

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE MATERIAIS BÁSICOS EM  
ECONOMIAS RECENTEMENTE INDUSTRIALIZADAS**

Daniela Tatiane de Souza

São Carlos  
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Demanda e intensidade do uso de materiais básicos em  
economias recentemente industrializadas**

**Daniela Tatiane de Souza**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para o título de Doutora em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Silva Pinho

São Carlos  
2013

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições contribuíram para a realização desta tese. Sou imensamente grata a todas elas.

Ao meu orientador Prof. Marcelo Pinho, por todo aprendizado oferecido, momentos de inspiração e ideias motivadoras.

Aos Profs. Fernando Sarti, Hildo Meirelles e Rudinei Toneto Júnior por todas as sugestões e correções realizadas no trabalho.

Ao Prof. João Furtado, pelas conversas que despertaram reflexões aprofundadas.

Ao conjunto de instituições que forneceram informações relevantes à tese, dentre elas a Bracelpa, a Associação Brasileira de Cimento Portland, o Instituto Aço Brasil e a ABAL.

Ao Programa de Pós Graduação do DEP/UFSCar e a todos os professores que contribuíram para o meu processo de aprendizado.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e à Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsas de estudo e auxílio financeiro com verba de reserva técnica.

À Embrapa Agroenergia, pelo apoio imenso à finalização de meu doutoramento.

E à minha família, especialmente à minha mãe, que instigou em mim a afeição por estudar e ao meu marido Wisley, por todo o companheirismo.

Mas sobretudo, a Deus, por renovar diariamente as minhas forças.

*“O consumo é hoje o grande fundamentalismo”*  
*Milton Santos*

## RESUMO

Esta tese tem o objetivo de avaliar a evolução do dinamismo de longo prazo da demanda de materiais básicos de uso industrial, ocasionado pelo crescimento de alguns países recentemente industrializados, principalmente a China. A hipótese subjacente é que o dinamismo da demanda de materiais varia segundo o nível de desenvolvimento econômico. Um dos efeitos do crescimento chinês sobre a economia brasileira foi o reforço da inserção na economia mundial por meio da oferta de commodities básicas. Apesar dos fortes efeitos dinamizadores que o crescimento da demanda desses materiais tem exercido neste início de século sobre várias economias produtoras desses bens, permanece a interrogação sobre a continuidade no longo prazo desse movimento. A experiência histórica dos países mais avançados aponta para uma perspectiva de diminuição da intensidade do uso de alguns materiais, como resultado de inovações tecnológicas e modificações nos padrões de consumo. Cabe, portanto, avaliar se, em um horizonte temporal mais largo, tal redução pode difundir-se através de algumas economias de industrialização recente e limitar o dinamismo de uma inserção internacional especializada na oferta desses materiais. Para isso, a metodologia da pesquisa se apoiou em revisões da literatura sobre a teoria do desenvolvimento e intensidade do uso de materiais em países com graus diferenciados de industrialização. Ademais, levantamentos empíricos permitiram compor um quadro de informações quantitativas para papel e papelão, aço, cimento e alumínio, os quais serviram de subsídio para a construção de indicadores de intensidade do uso. As conclusões do trabalho apontam para uma queda na intensidade do uso nos países desenvolvidos, caracterizando um processo de desmaterialização em curso. Já em algumas economias de industrialização recente como a China, em dois dos quatro materiais estudados - cimento e aço - a perspectiva é claramente de esgotamento do dinamismo decorrente do crescimento do consumo chinês.

Palavras-chave: Demanda, Intensidade do Uso, Materiais Básicos, China, Economias Recentemente Industrializadas.

## ABSTRACT

This thesis aims to assess the evolution of the long-term dynamics of demand for basic materials caused by the growth of some newly industrialized countries, especially China. The underlying assumption is that the demand for materials may vary according to the level of economic development. One of the possible effects of Chinese growth on the Brazilian economy is the re-insertion into the world economy through the supply of basic commodities. Despite strong dynamical effects that the growth of demand for these materials has exercised in this century on several economies producing these goods, it remains the question about the long-term continuity of this movement. The historical experience of the most advanced countries points to the prospect of decrease in intensity of use of some materials as a result of changes in consumption patterns. It should therefore assess whether, in a wider horizon, this reduction can spread through some newly industrializing economies and limit the dynamism whose international insertion is specialized in supplying these materials. For this, the research methodology relied on reviews of the literature on the theory of development and intensity of materials use in countries with different degrees of industrialization. Moreover, empirical surveys allowed to compose a framework of quantitative information for paper and paperboard, steel, cement and aluminum that served as input for the construction of indicators of intensity of use. The conclusions of the study point to a decrease in the intensity of use in developed countries, featuring an ongoing process of dematerialization. Already in some newly industrializing economies like China, in two of the four studied materials - cement and steel - the perspective is clearly exhaustion of the dynamism due to the growth in Chinese consumption.

Keywords: Demand, Intensity of Use, Basic Materials, China, Newly Industrialized Economies.

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS, QUADROS E TABELAS

Box 2.1: A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental.....	38
Figura 2.1: Evolução Tecnológica dos Materiais.....	45
Figura 2.2: Curvas de Saturação do Consumo e de Ciclo de Vida do Produto.....	46
Figura 2.3: Evolução do Consumo de Materiais.....	49
Figura 2.4: Intensidade do Uso para Diferentes Materiais entre 1971 e 2000.....	52
Figura 4.1: Consumo de Laminados Planos.....	102
Figura A.1: Consumo per capita de Aço Acabado nas Províncias Chinesas em 2010.....	188
Gráfico 2.1: Curva de Intensidade do Uso.....	36
Gráfico 3.1: Distribuição do Consumo de Papel e Papelão por Grupos de Países.....	68
Gráfico 3.2: Consumo per Capita de Papel e Papelão em Economias Recentemente Industrializadas entre 1959 e 2009.....	77
Gráfico 3.3: Consumo per Capita de Papel e Papelão em Países Desenvolvidos entre 1959 e 2009.....	77
Gráfico 3.4: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Papel e Papelão nos Países Desenvolvidos e nos NICs.....	84
Gráfico 3.5: Intensidade do Uso (IU) de Papel e Papelão na China entre 1959 e 2009.....	86
Gráfico 4.1: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Aço nos Países Desenvolvidos e nos NICs... ..	114
Gráfico 5.1: Taxas de Crescimento da Produção e Participação na Variação da Produção - China e Resto do Mundo.....	126
Gráfico 5.2: Consumo per Capita de Cimento e PIB per capita em 2009.....	129
Gráfico 5.3: Processo de Desmaterialização em Cimento entre 1951 e 2009.....	133
Gráfico 5.4: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Cimento na China entre 1951 e 2009.....	134
Gráfico 6.1: Evolução do Crescimento do Consumo Aparente de Alumínio e do PIB Mundial entre 1965 e 2010.....	141
Gráfico 6.2: Intensidade do Uso em Alumínio em Diferentes Economias.....	146
Gráfico 6.3: Processo de Desmaterialização em Alumínio.....	147
Gráfico 6.4: Curva de Intensidade do Uso em Alumínio (Regressão em Painel).....	150
Gráfico A.1: Curva de Intensidade do Uso em Papel e Papelão.....	182
Quadro 2.1: Principais Estudos sobre a Intensidade do Uso dos Materiais.....	41
Quadro A.1: Orientação dos Sinais dos Coeficientes ( $\beta_1$ e $\beta_2$ ) Estimados pelas Regressões.....	187
Tabela 1.1: Evolução da Estrutura Produtiva entre 1970 e 2010 (em % do PIB).....	17
Tabela 2.1: Déficit do Comércio Indireto de Aço nos EUA.....	54
Tabela 3.1: Produção, Exportação e Importação de Papel e Papelão entre 1959 e 2009 para os 58 Países Analisados (mil ton).....	65
Tabela 3.2: Taxa Geométrica Média de Crescimento Anual da Indústria de Papel Mundial e do PIB Mundial entre 1970 e 2008 para os 58 Países Analisados (%).....	66
Tabela 3.3: Evolução da Produção e Exportação segundo Diferentes Segmentos entre 1959 e 2009 (em milhões ton).....	69
Tabela 3.4: Consumo (kg/hab) e PIB per capita (US\$) Máximos entre 1959 e 2009 e Diferença Percentual em Relação à China em 2009.....	76
Tabela 3.5: Processo de Desmaterialização em Papel e Papelão.....	80
Tabela 3.6: Intensidade do Uso (kg/US\$ 1000) e PIB per capita (US\$) Máximos entre 1959 e 2009 e Diferença Percentual em Relação à China em 2009.....	82

Tabela 3.7: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Quadrático Sem Defasagem).....	89
Tabela 4.1: Consumo Aparente de Aço Bruto e Laminado (mil ton) .....	106
Tabela 4.2: Consumo (kg/hab) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010.....	111
Tabela 4.3: Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010 .....	112
Tabela 4.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Aço (Modelo Quadrático Sem Defasagem).....	117
Tabela 5.1: Produção, Exportação e Importação de Cimento entre 1947-2009 em Países Seleccionados (mil ton).....	124
Tabela 5.2: Consumo Aparente (mil ton) dos 59 Países Analisados e Participação Relativa sobre o Total de Países (%).....	128
Tabela 5.3: Consumo (kg/hab), Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2009 .....	131
Tabela 5.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente e Mais Recente para o Setor de Cimento (Modelo Quadrático Sem Defasagem) .....	135
Tabela 6.1: Consumo (kg/hab), Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010 .....	143
Tabela 6.2: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” no Setor de Alumínio (Modelo Quadrático Sem Defasagem).....	149
Tabela 7.1: Pontos de Máxima Intensidade do Uso e de Máximo PIB per capita nos Modelos Económicos Considerados mais Adequados.....	155
Tabela 7.2: Intensidade do Uso e Consumo per Capita Máximos nos NICs, EUA e Países do G-7.....	157
Tabela A.1: Estatísticas Descritivas para o Consumo per capita (kg/hab) e Intensidade do Uso (kg/US\$ 1000) de Papel e Papelão entre 1959 e 2009 .....	176
Tabela A.2: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Cúbico Sem Defasagem) .....	177
Tabela A.3: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Quadrático Com Uma Defasagem da Variável Explicativa).....	179
Tabela A.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o uso de Variáveis <i>Dummies</i> (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização.....	181
Tabela A.5: Processo de Desmaterialização em Aço .....	185
Tabela A.6: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o Uso de Variáveis <i>Dummies</i> (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização - Cimento (1960-2009).....	186
Tabela A.7: Evolução da Relação entre Sucata Recuperada e Consumo Doméstico .....	186
Tabela A.8: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o Uso de Variáveis <i>Dummies</i> (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização - Alumínio (1965-2010) .....	187

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	1
OBJETIVOS.....	3
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	5
Capítulo 1 - MUDANÇAS ESTRUTURAIS AO LONGO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO .....	11
1.1 Teorias do Desenvolvimento Econômico .....	11
1.2 Mudanças Estruturais na Composição Setorial das Economias.....	16
1.2.1 Transformações dentro da Estrutura do Setor Industrial.....	21
1.2.2 A Revolução dos Serviços.....	24
1.3 Estratégias de Desenvolvimento baseada em Recursos Naturais.....	27
1.4 Conclusões .....	31
Capítulo 2 - INTENSIDADE DO USO DOS MATERIAIS E DESMATERIALIZAÇÃO ....	34
2.1 O Indicador de Intensidade do Uso e Desmaterialização.....	35
2.2 O Processo de Mudança Tecnológica: a Transmaterialização .....	42
2.3 Padrão de Consumo dos Materiais em Países com Níveis de Desenvolvimento Diferenciados .....	48
2.4 Conclusões .....	54
Capítulo 3 - DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE PAPEL E PAPELÃO .....	57
3.1 Procedimentos Metodológicos .....	57
3.2 Produção, Comércio e Consumo Aparente de Papel e Papelão .....	64
3.3 Consumo per capita e Indicadores de Intensidade do Uso.....	71
3.4 Tratamento Econométrico dos Dados .....	87
3.5 Conclusões .....	96
Capítulo 4 - DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE AÇO.....	100
4.1 Aspectos metodológicos.....	100
4.2 Consumo e Intensidade do Uso em Aço .....	103
4.3 Resultados Econométricos .....	115
4.4 Conclusões .....	118
Capítulo 5 - DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE CIMENTO.....	122
5.1 Aspectos Metodológicos .....	122

5.2 Produção, Comércio e Consumo de Cimento .....	123
5.3 Consumo per capita e Intensidade do Uso em Cimento.....	128
5.4 Resultados Econométricos .....	134
5.5 Conclusões .....	136
Capítulo 6 - DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE ALUMÍNIO.....	138
6.1 Aspectos Metodológicos .....	138
6.2 Consumo e Intensidade do Uso em Alumínio.....	140
6.3 Resultados Econométricos .....	148
6.4 Conclusões .....	151
Capítulo 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	153
REFERÊNCIAS .....	162
APÊNDICE .....	176
ANEXO.....	188

## APRESENTAÇÃO

Apresentando trajetórias de desenvolvimento diferenciadas, alguns países recentemente industrializados - notadamente as economias do Leste Asiático e especialmente a China - têm se destacado não só pelo ritmo acelerado de crescimento econômico, mas por sua sustentação por longos períodos. Um importante desdobramento desse processo é o vigoroso aumento na demanda por commodities, em geral, e materiais básicos, em particular.

