



T/UNICAMP  
V4440  
BCCL

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANTONIO CRUZ VASQUES

OFERTA SECUNDÁRIA DE FERRO E AÇO NO BRASIL:

DETERMINAÇÃO E IMPLICAÇÕES

*Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Antonio Cruz Vasques, na data de 13 de abril de 1987.*

*Iran Ferreira Machado*  
PROF. DR. IRAN FERREIRA MACHADO  
ORIENTADOR DA Tese

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

CAMPINAS - 1987

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA DE RECURSOS MINERAIS

OFERTA SECUNDÁRIA DE FERRO E AÇO NO BRASIL:  
DETERMINAÇÃO E IMPLICAÇÕES

*Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do Título de Mestre em Geociências da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação do Prof. Dr. Iran Ferreira Machado.*

"A Terra proporciona o bastante,  
para satisfazer a necessidade de  
cada homem, mas não a voracida  
de de todos os homens".

MAHATMA GANDHI

"Que se aperfeiçoe a maquinaria, para que todas as matérias-primas que na sua forma existente não são aproveitáveis possam transformar-se agora, de forma expedita, para a nova produção; que a Ciência, muito em especial a química, realize progressos no âmbito dos quais se possam descobrir propriedades úteis dos desperdícios".

KARL MARX,  
"O Capital"

**O F E R E C I M E N T O**

*Para FRANÇA, minha mulher e eterna namorada, maior incentivadora, por 24 anos de amor contínuo;*

*Para meus filhos LEANDRO, ROBERTA e EUGÊNIO, razão de minha existência...*

## A G R A D E C I M E N T O S

Não poderia deixar de expressar minha gratidão a algumas pessoas muito especiais que tornaram possível a realização desta pesquisa.

FRANCISCO ARIOSTO HOLANDA, Diretor-Executivo da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial - NUTEC, proporcionou-me todas as condições para participar do curso de mestrado em Geociências, entendendo a minha necessidade de reciclagem profissional.

O Magnífico Reitor da Universidade Estadual do Ceará, Prof. CLÁUDIO RÉGIS QUIXADÁ, o Professor Padre FRANCISCO DE ASSIS PITOMBEIRA, Diretor da Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos - FAFIDAM e os colegas do Departamento de Geociências da FAFIDAM, foram de importância fundamental na liberação de minhas atividades docentes.

Ao Professor IRAN FERREIRA MACHADO sou devedor de uma competente e madura orientação, dedicando-me todas as atenções apesar de seus múltiplos afazeres como Diretor-Associado do Instituto de Geociências.

O Professor ANDRÉ TOSI FURTADO, mercê de sua grande experiência profissional em economia, foi um crítico valioso que muito contribuiu para sanar erros e omissões de relevância quando da realização do Exame de Qualificação. Do Professor ARTHUR PINTO CHAVES, também membro da banca examinadora do Exame de Qualificação, recebi importantes sugestões e críticas.

Dos Professores HILDEBRANDO HERMANN, CELSO PINTO FERRAZ e LUIZ AUGUSTO MILANI, recebi críticas e sugestões quando da elaboração de textos preliminares. Igualmente, dos Professores OSIRES LIMA DE CARVALHO e EDUARDO VALE, foram substanciais as contribuições e constantes os estímulos durante a fase de redação.

ção.

O Professor ELIEZER BRAZ PEREIRA foi leitor atento e crítico competente mercê de sua notória qualificação em economia mineral, honrando-me sobremaneira ao participar da banca examinadora.

O economista MÁRCIO BARBOSA, Secretário-Executivo do INESFA - Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucatas Não-Ferrosas e de Ferro e Aço forneceu-me grande quantidade de informações e estimulou-me constantemente.

Ao colega de mestrado Professor GILBERTO SCHENEIDER SOUSA devo a leitura atenta dos capítulos iniciais, com críticas úteis à melhoria desta pesquisa.

Tenho um débito especial de gratidão para com a Dra. SUELI COSTA AIRES DA SILVA, Coordenadora da Unidade Produtora de Informações do Instituto de Planejamento Econômico e Social - IPEA, da Secretaria de Planejamento da Presidência da República, bem como a seu auxiliar SIDNEY DE FREITAS GASPAR, pela competência no processamento computacional dos modelos econômicos a presentados.

Os amigos JOSÉ e MARLENE BURATINI foram tão hospitaleiros e transmitiram um enorme calor humano que faltaram a Campinas apenas as belas praias cearenses.

O mano RICARDO foi elemento fundamental para minha tranquilidade, resolvendo com eficiência os problemas inerentes a uma mudança domiciliar.

SOLANGE CARVALHO e MARIA DAS MERCÊZ DE MELO fizeram o milagre de transformar anotações indecifráveis em esmerado trabalho datilográfico.

## A B S T R A C T

This dissertation analyses the Brazilian iron and steel scrap sector, including forecasts of future evolution of old scrap reserves. As an introduction, the study discusses the polemics established by neo-malthusian thinkers regarding the suitability of the base of mineral resources of our planet, and considers the role of recycling as a relevant factor for the decrease in the rates of utilization of mineral reserves, in the increase of energy savings, and in the reduction of mining waste. It also presents the formal economic concepts about the so-called secondary supply.

## Í N D I C E

INTRODUÇÃO .....	1
------------------	---

## CAPÍTULO I

. RECURSOS MINERAIS E EXAUSTÃO .....	5
1.1. O Estabelecimento da Polêmica: "Limites do Cresci <u>mento</u> " .....	5
1.2. Estimativas de Duração das Reservas Minerais .....	11
1.2.1. As diferentes estimativas a nível mundial...	11
1.2.2. As reservas brasileiras: um exercício de fu <u>turo</u> logia .....	13
1.3. Novas Tecnologias e Mudanças no Padrão de Consumo de Metais .....	14
1.4. Conservação dos Recursos Minerais pela Intensifica <u>ção</u> da Reciclagem de Metais .....	14

## CAPÍTULO II

. OFERTA SECUNDÁRIA DE METAIS .....	25
2.1. Fundamentos Econômicos Teóricos .....	25
2.1.1. Oferta Secundária de Sucata de Processamento Industrial .....	26
2.1.2. Oferta Secundária de Sucata de Obsolescência .....	35
2.2. Influência de Mudanças Tecnológicas .....	46

2.3.	Participação de Sucata de Obsolescência na oferta total .....	52
2.4.	Substituição entre Materiais Primários e Secundários	61
2.4.1.	Materiais Substitutos Perfeitos .....	63
2.4.2.	Materiais Substitutos Imperfeitos .....	70
2.5.	Elasticidades: Evidências Empíricas .....	73

### CAPÍTULO III

.	OFERTA SECUNDÁRIA DE FERRO E AÇO NO BRASIL: ACUMULAÇÃO E DISPONIBILIDADE .....	77
3.1.	Determinação da Geração de Sucata de Processamento Industrial .....	83
3.2.	Estimativas da Geração de Sucata de Obsolescência..	89
3.3.	Geração de Sucata Interna .....	108

### CAPÍTULO IV

.	DEMANDA DE SUCATA DE FERRO E AÇO NO BRASIL: DETERMINAÇÃO E PROJEÇÃO .....	116
4.1.	Evolução Passada da Demanda .....	116
4.2.	Projeção do Consumo de Sucata de Ferro e Aço .....	128

### CAPÍTULO V

.	COTEJO OFERTA — DEMANDA: RESERVAS DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	145
5.1.	Análise das Estimativas Realizadas .....	146
5.2.	Estimativas de Reservas de Sucata de Obsolescência	149
.	CONCLUSÕES .....	163
.	BIBLIOGRAFIA .....	166

## ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA I - RECURSOS NATURAIS NÃO-RENOVÁVEIS .....	10
TABELA II - EXTRAÇÃO E ESGOTAMENTO EM ALGUNS RECURSOS NATU RAIS .....	15
TABELA III - BRASIL: ESGOTAMENTO DE RESERVAS MINERAIS .....	16
TABELA IV - COMPARAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PARA A OBTENÇÃO DE METAIS PRIMÁRIOS E SEUS SECUNDÁRIOS CORRESPONDENTES	22
TABELA V - ESTADOS UNIDOS: PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLES CÊNCIA DA DEMANDA TOTAL .....	55
TABELA VI - BRASIL: PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA DA DEMANDA TOTAL .....	57
TABELA VII - BRASIL: PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA DE FERRO E AÇO NA DEMANDA TOTAL .....	59
TABELA VIII - BRASIL: SIDERURGIA E FUNDIÇÃO - ENERGIA POUPA DA PELO CONSUMO DE SUCATA .....	78
TABELA IX - BRASIL: ÍNDICE DE RECICLAGEM DE SUCATA DE FERRO E AÇO .....	82
TABELA X - GERAÇÃO DE SUCATA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL: - 1969-85 .....	85
TABELA XI - BRASIL: PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE SUCATA DE PROCES SAMENTO .....	88
TABELA XII - BRASIL: PARTICIPAÇÃO DA EXPORTAÇÃO DE AÇO, DIRE TAS E INDIRETAS, NO TOTAL DA PRODUÇÃO .....	91
TABELA XIII - BRASIL: AÇO TOTAL COLOCADO EM USO 1925-1985...	93

TABELA XIV - BRASIL: ESTIMATIVA DO AÇO POSTO EM USO 1986-1993 .....	96
TABELA XV - PORCENTAGEM DE SUCATA RECUPERÁVEL POR QUINQUÊNIO .....	98
TABELA XVI - PORCENTUAL DE SUCATA RECUPERADA POR TRIÊNIO.	104
TABELA XVII - ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	105
TABELA XVIII - ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	106
TABELA XIX - ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	107
TABELA XX - BRASIL: GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA VER SUS CONSUMO EFETIVO DE AÇO EM LINGOTES .....	109
TABELA XXI - STEEL INDUSTRY CIRCULATING SCRAP GENERATION.	110
TABELA XXII - BRASIL: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE GERAÇÃO INTERNA DE SUCATA NA SIDERURGIA .....	112
TABELA XXIII - BRASIL: PREVISÃO DA GERAÇÃO DE SUCATA INTERNA .....	115
TABELA XXIV - BRASIL: CONSUMOS TOTAL E PER CAPITA DE S.F.A.	121
TABELA XXV - BRASIL: PREÇOS NOMINAL E REAL DE SUCATA DE FERRO E AÇO .....	126
TABELA XXVI - PROJEÇÃO DIRETA. BRASIL: ESTIMATIVA DO CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO - 1986-1993.....	131
TABELA XXVII - BRASIL: ÍNDICE DO PRODUTO REAL PER CAPITA 1970-100 .....	133
TABELA XXVIII - RESUMO DOS RESULTADOS .....	134
TABELA XXIX - RESUMO DOS RESULTADOS .....	135
TABELA XXX - RESUMO DOS RESULTADOS .....	136
TABELA XXXI - RESUMO DOS RESULTADOS .....	137
TABELA XXXII - RESUMO DOS RESULTADOS .....	138
TABELA XXXIII - RESUMO DOS RESULTADOS .....	139

TABELA XXXIV - BRASIL: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DO PRODUTO REAL PER CAPITA - 1986-1993 . . . . .	143
TABELA XXXV - ESTIMATIVA DO CONSUMO DE SUCATA - 1986-1993.....	144
TABELA XXXVI - BRASIL: BALANÇO GERAÇÃO X CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO (1968 - 1987) . . . . .	151
TABELA XXXVII - BRASIL: BALANÇO GERAÇÃO X CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO (1968 - 1987) . . . . .	153
TABELA XXXVIII - BRASIL: GERAÇÃO X CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO (1969 - 1987) . . . . .	155
TABELA XXXIX - BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO (GERAÇÃO. MÉTODO I TECNOMETAL) . . . . .	157
TABELA XL - BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO (GERAÇÃO PELO MÉTODO II - TECNOMETAL MODIFICADO) . . . . .	158
TABELA XLI - BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO (GERAÇÃO PELO MÉTODO TRIENAL) . . . . .	159

## ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 1 - CURVA DE OFERTA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL .....	27
FIGURA 2 - ELASTICIDADE DA DEMANDA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO .....	31
FIGURA 3 - CURVAS DE OFERTA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO .....	34
FIGURA 4 - METAL SECUNDÁRIO DO FLUXO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	37
FIGURA 5 - METAL SECUNDÁRIO DO ESTOQUE DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	41
FIGURA 6 - METAL SECUNDÁRIO DO ESTOQUE E FLUXO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	44
FIGURA 7 - MUDANÇA NA TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE SUCATA .....	48
FIGURA 8 - MUDANÇA NA TECNOLOGIA DO CONSUMIDOR DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA .....	51
FIGURA 9 - SUBSTITUIÇÃO PERFEITA ENTRE MATERIAL PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO .....	66
FIGURA 10 - SUBSTITUTOS PERFEITOS: ALTERAÇÃO NO MERCADO DE SUCATA .....	68
FIGURA 11 - SUBSTITUTOS PERFEITOS: ALTERAÇÕES NO MERCADO PRIMÁRIO .....	69
FIGURA 12 - SUBSTITUTOS IMPERFEITOS: MERCADO DE SUCATA.....	71
FIGURA 13 - SUBSTITUTOS IMPERFEITOS: MERCADO PRIMÁRIO .....	72
FIGURA 14 - FLUXO DE SUCATA DE FERRO E AÇO .....	79
FIGURA 15 - FLUXO DE COMERCIALIZAÇÃO DE SUCATA EXTERNA .....	118

FIGURA 16 - PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE AÇO .....	123
FIGURA 17 - FATOR RELEVANTE NA GERAÇÃO INTERNA DE SUCATA (SIS <u>TEM</u> TEMA DE LINGOTAMENTO) .....	124
FIGURA 18 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE SUCATA DE FERRO E AÇO.....	127

## INTRODUÇÃO

" USE E JOGUE FORA ". O homem moderno vem sendo insistentemente direcionado, por esse apelo publicitário, a paulatinamente ingressar na era do *descartável*. O desperdício de matérias-primas empregadas em produtos não facilmente absorvidos pelo meio ambiente atinge níveis preocupantes. Aliado a um componente de natureza estrutural - o da obsolescência prematura programada dos bens de consumo durável - a utilização perdulária de matérias-primas-básicas tem sido a tônica da sociedade de consumo emergente, principalmente nas duas últimas décadas.

Dentro desse contexto de apologia do uso indiscriminado da herança da base de recursos naturais que recebemos das gerações passadas, surge um movimento conservacionista dos equilíbrios básicos da natureza e da manutenção de um conjunto de ecossistemas de apoio a continuidade do crescimento em nosso planeta. A Conferência de Estocolmo, realizada pelas Nações Unidas em 1972, é um marco histórico para a universalização da ecologia política.

Como contraponto ao "one way" surgem as primeiras preocupações quanto à adequabilidade dos recursos naturais indispensáveis para a continuidade do processo de desenvolvimento. É a manifestação da primeira crise do petróleo que irá desencadear uma

série de polêmicos debates entre neo-malthusianos e os postulantes da continuidade de crescimento aos níveis exigidos por uma diminuta parcela da população terrestre que se beneficia das benesses de uma sociedade moderna de consumo.

A mineração começa a ser enfocada em função dessas duas correntes do pensamento econômico-ecológico e vários trabalhos são publicados, a maioria precatando e determinando o "Doomsday" (dia do juízo final), pela exaustão da dotação de recursos minerais de nosso planeta.

A análise que iremos empreender nesta pesquisa é mais uma manifestação nesse amplo ciclo de debates. A oferta secundária de metais, ou a recuperação e reutilização de materiais secundários, vem crescendo de importância, principalmente nos países desenvolvidos, pelas vantagens que oferece, dentre as quais destacamos a redução da contaminação ambiental pela reciclagem dos rejeitos urbanos e industriais, o baixo consumo de energia por unidade produzida e, no que mais diretamente diz respeito ao setor mineral, pelo aumento da "vida" útil das reservas minerais.

Buscaremos, durante o desenvolvimento de nossa pesquisa, responder a algumas questões gerais que permeiam o debate econômico-ecológico que mencionamos anteriormente e a indagações diretamente relacionadas à problemática conjuntural da sucata de ferro e aço em nosso país. Assim, genericamente, verificaremos se estamos próximos ao "Doomsday" e se a dotação de recursos minerais afigura-se-nos como responsável por um possível colapso no crescimento econômico.

Em termos de sucata de ferro e aço responderemos a uma questão bastante polêmica e que pode ser resumida pela pergunta:-

- *há escassez de sucata de ferro e aço no Brasil ?* -

No primeiro Capítulo analisaremos a evolução histórica do pensamento econômico no que se refere especificamente à visão retrospectiva sobre as limitantes ao crescimento por fatores intrinsecamente vinculados à exaustão de recursos minerais. Destacaremos o relevante papel da reciclagem de metais na diminuição das taxas de utilização das reservas minerais.

Uma abordagem teórica dos conceitos microeconômicos de oferta secundária será realizada no Capítulo II, aonde reuniremos, sem nenhuma pretensão à originalidade, a contribuição de diversos autores ao entendimento das complexas interações existentes nos mercados secundários. A inexistência de bibliografia específica em nosso país sobre assunto de crescente importância, motivou-nos a enfrentar o desafio de apresentar esses conceitos, pela primeira vez.

Com o objetivo de apresentar um estudo detalhado de um mercado secundário, no Capítulo III e seguintes, estudaremos a interação do binômio geração-consumo de sucata de ferro e aço no Brasil, insumo básico da produção de aço, de fundidos e da indústria produtora de ferro-ligas. No Capítulo III, estinaremos a oferta secundária de ferro e aço, em função de metodologia bastante empregada a nível internacional, e detalharemos uma nova sistemática para o cálculo da disponibilidade de sucata de obsolescência, com uma segmentação temporal trienal, ao invés da tradicional partição do sucatamento do aço posto em uso em quinquênios progressivos.

O Capítulo IV estará reservado para a estimação da demanda de sucata de ferro e aço no país, através da utilização de modelos econométricos. Um cotejo de oferta-demanda será objeto do Capítulo V, quando estimaremos as reservas de sucata de obsolescência para o Brasil com base em hipóteses que assumiremos quanto ao comportamento da geração e consumo de sucata de ferro e aço. Em seguida, apresentamos nossas conclusões sobre as diversas etapas sequenciais da pesquisa.

## RECURSOS MINERAIS E EXAUSTÃO

### 1.1 - O ESTABELECIMENTO DA POLÊMICA: "LIMITES DO CRESCIMENTO"

Há muito se estabelece um confronto de opiniões sobre a adequabilidade da oferta mineral no futuro, com uma dicotômica divisão entre pessimistas e otimistas. Esse debate transcende ao aspecto meramente restrito do setor mineral, já que se insere dentro de um contexto mais amplo de preocupações sobre os limites do crescimento suportável no nosso planeta.

A idéia de crescimento sem limites estava inserida no pensamento dos economistas clássicos e neo-clássicos. ADAM SMITH, em sua principal obra "Riqueza das Nações", preconizava o progresso da divisão do trabalho e, como complemento, a utilização máxima do trabalho produtivo<sup>(1)</sup>. Na realidade SMITH apenas sistematizava as tendências da economia inglesa da época que iniciava uma fase de mudanças radicais, ao passar do mercantilismo para uma nova ordem de livre comércio internacional, supressão do feudalismo e com a intervenção estatal no comércio interno, fatores condicionantes para o grande crescimento econômico que se verificou posteriormente.

---

(1) Conforme SMITH, citado por E.K.KUNT in "História do Pensamento Econômico", Editora Campus, Rio, 1985, p.79: "A quantidade de matérias primas com a qual o mesmo número de pessoas pode trabalhar aumenta em grandes proporções à medida que o trabalho se subdivide cada vez mais...".

A visão otimista sobre o crescimento sem limites foi por terra com as idéias de MALTHUS que, em 1798, publicou "Ensaio sobre o Princípio da População", onde defendia a tese de que enquanto a população aumentava em progressão geométrica (crescimento exponencial), a produção de alimentos tendia a crescer em progressão aritmética (crescimento linear), o que resultaria em uma carência de alimentos, com a fome limitando o crescimento populacional e com os salários se situando abaixo do nível de subsistência. Ou, nas próprias palavras de MALTHUS: *"pelas leis da natureza relativas à capacidade de um território limitado, os acréscimos que podem ser conseguidos na produção de alimentos, em períodos iguais, têm que ser, a curto prazo, constantemente decrescentes o que realmente ocorreria ou, na melhor das hipóteses, podem permanecer estacionários, de modo a aumentar os meios de subsistência apenas em progressão aritmética"*<sup>(2)</sup>.

Posteriormente partindo da hipótese do caráter limitativo dos recursos (terra), RICARDO, economista inglês, publicou, em 1817, "The Principles of Political Economy and Taxation", enunciando a sua conhecida "Lei dos Rendimentos Decrescentes". Segundo RICARDO, para se obter uma maior produção vão ser necessárias quantidades cada vez maiores de trabalho e capital empregados em terras cada vez menos férteis, com a taxa de lucro sendo governada pela produtividade decrescente do trabalho agrícola<sup>(3)</sup>.

As idéias pioneiras de MALTHUS, o primeiro economista a explicitar o caráter finito dos recursos naturais, e de RICARDO, diversos outros economistas preocuparam-se com os entraves físicos

(2) E.K.KUNT, *op.cit.*, p.95.

(3) Conforme RICARDO; citado por E.K.KUNT, *op.cit.*, p.111: *"é apenas... porque a terra não é ilimitada em sua quantidade nem uniforme em sua qualidade e porque, com o aumento da população, é preciso usar terras de qualidade inferior que se paga renda pelo seu uso"*.

ao crescimento econômico. Assim, podemos notar as observações de JOHN STUART MILL com o seu "estado estacionário" e até mais recentemente as idéias revolucionárias de SCHUMACHER em seu livro "O Negócio é ser Pequeno" onde afirma que *"pequena minoria de economistas está hoje começando a indagar até que ponto será possível mais 'crescimento', visto que o crescimento infinito em um ambiente finito ser uma impossibilidade evidente; mesmo eles, porém, não conseguem afastar-se do conceito de crescimento puramente quantitativo. Em vez de insistirem no primado das diferenças qualitativas, simplesmente substituem crescimento por não crescimento, isto é, um vazio por outro"*(4).

Até a época do lançamento do livro de SCHUMACHER, 1973, a idéia de limitações físicas ao crescimento econômico, pela escassez de recursos naturais e pelo crescimento geométrico da população, eram meras especulações de estudiosos. Meses após, com a primeira crise do petróleo, as palavras de SCHUMACHER pareciam premonitórias. Mais ou menos nessa época surgem, também, os primeiros modelos globais de sistematização da economia mundial, sendo que o de maior repercussão, pelas características catastróficas de suas previsões, foi o elaborado para o "Clube de Roma", pelo cientista americano MEADOWS et alii.

Em 1968 cerca de uma centena de personalidades decidiram realizar um projeto de âmbito mundial que foi denominado de "Projeto sobre a Condição Humana" com o objetivo de examinar com profundidade os diferentes problemas que afetavam (e ainda afetam) a humanidade: a pobreza em contraponto com a abundância; o crescimento urbano desordenado; a deterioração do meio ambiente; e outras evidências de um vasto conjunto de problemas a resolver.

(4) E.F.SCHUMACHER in "O Negócio é ser Pequeno", Zahar Editores, Rio, 1973, p.41.

Essas personalidades estavam agrupadas em torno de uma "Universidade Invisível" que ficou mundialmente conhecida como "Clube de Roma". Em 1972, mais precisamente em março daquele ano, foi divulgado o I Relatório, de uma série editada a partir desse marco inicial, sob o título "Limites do Crescimento"<sup>(5)</sup>.

MEADOWS e sua equipe utilizaram-se da experiência do professor FORRESTER no desenvolvimento do modelo "World 2"<sup>(6)</sup> para desenvolverem um modelo mais completo, composto de 77 equações e uma estimativa mais empírica dos parâmetros. As variáveis básicas eram: produção agrícola, população, produção industrial, poluição e recursos naturais.

Através desse modelo, "World 3", projetaram o sistema mundial com todas as suas interrelações e chegaram à conclusão de que o colapso da economia e, por consequência, da população humana, seria provocado pelo esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Conforme MEADOWS, *"se as atuais tendências de crescimento da população mundial - industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais - continuarem imutáveis, os limites do crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade de industrial"*<sup>(7)</sup>.

As curvas representativas da evolução das cinco variáveis básicas já mencionadas, realimentadas de forma permanente por novos

(5) MEADOWS, D.L. et alii - "Limites do Crescimento", Editora Perspectiva, São Paulo, 1973.

(6) Este modelo foi desenvolvido por FORRESTER através de um sistema de 45 equações e divulgado no livro "World Dynamics", Wright-Allen Press, Inc., 1971.

(7) Op.cit. p.20.

insumos ("feedback loops"), geram um crescimento exponencial<sup>(8)</sup>. Conforme MEADOWS, "para muitas reservas a taxa de consumo está crescendo até mais rapidamente do que a população indicando que, anualmente, mais pessoas estão consumindo as reservas e também que está aumentando, cada ano, o consumo médio por pessoa. Em outras palavras, a curva do crescimento exponencial do consumo de reservas é determinada tanto pelos ciclos positivos de realimentação do crescimento da população, quanto pelo crescimento do capital"<sup>(9)</sup>.

As estimativas realizadas demonstraram um quadro caótico na expectativa de duração das reservas minerais conhecidas àquela época é que estão apresentadas na Tabela I. Posteriormente iremos analisá-las com maior profundidade.

Na realidade, a variável mais importante no modelo "World 3" é constituída pelos recursos não renováveis, com o seu esgotamento precipitando o colapso, ou o "Doomsday" (dia do juízo final), como alguns dos críticos dos modelistas do MIT nomearam essa visão catastrófica do mundo, conforme veremos mais adiante. Na concepção da equipe de MEADOWS o nível de estoque de capital industrial iria crescer até um nível que tornava enormes as necessidades de insumos produtivos, com paulatina escassez. Com o aumento correspondente de seus preços, mais capital teria que ser usado para a aquisição de novos insumos, com imobilização de vultosos recursos para investimento visando ao posterior crescimento. Finalmente, a massa de investimento não mais seria suficiente para fazer frente sequer às amortizações e, como consequência, a base industrial entraria em colapso, levando consigo os sistemas de serviços e a agricultura, que seria altamente dependente de insumos industriais.

Conclui a equipe de MEADOWS, "durante algum tempo a situação

(8) Uma quantidade apresenta crescimento exponencial quando cresce a uma porcentagem constante do total, em um período constante de tempo.

(9) Op.cit. p.53.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Reservas	Reservas Conhecidas	Índice Estád. de Crescimento (anos) <sup>b</sup>	Taxa Projetada de Crescimento (% anual) <sup>c</sup>	Índice Exponencial Calculado com a Quinuplicação das Reservas Conhecidas (anos) <sup>d</sup>	Índice Exponencial Calculado com a Quinuplicação das Reservas Conhecidas (anos) <sup>e</sup>	Países com as Menores Reservas (% do total mundial) <sup>f</sup>		Principais Produtores (% do total mundial) <sup>g</sup>		Consumo dos Estados Unidos como (% do total do Total do Mundial) <sup>h</sup>	
						Alta Média Baixa	Alta Média Baixa	Alta Média Baixa	Alta Média Baixa		
Alumínio	1.17 X 10 <sup>8</sup> t.	100	7.7	6.4	5.1	31	55	Austrália (33) Guiné (20) Jamaica (10)	Jamaica (19) Suriname (12)	Estados Unidos (42) URSS (12)	42
Cromo	7.74 X 10 <sup>8</sup> t.	420	3.3	2.6	2.0	95	154	República da África do Sul (75)	URSS (30) Turquia (10)		19
Carvão	5 X 10 <sup>15</sup> t.	2300	5.3	4.1	3.0 <sup>h</sup>	111	150	Estados Unidos (32) URSS-China (53)	URSS (20) Estados Unidos (24)		22
Cobalto	4.8 X 10 <sup>8</sup> lb.	110	2.0	1.5	1.0	60	148	Rep. do Congo (31) Zâmbia (16)	Rep. do Congo (51)		32
Cobre	308 X 10 <sup>8</sup> t.	36	5.8	4.6	3.4	21	48	Estados Unidos (28) Chile (19)	Estados Unidos (20) URSS (15) Zâmbia (13)	Estados Unidos (33) URSS (13) Japão (11)	33
Ouro	353 X 10 <sup>6</sup> peso Troy	11	4.8	4.1	3.4 <sup>i</sup>	9	29	República da África do Sul (40)	República da África do Sul (77) Canadá (6)		26
Ferro	1 X 10 <sup>11</sup> t.	240	2.3	1.8	1.3	93	173	URSS (33) América do Sul (18) <sup>j</sup> Canadá (14)	URSS (25) Estados Unidos (14)	Estados Unidos (28) URSS (24) Alemanha Ocidental (7)	28
Chumbo	91 X 10 <sup>8</sup> t.	26	2.4	2.0	1.7	21	64	Estados Unidos (39) Austrália (13) Canadá (11)	URSS (13) Austrália (13) Canadá (11)	Estados Unidos (25) URSS (13) Alemanha Ocidental (11)	25
Manganês	8 X 10 <sup>8</sup> t.	97	3.5	2.9	2.4	46	94	República da África do Sul (38) URSS (25)	URSS (34) Brasil (13) Rep. África do Sul (13)		14
Mercúrio	3.34 X 10 <sup>8</sup> frascos	13	3.1	2.6	2.2	13	41	Espanha (30) Itália (21)	Espanha (22) Itália (21) URSS (18)		24
Molibdeno	10.8 X 10 <sup>8</sup> lb.	79	5.0	4.5	4.0	34	65	Estados Unidos (58) URSS (20)	Estados Unidos (64) Canadá (14)		40
Gás Natural	1.14 X 10 <sup>15</sup> pés <sup>3</sup>	38	5.5	4.7	3.9	22	49	Estados Unidos (25) URSS (13)	Estados Unidos (58) URSS (18)		63
Níquel	147 X 10 <sup>8</sup> lb.	150	4.0	3.4	2.8	53	96	Cuba (25) Nova Caledônia (22) URSS (14) Canadá (14)	Canadá (42) Nova Caledônia (28) URSS (16)		38
Petróleo	455 X 10 <sup>8</sup> barris	31	4.9	3.9	2.9	20	50	Arábia Saudita (17) Kuwait (15)	Estados Unidos (23) URSS (16)	Estados Unidos (33) URSS (12) Japão (6)	33
Grupo Platina m	429 X 10 <sup>6</sup> peso Troy	130	4.5	3.8	3.1	47	85	República da África do Sul (47) URSS (47)	URSS (59)		31
Prata	5.5 X 10 <sup>8</sup> peso Troy	16	4.0	2.7	1.5	13	42	Países Comunistas (36) Estados Unidos (24)	Canadá (20) México (17) Peru (16)	Estados Unidos (26) Alemanha Ocidental (11) <sup>26</sup>	26
Estanho	4.3 X 10 <sup>8</sup> t. lg.	17	2.3	1.1	0	15	61	Tailândia (33) Malásia (14)	Malásia (41) Bolívia (16) Tailândia (13)	Estados Unidos (24) Japão (14)	24
Tungstênio	2.9 X 10 <sup>8</sup> lb.	40	2.9	2.5	2.1	28	72	China (73)	China (25) URSS (19) Estados Unidos (14)		22
Zinco	123 X 10 <sup>8</sup> t.	23	3.3	2.9	2.5	18	50	Estados Unidos (27) Canadá (20)	Canadá (23) URSS (11) Estados Unidos (8)	Estados Unidos (26) Japão (13) URSS (11)	26

TAB.1 - RECURSOS NATURAIS NÃO-RENOVÁVEIS

FONTE: MEADOWS et alii - "Limites do Crescimento"

torna-se particularmente grave porque, devido a retardamentos inerentes à estrutura etária e ao processo de ajustamento social, a população continua aumentando. A população finalmente decresce, quando a taxa de mortalidade aumenta, devido à falta de alimentos e de serviços sanitários... O Sistema entra em colapso devido a uma crise de recursos naturais"<sup>(10)</sup>. (O grifo é nosso).

Mesmo com a duplicação das reservas minerais o sistema ainda estaria em perigoso desequilíbrio em um cenário muito semelhante ao anteriormente descrito, desta vez, sendo a força motriz que interrompe o crescimento "um súbito aumento do nível de poluição, causado por uma sobrecarga na capacidade natural de absorção do meio ambiente"<sup>(11)</sup>.

## 1.2 - ESTIMATIVAS DE DURAÇÃO DAS RESERVAS MINERAIS

### 1.2.1 - As Diferentes Estimativas a nível mundial

Uma polêmica foi estabelecida a partir das previsões pessimistas da equipe do MIT sobre a base dos recursos naturais disponíveis para atendimento das necessidades futuras. As estimativas de MEADOWS et alii baseiam-se no crescimento exponencial, definido como "Índice Exponencial"<sup>(12)</sup>, nas reservas conhecidas, os índices calculados projetaram as seguintes perspectivas de duração de reservas de alguns minérios: alumínio, 31 anos; cobre, 21 anos; ferro, 93 anos; chumbo, 21 anos; manganês, 46 anos; níquel, 53 anos; estanho, 15 anos; tungstênio, 28 anos; e zinco, 18 anos. Mesmo com a quintuplicação das reservas o quadro não melhoraria substancialmente, conforme pode-se depreender em consulta à Tabela I.

(10) Op.cit. pp. 123-124.

(11) Op.cit. p. 124.

(12) Índice Exponencial =  $\frac{L_n \cdot r \cdot s + 1}{r}$ , onde  $r$  - taxa média de crescimento;  $s$  - índice estático;  $L_n$  - logaritmo neperiano.

Supondo-se que as reservas estimadas por MEADOWS sejam do ano de 1972, pelo menos as de Estanho já estariam atualmente exauridas pelas suas previsões. Estimativas de 1977<sup>(13)</sup>, entretanto, mostravam que as reservas de Estanho eram de 10,2 milhões de toneladas, contra as 4,3 milhões de toneladas originalmente apresentadas.

Na realidade as reservas devem ser encaradas como variáveis-fluxo e não como variáveis-estoque, pela sensibilidade das empresas ao sistema de preços praticados nos mercados. Em épocas de altas de preço há uma tendência natural à mineração a baixos teores, com conseqüente expansão das reservas. O contrário acontece com o mercado tipicamente ofertante, com a mineração das camadas mais nobres para manutenção de mercados, com o oferecimento de produtos de maior qualidade ou, conseqüentemente, de mais alto teor.

Adicionalmente, devemos salientar que não fica clara, em nenhum momento, a distinção entre "recursos" e "reservas", pela leitura do relatório do MIT. São palavras empregadas como sinônimas, quando na realidade não as são. Determinados tipos de recursos estão na fronteira de reservas, muitas vezes por fatores puramente econômicos. Eliminados esses fatores teríamos um acréscimo nas reservas. Sobre este assunto existem diversos artigos interessantes, principalmente o clássico trabalho de GOVETT & GOVETT<sup>(14)</sup> e as observações importantes de BROBST<sup>(15)</sup>.

Uma crítica que particularmente fazemos ao trabalho de

(13) Conforme DOBOZI in "World Raw Material Markets Until the Year 2000 Implications for Eastern Europe", Raw Materials Report, vol.2, nº 2, 1983, p.8.

(14) "The Concepts and Measurement of Mineral Reserves and Resources", in Resources Policy, set. 1974, pp. 46-55.

(15) in "Scarcity and Growth Reconsidered", The Johns Hopkins University Press, 1979. São muito pertinentes os comentários das páginas 112-119 sobre o assunto em epígrafe.

MEADOWS é com referência à ausência de uma metodologia no levantamento dos dados estatísticos apresentados. Há uma preocupação mundial pela falta de compatibilização das estatísticas minerais dos diferentes países. Parece um detalhe insignificante mas, quando nos aprofundamos em uma análise específica de um bem mineral sabemos, pela experiência, que a totalização das diferentes variáveis econômicas - reservas, produção, consumo, etc. - está sujeita a erros de agregação. Os tipos de minérios variam de uma jazida a outra, têm preços diferenciados em função, principalmente nos minerais metálicos, do teor. Corremos, pois, sérios riscos de somarmos, literalmente falando, "bananas" com "laranjas".

Esse assunto é de tal importância que, em 1983, a Organização das Nações Unidas reuniu um grupo de "experts" internacionais para analisar a compatibilização das diferentes fontes nacionais de estatísticas minerais, tendo sido o Brasil representado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (16).

#### 1.2.2- As Reservas Brasileiras: um exercício de futurologia

É escassa a bibliografia consultada sobre estimativas de duração de reservas minerais para o Brasil. Com exceção do trabalho de SAMOHYL (17) não encontramos nenhuma outra referência.

Esse autor, apesar de ter produzido um "paper" de excelente conteúdo econômico-ecológico muito baseado nas idéias de GEORGESCU sobre Entropia (18), conclui por uma visão pessimista das

(16) É interessante verificar uma análise histórica deste problema em "Definitions and Terminology for Statistics on Production and Consumption", Natural Resources Forum, vol.7, nº3, New York, 1983, pp. 253-262.

(17) SAMOHYL "Acumulação de Capital e Desacumulação do Meio Ambiente", Economia e Desenvolvimento, Ano 1, nº 2, 1982.

(18) Um interessante artigo sobre as teorias pioneiras de GEORGESCU é "Entropy, Growth and the Political Economy", de DALY, publicado na coletânea "Scarcity and Growth Reconsidered", principalmente pp. 74-76.

possibilidades do crescimento econômico com base nos recursos minerais.

Utilizando a metodologia de MEADOWS realizou estimativas de duração das reservas minerais de algumas substâncias, que apresentamos na Tabela II, salientando que em "*menos de cem anos o Brasil ficaria sem recursos naturais*" (o grifo é nosso).<sup>(19)</sup>

Reservamos nossos comentários sobre suas conclusões e as dos adeptos do "Doomsday" para a parte final deste capítulo. Entretanto, por puro exercício futuroológico, não poderíamos deixar de elaborar nossas próprias estimativas, que apresentamos na Tabela III segundo a mesma metodologia. Saliente-se que para alguns minérios - Níquel, por exemplo - nossos índices exponenciais se revelaram ainda mais pessimistas principalmente porque, no período considerado base para as nossas previsões (1980-84), ofertas adicionais vieram ao mercado, o que incrementou a taxa de utilização.

Estamos bastante conscientes de que este tipo de simulação não tem o menor fundamento técnico consistente pois estamos em um estágio tecnológico ainda incipiente na exploração de todos os recursos minerais disponíveis na crosta terrestre, como veremos mais adiante. Entretanto, esses exercícios de futurologia servem para explicitar convenientemente a característica finita desses recursos e os cuidados que temos que inserir no mundo atual quanto à necessidade de conservação.

### 1.3 - NOVAS TECNOLOGIAS E MUDANÇAS NO PADRÃO DE CONSUMO DE METAIS

Ao realizar suas projeções de duração das reservas minerais mundiais, o grupo do MIT estabeleceu três hipóteses sobre a

---

(19) *op.cit.* p.102.

