15 de maio de 2004.

____. **Leitfaden zur Normenreihe ISO**. Edifurb, Umweltmanagementsysteme, Trad. FRANK, B. SAQ - 14001; Blumenau, Br. 2000.

____. **National Paint and Coatings Association**. Disponível em: < <http://www.paint.org> > Acessado em: 04 de agosto de 2006.

____. **Packaging World**. Disponível em: < <http://www.packworld.com> > Acessado em: ?.

____. **Steel Packaging Council**. Disponível em: < <http://www.recipe.com> > Acessado em: ?.

____. **US Can, Co**. Disponível em: < <http://www.uscanco.com> > Acessado em: ?.

____. **Economia Ambiental: gestão de custos e investimentos**. Juarez de Oliveira. São Paulo, S. P., Br. 2000.

SETAC. **A CONCEPTUAL framework for life-cycle assessment.** Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC. Pensacola, FL, 1991

ABSY, M. L. et al. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

AMATO, A.; BRIMACOMBE, L.; HOWARD, N. **Development of quantitative methodology for assessing embodied energy of recyclable and reusable materials/products.** I&SM, PA, USA, v. 23, n. 5, p235-241, 1996.

BARNTHOUSE, L.; FAVA, J.; HUMPHREYS, K.; HUNT, R.; LAIBSON, L.; NOESEN, S.; OWENS, J. W; TODD, J. A.; VIGON, B.; WEITZ, K.; YOUNG, J.; **Life-cycle impact assessment: the state-of-the-art.** Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC. Pensacola, FL, U.S. 1997.

BARRETO, Maria Laura; et all, **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil: Projeto MMSD no Brasil** (<http://www.iied.org>); CETEM/MCT, 215p: il, Rio de Janeiro 2001.

BIRAT, J. P. **Greenhouse Gas Emissions of the Steel Industry** - Avenues open for a Responsible and Sustainable Management of Emissions. In: PICKLES, C.A. **Greenhouse Gases in the Metallurgical Industries: Policies, Abatement and Treatment**; Toronto, ago. 2001.

BIRAT, J. P.; IISI; **The challenge of Global Warming to the Steel Industry, as seen from the standpoint of a European Steel Company.** POSCO Conference; Invited Lecturer; Pohang, Korea,. 26 e 27 Set 2002.

BIRAT, J.-P.; TUCHMAN, M.; ROCCHIA, L. **The iron cycle and ecodesign in the automotive industry**; 2003 World Congress & Exhibition; paper 2003-01-1245; Detroit, March 2003.

BIRAT, J. P; **Recycling and steel recycling**; International Forum Steels 2003; Tokyo. Mai, 2003.

BIRAT, J. P. **Sustainability and the steel industry: local and global issues.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLEAN TECHNOLOGIES IN THE STEEL INDUSTRY, 2005, v. 8; Balatonfüred, Hungary, 2005.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**, São Paulo: Melhoramentos, 1962.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000.** Rio de Janeiro: Qualitymark., 1998.

COELHO, C. H. **A questão ambiental dentro das indústrias de Santa Catarina: uma abordagem para o segmento industrial têxtil.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996

COMPANIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de qualidade do ar, água e solo no Estado de São Paulo 2000**, São Paulo, 2001.

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de S. Paulo – 2000**. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/InformaçõesAmbientais>> Acesso em: 13 jul. 2001.

CROWSON, P. **The Infinitely Finite** Ottawa, Ont.: International Council on Metals and the Environment, 1992

CURRAN, M. A. **Environmental life-cycle assessment**. New York, U.S.: McGraw-Hill, 1996.

U.S. Environmental Protection Agency – USEPA, CURRAN, M. A., **Unpublished. Streamlining life cycle assessment II: a conference and workshop**, workshop in Cincinnati, Ohio, USA, 24–25 September 1997.

CURRAN, M. A.; YOUNG, S. **Report from the EPA conference on streamlining LCA**. International Journal of Life-Cycle Assessment , *New York, USA*, 1996.

CURRAN, M. A. **Environmental Life Cycle Assessment**, McGraw Hill, New York, U.S., 1996.

DIAS, M. do C. O et al. (Coord.). **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza, Ce: Banco do Nordeste, 1999.

DONAIRE, D. **Gestão ambiental na organização**. São Paulo: Atlas, 1995.

DRESHER, W. H.; POIRIER, D. R. **Metallic Alloys and Mixtures: Definitions, Behaviors and Characteristics with Special Reference to the Environment**. Ottawa, Ont.: International Council on Metals and the Environment, 1997.

ENVIRONMENTAL POLICY AGENCY - USEPA. **Environmentally preferable purchasing**. 2000. Disponível em: <<http://www.epa.gov/opptintr/epp>> Acesso em: mar. 2000.

ENVIRONMENTAL Protection Agency – USEPA. **Determinants of Effectiveness for Environmental Certification and Labeling Programs**, Julie Winters, Lynch, U.S. 1992.