Com efeito, já em 1980, o consumo de cimento chinês superou o dos EUA. Em 1993, a China se tornou o principal consumidor mundial de aço, e em 2009, o principal consumidor mundial de papel. Por outro lado, em 2009, o consumo chinês de cimento correspondia a 54% do total mundial, enquanto que, no mesmo ano, o país foi responsável por 21% das vendas mundiais de automóveis (CEMBUREAU, 1982; 2011; STEEL STATISTICAL YEARBOOK, 2011; RISI, 2011, OICA, 2010). Este dinamismo também é evidente em commodities agrícolas e energéticas. O país ampliou rapidamente a demanda por carnes em geral, de modo que o consumo chinês (79,9 kg/hab em 2007), embora ainda inferior ao registrado nos EUA (146,8 kg/hab), já supera a média mundial (56,8 kg/hab) e se aproxima do nível brasileiro (87,3 kg/hab). Outra comparação importante é o crescimento do consumo de energia na China, que entre 1990 e 2001 foi superior a 6% a.a. Essa porcentagem esteve bem acima daquela verificada para a economia estadunidense (0,7% a.a) e para a média mundial (2% a.a) no período (FAO, 2007; SANTOS et al, 2012). O impacto desta expansão sobre a demanda mundial é evidenciado pelas taxas de crescimento do consumo mundial que em materiais básicos foram: cimento (6,9% a.a entre 2000 e 2009), papel (2,6% a.a entre 2000 e 2008), aço (5% a.a entre 2000 e 2010) e alumínio (3% a.a entre 2000 e 2009) (CEMBUREAU, 1982; STEEL STATISTICAL YEARBOOK, 2011; RISI, 2011; ABAL, 2011).

Esta tese é uma tentativa de compreender o comportamento recente da demanda por materiais básicos, associando-o à expansão de países recentemente industrializados, com destaque inevitável para a China. Pretende-se cobrir, mais especificamente, quatro setores de materiais básicos: papel e papelão, aço, cimento e alumínio. Uma análise como esta pode iluminar o potencial remanescente de crescimento desses mercados e é crucial para avaliar até que ponto o crescimento destas economias seria capaz de dar sustentação a um padrão de crescimento baseado na demanda de materiais básicos, cujos mercados tendem a ser pouco dinâmicos nos países desenvolvidos. A hipótese central desta tese é que ao menos em alguns

importantes países de industrialização recente, a demanda de materiais básicos estaria se tornando inelástica em relação ao crescimento do PIB.

A elevada demanda por commodities nos últimos anos tem sido propícia às economias exportadoras destes bens e permitido importações em condições mais favoráveis, com elasticidade-renda dos bens industriais menos elevadas. O resultado desta tendência sobre a economia brasileira pode ser visualizado pelo desempenho das exportações por fator agregado. No período compreendido entre 2000 e 2011, a variação acumulada do quantum das exportações de produtos básicos pelo Brasil foi 198%, enquanto o crescimento do quantum das exportações de semimanufaturados e manufaturados foi bem menor, 71% e 54%, respectivamente. Em termos de índice de preço (base 2006), no período 2000-2011, a variação percentual acumulada das exportações de produtos básicos foi 227%, semimanufaturados (149%) e manufaturados (84%) (MDIC, 2012).

Apesar do desempenho nos últimos anos ter sido favorável aos países exportadores de commodities, uma eventual diminuição futura na intensidade do uso de alguns materiais – fruto de inovações tecnológicas, de modificações nos padrões de consumo ou mesmo do amadurecimento do perfil da demanda que acompanha o processo de desenvolvimento (CLEVELAND e RUTH, 1999) – poderia, em um prazo mais longo, difundir-se através destas economias. Este é, evidentemente, um assunto que merece ser aprofundado, compreendendo os possíveis efeitos para a economia brasileira, advindos de mudanças na estrutura de produção e consumo, notadamente de economias do Leste Asiático.

A presente tese de doutorado se propôs a analisar esta questão, baseando-se na revisão da literatura pertinente e em uma pesquisa empírica, de ampla abrangência temporal, conduzida nos quatro setores listados acima. A análise do desempenho destes materiais revelou, em termos gerais, que a intensidade do uso tem aumentado fortemente nos países em desenvolvimento, enquanto nos países desenvolvidos predomina uma tendência à redução. Mais do que isso, em algumas economias de industrialização recente, os pontos de máxima intensidade do uso a partir dos quais a demanda reduz o seu dinamismo, já teriam sido alcançados em aço bruto e cimento, ou não estariam muito longe de ser atingidos, o que coloca desafios às estratégias de crescimento alicerçadas na exportação desses produtos e das matérias-primas empregadas em sua fabricação.

Esta tese está estruturada em sete capítulos. Os dois primeiros sintetizam revisões da literatura sobre dois temas fundamentais. De início, trata-se da mudança da estrutura produtiva

ao longo do processo de desenvolvimento, compreendendo vertentes teóricas que abordam a temática dos limites ao crescimento econômico. O propósito foi compreender as características da mudança estrutural que ocorre durante as trajetórias de desenvolvimento econômico. O outro tema, contemplado no capítulo 2, refere-se ao padrão de intensidade do uso dos materiais em diferentes economias. Em economias em desenvolvimento, a demanda por materiais tenderia a constituir mercados mais dinâmicos, situando-se em etapas crescentes da curva de intensidade do uso.

Os cinco capítulos restantes explicitam os resultados obtidos com a análise empírica, além das considerações finais. A pesquisa empírica inicia-se com o estudo da demanda por papel e papelão (capítulo 3). Um levantamento de informações sobre produção, comércio exterior e consumo de papel foi realizado em periódicos setoriais. A construção da base de dados e dos indicadores teve o intuito de compor um quadro sobre a evolução do consumo e da intensidade do uso deste material. Posteriormente, realizou-se um tratamento econométrico dos dados, com o objetivo de ajustar aos dados uma curva de intensidade do uso com o formato previsto pela literatura.

Os capítulos 4, 5 e 6 seguiram os mesmos procedimentos metodológicos adotados para o estudo de papel e papelão, compondo análises para o setor de aço, cimento e alumínio, respectivamente. As conclusões, apresentadas no capítulo 7, sintetizam os resultados obtidos, apontando algumas perspectivas para o dinamismo da demanda de materiais básicos, em grande medida, na China.

## **OBJETIVOS**

O propósito deste trabalho consiste em avaliar a evolução do dinamismo de longo prazo da demanda de materiais básicos, que vem sendo afetado pelo crescimento de alguns países recentemente industrializados, notadamente a China. Os fatores que determinam a demanda destes materiais obedecem a critérios tecnológicos e econômicos, em movimentos de aumentos e reduções da intensidade do uso que, embora influenciados por mudanças tecnológicas, tendem em boa medida a reproduzir padrões já observados em economias industrializadas.

O uso de materiais básicos relaciona-se ao nível de desenvolvimento alcançado por cada país. É necessário atingir certo nível de industrialização para que passem a se difundir os padrões de consumo típicos de economias industriais. O embasamento desta proposição provém da curva

de Kuznets ambiental (JÄNICKE et al, 1989; KUZNETS, 1955), segundo a qual o consumo de materiais aumentaria até determinado nível de PIB per capita e experimentaria, a partir daí, uma queda.

Nesta tese, a análise se concentra em quatro materiais básicos de grande relevância para a indústria de transformação brasileira (aço, cimento, alumínio e papel e papelão). São bens intermediários que compõem grande parte das demais cadeias produtivas e, desta forma, seu consumo apresenta, no contexto brasileiro, alta correlação com o nível de atividade econômica. Em todos esses setores estão presentes certas características estruturais, como a grande intensidade em capital fixo, os retornos crescentes de escala, a longa extensão dos ciclos de vida dos produtos e os longos prazos de amortização dos investimentos, que são consequência tanto da duração da curva de aprendizagem para se atingir a capacidade plena de produção quanto da própria intensidade em capital fixo de processos produtivos caracterizados simultaneamente pelo regime de processamento contínuo e pelo alto grau de automação.

Esta tese parte do pressuposto de que o padrão de relacionamento entre renda e consumo estipulado pela curva de intensidade do uso é um instrumento fundamental para entender o dinamismo de longo prazo da demanda por materiais básicos. Isto significa admitir que é possível entender as variações na intensidade do uso dos materiais como função essencialmente das alterações na própria renda per capita, ainda que outros fatores, como preços e substitutos próximos afetem esta relação. Em particular, é importante avaliar para cada material quais são os pontos de máxima intensidade do uso, nível a partir do qual a relação entre intensidade do uso e renda se torna negativa, e de saturação do mercado, patamar máximo de consumo per capita de cada material.

A tese aborda um tema que é uma pré-condição para a discussão sobre o padrão de especialização das economias em desenvolvimento, em geral, e do Brasil. Em especial, uma destas discussões alude à chamada doença holandesa, segundo a qual a dependência das exportações de um recurso natural muito valorizado no mercado internacional eleva o afluxo de divisas para um país (FURTADO, 2008; CORDEN, 1984). A valorização cambial estimulará as importações e ocasionará a perda da competitividade da produção voltada ao mercado interno. Assim, o esforço exportador não necessariamente acarretaria incentivos e vantagens às economias exportadoras destes recursos. Ainda que o recente boom das commodities tenha oferecido uma conjuntura favorável à promoção dos mercados de materiais básicos, uma

mudança no cenário atual, no qual a taxa de câmbio se encontra sobrevalorizada seria fundamental para evitar uma redução na participação dos setores com maior conteúdo tecnológico no valor adicionado da indústria.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A montagem de base de dados para papel e papelão, aço, alumínio e cimento teve o objetivo de compor um quadro do consumo destes materiais em economias com níveis de desenvolvimento diferenciados. Procurou-se levantar informações para o consumo aparente em diferentes economias, com a mais ampla abrangência geográfica, temporal e intrassetorial que se pôde alcançar. O consumo aparente corresponde a subtrair a exportação da soma de produção e importação. Esta expressão foi utilizada nos casos em que não foram obtidas informações diretas sobre o consumo aparente.

Em virtude da indisponibilidade de uma base pública de dados com a abrangência necessária, foi necessário realizar um extenso levantamento em fontes dispersas. Para tentar obter as informações desejadas foram feitas visitas pessoais e contatos diretos com associações de classe e em bibliotecas de universidades. Algumas destas instituições disponibilizam periódicos/anuários estatísticos com dados sobre papel e papelão (Associação Brasileira de Celulose e Papel - BRACELPA, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz - ESALQ/USP e Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP), cimento (Associação Brasileira de Cimento Portland), alumínio (Associação Brasileira de Alumínio - ABAL) e aço (Instituto Aço Brasil). Os levantamentos também foram realizados em sites de instituições internacionais que fornecem estatísticas setoriais, dentre elas, o Pulp and Paper International, World Steel Association, British Geological Survey, International Primary Aluminium Institute, The European Cement Association e U.S Geological Survey. Em relação aos agregados macroeconômicos, as informações foram obtidas no site do Banco Mundial, Fundo Monetário Internacional e Maddison Project. Com exceção de parte das informações sobre o consumo de papel e papelão (1992-2009) e cimento (1999-2009), que foram adquiridos mediante o pagamento de uma subscrição, os demais dados puderam ser obtidos nas visitas às associações/bibliotecas ou nos sites acima mencionados.