EXTRAÇÃO E ESGOTAMENTO DE ALGUNS RECURSOS NATURAIS BRASILEIROS

	Número de Anos até Esgotamento Total das Reservas						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Taxas Anuais de Crescimento de Extração	Dados Históricos de 1977/78	Coluna 1+2 (metade da taxa histórica)	Com apenas reservas conhecidas, e taxa anual de crescimento de extração zero (Extração anual fixa de 1977)	Com reservas conhecidas, e taxa anual de crescimento de extração da coluna I	Cinco vezes a quantidade de reservas conhecidas e taxa anual de crescimento de extração da coluna I	Cinco vezes a quantidade de reservas conhecidas e taxa anual de crescimento de extração da coluna II (metade da taxa histórica)	Resultados mundiais com reservas mundiais conhecidas e taxa anual histórica de crescimento de extração de cimento de extração mundial.
Recursos Minerais Brasileiros							
umínio	19.79	9.89	1.426	28.5	36.6	66.3	31
ervão	9.28	4.64	100	25	41.5	68.5	111
omo	12.22	6.11	7	5	13.6	18.7	95
tanho	22.07	11.04	9	5	10.6	16.2	-
rro	18.56	9.28	95	15	24	41	-
nganês	4.24	2.12	20	14	39	51	46
quel	25.63	12.82	658	20	27	48	53
ata	1.50	0.75	10	9.3	37	42	13
nco	8.00	4.00	40	18	35	55	18
s Natural	4.70	2.35	20	14	37	51	22
trôleo	0.41	0.20	20	19	84	91	20

NOTA: Paulo José de Freitas Filho e Ivan José Mendonça. "Recursos Minerais Brasileiros". Mimeo, 1981: a coluna VII de Donella II. Meadows et alii. Limite do Crescimento, São Paulo, Editora Perspectiva, 1973. Dados do Anuário Mineral Brasileiro e do Anuário Estatístico Brasileiro, do ano de 1977.

## BRASIL: ESGOTAMENTO DE RESERVAS MINERAIS

SUBSTÂNCIA MINERAL	TAXAS ANUAIS DE CRESCIMENTO DA EXTRAÇÃO %		NÚMERO DE ANOS ATÉ ESGOTAMENTO TOTAL DAS RESERVAS						
	I 1980-84	II COLUNA I: 2 (METADE DA TAXA)	III COM RESERVAS MEDIDAS E TA XA EXTRAÇÃO DE 1984	IV COM RESERVAS MEDIDAS E TA XA EXTRAÇÃO COLUNA I	V CINCO VEZES AS RESERVAS E TAXA COLUNA I	VI CINCO VEZES RESERVAS ATAUAIS E TA XA COLUNA II	VII ESTIMATIVAS MUNDIAIS (LIMITES DO CRESCIM.)		
Alumínio	11,50	5,75	163	26	39,6	67	31		
Chumbo	2,83	1,42	39	26	66	93	21		
Cobre	10,55	5,28	133	26	40	68	48		
Estanho	14,53	7,27	11	6,5	15	22	61		
Ferro	0,73	0,37	79	62	186	243	93		
Manganês	3,51	1,76	20	15	43	58	46		
Níquel	47,09	23,55	148	9	12	22	53		

Obs.: 1. Taxa de extração (i):  $i = \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1$ , onde  $P_0$  = Produção 1980;  $P_n$  = Produção de 1984;  $n = 4$

2. Índice Exponencial (I):  $I = \frac{L_n^{i \cdot s} + 1}{i}$ , onde  $i$  = taxas colunas I e II;  $s$  = Índice estático (Coluna III).

trajetória exponencial do crescimento do consumo de cada minério, tendo utilizado o valor médio como variável de predição. Essas taxas foram estimadas em níveis mais elevados do que as realmente verificadas nos dez anos posteriores.

Estimativas recentes realizadas por GONZALEZ<sup>(20)</sup> mostram a evolução do consumo de alguns metais para quatro diferentes períodos de tempo, o último dos quais englobando o ano de 1983, ou seja, mais de um decênio após as estimativas originais de MEADOWS.

MEADOWS havia estimado para Ferro, Alumínio, Cobre, Chumbo, Zinco, Estanho e Níquel as taxas anuais de crescimento respectivas de 1,8%;6,4%;4,6%;2,0%;2,9%;1,1%; e 3,4%. No período de 1979-83 as taxas observadas (reais) de evolução do consumo foram, respectivamente, de -1,4%; -1,1%; -1,9%; -1,9%; -0,8%; -2,0%; -2,3%. Ou seja, todas decrescentes.

A maior parte dos minerais cujas demandas foram projetadas são de uso tradicional, com consumo declinante em função da mudança progressiva da estrutura produtiva dos países desenvolvidos em direção ao aumento da intensidade de emprego de tecnologias de ponta. Assim, enquanto os "older non-ferrous metals", como denominados por GONZALEZ, que são Estanho, Cobre, Chumbo e Zinco, têm perspectivas de consumo declinante, para Alumínio (aplicações militares), silício, berílio e tântalo (fabricação de componentes eletrônicos), titânio, zircônio e antimônio (utilização em cerâmicas industriais), cobalto, níquel, molibdênio, zircônio (usos químicos especiais), cromo, tungstênio (máquinas e ferramentas especiais) as previsões são de crescimento contínuo da demanda nas próximas décadas.

Essa diminuição de consumo pode ser explicada, também, pelo período recessivo por que passou a economia mundial, com redução

(20) in "New Technologies, Industrial Restructutina and Changing Patterns of Metal Consumption", Raw Materials Report, vol.3, nº 3, 1985, pp. 11-31.

da demanda por minérios dos países desenvolvidos e da redução das importações de minérios e metais originários de países periféricos.

Outro fator relevante para explicar o declínio das taxas de consumo é a pesquisa, desenvolvimento e produção de novos materiais como as cerâmicas finas, os polímeros, das ligas de alto desempenho e de materiais compostos. Ou, conforme GONZALEZ, " *moreover, within this new generation of materials have been the recent more dynamic substitutes for natural materials - metals included, and they have most promising perspectives for further replacing metals of general use and speciality uses as well. So far, however, the major older non ferrous metals have been relatively the most affected by this kind of substitutions*"<sup>(21)</sup>.

STEIN, em artigo recente<sup>(22)</sup>, apresenta um gráfico bastante interessante sobre a produção de aço bruto, de metais não-ferrosos e de polímeros sintéticos para o período 1960-1980. Enquanto as produções de aço e de não-ferrosos permanecem estacionárias, a oferta de polímeros sintéticos vem crescendo exponencialmente na substituição de metais, conforme pode ser visto, como exemplo, o enorme incremento no consumo de plástico na indústria automobilística americana<sup>(23)</sup>.

Essas evidências concretas demonstram que o declínio do consumo de metais não tem um caráter meramente conjuntural. E

---

(21) *Op.cit.* p.29.

(22) *in "The Impact of Polymeric Substitutes on Critical and Strategic Applications of Imported Materials"*, Materials and Society, vol.8, nº2, 1984, pp. 397-410.

(23) Várias indicações encontramos sobre esta afirmação. GONZALEZ, *op.cit.* p. 24, apresenta o aumento do consumo de plásticos (e diminuição no emprego de metais) nos automóveis da FORD, modelos 1977, 1982 e 1985; STEIN, *op.cit.* p.402, chega às mesmas conclusões; Finalmente, CURLEE, *in "The Recycle of Plastics from Auto Shredder Residue: Incentives and Barriers"*, Materials and Society, vol.9, nº 1, 1985, conclui, p.34: "on the other hand, there is evidence to suggest that plastics will be used more in the future in composite materials to increase the overall strenght of the plastics".

decorrentes também do avanço tecnológico no ramo da engenharia de materiais, que estabelecerá mudanças estruturais no padrão futuro do consumo de metais, o que invalida ainda mais as previsões do Clube de Roma.

#### 1.4 - CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS PELA INTENSIFICAÇÃO DA RECICLAGEM DE METAIS

Uma das mais severas críticas ao trabalho de MEADOWS é a da Universidade de Sussex, principalmente de PAVITT<sup>(24)</sup> e residem basicamente no papel secundário dado ao progresso tecnológico no escopo da modelação realizada ou nas próprias palavras PAVITT, citadas por TAMANES<sup>(25)</sup>: *"Com tais pressupostos chegam a conclusões que são virtualmente as mesmas que as de MALTHUS e RICARDO isto é, que o crescimento será travado pelo esgotamento dos recursos naturais, pela asfixia produzida pela poluição ou pela drenagem dos investimentos de capital para um setor agrícola cada vez menos produtivo, de forma que esta nova versão do colapso seria exatamente a mesma que a descrita há 150 anos por RICARDO, que não dispunha de nenhum computador. Sabemos que o colapso não se produziu até agora graças, em parte, ao fato de quer MALTHUS quer RICARDO terem subestimado o progresso técnico na agricultura, da mesma forma que MARX subvalorizou o progresso técnico incorporado nos bens de capital"*.

FROLOV, em trabalho recente<sup>(26)</sup>, faz restrições às conclusões do grupo do MIT assinalando a necessidade de resolução do problema ecológico global no contexto do desenvolvimento desigual dos

(24) in "Thinking About the Future", coletânea organizada pela Universidade de Sussex, Chatto & Windus, Londres, 1973.

(25) RAMON TAMANES, "Crítica dos Limites do Crescimento," Publicações D. Quixote Lisboa, 1983, p. 152.

(26) IVAN FROLOV, in "La Concepción Marxista-Leninista Acerca del Problema Ecológico" in "La Sociedad y el medio ambiente. Concepción de los científicos soviéticos", Editorial Progreso, Moscou, 1981.

diferentes países e povos e não apenas no relativo ao nível de renda por habitante, senão a todo o conjunto dos fatores sociais, econômicos-produtivos, técnicos e culturais. Em sua concepção, os limites não seriam alcançados pelo aumento das possibilidades de obtenção de materiais substitutos, pela elevação da produtividade de utilização dos recursos, decorrentes do avanço da ciência e tecnologia.

FIODOROV e NOVIK<sup>(27)</sup> apontam pelo menos três objeções, que caracterizam de "substanciais", ao trabalho de MEADOWS. A primeira refere-se ao crescimento estacionário das populações quando as nações atingem um grau mais elevado de bem estar e aumenta o grau de urbanização, sendo errado, portanto, analisar sua evolução meramente quantitativa. A segunda seria a discordância com as conclusões referentes à diminuição paulatina do estoque de recursos naturais já que *"por el contrario, en el curso del progreso de la ciencia y el cambio de modos de producción, estas posibilidades aumentan tanto merced a la elevación de la eficacia del uso de cada recurso concreto y a la incorporación de nuevas riquezas naturales a la actividad económica como debido al descubrimiento de vías radicalmente distintas de satisfacción de esta necesidad del hombre"*<sup>(28)</sup>.

Finalmente a terceira discordância se refere à inevitabilidade do aumento de poluição face ao crescimento da produção, o que seria evitado pelo desenvolvimento dos controles de emissão de efluentes e pela conscientização crescente da comunidade empresarial por esses problemas.

Especificamente no que se refere aos recursos minerais, HERRERA<sup>(29)</sup> discorda radicalmente das conclusões da equipe do MIT,

(27) in "Aspectos Ecologicos Del Progreso Social", coletânea soviética citada, pp. 62-65.

(28) Op.cit. p. 64.

(29) in "Los Recursos Minerales y los Limites del Crecimiento Económico", Siglo XXI Editores S.A., Buenos Aires, 1974.

Com base em uma amostra, extraída aleatoriamente, de 40 jazimentos metalíferos do mundo, calculou a profundidade média de exploração em torno de 300 metros, com as profundidades máximas atingindo pouco mais de 3.000 metros. Sabendo-se que a espessura da crosta terrestre está entre 32 e 40 quilômetros e a inexistência de tecnologias de perfuração a grandes profundidades, há grandes possibilidades de acréscimos substanciais de novos recursos, com o avanço das técnicas de sondagem. Adicionalmente, recursos minerais oceânicos podem vir a constituir-se em uma nova fonte de oferta, principalmente os nódulos de manganês<sup>(30)</sup>.

Concordando com HERRERA, KHATCHATUROV<sup>(31)</sup> assinala que "o que se encontra nas camadas mais profundas da crosta terrestre continua por conhecer. Mas nem as camadas superiores foram totalmente estudadas, sobretudo nas regiões pouco povoadas".

A intensificação da reciclagem de metais pode diminuir a taxa de utilização das reservas minerais, preservando-as para o uso das gerações futuras. Além de caracteristicamente se constituir em uma atividade poupadora de minérios, a recuperação de metais reduz exponencialmente o consumo de energia, conforme pode-se notar em consulta à Tabela IV. Segmento industrial importante nos países mais desenvolvidos, chega a contribuir com quase a metade da oferta, por exemplo, do cobre nos Estados Unidos. A sucata de obsolescência - composta de bens cuja vida útil foi atingida - vem sendo gerada há centenas de anos, formando "reservas" potenciais de metais. Agregada à sucata de geração industrial -

(30) Conforme BESSON e VARON in "The Mining Industry and the Developing Countries", Oxford University Press, 1977: "A Typical deposit of commercial interest contains 25 to 30 percent manganese, 1.0 to 1.5 percent Nickel, 0.5 to 1.0 percent copper, 0.25 percent cobalt, as well as small quantities as several other metals".

(31) in "Economia e Ecologia", coletânea soviética "A Proteção ao meio ambiente e à Sociedade", Academia de Ciências da URSS, Moscou, 1983 p.102.

TABELA IV

COMPARAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PARA A OBTENÇÃO DE METAIS  
PRIMÁRIOS E SEUS SECUNDÁRIOS CORRESPONDENTES

METAL	Energia Empregada na Obtenção de Uma Tonelada		Energia Poupada na Reciclagem		
	Metal Primário kWh/t	Metal Secundário kWh/t	kWh/t	tEP/t (1)	Em %
Alumínio	17.600	750	16.850	4,89	95
Cobre	2.426	310	2.116	0,61	87
Zinco	4.000	300	3.700	1,07	92
Estanho	2.377	350	2.027	0,59	85
Chumbo	3.954	450	3.504	1,02	88
Magnésio	18.000	1.030	16.170	4,69	90

(1) Tonelada equivalente de petróleo por tonelada.

FONTE: ABRANFE

oriunda de perdas no processo de manufatura de metais - formam, em conjunto, a denominada oferta secundária, de grande relevância do atendimento à demanda dos metais básicos, que será devidamente detalhada nos próximos Capítulos, com ênfase específica na sucata de ferro e aço.

Vale salientar, pela análise dos dados da Tabela IV, que enquanto se dispendem 17.600kWh para a produção de uma tonelada de alumínio, 2.426 kWh na produção de uma tonelada de chumbo e 4000 kWh na produção de uma tonelada de zinco primários, a oferta secundária das mesmas quantidades é realizada com uma economia energética de respectivamente, 95%, 88% e 92%.

Além dessa economia substancial de energia, a poupança de materiais primários constitui-se em um efeito positivo sobre a mineração. Cada tonelada reciclada de alumínio, por exemplo, proporciona a preservação de 4 toneladas da bauxita que seria necessária à obtenção de alumínio primário metálico, além da poupança de outros materiais primários<sup>(32)</sup>, com o correspondente aumento da "vida" útil das reservas minerais pela diminuição das taxas de utilização.

Outra grande contribuição da atividade de reciclagem de metais é a sensível diminuição dos rejeitos de mineração que aumentam exponencialmente com o paulatino decréscimo do teor. Como consequência direta do declínio sistemático do teor, temos um acréscimo dos custos de manuseio e deposição desses rejeitos causando perturbações maiores ao meio ambiente. LASKY<sup>(33)</sup> correlacionou as quantidades acumuladas de minério de cobre versus teor para 165 depósitos, tendo encontrado uma relação exponencial. A atividade de

[32] A esse respeito são interessantes as observações de BUTLIN in "Enhanced Recycling through a Materials Tax", Resources Policy, set.1983, principalmente p. 191.

[33] citado por GOVETT & GOVETT, *op.cit.* p.48.

reciclagem de metais torna-se, portanto, de significativa importância para a conservação de nosso planeta azul.

O estudo da oferta secundária de metais seria não só necessária como imprescindível pelas repercussões que o comércio internacional de sucatas poderá provocar a longo prazo nos países tradicionais exportadores de minérios. Esse comércio, intensivo nas últimas décadas, aliado à transformação dos minérios importados, pode fazer com que um país não dotado de recursos minerais possa, pela acumulação de sucata de obsolescência em seu território, tornar-se autosuficiente da produção de metais desde que adapte sua indústria de transformação aos materiais secundários. Esse fenômeno, de transposição de recursos, deverá merecer maior atenção com o avançar do tempo justificando-se, por conseguinte, estudos cada vez mais detalhados sobre os segmentos industriais de recuperação de metais.

No Brasil, há um quase total desconhecimento da importância dos diferentes tipos de insumos secundários. Nossa dissertação pretende estudar apenas o segmento de sucata de ferro e aço. Esperamos que futuros trabalhos nessa linha sejam empreendidos, face à relevância da reciclagem de metais.

## CAPÍTULO II

### OFERTA SECUNDÁRIA DE METAIS

#### 2.1 - FUNDAMENTOS ECONÔMICOS TEORÍCOS

A base dos recursos minerais diminui com o consumo do metal primário. Diferentemente, a produção ou consumo de metais aumenta a base de recursos de materiais secundários. Essa característica específica da denominada oferta secundária pode fazer com que um país não dotado de recursos naturais possa, pela importação de metais, acumular um estoque de material secundário ao longo dos anos.

Esse conceito de estoque associado a materiais secundários pode ser considerado análogo ao conceito de recurso utilizado nas matérias primas primárias. O "teor" desse estoque-reserva de materiais secundários é a taxa de recuperação, que representa a porcentagem de material que pode ser retirada economicamente, para consumo imediato, em função de parâmetros de mercado.

Aceita-se, comumente, que os recursos básicos para a formação dos estoques de materiais secundários são provenientes em sua totalidade do final de vida útil dos bens, de consumo ou de produção, que foram fabricados com o metal em períodos passados. Em função direta da obsolescência dos produtos está a formação desses estoques. A maior ou menor durabilidade dos bens que contêm o metal resultará em, respectivamente, menor ou maior representatividade desse estoque.

Parte do processo de formação da oferta secundária está condicionado à geração de materiais como sucata quando do processamento do metal primário. Sucata é, pois, gerada e não produzida. Gerada quando da efetuação de produção primária, como resíduo das operações de torneamento e de estampagem de metais, originando um tipo de material secundário classificado genericamente como sucata de processamento industrial ou sucata de geração industrial.

A geração de bens inservíveis, após o cumprimento de uma vida útil, associada à taxa de recuperação, propicia o surgimento de um novo subsegmento ofertante denominado de sucata de obsolescência, com características peculiares que a distingue da sucata de processamento industrial, conforme veremos mais adiante. A formação de um estoque de material secundário pode ser considerada automático como decorrência normal das diferentes etapas do processo de utilização dos bens produzidos com o metal primário.

Para uma melhor formalização teórica da abordagem que iremos empreender, analisaremos separadamente os condicionantes técnicos, econômicos e comerciais que atuam diferentemente na sucata de processamento industrial e na sucata de obsolescência.

### 2.1.1 - Oferta Secundária de Sucata de Processamento Industrial

Geralmente é aceito que a oferta de sucata de processamento industrial é totalmente inelástica aos preços pagos pelos consumidores, conforme pode ser visto na Figura 1. Este tipo de sucata é gerado independentemente das forças econômicas do mercado como resíduo resultante da produção primária. Uma queda no seu preço não implicará em uma redução de sua geração que está intrinsecamente correlacionada com o mercado do metal primário. Essa diminuição de preço pode coincidir com um declínio da geração, mas não o provoca rá.

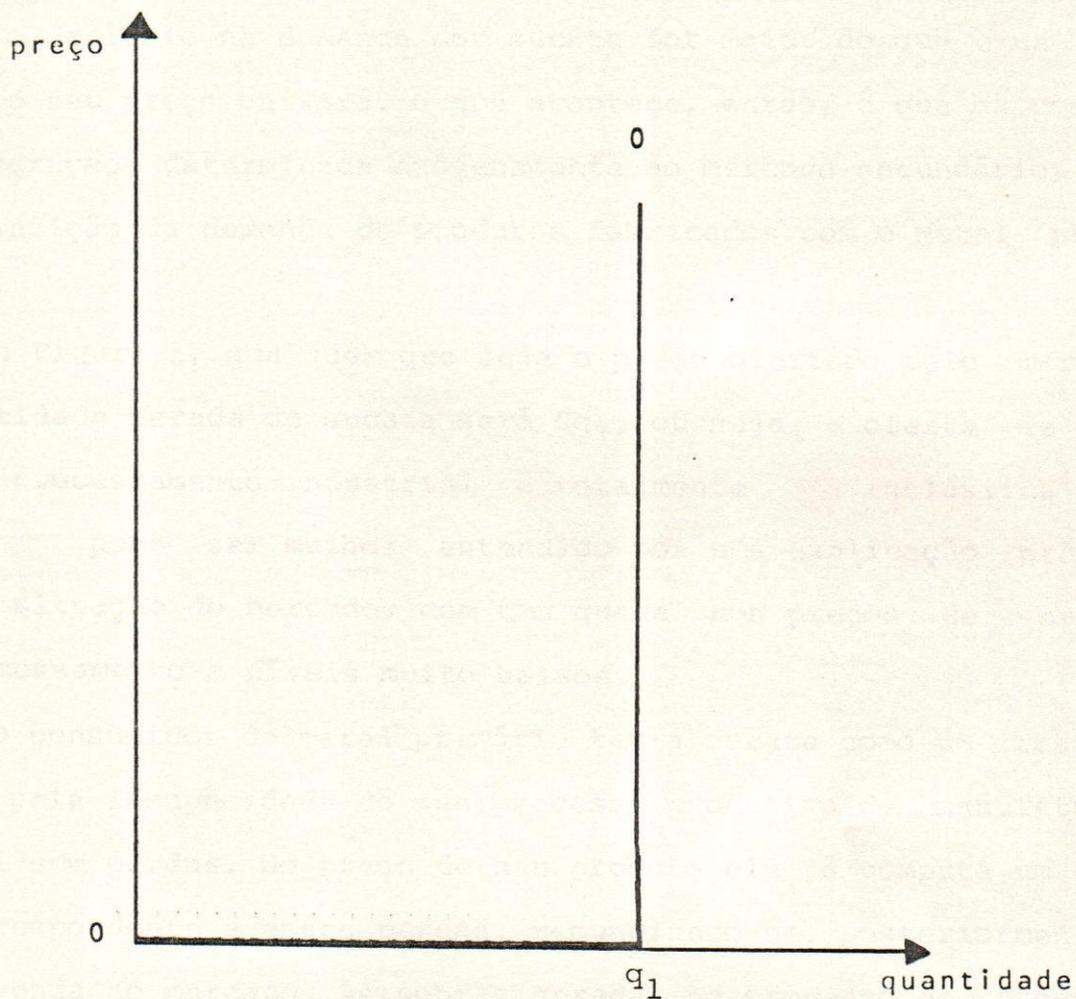


FIGURA 1 - CURVA DE OFERTA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Uma diminuição na demanda por produtos fabricados com o metal primário poderá afetar a geração de sucata de processamento industrial em duas etapas. Em um primeiro estágio o consumidor do metal primário diminuirá sua produção e, conseqüentemente, a geração de sucata. Em uma segunda fase a demanda dos fabricantes de produtos semi-refinados do metal também cairá, com a diminuição das aquisições de matérias-primas, dentre elas a sucata de processamento. Se o declínio na demanda por sucata for maior do que o da geração, o seu preço baixará. O que acontece, então, é que há uma queda na geração, determinada exógenamente ao mercado secundário, pela diminuição da demanda de produtos fabricados com o metal primário.

Na Figura 1, qualquer que seja o preço ofertado pelo mercado a quantidade gerada de sucata será  $0q_1$ , ou seja, a oferta de sucata de processamento industrial é totalmente inelástica<sup>(1)</sup>. Isso pode ser melhor entendido por uma explicação prática de uma situação de mercado, com uma queda nos preços de sucata de processamento a níveis muito baixos.

O consumidor do metal primário tem a sucata como um resíduo gerado pela incapacidade do seu processo produtivo de manufaturar o metal sem perdas. No preço de seu produto ele já computa um custo correspondente a essas perdas, remunerando-se, posteriormente, com a venda ao mercado. As sobras geradas no processo de produção são, pois, em última análise, "lixo" industrial que deveria ser conduzido ao depósito municipal mais próximo para despejo. Entretanto, como há uma indústria secundária que utiliza esse "lixo" como

---

(1) Matematicamente, define-se a elasticidade da oferta como sendo  $e = \frac{dq}{dp} \cdot \frac{p}{q}$ , inelástica quando  $e < 1$  e elástica para  $e > 1$ .

matéria-prima ele passa a ter um preço de mercado<sup>(2)</sup>.

Um outro ponto interessante para discussão a respeito da sucata de processamento industrial é quanto à sua taxa de recuperação, ou seja, qual o porcentual dessa sucata que será aproveitado pela indústria secundária. Geralmente os consumidores do metal estão dispostos a ofertar toda a sucata que geram, independentemente dos preços de mercado, pois sua atividade principal não é a comercialização de sucata.

Aceita-se comumente a assertiva de que toda a sucata de processamento industrial é recuperada. As suas características peculiares indicam nesta direção. A sucata de geração tem como principal vantagem a homogeneidade de sua qualidade e a boa localização, geralmente perto dos grandes centros urbanos. Essas especificidades fazem com que seja um insumo bastante procurado pelos consumidores, em detrimento da sucata de obsolescência, conforme veremos mais adiante.

TILTON<sup>(3)</sup> considera ser elástica essa oferta para preços muito baixos, em função da característica mencionada de que quase todas as quantidades deste tipo de sucata são recuperadas a preços próximos ao custo de reciclagem.

[2] Há muitos anos atrás, era comum as indústrias paulistas pagarem para a retirada de sucata de processamento. Em uma linha de produção a geração de sucata é tão grande que, passados alguns dias, sua permanência provocará tantos problemas operacionais que o gerador, caso não exista nenhum interessado em comprá-la, terá que arcar com custos de remoção para retornar aos estágios normais de produção.

[3] in "Economic of Metal Markets", p.61: "However, at very low prices, those approaching the cost of recycling new scrap, supply is quite elastic with respect to price" (o grifo é nosso).

ADAMS<sup>(4)</sup> assinala que, para preços muito baixos de sucata de processamento, a quantidade gerada pode não ser igual à quantidade ofertada ao mercado por ser mais interessante ao gerador destiná-la aos depósitos de lixo.

Temos a opinião de que tudo depende do comportamento do mercado primário. Em um mercado demandante tenderá a haver uma acirrada disputa por sucata de processamento entre as empresas da indústria secundária(ou indústrias primárias que utilizam o insumo como matéria-prima básica, como as siderúrgicas produtoras de aços não planos comuns). O gerador assistirá, então, comodamente a uma "guerra" de preços. O contrário acontecerá quando uma abrupta diminuição da demanda de produtos fabricados com o metal primário poderá conduzir os preços do insumo a níveis tão baixos, que o custo líquido para o gerador de sucata ofertá-la ao mercado poderá superar o custo de seu uso como aterro em depósitos de lixo.

Graficamente podemos representar os efeitos de uma demanda mais elástica do que uma inelástica em relação à oferta de sucata de processamento industrial. A Figura 2 é montada pela combinação de dois conjuntos de curvas de demanda com a curva de geração 0, mostrada na Figura 1, nossa curva de oferta de sucata de processamento.

Suponhamos que a demanda elástica  $D_1$  desloque-se para  $D'_1$ . Ao preço inicial  $P_0$  toda a sucata ofertada,  $0q_0$ , é consumida. Com o deslocamento da demanda, ao mesmo preço  $p_0$  os consumidores desejariam adquirir apenas a quantidade  $0q'_0$ . Assumindo ser constante a geração de sucata, os consumidores poderiam pensar que ficariam com um excesso de estoques  $q_0 - q'_0$ . Os geradores, por sua vez, frente à possibilidade de ficarem com muita sucata em suas empresas o que

(4) in "Secondary Supply", "Economic of the Mineral Industries", AIME, New York, 1976.

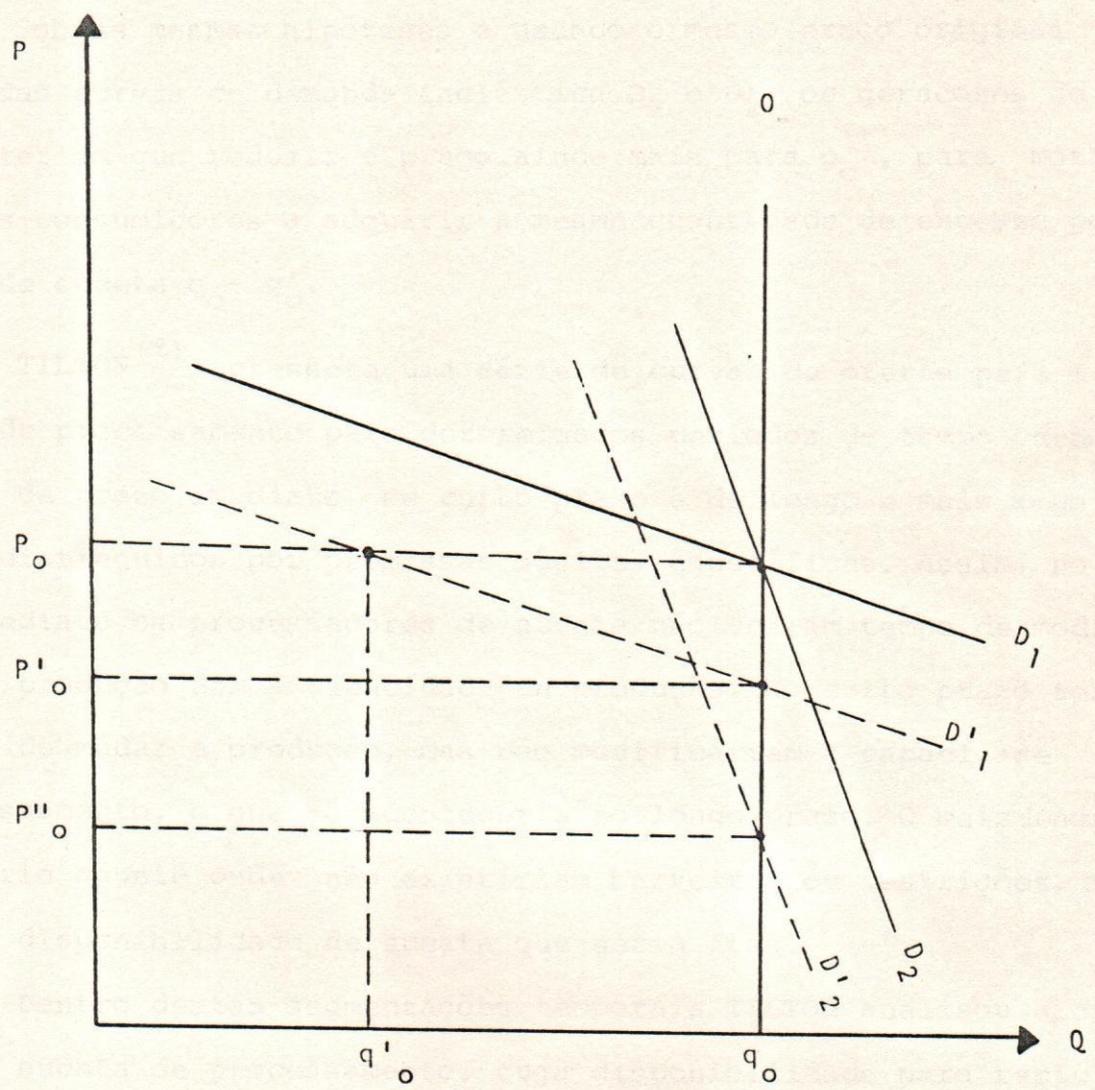


FIGURA 2- ELASTICIDADE DA DEMANDA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO

FONTE: ADAMS, op. cit. p.213

como vimos, torna problemática a continuidade de produção normal, reduzem o preço de  $p_0$  para  $p'_0$  para induzirem os seus compradores a aumentarem suas aquisições de sucata de processamento. O novo preço de equilíbrio seria  $p'_0$ , onde a nova curva de demanda  $D'_1$  intercepta a curva de oferta 0.

Sob as mesmas hipóteses e usando o mesmo preço original  $P_0$ , além das curvas de demanda inelástica  $D_2$  e  $D'_2$ , os geradores de sucata teriam que reduzir o preço ainda mais para  $p''_0$ , para motivarem os consumidores a adquirir a mesma quantidade de excesso potencial de sucata  $q_0 - q'_0$ .

TILTON<sup>(5)</sup> apresenta uma série de curvas de oferta para a sucata de processamento para determinados períodos de tempo denominados de prazo imediato, de curto prazo e de longo e mais longo prazos, distinguidos por premissas básicas específicas. Assim, no prazo imediato os processadores de sucata não teriam tempo de modificar a produção nem a capacidade de produção. No curto prazo teriam tempo de mudar a produção, mas não modificariam a capacidade de processamento, o que só aconteceria no longo prazo. O mais longo prazo seria aquele onde não existiriam barreiras ou restrições, a não ser a disponibilidade de sucata que seria fixa.

Dentro destas segmentações temporais TILTON analisou a oferta de sucata de processamento, cuja disponibilidade para reciclar, segundo sua ótica, depende de três fatores: o consumo total do metal, a distribuição desse consumo por uso final e da porcentagem de consumo que resulta em sucata de processamento. A última

---

(5) *op.cit.* p.60.

componente resulta ser, obviamente, a taxa de geração de sucata de processamento. A Figura 3 apresenta as curvas descritas por TILTON, sendo que as curvas de longo e de mais longo prazos são coincidentes.

A sucata com menor custo de reciclagem será processada em primeiro lugar. Estes custos, visualizados por  $OC_1$ ,  $OC_2$  e  $OC_3$ , de terminam os pontos onde as curvas interceptam o eixo vertical. Há uma limitação física para a oferta de sucata de processamento, indicada pela reta vertical. Somente o constrangimento imposto pela disponibilidade de sucata no mais longo prazo é que torna as curvas ascendentes.

Conforme TILTON o baixo custo de reciclar a sucata de processamento comparado com fontes alternativas de oferta, significa que toda, ou quase toda, a sucata é reciclada. Por isso, sobre o intervalo de preços normais, pequena oferta adicional de sucata é possível fazendo a oferta ser inelástica a preços, depois que a sucata disponível é reciclada. Outrossim, a preços muito baixos, muito próximos dos custos de reciclagem, a oferta será elástica com respeito aos preços conforme podemos verificar na Figura 3.

O fato de que toda a sucata de processamento é reciclada significa que as restrições limitantes da oferta no imediato e curto prazos, chamadas de produção e de capacidade de produção, como já vimos, não são adequadas para diferirem significativamente de uma restrição imposta no longo prazo pela disponibilidade de sucata. Embora as curvas de imediato e de curto prazos permaneçam abaixo da curva de longo prazo, elas se tornam ascendentes e vêm a ser verticais ao mesmo nível de geração de sucata.

Resumindo, ainda, as idéias de TILTON, se a tecnologia existente permite a recuperação integral do metal contido na sucata de processamento, a curva de oferta de mais longo prazo coincide

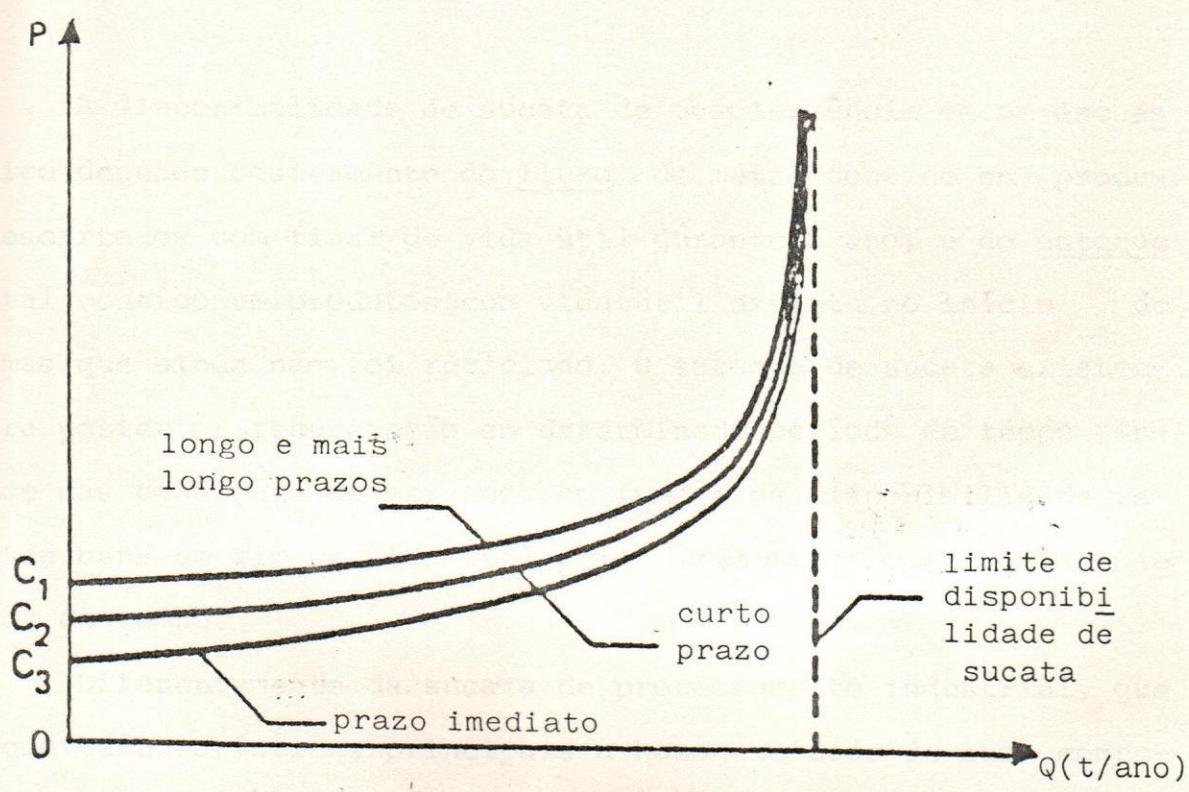


FIGURA 3 - CURVAS DE OFERTA DE SUCATA DE PROCESSAMENTO

FONTE: TILTON, op. cit. p.60

com a curva de oferta de longo prazo, como ilustrado na Figura 3. Se não é este o caso, se altos preços do metal primário fazem com que uma nova tecnologia possibilite a recuperação de mais metal de sucata disponível, a restrição da oferta poderia deslocar-se para a direita no mais longo prazo, indicando a disponibilidade de maiores quantidades do insumo. Posteriormente iremos descrever, em tópico específico, os efeitos de uma mudança tecnológica no mercado de sucata.

### 2.1.2 - Oferta Secundária de Sucata de Obsolescência

A disponibilidade de sucata de obsolescência em um ano específico depende basicamente do fluxo de metal contido em produtos descartados com final de vida útil durante o ano, e do estoque de metal contido em produtos com vida útil extinta no início do ano, mas que ainda não foi reciclado. O estoque de sucata existente para posterior recuperação em determinado período de tempo independe das condições de mercado, em função da disponibilidade regular de bens em fim de vida útil para sucatamento em intervalos regulares de tempo.

Diferentemente da sucata de processamento industrial, que tem como características principais a homogeneidade de sua composição e uma geração localizada próxima aos centros de consumo, a sucata de obsolescência tem geração aleatória, disseminada em amplo espaço geográfico em função do consumo passado do metal específico, e qualidade afetada pelas diferentes origens dos produtos que contêm o metal, geralmente com mistura dos mais diversificados tipos de materiais.