FAVA, J.; CONSOLI, F.; DENISON, R.; DICKSON, K.; MOHIN, T.; VIGON, B.; **A Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment**: Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC, Pensacola, FL, USA, 1993.

FAVA, J.; DENISON, R.; JONES, B.; CURRAN, M. A.; VIGON, B.; SELKE, S.; BARNUM, J. **A technical framework for life-cycle assessment**.: Society of Environmental Toxicology and Chemistry – SETAC, Pensacola, FL, USA, 1991.

GILBERT, M. J. **ISO 14001/BS7750: sistema de gerenciamento ambiental**. São Paulo: INAM, 1995.

GRAEDEL, T. E. **Streamlined life-cycle assessment**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall., 1998.

GREENO, J. L.; HEDSTROM, G. S.; DIBERTO, M. **Environmental auditing - fundamentals and techniques**. 2nd ed. Cambridge, Massachusetts: Center for Environmental Assurance, Arthur D. Little, Inc, US, September 1987.

GREENO, J.; HEDSTROM, G. S.; DIBERTO, M. **The Environmental, Health, and Safety Auditor's Handbook**. Cambridge, Massachusetts: Center for Environmental Assurance. Published by Arthur D. Little, Inc., Library of Congress catalogue Nb 88-82369, 2^a ed, dec 1989.

HARRINGTON, J. H. **O processo do aperfeiçoamento**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

HEENAN Jr, W. M., **Steel Recycling Institute, Pittsburgh, PA, USA.**, 2004

HUANG, E.; HUNKELER, D. **Life-cycle concepts for minimizing environmental impacts: a corporate survey**. Nashville, TN: Vanderbilt University, 1995.

International Association for Impact Assessment-IAIA, **Impact Assessment and Project Appraisal**, volume 21, number 3, pages 231–250, Beech Tree Publishing, Surrey, UK, September 2003

IISI, **LCA methodology report**. Anex 5 Brussels, Belgium, 1996

IISI, World **Steel Life Cycle Inventory, Methodology Report**, Brussels, 2004

IISI International Iron and Steel Institute, Committee on Environmental Affairs, **World Steel Life Cycle Inventory - Methodology Report 1999-2000** -. Brussels. Belgium, 2002.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY - IPCS. **Environmental Health Criteria (86) for Mercury Environmental Aspects**. Güeneva, Switzerland: World Health Organization, 1989.

KINLAW, D. C. **Empresa competitiva e ecológica: desempenho sustentado na era ambiental**. São Paulo: Makron Books, 1997.

LAGO, P. F. **A consciência ecológica: a luta pelo futuro**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

LERÍPIO, A. de A. **GAIA – um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1994.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth**: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. New York, N.Y.: Univese Books, 1972.

MENKE, D.; DAVIS, G. A. **Evolution of Life-Cycle Assessment Tools**. Strategic Environmental Management. Center for Clean Products and Clean Technologies and Bruce W. Vigon., The University of Tennessee, Battelle Company, June 25, 1996.

MOURA, L. A. **Qualidade e gestão ambiental**: sugestões para implantação das Normas ISO 14.000 nas organizações, Ed Oliveira Mendes, São Paulo, S. P., Br. 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC of Canada; **Design-for-Environment** Disponível em: < www.nrc.ca/dfe > Acesso em: mar. 2000.

NATIONAL ROUND TABLE ON ENVIRONMENT AND ECONOMY - NRTEE. **The Netherlands. Backgrounder**: measuring eco-efficiency in Business. Ottawa, 1997.

NETHERLANDS Agency for Energy and the Environment; **The Eco-Indicator 95 – Final Report**, National Reuse of Waste Research Programme (NOH), Novem, and National Institute of Public Health and Environmental Protection, 1995.

OECD. **Eco-efficiency in transport**: workshop report and background paper. 1998. Disponível em: <<http://www.oecd.org/env/docs/epocppct985.pdf>> Acesso em: fev. 2000.

PAULI, G. **Emissão Zero - A busca de novos paradigmas - O que os negócios podem oferecer à sociedade**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 1996. 312 p.

REIS, M. J. L. **ISO 14000 - Gerenciamento ambiental: um novo desafio para a sua organizações**. Rio de Janeiro: Qualitymark., 1999.

ROMM, J. J. **Um passo além da qualidade** São Paulo: Futura, 1996.

ROSE, A. W.; HAWKES, H. E.; WEBB, J. S. **Geochemistry in Mineral /SaJZoratio**. 2nd. ed. London: Academic Press, 1979.

RUBIN, E. S. **Introduction to engineering and the environment.**, McGraw-Hill, 0072354674, New York, 1999

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel; FUNDAP, 1993.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Perfil ambiental do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA; CETESB; SAA; DAEE; SEADE, 1999. 1 CD-ROM, versão final.

SCHERER, R. L. **Sistema de gestão ambiental: Ecofênix – um modelo de implementação e aprendizagem**. 1999. Exame de Qualificação (obtenção do título de Doutor) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

SCHMIDHEINY, S. **Mudando o rumo**: uma perspectiva empresarial global sobre desenvolvimento e meio ambiente Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992.