Dentre os setores analisados, o de papel e papelão exigiu um maior esforço de pesquisa, tanto pela dispersão dos dados em diferentes bibliotecas/associações quanto pela necessidade de

compatibilização das informações em termos de segmentos e de unidade de medida. Os demais setores também exigiram um esforço sistemático, seja pela digitalização dos dados ou pela avaliação crítica das informações obtidas, embora a menor amplitude intrassetorial, particularmente em cimento e alumínio, tenha facilitado a construção de indicadores e a análise dos dados.

Após a obtenção dos dados para o consumo aparente dos diferentes materiais, partiu-se para a construção dos indicadores de consumo per capita e de intensidade do uso. O cálculo do consumo per capita foi realizado dividindo-se o total de consumo aparente pela população de cada país ou região. Posteriormente, os indicadores de intensidade do uso foram computados por meio da relação entre os valores de consumo per capita de cada material e as séries de dados para o PIB per capita real dos países, convertido em US\$ pela taxa de câmbio de Paridade de Poder de Compra (PPC). Essas séries foram construídas mediante um procedimento peculiar. Partindo de valores do PIB per capita de um ano-base (2006) convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de PPC e das taxas de crescimento real do PIB per capita em unidades de moeda local, estimou-se uma série temporal para o PIB per capita real de cada país, convertido em US\$ pela PPC de 2006. Este procedimento garante que a evolução ao longo do tempo do PIB per capita não seja distorcida por variações das taxas de câmbio, tanto a nominal quanto a de paridade de poder de compra. A escolha de 2006 para servir como ano-base deveu-se à maior disponibilidade de dados para o PIB per capita PPC comparativamente aos anos posteriores.

As informações sobre o PIB per capita PPC em 2006 foram extraídas do site do Fundo Monetário Internacional (FMI, 2010), ao passo que os dados sobre a população dos países basearam-se no site de Maddison (2010). As taxas de crescimento real do PIB per capita até o ano de 2008 foram igualmente retiradas do site de Maddison (2010) e para 2009 e 2010, do site do Banco Mundial (WORLD DATABANK, 2009; 2010).

Na sequência, procurou-se examinar a consistência dos dados do conjunto de países analisados. O Excel permite aninhar as três variáveis (produção, exportação e importação), por meio das funções `se` e `écél.vazia`. Para filtrar erros nos dados informados pelas fontes, foi feita uma averiguação de *outliers*, buscando identificar os dados de consumo aparente com uma variação de mais de 25% em relação aos anos adjacentes. Realizou-se também uma verificação dos *outliers* quanto à intensidade do uso. Procurou-se excluir das bases de dados países com nível de consumo aparente muito baixo e cuja intensidade do uso, no entanto, tenha se mostrado

elevada quando comparada às economias desenvolvidas. Os países da amostra representaram ao menos 90% do consumo mundial de papel e papelão, aço, cimento e alumínio.

Ao final de todo o processo de levantamento, sistematização, tabulação e crítica dos dados, as bases ficaram estruturadas do seguinte modo:

- Papel e papelão: 58 países e cinco níveis de desagregação setorial (papel e papelão em geral, papel imprensa, papel de imprimir e escrever, papel de embalagens, papel para fins sanitários) entre 1959 e 2009.
- Aço: aço bruto (69 países entre 1970 e 2010) e aço laminado (70 países entre 1974 e 2010)
- Cimento: 59 países entre 1947 e 2009.
- Alumínio: 40 países entre 1965 e 2010.

O enfoque analítico deste trabalho enfatizou países recentemente industrializados. No entanto, comparações da evolução da intensidade do uso destes países com as economias desenvolvidas e os demais países em desenvolvimento requerem a montagem de bases de dados com ampla dimensão geográfica.

Apesar de todos os esforços, não se pode descartar a ocorrência de vieses decorrentes da construção das bases de dados e dos problemas envolvidos na utilização da intensidade do uso como instrumento de análise da demanda dos materiais. A evolução do consumo dos materiais depende, certamente, de um conjunto de influências que não se restringe ao nível de renda. Além disso, cabe alertar para os vieses existentes na comparação entre momentos do tempo suficientemente distantes para que ocorram modificações significativas dos padrões tecnológicos. Pode-se especular que, com o progresso na tecnologia dos materiais, é possível, em muitos casos, obter atualmente o mesmo desempenho com menor quantidade física do material. Curvas de intensidade do uso traçadas com base em séries históricas apresentam trechos declinantes em que se somam aos efeitos de aspectos propriamente estruturais, os impactos de mudanças técnicas contrárias ao consumo de alguns dos materiais básicos (PINHO, 2001). Todavia, estes vieses não implicam invalidar a importância das relações que foram identificadas para a curva de intensidade do uso dos materiais.

Uma categorização amplamente utilizada no decorrer da tese apoiou-se na identificação dos países de acordo com o seu nível de desenvolvimento econômico (FMI, 2010; BOŽYK,

2006; GUILLÉN, 2003; WAUGH, 2000). Esta classificação distingue os países desenvolvidos daqueles em desenvolvimento, de acordo com o PIB per capita PPC e indicadores de desenvolvimento humano. Entre os países em desenvolvimento, são destacadas 14 economias como sendo de industrialização recente, a saber: Brasil, China, Índia, Malásia, México, Filipinas, África do Sul, Tailândia, Turquia, Rússia, Chile, Egito, Indonésia e Argentina. Na categoria de desenvolvidos, estariam países com elevada renda per capita, inclusive os outrora chamados de “Tigres Asiáticos”: Cingapura, Hong Kong, Coréia do Sul e Taiwan, todos países que obtiveram sucesso em seu processo de *catching up* entre as décadas de 1960 e 1990.

Outra categorização útil na análise dos quatro setores desta tese baseou-se em uma distinção realizada pela Comunidade Europeia (EUROSTAT, 2002) para identificar o processo de desmaterialização em diferentes economias. Esta classificação compara o crescimento do consumo per capita deste material com o crescimento do PIB per capita em um período de tempo abrangente. Com taxas de crescimento do consumo per capita negativas e taxas positivas para o PIB per capita, a dinâmica de mercado de um determinado material denotaria um processo de desmaterialização absoluta. Por outro lado, com um crescimento positivo do consumo per capita, mas inferior ao do PIB per capita, o processo seria caracterizado como uma desmaterialização relativa. Por fim, a ausência de desmaterialização seria assinalada em situações com taxas de crescimento do consumo per capita acima do ritmo de expansão da renda per capita.

Em relação ao tratamento econométrico, a econometria de dados em painel caracteriza-se pela combinação de dados na forma de *cross sections* (cortes transversais) e séries temporais. Os painéis de dados da presente tese são não balanceados para os diferentes segmentos, uma vez que o número de anos não foi o mesmo para todos os países. Preferiu-se trabalhar com um painel não balanceado a usar os procedimentos, sempre questionáveis, de inferência que seriam requeridos para balancear o painel. Portanto, foram empregados apenas dados originais em todos os procedimentos econométricos.

A utilização de dados em painel implica um número maior de observações, favorecendo as propriedades assintóticas dos estimadores e a redução de variabilidade. O uso desta estrutura de dados, contudo, não está livre de problemas de estimação e inferência. Como os dados envolvem dimensões distintas, os problemas que afetam os dados de corte transversal (heterocedasticidade) e as séries temporais (autocorrelação) precisam ser levados em conta na obtenção das estimativas (GUJARATI, 2006).

A análise esteve centrada em três tipos diferentes de painel. O primeiro foi o mais abrangente que se pôde montar para cada setor ou segmento. O segundo painel esteve restrito a dados mais recentes, compreendendo os 11 últimos anos para os quais foram obtidas informações. O terceiro painel caracterizou-se pela seleção de países com crescimento “export-driven”, mas com o mesmo recorte temporal do painel mais abrangente. Com base em Yang (2008), foram identificados oito países com este perfil: China, Hong Kong, Israel, Japão, Malásia, México, Coreia do Sul e Tailândia. A comparação dos resultados do painel recente com o mais abrangente indicaria se mudanças tecnológicas recentes modificaram o perfil de intensidade do uso dos materiais no mundo como um todo. Por outro lado, os resultados derivados do painel "export-driven" procuram avaliar as implicações do comércio indireto dos materiais analisados nesta tese. O modelo econométrico estimado apresentou a seguinte forma geral:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \dots + \beta_n X_{it}^n + u$$

Onde:

$Y_{it}$  é a intensidade do uso (IU) dos materiais, ou seja, a relação entre consumo per capita e PIB per capita PPC observada no país  $i$  no ano  $t$ ;

$X_{it}$  é o Produto Interno Bruto (PIB) per capita real do país  $i$  no ano  $t$  convertido em US\$ pela taxa de câmbio PPC a preços de 2006;

$\beta_i$  é o coeficiente da relação entre  $X_{it}$  e  $Y_{it}$ ;

$\alpha$  é o parâmetro constante do modelo;

$u_{it}$  é o componente do erro.

Para que a hipótese da curva de intensidade do uso em forma de um “U” invertido (modelo quadrático) seja válida, o coeficiente  $\beta_1$  precisa ser positivo e significativo, enquanto o coeficiente estimado  $\beta_2$  deve ter o sinal negativo e significativo.

Ademais, com exceção do aço (para o qual os resultados não foram significativos) procurou-se introduzir nos modelos outras variáveis, além do nível de renda per capita, quais sejam a taxa de urbanização dos países e variáveis *dummies* para o nível de desenvolvimento econômico e para a região em que os países se situam. É importante ressaltar que os padrões demográficos e de urbanização afetam a estrutura da demanda, mas sua evolução não se restringe às taxas de urbanização, que, aliás, são definidas de forma muito diferentes de país a país. Ainda

assim, a inserção de variáveis adicionais no modelo possibilitou a obtenção de um melhor coeficiente de determinação, como será exposto nas seções que explicitam os resultados econométricos para os respectivos materiais.

Os métodos utilizados para estimação de equações em painel foram o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários empilhados (MQO *polled*), o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. O primeiro modelo não leva em conta a heterogeneidade existente entre os países, ao passo que o segundo e o terceiro modelos consideram esta heterogeneidade, mas variam quanto aos parâmetros que captam as diferenças entre os países. A escolha do melhor modelo foi feita através de testes de especificação, como o de Hausman, o teste F e o de Breusch-Pagan.

## Capítulo 1

### MUDANÇAS ESTRUTURAIS AO LONGO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

A evolução de longo prazo da estrutura produtiva tem sido marcada por um padrão típico de transformação. A crescente participação do setor de serviços no PIB, o aumento na renda per capita e os ganhos de produtividade são alguns dos elementos que caracterizam este movimento. Em especial, o dinamismo da demanda por alguns produtos mostraria sinais de arrefecimento, dadas as alterações das preferências dos consumidores e algumas mudanças estruturais que costumam acompanhar o crescimento econômico.

Este capítulo retoma a discussão sobre a mudança estrutural no decurso do desenvolvimento econômico, não esgotando, contudo, a variedade de tratamentos que podem ser dados ao tema. Inicialmente, esta questão é situada dentro do âmbito das teorias do desenvolvimento, resgatando as proposições de diferentes vertentes analíticas. Em seguida, distinguem-se as transformações na composição setorial ao longo do tempo. Efetivamente, a mudança estrutural das economias não seria caracterizada somente pelas variações da participação relativa dos setores, mas também pela velocidade e amplitude com que estas modificações ocorrem, acompanhadas por novas dinâmicas no comércio exterior, produtividade e renda. Ao final, são examinadas em particular as estratégias de crescimento baseadas em recursos naturais.