O fluxo de sucata de obsolescência depende da quantidade e tipos de bens em uso na economia no início de um ano, sua composição de metal, sua distribuição etária - a idade média em que termina

a vida útil - e de uma distribuição de frequência em torno da média de vida útil. O total de sucata de obsolescência dependerá do fluxo acumulado em períodos passados de produtos com vida útil extinta. Para esse total as quantidades recuperadas anteriormente para reciclagem devem ser subtraídas. Isto significa que o estoque de sucata de obsolescência somente aumentará se a taxa de reciclagem anual for menor do que a taxa de formação histórica desse estoque.

O estoque de sucata de obsolescência depende, pois, de dois fluxos: do fluxo acumulado e da reciclagem acumulada de sucata de obsolescência no passado, devendo ser considerado como tendo as mesmas características de um estoque de material primário. Consequentemente, o que é reciclado em um período de tempo não estará disponível para a oferta no futuro. Essa característica é fundamental para que possamos distinguir precisamente entre a oferta do metal proveniente do fluxo e do estoque de sucata de obsolescência.

Caso haja uma predominância no consumo de sucata de obsolescência oriunda do estoque acumulado, estaremos em um mercado escasso em sucata com tendência à sua exaustão com a continuidade dessa situação. Tradicionalmente, os países em desenvolvimento que acumularam uma quantidade ainda pequena de sucata de obsolescência face ao pequeno consumo histórico de metais de suas economias, tendem, ao se industrializarem, a consumir sucata a taxas mais elevadas do que as de formação do estoque, levando-os à condição de importadores.

As curvas de ofertas de curto e longo prazos de sucata de obsolescência são mostradas na Figura 4, apresentada originalmente por TILTON<sup>(6)</sup>. Ao preço  $p_1$  a curva indica que a quantidade  $q_1$  do metal secundário é recuperada proveniente do fluxo corrente de

---

(6) *op.cit.* p.64.

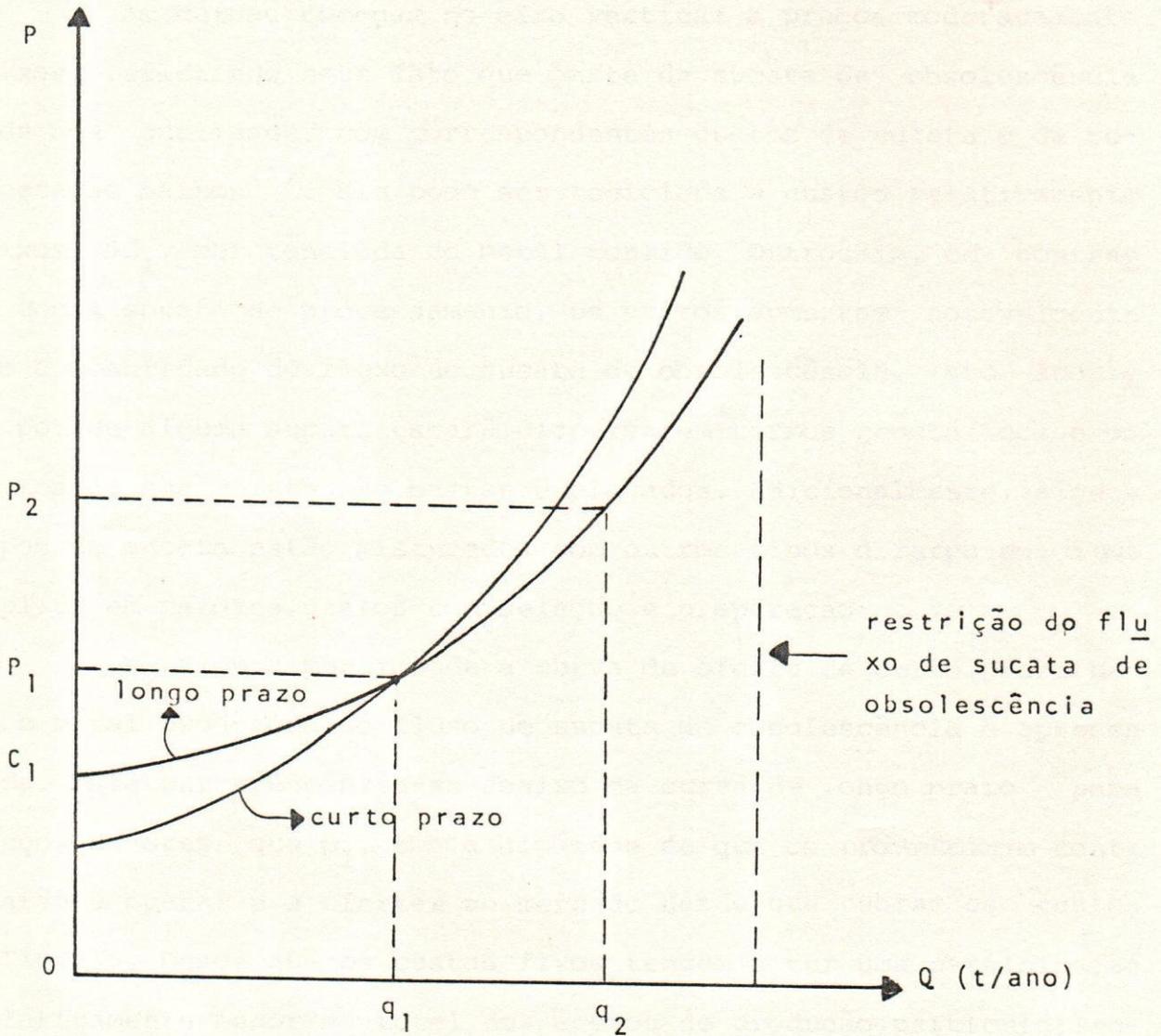


FIGURA 4 - METAL SECUNDÁRIO DO FLUXO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

sucata de obsolescência. O remanescente deste fluxo não é reciclado, mas adicionado ao estoque de sucata disponível para reciclagem em períodos futuros. Estamos, implicitamente, admitindo a existência de um mercado funcionando em ritmo normal, sem excessos de demanda e oferta.

As curvas começam no eixo vertical a preços moderadamente baixos, refletindo este fato que parte da sucata de obsolescência é de boa qualidade, com correspondentes custos de coleta e de recuperação baixos<sup>(7)</sup>. Ela pode ser reciclada a custos relativamente baixos,  $0C_1$ , por tonelada de metal contido. Outrossim, em contraste com a sucata de processamento, os custos aumentam notavelmente com a quantidade do fluxo de sucata de obsolescência. Isto acontece porque alguma sucata estará dispersa em termos geográficos e os custos de sua coleta são bastante elevados. Adicionalmente, alguns tipos de sucata estão misturados com outros tipos diferentes, o que implica em maiores gastos com seleção e preparação.

Na Figura mencionada a curva de oferta de curto prazo para o metal produzido do fluxo de sucata de obsolescência é apresentada. Esta curva encontra-se abaixo da curva de longo prazo para preços menores que  $p_1$ , sob a hipótese de que os processadores continuarão a operar e a ofertar ao mercado desde que cubram os custos variáveis. Desde que os custos fixos tendem a ter uma participação relativamente menor no total dos custos de produção, particularmente em comparação com os verificados na produção primária<sup>(8)</sup>, a curva de oferta de curto prazo permanece relativamente próxima à curva

(7) Na realidade, como vimos anteriormente, estamos tratando com curvas de custos o que significa que a níveis mais elevados estaremos manipulando sucata de obsolescência de qualidade inferior.

(8) Pela própria estrutura produtiva da indústria secundária, intensiva em trabalho, os custos fixos inerentes a uma instalação industrial à base de sucata requerem volume relativamente menor de investimentos, em termos comparativos com os de indústria primária similar.

de longo prazo.

A preços altos como  $p_1$  a Figura mostra a curva de oferta de curto prazo acima da curva de longo prazo, indicando que os produtores valem-se da restrição de oferta no curto prazo para realizarem altos preços e lucros. Contudo, a capacidade tende a ser mais flexível na produção secundária em comparação com a primária sendo fácil, por conseguinte, aumentar a produção pelo acréscimo, por exemplo, de turnos extras de trabalho. Por esta razão a curva de oferta de curto prazo, abaixo de  $p_1$ , está muito próxima da curva de longo prazo.

No imediato e no curto prazos os processadores de sucata estarão operando na porção elástica de suas curvas de oferta. Quantidades adicionais de sucata de obsolescência somente poderão ser adquiridas a maiores custos, principalmente de transporte. Se o preço de mercado cair muito eles podem cessar completamente a produção. Um pequeno aumento nos preços de mercado, entretanto, terá um efeito significativo sobre as quantidades que eles desejariam ofertar.

Sob certas circunstâncias as curvas de oferta de curto e longo prazos podem estar separadas como, por exemplo, a preços mais elevados do metal. A esses preços certos produtos, que totalizam uma parte significativa do total de fluxo de sucata de obsolescência, podem se tornar econômicos para reciclagem. Mas poderá haver uma limitação da capacidade de processamento para esta oferta adicional, fazendo com que a curva de curto prazo seja vertical muito antes da curva de longo prazo, indicando a restrição da capacidade de processar.

Como resultado do fenômeno de "obsolescência prematura", que acontece em mercados de demanda muito "aquecida" com o sucateamento antecipado de produtos que contêm o metal antes de completar o ciclo de vida útil, a curva de oferta de curto prazo pode ficar

acima da curva de oferta de longo prazo. Isso acontece, por exemplo, quando máquinas ficam obsoletas e são destinadas pelas empresas a serem estocadas para utilização apenas em períodos de picos de produção, ou para atendimento de emergências quando da falha de um equipamento mais novo. Altos preços do metal incentivam a reciclagem prematura desses equipamentos.

O contrário acontece em períodos de quedas acentuadas de preço do metal. O custo de manutenção desses equipamentos quando comparados aos rendimentos que poderiam ser obtidos com a venda como sucata de obsolescência são muito compensadores, estimulando o aumento da vida útil. Isto significa, segundo TILTON<sup>(9)</sup>, que *"that in some circumstances the constraint imposed by the flow of old scrap may not be invariant in the short run to price, but rather may increase with price at least over a range"*.

Até agora centramos nossas observações sobre a oferta secundária proveniente do fluxo de sucata de obsolescência. Passemos a examinar o que acontece com a oferta secundária oriunda do estoque de sucata de obsolescência, a que nos referimos anteriormente. A Figura 5 apresenta três curvas de oferta de curto prazo do estoque de sucata de obsolescência.

De acordo com TILTON, a primeira curva  $S_1$  indica que ao preço  $p_1$  nenhuma quantidade do metal é recuperado proveniente do estoque de sucata de obsolescência por não cobrir os custos de reciclagem, principalmente os de transporte. A preços mais altos, porém, alguma sucata do estoque poderá ser economicamente processada. Ao preço  $p_2$ , por exemplo será gerada uma quantidade de metal  $q_2$ .

No longo prazo, entretanto, esta quantidade não é mantida porque o estoque recuperável de sucata de obsolescência a custos até  $P_2$  é esgotado. Assim, se o preço permanecer em  $P_2$ , a

(9) *op.cit.* pp. 67-68.

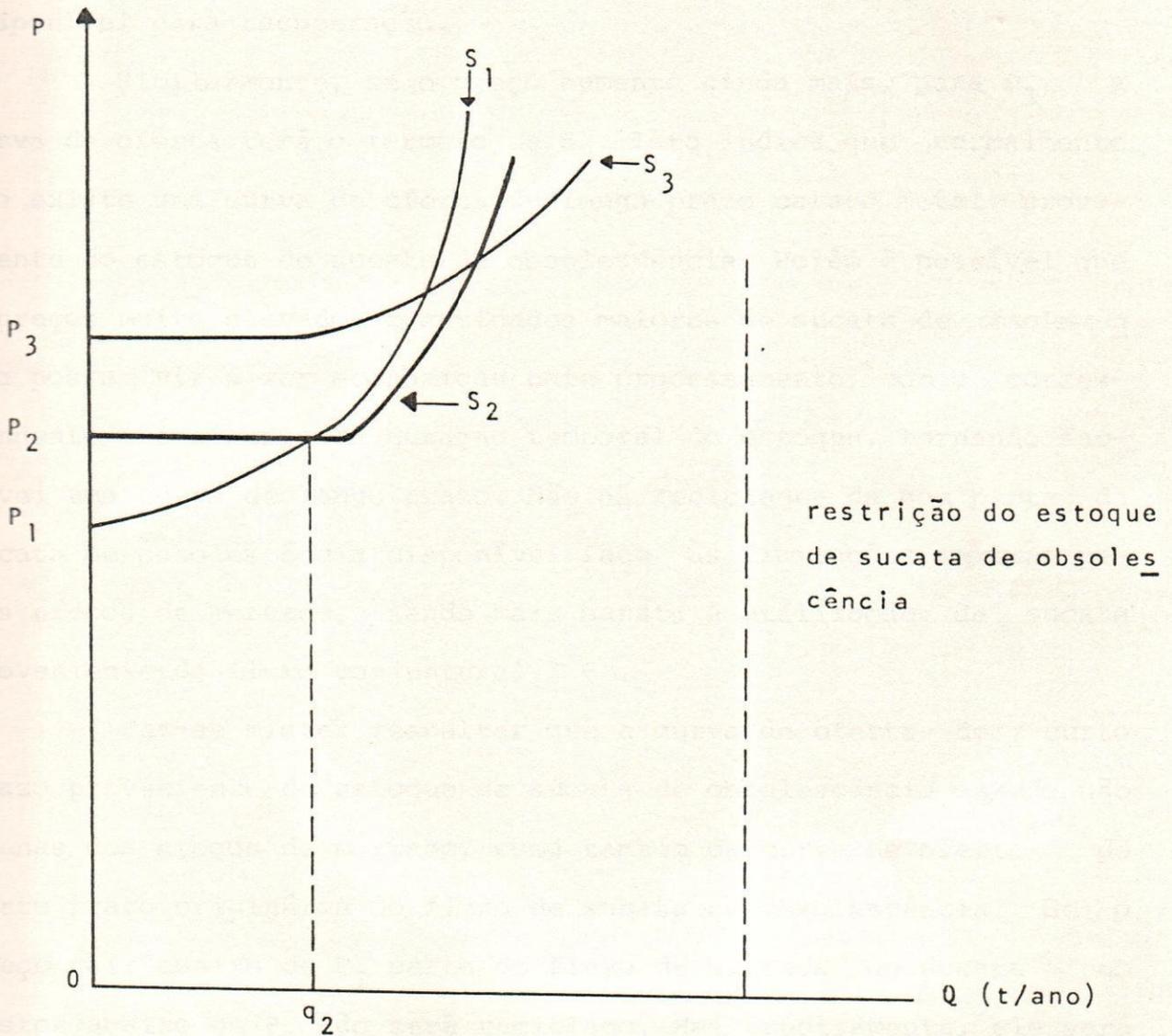


FIGURA 5 - METAL SECUNDÁRIO DO ESTOQUE DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

curva de curto prazo comporta-se semelhantemente ao ilustrado pela curva  $S_2$ . Acima de  $P_2$  esta curva estende-se para a direita, indicando que a custos de reciclagem inferiores a  $P_2$  não haverá oferta e, sim, agregação ao estoque de sucata de obsolescência. Abaixo de  $P_2$ , todavia a nova curva de oferta  $S_2$  mostra que não haverá sucata disponível para recuperação.

Similarmente, se o preço aumenta ainda mais, para  $P_3$ , a curva de oferta terá o formato de  $S_3$ . Isto indica que normalmente não existe uma curva de oferta de longo prazo para o metal proveniente do estoque de sucata de obsolescência. Porém é possível que a preços muito elevados quantidades maiores de sucata de obsolescência possam vir a ser econômicas para processamento, com o correspondente crescimento da duração temporal do estoque, tornando factível uma curva de longo prazo. Não há reciclagem de boa parte da sucata de obsolescência disponível face às limitações impostas pelos preços de mercado, sendo mais barata a utilização de sucata proveniente do fluxo conjuntural.

Faz-se mister ressaltar que a curva de oferta de curto prazo proveniente do estoque de sucata de obsolescência depende não apenas dos preços de mercado, como também da curva de oferta de curto prazo originária do fluxo de sucata de obsolescência. Se o preço cair abaixo de  $P_1$  parte do fluxo de entrada de sucata com custos abaixo de  $P_1$  não será reciclado. Mas precisamente, ele será adicionado ao estoque de sucata de obsolescência, movendo a curva de oferta secundária de curto prazo para a direita.

Alternativamente, se o preço de mercado permanece em  $P_1$ , a curva  $S_1$  move-se para a direita mas não para baixo. Se os preços sobem acima de  $P_1$ , como já mencionado anteriormente, a curva  $S_1$  move-se para a direita a preços acima do preço de mercado. Durante o período em que permanece abaixo deste preço a curva move-se para a esquerda, quando a sucata com custos de processamento abaixo do

preço de mercado é reciclada. Isto continua até que a curva intercepta o eixo vertical aos preços correntes de mercado.

A Figura 6 mostra a curva de oferta para todo o metal proveniente de sucata de obsolescência, ou seja, é uma combinação das Figuras 4 e 5 pela adição horizontal das curvas de oferta oriundas do fluxo e do estoque de sucata de obsolescência. A curva de longo prazo é simplesmente aquela do fluxo de sucata de obsolescência mostrada na Figura 4, já que não existe, como vimos, curva de oferta de longo prazo originária do estoque de sucata de obsolescência.

A curva de curto prazo é derivada pela adição da curva de curto prazo do estoque de sucata de obsolescência apropriada que TILTON assume ser a curva  $S_1$  da Figura 5, a curva de curto prazo para o fluxo de sucata de obsolescência. Desde que a curva de curto prazo para o estoque de sucata de obsolescência intercepta o eixo vertical em  $P_1$ , indicando que abaixo deste preço não haverá metal secundário proveniente do estoque de sucata de obsolescência, a curva de oferta secundária de curto prazo do metal produzido do estoque e do fluxo de sucata de obsolescência é simplesmente a curva de curto prazo do fluxo de sucata de obsolescência.

A figura 6 apresenta, também, duas características interessantes da oferta secundária proveniente de sucata de obsolescência. A primeira é quanto a disponibilidade de sucata que está mais ligada ao curto do que ao longo prazo, pois a exploração do estoque de sucata de obsolescência no curto prazo implica em que poderá não haver sucata disponível para consumo no longo prazo.

A segunda peculiaridade diz respeito às consequências de um aumento de preços, por exemplo de  $P_1$  para  $P_2$ , que pode acarretar um acréscimo que é maior no curto do que no longo prazo. No curto prazo alguma parte do estoque de sucata de obsolescência pode ser reciclado, agregando-se à oferta. É presumivelmente por isso que esforços para medir elasticidades-preços da oferta secundária

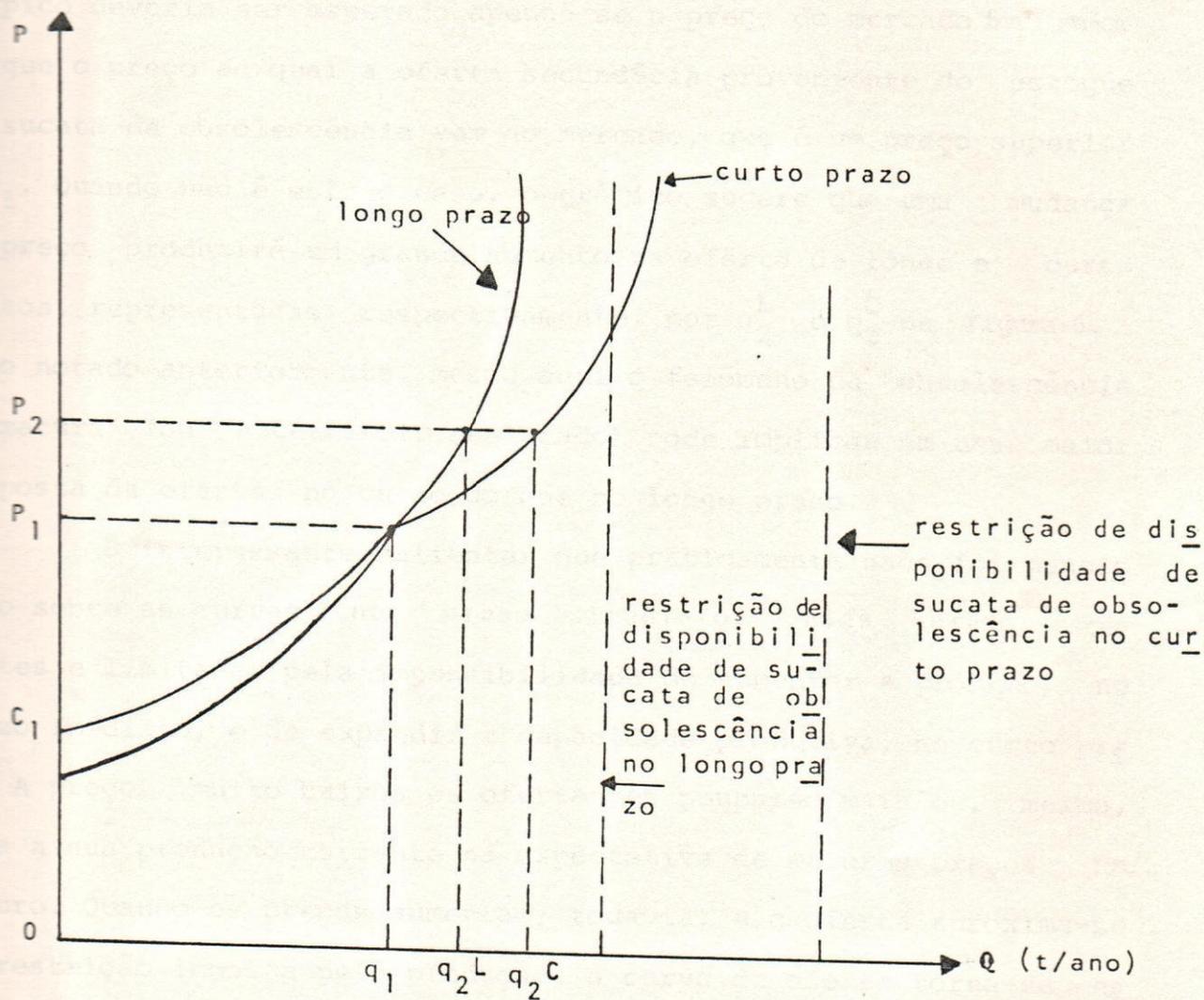


FIGURA 6 - METAL SECUNDÁRIO DO ESTOQUE E FLUXO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

de metal proveniente de sucata de obsolescência<sup>(10)</sup> tenham encontrado maiores elasticidades para o curto do que para o longo prazo, o contrário do que comumente acontece com outras fontes de oferta de metal.

Entretanto, como mostrado pela Figura 6, este resultado atípico deveria ser esperado apenas se o preço do mercado for maior do que o preço ao qual a oferta secundária proveniente do estoque de sucata de obsolescência vem ao mercado, que é um preço superior a  $P_1$ . Quando não é este o caso, o gráfico sugere que uma mudança no preço produzirá um grande aumento na oferta de longo e curto prazos, representadas, respectivamente, por  $q_2^L$  e  $q_2^C$  na Figura 6. Como notado anteriormente, mesmo aqui o fenômeno da "obsolescência prematura" (ou sucatamento acelerado) pode implicar em uma maior resposta da oferta no curto do que no longo prazo.

É interessante salientar que praticamente nada foi mencionado sobre as curvas no prazo imediato. Elas serão ascendentes e limitadas pela impossibilidade de aumentar a produção, no prazo imediato, e de expandir a capacidade produtiva, no curto prazo. A preços muito baixos os ofertantes pouparão mais ou, mesmo, toda a sua produção corrente na expectativa de maiores preços no futuro. Quando os preços aumentam, todavia, e a oferta aproxima-se da restrição imposta pela produção, a curva de oferta torna-se ascendente e vem a ser completamente inelástica.

A curva de oferta de mais longo prazo, por sua vez, tem a configuração geral semelhante à curva de longo prazo sendo restringida pela quantidade de metal contido no fluxo de sucata de obsolescência. Na verdade, as duas curvas são concidentes. Quando

(10) Posteriormente descereamos a maiores detalhes sobre evidências empíricas de cálculos de elasticidades de oferta e de demanda. As estimativas disponíveis são apenas para os Estados Unidos. Não existem, ao nível da pesquisa bibliográfica que realizamos, estimativas de cálculo de elasticidades para o Brasil.

aumentam os preços do metal há um estímulo para o desenvolvimento de novas tecnologias de recuperação de sucata de obsolescência e, desse modo, há uma reciclagem mais econômica de uma grande parte do fluxo de sucata de obsolescência a um dado preço, provocando o deslocamento da curva de mais longo prazo para a direita e, talvez, abaixo da curva de longo prazo.

## 2.2 - INFLUÊNCIAS DE MUDANÇAS TECNOLÓGICAS

Até agora procuramos demonstrar os possíveis efeitos na oferta secundária provocados por variações nos preços relativos da indústria secundária e suas consequências nas diversas segmentações temporais que empreendemos para a determinação das curvas de oferta de prazo imediato, e de curto, longo e mais longo prazos. Não foram muito detalhadas as repercussões de mudanças estruturais nas técnicas de produção e consumo de materiais secundários, o que veremos detalhadamente neste ítem.

Como vimos, a sucata de processamento industrial tem boa qualidade, caracterizada principalmente pela homogeneidade da composição e localização de fácil acesso aos mercados consumidores. Uma inovação tecnológica que melhorasse a qualidade de sucatas não teria maiores efeitos, por conseguinte, sobre a sucata de processamento. Para este tipo de sucata o processamento mais utilizado é a prensagem das aparas visando ao aumento de densidade.

O sub-segmento ofertante de sucata de obsolescência, em contrapartida, seria bastante afetado pois, como foi mencionado, este tipo de insumo secundário caracteriza-se, principalmente, pela sua baixa qualidade face à mistura com elementos nocivos e esteis.

Um exemplo prático de como uma mudança tecnológica pode atingir substancialmente um insumo secundário deu-se com a introdução

de uma nova tecnologia para o processamento integral de automóveis velhos através do "shredder", que permite a recuperação da sucata de ferro e aço, de vários tipos de sucatas não-ferrosas, além dos plásticos originalmente empregados. Essa tecnologia modificou para melhor a qualidade do produto secundário ofertado, que passou a ser constituído por fragmentos homogêneos de diferentes tipos de sucata, separados ao final do processamento.

A Figura 7 apresenta graficamente os efeitos de uma inovação tecnológica no processamento de materiais secundários. Inicialmente o mercado está em equilíbrio, dado pela intersecção da curva de demanda  $D$  com a curva de oferta  $O_s$ , ao nível de preço  $P_0$  e correspondente quantidade  $q_0$ . Caso uma nova tecnologia permita ao processador de sucata melhorar a qualidade de seu produto e, concomitantemente, possibilite uma redução de custos de produção por unidade de produto, a demanda dos consumidores aumentará a cada preço (ou a elasticidade preço da demanda aumenta). A nova curva de demanda  $D'$  intercepta a antiga curva de oferta (de iguais custos unitários por cada quantidade)  $O_s$  nas quantidades  $q_2$  ao preço  $P_2$ .

A demanda tinha crescido inicialmente até uma quantidade de  $q_3$ , mas o processador não ofertará esta quantidade. Então os preços sobem reduzindo as quantidades demandadas até uma quantidade de equilíbrio  $q_2$  a um correspondente preço  $P_2$ , se a oferta se mantivesse inalterada. Neste ponto o incremento na quantidade de material recuperado seria igual a  $q_2 - q_0$ . Mas com a redução do custo unitário a cada nível de produto, face à nova tecnologia, a curva de oferta desloca-se para a direita, para a posição  $O'_s$ , causando uma redução no preço e induzindo os consumidores a demandarem uma quantidade adicional  $q_2 q_1$ . A nova posição de equilíbrio dar-se-á ao preço  $P_1$  e quantidade  $q_1$ .

Os efeitos de uma inovação tecnológica devem incidir não apenas na redução dos custos de produção mas, principalmente, na

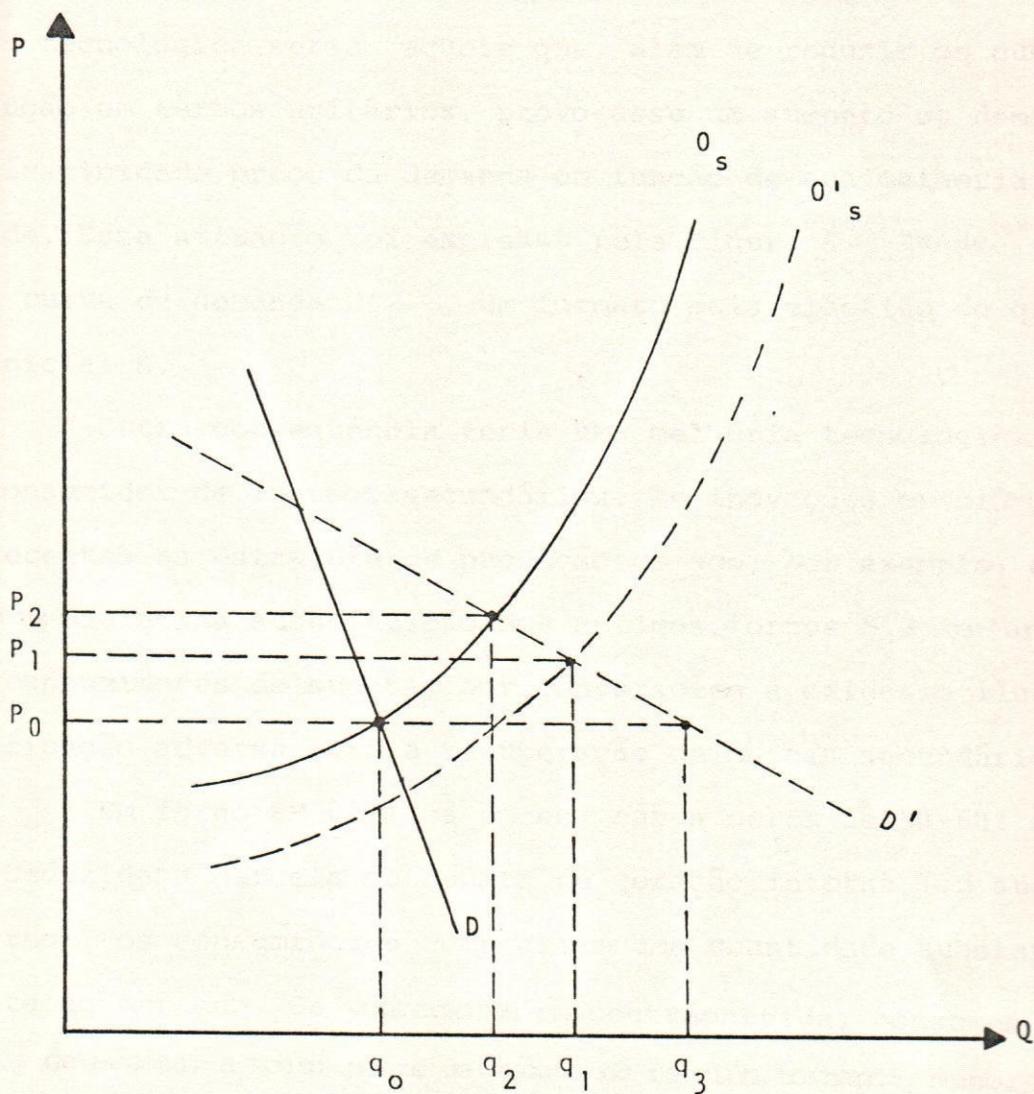


FIGURA 7 - MUDANÇA NA TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE SUCATA

melhoria de qualidade do produto. Uma nova tecnologia de processamento de sucata que modifique substancialmente as características de um tipo de sucata, até então defrontada com uma demanda inelástica, poderá afetar tanto a demanda como a oferta. O máximo incremento de utilização de um insumo secundário que sofreu uma importante inovação tecnológica seria aquele que, além de reduzir os custos de produção em termos unitários, provocasse um aumento de demanda e da elasticidade preço da demanda em função de sua melhoria de qualidade. Essa situação foi expressa pela Figura 6, tendo a nova curva de demanda  $D'$  um formato mais elástico do que a curva inicial  $D$ .

Outra consequência teria uma melhoria tecnológica do lado do consumidor de insumos secundários. As inovações tecnológicas ainda recentes na estrutura de produção de aço, por exemplo, que resultaram na paulatina substituição dos antigos fornos Siemens-Martin, grandes consumidores de sucata, por conversores à oxigênio ilustra uma modificação adversa para a recuperação de metais secundários.

Um forno SM utiliza em sua carga cerca de 50-60% de sucata. Deduzida a parcela da sucata de geração interna (ou sucata de retorno), os consumidores comprariam uma quantidade substancial de sucata ao mercado. Os conversores em contrapartida, consomem entre 30-35% de sucata, a maior parte de sucata de retorno, tornando menores as aquisições de sucata externa. Essa mudança tecnológica não afeta muito as quantidades compradas de sucata de processamento industrial, em função de sua boa qualidade, mas apenas o seu preço, que poderá diminuir.

A inovação atingirá, principalmente, os ofertantes de sucata de obsolescência que enfrentam uma demanda inelástica. Este tipo de sucata necessita de um processamento prévio que incide, obviamente, em seu custo. Seu preço, portanto, não pode cair abaixo de um custo mínimo mais lucro ou o seu processamento não mais

será realizado. Caso os ofertantes conseguissem reduzir custos e, concomitantemente, melhorar a qualidade, como aconteceu no caso da introdução do "shredder", e ficarem atentos a mudanças na demanda, eles poderiam ter uma melhoria de situação de mercado frente à inelasticidade da demanda a produtos de baixa qualidade.

A Figura 8 mostra os efeitos de uma inovação tecnológica do lado da demanda. Neste mercado hipotético há um equilíbrio original com uma curva elástica de oferta, interceptando uma demanda inelástica  $D$ . Uma mudança tecnológica no consumidor desloca a curva de demanda para a esquerda, para  $D'$ . O preço cai de  $P_0$  para  $P_1 < P_0$ , indicando que há uma eficiência produtiva no mercado secundário, que se encontra produzindo próximo ao seu custo mínimo, incluindo o lucro normal. A quantidade de equilíbrio diminuirá para  $q_1$ . Se os ofertantes encontrassem uma maneira de reduzir ainda mais os seus custos, através de uma mudança tecnológica, por exemplo<sup>(11)</sup>, ou de um subsídio governamental, a curva de oferta  $O_s$  se deslocaria para a direita, com a nova condição de equilíbrio sendo dada pelo preço  $P_2$  e quantidade  $q_2$ , levando os consumidores a comprar uma quantidade adicional  $q_2q_1$ .

Caso não houvesse a mudança da curva de oferta os efeitos seriam ainda mais danosos para os processadores de sucata, com reflexos posteriores nos estágios iniciais de coleta e separação de materiais secundários possivelmente na mesma proporção do deslocamento para a esquerda da curva de demanda. Haveria uma provável desarticulação do sistema de coleta pelo desestímulo dos baixos preços o que poderia significar, no mais longo prazo, uma provável escassez de sucata de qualidade inferior.

(11) Obviamente esta mudança tecnológica seria no longo prazo. É citada apenas para melhor ilustração.

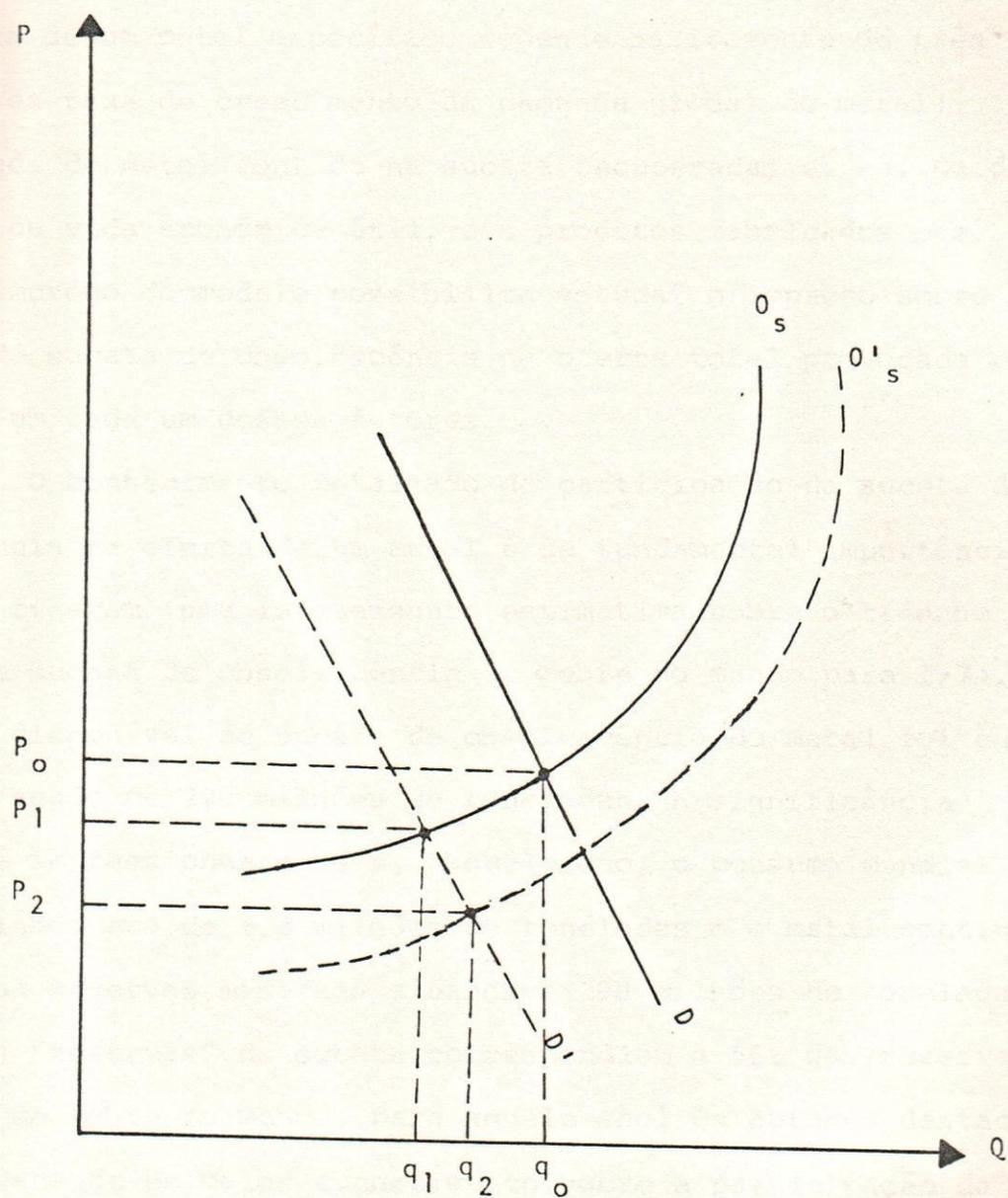


FIGURA 8 - MUDANÇA NA TECNOLOGIA DO CONSUMIDOR DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

FONTE: ADAMS, op. cit. p. 221

### 2.3 - PARTICIPAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA NA OFERTA TOTAL

O uso de sucata representa uma proporção variável no consumo dos diferentes tipos de metais. RADETZKI e SVENSSON<sup>(12)</sup> delimitaram um modelo em que a participação de sucata de obsolescência na oferta de um metal específico depende basicamente de três fatores: 1. da taxa de crescimento da demanda global do metal; 2. da quantidade de metal contido na sucata recuperada; e, 3. da durabilidade, ou vida econômica útil, dos produtos fabricados com o metal. O emprego do modelo possibilita estudar o impacto sobre a proporção de sucata de obsolescência na oferta total provocada por variações em cada um desses fatores.