SCHMIDHEINY, Stephan. **Changing course**: a global business perspective on development and the environment. With the World Business Council for Sustainable Development. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1992.

SCHMIDT, B. F. **Wiveil Umwelt Braucht der Mensch?** Basel: Birkhauser Verlag, 1994.

SENAI. DN. **Senai e a política de meio ambiente**. Rio de Janeiro, 1994. Projeto Estratégico NA. 015.

DE SIMONI, L. D.; POPOFF, F. **Eco-efficiency**: the business link to sustainable development. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1997. 280 p.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY – SETAC; **Simplifying LCA**: just a cut Christiansen K, editor, Brussels, Belgium. 1997.

SOCIETY of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC. **Towards a methodology for life-cycle impact assessment**. Udo de Haes HA, editor. Brussels, Belgium. 1996.

STEEN, B.; RYDING, S. O. **The EPS environmental accounting method: an application of environmental accounting principles for evaluation and valuation of environmental impact**. Stockholm: Swedish Environmental Research, 1991. (Report 39).

TAUK, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental**: uma visão multidisciplinar. São Paulo: Fundação da Universidade Estadual Paulista – FUNDUNESP; Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo - FAPESP, 1991.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. **ISO 14000**: um guia para as normas de gestão ambiental. Trad. Bazán Tecnologia e Lingüística. São Paulo: Futura, 1996.

TILTON, J. E. **The future of nonfuel minerals**. Washington, DC: The Brookings Institute, 1977.

TODD, J. A. **Environmental Life-Cycle Assessment**, Streamlining. *In*. Curran M.A., McGraw-Hill, New York, U.S. 1996.

TOFLER, A. **A terceira onda**. 7. ed. Rio de Janeiro: Record, 1980.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impactos Ambientais**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; Terragraph Artes e Informática, 1994.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Development of a Pollution Prevention Factors Methodology Based on Life-Cycle Assessment**: lithographic printing case study. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency - USEPA. Office of Research and Development, 1994.

_____. **Life-cycle assessment**: inventory guidelines and principles. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency - USEPA. Office of Research and Development, 1993.

_____. **Life-cycle impact assessment:** a conceptual framework, key issues, and summary of existing methods. Triangle Park, NC: U.S. Environmental Protection Agency - USEPA. Office of of Air Quality Planning and Standards, 1995.

_____. **Streamlining life-cycle assessment:** concepts, evaluation of methods, and recommendations. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency – USEPA. Office of Research and Development, 1997.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT - NCTAD Secretariat.. **A review of Major Developments in the World Copper Market and Industry from 1980 to 1992 and Future Prospects.** United Nations Conference on Trade and Development, A World of Metals UNCTAD Secretariat. Geneva, Swiss, 1993.

UNITED Nations Environmental Programme –UNEP, **Life Cycle Assessment : What it is and How to Use .** Industry and Environment Cleaner Production Program, First Edition, Paris, France, 1995.

UNITED Nations Environmental Programme -UNEP. **EcoDesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption.** United Nations Publication, 1st ed. United Nations Environment Programme/Industry and Environment. Paris, France, 1997.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos:** pesquisa, desenvolvimento e engenharia.; Makron Books, São Paulo, SP, 1998.

VALLE, C. E. do. **Qualidade ambiental:** o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 1995.

VEROCAI, I. **Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) - curso de estudos de impacto ambiental e relatórios de impacto ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

WEISS, II. V.; KOIDE, M.; GOLDBERG, E. D.; **Mercury in Greenland ice sheet: Evidence of recent input by man.** Science. International Coating on Metals and the Environment. 175: G92-694. 1971.

WORLD Commission on Environment and Development, GRO Brunderland, **Our Common Future**, Oxford University Press, p. 43, Oxford, England, 1987.

WORLD RESOURCES INSTITUTE – WRI. **Resource flows:** the material basis of industrial economies. Washington, 1997.

8. ANEXOS

Anexo 1 - Definições segundo Normas ISO:

Segundo ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, norma NBR ISO

14001:2004, item 3, as seguintes definições são consideradas e utilizadas no texto quando se faz o estudo de ACV:

3.2 melhoria contínua.

processo recorrente de se avançar com o sistema da gestão ambiental (3.9) com o propósito de atingir o aprimoramento do desempenho ambiental (3.11) geral, coerente com a política ambiental (3.12) da organização (3.17)

NOTA - Não é necessário que o processo seja aplicado simultaneamente a todas as áreas de atividade.

3.6 meio ambiente.

circunvizinhança em que uma organização (3.17) opera, incluindo-se ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e suas inter-relações

NOTA - Neste contexto, circunvizinhança estende-se do interior de uma organização para o sistema global.

3.7 aspecto ambiental.

elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização (3.17) que pode interagir com o meio ambiente (3.6)

NOTA - Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um impacto ambiental (3.8) significativo.