#### 1.1 Teorias do Desenvolvimento Econômico

A mudança estrutural que acompanha a trajetória de desenvolvimento tem sido uma questão frequentemente abordada por estudiosos do desenvolvimento econômico. Kuznets (1965), Chenery (1986) e Syrquin (1988) figuram entre os autores com contribuições notáveis para a compreensão das relações estabelecidas entre a mudança estrutural e o desenvolvimento econômico. Mudança estrutural para estes autores se refere às mudanças nos pesos relativos dos setores que compõem a economia. A hipótese subjacente é que existiria um padrão típico de transformação, de modo que as estruturas econômicas tendem a ficar razoavelmente parecidas em países com níveis semelhantes de desenvolvimento.

As análises das transformações estruturais das economias assentam-se em um amplo conjunto de abordagens dentro da ótica das teorias do desenvolvimento e crescimento econômico. A partir da década de 1940, alguns autores (HARROD, 1939; SOLOW, 1956) passaram a buscar respostas para as condições que permitem que o produto potencial de uma economia cresça sistematicamente ao longo do tempo. As investigações giraram em torno das circunstâncias em que a oferta de trabalho, o estoque de capital e a tecnologia sofriam transformações. Alguns fatos estilizados comumente destacados por estes modelos de crescimento eram: a) ao longo do tempo, a produtividade do trabalho cresce com o aumento do produto a taxas superiores às do crescimento da oferta de trabalho; b) a taxa de lucro tende a ser constante no decorrer do tempo; c) a relação entre capital e trabalho tende a se estabilizar à medida que as economias se desenvolvem<sup>1</sup>. Considerava-se que a economia estaria funcionando com pleno emprego quando o crescimento da acumulação de capital fosse igual ao ritmo de crescimento da oferta de trabalho.

No entanto, a resposta dada pela abordagem convencional para explicar o crescimento das economias tornou-se alvo de várias críticas. Primeiro, estes trabalhos assumiam que a tecnologia e a oferta de trabalho fossem determinadas exogenamente. Segundo, a teoria considerava o caso particular de desenvolvimento de alguns países ricos, generalizando-o para o conjunto de países em desenvolvimento. Àqueles artigos seminais seguiu-se uma enxurrada de trabalhos, parte tentando conceber explicações para o progresso técnico, parte buscando compreender as características do funcionamento de economias de baixa renda. Autores como Lewis (1969) e Rosenstein-Rodan (1943) direcionaram sua atenção para entender o fenômeno do subdesenvolvimento, muitas vezes caracterizado por oferta ilimitada de mão de obra, inelasticidade da demanda em relação ao preço e baixa mobilidade dos fatores de produção. A ocorrência de mudança estrutural requeria a superação dos problemas de coordenação entre as decisões de investimento, o que justificava que o Estado fosse o mediador do processo de ajuste estrutural. Tornou-se senso comum a ideia de que a industrialização passara a ser uma

---

<sup>1</sup> Conforme os países se desenvolvem, o tempo de trabalho para se produzir um determinado bem sofre decréscimo com o aumento do capital utilizado. A acumulação de capital geralmente é pequena em períodos pré-industriais, quando a renda per capita é baixa, ampliando-se em níveis intermediários e tornando-se estável em níveis avançados de desenvolvimento (CHENERY, 1986). Segundo Harrod (1939), nos setores em que a relação entre capital e trabalho é alta, o grau de mecanização dos processos produtivos das firmas é elevado e a produtividade do trabalho tende a ser maior.

condicionante para a sustentação do processo de modernização e desenvolvimento (KRUGMAN, 1995).

A compreensão sobre os padrões de mudança estrutural teve como precursores Rostow (1956) e Kuznets (1965), com posições conflitantes quanto à possibilidade de entender o crescimento econômico por meio de etapas. Rostow (1956) sintetizava o processo de crescimento econômico em três fases: anterior à decolagem, decolagem e desenvolvimento autossustentado. A decolagem seria o período durante o qual o produto real per capita aumenta, proporcionando transformações iniciais nos meios de produção, na renda e no investimento líquido. Após passar por uma etapa inicial em que se estabelecem as pré-condições para o processo de decolagem, as economias obteriam níveis de renda que as conduziriam rumo ao desenvolvimento autossustentado. Em contrapartida, Kuznets (1965) apoiava-se na assertiva de que o crescimento econômico dos países não poderia ser reduzido à compreensão por meio de estágios, tendo em vista a continuidade que se caracterizaria o processo. O fato de uma economia possuir uma estrutura relativamente dependente de setores primários não necessariamente implicaria um posicionamento em estágios de desenvolvimento menos avançados. Segundo Kuznets (1965), a abordagem por etapas preconizava uma trajetória de “crescimento biológico” e unidirecional, não considerando que o crescimento depende das especificidades das estruturas produtivas das economias.

Na maior parte dos trabalhos que abordam a mudança da estrutura produtiva (HIRSCHMAN, 1981; KUZNETS, 1966; SYRQUIN, 1988) estão presentes discussões sobre a existência de um diferencial de produtividade entre setores e a conseqüente realocação de fatores de produção entre eles. O peso crescente do setor industrial em relação aos demais setores de atividade econômica encontra respaldo nos índices de produtividade, nos efeitos de encadeamentos e nas externalidades tecnológicas associadas a esse ramo de atividade. São traçadas também relações entre mudança estrutural e as características do consumo e do emprego dos países. Lewis (1969) destaca a existência de incompatibilidades entre a estrutura de oferta e os padrões de consumo em muitas economias em desenvolvimento. O excesso de mão de obra seria uma característica particular do emprego em países menos desenvolvidos, cujas causas deveriam ser buscadas nas decisões relativas ao investimento. Nesses países, a poupança seria baixa porque a parcela do excedente econômico no produto seria pequena. Além disso, boa parte dos lucros não é utilizada para gerar empregos ou modernizar a economia, orientando-se ao

consumo de bens de luxo. Cabe destacar também a discussão crucial do papel dos países em desenvolvimento no comércio internacional. Um maior peso relativo da indústria sobre a estrutura produtiva deveria refletir-se em aumentos das exportações de bens manufaturados.

Prebisch (1949) constatou a existência de diferenças marcantes entre dois polos da economia mundial: um centro industrializado e uma periferia especializada em produtos primários. A relação estabelecida entre estes dois polos seria um resultado do modo como ocorria o progresso técnico na economia mundial. O ritmo de progresso técnico, comandado pelos países centrais, é mais rápido na indústria do que na produção de bens primários, com a elasticidade-renda da demanda por bens industriais superando a dos produtos primários. O mercado de trabalho no centro opera em condições que tornam a ação sindical mais eficaz. A rigidez dos preços de produtos manufaturados e a flexibilidade dos preços de produtos primários atribuíam-se ao maior poder sindical dos trabalhadores dos centros, que elevavam os salários na fase ascendente e congelava-os na fase descendente do ciclo econômico. Nessas circunstâncias, a tendência de longo prazo seria de deterioração dos termos de intercâmbio entre bens primários e industriais e, portanto, entre centro e periferia. Os preços dos produtos primários sofreriam deterioração em relação aos preços dos produtos manufaturados dos centros. Esta relação assimétrica traduzia-se na tendência dos países menos avançados terem que ceder mais bens primários para obter bens manufaturados.

Nas primeiras contribuições para a teoria do desenvolvimento verificava-se uma estreita associação entre análises da mudança estrutural e desenvolvimento econômico. Contudo, apesar da sua grande relevância para a teoria do crescimento, a compreensão da transformação estrutural tornou-se no decorrer do tempo, um tema menos saliente dentro da pesquisa econômica. A ênfase na eficiência alocativa do mercado, sustentada por teorias de tradição neoclássica, contribuiu para alterar o sentido que habitualmente se atribuía à mudança estrutural. Ao invés de ser considerada uma condição impreterível para o crescimento econômico, a transformação estrutural seria essencialmente um resultado automático do desenvolvimento dos mercados (MEMEDOVIC e IAPADRE, 2010).

Na realidade, constata-se a inexistência de uma teoria unificada sobre a mudança estrutural, mas uma variedade de correntes teóricas preocupadas, especialmente, com os fatores que envolvem as realocações de recursos entre os três grandes setores da economia (KRÜGER, 2008). Pode-se conjecturar que esta diversidade reflita uma tendência que também tem

acometido as teorias de desenvolvimento econômico. Conforme destacado por Hirschman (1981) e Cardoso (1995), desde a década de 80, muitos dos temas centrais abordados pela teoria do desenvolvimento econômico passaram a apresentar sinais de fragmentação. O tema do desenvolvimento deixou de ter uma força unificadora, passando a ser discutido em múltiplas dimensões, diferentemente do caráter aglutinador das abordagens pioneiras. Reconhecia-se, gradualmente, que a ocorrência de padrões diferenciados de crescimento associava-se não somente à falta de progresso técnico ou ao excesso de mão de obra, mas à ausência de estrutura para aproveitá-los corretamente. Instituições e governos frágeis e baixo nível de qualificação da mão de obra explicariam grande parte da incapacidade dos países de alcançar patamares elevados de desenvolvimento. A incorporação de alguns elementos como capital humano e social nas agendas de órgãos como o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional (FMI), e nas formulações dos modelos de crescimento endógeno ilustra a nova orientação adotada pela teoria (BONENTE e FILHO, 2007).

Na literatura acerca de crescimento endógeno (GROSSMAN e HELPMAN, 1991; ROMER, 1994), ainda que não seja dado um tratamento específico ao papel da transformação estrutural estaria implícito que esta mudança ocorreria a partir de esforços em pesquisa e desenvolvimento. O crescimento de longo prazo e as alterações nas estruturas produtivas dependeriam, inequivocamente, do número de inventores de uma economia e da descoberta de novas ideias (GROSSMAN e HELPMAN, 1991). Em países que não se caracterizam por serem inovadores primários, a imitação constituiria elemento central para promover maiores níveis de produtividade. À medida que a quantidade de inovações a serem copiadas sofresse diminuição, a taxa de crescimento também tenderia a decrescer, reduzindo o *catching up* (aproximação tecnológica dos países em desenvolvimento em relação aos desenvolvidos) entre as economias<sup>2</sup>.

Neste sentido, a acumulação de tecnologia bem como a sua disseminação seria fundamental para a determinação da trajetória do crescimento econômico. Lin e Chang (2009) atribuem grande ênfase às trajetórias particulares de desenvolvimento dos países e ao conjunto de instituições que lhes fornece suporte. Ao contrário dos primeiros teóricos desenvolvimentistas que tratavam a tecnologia como um bem público, livremente disponível, a abordagem do crescimento endógeno reconhece o esforço que cada economia realiza em seu processo de

---

<sup>2</sup> O conceito de catching-up remete à possibilidade de um país tecnologicamente atrasado crescer a taxas maiores que os países que compartilham a fronteira da tecnologia mundial, utilizando-se de conhecimentos disponibilizados por países que estão na fronteira tecnológica (UNCTAD, 2005).

*catching-up*. A aquisição de capacidade absorptiva realizada por cada país em seu processo de desenvolvimento definiria a possibilidade e a rapidez do *catching-up*. A capacidade de absorção traduz-se na habilidade de identificar, assimilar e utilizar informações externas como forma de obter inovação (COHEN, 1995).

Em estudo publicado em 2005, a UNCTAD postulou que muitos países menos desenvolvidos ainda não teriam o nível mínimo de capacidade absorptiva requerido para capacitá-los para o início do processo de *catching-up*. Nelson e Phelps (1966) afirmaram que a educação é fundamental para que os indivíduos possam obter o nível de capacitação necessária ao progresso tecnológico. Este foi o ponto de partida para a construção de um modelo no qual a difusão da tecnologia é função do grau de educação da população.