O conhecimento detalhado da participação da sucata de obsolescência na oferta de um metal é de fundamental importância. Os autores fizeram uma interessante estimativa sobre o tamanho do estoque de sucata de obsolescência de cobre no mundo para 1974. O potencial disponível de sucata de obsolescência do metal foi calculado como sendo de 220 milhões de toneladas. A significância desse número é impressionante pois, naquele ano, o consumo mundial de cobre refinado era de 8,3 milhões de toneladas e o metal contido em todas as reservas minerais alcançava 390 milhões de toneladas! Ou seja, as "reservas" de sucata correspondiam a 56% das reservas de minério de cobre no mundo, para aquele ano! Os autores destacam a necessidade de um maior conhecimento sobre a participação da sucata de obsolescência na oferta total de cada metal específico, para facilitar o processo de planejamento da capacidade de expansão da indústria de mineração.

Esquemáticamente o modelo pode ser resumido em uma abordagem no, denominado pelos autores, "steady state" (estado estacionário) e

(12) in "Can Scrap Save US for Depletion?" Natural Resources Forum, 3, 1979, pp. 365-378.

em um enfoque dinâmico, envolvendo mudanças nas três variáveis básicas. Eles estabeleceram três hipóteses básicas para o modelo apresentado: 1. todo o metal demandado é utilizado por um certo número de anos, após o que é sucateado; 2. uma dada proporção de sucata é recuperada e ofertada ao mercado; e, 3. a demanda do metal é igual à soma entre a sucata recuperada (oferta secundária) e a oferta primária.

Chamado de  $L$  a durabilidade (vida útil) dos bens que contém o metal, de  $\alpha$  a parcela de sucata recuperada e de  $D_t$ ,  $R_t$  e  $S_t$  de demanda do metal, oferta secundária e oferta primária no tempo  $t$ , respectivamente, e de  $\beta_t$  a participação de sucata de obsolescência na demanda total do metal no tempo  $t$ , o modelo é descrito pelas seguintes equações:

$$D_t = R_t + S_t$$

$$R_t = \alpha D_{t-L}$$

$$\beta_t = R_t / D_t$$

Se  $g$  é a taxa de crescimento da demanda do metal teremos, no estado estacionário:

$$D_t = D_0 e^{gt}$$

$$R_t = \alpha D_0 e^{g(t-L)}$$

$$\beta_t = \alpha e^{-gL} \quad (13)$$

(13) Como  $R_t = \alpha D_{t-L}$  e  $D_{t-L} = D_0 e^{g(t-L)}$ , temos, substituindo na expressão

$$\text{de } R_t, R_t = \alpha D_0 e^{g(t-L)}. \text{ Sendo } \beta_t = R_t / D_t, \text{ então } \beta_t = \frac{\alpha D_0 e^{g(t-L)}}{D_0 e^{gt}} =$$

$$= \frac{\alpha D_0 e^{gt} \cdot e^{-gL}}{D_0 e^{gt}} \Rightarrow \beta_t = \alpha e^{-gL}$$

A expressão obtida para  $\beta_t$  é, para o estado estacionário do modelo, a participação de sucata de obsolescência na demanda total.

A Tabela V resume as estimativas dos autores para os Estados Unidos. Os resultados obtidos para o cobre demonstraram que, para uma taxa de crescimento da demanda do metal de 4% ao ano e supondo-se uma taxa de recuperação de 75% e a durabilidade de produtos de cobre de 30 anos, a participação da sucata de obsolescência recuperada na demanda total do metal seria de 23%. Essa participação é fortemente dependente da taxa de crescimento da demanda. Se essa taxa de crescimento passasse dos 4% verificados para 8% ao ano, a participação da sucata de obsolescência diminuiria para apenas 7%.

Os autores estimaram  $\beta_t$ , adicionalmente, para o chumbo e alumínio. A participação da sucata de obsolescência na oferta total de alumínio foi de apenas 5%, enquanto no chumbo foi de 43%. O alto valor encontrado para o chumbo é coerente com o que acontece na realidade, com a acelerada reciclagem de baterias que faz com que a participação da oferta secundária de chumbo no atendimento à demanda total seja a maior entre todos os metais não-ferrosos.

Portanto, fixando uma das três variáveis obtém-se diferentes participações da sucata de obsolescência. Mudanças na durabilidade dos produtos fabricados com o metal provocariam alterações na parcela de sucata demandada. Caso os bens que contêm cobre tivessem uma vida útil de 40 anos, superior em 10 anos à vida útil média real, a contribuição da sucata seria de apenas 15%. Esse fato pode ser explicado na prática já que se aumentada a vida útil a oferta de sucata diminuiria, o inverso acontecendo com uma diminuição da vida útil. Se a vida útil fosse reduzida para apenas 15 anos a participação da sucata de obsolescência de cobre aumentaria no

TABELA V

## ESTADOS UNIDOS

PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA DA DEMANDA TOTAL

EM %

PARÂMETROS	COBRE	ALUMÍNIO	CHUMBO
Taxa de crescimento da demanda anual, g	0,04	0,09	0,03
Parcela de metal recuperado, $\alpha$	0,75	0,75	0,55
Durabilidade dos produtos em anos, L	30	30	8
Participação da sucata de obsolescência, $\beta$	0,23	0,05	0,43

caso americano, para 41%<sup>(14)</sup>.

Para o caso brasileiro realizamos estimativas para alumínio, cobre, chumbo, zinco e sucata de ferro e aço, que podem ser vistas na Tabela VI. Os resultados não foram muito coerentes com o perfil da demanda no período considerado (1978-82). Assim, para o cobre, se considerarmos a vida útil de 30 anos - idêntica à postulação americana - a participação da sucata de obsolescência seria de apenas 9%, passando para 18% e 26%, respectivamente para vida útil de 15 e de 20 anos. Para o chumbo e o zinco, com taxas de crescimento da demanda negativas de -1,2% e de -4%, respectivamente, o modelo apresentou um viés, já que toda a demanda teria sido atendida pela sucata se obsolescência, o que não ocorreu<sup>(15)</sup>.

Quanto às estimativas realizadas para a sucata de ferro e aço a participação da sucata de obsolescência seria de 48% caso fosse considerada de 15 anos a vida média dos bens que contêm aço, com base em uma taxa de recuperação de 60%. Caso essa taxa de recuperação passasse para 70% a contribuição da sucata de obsolescência aumentaria para 60%. É importante ressaltar que, apesar de não conter o texto do artigo americano nenhuma restrição à aplicação do modelo, cremos que sua adaptação à sucata de ferro e aço merece algumas considerações técnicas em função das suas particularidades.

[14] A mensuração adequada da vida útil dos bens metálicos é de capital importância, bem como o estudo aprofundado das repercussões que a extensão dessa vida útil pode representar para a economia de um país. Caso a vida útil dos automóveis americanos - estimada em 10 anos - fosse "aumentada" (por utilização de melhores materiais e componentes, política governamental de estímulo, etc.) para 12 anos, os Estados Unidos poupariam anualmente cerca de 5.500.000 t de aço, 151.000 t de Alumínio e 142.000 t de zinco. Estas interessantes informações são de artigo de DAVID CONN, "Consumer Product Life Extension in the Context of Materials and Energy Flows", constante da coletânea organizada por DAVID PEARCE "Resource Conservation - Social and Economics Dimensions of Recycling", especialmente p.128.

[15] Os cálculos efetuados para os metais não-ferrosos partiram de dados originais publicados pela ABRANFE. Os de sucata de ferro e aço e de consumo de aço têm como fonte o CONSIDER. Referências específicas citadas na bibliografia.

TABELA VI

BRASIL: PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA DA DEMANDA TOTAL

PARÂMETROS	ALUMÍNIO	COBRE	CHUMBO <sup>(2)</sup>	ZINCO <sup>(2)</sup>
Taxa de crescimento da demanda anual, $g^{(1)}$	0,04	0,07	-0,12	-0,04
Parcela de metal recuperado, $\alpha$	0,75	0,75	0,55	0,75
Durabilidade dos produtos, em anos, L	30	20	8	30
Participação da sucata de obsolescência, $\beta$	0,23	0,18	-	-

(1) Calculados através de informações originais da ABRANFE.

(2)  $\beta$  não calculado, por viés apresentado pelo modelo.

Enquanto um metal secundário não ferroso pode ser considerado um substituto do metal primário correspondente, o mesmo não se poderia inferir sobre a sucata de ferro e aço. Na realidade a sucata de ferro e aço é um insumo secundário utilizado na fabricação de aço, principalmente, e nas indústrias de fundição e de produção de ferro-ligas. Compete com outros insumos primários, especificamente o ferro-gusa e o ferro-esponja. Feita essas ressalvas, apresentamos as estimativas realizadas na Tabela VII quando variamos os três parâmetros básicos, simulando diferentes situações. A real adequabilidade do modelo de RADETZKI-SVENSSON ao insumo deve, portanto, merecer um estudo mais aprofundado fora do nível da abordagem desejada nesta dissertação.

Até este ponto, todas as estimativas realizadas estiveram sob a hipótese do "estado estacionário" do modelo. Uma análise mais complexa é empreendida pelos autores para a teorização da parte dinâmica. Os resultados originalmente apresentados são estritamente sucintos, demandando grande alocação de nosso tempo para o indispensável entendimento das formulações matemáticas enunciadas.

Em sua fase dinâmica o modelo pode detectar mudanças nos parâmetros ao passar do "estado estacionário", passando por um denominado "período de transição" até alcançar o "estado dinâmico". Nesta fase um aumento nas taxas de recuperação, por exemplo, deve aumentar a disponibilidade do insumo para posterior reciclagem com a criação de um estoque disponível para uso imediato. Suponhamos que, no tempo  $t_0$ , a taxa de recuperação aumente de  $\alpha_0$  para  $\alpha_1$  e que este aumento seja utilizado também para a sucata gerada em períodos passados. Assim, teremos um estoque disponível de sucata recuperada de tamanho:

$$(\alpha_1 - \alpha_0) \int_{t_0-L}^{t_0} D dt = (\alpha_1 - \alpha_0) \cdot D_0 / g \cdot e^{g(t_0-L)}$$

TABELA VII

BRASIL: PARTICIPAÇÃO DA SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA DE FERRO E AÇO NA DEMANDA TOTAL

Parâmetros:	Variações de L								
	L = 25	L = 20	L = 15						
g	0,01	0,01	0,01						
$\alpha$	0,75	0,75	0,75						
L	25	20	15						
$\beta$	0,58	0,61	0,64						
Variações de $\alpha$ e L	L 25	L 20	L 15						
	$\alpha=0,50$	$\alpha=0,60$	$\alpha=0,70$						
g	0,01	0,0152	0,01						
$\alpha$	0,50	0,60	0,70						
L	25	20	15						
$\beta$	0,39	0,44	0,60						
Variações de g, L e $\alpha$									
	g	0,05	0,07	0,10	0,05	0,07	0,10	0,05	0,07
$\alpha$	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70
L	25	25	25	20	20	20	15	15	15
$\beta$	0,14	0,08	0,04	0,22	0,14	0,08	0,33	0,24	0,16

A oferta primária no tempo  $t_0$ , antes do aumento da razão de recuperação será<sup>(16)</sup> :

$$S_{t_0} = (1 - \alpha_0 e^{-gL}) D_0 e^{gt_0}$$

O estoque, medido em termos da oferta primária, será igual a:

$$\frac{(\alpha_1 - \alpha_0) e^{-gL}}{(1 - \alpha_0 e^{-gL}) \cdot g}$$

No caso específico da sucata de ferro e aço brasileira, admitindo-se uma taxa de crescimento da demanda de  $g=0,01$ , a durabilidade dos bens que contêm aço em  $L=15$  anos<sup>(17)</sup> e as taxas de recuperação passando de  $\alpha_0 = 60\%$  para  $\alpha_1 = 70\%$ , temos, substituindo na fórmula anterior:

$$\frac{(0,70 - 0,60) \cdot e^{-0,01 \cdot 15}}{(1 - 0,60 \cdot e^{-0,01 \cdot 15}) \cdot 0,01} = 25,0$$

Ou seja, com o aumento da taxa de recuperação, o estoque, medido em percentuais da vida útil média, aumentaria em quase 4 vezes (ou 25,0% da durabilidade arbitrariamente fixada em 15 anos).

Ainda no estado dinâmico do modelo, um aumento na demanda

---

(16) Visto que  $S_{t_0} = D_{t_0} - R_{t_0}$  e, como  $D_{t_0} = D_0 e^{gt_0}$  e  $R_{t_0} = \alpha_0 D_0 e^{g(t_0-L)}$ ,

temos que:  $S_{t_0} = D_0 e^{gt_0} - \alpha_0 D_0 e^{g(t_0-L)}$ . Colocando  $D_0 e^{gt_0}$  em evidência e efetuando, chegamos à fórmula da oferta primária.

(17) No próximo capítulo demonstraremos que a vida média dos bens que contêm aço no Brasil é de apenas 15 anos, ao invés dos 20-25 anos utilizados na estimação da oferta potencial de sucata de obsolescência de ferro e aço.

de aço passando de 1%, verificado no período 1976-85 para hipotéticos 5% ao ano, reduziria a participação da sucata de obsolescência de 48% para apenas 28%. A sucata de obsolescência atenderia totalmente à demanda para uma taxa de crescimento negativa do consumo de aço da ordem de 2%, sob as hipóteses adicionais de uma vida útil média de 15 anos e uma taxa de recuperação de 75%.

#### 2.4 - SUBSTITUIÇÃO ENTRE MATERIAIS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

A demanda por materiais secundários depende, basicamente, do preço do material secundário específico, do preço do material primário correspondente e do estado da tecnologia de processamento da indústria secundária. A estrutura de mercado na indústria secundária é geralmente considerada como sendo de livre concorrência, intensiva em trabalho e marcada por intensas flutuações de preços.

Segundo PAGE<sup>(18)</sup>, a maioria das indústrias primárias é dominada por poucas empresas que, algumas vezes, são integradas verticalmente. A indústria secundária em contrapartida, tende a ser bem menor, constituindo um mercado competitivo. Os produtos dessa indústria são comparáveis à produção da indústria primária, estando, portanto, em competição apesar de diferirem significativamente na estrutura de produção.

Geralmente os preços dos produtos primários são mais estáveis do que os dos materiais secundários equivalentes. BOWER<sup>(19)</sup>, afirma que as maiores variações de preços na indústria secundária, comparativamente aos da indústria primária devem-se, basicamente,

(18) in "Conservation and Economic Efficiency", Resources for the Future, Washington, 1976, pp. 34-57.

(19) in "Economic Dimensions of Waste Recycling and Re-use: some definitions Facts and Issues", constante da coletânea "Resources Conservation- Social and Economics Dimensions of Recycling", já citada anteriormente.

às diferentes estruturas de mercado. Nos Estados Unidos as indústrias primárias tendem na direção de oligopólios, em contraste com as numerosas e pequenas empresas da indústria secundária.

BUTLIN<sup>(20)</sup> atribui essa maior instabilidade de preços da indústria secundária, no curto prazo, ao comportamento ave so ao risco do produtor secundário caracterizado pela baixa produção sob um regime de abruptas variações de preços. No longo prazo este comportamento resulta em um baixo nível de investimentos em tecnologia de processamento. Como decorrência, a indústria secundária pode ser bem menor do que deveria numa situação de preços menos flutuantes.

O produtor secundário leva em consideração a incerteza e, como a indústria é competitiva, produzirá menos do que desejaria se estivesse inserido em um mercado mais estável. Isto tem como consequência uma menor recuperação de materiais secundários, pois em um mercado caracterizado por grandes flutuações de preços os comerciantes de sucata manterão pequenos estoques. Esse pequeno nível de estoques, ao contrário do que aconteceria sob um regime estável de preços, eleva o preço de venda de sucata aos produtores secundários.

Os produtores secundários mantêm, nos Estados Unidos, entre um e dois meses de estoques. Durante períodos de demanda esses estoques são consumidos rapidamente e os produtores buscam adquirir sucata, cujos preços vão subindo. Então, segundo ANDERSON e DOWER<sup>(21)</sup> "like the mills, scrap dealers and processors can not afford to hold large inventories, and as these inventories are depleted, the price

(20) in "The Prices of Secondary Materials and Recycling Effort", coletânea citada, pp. 207-228.

(21) in "Analysis of Scrap Futures Markets for Stimulating Resource Recovery", Environmental Law Institute, Washington, 1977, p.10.

*of scrap begins to rise without, at least initially, corresponding increase in supply. The lack of supply response is due to the lag time required for the dealer to generate new sources of scrap and for new members to enter the industry".*

O parâmetro mais importante dessas flutuações de preços é a sua magnitude. É mais provável que um material secundário seja substituído por uma fonte primária se a magnitude de variação do preço do material secundário for maior ou igual à do metal primário, sob as hipóteses de que o preço médio foi mudado em favor do material secundário e que existe tecnologia apropriada de processamento.

Essa instabilidade de preços necessita ser analisada independentemente dos preços relativos entre materiais primários e secundários. De acordo com PAGE os preços dos materiais primários tendem a ser mantidos em níveis baixos em relação aos seus substitutos secundários, face à cota de exaustão das empresas de mineração, depreciação acelerada de equipamentos usados pela indústria extrativa mineral e outras medidas. Como decorrência há uma menor taxa de recuperação de materiais secundários do que seria socialmente desejável.

Pela discussão precedente é evidente que a quantidade de insumos secundários reciclados e de materiais recuperados que podem ser obtidos em uma determinada sociedade, pode ser menor do que a quantidade socialmente ideal, em função do viés fiscal que possa existir favorecendo os materiais primários e, possivelmente, face à flutuação de preços dos materiais secundários. Iremos analisar, no próximo tópico, a competição entre as indústrias primária e secundária em termos do grau de substituição de seus produtos.

#### 2.4.1 - Materiais Substitutos Perfeitos

Caso uma quantidade equivalente de metal possa ser fabricada

com determinadas variações de utilização de sucata e minério, nós poderíamos representar essa situação extrema por isoquantas<sup>(22)</sup>.

Colocando em um eixo a quantidade de sucata e em outro a quantidade de minério, o grau de substitutibilidade entre os insumos poderia ser medido pela elasticidade de substituição<sup>(23)</sup>. Se a sucata e o minério fossem substitutos perfeitos a isoquanta seria uma linha reta, indicando que uma pequena mudança nos preços relativos poderia provocar uma utilização total de um ou outro fator de produção. Na prática, porém, as evidências indicam a existência de poucos tipos de sucata que são substitutos perfeitos do material primário.

Para a perfeita substituição devemos levar em consideração uma abstração do comportamento real do mercado, simplificando nossa análise no plano teórico para efeitos puramente didáticos. Consequentemente, pequenas mudanças nos preços de um material substituto perfeito de outro teriam, como resultado imediato, grandes mudanças na utilização. Um pequeno aumento no preço de um material primário causado, por exemplo, por uma diminuição da cota de exaustão, poderia levar a uma substituição por sucata que seria limitada apenas pela elevação do custo de coleta<sup>(24)</sup> de quantidades adicionais de sucata. Mais e mais sucata poderia ser adquirida no mercado até o custo de encontrar novas fontes de geração aumentar o suficiente para reestabelecer o equilíbrio.

---

(22) Uma isoquanta representa diferentes combinações de insumos que podem ser empregados para gerar um nível dado de produto. Quando nos movemos ao longo da isoquanta, o nível do produto permanece constante e a razão de insumos varia.

(23) A elasticidade de substituição é um número puro que mede a taxa em que se efetua a substituição. É definida como sendo a divisão da taxa proporcional de variação da razão de insumos pela taxa proporcional de variação da taxa de Substituição Técnica. Essa taxa mede o número de unidades em que diminui um insumo, por aumento da quantidade de outro para que o nível de produção permaneça constante.

(24) Principal componente do preço, como visto.

Quando a sucata e o material primário são substitutos perfeitos suas curvas de oferta podem ser graficamente esboçadas conforme apresentado na Figura 9 que incorpora algumas condições típicas dos mercados dos insumos.

Em um mercado normal as quantidades de sucata são bastante inferiores às do material primário correspondente. No Brasil, por exemplo, conforme dados da ABRANFE, cerca de 16% do total da oferta de alumínio provem de sucata<sup>(25)</sup> e 15% para o zinco. Na figura mencionada este fato está representado pela configuração das curvas de oferta de sucata, mais próximas do eixo vertical do que as curvas de oferta do material primário.

Conforme PAGE, desde que os dois materiais são substitutos perfeitos os consumidores não se preocupam com qual das fontes eles devem suprir as suas necessidades e o equilíbrio de mercado é mostrado pela intersecção da curva de oferta total ( $O_s + O_p$ ) com a curva de demanda total D. Como há uma pequena quantidade de sucata de obsolescência ofertada, o total de sucata não influencia a posição da curva de oferta total (que é a simples acumulação horizontal das curvas de oferta), que segue a inclinação da curva de oferta primária  $O_p$ .

A quantidade de equilíbrio é  $q_1$  a um correspondente preço  $P_1$ . Suponhamos agora que algum fator exógeno desloque a demanda de D para D'. O novo preço de equilíbrio será  $P_2$ , como mostrado na Figura, implicando em mudança nas quantidades de sucata e de material primário. Nota-se que a variação nas quantidades de material primário ( $\Delta q_p$ ) aumenta mais do que a diminuta variação nas quantidades de sucata ofertada ( $\Delta q_s$ ). Em termos, relativos, todavia, o porcentual de mudança do mercado de sucata é maior face ser a curva de oferta de sucata mais elástica a preços do que a curva de oferta do material primário.

(25) Ressalte-se que as informações nacionais não estão separadas por tipo de sucata, servindo apenas para indicação da pequena participação de sucata.

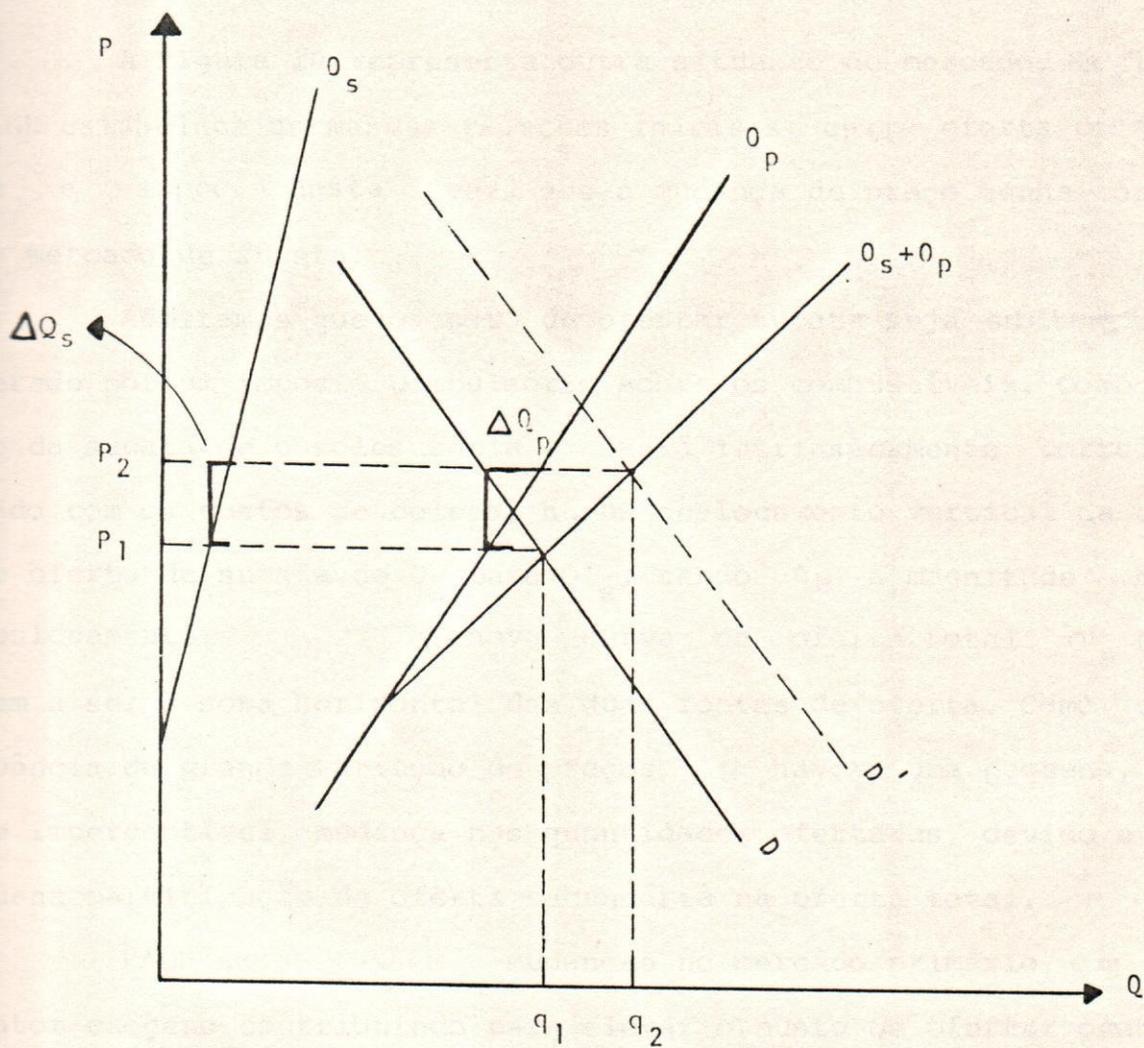


FIGURA- 9 - SUBSTITUIÇÃO PERFEITA ENTRE MATERIAL PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

Devemos notar, como observação pertinente, que a curva  $O_s$  corta o eixo vertical antes do eixo horizontal, enquanto a curva  $O_p$  corta primeiramente o eixo horizontal; isso indica que a oferta de sucata é elástica e a de material primário é inelástica, ou que

$$\frac{\Delta q_s}{q_s} > \frac{\Delta q_p}{q_p} .$$

A Figura 10 representa outra situação de mercado. Na figura PAGE estabelece as mesmas relações iniciais entre oferta e demanda e supõe, desta vez, que a mudança de preço tenha origem no mercado de sucata.

Admitamos que o custo de ofertar sucata seja subitamente onerado por um imposto compulsório sobre os combustíveis. Como o preço da sucata de obsolescência está intrinsecamente correlacionado com os custos de coleta, há um deslocamento vertical da curva de oferta de sucata de  $O_s$  para  $O'_s$ , sendo  $\Delta p$  a magnitude desse deslocamento. A nova curva de oferta total  $O'_s + O_p$ , vem a ser a soma horizontal das duas fontes de oferta. Como consequência da grande variação de preços  $\Delta p$  haverá uma pequena, quase imperceptível, mudança nas quantidades ofertadas, devido a pequena participação da oferta secundária na oferta total.

PAGE supõe também mudanças no mercado primário, com algum fator exógeno contribuindo para elevar o custo de ofertar o material primário. A Figura 11 mostra esquematicamente este fato com o deslocamento para a esquerda da curva de oferta primária (de  $O_p$  para  $O'_p$ )

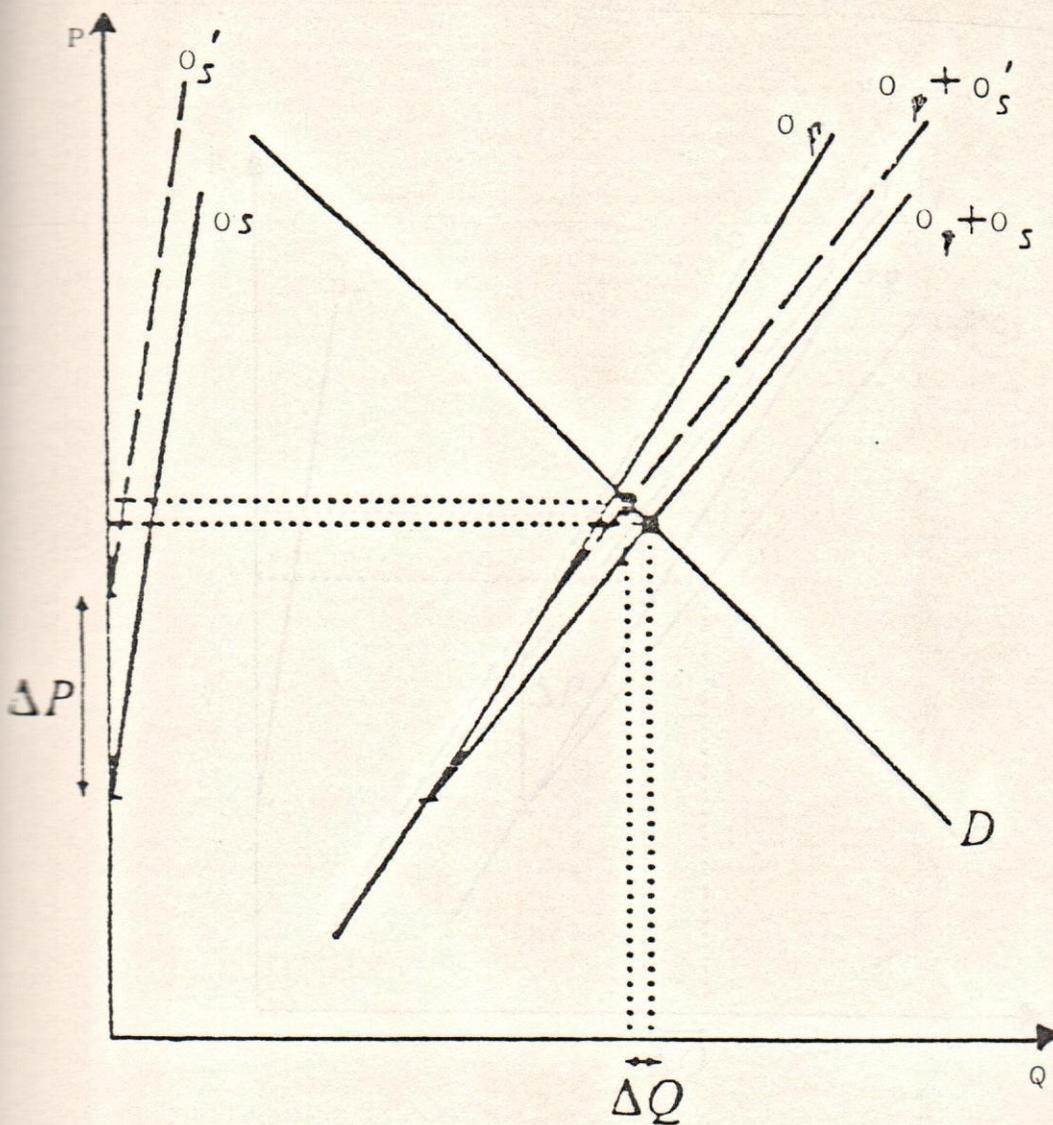


FIGURA 10 - SUBSTITUTOS PERFEITOS: ALTERAÇÃO NO MERCADO DE SUCATA

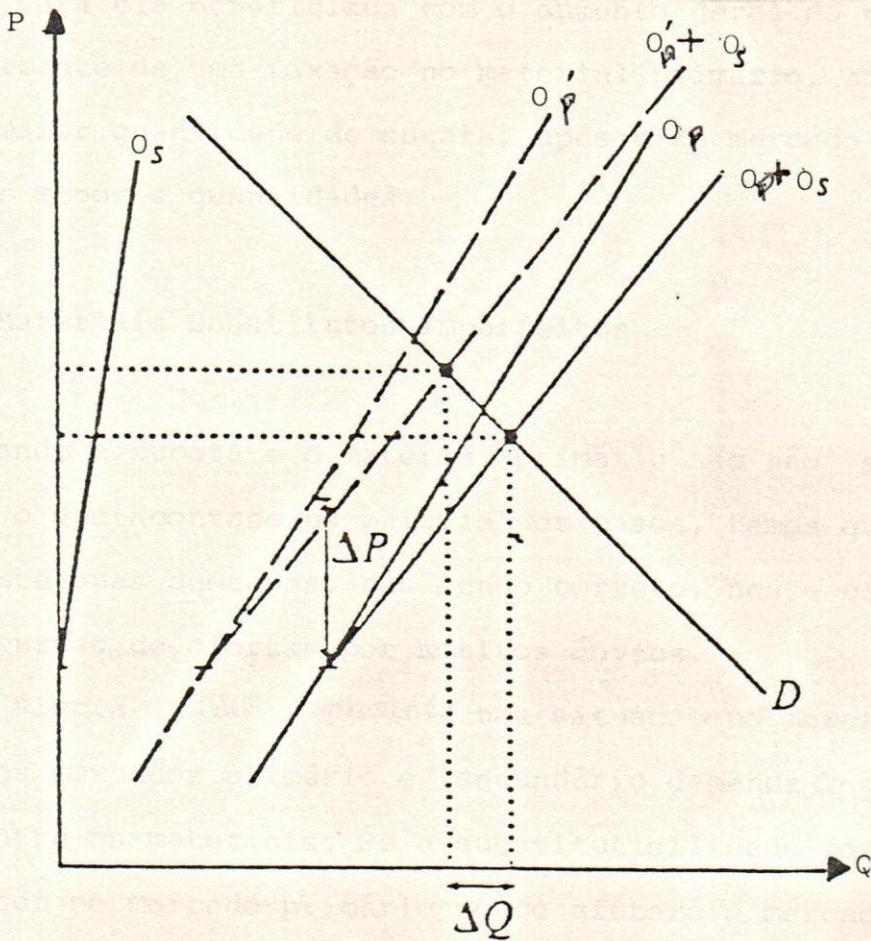


FIGURA 11 **SUBSTITUTOS PERFEITOS: ALTERAÇÕES NO MERCADO PRIMÁRIO**

no mesmo montante  $\Delta p$ . A maior participação da oferta primária na oferta total influencia no deslocamento para a esquerda de  $O'_p + O_s$ . Neste caso, diferentemente do visualizado na Figura 10, o preço de equilíbrio é afetado com a mudança na quantidade total, ilustrada por  $\Delta q$  na Figura 11. No primeiro caso a indústria secundária foi bastante afetada pelas variações de preços. Na situação exposta pela Figura 11 será ela beneficiada com o aumento geral do preço de mercado, resultante de uma taxaço no material primário, ao comercializar uma maior quantidade de sucata, apesar do mercado como um todo demandar menores quantidades.

#### 2.4.2 - Materiais Substitutos Imperfeitos

Quando a sucata e o material primário não são substitutos perfeitos, o que acontece na maioria dos casos, temos que estudar separadamente suas demandas, não sendo correto, neste caso, o somatório das curvas de ofertas por motivos óbvios.

Na Figura 12 PAGE apresenta uma situação no mercado. A ligação entre os mercados primário e secundário depende do grau de substituição entre os materiais. Se a substitutibilidade for pequena o que acontecer no mercado primário pouco afetará o mercado secundário. Assim, a curva da demanda total por sucata depende do preço do material primário, e é denotada por  $D_s(P_p)$ , significando que a curva de demanda por sucata é função do preço do material primário  $P_p$ .

Um aumento na demanda de produtos de metal implicará no deslocamento da curva de demanda por sucata para  $D_s(P'_p)$  já que houve um aumento no preço do material primário para  $p'_p$ . Maiores quantidades de sucata serão ofertadas a um novo preço mais elevado  $p'_s$ .

No mercado primário, situação mostrada pela Figura 13, há um equilíbrio inicial que foi alterado com o aumento exógeno da

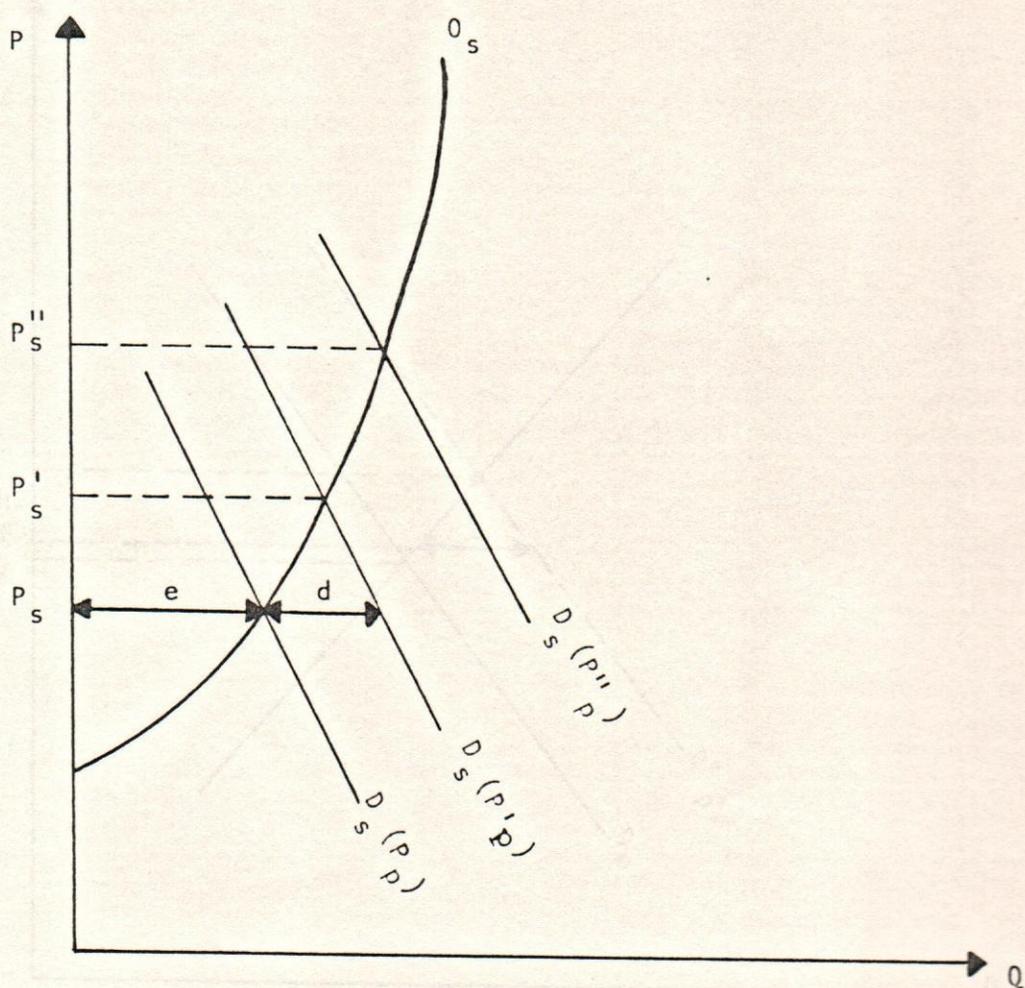


FIGURA - 12 - SUBSTITUTOS IMPERFEITOS: MERCADO DE SUCATA

FONTE: PAGE, op. cit. p.50

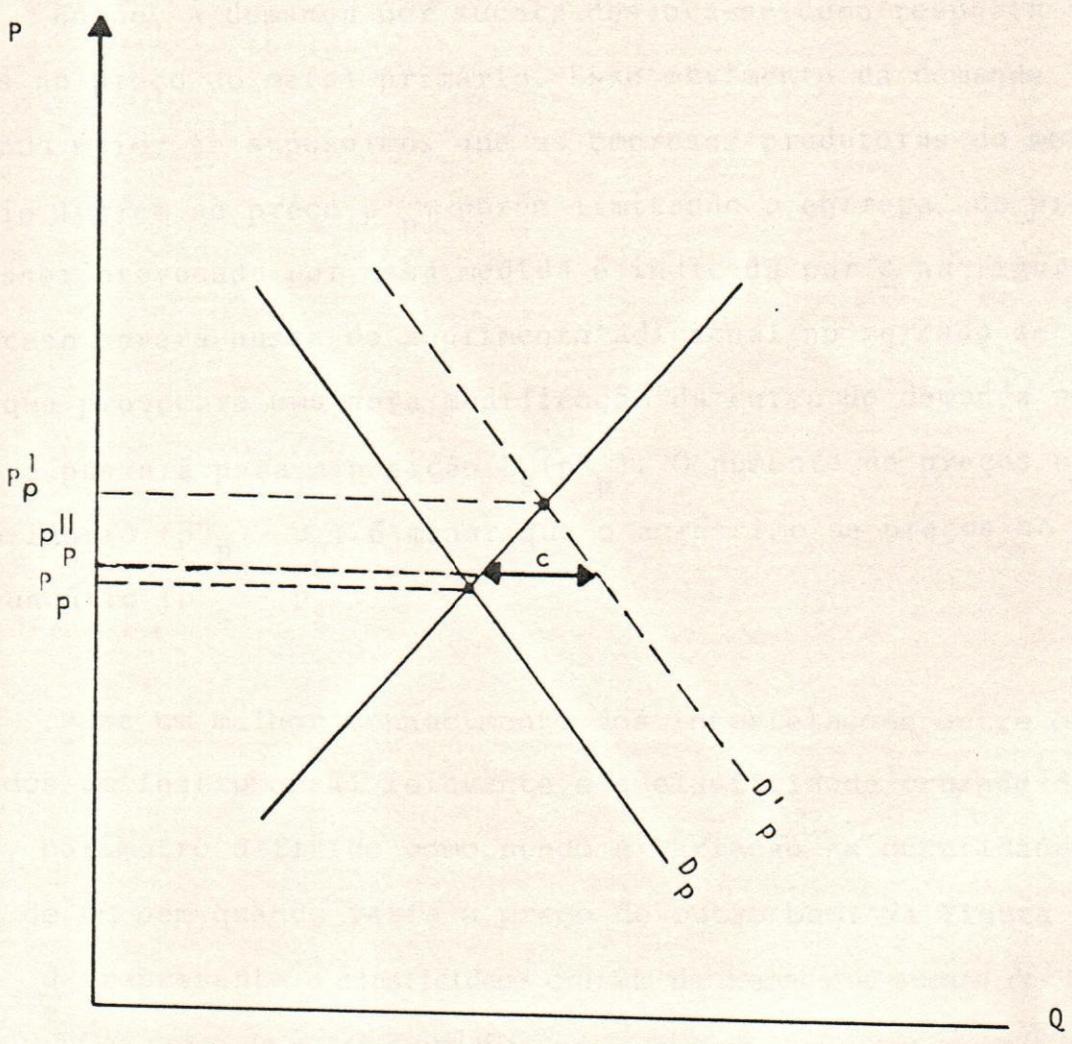


FIGURA 13 - SUBSTITUTOS IMPERFEITOS: MERCADO PRIMÁRIO

FONTE: PAGE, op. cit. p.50

demanda do metal primário. O novo equilíbrio dar-se-á a preços de mercado  $p'_p$ . Como consequência desse aumento de preços a demanda primária desloca-se para  $D'_p$ . No mercado secundário os efeitos já foram mencionados anteriormente, sendo que o aumento de preço de sucata é de certo modo menor do que o acréscimo de preço do mercado primário.