3.8 impacto ambiental.

qualquer modificação do meio ambiente (3.6), adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais (3.7) da organização (3.17)

3.9 sistema da gestão ambiental

a parte de um sistema da gestão de uma organização (3.17) utilizada para desenvolver e implementar sua política ambiental (3.12) e para gerenciar seus aspectos ambientais (3.7)

NOTA 1 - Um sistema da gestão é um conjunto de elementos inter-relacionados utilizados para estabelecer a política e os objetivos e para atingir esses objetivos.

NOTA 2 - Um sistema da gestão inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos (3.20), processos e recursos.

3.14 parte interessada.

indivíduo ou grupo interessado ou afetado pelo desempenho ambiental (3.11) de uma organização (3.17)

3.17 organização

Empresa, corporação, firma, empreendimento, autoridade ou instituição, ou parte ou uma combinação desses, incorporada ou não, pública ou privada, que tenha funções e administração próprias.

NOTA - Para organizações que tenham mais de uma unidade operacional, uma única unidade operacional pode ser definida como uma organização.

3.19 prevenção de poluição

uso de processos, práticas, técnicas, materiais, produtos, serviços ou energia para evitar, reduzir ou controlar (de forma separada ou combinada) a geração, emissão ou descarga de qualquer tipo de poluente ou rejeito, para reduzir os impactos ambientais (3.8) adversos

NOTA - A prevenção da poluição pode incluir redução ou eliminação de fontes de poluição, alterações de processo, produto ou serviço, uso eficiente de recursos, materiais e substituição de energia, reutilização, recuperação, reciclagem, regeneração e tratamento.

4. Segundo Norma ISO 14040:1999

Referências Normativas.

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis para a aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplica-se a edição mais recente do documento referido (incluindo quaisquer emendas).

ABNT NBR ISO 1404- Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e diretrizes. Para os propósitos desta Norma, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1 ciclo de vida - estágio consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final.

3.2 avaliação do ciclo de vida – ACV - compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

3.3 análise do inventário do ciclo de vida – ICV fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

3.4 avaliação do impacto do ciclo de vida – AICV fase da avaliação do ciclo de vida que

visa ao entendimento e à avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do ciclo de vida do produto.

3.5 interpretação do ciclo de vida - fase da avaliação do ciclo de vida na qual as constatações da análise do inventário ou da avaliação do impacto, ou de ambas, são avaliadas com relação ao objetivo e escopo definidos a fim de se chegar a conclusões e recomendações.

3.6 afirmação comparativa - reivindicação ambiental quanto à superioridade ou equivalência de um produto frente a um produto concorrente que desempenha a mesma função

3.7 transparência - apresentação de informações de forma aberta, abrangente e compreensível.

3.8 aspecto ambiental - elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. (ABNT NBR ISO 14001: 2004, definição 3.6)

3.9 produto - qualquer bem ou serviço

NOTA 1 O produto pode ser categorizado da seguinte forma:

- serviços (por exemplo, transporte);
- software (por exemplo, programa de computador, dicionário);
- hardware (por exemplo, parte mecânica de um motor);
- materiais processados (por exemplo, lubrificante).

NOTA 2. Serviços incluem elementos tangíveis e intangíveis. A prestação de um serviço pode envolver, por exemplo, o seguinte:

uma atividade desenvolvida em um produto tangível fornecido pelo cliente (por exemplo, um automóvel a ser reparado);

uma atividade desenvolvida em um produto intangível fornecido pelo cliente (por exemplo, uma declaração de rendimentos necessária à elaboração de um pedido de restituição de imposto);

a entrega de um produto intangível (por exemplo, a transferência de informação em um contexto de transmissão de conhecimento);

a criação de ambiência para o cliente (por exemplo, em hotéis e restaurantes).

Software consiste de informação, é geralmente intangível e pode se apresentar na forma de abordagens, transações ou procedimentos.

Hardware é geralmente tangível e sua quantidade é uma característica enumerável (discreta?). Materiais processados são geralmente tangíveis e sua quantidade é uma característica contínua.

NOTE 3. Adaptado das normas ABNT NBR ISO 14021: 1999 e ABNT NBR ISO 9000: 2000.

3.10 co-produto

qualquer de dois ou mais produtos provenientes do mesmo processo elementar ou sistema de produto

3.11 processo

conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma entradas em saídas [ABNT NBR ISO 9000: definição 3.4.1 (sem as notas)]

3.12 fluxo elementar

material ou energia retirado do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana, ou material ou energia que é liberado pelo sistema em estudo no meio ambiente sem sofrer transformação subsequente por interferência humana

3.13 fluxo de energia

entrada ou saída de um processo elementar ou sistema de produto quantificada em unidades de energia

NOTA O fluxo de energia de entrada pode ser chamado entrada de energia; o fluxo de energia de saída pode ser chamado saída de energia

3.14 energia associada a insumos não energéticos - calor de combustão de matérias primas que não é utilizado como fonte de energia para um sistema de produto, expresso em termos do poder calorífico superior ou inferior

NOTA É necessário cuidado para se assegurar que o conteúdo energético de matérias primas não seja contabilizado em duplicidade.