## **1.2 Mudanças Estruturais na Composição Setorial das Economias**

Restrições orçamentárias mais brandas geralmente levam à mudança nos padrões de consumo dos indivíduos. Novos bens, com características físicas e usos distintos daqueles até então consumidos, incorporam-se à demanda, em um movimento em que novas necessidades emergem conforme as precedentes vão sendo saciadas. Isto significa que a mudança da estrutura produtiva altera a estrutura de consumo, sem prejuízo da causalidade oposta. A observação pioneira de Engel (1895) sobre mudanças na composição da cesta de consumo dos indivíduos em função de variações da sua renda ficou conhecida como lei de Engel, uma microfundamentação que não ficou restrita à esfera do comportamento dos indivíduos, sendo também aplicada em análises sobre a composição da estrutura da demanda setorial.

Uma distinção clássica da estrutura produtiva de uma economia refere-se à divisão existente entre os ramos primários, secundário e terciário. De forma abrangente, as atividades agrícolas e de exploração de recursos naturais comporiam o setor primário, enquanto as atividades que produzem bens de consumo e de capital e aquelas devotadas à prestação de serviços constituiriam os demais setores (KRÜGER, 2008). Kuznets (1966, 1965) sustenta que conforme as economias se desenvolvem e ampliam a sua renda per capita, a procura por produtos agrícolas, em termos relativos, diminui e a demanda por produtos industriais tende a aumentar. Esta tendência refletiria não somente o amadurecimento dos complexos e sistemas produtivos, mas também os efeitos da mudança tecnológica e dos preços relativos (CHENERY, 1979, 1986; RAMOS, 1998). Em níveis mais elevados de renda, as pessoas se saturariam de

produtos manufaturados, como ocorrera com produtos agrícolas, e a demanda se deslocaria em direção aos serviços, ainda que a expansão de algumas categorias específicas de serviços, como transportes e comunicação possa ser oriunda do crescimento da demanda por atividades industriais (BRAHMBHATT e CANUTO, 2010).

A Tabela 1.1 retrata a evolução da estrutura produtiva para alguns países com diferentes graus de desenvolvimento econômico entre os anos 1970 e 2010. É possível notar o enorme peso ocupado pelo setor de serviços em economias avançadas como EUA e Reino Unido, com porcentagens superiores a 70% do PIB, bem como participações decrescentes dos setores industriais e, em maior magnitude, dos setores agrícolas. Em países menos desenvolvidos, o setor industrial ocupa uma parcela crescente do PIB. Este movimento corresponde à diminuição dos preços relativos dos bens de consumo e às maiores elasticidades-renda que sustentam a ampliação da procura por bens manufaturados em economias em desenvolvimento.

**Tabela 1.1: Evolução da Estrutura Produtiva entre 1970 e 2010 (em % do PIB)**

País	Agricultura		Indústria		Serviços	
	1970	2010	1970	2010	1970	2010
Estados Unidos	4	1	35	20	61	78
Reino Unido	3	1	42	22	55	77
Suécia	6	2	37	27	57	72
Japão*	6	1	45	27	49	72
Brasil	12	6	38	27	49	67
Turquia	40	10	23	27	37	64
México	13	4	32	34	55	62
Coréia do Sul	29	3	26	39	45	58
Peru	19	8	32	34	50	57
Filipinas	30	12	32	32	39	55
Índia	42	19	21	26	37	55
Bolívia	21	13	33	37	46	50
Egito	29	14	28	38	42	48
Malásia	29	11	27	44	43	45
China	35	10	40	47	24	43
Indonésia	45	15	19	47	36	38
Argélia	9	8	46	62	45	30

Fonte: World Databank (2011).

\* Dados para 2009.

As análises de Chenery (1979) e Syrquin (1988) sobre os processos de transformação industrial enfatizam fatores concernentes às mudanças na composição da demanda doméstica, aos efeitos do aumento das exportações e importações e à mudança tecnológica. A demanda

doméstica seria um fator preponderante na determinação do ritmo de crescimento do tecido industrial, com a substituição de importações tendo uma forte contribuição em estágios iniciais da industrialização. Deve-se reconhecer que a industrialização é um processo classicamente associado à mudança estrutural (BONENTE e FILHO, 2007), já que além de engendrar uma base de conhecimentos técnicos para a própria indústria, a industrialização amplia concomitantemente a produtividade nos demais setores. Entretanto, em alguns países nórdicos orientados para a produção de produtos primários, as exportações destes bens continuariam sendo fonte importante de crescimento econômico, mesmo em fases avançadas do processo de desenvolvimento.

Avançar no processo de industrialização não é tarefa trivial para boa parte das economias em desenvolvimento. Investimentos reduzidos em tecnologia quase sempre se traduzem em dificuldades para a estrutura produtiva destes países que, em muitos casos, necessitam realizar importações de equipamentos para estabelecer seus complexos produtivos. Por outro lado, a reprodução do padrão de consumo e preferências das economias avançadas, faz com que boa parte da demanda só possa ser suprida por meio de importações, ao menos até o momento em que a indústria nacional tenha condições de desenvolver a capacidade produtiva para atendê-la (SYRQUIN, 1988).

A maior demanda por serviços (saúde, educação, recreação e serviços governamentais), por outro lado, é uma contrapartida do processo de urbanização. A convivência em ambientes urbanos, além de gerar condições favoráveis à atividade intelectual típica da civilização moderna permite a padronização e imitação de hábitos de consumo, que constituem condicionantes básicos dos sistemas produtivos (CHENERY, 1986). Ao mesmo tempo, aspectos demográficos, tais como taxas de natalidade e mortalidade, também afetam a estrutura produtiva, seja através da oferta de mão de obra ou da demanda de bens e serviços.

Naturalmente, a estrutura da demanda em qualquer economia depende da distribuição de renda. A questão da convergência dos perfis de distribuição de renda em torno de um padrão considerado “normal” foi inicialmente explorada por Kuznets (1955). O autor associou o crescimento econômico e a desigualdade da renda em países desenvolvidos por meio de uma relação em U invertido, o que posteriormente foi chamado de curva de Kuznets. A desigualdade de renda tende a aumentar na fase inicial da industrialização de um país, ocorrendo o inverso em

fase posterior, quando esse país estivesse industrializado<sup>3</sup>. Estruturas de consumo desiguais, motivadas por desigualdades de renda, resultariam em um sistema de preços que afeta os incentivos ao investimento. No entanto, com o crescimento econômico a parcela mais pobre da população ganharia poder político e o nível de desigualdade tenderia a se reduzir. A hipótese da curva de Kuznets fundava-se em grande medida na trajetória das nações desenvolvidas. Já na década de 60, a distribuição de renda entre economias desenvolvidas mostrava sinais de tornar-se menos desigual (ROWTHORN, 1999) do que fora na etapa de desenvolvimento caracterizada pelo êxodo agrícola. Por outro lado, Kuznets (1955) havia verificado também uma tendência da estrutura de repartição da renda ser mais desigual em economias menos desenvolvidas.

Rowthorn e Wells (1987) destacaram que, tendo passado anteriormente por uma fase de desenvolvimento caracterizada pelo elevado peso dos setores industriais e pela diminuição da participação das atividades agrícolas, as economias avançadas sofreram um processo de desindustrialização ao final do século XX, caracterizado por um crescimento acentuado do setor de serviços acompanhado por reduções relativas do emprego em outros setores da economia. Além das mudanças no perfil da demanda que acompanham o crescimento da renda per capita, as causas da contração da atividade industrial poderiam ser buscadas na diferença dos ganhos de produtividade entre os setores. O produto por trabalhador cresce mais rapidamente na indústria do que nos serviços, ocasionando diretamente mudanças no padrão de emprego (ROWTHORN, 1999, CARVALHO, 2008)<sup>4</sup>. O ritmo mais intenso de crescimento da produtividade do setor manufatureiro provoca quedas acentuadas nos preços relativos dos bens industrializados, que chegam a resultar em redução da participação deste setor no PIB, além de explicar a queda relativa do emprego gerado nesse setor, devido à introdução de tecnologias menos intensivas em mão de obra (NASSIF, 2006). Ademais, ganhos de produtividade e o aumento da participação no comércio internacional de países em desenvolvimento capazes de produzirem bens com baixo custo de produção têm contribuído para baratear o preço das manufaturas (ROWTHORN e

---

<sup>3</sup> A transformação estrutural envolve mudanças nos pesos relativos e posições de vários grupos sociais: um declínio da representatividade da agricultura em termos de mão de obra implica uma queda no peso de fazendeiros e trabalhadores agrícolas. Este processo é quase sempre acompanhado por diferenças salariais, com grupos que passam a ganhar mais que outros.

<sup>4</sup> Constata-se que o emprego tem se reduzido até mesmo em termos absolutos na indústria de transformação de países desenvolvidos. De 1990 a 2003, o emprego na indústria do Reino Unido e no Japão decresceu 29% e 24% respectivamente (BERNARD, 2009). Tal como no caso dos setores agrícolas, a introdução frequente de novas técnicas de produção poupadoras de mão de obra explicam, em grande medida, a redução no nível de emprego. O crescente comércio de bens que podem ser produzidos em locais diferenciados e o aumento do trabalho autônomo e temporário compõem o quadro de retração do emprego na indústria (BRAUER, 2004).

COUTTS, 2004). Urge ressaltar que a mudança estrutural verificada entre manufatura e serviços tem ocorrido a níveis de renda per capita cada vez mais baixos (ROWTHORN e COUTTS, 2004; DASGUPTA e SINGH, 2006).

Transformações na composição setorial também seriam induzidas e influenciadas pelo padrão de inserção no comércio internacional. As estratégias de desenvolvimento costumam evoluir da substituição de importações à promoção de exportação, dirigindo-se primeiramente a mercados mais próximos ou menos exigentes e, posteriormente, para mercados mais distantes (RAMOS, 1998), ainda que a escolha por uma das estratégias não exclua a outra<sup>5</sup>. A promoção de exportação habitualmente dependente da especialização industrial requer o desenvolvimento de indústrias que possam engendrar processos dinâmicos voltados para a competição no mercado mundial (CHENERY, 1979). O regime de promoção às exportações não implica que necessariamente um grande volume da produção industrial tenha que ser destinado ao mercado externo, mas retornos crescentes de escala levam a isso principalmente em países pequenos. De todo modo, as restrições que o equilíbrio do balanço de pagamentos impõe ao crescimento implicam que o desempenho econômico de longo prazo dos países dependa do comportamento das elasticidades-renda no comércio externo. Thirlwall (1979) postula que o crescimento econômico de longo prazo pode ser explicado por características estruturais das economias, relacionando-se diretamente à taxa de crescimento de suas exportações (elasticidade-renda multiplicada pela taxa de crescimento da economia mundial) e inversamente à elasticidade-renda de suas importações. Depreende-se que o crescimento restrito pelo balanço de pagamentos seja liderado pela demanda, embora fatores do lado da oferta, como estoque de capital físico e humano possam condicionar a determinação deste dinamismo.

Na etapa “mundializada” do desenvolvimento capitalista (CHESNAIS, 1996), pode-se argumentar que as mudanças estruturais na economia mundial atrelam-se à dispersão espacial da produção e consumo e ao elevado grau de interdependência de distintas cadeias produtivas. Segundo Chesnais (1996), o atual sistema de comércio de bens e serviços denota uma nítida

---

<sup>5</sup> Desde a década de 60, várias economias asiáticas adotaram estratégias deliberadas de industrialização, buscando seguir uma trajetória traçada anteriormente pela economia japonesa, sublinhando a ênfase em bens intensivos em tecnologia. A industrialização baseada em substituição de importação apostava no estímulo interno ao desenvolvimento da capacidade tecnológica que garantiria efeitos dinâmicos aos setores. Ao mesmo tempo, a intervenção do governo e os mecanismos de articulação com as empresas nacionais provocaram mudanças estruturais, incentivando indústrias em que o grau de mecanização e a intensidade de capital não correspondiam a um padrão de industrialização “normal”, guiado simplesmente pela dotação natural de fatores produtivos (CHENERY, 1960).

tendência à formação de zonas mais densas em torno da “regionalização” do comércio entre países, bem como uma crescente marginalização de todos os países excluídos deste movimento. Esta regionalização vem acompanhada por elevados fluxos de investimentos diretos estrangeiros de empresas multinacionais que comandam parte importantíssima dos fluxos transfronteiras de bens e serviços e pela capacidade de realocar constantemente as atividades de produção. A liberalização comercial intensificou o crescimento das exportações, mas com uma inflexão nítida a favor dos produtos intermediários impulsionada pelo comércio intracorporativo (CHESNAIS, 1996). Em algumas economias latinoamericanas verifica-se um crescimento da propensão a exportar, com o comércio de bens intermediários tendo crescido de forma muito mais acentuada que o de bens finais, baseado em uma nova divisão internacional do trabalho e refletindo uma maior competitividade das exportações dos países em desenvolvimento. Neste contexto, a diversificação e a sofisticação tecnológica têm sido vistas como importantes direcionadores de competitividade dentro de segmentos particulares de uma cadeia produtiva, especialmente por meio de complementaridades oriundas de atividades adjacentes (UNIDO, 2009; MEMEDOVIC e IAPADRE, 2010).