Então, a demanda por sucata desloca-se como resposta a variações no preço do metal primário. Esse movimento da demanda pode ser ainda maior se supusermos que as empresas produtoras do mercado primário lucrem ao preço  $p'_p$ , porém limitando a entrega do produto. A escassez provocada por essa medida é indicada por  $c$  na Figura 12. Neste caso haverá busca de suprimento adicional no mercado secundário o que provocará uma nova modificação da curva de demanda por sucata que passará para a posição  $D_s(p''_p)$ . O aumento de preços no mercado primário ( $p''_p - p_p$ ) é menor que o acréscimo de preços no mercado secundário ( $p''_s - p_s$ ).

Para um melhor conhecimento das interrelações entre os dois mercados um instrumental relevante é a elasticidade cruzada da demanda, parâmetro definido como sendo a variação na quantidade de demanda de um bem quando varia o preço de outro bem. Na Figura 12, a razão  $\frac{d}{e}$  representa a elasticidade cruzada da demanda de sucata do metal com relação ao preço do metal primário.

## 2.5 - ELASTICIDADES: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

Na pesquisa que empreendemos visando ao levantamento de estimativas empíricas de elasticidades para materiais secundários não encontramos indicação da efetuação de cálculos para os metais secundários brasileiros, o que bem demonstra a superficialidade com que são tratados os diferentes segmentos de reciclagem em nosso

país. Existem, todavia, algumas estimativas realizadas, principalmente nos Estados Unidos, a que nos reportaremos a seguir.

GREEN e CRICHAR<sup>(26)</sup>, em trabalho ainda recente, calcularam a elasticidade-preço da oferta de curto prazo para a sucata de obsolescência de cobre nos Estados Unidos e concluíram ser pequena a resposta a preços em função do baixo valor encontrado, 0,5. Para o cobre produzido pelo que denominaram de "rest of the noncommunist world" o valor foi ainda mais baixo: apenas 0,25.

LAMBO<sup>(27)</sup>, determinou, através de um modelo econométrico de equações simultâneas, como sendo de 0,30 o valor da elasticidade-preço da oferta de sucata de obsolescência de cobre, chegando à mesma conclusão que GREEN e CRICHAR. Cita um valor encontrado para a elasticidade-preço da oferta de alumínio de 0,624.

PERLMAN<sup>(28)</sup>, apesar de não ter efetuado cálculo de elasticidades cruzadas da demanda afirma que dependendo da participação da oferta secundária no atendimento à demanda do metal, a sucata tem maior ou menor relevância. Assim, para PERLMAN, o efeito nos preços do metal primário respectivo é alto para as sucatas de cobre e alumínio, pequeno para as sucatas de zinco e níquel (principalmente pelas baixas taxas de recuperação) e significativa para a sucata de chumbo. Este autor encontrou uma forte correlação entre os preços do London Metal Exchange-LME e a produção secundária refinada ou seja, há uma produção extra quando os preços do LME sobem e baixa produção quando permanecem baixos. Conclui que as sucatas têm importante papel como agente estabilizador de preços, pela defasagem

(26) in "Using the U.S. Bureau of Mines Minerals Availability System for Supply - Demand Analysis", *Materials and Society*, vol.6, nº 4, 1982.

(27) in "Price Responsiveness of Nonferrous Scrap Metal Supply", Council of Economics, AIME.

(28) in "The Economics of Scrap and its Effect on the Price of Refined Metals, Council of Economics-AIME.

à resposta aos preços do LME, que segundo PERLMAN "which again that secondary production responds to high LME prices rather than vice versa"<sup>(29)</sup>.

BUTLIN<sup>(30)</sup> apresentou as únicas estimativas de elasticidades-cruzadas da demanda entre materiais secundários e primários, para sucata de ferro e aço e minério de ferro, apesar de muito baixas, sendo de 0,52 para siderúrgicas com fornos SIEMENS-MARTIN, de 0,03 para conversores LD e de 0,39 para a combinação forno elétrico/LD, demonstrando a limitada possibilidade de substituição de minério de ferro por sucata. Este autor estimou as elasticidade-preço da demanda de sucata por tipo de processo de produção de aço. Para SM o valor encontrado foi muito elevado, de 2,68, o que seria de se esperar face às características dessa tecnologia como vimos há pouco. Para fornos elétricos e conversores LD os valores foram, respectivamente de 0,35 e 0,24.

ANDERSON e DOWER<sup>(31)</sup> calcularam elasticidades-preço da oferta para sucatas de aço (1,12), chumbo (0,48) e cobre (0,32), esta última compatível com as estimativas mencionadas anteriormente.

É interessante notar que a maioria dos autores não separa adequadamente as estimativas para sucatas de processamento industrial e obsolescência, com algumas exceções. SAWYER em trabalho realizado em 1972 e citado por BUTLIN<sup>(32)</sup> encontrou elasticidades-preço da oferta extremamente elevadas para sucatas de obsolescência ferrosas tipo "shredder" (de automóveis velhos) com valores entre 5 e 10, calculadas por ADAMS.

No Capítulo IV iremos calcular a elasticidade-preço da

---

(29) *op.cit.* p.21.

(30) *op.cit.* p.220.

(31) *op.cit.* p.10.

(32) *op.cit.* p.219.

Demanda de sucata de ferro e aço para o Brasil, através da estima  
ção econométrica de funções de demanda.

OFERTA SECUNDÁRIA DE FERRO E AÇO NO BRASIL:  
ACUMULAÇÃO E DISPONIBILIDADE

A sucata de ferro e aço é o principal metálico sólido da siderurgia brasileira<sup>(1)</sup> com um consumo superior a 7 milhões de toneladas em 1985. Face às suas características peculiares de insumo energético, esse consumo significou para o país uma economia de mais de 20 milhões de quilowatts-hora de energia elétrica, com uma poupança correspondente de quase 12 milhões de barris equivalentes de petróleo, conforme pode ser visto na Tabela VIII.

Conceitualmente são considerados três tipos de sucata, conforme a origem: 1. sucata interna (ou sucata de retorno) que é gerada dentro das instalações dos consumidores (geralmente siderúrgicas e fundições), como resíduo do processo de produção de aço ou de fundidos; 2. sucata de processamento industrial, gerada quando da utilização na indústria de transformação tendo, como visto no Capítulo II, como características principais qualidade homogênea e localização da geração próxima aos centros de consumo; 3. sucata de obsolescência, proveniente do fim de vida útil de bens que contêm aço e disponíveis para reciclagem em intervalos de tempo, de qualidade inferior e localização disseminada em amplo espaço territorial. A Figura 14 ilustra o fluxo desses tipos de sucata

(1) Os outros metálicos sólidos são o ferro-gusa e o ferro-esponja (minério de ferro pré-reduzido).

TABELA VIII

BRASIL: SIDERURGIA E FUNDIÇÃO  
ENERGIA POUPADA PELO CONSUMO DE SUCATA

ANO	CONSUMO DE SUCATA $10^3 T$ (1)	ENERGIA POUPADA KWh (2)	POUPANÇA EM BARRIS DE ÓLEO CRU
1972	2.830	7.652.320	4.494.443
1973	3.420	9.247.680	5.431.447
1974	3.609	9.758.736	5.731.606
1975	4.152	11.227.008	6.593.967
1976	4.746	12.833.184	7.537.323
1977	5.110	13.817.440	8.115.407
1978	5.783	15.637.232	9.184.227
1979	6.467	17.486.768	10.270.516
1980	7.064	19.101.056	11.218.637
1981	5.966	16.132.064	9.474.857
1982	5.499	14.869.296	8.733.195
1983	5.896	15.942.784	9.363.687
1984	6.742	18.230.368	10.707.255
1985	7.454	20.155.616	11.838.013

Fontes: 1. Dos dados originais - Instituto Brasileiro de Siderurgia.

2. Dos dados elaborados - Coeficientes técnicos constantes da revista "Scrap Age", julho de 1977, p. 23.

- FLUXO DA SUCATA -

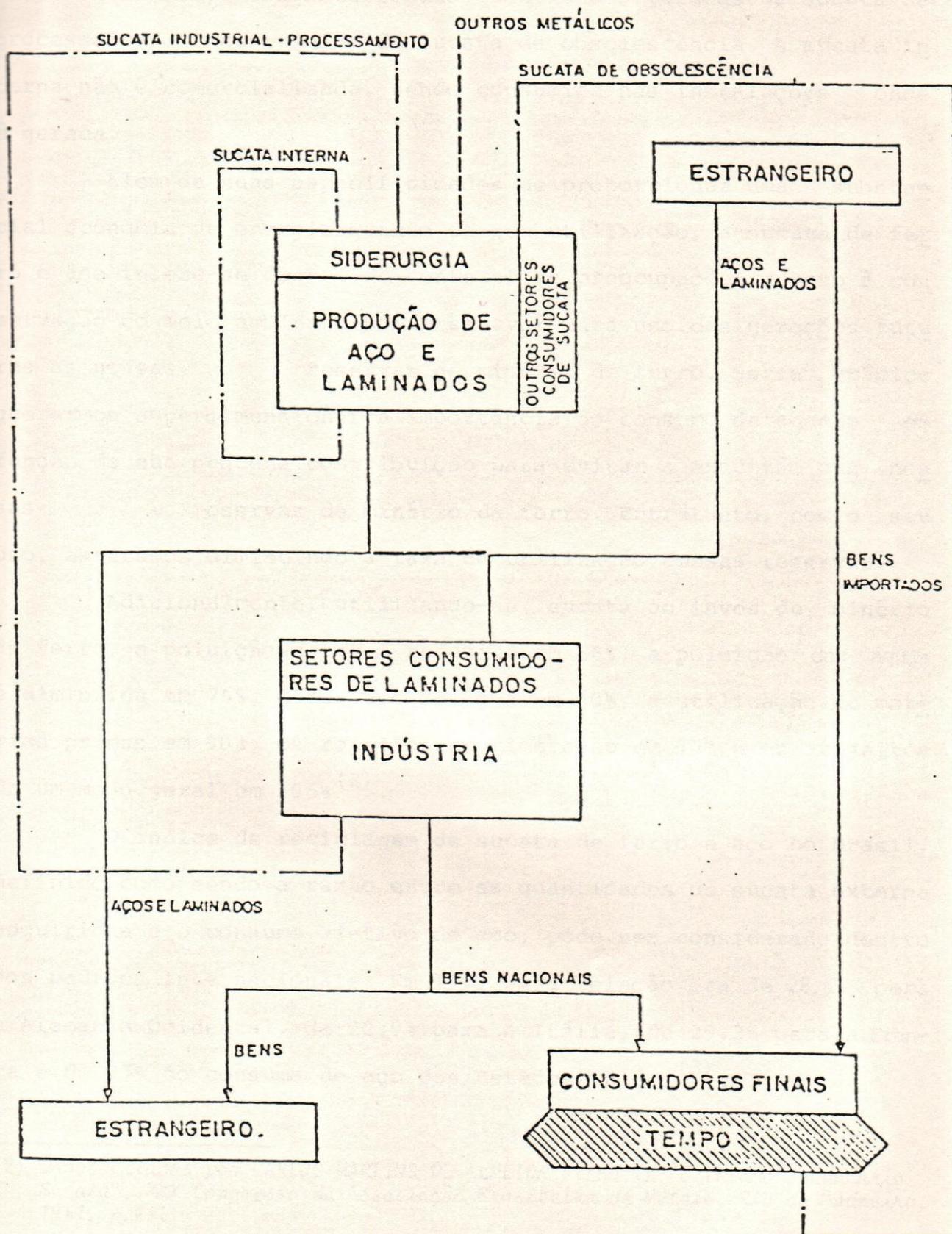


FIGURA 14 - FLUXO DE SUCATA DE FERRO E AÇO

de ferro e aço.

Denomina-se de "sucata externa", para fins de estudo de oferta e demanda, ao somatório das quantidades geradas de sucata de processamento industrial e de sucata de obsolescência. A sucata interna não é comercializada, sendo consumida nas instalações onde é gerada.

Além de suas especificidades de proporcionar uma substancial economia de energia quando de sua utilização, a sucata de ferro e aço insere-se dentro do contexto de preocupações quanto à conservação do meio ambiente por preservar para uso das gerações futuras as nossas reservas de minério de ferro. Seria utópico quereremos superdimensionar a importância do consumo de sucata em função de sua pequena contribuição para evitar a exaustão das nossas reservas de minério de ferro. Entretanto, com o seu uso, estaremos diminuindo a taxa de utilização dessas reservas.

Adicionalmente, utilizando-se sucata ao invés de minério de ferro, a poluição do ar é reduzida em 86%, a poluição das águas é diminuída em 76%, o consumo de água em 40%, a utilização de matérias primas em 90%, os rejeitos de mineração em 97% e os rejeitos de um modo geral em 105%<sup>(2)</sup>.

O índice de reciclagem de sucata de ferro e aço no Brasil, definido como sendo a razão entre as quantidades de sucata externa adquiridas e o consumo efetivo de aço, pode ser considerado dentro dos padrões internacionais. Em 1979 esta relação era de 28,6% para a Alemanha Ocidental, de 22,9% para a Itália, de 29,3% para a França e de 27% do consumo de aço dos Estados Unidos<sup>(3)</sup>.

(2) Dados citados por CARLOS MARTINS DE ALMEIDA FILHO in "O Insumo Secundário Sucata", XXX Congresso da Associação Brasileira de Metais, Rio de Janeiro, 1981, p.28.

(3) Dados citados por THEO AMORIM in "A Participação dos Metálicos Sólidos na Siderurgia Brasileira", Fundição & Matérias Primas, abril 1981, p.38.

Nesse mesmo ano a siderurgia brasileira detinha um índice de reciclagem de 27,2% conforme dados da Tabela 1, que resume observações para o período 1970-85. É interessante ressaltar que esse índice está crescendo, atingindo 33,4% em 1985, o que pode ser explicado pela maior participação da sucata de obsolescência no atendimento à demanda, conforme veremos mais adiante, e pelo aumento da produção de aço em fornos elétricos.

Em confronto com os dois metálicos sólidos - gusa e ferro-esponja - a sucata de ferro e aço participa com 70% a 90% do consumo de metálicos da siderurgia brasileira, com esta variação estando diretamente correlacionada com as possibilidades de substituição parcial de sucata externa por gusa, em função dos preços praticados no mercado. Quanto à competição com o ferro-esponja, esta praticamente inexistente mercê da pequena produção interna desse metálico, consequência dos problemas surgidos quando da adaptação de alguns processos tecnológicos importados por aciarias brasileiras.

Apesar de sua importância como insumo básico de setores industriais, não existem estudos atualizados sobre a oferta e demanda de sucata de ferro e aço no país. O planejamento das necessidades de abastecimento dos setores siderúrgico e de fundição é realizado empiricamente em reuniões do chamado Sistema Coordenado de Abastecimento, promovidas no âmbito do CONSIDER - Conselho de Não-Ferrosos e de Siderurgia, quando consumidores e ofertantes, com a interveniência governamental discutem seus cíclicos problemas de suprimento.

O último estudo foi realizado há 10 anos, em 1976, pela Consultora TECNOMETAL<sup>(4)</sup> e seus resultados encontram-se, obviamente, defasados. Neste Capítulo pretendemos apresentar informações atua

(4) "Estudo sobre Geração e Beneficiamento de Sucata de Ferro e Aço", TECNOMETAL-Estudos e Projetos Industriais S/A, Rio de Janeiro, agosto - 1976, mimeo.

TABELA IX

BRASIL: ÍNDICE DE RECICLAGEM DE SUCATA DE FERRO E AÇO

ANO	SUCATA EXTERNA RECICLADA $10^3 t$ (A)	CONSUMO EFETIVO DE AÇO $10^3 t$ (B)	ÍNDICE DE RECICLAGEM (A) / (B)
1970	1.097	4.148	0,264
1971	1.275	4.862	0,262
1972	1.293	5.468	0,236
1973	1.658	6.787	0,244
1974	2.103	7.911	0,266
1975	1.880	8.475	0,222
1976	2.062	8.941	0,231
1977	2.208	9.064	0,244
1978	2.621	9.794	0,268
1979	2.879	10.590	0,272
1980	3.305	12.153	0,272
1981	2.549	9.755	0,261
1982	2.593	9.207	0,282
1983	2.894	7.763	0,373
1984	3.651	9.300	0,393
1985	3.423	10.243	0,334

Fonte: Instituto Brasileiro de Siderurgia e Associação Brasileira de Fundição.

lizadas sobre o insumo, que possibilitem a tomada de decisões mais fundamentadas. O quadro atualmente vivenciado pelo país, de importador de sucata, merece uma detida análise para o estabelecimento de parâmetros técnicos confiáveis, em substituição às opiniões calcadas em aspectos puramente conjunturais. É o que pretendemos fazer nos próximos itens.

### 3.1 - DETERMINAÇÃO DA GERAÇÃO DE SUCATA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

A sucata de processamento industrial é gerada quando da utilização dos produtos siderúrgicos laminados e fundidos como matéria-prima na fabricação de bens, constituindo-se em resíduo decorrente da incapacidade dos processos produtivos de alcançar o pleno rendimento. O método para estimar essa geração parte de uma pesquisa direta junto aos setores consumidores de aço para obtenção dos índices de perdas nos processos produtivos.

A primeira pesquisa realizada no país com tal objetivo aconteceu em 1969, através da TECNOMETAL<sup>(5)</sup>, junto a diversos setores consumidores de aço e obteve como índices unitários médios de geração de sucata de processamento industrial 170 quilos de sucata por tonelada de laminado plano consumida e de 70 quilos de sucata por tonelada de laminado não-plano. O índice médio geral foi de 108 quilos por tonelada.

Posteriormente, em 1976, a mesma empresa pesquisou diretamente os segmentos consumidores obtendo índices de geração superiores, sendo de 197 quilos de sucata por tonelada de laminado plano beneficiada e de 86 quilos para laminado não plano. Esse aumento dos

---

(5) "Mercado Brasileiro de Sucata", TECNOMETAL, Rio de Janeiro, Janeiro - 1969, mimeo, 24 p.

Índices de geração, incompatível com o avanço tecnológico na melhoria dos processos de manufaturamento de aço, é explicado pelo aumento da participação em peso de setores cujo processamento acarreta uma maior geração de sucata tais como as indústrias automobilística e de maquinária elétrica.

O último levantamento direto realizado no país sobre a geração de sucata de processamento industrial foi de responsabilidade do CONSIDER em 1982<sup>(6)</sup>, com a apropriação de um índice de geração global de 123 quilos de sucata, sendo de 137 quilos por tonelada de laminado plano processado e de 109 quilos por tonelada de não plano. Nessa pesquisa foi pela primeira vez detectado o índice de geração para peças fundidas submetidas a usinagem que atingiu 196 quilos de sucata por tonelada de peça fundida processada. Comparando-se os índices de geração de sucata de processamento industrial dessa pesquisa com a realizada em 1976, nota-se uma redução na geração de sucata da ordem de 2%.

A sucata de processamento gerada é obtida pela multiplicação do consumo efetivo setorial de aço pelo índice médio de cada setor. Esse dado - consumo setorial - não é atualmente apurado, fato constatado em visita que empreendemos ao CONSIDER, em Brasília, em julho de 1986. As últimas informações disponíveis são para 1983<sup>(7)</sup>. Dessa forma, optamos por utilizar os dados de consumo (efetivo e aparente) total de laminados planos e não-planos, além do índice médio por tipo de laminado para a efetivação das nossas estimativas de geração de sucata de processamento industrial.

Na Tabela X apresentamos as estimativas de geração de sucata de processamento industrial para o período 1969-85, com base em

---

(6) "Estudo sobre o Mercado Brasileiro de Sucata de Ferro e Aço", Brasília, 1983, mimeo., 27p.

(7) "Relatório de Acompanhamento de Mercado-1983", Brasília, 1984, mimeo., 54p.

## GERAÇÃO DE SUCATA DE PROCESSAMENTO INDUSTRIAL: 1969-85

Em 10<sup>3</sup> t

DISCRIMINAÇÃO	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
1. Consumo efetivo de laminados planos	1.908	2.084	2.719	2.820	3.556	4.218	4.339	4.707	4.825	5.223	5.788	6.746	5.139	4.866	4.489	5.208	5.795
1.1. Sucata gerada <sup>(1)</sup>	396	411	536	556	701	831	855	927	921	1.029	1.140	887	704	667	615	713	794
2. Consumo efetivo de laminados não planos	1.914	2.145	2.620	2.648	3.231	3.693	4.136	4.234	4.239	4.571	4.802	5.677	4.616	4.341	3.274	4.092	4.448
2.1. Sucata gerada <sup>(2)</sup>	165	185	225	228	278	318	356	364	365	393	413	620	505	474	358	447	486
3. Consumo total de laminados (1 + 2)	3.821	4.229	5.338	5.468	6.787	7.911	8.475	8.941	9.064	9.794	10.590	12.153	9.755	9.207	7.763	9.300	10.243
4. Geração total de sucata (1.1 + 2.1)	541	596	761	784	979	1.149	1.211	1.291	1.316	1.422	1.553	1.507	1.209	1.141	973	1.160	1.280

Fonte: dos dados originais - CONSIDER.

(1) Coeficiente de 197 kg/t para 1975-79 (TECNOMETAL) e de 137 kg/t para 1980-85 (CONSIDER).

(2) Coeficiente de 86 kg/t para 1975-79 (TECNOMETAL) e de 109 kg/t para 1980-85 (CONSIDER).

diferentes índices médios de geração. Assim, para o período 1969-75, utilizamos os índices de 197 quilos e 86 quilos por tonelada para, respectivamente, laminados planos e não planos. Para o restante da série foram empregados os dados levantados pelo CONSIDER na sua pesquisa de 1982.

Saliente-se que toda a metodologia de cálculo de geração de sucata, de processamento e de obsolescência, está baseada em técnicas empíricas, de uso corrente internacional, devendo os resultados serem encarados com estimativas, face à patente dificuldade de apropriação de informações a nível setorial. Feita essa ressalva é interessante compararmos o perfil de geração brasileiro com a de alguns países industrializados.

GALAY<sup>(8)</sup> apresenta o índice médio geral de geração de sucata de processamento industrial para a França como sendo de 15% para o período 1954-60, de 14% para 1961-67, de 13,5% de 1968-76 e de 12,75% a partir de 1977. KURIHARA<sup>(9)</sup> indica para o Japão a ocorrência de índices globais de geração, que evoluiriam de 12,3%, em 1978, para 11,8% do consumo efetivo de laminados estimado para 1985, podendo ser, em 1990, de 11,5%. A FORDHAM UNIVERSITY<sup>(10)</sup> pesquisou o índice geral para os Estados Unidos, obtendo 17,37% para 1973, 16,61% para 1975 e 16,27% para 1982.

Podemos inferir, pois, que os índices de geração de sucata de processamento industrial no Brasil estão compatíveis com os de países mais avançados, o que pode ser atribuído ao nosso moderno parque industrial, que incorpora tecnologias competitivas na manu

(8) in "Etude de La Collecte-Essai de Prevision d'une Collecte Possible", Centre D'Etudes Superieures de la Siderurgie Française, mimeo, 1981, 16 p.

(9) in "Current Situation and Future Potential of Ferrous Scrap Generation in Japan", Seminar on Recycling, ISIJ, abril, 1981, mimeo, 30 p.

(10) in ""Scrap and the Steel Industry", International Iron and Steel Institute, Bruxelas, 1983, mimeo., p.3-17.

fatura do aço produzido. Depreende-se, também, a paulatina diminuição dos índices globais de geração em função da crescente sofisticação tecnológica dos processos produtivos com uma menor participação da sucata de processamento industrial na composição da oferta total de sucata externa.

A geração de sucata de processamento industrial está intrinsecamente correlacionada com o consumo efetivo de aço. Uma queda no consumo de aço implicará em uma menor geração, o que indica uma vinculação indireta entre os níveis de oferta deste tipo de sucata com as grandes variáveis macroeconômicas que medem o crescimento de uma economia. Assim, a geração de sucata de processamento, que era de apenas 541 mil toneladas em 1969, atingiu seu nível máximo em 1979, com 1.553 mil toneladas. Com a entrada da economia brasileira em um período recessivo iniciado em 1981, a geração de sucata em 1985, de 1.280 mil toneladas, apenas mantém o nível de geração daquele ano (1.209 mil toneladas), conforme os dados apresentados na Tabela X.

Na Tabela XI apresentamos estimativas de geração de sucata de processamento industrial para o período 1986-93, com base em premissas específicas sobre o comportamento futuro do consumo efetivo de laminados. Para os anos de 1986 e 1987, estipulamos, otimisticamente, taxas de crescimento do consumo de laminados de 10%aa, mantendo uma taxa mais conservadora, de 7%aa, para o restante do período. Para as estimativas consideramos o índice global médio de geração de 123 quilos de sucata por tonelada de laminado processada.

TABELA XI

BRASIL: PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE SUCATA DE PROCESSAMENTO

EM 10<sup>3</sup>t

ANO	CONSUMO EFETIVO ESTI MADO DE LAMINADOS <sup>(1)</sup>	ESTIMATIVA DE GE- RAÇÃO DE SUCATA <sup>(2)</sup>
1986	11.267	1.386
1987	12.394	1.524
1988	13.262	1.631
1989	14.190	1.745
1990	15.183	1.868
1991	16.246	1.998
1992	17.383	2.138
1993	18.600	2.288

Observações: (1) Adotando-se o índice médio de 123 kg/t de laminados.

(2) Taxas de crescimento da demanda de aço de 10% aa (1986-87) e de 7% aa no restante do período.

### 3.2 - ESTIMATIVAS DA GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

Como vimos no Capítulo II a disponibilidade de sucata de obsolescência em um determinado período de tempo depende do fluxo de metal contido em produtos descartados com final de vida útil durante o período, e do estoque de metal contido em produtos com vida útil extinta no início do período, mas que ainda não foi reciclado. As estimativas que realizaremos serão baseadas no fluxo de sucata, reservando para o Capítulo V a análise da sucata de obsolescência proveniente do estoque.

O fluxo de sucata de obsolescência depende da quantidade e tipos de bens em uso na economia no início de um ano, sua composição de metal, sua distribuição etária e de uma distribuição de frequências em torno da média de vida útil. O cálculo da geração de sucata de obsolescência de ferro e aço é, por conseguinte, função direta de dois fatores: 1. do aço total posto em uso no país em períodos passados; e 2. do porcentual de sucata recuperável.

O aço total posto em uso no país é uma relação que representa a soma do consumo efetivo de laminados em um determinado período, com o aço incorporado aos bens importados, subtraindo-se as quantidades de sucata de processamento gerada e do aço incorporado aos bens exportados. Na realidade, o cálculo do aço total posto em um determinado país é uma estimativa do consumo real de aço, definido como sendo as quantidades de aço que realmente ficam no país *"calculado a partir do consumo efetivo, deduzido o diferencial exportação menos importação indireta de aço"* <sup>(11)</sup>.

As dificuldades para a obtenção do consumo real de aço consiste na necessidade do levantamento das exportações e importações

(11) Definição constante na p.5 do trabalho "Evolução do Comércio Exterior Indireto de Aço", Instituto Brasileiro de Siderurgia -IBS, Rio de Janeiro, novembro - 1984, 79 p.

de máquinas e equipamentos, materiais, etc., que usam aço na sua fabricação, com associação a essas informações da quantidade de aço empregada originalmente. O cálculo do aço utilizado é empreendido em função de índices médios de consumo de laminados de aço, que relacionam quilos de aço por quilos de produtos, com a conversão do peso de cada manufaturado pelo peso do aço empregado em sua fabricação. Obviamente, neste peso expresso em aço está incluída a sucata de processamento gerada na produção e o próprio aço contido nos bens finais.

Considerando o crescente processo de internacionalização de nossa economia, as vendas de produtos siderúrgicos para o mercado interno destinam-se, em parcela substancial, a setores que têm na exportação de manufaturados uma receita significativa. Ou conforme o trabalho do IBS, *"até 1974 era pouco significativa a participação das exportações totais, diretas e indiretas, em relação à produção de laminados de aço. Ao longo desses últimos 10 anos houve uma mudança radical nesta posição pois em 1983 cerca de 46% do aço produzido no país foi transferido para o exterior."*<sup>(12)</sup> (o grifo é nosso).

Na Tabela XII apresentamos dados sobre a participação das exportações de aço, diretas e indiretas, no total da produção de laminados brasileira, para o período 1974-85. Nota-se que, em 1985, 47% do aço produzido no país foi destinado ao exterior, mantendo-se a tendência detectada anteriormente pelo IBS, com um total de 8.036 mil toneladas, sendo 6.830 mil toneladas de exportação direta e 1.206 mil toneladas de exportação indireta. Partindo da premissa que exportar aço é exportar consumo futuro de sucata, o crescimento dessas exportações estará, a longo prazo, diminuindo a taxa de formação do estoque de sucata de obsolescência.

---

(12) *Op. cit.*, p.7.

TABELA XII

BRASIL: PARTICIPAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES DE AÇO,  
DIRETAS E INDIRETAS, NO TOTAL DA PRODUÇÃO

10<sup>3</sup>t

ANO	PRODUÇÃO DE LAMINADOS DE AÇO	EXPORTAÇÕES DE LAMINADOS		DE AÇO	PARTICIPAÇÃO EXPORTAÇÃO TOTAL PRODUÇÃO (%)
		DIRETAS	INDIRETAS	TOTAL	
1974	6.072	223	197	420	7
1975	6.722	138	249	387	6
1976	7.525	232	258	490	7
1977	8.822	336	343	679	8
1978	10.173	873	494	1.367	13
1979	11.693	1.347	675	2.022	17
1980	12.745	1.293	971	2.264	18
1981	10.870	1.630	1.100	2.730	25
1982	11.194	2.262	744	3.006	27
1983	12.458	4.909	852	5.761	46
1984	15.399	5.895	1.317	7.212	47
1985	17.236	6.830	1.206	8.036	47

Adotando-se a relação que define o aço posto em uso no país como uma estimativa do consumo real de aço, na Tabela XIII resumimos um levantamento de informações cobrindo o período 1925-1985 referentes ao consumo aparente (1925-67), consumo efetivo (1968-85), e do aço incorporado a bens nacionais e importados. Por aço incorporado a bens nacionais entendemos a diferença entre o consumo (aparente ou efetivo, quando for o caso) de laminados e a sucata de processamento gerada em um determinado ano. O aço incorporado a bens importados pode ser considerado com uma estimativa das importações indiretas, com dados disponíveis somente a partir de 1974. A série histórica de 1925-67 foi divulgada pela TECNOMETAL, em 1976. (13)

Analisando-se a série histórica nota-se que apenas no início da década de 50 é que o aço posto em uso no país ultrapassa a barreira de um milhão de toneladas anuais. A partir dos anos 70, em plena efervescência do "milagre" brasileiro, atingimos mais de seis milhões de toneladas anuais. O "pique" de aço colocado em uso acontece em 1980 quando alcançamos a marca recorde de mais de dez milhões de toneladas, com o posterior decréscimo face à recessão enfrentada pela economia.

Apresentamos, na Tabela XIV, a estimativa do aço passível de ser colocado em uso no período 1986-93, sob as hipóteses de crescimento do consumo efetivo de laminados mencionado admitindo um pequeno crescimento nos níveis das importações até 1991.

Com as estimativas do aço posto em uso podemos introduzir a metodologia usualmente empregada na determinação da geração de sucata de obsolescência, denominada de "sucatamento quinquenal progressivo". Para o total do aço posto em uso em um período de cin-

---

(13) *Op. cit.*, pp 19-20.

TABELA XIII

BRASIL: AÇO TOTAL COLOCADO EM USO  
1925-1985EM 10<sup>3</sup>t

ANOS	CONSUMO APARENTE DE LAMINADOS	AÇO INCORPORADO A BENS NACIONAIS	AÇO INCORPORADO A BENS IMPORTADOS	AÇO TOTAL POSTO EM USO
1925	381	343	105	448
1926	409	368	80	448
1927	459	413	43	456
1928	500	450	82	532
1929	488	439	88	527
1930	274	247	21	268
1931	144	130	11	141
1932	155	140	6	146
1933	280	252	16	268
1934	344	309	28	337
1935	349	314	30	344
1936	388	349	43	392
1937	507	456	46	502
1938	358	322	21	343
1939	422	380	19	399
1940	414	373	35	408
1941	374	337	36	343
1942	273	246	16	262
1943	327	294	14	308
1944	477	429	20	449
1945	457	411	49	460
1946	671	604	82	686
1947	757	681	117	798

TABELA XIII (continuação)

ANOS	CONSUMO APARENTE DE LAMINADOS	AÇO INCORPORA DO A BENS NACIONAIS	AÇO INCORPORA DO A BENS IMPORTADOS	AÇO TOTAL POSTO EM USO
1948	574	517	210	727
1949	695	625	164	798
1950	844	760	169	929
1951	1.066	959	347	1.306
1952	1.078	970	252	1.222
1953	1.027	907	148	1.055
1954	1.479	1.310	168	1.478
1955	1.291	1.138	130	1.268
1956	1.318	1.164	103	1.267
1957	1.516	1.341	169	1.510
1958	1.512	1.339	151	1.490
1959	1.994	1.770	142	1.912
1960	2.107	1.864	127	1.991
1961	2.235	1.974	126	2.100
1962	2.330	2.057	113	2.170
1963	2.585	2.269	87	2.356
1964	2.450	2.164	61	2.225
1965	2.210	1.950	43	1.993
1966	2.891	2.536	75	2.611
1967	2.719	2.400	64	2.464
1968 <sup>(1)</sup>	3.556	3.076	100	3.176
1969	3.641	3.100	135	3.235
1970	4.148	3.552	172	3.724
1971	4.862	4.101	208	4.309
1972	5.468	4.684	287	4.971

- Continua -

TABELA XIII (continuação)

ANOS	CONSUMO APARENTE DE LAMINADOS	AÇO INCORPORA DO A BENS NACIONAIS	AÇO INCORPORA DO A BENS IMPORTADOS	AÇO TOTAL POSTO EM USO
1973	6.787	5.808	234	6.042
1974	7.911	6.762	744 <sup>(2)</sup>	7.506
1975	8.475	7.264	688	7.952
1976	8.941	7.650	490	8.140
1977	9.064	7.748	400	8.148
1978	9.794	8.372	327	8.699
1979	10.590	9.037	306	9.343
1980	12.153	10.646	304	10.950
1981	9.755	8.546	310	8.856
1982	9.207	8.066	209	8.275
1983	7.763	6.790	141	6.931
1984	9.300	8.140	181	8.321
1985	10.243	8.963	198	9.161

Fontes: I. 1925-67, Tecnometal op. cit. pp. 19-20; 2. CONSIDER.

(1) A partir de 1968, consumo efetivo.

(2) A partir de 1974, Importações Indiretas.

TABELA XIV  
BRASIL  
ESTIMATIVA DO AÇO POSTO EM USO  
1986-1993

EM 10<sup>3</sup> t

ANOS	CONSUMO EFETIVO DE AÇO	AÇO INCORPORA DO A BENS NACIONAIS	AÇO INCORPORA DO A BENS IMPORTADOS	AÇO TOTAL POSTO EM USO
1986	11.267	9.881	200	10.081
1987	12.394	10.870	250	11.120
1988	13.262	11.631	350	11.981
1989	14.190	12.445	300	12.745
1990	15.183	13.315	300	13.615
1991	16.246	14.248	300	14.548
1992	17.383	15.245	200	15.445
1993	18.600	16.312	200	16.512

Obs.: Para o cálculo do Aço Incorporado aos bens nacionais, utilizamos os valores de geração de sucata de processamento da Tabela X.

co anos é estimada uma taxa de sucatamento quinquenal progressiva dos bens que contêm esse aço, estabelecida com base na vida média estimada para os bens. A quantidade de sucata recuperável, que seria o aço total posto em uso multiplicado por uma taxa de recuperação fixada para cada quinquênio, é então encontrada.