3.15 - matéria prima - material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto

NOTA: Material secundário inclui material reciclado.

3.16 entrada auxiliar - entrada de material que é utilizado no sistema de produto mas que não constitui parte do produto – eliminada a menção ao processo elementar.

3.17 alocação - repartição dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto sob estudo e um ou mais diferentes sistemas de produto

3.18 critérios de corte

especificação das quantidades em termos de fluxos de material ou energia ou especificação do nível de significância ambiental associados a processos elementares ou a sistemas de produto a serem excluídos de um estudo

3.19 qualidade dos dados

características dos dados que se relacionam à sua capacidade de satisfazer requisitos estabelecidos

3.20 unidade funcional

desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência

3.21 entrada

fluxo de produto, material ou energia que entra em um processo elementar

NOTA Materiais e produtos incluem matérias primas, produtos intermediários e co-produtos.

3.22 fluxo intermediário

fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre processos elementares do sistema de produto em estudo

3.23 produto intermediário

saída de um processo elementar que se constitui em entrada para um outro processo elementar e que requer transformação adicional dentro do sistema de produto

3.24 resultado da análise do inventário do ciclo de vida resultado do ICV

resultado de uma análise do inventário do ciclo de vida que registra os fluxos que cruzam a fronteira do sistema e que provê o ponto de partida para a avaliação do impacto do ciclo de vida

3.25 saída

fluxo de produto, material ou energia que deixa um processo elementar

NOTA: *Materiais e produtos incluem matérias primas, produtos intermediários, co-produtos e liberações.*

3.26 energia de processo

entrada de energia requerida para operar o processo ou equipamento dentro de um processo elementar, excluindo as entradas de energia para produção e distribuição da própria energia

3.27 fluxo de produto

entrada ou saída de produtos provenientes de ou com destino a um outro sistema de produto

3.28 sistema de produto

conjunto de processos elementares, com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas e que modela o ciclo de vida de um produto

3.29 fluxo de referência

medida das saídas de processos em um dado sistema de produto requeridas para realizar a função expressa pela unidade funcional

3.30 liberações

emissões para a atmosfera e descargas para corpos d'água e para o solo.

3.31 análise de sensibilidade

procedimentos sistemáticos para estimar os efeitos das escolhas feitas em termos de métodos e dados nos resultados de um estudo

3.32 fronteira do sistema

conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto. NOTA O termo “fronteira do sistema” não é utilizado nesta Norma com relação à AICV

3.33 análise de incerteza

procedimento sistemático para quantificar a incerteza introduzida nos resultados de uma análise de inventário do ciclo de vida pelos efeitos cumulativos da imprecisão dos modelos, incerteza das entradas e variabilidade dos dados

NOTA Tanto distribuições de probabilidade quanto faixas de probabilidade são utilizadas para determinar a incerteza dos resultados

3.34 processo elementar

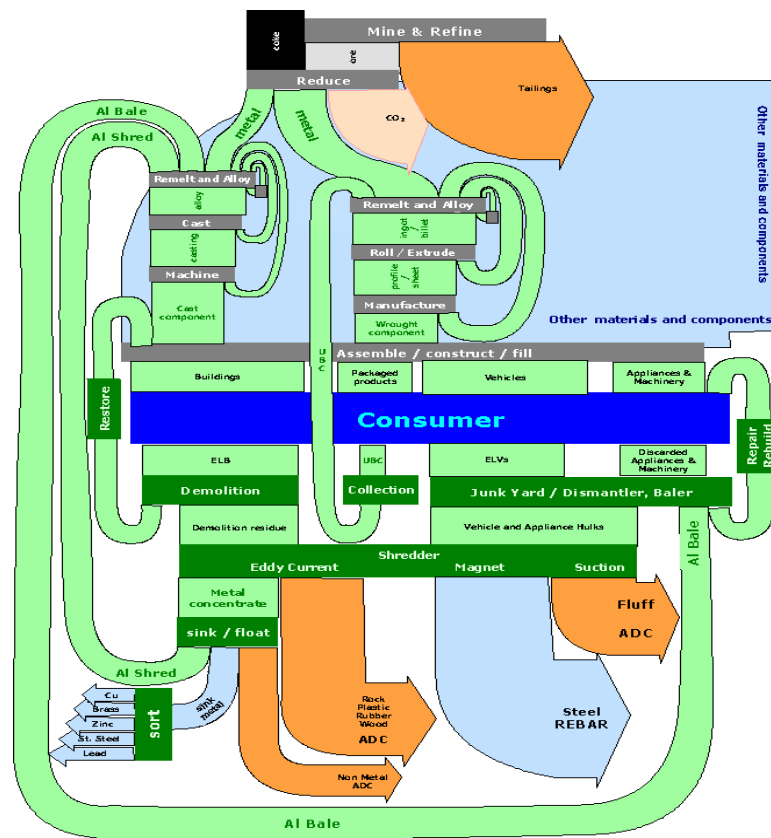
menor elemento considerado na análise do inventário do ciclo de vida para o qual dados de entrada e saída são quantificados