### **1.2.1 Transformações dentro da Estrutura do Setor Industrial**

A literatura sobre desenvolvimento industrial (HOFFMANN, 1958; RODRIK, 2007) sugere que, dentro da indústria de transformação, capital e trabalho tendem a mover-se de indústrias menos produtivas para indústrias mais produtivas, movimento que se intensifica sensivelmente na presença de diferenças de retornos de escala entre eles. Hoffmann (1958) já havia constatado um descompasso no ritmo de mudança entre a relação de bens de consumo e capital através do tempo. Em países como Japão e Alemanha, a relação entre bens de consumo e bens de capital reduziu-se bastante rapidamente. Já em países como França, Bélgica, Inglaterra e Austrália, este ritmo teria mudado de forma mais branda, mas ainda superior a um terceiro grupo de países, composto por Estados Unidos, Canadá e Argentina, nos quais a redução se deu de modo ainda mais lento (HOFFMANN, 1958)

Cabe ressaltar que alguns setores, como o eletrônico apresentam maiores efeitos de transbordamento (*spillover*) sobre outros segmentos da indústria, propiciados por encadeamentos mais vigorosos para frente e para trás (CARREE, 2003). Portanto, a presença de certas atividades no tecido industrial favorece a criação de novas indústrias que, sucessivamente, passam a

conduzir o ritmo de mudança estrutural, assumindo a posição anteriormente ocupada por indústrias tradicionais. Essa trajetória de diversificação da produção industrial conduz à diversificação das exportações em um processo pelo qual as economias obtêm primeiramente capacitações industriais em novas atividades e posteriormente promovem a sua entrada em novos mercados (UNIDO, 2009).

Uma estratégia de desenvolvimento industrial como essa se contrapõe aos postulados derivados das teorias do comércio internacional (SAMUELSON, 1966; KRUEGER, 1985; BALASSA, 1979), que sustentam que os ganhos de comércio são um reflexo da especialização e vantagens comparativas dos países. Mesmo nessa perspectiva, porém, países pequenos que apresentam escassez de recursos naturais poderiam se especializar na exportação de manufaturados já em fases iniciais do desenvolvimento econômico, diferentemente de países que apresentam abundância destes recursos. A adoção de estratégias de especialização industrial seria, assim, uma alternativa à limitação da base de recursos naturais (CHENERY, 1986, 1979). Neste contexto, Balassa (1979) alegava que o controle das importações deveriam ser removidos e a taxa de câmbio mantida em níveis competitivos para que fosse estimulada uma estrutura produtiva que refletisse as vantagens comparativas dos países. O exame da experiência histórica mostra, contudo, que estratégias de especialização e políticas industriais e de comércio exterior têm sido combinadas de forma mais sutil em processos de industrialização bem sucedidos. Rodrik (2007) sublinha que o fato de os países do Sudeste Asiático terem alcançado sucesso na especialização de bens manufaturados não pode ser atribuído somente à maior competitividade em produtos intensivos em trabalho, mas à diversificação em direção a produtos mais intensivos em capital.

Brown e Julius (1994), por outro lado, argumentaram que muitas economias avançadas estariam abandonando a produção de bens manufaturados e especializando-se em produtos mais intensivos em conhecimento. As economias avançadas ainda consumiriam grande quantidade de produtos manufaturados, mas estes produtos seriam em boa medida importados de países em desenvolvimento. Rowthorn (1999) se contrapõe a este argumento e sustenta que ainda que nas economias avançadas seja patente a mudança estrutural em direção aos serviços, a análise da especialização produtiva dos países demonstra adicionalmente a ocorrência de mudança estrutural dentro da própria indústria de transformação. As economias desenvolvidas continuariam sendo as principais produtoras e importadoras de bens manufaturados, dentro de

uma tendência em que os países em desenvolvimento se especializariam em atividades da indústria de transformação que se valem de trabalho barato e pouco qualificado e os países desenvolvidos, em atividades da indústria com maior grau de sofisticação tecnológica. As exportações de manufaturados dos países em desenvolvimento estariam aumentando, mas ocorre o mesmo com as exportações de manufaturados das economias desenvolvidas (ROWTHORN, 1999).

Essa perspectiva foi corroborada por Eberhardt e Teal (2007), em uma investigação que relacionou a produção de manufaturas à renda per capita de diferentes economias entre 1975 e 2000. Produtos como máquinas e equipamentos elétricos e de transporte seriam produzidos por países de renda elevada e, contrariamente, têxteis, produtos de couro e alimentos, por economias de baixa renda per capita. Mudanças significativas foram constatadas no segmento de aço, metais não ferrosos, papel e papelão e plásticos, que se deslocaram progressivamente para países de renda per capita intermediária. Curiosamente, a produção de vestuário e mobiliário, que apresenta dinamismo tecnológico relativamente baixo, manteve-se concentrada em economias de alta renda. Uma explicação para este resultado seria o fato de estes produtos dependerem de atributos de competitividade como design e marketing em que os países desenvolvidos apresentam posição proeminente.

Este padrão de produção e comércio do setor industrial repercute sobre a comercialização de produtos intermediários. As importações mundiais de bens e insumos intermediários passaram de 12% do total produzido pela indústria de transformação entre 1986 e 1990 para 18% entre 1996 e 2000. Países desenvolvidos realizam importações em grandes quantidades de insumos intermediários provenientes de economias de baixa e média renda per capita, sobretudo de países do Leste e Sul da Ásia. Constata-se que entre 1996 e 2000, as importações de insumos intermediários para atender a produção orientada ao mercado externo foram quase duas vezes superiores à produção voltada para abastecer o mercado doméstico (UNIDO, 2009). Estas modificações decorreriam da nova divisão do trabalho comumente associada ao “comércio de tarefas” entre países, um processo em que a produção tem se tornado cada vez menos integrada verticalmente – não só em termos das firmas, mas também em âmbito nacional - e mais dependente de fluxos internacionais de bens e serviços (UNIDO, 2009).

Uma categoria de bens intermediários relevante para o comércio internacional é a de manufaturas baseadas em recursos naturais. Refletindo a notória demanda da China por produtos

primários, desde 2000, as taxas de crescimento de exportações destes produtos têm sido superiores às das demais manufaturas. As exportações de petróleo e derivados e de ferro e aço vêm apresentando as mais acentuadas taxas de crescimento no comércio mundial. Estas manufaturas não são caracterizadas por um elevado dinamismo tecnológico, constituindo basicamente commodities. Apesar deste elevado crescimento, não se pode negar que as exportações de manufaturas de média e alta intensidade tecnológica ocupam a maior parcela do total mundial, com uma participação superior a 62% do total mundial em 2007 (OCDE, 2009).

### **1.2.2 A Revolução dos Serviços**

O movimento de realocação de mão de obra em direção ao setor de serviços ensejou um debate cujos efeitos são bem conhecidos: a produtividade no setor de serviços tende a evoluir mais lentamente do que no ramo industrial. De acordo com Baumol et al (1985), à medida que o setor de serviços amplia sua participação no PIB, a economia tenderia a estagnar-se, como resultado precisamente do reduzido dinamismo produtivo desse setor, atribuído a suas características intrinsecamente mais intensivas em trabalho. Por outro lado, a necessidade de competir por trabalhadores no mercado de trabalho com atividades, como a indústria de transformação, em que o aumento da produtividade viabiliza incrementos salariais implica pressões altistas sobre os salários dos trabalhadores e sobre os preços dos serviços, não acompanhadas pelo aumento de produtividade no próprio setor de serviços, fenômeno denominado pelo autor de doença dos custos. Deste modo, a desaceleração da produtividade refletiria o aumento da participação na economia de um ramo menos dinâmico, como já se assinalou anteriormente. Em paralelo ao crescimento do setor de serviços, mudanças na composição da demanda ou nos padrões de comércio poderiam acarretar um processo de desindustrialização (ROWTHORN e RAMASWAMY, 1998). A partir de uma extrapolação da Lei de Engel, Rowthorn e Ramaswamy (1998) consideraram que a elasticidade-renda da demanda por bens manufaturados em países pobres é alta, porém baixa nos países ricos, o que ajudaria a explicar o fato de a parcela industrial no produto crescer em um primeiro momento e, posteriormente, cair com o aumento da demanda por serviços.

No entanto, em economias do Leste Asiático, a realocação da mão de obra para o setor de serviços tem sido acompanhada nas últimas décadas por aumentos expressivos de produtividade. Entre 1979 e 2002, o setor de serviços testemunhou uma taxa anual de

crescimento da produtividade de 0,4% na região, ao passo que os setores agrícolas e industriais obtiveram taxas de 0,2% e 0,7%. Ainda assim, o impacto da realocação do trabalho sobre a produtividade foi maior no setor de serviços do que na indústria. Jorgenson e Timmer (2009) também constataram que nos EUA, o crescimento da produtividade para alguns tipos de serviços tem sido maior que em vários setores industriais. Esta constatação é particularmente verdadeira no segmento de distribuição, em que a produtividade tem se ampliado e os preços relativos, diminuído. Nos segmentos de serviços pessoais e finanças, entretanto, os sintomas da doença dos custos preconizada por Baumol et al (1985) ainda seriam recorrentes.

Raa e Schettkat (2001) destacam que o paradoxo por trás dos serviços envolveria, simultaneamente, custos explosivos em muitos segmentos e uma demanda cada vez maior. Este fenômeno seria mais fortemente dependente das mudanças nas condições da demanda intermediária e final por serviços do que de efeitos nas variações dos preços. Savona e Lorentz (2006) aprofundam esta questão, detalhando a contribuição dos componentes da demanda por serviços para a mudança estrutural. Primeiramente, a demanda intermediária por serviços assume contornos distintos de acordo com as especificidades dos setores e economias, enquanto a demanda final por serviços teria um maior impacto sobre o crescimento econômico (SAVONA e LORENTZ, 2006). Segundo, poucas conclusões podem ser elucidadas sobre o comportamento das exportações de serviços sobre o crescimento econômico. A internacionalização dos serviços passou a ganhar mais vigor após a década de 90, embora os dados utilizados pelos autores referiam-se aos anos entre 1960 e 1980, o que inviabilizou a obtenção de resultados mais consistentes.

Chama a atenção a associação da mudança estrutural e o perfil do investimento nos diferentes setores produtivos. O setor de serviços é a atividade que mais atrai investimentos, como porcentagem da formação bruta de capital fixo (FBCF). Ainda que a ausência de séries temporais extensas sobre a composição dos investimentos em muitas economias dificulte uma avaliação mais pormenorizada, informações sobre a Coreia do Sul servem para ilustrar a dinâmica do investimento setorial. Nas etapas iniciais do crescimento da economia sul coreana, a participação dos investimentos realizados nos setores agrícola e industrial correspondia, respectivamente, a 14% e 16% do total da FBCF. A decolagem do setor industrial modificou amplamente este quadro. Em 2003, somente 2% dos investimentos direcionavam-se ao setor agrícola e 24%, ao setor industrial. A parcela dos investimentos destinada ao setor dos serviços,

no entanto, permaneceu quase que inalterada, sobretudo intermediação financeira, educação, saúde, administração pública e eletricidade (NAÇÕES UNIDAS, 2006). Estes dados sugerem que um conjunto específico de serviços se faz necessário não somente em fases avançadas de desenvolvimento econômico como também em etapas prévias, compreendendo atividades que fornecem suporte ao processo de crescimento econômico. Além de promover uma maior agregação de valor às cadeias produtivas, os serviços constituiriam atividade indissociável do curso do desenvolvimento dos países.