Apesar de seu amplo uso internacional, pairam sobre essa metodologia sérias restrições, fundamentalmente quanto à estimativa da vida média útil dos bens que contêm aço. Estimada uma vida útil média superior à realmente verificada estaremos, sob um enfoque preliminar, subestimando a oferta de sucata de obsolescência, pois a durabilidade dos produtos é inversamente relacionada com a disponibilidade de sucata, conforme vimos quando da aplicação prática do modelo RADETZKI-SVENSSON no Capítulo II.

As primeiras estimativas realizadas no país pela TECNOMETAL datam de 1969 quando empregou a metodologia de "sucatamento quinquenal progressivo" com base em vida útil média dos bens estipulada em 25 anos. Apenas no quinto lustro metade do aço posto em uso seria sucataado, coerente, segundo a Consultora, "*com os índices de consumo de aço per capita no país.*"<sup>(14)</sup> Posteriormente, em 1976, a mesma empresa refez a distribuição quinquenal de frequências, em função de uma nova estimativa para a vida útil média fixada em 20 anos a partir do lustro 1973-77, sendo mantidos os 25 anos originais para os quinquênios anteriores.

Um pouco antes da última estimativa da TECNOMETAL, em 1972, SILVEIRA e CANTO<sup>(15)</sup> haviam apresentado uma distribuição de frequências baseada em vida útil média de 25 anos, mas com porcentuais de sucatamento em cada quinquênio diferentes dos pioneiramente estabelecidos em 1969. Na Tabela XV resumimos esta distribuição, em con

(14) *Op. cit.*, p.12.

(15) In "Sucata e suas Implicações Econômicas com a Estrutura de Produção de Aço no Brasil", XXXVIIº Congresso da Associação Brasileira de Metais, julho, 1972.

TABELA XV  
BRASIL: AÇO POSTO EM USO  
PORCENTAGEM DE SUCATA RECUPERÁVEL POR QUINQUÊNIO

QUINQUÊNIO (n)	PROPOSTA I	PROPOSTA II	PROPOSTA III	PROPOSTA IV
	(TECNOMETAL) 1969 (1)	(SILVEIRA E CANTO) 1972 (2)	(TECNOMETAL) 1976 (3)	1986 (4)
n(0 - 5 anos)	2	4	5	10
n + 1 ( 6-10)	8	10	12	20
n + 2 (11-15)	10	11	15	20
n + 3 (16-20)	10	12	18	10
n + 4 (21-25)	20	12	15	10
n + 5 (26-30)	25	14	10	15
n + 6 (31-35)	15	14	10	5
n + 7 (36-40)	5	14	10	5
n + 8 (41-45)	5	9	5	5

(1) Vida útil média de 25 anos

(2) Vida útil média de 25 anos

(3) Vida útil média de 20 anos

(4) Vida útil média de 15 anos

junto com as duas estimativas da TECNOMETAL e nossa proposição com vida útil média de 15 anos.

Uma rápida análise dessas distribuições, concentrada principalmente nas estimativas de 1972 e 1976, mostra que em apenas dois lustros 17% do aço posto em uso seria sucata conforme a TECNOMETAL, enquanto SILVEIRA e CANTO estabeleciam um sucatamento de 14%, para até 15 anos de vida útil, 32% do aço seria utilizado como sucata para a Consultora, enquanto 25% foi o percentual adotado pelos dois autores. Nota-se, portanto, um maior conservadorismo nas previsões de SILVEIRA e CANTO face, principalmente, à adoção, para toda a distribuição, de uma vida útil média de 25 anos.

A TECNOMETAL ao apresentar a nova distribuição colocava alguns argumentos defendendo a vida útil média de 20 anos, baseados "... na provável aceleração ocorrida no tempo de sucatamento dos bens que contêm aço. Um exemplo prático bem marcante desse fenômeno relaciona-se com o setor automobilístico, onde tem havido substituições muito mais rápidas, tanto de automóveis inteiros como também de suas partes tais como paralamas e para-choques, que vem sendo, em muitos casos, imediatamente substituídos quando danificados ao invés de recuperados, como antigamente." (16)

À época, 1976, ainda eram bastantes sentidos os efeitos da primeira crise do petróleo, que iria desencadear um enorme esforço a nível mundial na busca de alternativas energéticas e na economia de combustíveis fósseis. A indústria automobilística foi uma das primeiras a tentar adaptar-se a esse novo jogo de forças ao produzir veículos cada vez mais leves e com menor utilização relativa do aço.

Um típico automóvel americano de 1972, o Mercury Montego, pesava 3.809,7 libras, sendo que os metais ferrosos contribuíam

---

(16) Op. cit., p.22.

com 3.140,5 libras, ou 82,4% do peso total. Os plásticos participavam com apenas 106,9 libras, ou 2,8% do total. Dez anos adiante, em 1982, um automóvel japonês padrão, o Nissan Sentra pesava apenas 1.830,9 libras, com redução no consumo de metais ferrosos (fundidos, aço pesado, aço leve e aço inoxidável) para apenas 75,7% do total, com o aumento na participação dos plásticos para 5,6%.<sup>(17)</sup>

As informações estrangeiras, citadas pela indisponibilidade de estatísticas nacionais confiáveis, ilustram uma tendência declinante no consumo de aço já detectada na análise empreendida no Capítulo I que, agregada à paulatina melhoria tecnológica dos processos produtivos, fazem-nos inferir sobre uma menor taxa de crescimento, no longo prazo, da oferta de sucata de processamento industrial.

Mas continuamos em dúvida quanto à estimativa arbitrária de prazos médios de sucatamento face à notória dificuldade de adaptar a ciência atuarial aos bens industriais. Conforme RUI LEME<sup>(18)</sup> *"a mortalidade de unidades industriais é análoga à mortalidade humana... Enquanto que o tempo de vida é uma variável aleatória com distribuição probabilística estável no tempo, para equipamentos de eficiência constante (lâmpadas, por exemplo), o mesmo não acontece com os equipamentos de eficiência decrescente (tornos e automóveis, por exemplo). Para estes últimos é possível estabelecer, como para os primeiros, funções de mortalidade. Mas enquanto para os primeiros estas funções são estáveis no tempo, por independermos de condições econômicas derivando apenas da qualidade do produto, para os últimos estas funções são instáveis, variando se variarem os custos relativos de manutenção e de aquisição de novo equipamento."*

[17] Conforme DEAN et alii in "Bureau of Mines Research on Recycling Scraped Automobiles", Serie Bulletin; 684, Washington, 1985, 46p.

[18] In "Projeção de Demanda-Teoria", Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1970, mimeo. p.27.

Assim, o estabelecimento arbitrário de prazos médios de sucatamento está sujeito a erros grosseiros. Inexistem, entretanto, ao nível de detalhe da pesquisa bibliográfica que empreendemos, técnicas de estimação de vida útil dos bens que contém aço. A metologia empregada pela TECNOMETAL é de ampla utilização a nível mundial e constitui-se, ao nosso entender, mais um balizamento sobre a futura disponibilidade de sucata de obsolescência. Ou, conforme o CONSIDER<sup>(19)</sup>, *"a determinação por cálculo da sucata de obsolescência funciona mais como um potencial de geração."*

Existem, todavia, indicações a nível empírico de estimativas da vida útil média dos bens que contém aço. KURIHARA<sup>(20)</sup>, com base no eficiente sistema apurador de estatística do Japão, que desagrega o consumo efetivo setorial de aço a nível de produto das indústrias de transformação, calculou como sendo de 10,8 anos a duração média dos bens contendo aço para aquele país. A nível desagregado os índices revelam que um automóvel japonês dura, em média, 7,5 anos, enquanto que o item "embalagens metálicas" apenas um ano. Os setores com itens de maior vida útil média são os de construção civil, variando de 15 a 35 anos, e de material ferroviário e de comunicações, com 35 anos de durabilidade.

GALLAY<sup>(21)</sup>, constatou que, na França em 1980, a vida útil média dos bens produzidos com aço era de 14 anos. LABURU<sup>(22)</sup>, estimou para a Espanha uma vida útil variando entre 14 e 20, sendo 17 anos um valor que considera aceitável. SALES<sup>(23)</sup> apresenta como sendo de 29,5 anos a idade média do aço posto em uso para a Argentina, no período 1950-74. Para os Estados Unidos as estimativas realizadas<sup>(24)</sup> sobre a média de vida útil determinaram ser de 12 a

(19) *Op. cit.*, p.8.

(20) *Op. cit.*, p.10.

(21) *Op. cit.*, p.8.

(22) In "Disponibilidades de Chatarra en España", UNESID- Quadernos Monograficos, Madrid, (1):51-75, fev. 1975.

(23) In "Disponibilidad Nacional de Chatarra y su Demanda", *Siderur*gia, 3(1):59-71, Buenos Aires, 1977.

(24) Sobre estas estimativas ver "Scrap and the Steel Industry".  
p. 35

13 anos para automóveis, de 27 a 30 anos para equipamentos ferroviários e de 30-35 anos para navios, a média geral estando em torno dos 15 anos.

Portanto, em uma primeira análise, parece-nos muito conservadora a hipótese da Consultora ao estabelecer em 20 anos a vida útil dos bens que contêm aço no Brasil apenas para o período pós 1973. A própria TECNOMETAL, ao estimar as reservas de sucata de obsolescência, observou a incoerência de sua hipótese após prever o esgotamento daquelas reservas para 1974, o que obviamente não aconteceu, concluindo, no seu relatório final que *"provavelmente a geração de sucata de obsolescência tem sido subestimada, ainda que considerada uma vida útil média dos bens de aço em 20 anos a partir de 1973... Conclui-se, por conseguinte, e apesar das incorreções que tais cálculos estão sujeitos, que a geração de sucata de obsolescência medida e projetada provavelmente foi considerada a níveis conservadores, uma vez que a vida média destes bens é certamente inferior a 20 anos e tende a reduzir-se ainda mais nos próximos anos"*<sup>(25)</sup> (o grifo é nosso).

Não seria, portanto, incoerência considerarmos empiricamente a vida útil média dos bens que contêm aço no Brasil como sendo de 15 anos, valor ~~compatível com~~ o atingido em países mais desenvolvidos, ressaltando ter o nosso país um índice de reciclagem de sucata de ferro e aço ~~similar~~ com o de economias muito mais avançadas, conforme vimos no início deste Capítulo.

Outro item bastante importante na estimação da geração de sucata de obsolescência é a taxa de recuperação, ou a quantidade de sucata que poderá ser recuperada economicamente, em função de parâmetros de mercado. A TECNOMETAL estima que 70% do aço posto

(25) *Op. cit.*, p.63.

em uso pode ser economicamente recuperável, índice também adotado por SILVEIRA e CANTO. Entretanto, GALLAY<sup>(26)</sup> estima que essa taxa varia entre 50% e 60%, assinalando que "*l'experience montre que le taux peut varier avec la demande et monter jusqu'à 60%, ce qui donne la marge de souplesse de la collecte possible sous la pression d'une demande plus forte.*" KURIHARA<sup>(27)</sup> estima em 81,3% a sucata recuperável após o prazo médio de vida útil de 10,8 anos.

Feitas essas observações sobre a vida média útil dos bens e sobre a taxa de recuperação, partimos para estimar a geração de sucata de obsolescência sob três hipóteses básicas de trabalho: 1. simples atualização da proposição III (TECNOMETAL, 1976), adotando uma vida útil média de 25 anos para o período 1923-72 e de 20 anos para os períodos posteriores, com taxa de recuperação de 70%; 2. estabelecimento de vida útil média de 25 anos para o período 1923-52 (período anterior ao grande incremento da produção industrial no país), de 20 anos para o período 1953-72 (período que compreende a grande fase do processo de industrialização do país até às vésperas da crise do petróleo) e de apenas 15 anos para os períodos seguintes, mantendo-se a mesma taxa de recuperação; e 3. apresentação de uma nova segmentação temporal, adotando o triênio como período para sucatamento (ver Tabela XVI), ao invés de quinquênio tradicionalmente utilizado. As diferentes estimativas constam, respectivamente, nas Tabelas XVII, XVIII e XIX.

Justificamos a partição da série temporal em triênios por se constituir em período mais curto, quando se torna mais fácil a previsão da agitada conjuntura mercadológica dos produtos siderúrgicos. Face à estreita vinculação do desempenho da siderurgia às nuances variadas de uma política governamental basicamente conjun

---

(26) *Op. cit.*, p.5.

(27) *Op. cit.*, p.20.

TABELA XVI

PORCENTUAL DE SUCATA RECUPERADA POR TRIÊNIO

TRIÊNIO	% DE SUCATA RECUPERÁVEL
0 - 3	3
4 - 6	7
7 - 9	10
10 - 12	10
13 - 15	20
16 - 18	15
19 - 21	15
22 - 24	15
> 25	5

TABELA XVII

ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA<sup>(1)</sup>

QUINQUÊNIO	AÇO POSTO EM USO 10 <sup>3</sup> T	SUCATA REUPERÁVEL 70%	QUINQUÊNIO PROVÁVEL DE SUCATAMENTO															
			23-27	28-32	33-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	63-67	68-72	73-77	78-82	83-87	88-92	MAIS ALEM	
1923 - 27	1.952	1.336	27	107	134	134	267	334	200	67	67							
1928 - 32	1.614	1.130	23	90	113	113	226	282	169	56	56							
1933 - 37	1.843	1.290	26	104	129	129	258	322	194	65	65							
1938 - 42	1.785	1.249		25	100	125	125	250	313	187	63	63						
1943 - 47	2.701	1.890		38	152	189	189	378	472	284	95	95						
1948 - 52	4.973	3.481		70	348	348	696	870	522	174	174							
1953 - 57	6.578	4.605		92	368	461	461	921	1.151	691	230	230						
1958 - 62	9.663	6.764		135	541	676	676	815	1.691	1.015	676	676						
1963 - 67	11.649	8.154		163	652	272	272	1.087	1.359	2.039	2.039	2.039						
1968 - 72	19.415	13.591						1.087	1.359	2.718	2.718	2.718						
1973 - 77	37.788	26.452						1.323	3.174	4.761	4.761	4.761						
1978 - 82	46.123	32.286						1.614	3.874	4.843	4.843	4.843						
1983 - 87	48.507	33.955						1.698	4.075	28.183	28.183	28.183						
1988 - 92	68.334	47.834						2.392	45.442	45.442	45.442	45.442						
TOTAL			27	130	250	376	647	1.036	1.425	1.848	2.521	3.537	6.104	10.146	15.181	22.247	118.721	

1) Proposta I (Tecnometal - 1976) atualizada.

## ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA (1)

QUINQUÊNIO	AÇO POSTO EM USO	SUCATA RECUPERÁVEL	QUINQUÊNIO PROVÁVEL DE SUCATAMENTO														
			23-27	28-32	33-37	38-42	43-47	48-52	53-57	58-62	63-67	68-72	73-77	78-82	83-87	88-92	MAIS ALÉM
1923 - 27	1.952	1.336	27	107	134	134	267	334	200	67	67						
1928 - 32	1.614	1.130	23	90	113	113	226	283	283	170	57	57					
1933 - 37	1.843	1.290	26	104	129	129	258	323	194	65	65	65					
1938 - 42	1.785	1.249		100	25	100	125	125	250	312	187	63	63				
1943 - 47	2.701	1.890		38		38	151	189	189	378	473	284	95	95			
1948 - 52	4.973	3.481		70		70	279	348	348	691	696	870	522	174	174		
1953 - 57	6.578	4.605					230	553	691	829	829	691	461	461	461		
1958 - 62	9.663	6.764						338	812	1.015	1.015	1.218	1.015	676	676		
1963 - 67	11.649	8.154						408	978	1.223	1.468	1.223	815	2.038	2.038		
1968 - 72	19.415	13.591							680	1.631	2.039	2.446	2.039	4.757	4.757		
1973 - 77	37.788	26.452								2.645	5.290	5.290	2.645	10.582	10.582		
1978 - 82	46.123	32.286								3.229	3.229	3.229	3.229	16.145	16.145		
1983 - 87	48.507	33.955												3.396	6.791	23.768	
1988 - 92	68.334	47.834												4.783	4.783	43.051	
TOTAL			27	130	250	376	647	1.035	1.564	2.238	3.267	4.980	8.690	14.452	20.218	24.841	101.583

(1) Proposta II: Vida média de 25 anos (1923-52); 20 anos (1953-72); 15 anos (1973 em diante).



tural, o estabelecimento do triênio como base para estimativa do cálculo de sucata de obsolescência parece ser mais adequado para a apropriação de mudanças de curto e médio prazos. Saliente-se que para a hipótese trienal trabalhamos com um valor conservador de apenas 60% para a taxa de recuperação, seguindo, assim, as postulações de GALLAY.

Analisando-se as estimativas constantes das três Tabelas citadas para o período 1973-87, podemos observar uma oferta total de 31.431 mil toneladas sucata de obsolescência pela hipótese quinzenal originalmente proposta pela TECNOMETAL; a proposição modificada implica em uma oferta superior em 38,0% à encontrada com a suposição original, atingindo um total de 43.360 mil toneladas; à hipótese trienal correspondeu uma oferta de 33.836 mil toneladas para o período considerado.

Uma observação pertinente refere-se à relação entre a geração de sucata de obsolescência e o consumo efetivo de aço em lingotes. Utilizando-nos das estimativas da proposição trienal podemos notar um crescimento na relação, que passa de 0,170 no triênio 1973-75, para 0,311 para 1982-84. Este fato é explicado pelo crescimento da geração de sucata de obsolescência a taxas superiores à de consumo de aço, implicando em uma transformação estrutural de importância significativa já que esse fenômeno é acentuado apenas em países de economia mais avançada com grande consumo passado de aço e que têm, em seus mercados, predominância desse tipo de sucata. Na Tabela XX pode ser vista a evolução do índice mencionado.

### 3.3. GERAÇÃO DE SUCATA INTERNA

A geração de sucata interna é decorrente da incapacidade

TABELA XX

BRASIL: GERAÇÃO DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA  
VERSUS CONSUMO EFETIVO DE AÇO EM LINGOTES

EM 10<sup>3</sup> t

TRIÊNIO	GERAÇÃO TRIENAL SUCATA (A)	CONSUMO TRIENAL DE AÇO (B)	(A)/(B)
1973-75	3.950	23.173	0,170
1976-78	5.043	27.799	0,181
1979-81	6.527	32.498	0,201
1982-84	8.169	26.270	0,311

Fontes: Geração de sucata (Tabela IX); Consumo de Aço (Tabela XIII).

dos processos de fabricação de aço de obter pleno rendimento. A su cata gerada internamente às usinas siderúrgicas retorna ao ciclo inicial da produção e compõe a carga metálica de novas corridas (daí a outra denominação frequentemente usada para a sucata inter na: sucata de retorno).

Apresentamos, na Tabela XXI, originalmente divulgada pelo ISIS<sup>(28)</sup>, informações referentes à relação sucata interna/produção de aço de alguns países. Nota-se que, para 1981 as perdas no Ja pãõ foram de apenas 11%, enquanto nos Estados Unidos foram de 33%. Isto pode ser explicado pelo moderno parque siderúrgico japonês, em contraste com a obsoleta siderurgia norte-americana.

O Brasil figura com o percentual de 21% de sucata interna gerada quando da produção de aço, relação plenamente compatível com os países tradicionais produtores de aço. Entretanto, algumas considerações particularizantes deverão ser empreendidas sobre a geração de sucata interna no Brasil.

Em 1970, 98,1% da produção brasileira de aço era realiza da em sistemas com lingotamentos convencionais. Paulatinamente foi sendo introduzido o lingotamento contínuo que, pelas suas ca racterísticas, reduz sobremaneira a geração de sucata interna. Já em 1983, 44,6% da produção de aço era proveniente de sistemas com lingotamento contínuo. Era de se esperar, portanto, que a geração de sucata interna diminuísse significativamente à medida que equi

amentos mais modernos fossem sendo introduzidos. Mas tal fato não ocorreu.

Na Tabela XXII apresentamos a evolução do índice de gera ção de sucata interna para o período 1972-85. Em 1972 a relação era de 0,217, atingindo um máximo em 1976 com 0,235, até chegar

---

(28) In "Scrap and the Steel Industry", p.3.12.

Steel industry circulating scrap generation  
Percentages of crude steel production: selected countries 1972-1981 (1)

Country	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1990 (2)
Argentina	24	27	25	21	21	19	24	18	21	19	16
Australia	33	28	28	28	26	19	21	22	23	22	23
Austria	24	24	23	24	20	20	19	18	17	15	13
Belgium	19	19	20	21	21	20	19	19	19	19	19
Brazil	22	23	21	21	24	21	22	22	21	21	21
Canada	28	23	23	23	24	25	24	22	23	22	29
Chile	34	33	34	34	38	31	31	32	27	28	25
Finland	13	19	18	19	19	18	17	16	16	17	14
France	23	23	22	23	22	21	20	20	19	18	15
F.R. Germany	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	12
Italy	24	24	23	22	22	20	19	18	18	18	14
Japan	17	16	17	16	15	14	13	12	12	11	8
Korea, P.R.	56	26	13	16	19	20	36	36	35	31	19
Luxemburg	20	20	20	22	22	23	21	22	22	24	16
Netherlands	20	20	21	19	19	22	20	21	21	18	16
South Africa	23	23	22	21	21	19	19	18	17	17	14
Spain	22	21	19	19	22	21	20	17	17	16	14
Sweden	36	37	38	39	37	40	35	34	31	26	20
Taiwan	29	30	29	31	29	12	9	13	12	14	15
United Kingdom	33	33	33	34	34	32	29	28	31	29	26
United States of America	33	33	33	34	34	34	33	33	34	33	30

(1) Accounting for more than 90% of Western World crude steel output.

(2) The figures for 1990 are part of a steel industry survey.

Source: IISI.

TABELA XXII

BRASIL: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE GERAÇÃO  
INTERNA DE SUCATA NA SIDERURGIA

EM 10<sup>3</sup>t

ANOS	GERAÇÃO INTERNA (A)	PRODUÇÃO DE AÇO (B)	(A)/(B)
1972	1.415	6.518	0,217
1973	1.626	7.149	0,227
1974	1.558	7.507	0,208
1975	1.788	8.308	0,215
1976	2.156	9.169	0,235
1977	2.363	11.164	0,212
1978	2.656	12.107	0,219
1979	3.059	13.891	0,220
1980	3.221	15.337	0,210
1981	2.774	13.226	0,209
1982	2.631	12.995	0,202
1983	2.667	14.671	0,182
1984	2.965	18.386	0,161
1985	3.629	20.455	0,177

Fonte: Instituto Brasileiro de Siderurgia.

ao nível de 0,177 em 1985. A média no período foi de 0,207. Em 1976, cerca de 12,3% do aço era produzido via lingotamento contínuo, atingindo 36,7% em 1981. Nesse intervalo a relação não saiu do nível de 20% da produção. Apenas a partir de 1983 há uma maior queda, passando para 0,182 sendo, entretanto, o índice de 1985 superior ao de 1984.

AMORIM<sup>(29)</sup> surpreende-se com este fato e assinala que "os resultados até certos ponto surpreendentes... revelam que o rendimento laminado/aço bruto, que deveria crescer com o aumento da participação do lingotamento contínuo, está sofrendo a influência inversa de alguns fatores como: importação de semiacabados; aumento da participação de produtos planos na nossa produção. Neste tipo de produto, o rendimento laminado/aço bruto para uma mesma participação de lingotamento contínuo é menor que o de não plano comum; maior recuperação de sucata a partir de escória de aciaria."

Uma menor geração de sucata interna significa que os produtores terão que adquirir no mercado sucata externa para as complementações necessárias. No grupo SIDERBRÁS, por exemplo, as grandes usinas integradas raramente iam ao mercado de sucata externa pois havia um equilíbrio entre geração interna e consumo. Em 1983 as usinas integradas a coque utilizaram 1.725.400 t de sucata, tendo gerado 1.679.000 t com o consumo superando a geração em 46.000t. A relação produção de aço líquido/consumo de sucata foi de 0,197t/t e a geração de 0,192 t/t.<sup>(30)</sup>

Historicamente a sucata de geração interna participa com 50% do consumo total de sucata das usinas siderúrgicas, conforme veremos no Capítulo V. É de se esperar, portanto, que essa relação seja mantida pelo menos até meados da próxima década pois, con

(29) Op. cit., p.38.

(30) Conforme GARCIA in "Sucata e Ferro-Esponja-Situação da Oferta e Demanda no Sistema Siderbras", Brasília, 1984, mimeo, 37p.

forme o CONSIDER<sup>(31)</sup> "... quanto ao lingotamento contínuo a sua participação na produção terá doravante um crescimento numa razão menor que no passado".

Na Tabela XXIII apresentamos estimativas de geração de sucata interna, com base nas mesmas premissas adotadas quando da projeção da geração de sucata de processamento industrial.

---

(31) Op. cit., p.15.

TABELA XXIII

BRASIL: PREVISÃO DA GERAÇÃO DE SUCATA INTERNA

ANOS	EM 10 <sup>3</sup> t
	QUANTIDADE
1986	3.992
1987	4.391
1988	4.698
1989	5.027
1990	5.379
1991	5.756
1992	6.159
1993	6.590

Obs.: Crescimento de 10%aa (1986-87).

Crescimento de 7%aa (1988 em diante).

## CAPÍTULO IV

### DEMANDA DE SUCATA DE FERRO E AÇO NO BRASIL: DETERMINAÇÃO E PROJEÇÃO

#### 4.1. EVOLUÇÃO PASSADA DA DEMANDA

Defrontando-se com uma demanda derivada, a sucata de ferro e aço é afetada decisivamente pelo comportamento do mercado do produto em cuja produção é utilizada. É o nível da demanda pelo consumidor que determinará os preços pagos pelos processadores de sucata aos coletadores de sucata de obsolescência. Quando esse preço diminui, em função de conjuntura específica do mercado consumidor, poderá haver, pelas peculiaridades da oferta elástica desse tipo de sucata, uma desarticulação do sistema de coleta.

O mercado ofertante de sucata de obsolescência poderia ser figurativamente representado em forma de uma "escada". Cada "degrau" representa, hipoteticamente, um nível de tonelagem coletado e um tipo específico de coletador. O mais baixo degrau significa a presença de pequenas quantidades e de um micro-coletador, pessoa física que exerce a atividade, ainda marginal, da catação. Uma diminuição de preços, portanto, acarreta um efeito difícil de ser mensurado mas que supõe-se deslocar para outras atividades mais rendosas no curto prazo, muitos agentes atuantes na comercialização, com a redução correspondente das quantidades ofertadas.

O sub-segmento ofertante de sucata de processamento industrial, frente a uma demanda elástica, pode também ser afetado pela redução de preços, mas com menores efeitos nas quantidades ofertadas, face às especificidades de oferta inelástica, como visto em capítulos anteriores.

Na Figura 15 ilustramos os fluxos vigentes entre os diversos agentes envolvidos no processo de comercialização e processamento de sucata de ferro e aço. A sucata de processamento é comprada indistintamente por consumidores finais e por processadores de sucata. A sucata de obsolescência era geralmente adquirida pelos preparadores. Nos últimos anos, entretanto, os consumidores finais, principalmente as siderúrgicas produtoras de aço não-planos comuns, concorrem com os preparadores na aquisição deste tipo de sucata.

A sucata "in natura" coletada é submetida, quando necessário, a diversos tipos de beneficiamento com o objetivo de aumentar a densidade e qualidade. As normas nºs NBR 8746, 8747 e 8748 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, especificam como beneficiamento os seguintes processos: 1. briquetagem - que aumenta a densidade de cavacos (resíduos das operações de torneamento de aços); 2. prensagem - geralmente realizada em sobras de estampagens de metais e em chaparias em geral; 3. oxi-corte-operação realizada em sucatas de obsolescência para homogeneização de tamanho compatível com os fornos dos consumidores; 4. desestanhamento - retirada do estanho contido em retalhos de folhas de flandres; 5. desmonte - "quebra" de grandes peças usadas de ferro fundido em partes menores. Há, ainda, a separação manual que, entretanto, não pode ser comparada aos tipos de processamento industrial descritos.

A preparação de sucata é considerada como atividade industrial, incluída na categoria econômica de "indústria de preparação de sucata ferrosa e não ferrosa", a que faz referência o artigo nº

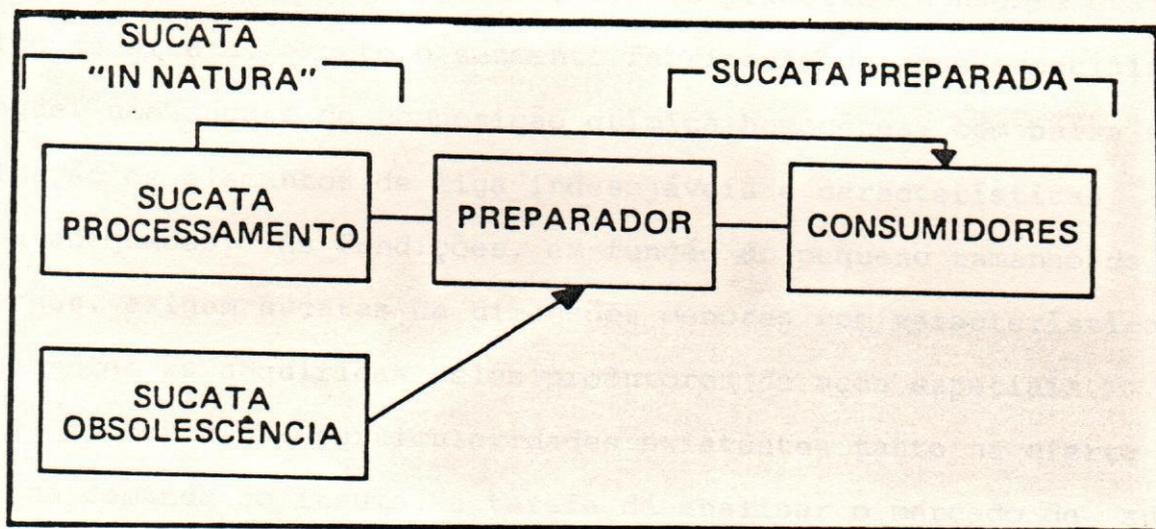


FIGURA 15 - FLUXO DE COMERCIALIZAÇÃO DE SUCATA EXTERNA

477 da Consolidação das Leis do Trabalho, conforme decisão da Comissão de Enquadramento Sindical do Ministério do Trabalho, de 13 de maio de 1981. Há, no país, muitas empresas dedicadas à preparação de sucata de ferro e aço, em parte representadas pelo Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata de Ferro e Aço - INESFA, com sede em São Paulo. São geralmente pequenas e médias empresas, algumas das quais pertencentes a siderúrgicas que integram verticalmente no ramo da preparação de sucata, fenômeno iniciado na corrente década e que tem-se acentuado nos últimos três anos.

Os grandes consumidores de sucata de ferro e aço são os setores siderúrgico e de fundição. Os primeiros consomem qualquer tipo de sucata, exceto o segmento fabricante de aços especiais que requer uma sucata de composição química homogênea, com baixa contaminação de elementos de liga indesejáveis e características físicas adequadas. As fundições, em função do pequeno tamanho de seus fornos, exigem sucatas de dimensões menores com características semelhantes às adquiridas pelos produtores de aços especiais.

Mercê das particularidades existentes tanto na oferta quanto na demanda do insumo, a tarefa de analisar o mercado de sucata torna-se complexa. Ao levantarmos as parcas estatísticas disponíveis defrontamo-nos com um crônico problema de qualidade das informações que, aliado ao descaso com que é tratada a sua problemática em nosso país, resultam em uma série de dificuldades para o adequado estudo das interrelações existentes.

Assim, os dados sobre demanda de sucata não estão convenientemente separados segundo o tipo (obsolescência ou processamento); não existe acompanhamento e fornecimento governamental de informações padronizadas sobre demanda e oferta; ao nível dos consumidores, principalmente das siderúrgicas, o sistema de informações visa sobremaneira ao levantamento de um elenco mínimo de estatísticas para atendimento a necessidades meramente conjunturais das reu

niões do Sistema Coordenado de Abastecimento; os preparadores de sucata, pelo pequeno número de empresas associadas ao INESFA, não conseguem apurar adequadamente informações sobre a oferta de curto prazo.

Frente a todas essas dificuldades não tivemos outra opção a não ser trabalhar com dados genéricos de demanda de sucata, apesar de estarmos conscientes dos problemas metodológicos que poderão advir pela impossibilidade de separação das informações referentes aos dois distintos tipos de sucata externa. Na Tabela XXV apresentamos informações referentes ao período 1967-85 de consumo total e per capita de sucata de ferro e aço. Geralmente considera-se que quase todo o consumo de sucata do país<sup>(1)</sup> corresponde aos setores siderúrgico e de fundição. Pequenas quantidades de sucata são adquiridas pelos produtores de ferro-silício e por empresas de pequeno porte que utilizam sucata sem refusão, na fabricação de artefatos de metal. Neste total está incluída a parcela de sucata gerada internamente pelas usinas siderúrgicas.<sup>(2)</sup>

No período considerado o consumo per capita de sucata passou de 22 para 55 quilos por habitante, com um máximo de consumo verificando-se em 1980. Apenas em 1985 o consumo de sucata brasileiro ultrapassou os níveis obtidos naquele ano. Esse consumo é muito baixo em termos internacionais. Os grandes países industrializados têm consumo per capita superior a 200 quilos por habitante, destacando-se os Estados Unidos, Japão e Alemanha Ocidental que superaram os 300 quilos por habitante.

Até o início da década dos 70 predominava no Brasil a pro

(1) Em 1979 o INESFA, no único trabalho que dimensionou as aquisições dos consumidores, publicado no informativo Sucata, ano II, nº 16, nov-dez 80, calculou em 74% a participação da Siderurgia, 24% da Fundição e 2,0% a dos produtores de ferro-ligas e outros consumidores.

(2) É interessante notar a distinção que de agora em diante faremos dos termos "consumo" e "compras". O primeiro refere-se às quantidades efetivamente consumidas de sucata interna e externa; o segundo, às quantidades adquiridas de sucata (ou apenas sucata externa).

TABELA XXIV

BRASIL: CONSUMO TOTAL E PER CAPITA DE SUCATA  
DE FERRO E AÇO

ANOS	CONSUMO TOTAL <sup>(1)</sup>	POPULAÇÃO <sup>(2)</sup>	CONSUMO
	(10 <sup>3</sup> t)	(1.000 HAB.)	PER CAPITA
	(A)	(B)	(A)/(B)
1967	1.862	85.500	0,022
1968	2.054	88.000	0,023
1969	1.995	90.500	0,022
1970	2.193	93.139	0,024
1971	2.549	95.457	0,027
1972	2.830	97.833	0,029
1973	3.420	100.269	0,034
1974	3.609	102.764	0,035
1975	4.152	105.322	0,039
1976	4.746	107.944	0,044
1977	5.110	110.631	0,046
1978	5.783	113.384	0,051
1979	6.467	116.207	0,056
1980	7.074	121.286	0,058
1981	5.966	122.065	0,048
1982	5.499	126.898	0,043
1983	5.896	129.766	0,045
1984	6.742	132.659	0,051
1985	7.454	135.564	0,055

Fontes: (1) Instituto Brasileiro de Siderurgia.

(2) IBGE - Anuário Estatístico 1985.

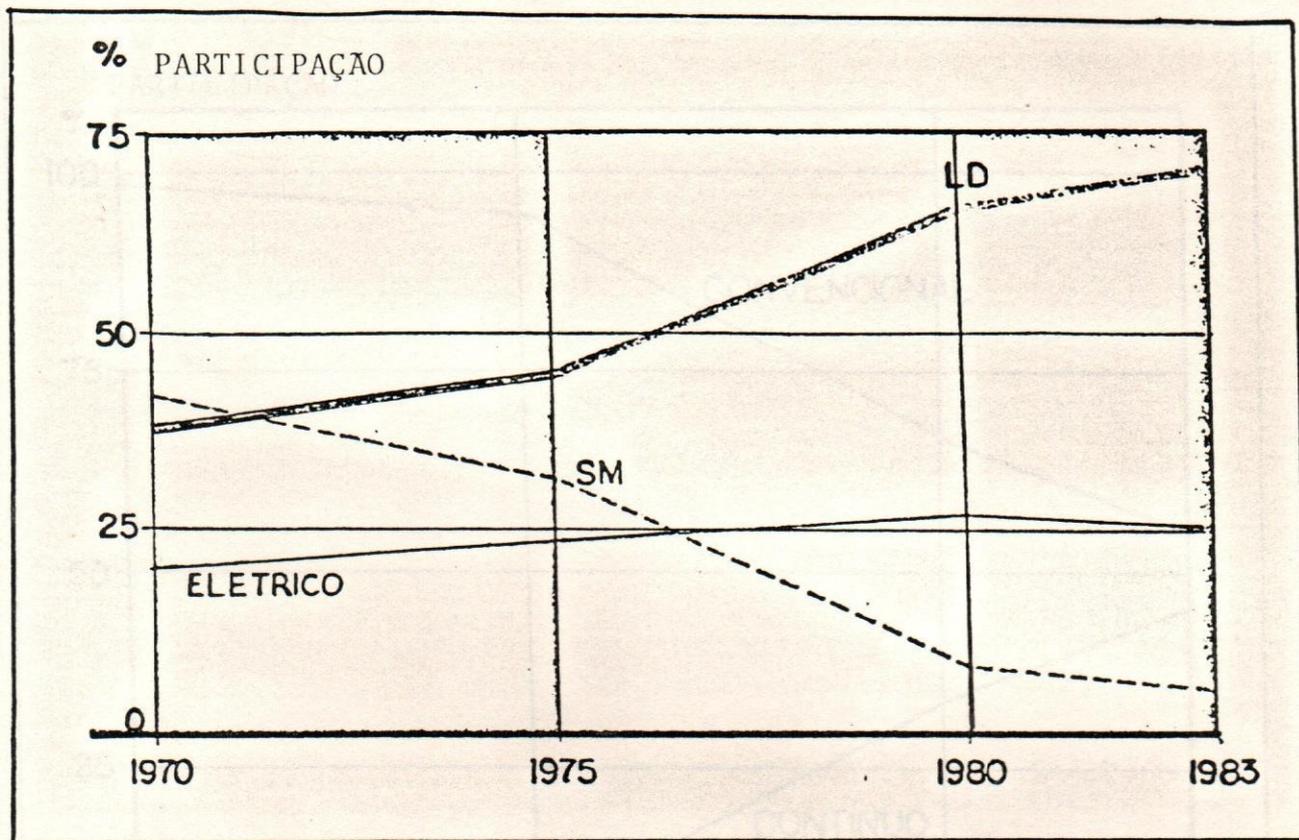
dução de aço em fornos tipos Siemens-Martin, responsáveis por 42% da produção em 1970. Como salientamos anteriormente, esses fornos são grandes consumidores de sucata mas com o avanço tecnológico foram sendo paulatinamente substituídos, tendo produzido, em 1983, apenas 6% do aço brasileiro. Na Figura 16 apresentamos a evolução da estrutura produtiva de aço no país para os anos de 1970, 1975, 1980 e 1983. Nota-se um grande crescimento do aço produzido nos conversores LD e, em menor escala, em fornos elétricos.