Anexo 2 - Índice de Reciclagem de Latas de aço



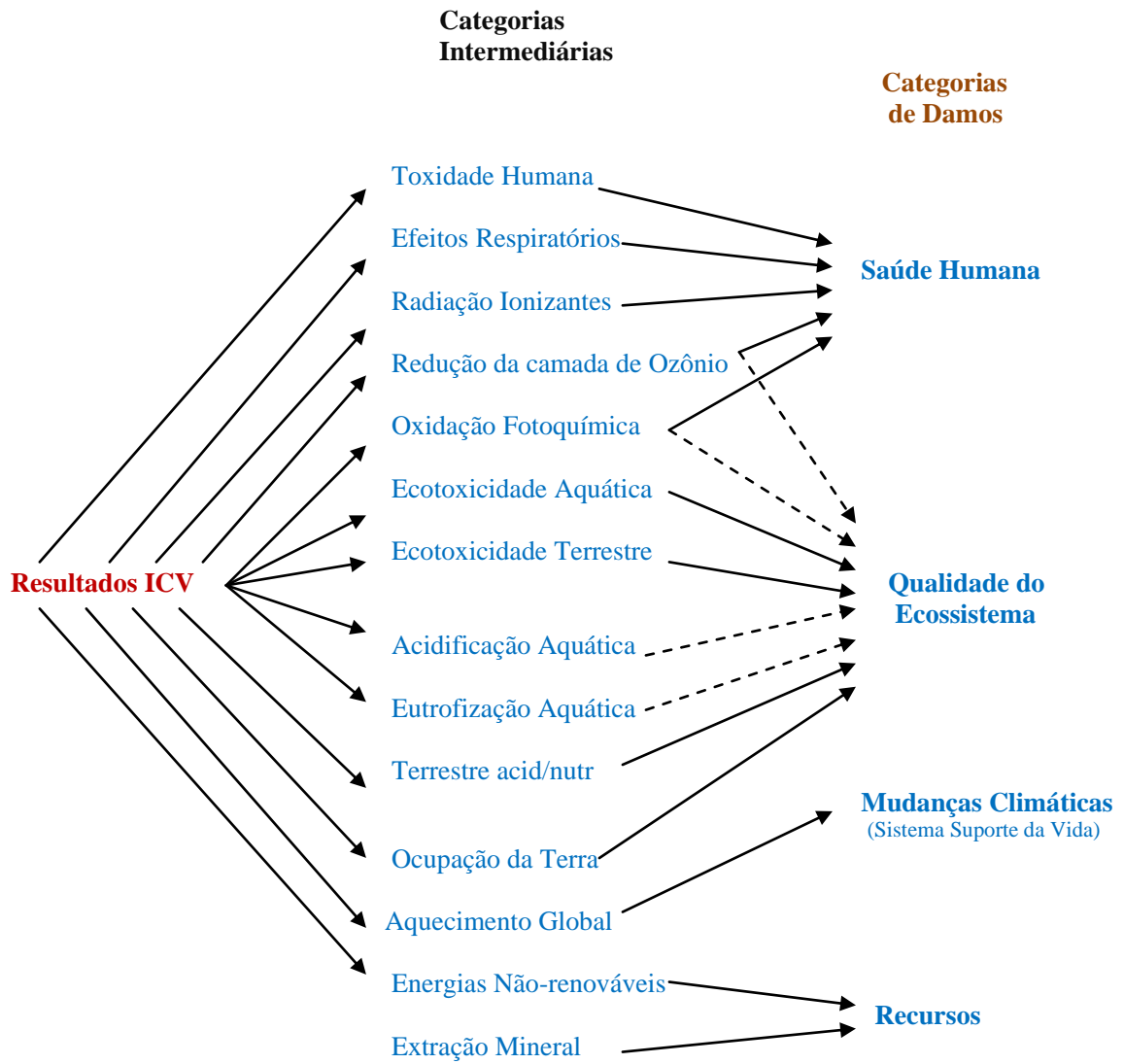
Fonte: LATASA, 2004

Anexo 3 Exemplo de Modulo Representação da aplicação de ACV na Siderurgia utilizando o software



Fluxo da Reciclagem em uma usina siderúrgica

Anexo 4 - IMPACTO 2002: conceito geral



Quadro 20: Conceito Geral de Impacto ambiental

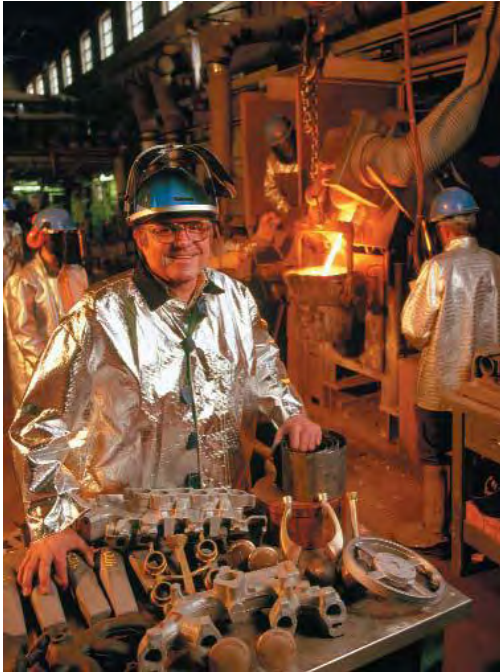
Anexo 5 – Tabela 12: Requisitos Legais

Fonte: www.gestaolegal.com.br, acessado em 15 de fevereiro de 2008.