As atividades de serviços perfazem um conjunto de segmentos bastante heterogêneos, muitos dos quais fornecem serviços intermediários especializados aos demais ramos de atividade e contribuem, assim, para a diversidade de bens de uma economia (MEMEDOVIC e IAPADRE, 2010). Não obstante o fato de muitos serviços serem pouco comercializáveis em escala internacional, o desenvolvimento de novas formas de distribuição viabilizadas pela difusão da internet e a crescente incorporação de serviços em mercadorias transacionadas no mercado internacional oferecem espaços relevantes para que os países diversifiquem suas exportações por meio da venda de serviços. De todo modo, a maioria da literatura que analisa o impacto do comércio de serviços sobre o crescimento econômico (NIELSON e TAGLIONI, 2004; STIGLITZ e CHARLTON, 2004) enfatiza os efeitos da liberalização comercial, estando limitada a estudos de casos de setores específicos. Poucos esforços têm sido devotados à compreensão da relação entre exportações de serviços e crescimento da renda em economias com níveis de desenvolvimento diferenciados. Gabriele (2004) aponta que na década de 80, a correlação entre exportações de serviços e crescimento do PIB era relativamente maior para países em desenvolvimento, mas esta associação teria se invertido em favor de economias avançadas no decorrer dos anos 90. Aparentemente, este comportamento vincula-se ao efeito dos distintos padrões de especialização e a concentração de países em desenvolvimento em segmentos menos dinâmicos, como transportes e turismo, em contraste com economias desenvolvidas, cujas exportações se deram em direção aos serviços emergentes no campo das tecnologias de informação e comunicação. Somente um grupo mais restrito de países em desenvolvimento, como Índia, China e Argentina teria estabelecido algum tipo de presença naqueles serviços de maior dinamismo (GRABRIELE, 2004).

A revolução dos serviços estimulou uma formulação alternativa àquela geralmente adotada por teóricos de cunho estruturalista (KUZNETS, 1966) em relação à trajetória normal de

industrialização e desindustrialização. Ghani e Kharas (2010) propõem que, no curso do desenvolvimento econômico, economias menos desenvolvidas não precisariam realizar grandes esforços e investimentos para a implantação de setores da economia pouco dinâmicos e que não refletem suas vantagens comparativas. Sugerem, assim, uma menor ênfase em fases industriais do desenvolvimento. Os serviços ofereceriam a países de baixa renda, principalmente do continente africano, oportunidades de obtenção de patamares de desenvolvimento superiores, por meio de uma nova dinâmica de produção e comércio mundial e do aproveitamento de suas dotações de fatores. O argumento de Ghani e Kharas (2010) inspira-se imensamente no exemplo da Índia. O crescimento do setor de serviços neste país não somente teria liderado o crescimento econômico, como se caracteriza por amplo aproveitamento da mão de obra<sup>6</sup>.

Por outro lado, o relatório das Nações Unidas (2006) aponta que o desenvolvimento do setor de serviços na Índia seria prematuro, uma vez que a renda per capita do país é ainda bastante baixa. O PIB per capita da economia indiana é três vezes menor que o da China. O contraste com a economia chinesa é ainda mais marcante, pois o setor industrial apresenta uma taxa de crescimento 1,5 inferior ao da China. Mais que isto, apesar da produtividade total dos fatores da Índia ter crescido, estima-se que seu nível esteja entre 33 e 40% do seu potencial, correspondendo somente à metade da produtividade chinesa (BANCO MUNDIAL, 2006). Toda esta discussão coloca em dúvida a sustentabilidade do crescimento econômico baseado em serviços e a viabilidade de uma inserção externa calcada no suprimento de serviços para as cadeias globais de produção e comércio.

### **1.3 Estratégias de Desenvolvimento baseada em Recursos Naturais**

A especialização produtiva em commodities primárias tem sido uma questão correntemente debatida por estudos do desenvolvimento. Alguns deles argumentam que a abundância de recursos naturais tem acelerado o processo de industrialização e redobrado os impactos positivos sobre o crescimento dos países (RAMOS, 1998; LEDERMAN e MALONEY, 2007). Outros, todavia, atribuem baixas taxas de crescimento aos países altamente dependentes destes recursos (SACHS e WARNER, 2001).

---

<sup>6</sup> Em 2009, a porcentagem de mão de obra empregada no ramo de serviços correspondeu a 34% do total de emprego gerado no país. Por outro lado, a agricultura e a indústria totalizaram porcentagens de 52% e 14%, respectivamente (CIA, 2012).

O argumento que procura explicar o desenvolvimento e a mudança estrutural de uma economia a partir dos impulsos provenientes da produção de bens primários sustenta que o processamento de alguns produtos baseados em recursos naturais ofereceria grandes oportunidades de crescimento às atividades de manufaturas, notadamente para commodities industriais, como papel e celulose, produtos petroquímicos, metais ferrosos e não ferrosos, de grande aceitação no mercado internacional (RAMOS, 1998). O desenvolvimento dos EUA em fins do século XIX teria se fundamentado no processamento de recursos naturais realizado em proporção superior a sua participação no total de reservas mundiais. Instituições adequadas, leis minerais e estudos geológicos proporcionaram o desenvolvimento do setor produtivo. Ademais, avanços tecnológicos facilitaram amplamente o processo de exploração mineral. Uma perspectiva mais otimista do que a cepalina em relação aos mercados de bens primários é um dos pontos de apoio desse argumento. Alguns destes produtos apresentariam níveis de preços pouco voláteis e elevado potencial de consumo nos mercados mundiais.

Prebisch (1949) alegava que o preço das commodities primárias apresentava uma tendência histórica de queda com reduções contínuas desde o ano de 1921. Mais recentemente, no entanto, Pfaffenzeller et al (2007) e Grilli e Yang (1988), em estudos que compararam os preços para 24 commodities não energéticas entre 1900 a 2008, apesar da volatilidade dos preços, não encontraram evidências de queda ou de elevação dos preços das commodities no longo prazo. Não obstante efeitos da oferta e demanda sobre o comportamento das commodities, a variação dos preços no longo prazo tenderia a se dissipar.

Diferentemente das duas abordagens antagônicas sobre os efeitos da especialização das commodities, Collier e Goderis (2007), em uma análise das consequências da extração de recursos naturais sobre o crescimento dos países entre 1963 e 2003 argumentaram com base em evidências que efeitos adversos sobre o crescimento econômico, de fato, tendem a ocorrer em economias com abundância de petróleo e minerais. Nelas, os benefícios econômicos frequentemente são apropriados por grupos sociais específicos. Quando o controle da renda proveniente dos recursos naturais concentra-se em grupos particulares, a abundância destes recursos poderia aumentar a desigualdade de renda e abortar o crescimento do PIB. Por outro lado, o foco em commodities agrícolas não parece induzir esses efeitos perversos. Os governos tendem a se apropriar de uma menor proporção das rendas emanadas dos setores agrícolas, em virtude do grande número de produtores neste setor. Ademais, países exportadores de

commodities minerais, sob a influência de má gestão governamental tenderiam a apresentar taxas de crescimento negativas no longo prazo. Mais especificamente, para Birdsall, Pinckney e Sabot (2001), os efeitos de uma má gestão governamental se traduziriam em reduzidos incentivos a educação e qualificação voltada aos setores primários. Práticas populistas dos governos poderiam obstruir o ritmo de investimentos em educação, resultando em oferta de mão de obra pouco qualificada e em quedas na produtividade dos setores primários. Deste modo, para evitar que estas economias sejam acometidas pela chamada “maldição dos recursos naturais”, situação paradoxal em que os países se tornam vítimas de suas próprias vantagens comparativas, seria preciso encaminhar soluções para o bom uso e gestão da renda gerada por setores baseados nestes recursos (BRAHMBHATT e CANUTO, 2010).

Com efeito, o crescimento baseado em recursos naturais impõe desafios para as políticas macroeconômicas. Um primeiro problema seriam aquelas situações em que aumentos significativos nos preços das commodities nos períodos de “boom” elevam apenas transitoriamente a produção, levando, no longo prazo, à acomodação num nível menor de produção<sup>7</sup>. Um segundo desafio que também guarda relação com o nível de preços das commodities exportadas refere-se à chamada “doença holandesa”. Um boom exportador eleva o afluxo de divisas para um país, a taxa de câmbio tende a valorizar-se e o nível de preços e de salários dos setores não relacionados aos recursos naturais aumenta em relação aos bens importados. Este fenômeno pode ocasionar uma perda relativa de competitividade da produção voltada ao mercado interno e desencadear processos prematuros de desindustrialização (CORDEN, 1984).

Diversos estudos reconhecem a importância da manutenção da taxa de câmbio em níveis competitivos como fonte de transformação estrutural (BALASSA, 1979, KRUEGER, 1985, RODRIK, 2007). Para estes trabalhos a taxa de câmbio constituiria uma ferramenta importante de desenvolvimento, em especial quando depreciações cambiais são capazes de favorecer exportações de produtos com maior valor agregado<sup>8</sup>. Nos países em desenvolvimento, sustentar taxas de câmbio em níveis competitivos quase sempre corresponde a mantê-la de forma

---

<sup>7</sup> Recentemente, a extração de petróleo na Nigéria teve um declínio acentuado paralelamente ao aumento da renda, já que a diminuição do número de barris extraídos tem sido mais do que compensada pelo aumento dos preços mundiais (UNIDO, 2009).

<sup>8</sup> Ferreira e Cardoso (2009) relatam não haver relação robusta entre valorização/desvalorização cambial e crescimento econômico das economias, fundamentando o argumento de que a política cambial não desempenharia papel substancial para a mudança da estrutura produtiva.

desvalorizada, tendo em vista as especificidades estruturais destas economias. Uma delas é o fato de a demanda por importações, sobretudo produtos manufaturados expandir mais rapidamente que a exportação de produtos primários, fator que contribui para o déficit do balanço de pagamentos (THIRLWALL, 1979). Deste modo, os parâmetros das elasticidades das funções de demanda por exportações e importações deveriam ser alterados por políticas de desvalorização da taxa de câmbio, com o intuito de se amenizar as consequências advindas da “doença holandesa”.

A continuidade da sustentação de estratégias de crescimento baseadas em exportações de produtos primários também parece depender da maior busca por diversificação das exportações destes bens. Algumas commodities primárias, como aço e alumínio se caracterizam pela intensidade tecnológica de suas cadeias de processamento, com a diferenciação de produto ocorrendo mais frequentemente a jusante da cadeia produtiva. Em etapas iniciais do processo de produção, os espaços abertos para a diferenciação é bem mais modesto (UNIDO, 2009). Dentro de um horizonte temporal mais largo, as mudanças estruturais nos padrões de consumo mundial podem exigir adequações na produção das economias exportadoras como forma de continuarem a atender mercados já estabelecidos. A diversificação das indústrias de extração em direção à manufatura pode constituir um mecanismo para debelar os efeitos das mudanças na demanda externa por commodities primárias.

Por outro lado, os desdobramentos para trás, a montante, rumo à produção de insumos e equipamentos poderia compensar a menor intensidade tecnológica das etapas da cadeia responsáveis estritamente pela produção primária<sup>9</sup> (RAMOS, 1998; FURTADO, 2008). Este movimento dependerá da capacidade do país em processar seus recursos naturais, bem como desenvolver atividades que possam ser fornecedoras de insumos, serviços de engenharia e equipamentos para eles. Estratégias como esta certamente diferem da experiência das economias asiáticas de industrialização recente com escassez de recursos naturais e assemelham-se a de algumas economias atualmente desenvolvidas com elevada dotação destes recursos, como os países nórdicos, Austrália e Canadá (RAMOS, 1998).