Na Figura 17 mostramos a evolução da implantação, em nosso país, do sistema de lingotamento contínuo para os anos mencionados anteriormente. Em um período não muito longo houve uma mudança tecnológica estrutural que atingiu, em 1983, 41% da produção de aços planos comuns e perfis pesados, 64% da produção de aços não planos comuns e 18% da produção de aços especiais. (3)

Essas duas inovações tecnológicas têm reflexos diferentes no mercado de sucata. Enquanto, teoricamente, a progressiva substituição dos fornos SM poderia significar uma redução substancial nas aquisições de sucata externa, a introdução dos sistemas de lingotamento contínuo que reduz a geração de sucata interna - serve como fator de acréscimo de compras para composição de carga metálica. Como visto no Capítulo III essas novas tecnologias não devem afetar substancialmente o mercado de sucata externa.

Voltando à análise dos dados da Tabela XXIV pode-se notar, portanto, que a sensível diminuição do consumo de sucata após 1980 está relacionado principalmente ao estágio recessivo enfrentado pela economia brasileira, não parecendo ter as inovações tecnológicas introduzidas a nível de consumidor maiores reflexos nesse quadro, pelo menos com base nas informações disponíveis.

(3) Dados divulgados pelo CONSIDER durante o Seminário sobre Uso de Fontes Metálicas na Siderurgia, Brasília, 22 fev.1984.

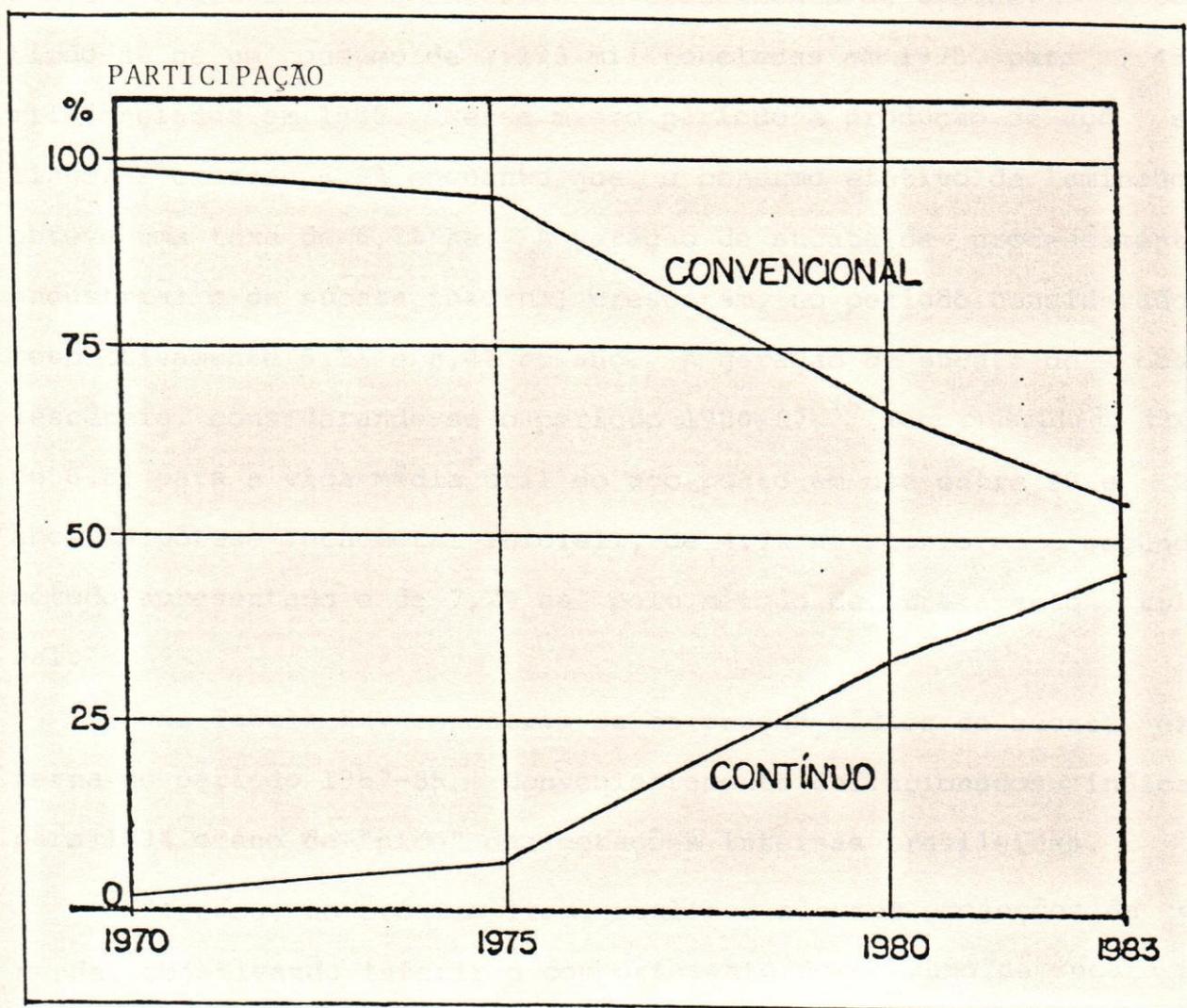


% PRODUÇÃO DE AÇO POR PROCESSO

PROCESSOS	1970	1975	1980	1983
CONVERSORES	38,0%	44,5%	65,1%	69,8%
SIEMENS MARTIN	41,8%	31,6%	9,0%	5,6%
ELÉTRICO	20,2%	23,9%	25,9%	24,6%

Figura - 16

FATOR RELEVANTE NO CONSUMO DE SUCATA  
(PROCESSOS PRODUÇÃO DE AÇO)



% PRODUÇÃO DE AÇO POR TIPO DE LINGOTAMENTO

LINGOTAMENTO	1970	1975	1980	1983
CONVENCIONAL	98,1%	94,2%	66,4%	55,4%
CONTÍNUO	1,9%	5,8%	33,6%	44,6%

FIGURA 17 - FATOR RELEVANTE NA GERAÇÃO INTERNA DE SUCATA  
(SISTEMA DE LINGOTAMENTO)

No período 1970-85 a demanda brasileira de sucata de ferro e aço evoluiu à taxa geométrica de crescimento de 8,5%aa, <sup>(4)</sup> par\_ tindo-se de um consumo de 2.193 mil toneladas em 1970, para 7.454 mil toneladas em 1985. Nesse mesmo período a produção de aço em lingotes cresceu 6,9% enquanto que o consumo efetivo de laminados obteve uma taxa de 6,2% aa. A geração de sucata de processamento industrial e de sucata interna, cresceram, no período considerado, respectivamente 5,2% e 8,4% ao ano. A geração de sucata de obs\_ lescência, considerando-se o período 1980-87, <sup>(5)</sup> terá crescido às taxas de 6,8% para a vida média útil do aço posto em uso entre 20 e 25 anos (Hipótese Tecnometal inicial), de 4,7% aa conforme o segundo método apresentado e de 7,2% aa pelo método de sucatamento trie\_ nal.

Na Tabela XXV encontram-se os preços médios de sucata ex\_ terna no período 1967-85. Convenientemente deflacionados indicam para 1974 o ano de "pico" das cotações internas brasileiras.

Iremos, no próximo item, realizar algumas projeções de de\_ manda, objetivando inferir o comportamento do consumo de sucata pa\_ ra o período 1986-1993.

- 
- (4) Define-se como taxa geométrica de crescimento a relação  $i = \sqrt[n]{\frac{C_n}{C_0}} - 1$ , onde  $C_n$  é o consumo no ano  $n$ ,  $C_0$  o consumo ano base e  $n$  o número de períodos.
- (5) Período considerado para a adequada estimação de sucata de ob\_ solescência gerada segundo cada método.

TABELA XXV

## BRASIL: PREÇOS NOMINAL E REAL DE SUCATA DE FERRO E AÇO

ANOS	PREÇO NOMINAL (1) (CR\$/t)	ÍNDICE GERAL DE PREÇOS (2)	PREÇO REAL (CR\$/t)
		1977 = 100	
1967	79	10,40	782
1968	108	12,90	837
1969	138	15,50	890
1970	176	18,60	946
1971	234	22,38	1.046
1972	242	26,25	922
1973	270	30,16	895
1974	619	38,81	1.595
1975	694	49,63	1.398
1976	706	70,10	1.007
1977	811	100,00	811
1978	1.252	138,7	903
1979	2.462	213,5	1.153
1980	5.312	427,5	1.243
1981	8.745	897,3	975
1982	15.764	1.753,7	899
1983	40.255	4.463,8	902
1984	179.027	14.311,7	1.251
1985	700.795	46.587,5	1.504

Fontes: (1) 1967-72 - POUBEL, Ethienne, op. cit. p. 34.  
1973-85 - Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS.

(2) FGV - Fundação Getúlio Vargas.

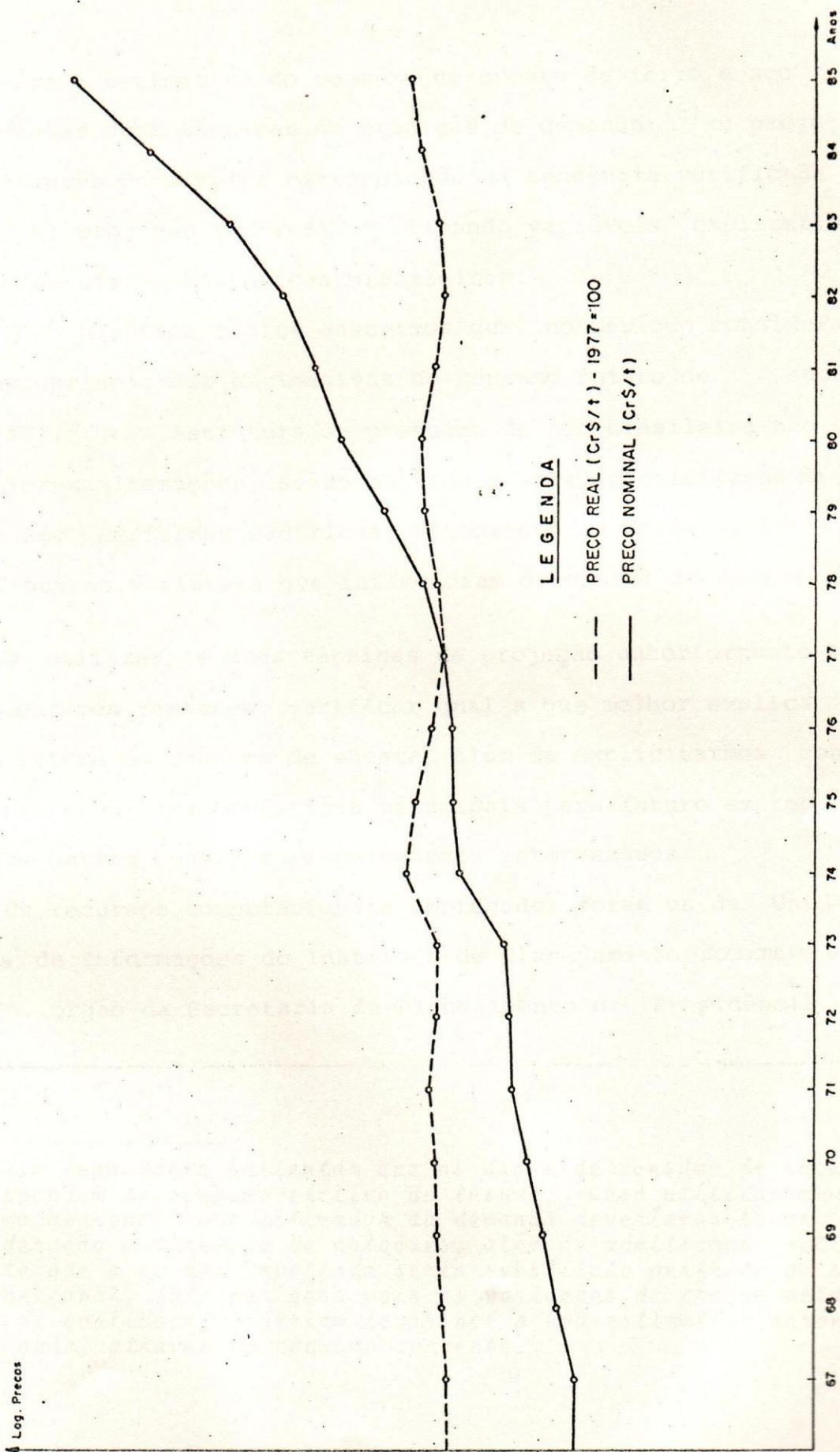


FIGURA 18 - EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DE SUCATA DE FERRO E AÇO (1967-1985)

#### 4.2. PROJEÇÃO DO CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO

Para a estimativa do consumo de sucata de ferro e aço se rão empregadas duas técnicas de projeção de demanda: <sup>(6)</sup> a) projeção direta, através da simples extrapolação da tendência verificada no passado; b) projeção indireta, utilizando variáveis explicativas com dados de séries históricas brasileiras.

Como hipótese básica assumimos que, no período considerado para a apropriação das estimativas de consumo futuro de sucata (1986-1993), a estrutura de produção de aço brasileira não sofrerá maiores alterações, sendo mantida a atual participação da produção de aço em fornos elétricos, e conservadas, também, "*ceteris paribus*" outras variáveis que influenciam o consumo de sucata.

Ao utilizar as duas técnicas de projeção anteriormente mencionadas estamos tentando, verificar qual a que melhor explica a evolução futura do consumo de sucata, além de explicitarmos convenientemente suas características principais para futuro emprego na análise de outros bens por pesquisadores interessados.

Os recursos computacionais empregados foram os da Unidade Produtora de Informações do Instituto de Planejamento Econômico e Social-IPEA, órgão da Secretaria de Planejamento da Presidência da República.

---

(6) Torna-se importante salientar que os dados de consumo de sucata correspondem ao consumo efetivo do insumo. Caso utilizássemos o consumo aparente como estimador da demanda deveríamos levar em consideração a variação de estoques, além de admitirmos implicitamente que a sucata importada seria substituto perfeito da sucata nacional, fato perigoso pois as variações de preços relativos e de qualidade, poderiam levar-nos a uma estimativa errônea da demanda, através do consumo aparente.

#### 4.2.1. Projeção direta

A aplicação da projeção direta supõe que as variáveis que determinam a demanda de sucata (renda, população, preços, etc.) evoluirão no período considerado básico para a projeção (1986-1993) segundo a tendência histórica verificada nos anos utilizados como fonte de informações sobre a demanda passada (1970-85). Esta hipótese, muito restrita a nosso entender, invalida quaisquer inferências sobre os resultados obtidos, caso uma das variáveis determinísticas da demanda de sucata não tenha uma evolução futura que possa ser considerada como uma extrapolação do passado. (7)

Genericamente o modelo (8) pode ser descrito como:

$$C = \beta_0 e^{\beta_1 (t - 1969)}$$

onde C - consumo per capita de sucata de ferro e aço

e - base dos logaritmos naturais

t - (ano)

$\beta_0$  e  $\beta_1$  - parâmetros a determinar

---

(7) LEME, *op. cit.*, p.33, limita a utilização deste método aos bens não duráveis de consumo ou de produção.

(8) Foi escolhida a forma exponencial, ao invés da linear, pelo melhor desempenho conforme veremos mais adiante nos quadros-resumo dos resultados.

Fazendo-se a regressão linear do logaritmo natural do consumo per capita de sucata de ferro e aço sobre o tempo<sup>(9)</sup>, encontramos a seguinte equação:

$$\ln C = -3,59150 + 0,04805 t$$

(-46,04)      (5,95)       $r^2 = 0,72$

Além da significância estatística dos parâmetros, foi testada a existência de regressão pelo teste "F" de Snedecor, com rejeição da hipótese nula para  $\alpha = 0,05$ . A aplicação do teste de Durbin-Watson para medir autocorrelação serial resultou na rejeição da hipótese  $H_0 : \rho = 0$ , havendo, pois, evidência de dependência estocástica entre os resíduos. Na Tabela XXVI apresentamos as estimativas do consumo per capita de sucata<sup>(10)</sup> que, convenientemente multiplicados pela população de cada ano, implicam no consumo total de sucata.

(9) Os números entre parênteses são os valores do teste "t" de Student para os coeficientes. Como  $t_{0,05}^{14} = 2,14$ , rejeita-se a hipótese nula  $H_0 : \beta_i = 0$  para os parâmetros.

(10) A dimensão da população deve estar sempre incluída nas funções de demanda. Ou, conforme, LEME, op. cit., p.23: "no caso de bens de produção emprega-se para definir a dimensão da população consumidora uma variável macroeconômica, como por exemplo o produto nacional...".

## TABELA XXVI

## PROJEÇÃO DIRETA

BRASIL: ESTIMATIVA DO CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO

1986 - 1993

EM 10<sup>3</sup>t

ANOS	CONSUMO PER CAPITA	POPULAÇÃO ESTIMADA <sup>(1)</sup>	CONSUMO TOTAL
1986	0,062	138.493	8.587
1987	0,065	141.452	9.194
1988	0,069	144.428	9.966
1989	0,072	147.404	10.613
1990	0,076	150.368	11.428
1991	0,079	153.322	12.112
1992	0,083	156.275	12.971
1993	0,087	159.224	13.902

(1) Dados de População do Brasil. Fonte: Anuário Estatístico do Brasil, 1985; IBGE.

#### 4.2.2. Projeção indireta com dados nacionais

Iremos realizar a projeção do consumo de sucata através das variáveis explicativas normalmente empregadas nessa técnica (renda, preço e tendência). O número de variáveis que podem ser utilizadas é bastante limitado, pois têm que atender duas condições, segundo LEME<sup>(11)</sup>; *"a variável deve ser de mais fácil previsão do que a própria demanda que está sendo projetada... e deve estar relacionada com a demanda por uma lei estável no tempo"*.

Utilizamos como variáveis explicativas da demanda de sucata o índice do produto real per capita (Ver Tabela XXVII), os preços reais e a variável tempo. Realizamos regressões com a técnica "step wise" para encontrar a melhor equação com as formas exponencial e linear. Os resultados dessas regressões são apresentados nas Tabelas XXVIII a XXXIII.

Da análise dessas Tabelas depreende-se que coeficiente da variável preço, esperado ser negativo face à relação inversa entre preços e quantidades demandadas conforme a teoria econômica, apresentava-se com sinal positivo e com os parâmetros não significativos ao nível de 5%. De início pensávamos que esse efeito se devia ao fato de considerarmos para as projeções as quantidades consumidas, que incluem a parcela de sucata interna não cotada no mercado e que poderia estar influenciando as estimativas.

Optamos, pois, em procurar estabelecer uma relação funcional entre compras de sucata externa (exceto, obviamente, a parcela

---

(11) LEME, *op. cit.*, pp 15-16.

TABELA XXVII

BRASIL: ÍNDICE DO PRODUTO REAL PER CAPITA

1970 = 100

ANOS	ÍNDICE DO PRODUTO REAL PER CAPITA 1970 = 100
1970	100
1971	109,3
1972	118,5
1973	113,3
1974	140,6
1975	144,6
1976	154,8
1977	159,7
1978	163,7
1979	169,9
1980	177,7
1981	170,7
1982	168,1
1983	158,8
1984	161,9
1985	171,1

Fonte: Fundação Getúlio Vargas.

## RESUMO DOS RESULTADOS

MODELO:  $\ln C = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln Y + \beta_3 t$

Regressão Exponencial Tipo	Coeficientes "t" (n = 16)					r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$t_{n-k}$ 0,05			
$\ln C = f(t)$	-3,59 (-46,04)*	-	-	0,04805 (5,95)*	2,131	0,72	35,47*	0,3881****
$\ln C = f(Y)$	-10,71 (-20,87)*	-	1,51 (14,67)*	-	2,131	0,94	215,34*	1,053?
$\ln C = f(Y, t)$	-10,34 (-10,63)*	-	1,43 (6,94)*	0,00338 (0,45)**	2,145	0,94	101,65*	1,0582?
$\ln C = f(Y, P)$	-11,06 (-14,90)*	0,059 (0,67)**	1,49 (14,04)*	-	2,145	0,94	103,68*	1,0759?
$\ln C = f(P)$	-5,14 (-2,17)*	0,28 (0,83)**	-	-	2,131	0,05	0,68**	0,1674****
$\ln C = f(P, t)$	-4,12 (-3,07)*	0,08 (0,40)**	-	0,047 (5,60)*	2,145	0,72	16,75*	0,3709****
$\ln C = f(P, Y, t)$	-10,71 (-9,19)*	0,06 (0,62)**	1,42 (6,75)*	0,00304 (0,39)**	2,160	0,94	64,69*	1,0753?

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$ . Rejeito  $H_0: \beta_i = 0$

(\*\*) Não significante para  $\alpha = 0,05$ . Aceito  $H_0: \beta_i = 0$

(\*\*\*) Teste de Durbin Watson - Aceito  $H_0: \rho = 0$

(\*\*\*\*) Teste de Durbin Watson - Rejeito  $H_0: \rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

## TABELA XXIX

## RESUMO DOS RESULTADOS

$$\text{MODELO: Consumo} = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 Y + \beta_3 t$$

Regressão Linear Tipo	Coeficientes e "t" (n = 16)				t <sub>n-k</sub>	r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$				
C = f(Y,P)	-0,02 (3,52)*	0,0000 (0,68)**	0,00041 (11,06)*	-	2,145	0,91	64,53*	0,90849?
C = f(P)	0,03 (2,53)*	0,0000 (0,83)**	-	-	2,131	0,05	0,69**	0,1952****
C = f(P,t)	0,02 (3,17)*	0,0000 (0,43)**	-	0,0182 (5,33)*	2,145	0,70	15,23*	0,4753****
C = f(t)	0,03 (8,56)*	-	-	0,00185 (5,67)*	2,131	0,70	32,14*	0,5019****
C = f(Y,t)	-0,02 (-2,17)*	-	0,0004 (5,36)*	0,00008 (0,21)**	2,145	0,91	62,34*	1,0039?
C = f(Y)	-0,02 (-3,71)*	-	0,00042 (11,56)*	-	2,131	0,91	133,7*	1,0013?
C = f(Y,P,t)	-0,02 (-2,20)*	0,0000 (0,64)**	0,00004 (5,23)*	0,0006 (0,17)**	2,160	0,91	39,81*	1,0134?

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$ . Rejeito  $H_0: \beta_i = 0$

(\*\*) Não significante  $\alpha = 0,05$ . Aceito  $H_0: \beta_i = 0$

(\*\*\*) Teste de Durbin Watson - Aceito  $H_0: \rho = 0$

(\*\*\*\*) Teste de Durbin Watson - Rejeito  $H_0: \rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

## RESUMO DOS RESULTADOS

$$\text{MODELO: COMPRAS} = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 Y + \beta_3 t$$

Regressão linear tipo	Coeficiente e teste "t"				r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$			
C = f(p, y, t)	-2.415,7 (-2,84)*	0,49 (1,61)**	26,24 (3,44)*	87,93 (2,83)*	0,915	35,73*	1,7887***
C = f(p)	2.025,07 (1,96)**	0,78 (0,86)**	-	-	0,06	0,73**	0,2296****
C = f(p, y)	-4.558,12 (-4,66)*	0,56 (1,46)**	43,6 (7,52)*	-	0,85	30,33*	1,1946(?)
C = f(y)	-4.034,5 (-4,24)*	-	44,23 (7,31)*	-	0,82	53,51*	1,0742****
C = f(p, t)	1.077,94 (2,15)**	0,46 (1,07)**	-	173,96 (6,69)*	0,81	24,05*	0,9574****
C = f(t)	1.560,62 (7,05)*	-	-	177,13 (6,81)*	0,79	46,36*	1,0758****
C = f(y, t)	-1.858,19 (-1,71)**	-	25,90 (3,17)*	92,40 (2,79)*	0,89	45,76*	1,6599***

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$ . Rejeita  $H_0 : \beta_i = 0$

(\*\*) Não significante a  $\alpha = 0,05$ . Aceita  $H_0 : \beta_i = 0$

(\*\*\*) Aceita  $H_0 : \rho = 0$

(\*\*\*\*) Rejeita  $H_0 : \rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

## RESUMO DOS RESULTADOS

$$\text{MODELO: } \ln \text{ Compras} = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln P + \beta_2 \ln Y + \beta_3 t$$

Regressão Exponencial Tipo	Coeficientes e "t" (n = 14)				r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$			
$\ln C = f(P, Y, t)$	-3,56 (-1,93)**	0,200 (1,85)**	1,96 (5,70)*	0,02 (2,6)*	0,95	62,20*	1,6401?
$\ln C = f(P)$	5,33 (1,81)**	0,37 (0,88)**	-	-	0,06	0,77**	0,1763****
$\ln C = f(P, Y)$	-7,13 (-4,75)*	0,22 (1,68)**	2,67 (10,54)*	-	0,92	59,46*	1,2285?
$\ln C = f(Y)$	-5,79 (-4,24)*	-	2,72 (10,04)*	-	0,89	100,74*	1,0971?
$\ln C = f(t)$	7,40 (78,2)*	-	-	0,069 (6,28)*	0,77	39,47*	0,6680****
$\ln C = f(P, t)$	6,02 (4,07)*	0,20 (0,93)**	-	0,068 (6,07)*	0,78	19,96*	0,5466****
$\ln C = f(Y, t)$	-2,17 (-1,17)**	-	1,96 (5,15)*	0,03 (2,48)*	0,93	75,05*	1,4949?

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$  - Rejeita  $H_0 : \beta_i = 0$

(\*\*) Não significante a  $\alpha = 0,05$  - Aceite  $H_0 : \beta_i = 0$

(\*\*\*) Aceite  $H_0 : \rho = 0$

(\*\*\*\*) Rejeita  $H_0 : \rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

## RESUMO DOS RESULTADOS

MODELO: Consumo =  $\beta_0 + \beta_1 P_{t-1} + \beta_2 Y_t + \beta_3 t$

Regressão Linear Tipo	Coeficiente e "t" (n = 16)				r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$			
C = f(Y, P <sub>t-1</sub> , t)	-0,018 (-1,95)**	-0,00 (-0,47)**	0,00041 (5,15)*	0,00004 (0,12)**	0,91	39,16*	1,0701?
C = f(Y, P <sub>t-1</sub> )	-0,019 (-2,87)*	-0,000 (-0,53)**	0,00042 (11,15)*	-	0,91	63,55*	1,0731?
C = f(P <sub>t-1</sub> , t)	0,023 (2,82)*	0,000 (0,52)**	-	0,00184 (5,47)*	0,70	15,37*	0,5157****
C = f(P <sub>t-1</sub> )	0,036 (2,59)*	0,000 (0,53)**	-	-	0,02	0,28**	0,2022****

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$ . Rejeita H<sub>0</sub> :  $\beta_1 = 0$

(\*\*) Não significante a  $\alpha = 0,05$ . Aceita H<sub>0</sub> =  $\beta_i = 0$

(\*\*\*) Aceita H<sub>0</sub> :  $\rho = 0$

(\*\*\*\*) Rejeita H<sub>0</sub> :  $\rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

## RESUMO DOS RESULTADOS

MODELO:  $\ln \text{Consumo} = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln P_{t-1} + \beta_2 \ln Y + \beta_3 t$

Regressão Exponencial Tipo	Coeficiente e "t" (n = 16)				r <sup>2</sup>	F	Durbin Watson
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$			
$\ln C = f(Y, P_{t-1}, t)$	-10,17 (9,26)*	-0,04022 (-0,39)**	1,45 (6,57)*	0,00281 (0,36)**	0,94	63,38*	1,1099?
$\ln C = f(Y, P_{t-1})^*$	-10,44 (-13,46)*	-0,04711 (-0,48)**	1,52 (14,03)*	-	0,94	101,85*	1,1175?
$\ln C = f(Y, t)$	-10,34 (-10,63)*	-	1,43 (6,94)*	0,00338 (0,45)**	0,94	101,65*	1,0582?
$\ln C = f(P_{t-1}, t)$	-4,57 (-3,21)*	0,14220 (0,69)**	-	0,05 (5,76)*	0,73	17,311*	0,4183****
$\ln C = f(P_{t-1})$	-4,92 (-1,90)*	-	-	-	0,03	0,45**	0,1759****

Obs.: (\*) Significante a  $\alpha = 0,05$ . Rejeita  $H_0 : \beta_1 = 0$

(\*\*) Não significante a  $\alpha = 0,05$ . Aceita  $H_0 : \beta_i = 0$

(\*\*\*) Aceita  $H_0 ; \rho = 0$

(\*\*\*\*) Rejeita  $H_0 : \rho = 0$

(?) Teste Durbin Watson inconclusivo.

de sucata interna) e as variáveis explicativas. Novamente os coeficientes da variável preço das diversas regressões "step wise" apresentaram-se com sinais positivos. Além disso, não significantemente diferentes de zero, ao nível de 5% do teste "t" de Student. Concluimos por entender que esses resultados inesperados não deveriam estar correlacionados pela distinção entre "consumo" e "compras", passando a tentar estimar o parâmetro relacionado ao preço por outro método.

Assim tentamos verificar se os resultados melhoravam com a introdução de efeitos retardados na variável preço, empregando nos diversos modelos ao invés da variável  $P_t$ , uma defasagem de um ano correspondendo a  $P_{t-1}$ . Com essa modificação algumas equações apresentaram o sinal negativo esperado com base na teoria econômica. Entretanto, sem exceção, todos os coeficientes não foram significativos na rejeição da hipótese nula. Na estimativa exponencial com variável defasada (ver Tabela XXXIII) o coeficiente  $\beta_1$ , de -0,04022, da primeira equação implicaria, caso fosse significativa em termos estatísticos, ser a elasticidade-preço da demanda menor do que a unidade. Como vimos no Capítulo II este resultado estaria coerente com a demanda inelástica esperada pela sucata de obsolescência e, em sendo este tipo de sucata geralmente o predominante nos mercados, era o que se poderia esperar das estimativas. Como não houve a significância estatística não podemos inferir sobre a correção das nossas estimativas, citando o fato apenas como curiosidade pois, pela primeira vez, este tipo de análise é realizada em nosso país.

Tendo em vista os decepcionantes resultados referentes à variável preço, decidimos excluí-la de nosso modelo definitivo de demanda de sucata de ferro e aço. Dentre todas as equações optamos por escolher a que relaciona, em termos exponenciais, apenas o consumo per capita com o índice do produto real per capita. A força

ma geral de nosso modelo seria:

$$C = \beta_0 Y^{\beta_1}$$

onde,

C - consumo per capita de sucata

Y - índice do produto real per capita

$\beta_1$  - coeficiente de elasticidade-renda

$\beta_0$  - intercepto

Assim, logaritmando o consumo per capita e estimando, encontramos a seguinte equação:

$$\ln C = -10,70685 + 1,50548 \ln Y$$

(-20,87)      (14,67)       $r^2 = 0,93895$

Notamos que há uma alta elasticidade-renda ( $\beta_1 = 1,51$ ) o que implica em uma resposta acentuada do consumo de sucata a modificações na renda da economia, conforme havíamos salientado anteriormente. Há também, uma componente estrutural de retardo, indicado pelo sinal negativo do intercepto, o que pode estar atribuído à instabilidade das quantidades demandadas durante os períodos passados. Os coeficientes foram significantes a 5%, havendo entretanto indeterminação quanto a correlação serial pela aplicação do teste de Durbin-Watson.<sup>(12)</sup>

---

(12) Com o auxílio do Laboratório de Estatística da UNICAMP foram realizados testes adicionais para detectar a presença de auto-correlação serial, com o emprego dos esquemas auto-regressivos de ordens 1 e 2. Os resultados indicaram não haver problemas de auto-correlação serial no modelo utilizado.

Buscamos, a seguir, definir três hipóteses sobre a evolução futura do índice do produto real per capita: a) hipótese otimista, supondo a repetição do crescimento médio da década de 70; b) hipótese pessimista, prevendo uma trajetória abaixo da média histórica; e c) hipótese mais provável, de crescimento rápido, embora inferior ao da hipótese otimista, em função da atual conjuntura de demanda reprimida. As hipóteses e correspondentes estimativas do índice do produto real per capita estão apresentadas na Tabela XXXIV. (13)

Na Tabela XXXV constam as estimativas do consumo per capita e total de sucata, este último realizado com base nas projeções populacionais do IBGE já empregadas. Fazendo uma análise das estimativas verificamos que o consumo de sucata no período 1986-1993 evoluiria a taxas geométricas de crescimento inferiores às encontradas pela evolução passada da demanda, que, como vimos, foi de 8,5% aa. Pela hipótese mais provável a taxa esperada seria de 7,4% aa, e de 8,4% e 5,9% aa foi o crescimento implícito nas estimativas pelas hipóteses otimista e pessimista sobre o crescimento do índice do produto real per capita.

As estimativas encontradas pelo uso da técnica da projeção direta apresentaram uma taxa de crescimento de 6,2% aa para 1986-1993 compatível, portanto, com a média das taxas verificadas quando empregamos a técnica da projeção indireta. Isso pode estar relacionado com o menor poder de explicação da regressão do logaritmo natural do consumo per capita de sucata com a variável tempo, medido pelo coeficiente de determinação ( $r^2$ ), de apenas 72%, enquanto esse mesmo coeficiente foi de 94% na projeção indireta.

(13) Quando do estabelecimento das hipóteses da evolução do Índice do Produto Real Per Capita, foi descontado o crescimento populacional de 2,5% aa verificado no período de 1967-1985.

TABELA XXXIV

BRASIL: EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DO PRODUTO REAL PER CAPITA

1986 - 1993

ANOS	HIPÓTESE PROVÁVEL		HIPÓTESE OTIMISTA		HIPÓTESE PESSIMISTA	
	% VARIAÇÃO	VALOR	% VARIAÇÃO	VALOR	% VARIAÇÃO	VALOR
1986	7,5	184,6	9,5	187,4	5,5	180,5
1987	3,5	191,0	5,5	197,7	2,5	185,0
1988	3,5	197,7	5,5	208,5	2,5	189,6
1989	3,5	204,6	5,5	220,0	2,5	194,4
1990	4,5	213,9	4,5	229,9	3,5	201,2
1991	4,5	223,5	4,5	240,2	3,5	208,3
1992	4,5	233,5	4,5	251,1	3,5	215,5
1993	4,5	244,0	4,5	262,4	3,5	223,1

TABELA XXXV

BRASIL: ESTIMATIVA DO CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO<sup>(1)</sup>

1986 - 1993

em 10<sup>3</sup> t

ANOS	CONSUMO PER CAPITA			CONSUMO TOTAL		
	HIPÓTESE PROVÁVEL	HIPÓTESE OTIMISTA	HIPÓTESE PESSIMISTA	HIPÓTESE PROVÁVEL	HIPÓTESE OTIMISTA	HIPÓTESE PESSIMISTA
1986	0,057	0,059	0,056	7.894	8.171	7.756
1987	0,061	0,064	0,058	8.629	9.053	8.204
1988	0,064	0,069	0,060	9.243	9.966	8.666
1989	0,067	0,075	0,062	9.876	11.055	9.139
1990	0,072	0,080	0,066	10.826	12.029	9.924
1991	0,077	0,086	0,069	11.806	13.186	10.579
1992	0,082	0,092	0,073	12.815	14.377	11.408
1993	0,088	0,098	0,077	14.012	15.604	12.260

(1) Projeção Indireta do logaritmo natural do Consumo Per capita com o Produto Interno Bruto.

## COTEJO OFERTA-DEMANDA: RESERVAS

## DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

Existe escassez de sucata de ferro e aço atualmente no País? Esta pergunta não tem resposta convincente a nível das entidades de classe representativas tanto dos segmentos consumidores, dos preparadores e das autoridades governamentais afetas à problemática do insumo. E, tornamos a perguntar, por que essas respostas não são convincentes? Cremos que seja pela inexistência de um acompanhamento permanente da evolução da complexa interação oferta-demanda do insumo.

Como dissemos anteriormente o conceito de "estoque" associado a materiais secundários pode ser considerado análogo ao conceito de recurso utilizado nas matérias-primas primárias, sendo o "teor" desse estoque-reserva a taxa de recuperação, porcentagem de aço posto em uso em períodos passados que pode ser economicamente recuperada em função de parâmetros de mercado.

Apesar da importância da adequada mensuração das reservas de sucata de obsolescência<sup>(1)</sup> apenas dois levantamentos foram rea

---

(1) Convém lembrar, como frisado anteriormente, que há um consenso geral sobre a total utilização da sucata de processamento industrial pelas características de qualidade homogênea e geração próxima aos centros consumidores.

lizados no país, ambos pela Consultora TECNOMETAL, em trabalhos mencionados no Capítulo III. O primeiro em 1968, enquanto o segundo foi concluído em 1976.

Neste Capítulo pretendemos fazer uma análise retrospectiva desses dois trabalhos e apresentar nossas estimativas de reservas diante de hipóteses previamente estabelecidas.

### 5.1. ANÁLISE DAS ESTIMATIVAS REALIZADAS

Em 1968 a TECNOMETAL realizou um estudo pioneiro sobre o mercado brasileiro de sucata de ferro e aço para a Siderúrgica Rio Grandense, aonde estimou as reservas do insumo como sendo de 5.109 mil toneladas para 1952.

Utilizando-se de metodologia largamente empregada a nível internacional a TECNOMETAL estimou essa quantidade, em função da produção acumulada de lingote de 1901-52, produções acumuladas, para o mesmo período, de produtos planos e não-planos, e do consumo acumulado de laminados. Retirando desse total as reservas consumidas até 1968 resultou a existência de reservas de 4.208 mil toneladas no final desse ano.

Durante o período 1956-1969 houve um relativo equilíbrio entre geração e consumo de sucata, com a utilização média das reservas não atingindo a 2% do consumo total. O período 1960-64 foi caracterizado pela grande utilização das reservas históricas, com a média de 146.000 t/ano, ou 10% do consumo anual médio. Entretanto, conforme a TECNOMETAL<sup>(2)</sup>, "mesmo se fosse mantida esta taxa de utilização, como a reserva estimada, ao fim de 1964, é de 4.500.000t, poder-se-ia esperar que, para sua exaustão completa, fossem neces

---

(2) Op. cit., p.17.

sários mais 30 anos de constante consumo, ao nível médio deste período".

Em função de duas hipóteses previamente estabelecidas sobre o binômio geração-consumo, a TECNOMETAL realizou projeções para o período 1976-80, chegando à conclusão que <sup>(3)</sup> "em qualquer hipótese se teria, para o período, saldos crescentes no balanço geração x consumo de sucata...". As duas hipóteses de trabalho (1. Não adição de uma produção em fornos elétricos até 200.000t/ano, totalmente à base de sucata; e 2. com a adição de uma produção em fornos elétricos até 200.000 t/ano totalmente à base de sucata) apresentavam para 1977 a existência de reservas no montante respectivo de 4.269 mil toneladas e de 3.355 mil toneladas.

Pouco mais de 7 anos mais tarde, em 1976, a mesma empresa realizou um estudo mais aprofundado sobre sucata de ferro e aço, mencionado detalhadamente no Capítulo III, tendo, porém chegado a uma conclusão surpreendente: o saldo de reservas atingiu apenas 361 mil toneladas para o final de 1975! A TECNOMETAL havia estimado a geração através de métodos tradicionalmente utilizados, enquanto que para a demanda baseou-se em coeficientes técnicos em função do consumo específico de sucata por tipo de forno. A Comissão de Acompanhamento do trabalho considerou exageradamente modestas essas reservas "muito embora tenha-se admitido que tal julgamento baseava-se tão somente na experiência de pessoas e entidades ligadas ao mercado de sucata..." <sup>(4)</sup> (o grifo é nosso).