Tipo	Colegiado	Número	Data	DO	Ementa	<u>Alteração</u>
Lei		6938	31/08/1981	02/09/19981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.	1 - Alterada pela Lei N° 7804, de 18/07/1989; Lei N° 8028, de 12/04/1990; Lei N° 9960, de 28/01/2000; Lei N° 9966, de 28/04/2000; Lei N° 9985, de 18/07/2000; Lei N° 10165, de 27/12/2000; Lei N° 11284, 02/03/2006. 2 - Regulamentada pelo Decreto N° 99274, de 06/06/1990; Decreto N° 4297, de 10/07/2002; Decreto N° 5975, de 30/11/2006.
Lei		6803	02/07/1980	03/07/1980	Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.	1 - Alterada pela Lei N° 7804, de 18/07/1989.
Lei		7347	24/07/1985	25/07/1985	Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências.	1 - Alterada pela Lei N° 8078 de 11/09/1990; Lei N°8884 de 11/06/1994; Lei N° 9494 de 10/09/1997; Lei N° 10257 de 10/07/2001; MPV N° 2180-35, de 24/08/2001; Lei N° 11448, de 15/01/2007. 2 - Decreto N° 1306 de 09/11/1994: Regulamenta o Fundo de Defesa dos Direitos Difusos (artigos 13 e 20).
Constituição Federal			05/10/1988		Constituição da República Federativa do Brasil.	1- Alterada pelas Ementas Constitucionais nº 56, de 20.12.2007 ; nº 55, de 20.9.2007 ; nº 54, de 20.9.2007 ; nº 53, de 19.12.2006 ; nº 52, de 8.3.2006 ; nº 51, de 14.2.2006 ; nº 50, de 14.2.2006 ; nº 49, de 8.2.2006 ; nº 48, de 10.8.2005 ; nº 47, de 5.7.2005 ; nº 46, de 5.5.2005 ; nº 45, de 8.12.2004 ; nº 44, de 30.6.2004 ; nº 43, de 15.4.2004 ; nº 42, de 19.12.2003 ; nº 41, de 19.12.2003 ; nº 40, de 29.5.2003 ; nº 39, de 19.12.2002 ; nº 38, de 12.6.2002 ; nº 37, de 12.6.2002 ; nº 36, de 28.5.2002 ; nº 35, de 20.12.2001; nº 34, de 13.12.2001 ; nº 33, de 11.12.2001 ; nº 32, de 11.9.2001 ; nº 31, de 14.12.2000 ; nº 30, de 13.9.2000 ; nº 29, de 13.9.2000 ; nº 28, de 25.5.2000 ; nº 27, de 21.3.2000 ; nº 26, de 14.2.2000 ; nº 25, de 14.2.2000 ; nº 24, de

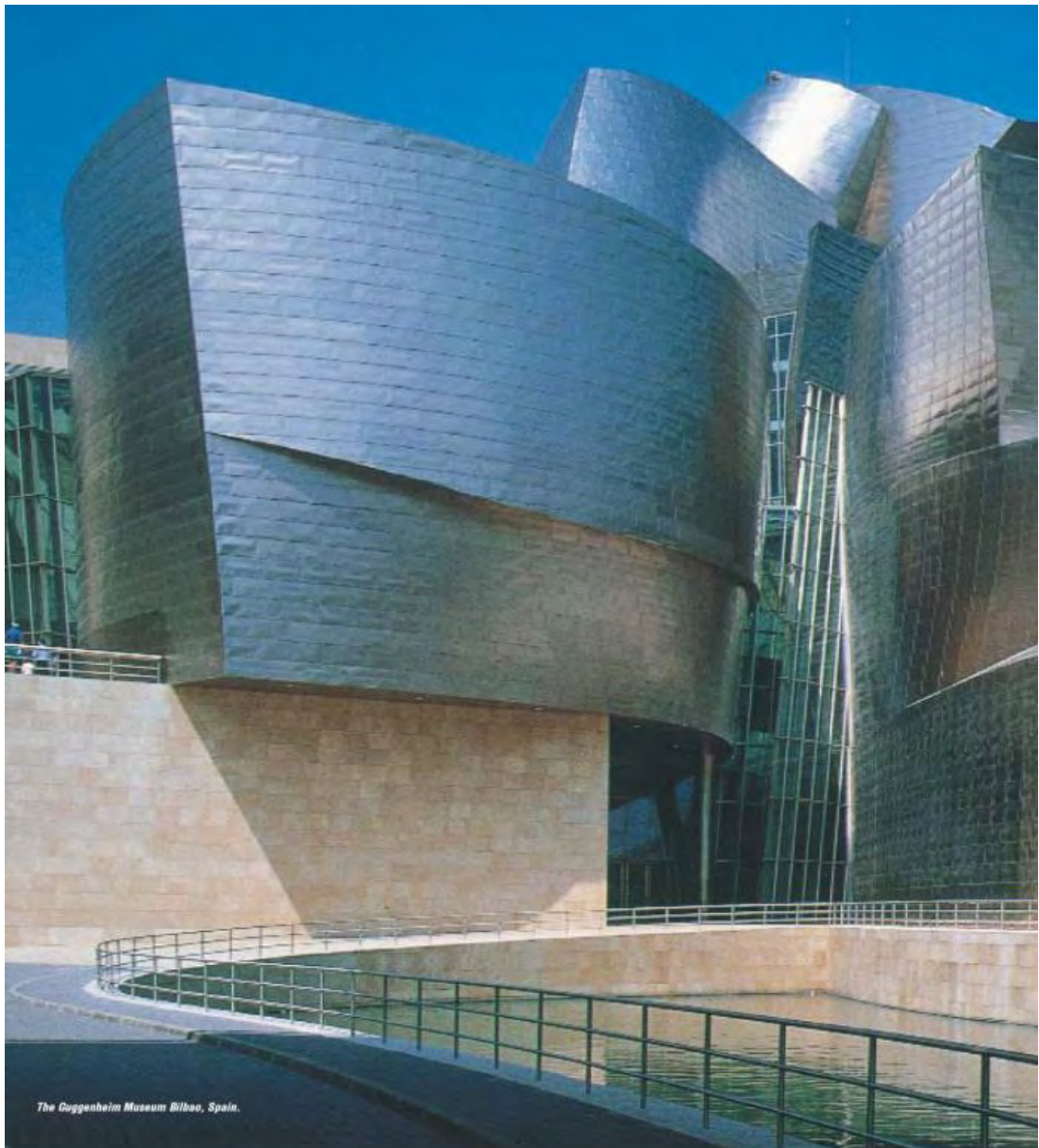
						9.12.1999 ; nº 23, de 2.09.1999 ; nº 22, de 18.03.1999 ; nº 21, de 18.03.1999 ; nº 20, de 15.12.1998 ; nº 19, de 04.06.1998 ; nº 18, de 05.02.1998 ; nº 17, de 22.11.1997 ; nº 16, de 04.06.1997 ; nº 15, de 12.09.1996 ; nº 14, de 12.09.1996 ; nº 13, de 21.08.1996 ; nº 12, de 15.08.1996 ; nº 11, de 30.04.1996 ; nº 10, de 04.03.1996 ; nº 9, de 09.11.1995 ; nº 8, de 15.08.1995 ; 7, de 15.08.1995 ; nº 6, de 15.08.1995 ; nº 5, de 15.08.1995 ; nº 4, de 14.09.1993 ; nº 3, de 17.03.1993 ; nº 2, de 25.08.1992 ; nº 1, de 31.03.1992.
Resolução	CONAMA	1	23/01/1986	17/02/1986	Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.	1 - Alterada pela Resolução CONAMA Nº 11, de 18/03/1986. 2 - Revogada parcialmente pela Resolução CONAMA Nº 237, de 19/12/1997 (artigos 3º e 7º).
Lei		9605	12/02/1998	13/12/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.	Alterada pela Lei Nº 9985, de 18/07/2000; Medida Provisória Nº 2163-41, de 23/08/2001; Medida Provisória Nº 62, de 23/08/2002; Lei Nº 11284, de 02/03/06.
Decreto		97632	10/04/1989	12/04/1989	Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, Inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981, e dá outras providências.	
Resolução	CONAMA	237	19/12/1997	22/12/1997	Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.	1 - Revoga os artigos 3º e 7º da Resolução CONAMA 01, de 23/01/1986.
Lei		9985	18/07/2000	19/07/2000	Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.	1 - Revoga os artigos 5º e 6º da Lei Nº 4771, de 15 de setembro de 1965; o artigo 5º da Lei Nº 5197, de 3 de janeiro de 1967; e o artigo 18 da Lei Nº 6938, de 31 de agosto de 1981. 2 - Regulamentada pelos Decretos Nº 4340, de 22/08/2002 (regulamenta os artigos 15, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 36, 41, 42, 47, 48 e 55) e Nº 5746, de 05/04/2006. 3 - Alterada pelas Leis Nº 11132, de 04/07/2005 ; Nº 11460 de 21/03/2007 e Nº 11.516 de 28/08/2007.
Portaria	M.T.E	3214	08/06/1978		Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.	

O Aço no nosso cotidiano:



Fonte: Boletim do IISI, Worldsteel News 26, acessado: www.iisi.org em 21 de janeiro de 2008





O Museum Guggenheim Bilbao, Spain.

Fonte: Boletim do IISI, Worldsteel News 26, acessado: www.iisi.org em 21 de janeiro de 2008.