Assim, decidiu-se pela aplicação de nova metodologia com o objetivo "de obter a variação no consumo de reservas pela diferença entre a carga metálica total utilizada em siderurgia e fundição e somatório da geração total de sucata, importação de sucata,

(3) Ibidem, pp 18-19.

(4) Op. cit., p.1158.

*consumos de ferro gusa e ferro esponja e consumo de sucata na produção de ferro ligas e em aproveitamento sem refusão.*"<sup>(5)</sup> Os resultados, considerada essa metodologia, revelaram-se ainda mais surpreendentes: para o final de 1975 o saldo de reservas de sucata era menos 887 mil toneladas, portanto inexistentes!

Como vimos, as duas estimativas da TECNOMETAL estão em desacordo com as conclusões a que chegou no trabalho realizado alguns anos antes, que não previa maiores problemas quanto à disponibilidade do insumo. Como mencionamos no Capítulo III essa incoerência foi atribuída a incorreta estimativa da vida média útil dos bens que contêm aço em 25 anos, ou nas próprias palavras da Consultora; *"deixa por conseguinte de ter sentido qualquer cálculo de geração de sucata de obsolescência mediante a adoção de uma vida média de 25 anos para os bens de aço. Tal procedimento reduziria ainda mais a quantidade total de sucata gerada, levaria a um maior consumo de reservas e, fatalmente, a um 'deficit' irreal"*<sup>(6)</sup> (o grifo é nosso).

Creemos que o problema da subestimação das reservas de sucata de ferro e aço não reside apenas no fato salientado pela Consultora. Na realidade houve, além da subestimação da geração mencionada, uma superestimação do consumo de sucata para o período 1969-75. No seu Quadro 1.22 a TECNOMETAL atribui a esse período um consumo de sucata total de 26.197 mil toneladas, quando o consumo verificado foi de apenas 20.748 mil toneladas, conforme apresentamos no Capítulo anterior. Há, assim, uma diferença para maior no consumo de 5.449 mil toneladas, quantidade muito mais coerente com as estimativas de saldo de reservas realizadas pela mesma empresa alguns anos antes.

---

(5) *Ibidem*, p.1-58.

(6) *Ibidem*, p.1-63.

Essa falha fundamental do estudo da TECNOMETAL em muito contribuiu para que, com base em conclusões calcadas no sentimento os consumidores fundamentassem seus pedidos de importações de sucata nos períodos de "picos" conjunturais de demanda e que fosse amplamente difundida a existência de uma escassez estrutural de sucata de ferro e aço. Essa errônea conclusão do estudo, agregada à característica de resposta retardada da sucata de obsolescência<sup>(7)</sup> aos preços, vem polarizando os debates que ainda hoje se acentuam entre consumidores e preparadores do insumo, pois desde 1976 não são realizados estudos sobre reservas de sucata.

No próximo item iremos analisar a disponibilidade de sucata de ferro e aço, em função dos métodos de geração apresentados no Capítulo III e as estimativas de demanda determinadas no Capítulo anterior.

## 5.2. ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE OBSOLESCÊNCIA

Apesar das discrepâncias notadas, as reservas calculadas no primeiro trabalho, de 4.208 mil toneladas, foram adequadamente estimadas, constituindo-se em um parâmetro confiável sobre a disponibilidade de sucata de ferro e aço. Assumimos, para as estimativas que iremos realizar, ser essa a reserva-base para análise do binômio geração-consumo para o período 1968-1993.

(7) Conforme KAPLAN in "Ferrous Scrap Supplies", Scrap Age, agosto-1981, p.156: "Unlike any other commodity, however prices increases cannot create 'new' supplies - that is to say, that users of steel products do not scrap stoves, refrigerators, or automobiles because of higher scrap values. The scrap can only increase when itens become scrap because of wear, or technical, or economic obsolescence. For that reason, prices increase can only bring scrap to market that is already in existence. In effect, high prices effectively 'deplete' existing supplies but do not 'create' additional supplies".

Para a efetuação das análises necessitamos introduzir duas hipóteses básicas de trabalho: 1. a geração será apresentada conforme os três métodos em função dos dados apresentados no Capítulo III; e 2. o consumo de sucata será o estimado conforme as três hipóteses sobre o futuro desempenho da economia para o período 1986-93, detalhadas no Capítulo anterior.

Na Tabela XXXVI apresentamos o balanço geração-consumo de sucata de ferro e aço para o período 1968-1986<sup>(8)</sup>. Os dados de geração de sucata de obsolescência são os estimados no Capítulo III pelo método que estipula 25 anos de vida útil do aço posto em uso para 1972-72 e de 20 anos para 1973 em diante. Os demais dados foram extraídos das tabelas correspondentes daquele Capítulo.

Pela análise das informações notamos que, partindo-se em 1968 da reserva-base de 4.208 mil toneladas, chegamos ao final do primeiro quinquênio 1968-72, com uma reserva de 5.540 mil toneladas. Esse quinquênio caracterizou-se pela geração superando o consumo, havendo real acréscimo nas reservas. No lustro seguinte — 1973-77 — o binômio oferta-demanda tem comportamento idêntico, com a existência de uma reserva de 6.044 mil toneladas no final de 1977. A predominância da geração em relação ao consumo continua durante os dois períodos seguintes, com uma reserva de 8.416 mil toneladas no final do ano de 1987.

Note-se que o primeiro trabalho da TECNOMETAL estimara para 1980,

(8) Os dados referentes aos anos de 1986 e 1987 foram estimados para a formação do quarto quinquênio necessário para as estimativas. É interessante salientar que estamos estimando a oferta e demanda por quinquênios, sendo muito difícil a estimativa das quantidades anuais de sucata de obsolescência. A técnica usualmente empregada de estimação anual — ajustamento de tendência da curva de evolução da geração quinquenal — é uma estimativa dentro de uma estimativa, tornando os resultados anuais passíveis de erros. Optamos por trabalhar com quinquênios, evitando, portanto, estimar quantidades anuais para a geração de sucata de obsolescência. Daí a necessidade de estimarmos as informações para 1986 e 1987.

TABELA XXXVI

BRASIL: BALANÇO GERAÇÃO<sup>(1)</sup> X CONSUMO DE SUCATA DE FERRÓ E AÇO  
(1968 - 1987)

Em 10<sup>3</sup>t

ANOS	GERAÇÃO			TOTAL CONSUMO	CONSUMO DE RESERVAS	RESERVAS
	SUCATA PROCESS.	SUCATA OBSOLESC.	SUCATA INTERNA			
1968			SALDO DE RESERVAS			4.208
1969	541		985 <sup>(2)</sup>		1.995	
1970	596		1.078 <sup>(2)</sup>		2.193	
1971	761		1.202 <sup>(2)</sup>		2.549	
1972	784		1.415		2.830	
1968-1972	2.682	3.537	4.680	10.899	9.567	- 5.540
1973	979		1.626		3.420	
1974	1.149		1.558		3.609	
1975	1.211		1.788		4.152	
1976	1.291		2.156		4.746	
1977	1.316		2.363		5.110	
1973-1977	5.946	6.104	9.491	21.541	21.037	- 6.044
1978	1.422		2.656		5.783	
1979	1.553		3.059		6.467	
1980	1.507		3.221		7.064	
1981	1.209		2.774		5.966	
1982	1.141		2.631		5.499	
1978-1982	6.832	10.146	14.341	31.319	30.779	- 6.584
1983	973		2.667		5.896	
1984	1.160		2.965		6.742	
1985	1.280		3.629		7.454	
1986	1.386		3.992		8.171 <sup>(3)</sup>	
1987	1.524		4.391		9.053 <sup>(3)</sup>	
1983-1987	6.323	15.181	17.644	39.148	37.316	- 8.416

(1) Vida média de 25 anos (1923-72) e de 20 anos de 1973 em diante.

(2) Considerando o coeficiente 0,20 x Produção de aço em lingotes do ano correspondente.

(3) Estimativas pela hipótese otimista de crescimento da demanda, estabelecida no Capítulo IV.

em sua primeira hipótese, a possível presença de reservas da ordem de 6.129 mil toneladas. Nossas estimativas para dois anos mais tarde, 1982, final do terceiro quinquênio, indicam uma reserva de 6.584 mil toneladas, resultado coerente com o encontrado pela TECNOMETAL.

Hã, pois, em nossa estimativa de reservas, um acréscimo paulatino de quantidades de sucata mesmo nos críticos anos de 1978-80 quando praticamente o consumo igualou-se à geração em um período caracterizado por um verdadeiro "boom" do setor siderúrgico brasileiro.

A Tabela XXXVII resume o balanço oferta-demanda do insumo para o mesmo período — 1968-87 — com a geração da sucata de obsolescência sendo calculada segundo a hipótese quinquenal modificada apresentada no Capítulo III.

Verifica-se que em 1977, a reserva foi de 8.222 mil toneladas, com acréscimo contínuo nas quantidades em disponibilidade face à superioridade da geração em relação ao consumo durante os períodos subsequentes. No final de 1982 a reserva era de 14.919 mil toneladas, podendo passar para 21.788 mil toneladas ao final de 1987.

Quando analisamos a interação geração-consumo com relação ao método trienal (ver Tabela XXXVIII), partindo de reservas-base para 1969 determinadas por POUBEL<sup>(9)</sup> a partir do valor básico de 1968, notamos um crescimento constante das reservas, mesmo no crítico período 1979-81, que poderão atingir ao final de 1987 10.760 mil toneladas.<sup>(10)</sup>

(9) In "Perspectivas Futuras do Mercado de Sucata de Aço no Brasil", ILAFA, Memória Técnica, Santiago, 1973, p.33.

(10) Cabe aqui ressaltar que o cálculo trienal é preferível às estimativas anuais, pelas razões apresentadas na nota de rodapé nº 8.

TABELA XXXVII

(1)

BRASIL: BALANÇO GERAÇÃO X CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO  
(1968 - 1987)Em 10<sup>3</sup>t

ANOS	GERAÇÃO			TOTAL CONSUMO	CONSUMO DE RESERVAS	RESERVAS
	SUCATA PROCESS.	SUCATA OBSOLESC.	SUCATA INTERNA			
1968			SALDO DE RESERVAS			4.208
1969	541		985 <sup>(2)</sup>		1.995	
1970	596		1.078 <sup>(2)</sup>		2.193	
1971	761		1.202 <sup>(2)</sup>		2.549	
1972	784		1.415		2.830	
1968-1972	2.682	4.980	4.680	12.342	9.567	- 6.983
1973	979		1.626		3.420	
1974	1.149		1.558		3.609	
1975	1.211		1.788		4.152	
1976	1.291		2.156		4.746	
1977	1.316		2.363		5.110	
1973-1977	5.946	8.690	9.491	24.127	21.037	- 10.073
1978	1.422		2.656		5.783	
1979	1.553		3.059		6.467	
1980	1.507		3.221		7.064	
1981	1.209		2.774		5.966	
1982	1.141		2.631		5.499	
1978-1982	6.832	14.452	14.341	35.625	30.779	- 14.919
1983	973		2.667		5.896	
1984	1.160		2.965		6.742	
1985	1.280		3.629		7.454	
1986	1.386		3.992		8.171(3)	
1987	1.524		4.391		9.053(3)	
1983-1987	6.323	20.218	17.644	44.185	37.316	- 21.788

(1) Vida útil de 25 anos (1923-52); de 20 anos (1953-72); de 15 anos de 1973 em diante.

(2) Considerado o coeficiente de 0,20 x Produção de aço em lingotes do ano correspondente.

(3) Estimativas pela hipótese otimista de crescimento da demanda, estabelecida no Capítulo IV.

Concluimos, por conseguinte, em função dos três cenários anteriormente apresentados, que não há evidência de esgotamento das reservas brasileiras de sucata de ferro e aço, pelo menos até ao final de 1987. Ressalte-se que os panoramas delineados diferem apenas na estimação das quantidades de sucata de obsolescência, já que tanto a geração de sucata de processamento industrial quanto de sucata interna — com quantidades idênticas em todas as três estimativas — correspondem ao efetivamente gerado nos períodos considerados.

E para os períodos posteriores a 1987, o que poderá acontecer? Para responder a esta pergunta estimamos as reservas de sucata até 1992, pelos métodos quinquenais, e até 1993, seguindo a metodologia trienal, variando as quantidades possivelmente consumidas face às três hipóteses estabelecidas no Capítulo anterior sobre a evolução futura da demanda de sucata. As Tabelas XXXIX a XLI resumem esses resultados.

Estas Tabelas apresentam as reservas em relação às estimativas de geração e consumo. Para o período 1987-92 a geração é estimada como crescendo à taxa de 7,1% ao ano. O consumo, em contrapartida, poderá crescer, conforme as suposições descritas no Capítulo anterior, a 7,4% aa, 8,4% aa e 5,9% aa, respectivamente, pelas hipóteses estabelecidas.

Poder-se-ia perguntar se não estaríamos superestimando o crescimento do consumo, em detrimento da geração, pelo diferencial de taxas existente. Notemos que em 19 anos, de 1969-87, a taxa de geração estimada é de apenas 5,6% aa, enquanto que nesse mesmo pe

TABELA XXXVIII  
(1)  
BRASIL: GERAÇÃO X CONSUMO DE SUCATA DE FERRO E AÇO  
(1969-1987)

Em 10<sup>3</sup>t

ANOS	GERAÇÃO			TOTAL CONSUMO	CONSUMO DE RESERVAS	RESERVAS
	SUCATA PROCESS.	SUCATA OBSOLESC.	SUCATA INTERNA			
1969			SALDO DE RESERVAS			4.110
1970	596		1.078 <sup>(2)</sup>		2.193	
1971	761		1.202 <sup>(2)</sup>		2.549	
1972	784		1.415		2.830	
1969-1972	2.141	3.105	3.695	8.941	7.572	- 5.479
1973	979		1.626		3.420	
1974	1.149		1.558		3.609	
1975	1.211		1.788		4.152	
1972-1975	3.339	3.950	4.972	12.261	11.181	- 6.559
1976	1.291		2.156		4.746	
1977	1.316		2.363		5.110	
1978	1.422		2.656		5.783	
1976-1978	4.029	5.043	7.175	16.247	15.639	- 7.167
1979	1.553		3.059		6.467	
1980	1.507		3.221		7.064	
1981	1.209		2.774		5.966	
1979-1981	4.269	6.527	9.054	19.850	19.497	- 7.520
1982	1.141		2.631		5.499	
1983	973		2.667		5.896	
1984	1.160		2.965		6.742	
1982-1984	3.274	8.169	8.263	19.706	18.137	- 9.089
1985	1.280		3.629		7.454	
1986	1.386		3.992		8.171(3)	
1987	1.524		4.391		9.053(3)	
1985-1987	4.190	10.147	12.012	26.349	24.678	- 10.760

(1) Método Trienal.

(2) Considerando o coeficiente técnico de 0,20 x Produção de Aço em Lingotes do ano correspondente.

(3) Estimativas pela hipótese otimista de crescimento da demanda, estabelecida no Capítulo IV.

ríodo, como vimos anteriormente, o consumo cresceu a 8,5% aa. Portanto a assunção sobre o futuro comportamento dessas variáveis de taxas diferenciadas para o consumo, apenas levou em consideração a evolução anterior. Ressalte-se, concomitantemente, que é esperado um acentuado consumo de sucata nos próximos anos. O nível de consumo de 1985, por exemplo, é praticamente o mesmo verificado em 1980.

Analisando detalhadamente os resultados da Tabela XXXIX vemos que no final de 1987 existiriam reservas de sucata; em 1992, todavia, caso o crescimento da demanda siga a evolução prevista na hipótese otimista, haveria um saldo negativo de 277 mil toneladas. Se a demanda crescer menos, pela suposição provável, um "supcravit" ocorreria ao final daquele ano da ordem de 22.075 mil toneladas. A manutenção de reservas também seria possível caso a demanda crescesse a 5,9% aa, pela hipótese pessimista, com a existência de reservas, ao final de 1992, de 27.488 mil toneladas.

Na Tabela XL apresentamos as estimativas de reservas pelas três hipóteses de aumento de demanda e de vida média útil diferenciada, variando entre 25 e 15 anos. Os resultados melhoram sensivelmente. As reservas estimadas para 1992 aumentam.

Finalmente, pela Tabela XLI, existiriam reservas nos anos considerados, mas em 1990 nota-se o início de um processo de exaustão de reservas caso as taxas de crescimento da demanda evoluam conforme o estipulado pela hipótese otimista.

TABELA XXXIX

BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO  
(GERAÇÃO: MÉTODO I TECNOMETAL)

EM  $10^3$ t

ANOS	DEMANDA ESTIMADA		
	HIPÓTESE PROVÁVEL	HIPÓTESE OTIMISTA	HIPÓTESE PESSIMISTA
1987	9.117	8.416	9.680
1992	22.075	(277)	27.488

TABELA XL

BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO  
(GERAÇÃO PELO MÉTODO II - TECNOMETAL MODIFICADO)

Em  $10^3$  t

ANOS	DEMANDA ESTIMADA		
	HIPÓTESE PROVÁVEL	HIPÓTESE OTIMISTA	HIPÓTESE PESSIMISTA
1987	22.489	21.788	23.052
1992	29.163	22.415	43.454

TABELA XLI

BRASIL: ESTIMATIVAS DE RESERVAS DE SUCATA DE FERRO E AÇO  
(GERAÇÃO PELO MÉTODO TRIENAL)

Em  $10^3$  t

ANOS	DEMANDA ESTIMADA		
	HIPÓTESE PROVÁVEL	HIPÓTESE OTIMISTA	HIPÓTESE PESSIMISTA
1987	11.461	10.760	12.024
1990	14.098	10.292	16.877
1993	15.193	6.853	22.358

Torna-se necessário, contudo, salientar mais uma vez que essa situação presumível poderá não ocorrer face às características de falibilidade implícitas em qualquer previsão. Mas há indícios, na conjuntura atual, que apontam para uma intensa disputa por sucata de boa qualidade, insumo básico principalmente dos sub-segmentos consumidores produtores de aços especiais e das fundições. O amento sistemático das importações poderia ser um indicador nessa direção, caso não fossem realizadas, em sua totalidade, pelo sistema "draw back". (11)

Analisando a série histórica de importações brasileiras de sucata no período 1976-85 nota-se a importação de pequenas quantidades; até 1983, ano em que não ocorreram importações, entraram no país 31.684 toneladas. No período de demanda "elevada" de 1978-81 atingiram apenas 28.824 toneladas que foram utilizadas para formação de menor preço médio de compras, pela baixa cotação da sucata americana na época. Esse fato corrobora nosso cálculo de reservas para aquele período que estariam ainda em formação, mesmo diante de um quadro de agitada conjuntura de comercialização. Em apenas dois anos, 1984 e 1985, já atingem quase 140.000 t! Em 1986 espera-se a importação de 500.000 t!

Na realidade, como não existem estimativas e estudos confiãveis sobre o comportamento da complexa interação geração-consumo, pois há mais de 13 anos não realiza o CONSIDER estudos dessa magnitude, essas importações vêm sendo aprovadas em função do poder de argumentação das siderúrgicas, sempre pelo lado da demanda. Pelo lado da oferta, de complexa estimação como vimos, a não represen

---

(11) Importações de insumos destinados exclusivamente à produção de produtos para exportação.

tatividade da amostra do INESFA, que poderia aferir a oferta de curto prazo, aliada a inexistência de um sistema de informações contínuo sobre a oferta estrutural, ou de longo prazo, como acontece em países mais desenvolvidos,<sup>(12)</sup> faz com que não se tenha devidamente esboçado um panorama atual e futuro da problemática do insumo. Prevalece, então, a opinião dos consumidores não tendo o governo condições de aferir se as importações serão para complementação de oferta ou simplesmente para manutenção de um preço médio de compras a níveis que assegurem maior rentabilidade.

Adicionalmente, três fatores devem ser considerados quando da análise da disponibilidade de sucata em um país: 1. a estrutura de produção de aço; 2. a existência de saldo exportador de aço; e c) a proporção de aço produzido por lingotamento contínuo. Todas as estimativas realizadas até aqui partiram da hipótese estabelecida, quando da efetuação das projeções de demanda, sobre a manutenção da atual participação do aço elétrico, na produção total. Havendo um acréscimo de participação, a demanda futura crescerá a taxas maiores que as utilizadas nas projeções.

---

(12) Nos Estados Unidos, por exemplo um estudo bienal sobre reservas de sucata de obsolescência é preparado pela consultora ROBERT NATHAN ASSOCIATES para a METAL RESEARCH AND EDUCATION FOUNDATION, o órgão de pesquisas da associação dos preparadores de sucata americanos. No final de 1983 essa reserva foi estimada em 743,9 milhões de toneladas, superior em 60 milhões de toneladas em relação aos níveis de 1981. Ressalte-se que pelo menos 150.000 toneladas curtas foram recuperadas através de usinas beneficiadoras de lixo urbano. Dados retirados do "Preprint" de 1984 do "Bureau of Mines Minerals Yearbook".

Como vimos no Capítulo III, em 1985 foi exportado, direta e indiretamente cerca de 47% do aço produzido no país. Um aumento desse percentual contribuirá para mais rápido consumo das reservas.<sup>(13)</sup> A modernização das instalações atuais e os novos investimentos em siderurgia à base de equipamentos de lingotamento contínuo representará outra componente importante no aumento de demanda por sucata externa, com reflexos na alteração das taxas de consumo das reservas.

Sugerimos, com a maior brevidade possível, que sejam realizados estudos sistemáticos sobre a complexa interação oferta-demanda de sucata, com atualização periódica e acompanhamento permanente, tendo em vista o delicado perfil futuro de nossas reservas, caso haja uma evolução da demanda à taxas superiores à média histórica de 8,5% aa. Mesmo que a verdadeira situação dos anos posteriores a 1986 revertam as perspectivas pessimistas que estamos prevendo, em função das cíclicas manifestações das leis de mercado, não condiz com a nossa posição de sétimo maior produtor mundial de aço o atual estágio de desinformação total sobre um insumo básico de capital importância para o país.

---

(13) A esse respeito são bastante interessantes as observações de LABURU, op. cit., p.58: "Teniendo em cuenta que las exportaciones de acero del Japon a Estados Unidos son de unas 10.10<sup>6</sup> t/año, y aplicandoles la tasa de produccion americana del 20% para chatarra de transformacion, resulta de ello que existe una exportacion invisible de chatarra de Japon a USA de unos 2.000.000 t/año de chatarra, cosa que no se ha recalcado nunca y que compensam los casi 2.000.000 t/año de chatarra que vienen a ser las exportaciones de los Estados Unidos a Japon en los ultimos años".

## C O N C L U S Õ E S

1. O declínio no consumo de metais por unidade de produto, principalmente de não-ferrosos tradicionais como chumbo e zinco, não tem um caráter meramente conjuntural. É decorrente do avanço tecnológico no ramo da engenharia de materiais, que estabelecerá mudanças estruturais no padrão futuro do consumo de metais, o que invalida as conclusões pessimistas do "Clube de Roma";
2. A atividade de reciclagem de metais deverá crescer de importância em nosso país, como já acontece em outras economias mais avançadas, pelas características de poupadora de energia, não agressão ao meio ambiente e pela diminuição das taxas de utilização de reservas minerais;
3. A oferta de sucata de processamento industrial parece não responder a estímulos de preços; a oferta de sucata de obsolescência é elástica aos preços praticados pelo mercado;
4. As estimativas anteriormente realizadas sobre oferta de sucata de ferro e aço no Brasil subestimaram a geração de sucata de obsolescência e superestimaram o consumo total do insumo;
5. A vida média dos bens que contêm aço no Brasil é certamente inferior a 20 anos. A determinação precisa dessa vida média somente poderá ser adequadamente apurada pela montagem de um sistema de informação que detalhe o consumo efetivo setorial de aço a nível de produto;

6. Tende a haver uma progressiva diminuição da participação da sucata de processamento industrial na formação da oferta total de sucata externa, pela paulatina modernização do parque industrial gerador ao adotar tecnologias que otimizem o nível de eficiência dos equipamentos de processamento de aço;
7. Mantida a taxa histórica de crescimento da demanda brasileira, por sucata de ferro e aço, de 8,5% aa, a atual participação do aço elétrico e considerando-se uma vida média útil de 20 anos, a partir de 1973, para o aço posto em uso, as reservas brasileiras de sucata de obsolescência tendem a exaustão no quinquênio 1988-92 caso a demanda evolua pela hipótese otimista. Esse perfil modifica-se, diante dos quadros pessimista e provável de crescimento do consumo;
8. Caso a vida média do aço posto em uso seja de 15 anos, a partir de 1973 (Método II - TECNOMETAL modificado) verifica-se o crescimento dessas reservas até finais de 1992 pelas três hipóteses de evolução da demanda;
9. Pelo método trienal nota-se que até 1990 as reservas de sucata de obsolescência tendem à exaustão apenas na prevalência da hipótese otimista de evolução da demanda. Havendo crescimento pelas hipóteses provável e pessimista há um paulatino acréscimo das reservas até o final de 1993;
10. A falta de um conhecimento aprofundado da dinâmica da interação do trinômio oferta-demanda-reservas, tanto por consumidores e preparadores, como, principalmente, dos órgãos governamentais afetos à problemática do setor, deve ser sanada com a imediata implantação de um sistema de informações que acompanhe permanentemente os principais parâmetros de mercado.

## BIBLIOGRAFIA

1. ABRANFE - Estudo Setorial sobre Reciclagem de Metais Não Ferrosos, São Paulo, 1983.
2. ADAMS, Robert - Secondary Supply, Economics of the Mineral Industries, AIME, New York, 1976, pp. 208-223.
3. ALBRECHT, Oscar W., et alii. Recycling in the USA - Vision and Reality, Resources Policy, Set/81, pp. 188-196.
4. ALMEIDA FILHO, Carlos M. - O Insumo Secundário Sucata, XXX Congresso da Associação Brasileira de Metais, Rio de Janeiro, 31 p.
5. AMORIM, Theo - A Participação dos Metálicos Sólidos na Siderurgia Brasileira, Fundição & Matérias-Primas, abril, 1981, pp. 38-39.
6. ANDERSON, Robert C. - Recycling Policy: Basic Economic Issues, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977.

7. ARAD, Ruth et alii - Sharing Global Resources, McGraw-Hill Book Company, 1980.
8. ASTIER, Jacques E. - Perspectivas de las fuentes metalicas en el futuro de la industria siderurgica mundial, ILAFA, 1985, 14 p.
9. BENSON, Rex e VARON, Bension - The Mining Industry and the Developing Countries, Oxford University Press, 1977.
10. BILHORN, William W., et alii. Crecimiento de la Produccion de Hierro Esponja: su efecto en las Perspectivas Internacionales de Chatarra y Disponibilidad de Pellets de Mineral de Hierro, ILAFA - 22, 1981, pp. 1-12.
11. BOWER, Blair T. - Economic Dimensions of Waste Recycling and Re-use: Some Definitions Facts and Issues, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977, pp. 1-19.
12. BRASIL-DNPM - Anuário Mineral Brasileiro - 1985.
13. BRASIL-CONSIDER - Anuário Estatístico - 1986.
14. BROWN, James W. - The Outlook for Obsolete Scrap Exports, Scrap Age, Fev. 80, pp. 26-31.
15. BUTLIN, John - The Prices of Secondary Materials and Recycling Effort, in Resource Conservation-Social and Economics Di

- mensions of Recycling, New York University Press, 1977 p. 207-228.
16. \_\_\_\_\_ - Enhanced Recycling Through a Materials Tax, Resources Policy, Set. 83, pp. 177-194.
  17. CAVANDER, David C. - Economic Analysis and Econometric Forecast of the Ferrous Scrap Market, Scrap Age, agosto/77, pp.122-134.
  18. CONN, David - Consumer Product Life Extension in the Context of Materials and Energy Flows, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977.
  19. CONSELHO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - Aproveitamento do Estanho Contido em Embalagens Metálicas, 1984, 22 p.
  20. CONSELHO DE NÃO FERROSOS E DE SIDERURGIA - Estudo sobre o Mercado Brasileiro de Sucata de Ferro e Aço, Brasília, agosto/83, 27 p.
  21. COOPER, Franklin B. - Iron and Steel Scrap, Scrap Age, dezembro/85, pp. 96-120.
  22. CURLEE, T. Randall - The Recycle of Plastic from Auto Shredder Residue: Incentives and Barrier, Materials and Society, vol. 9, nº 1, 1985, pp. 365-378.
  23. CUTLER, Herschel - Ferrous Scrap is not a Critical Material,

Scrap Age, outubro/82, pp. 23-25.

14. DALY, Herman E. - Entropy, Growth and the Political Economy, in Scarcity and Growth Reconsidered, Resources for the Future, Washington, 1979, pp. 67-95.
25. DEAN, K.C. et alii - Bureau of Mines Research on Recycling Scrapped Automobiles, Bulletin 684, Washington, 1985, 46 p.
26. DOBOZI, Istvan - World Raw Materials Markets until the Year 2000 - Implications for Eastern Europe, Raw Materials Report, vol. 2, nº 2, 1983, pp. 7-19.
27. DOWER, Roger e ANDERSON, Robert - An Analysis of Scrap Futures Markets for Stimulating Resource Recovery, Environmental Law Institute, Washington, 1979.
28. EDSTROM, J.O. - Level of Cost in the International Steel Industry, Raw Materials Report, vol. 3, nº 4, 1985, pp. 6-22.
29. FINK, Donald A. - Market Structure and Recycling in the Non Ferrous Metals Industries, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977, pp. 231-256.
30. FIODOROV, Evgueni e NOVIK, Ilia - Aspectos Ecologicos del Progreso Social, in La Sociedad y el medio Ambiente, Editorial Progreso, Moscou, 1981.

31. FROLOV, Ivan - La Concepcion Marxista Leninista Acerca del Problema Ecologico, in La Sociedad y el Medio Ambiente, Editorial Progreso, Moscou, 1981.
32. FORRESTER, Jay W. - World Dynamics, Whright-Allen Press, Cambridge, 1971.
33. GALLAY, J. - Etude de la Collecte-Essay de Prevision d'une Collecte Possible, Centre D'Études Superieures de la Siderugie Française, mimeo., 1981, 16 p.
34. GONZALEZ, Fernando - New Technologies, Industrial Restructuring and Changing Patterns of Metal Consumption, Raw Material Report, vol. 3, nº 3, 1985, pp. 11-31.
35. GOVETT, M.H. e GOVETT, G.J.S. - The Concept and Measurement of Mineral Reserves and Resources, Resources Policy, set., 1974, pp. 46-55.
36. \_\_\_\_\_ - Scarcity of Basic Materials and Fuels: Assesment and Implications, Resource Conservation: Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977.
37. GREEN, Eric e CHICHAR, James - Using the U.S. Bureau of Mines Minerals Availability System for Supply-Demand Analysis, Materials and Society, vol. 6, nº 4, 1982, pp. 471-482.
38. GVICHIANI, Djermen - Modelação do Desenvolvimento Global, in

A proteção ao Meio Ambiente e à Sociedade, Academia de Ciências da URSS, Moscou, 1983.

39. HASHIMOTO, Hideo - Modelling Price Fluctuations of Ferrous Scrap, Resources Policy, Jun. 1983, pp. 122-129.
40. HENSTOCK, M. - Recycling-a Nationwide Concern, Resources Policy, Dez. 1974, p. 115-119.
41. HERRERA, Amílcar - Los recursos Minerales y los Limites del Crecimiento Económico, Siglo XXI Editores SA, Buenos Aires, 1974.
42. HYATT, David e MELLOR, George - Recovery and Recycling of Scrap and Secondary Metals, Mineral Industries Bulletin, Colorado School of Mines, nº 5, set. 1973, pp. 1-18.
43. IBGE - Anuário Estatístico do Brasil - 1985, Rio de Janeiro, 1986.
44. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia - Evolução do Comércio Exterior Indireto de Aço", Rio de Janeiro, nov. 1984, 79 p.
45. INESFA - Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata de Ferro e Aço - Mercado Brasileiro de Sucata, Sucata, nº 16, nov./dez. 1980, pp. 3-10.
46. INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE - Scrap and the Steel Industry, Bruxelas, 1983.
47. KAPLAN, Irving - Growing Dependence on the US Supply of Ferrous Scrap, Scrap Age, agosto 1980, pp. 92-102.

48. KAPLAN, Irving - Ferrous Scrap Supplies, Scrap Age, agosto, 1981, pp. 154-162.
49. KHATCHATUROV, Tigran - Economia e Ecologia, in A Proteção ao Meio Ambiente à Sociedade, Academia de Ciências da URSS, Moscou, 1983.
50. KUNT, E.K. - História do Pensamento Econômico, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1985.
51. KURIHARA, Shoichi - Current Situation and Future Potential of Ferrous Scrap Generation in Japan, ISIS's Seminar on Recycling, 1981, mimeo, 30 p.
52. LABURU, Enrique Roquero - Disponibilidades de chatarra en España, UNESID-Quadernos Monográficos, Madrid, (1): 51-75, fev., 1975.
53. LAMBO, Wilfrid - Price Responsiveness of NonFerrous Scrap Metal Supply, Council of Economics, AIME.
54. LEME, Ruy Aguiar da Silva - Projeção de Demanda-Teoria, Escola Politécnica da USP, mimeo, 1970, 36 p.
55. LEONTIEFF, Wassily et alii - The Future of the World Economy, Oxford University Press, New York, 1977.
56. LICHTWER, Liselotte - Ferrous Scrap Recycling, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, pp.257-267.

57. MAHONEY, L.R. e HARWOOD, J.J. - The Automobile as a Renewable Resource, Resources Policy, setembro 1975, pp. 253-265.
58. MCDIVITT, James F. e MANNER, Gerald - Minerals and Men, The Johns Hophins University Press, London, 1974.
59. MEADOWS, Dennis et alii - Limites do Crescimento, Editora Perspectiva, São Paulo, 1983.
60. MESAROVIC, Mihajlo e PESTEL, Eduard - Momentos de Decisão-O Segundo Informe ao Clube de Roma, Livraria Agir Editora, Rio de Janeiro, 1975.
61. MILLER, Jack R. - Sucata, Minério de Ferro e Fabricação de Aço em Forno Elétrico na Década de 70, Metalurgia, vol. 26, nº 153, agosto 1970, pp.675-883.
62. MOLINA, Miguel A. e LERIZ, Juan J. - Competitividad Internacional de los Prerreducidos Frente a la Chatarra, ILAFA, 1985, 8 p.
63. MOORE, J.J. - Recycling of NonFerrous Metals, International Metals Review, nº 5, 1978, pp. 241-264.
64. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - Materials and Men's Needs, Washington, 1974.
65. Ô, Álvaro M.P. Garcia do - Sucata e Ferro Esponja-Situação da Oferta e Demanda no Sistema Siderbrás, mimeo, Brasília, 1984, 41 p.

66. PAGE, Talbot - Conservation and Economic Efficiency -An Approach to Materials Policy, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1977, 265 p.
67. PAVITT, K.R.L. - Thinking About the Future, Sussex University, Chato & Windus, Londres, 1973.
68. PEAKER, A. - Resources Saving from the Re-introduction of a Returnable System of Beverage Containers: a case study of Experience in Oregon, Resources Policy, setembro 1985, pp. 266-276.
69. PEARCE, David e EDWARDS, Ron - The Effect of the Prices on the Recycling of Waste Materials, Resource Policy, dezembro 1978, pp. 242-248.
70. PERLMAN, Louis - The Economics of Scrap and its Effect on the Price of Refined Metals, Council of Economics, AIME.
71. POUBEL, Ethienne - Perspectivas Futuras do Mercado de Sucata de Aço no Brasil, ILAFA, Memória Técnica, Santiago, 1973, pp.21-34.
72. PUJALS, Ricardo e LINDSTROEM, R. - Situacion General de la Chatarra em Latino America, ILAFA-22, 1981, pp. 1-21.
73. RADETZKI, Marian e SVENSSON, Lars - Can Scrap Save US from Deplation?, Natural Resources Forum, 3, 1979, pp. 365-378.
74. SALES, A.J. - Panorama del Abastecimiento de Chatarra en la

- Mayoria de los Paises de la Region, ILAFA-16, 1975, pp. 53-64.
75. SALES, A.J. - Disponibilidad Nacional de Chatarra y su Demanda, Siderurgia, 3 (11): 59-71, Buenos Aires, 1977.
76. SAMOHYL, R.W. - Acumulação de Capital e Desacumulação do Meio Ambiente, Economia e Desenvolvimento, Ano I, nº 2, 1982.
77. SCHERER, Sérgio W.G. et alii - Geração, Comercialização, Classificação e Utilização de Sucata de Ferro e Aço no Brasil: Problemas e Soluções, ILAFA, Memória Técnica, 1973, pp. 63-9.
78. SCHUMACHER, E.F. - O Negócio é ser Pequeno, Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1973.
79. SILVEIRA, Irimã da e CANTO, F.P. - Sucata e suas Implicações Econômicas com a Estrutura de Produção de aço no Brasil, XXXVII<sup>o</sup> Congresso da Associação Brasileira de Metais, 1972.
80. SKINNER, Brian J. - Recursos Minerais da Terra, Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1969.
81. STEIN, R.S. - The Impact of Polymeric Substitutes on Critical and Strategic Applications of Imported Materials, Materials and Society, vol. 8, nº 2, 1984, pp. 397-410.
82. TAMANES, R. - Crítica dos Limites do Crescimento, Publicações D. Quixote, Lisboa, 1983.

83. TECNOMETAL-ESTUDOS E PROJETOS INDUSTRIAIS - Estudo sobre Ge  
ração e Beneficiamento de Sucata de Ferro e Aço, mimeo.,  
Rio de Janeiro, 1976.
84. \_\_\_\_\_ - Mercado Brasileii  
ro de Sucata, mimeo., Rio de Janeiro, 1969, 23 p.
85. TILTON, John. E. - Economics of Metal Markets, Working Paper-  
-International Institute for Applied Systems Analysis A-  
-2361, Luxemburg, abril, 1984, 74 p.
86. TINBERGEN, Jay et alii - Para uma Nova Ordem Internacional-O  
Terceiro Informe ao Clube de Roma, Livraria Agir Editora,  
Rio de Janeiro, 1978.
87. TRAINER, F.E. - Potencially Reoverable Resources. How Recover  
able?, Resources Policy, março, 1982, pp. 41-52.
88. TURNER, R.K. e THOMAS, C. - Source Separation-Recycling  
Schemes, Resources Policy, março, 1982, pp. 13-24.
89. UNITED NATIONS - Definitions and Terminology for Statistics  
on Production and Consumption, Natural Resources Forum,  
vol. 1, nº 3, 1983, pp. 253-262.
90. \_\_\_\_\_ - Iron and Steel Scrap: Its Significance and  
Influence on Further Developments in the Iron and Steel  
Industries, mimeo., ECE-, 1983.

91. UNITED NATIONS - Structural Changes in the Iron and Steel Industries, mimeo., New York, 1979, 208 p.
92. VASQUES, A.C. - Conjuntura Atual da Comercialização de Sucata no Brasil, Metalurgia ABM, vol. 37, fevereiro 1981, pp. 65-68.
93. \_\_\_\_\_ - O Aproveitamento de Sucatas como fator de Economia Energética, Engenharia Industrial, junho 1981, pp. 43-50.
94. WOLBECK, B. - Secondary Materials and Economic Growth-Needs and Measures for a Comprehensive Policy, in Resource Conservation-Social and Economics Dimensions of Recycling, New York University Press, 1977.