Por fim, outra forma de remediar os efeitos macroeconômicos da dependência de recursos naturais refere-se ao uso apropriado da renda de escassez, um benefício econômico

---

<sup>9</sup> Na Dinamarca, país cuja cadeia agroindustrial possui elevado peso sobre a atividade econômica, o complexo agrícola e florestal respondeu por 5% do emprego total em 2005, mas foi responsável por 16% das exportações totais daquele ano (FURTADO, 2008).

resultante da utilização de recursos naturais não renováveis. Uma estratégia de desenvolvimento sustentável deve reconhecer como fundamental a transferência de renda oriunda da exploração destes recursos para gerações futuras, a fim de se manter o mesmo nível de bem-estar corrente. De certo modo, a sustentabilidade desta estratégia depende do ritmo de esgotamento dos recursos naturais e da proporção da renda poupada. Brahmhatt e Canuto (2010) encontraram uma correlação negativa entre estas duas variáveis, sugerindo que uma maior exaustão de recursos naturais (petróleo e minerais e recursos florestais) não é acompanhada atualmente por trajetórias de desenvolvimento sustentáveis, isto é, as economias não têm poupado o suficiente para fazer frente à depleção destes recursos.

Neste sentido, um montante da dotação de recursos deveria ser aplicado em investimentos, ao invés de ser devotado ao consumo corrente. A Noruega e vários países do Golfo Pérsico montaram um portfólio de ativos em aplicações alternativas, a partir da renda de escassez gerada pela extração de petróleo e gás, minimizando a dependência das exportações de produtos primários. A criação de fundos em alguns países tem possibilitado conter o excesso de liquidez e evitar a excessiva valorização cambial, favorecendo o uso futuro da renda na medida em que os recursos naturais se esgotarem (ENRÍQUEZ, 2007). Usos alternativos para a renda de escassez requerem, no entanto, um nível suficientemente elevado de transparência dos governos e instituições. Desde 2002, a *Extractive Industries Transparency Initiative* (EITI) procura promover uma utilização apropriada da renda e disponibilizar informações em meio público, conquanto o número de adesões de instituições provenientes de economias em desenvolvimento seja irrisório (COLLIER, 2008). Assim, a renda de escassez pode gerar oportunidades para a mudança estrutural dos países, embora o seu aproveitamento não ocorra de forma automática, dependendo das decisões dos agentes envolvidos e escolhas por eles realizadas entre consumo e investimento.

#### **1.4 Conclusões**

A discussão sobre a mudança estrutural das economias caracteriza-se pela diversidade de abordagens dentro das teorias do desenvolvimento e crescimento econômico. Abordagens de caráter mais convencional buscavam explicar as condições que permitiam ao produto potencial de uma economia crescer sistematicamente ao longo do tempo, ao passo que uma vertente mais heterodoxa enfatizava os aspectos fundamentais do subdesenvolvimento e sua relação com as

estruturas de consumo e emprego. Mais recentemente, a teoria do crescimento endógeno tem ressaltado o processo de aproximação tecnológica dos países em desenvolvimento em relação aos desenvolvidos como função dos ritmos de inovação por eles apresentados. Verifica-se a inexistência de uma teoria unificada sobre a mudança estrutural, mas uma variedade de correntes teóricas preocupadas, especialmente, com os fatores que envolvem as realocações de recursos entre os três grandes setores da economia (KRÜGER, 2008).

À medida que as economias se desenvolvem e ampliam a sua renda per capita a procura por produtos agrícolas, em termos relativos, diminui e a demanda por produtos industriais e serviços tende a aumentar (KUZNETS, 1966, 1965). As causas das transformações estruturais podem ser buscadas na diferença dos ganhos de produtividade entre os setores e no padrão de inserção no comércio internacional, mas, adicionalmente, na dispersão espacial da produção e consumo e no elevado grau de interdependência das cadeias produtivas (CHESNAIS, 1996; RAMOS, 1998).

Duas evidências particularmente relevantes das mudanças estruturais atualmente em curso são a internacionalização dos serviços e o crescimento do comércio de bens intermediários. Os serviços cada vez mais constituem atividade indissociável do desenvolvimento dos países, ao mesmo tempo que promovem maior agregação de valor às cadeias produtivas, cujas atividades podem ser realizadas nas regiões mais distintas. Por outro lado, o crescente comércio de bens intermediários reflete o “comércio de tarefas” entre países, um processo em que a produção tem se tornado cada vez menos integrada verticalmente – não só em termos das firmas, mas também em âmbito nacional - e mais dependente de fluxos internacionais de bens e serviços (UNIDO, 2009).

Uma categoria de bens intermediários relevante para o comércio internacional é a de manufaturas baseadas em recursos naturais. Argumentos favoráveis ao desenvolvimento e à mudança estrutural a partir dos impulsos provenientes do processamento destas manufaturas destacam as oportunidades de crescimento aos países com elevada dotação destes recursos. Alguns destes produtos apresentariam níveis de preços pouco voláteis e potencial de consumo elevado nos mercados mundiais (NEWBOLD e RAYNER, 2007). Mais cautelosas são as vertentes que enfatizam os desafios a uma estratégia de desenvolvimento baseada em recursos naturais, dentre eles os aspectos da desindustrialização advinda da valorização cambial e a renda de escassez. Com efeito, trajetórias de desenvolvimento que priorizem uma ampla utilização de

recursos naturais e que busquem reduzir o hiato tecnológico das economias em desenvolvimento em relação às desenvolvidas não poderiam deixar de considerar os elementos supracitados. Além disso, na medida em que o crescimento dos países com abundância destes recursos vai se realizando, o processo de *catching up* passará a depender da ocorrência de trajetórias de desenvolvimento que favoreçam também as estruturas de consumo e renda.

## Capítulo 2

### INTENSIDADE DO USO DOS MATERIAIS E DESMATERIALIZAÇÃO

A disponibilidade de recursos naturais e a utilização de materiais pelos países têm suscitado discussões no âmbito do debate sobre o desenvolvimento econômico. Desde a publicação do livro “Limits to Growth” de Meadows et al (1972) difundiu-se a noção de que o crescimento econômico a taxas elevadas seria inviável dadas a escassez de recursos naturais e a degradação ocorrida pela disposição de resíduos materiais no ambiente. Esta posição, no entanto, não foi aceita facilmente por teóricos que proclamavam o potencial do desenvolvimento tecnológico e o dinamismo do processo de substituição de materiais (HEISKANEN, 2001). Por outro lado, a questão do uso de materiais envolveria outros elementos além da substituição técnica entre eles, como as particularidades de sua utilização em diferentes economias e a homogeneização do consumo em certas faixas de renda. Jänicke et al (1989) argumentam que a estrutura setorial de uma economia afeta o consumo de materiais, já que o aumento do peso dos serviços conduziria a uma redução no uso de materiais, uma indicação do processo de desmaterialização da atividade econômica (BERNARDINI e GALLI, 1993). Conquanto a literatura seja bem menos pródiga neste assunto, são relevantes também os impactos do comércio internacional sobre o consumo de materiais básicos. Eventuais declínios nesse consumo resultariam não apenas de ganhos de eficiência como também da substituição de produção doméstica por importações.

O objetivo deste capítulo é sintetizar as principais abordagens encontradas na literatura das temáticas da evolução da intensidade do uso dos materiais e do processo de desmaterialização da atividade econômica. Embora com diversidades de situações entre países, o século passado testemunhou reduções expressivas na intensidade do uso em alguns materiais. As causas desse processo devem ser buscadas nas trajetórias de mudança tecnológica e em variações da renda per capita e dos preços relativos. Estes elementos são abordados dentro das duas primeiras seções deste capítulo. A terceira seção, por sua vez, discorre sobre uma avaliação dos padrões de consumo em economias com níveis de desenvolvimento diferenciados.

## 2.1 O Indicador de Intensidade do Uso e Desmaterialização

Malenbaum (1978) empregou o conceito de Intensidade do Uso (IU) de um material, uma medida que procura relacionar a quantidade de material para se produzir um determinado bem ( $C_i$ ) em relação ao Produto Interno Bruto ( $Y$ ) de uma economia. Avaliações empíricas sobre a intensidade do uso derivam da seguinte expressão:

$$IU = C_i / Y \quad (1)$$

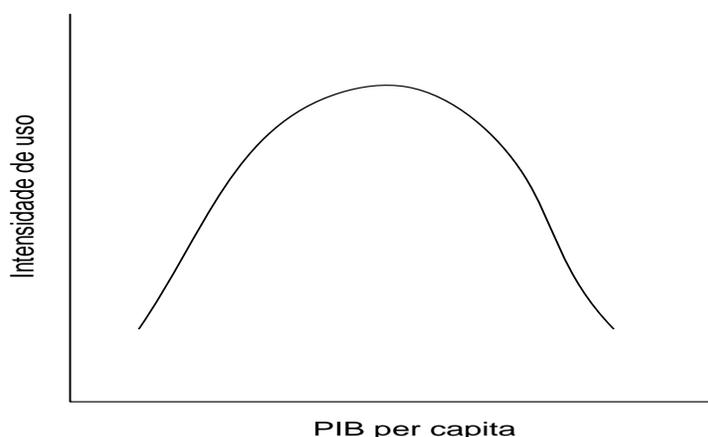
Este conceito também pode ser definido em termos de níveis de consumo e renda per capita ao se dividir tanto o numerador quanto o denominador de (1) pela população. Pinho (2001) destaca que a definição da intensidade do uso com base em indicadores per capita é mais conveniente porque faz referência explícita às variáveis entre as quais as relações são realmente significativas. Apoiando-se no consumo e na renda por habitante, seria possível traçar curvas e realizar comparações entre países que não sofram de distorções provocadas por distintas ordens de grandeza dos contingentes populacionais.

O Produto Interno Bruto (PIB) é uma medida de atividade econômica avaliada em unidades monetárias. Por outro lado, o uso de medidas de massa para o consumo não é evidentemente tarefa trivial. O consumo para a maioria dos materiais básicos é contabilizado como consumo intermediário, constituindo insumos que são frequentemente transacionados no mercado internacional. O cômputo do consumo intermediário é, por vezes, falho já que poderia excluir aqueles recursos naturais diretamente extraídos pelo usuário final e que não se destinam à comercialização (AYRES et al, 2003). Uma questão semelhante também se coloca ao considerar os materiais que são incorporados em produtos importados. Muitos produtos finais produzidos pelas economias se valem da incorporação de materiais e insumos indiretos que são extraídos e processados em outras partes do mundo. Ayres et al (2003) colocam que o cômputo do consumo destes materiais deveria ser atribuído ao país importador. Constatam-se, assim, que análises sobre a intensidade do uso de materiais em uma economia estão sujeitas às especificidades da produção e dos fluxos que caracterizam o comércio internacional destes bens.

A maioria dos estudos sobre o consumo de materiais se vale de indicadores em termos de unidade de massa. Naturalmente, há razões relevantes para isto. A agregação baseada em massa facilita a montagem e manipulação de bancos de dados utilizados em pesquisas. Tanto do ponto de

vista de análises setoriais quanto ambientais este tipo de agregação permite entender a evolução das quantidades produzidas e consumidas dos materiais<sup>10</sup>. O indicador de intensidade do uso seria especialmente útil para abordar os processos de desmaterialização verificados em algumas economias. O termo refere-se à redução, absoluta ou relativa, na quantidade de materiais utilizados para uma dada produção. A níveis baixos de produto, quando a participação da indústria no conjunto da economia é tipicamente modesta, o crescimento do PIB estimula a demanda por materiais básicos, principalmente destinados à infraestrutura. Com o progressivo desenvolvimento, porém, atinge-se um ponto de saturação, a partir do qual esta demanda se descola do incremento na renda. Configura-se, deste modo, uma curva com o formato de U invertido, conforme ilustrado pelo Gráfico 2.1, com taxas de utilização decrescentes de materiais e, implicitamente, uma maior participação de setores intensivos em conhecimento no PIB (TILTON, 1990; JÄNICKE et al, 1989; CLEVELAND e RUTH, 1999). A desmaterialização seria expressa particularmente pelo movimento descendente da curva de intensidade do uso.

**Gráfico 2.1: Curva de Intensidade do Uso**



Fonte: Adaptado de Cleveland e Ruth, 1999.

Admite-se, portanto, que em países mais ricos, o crescimento econômico não viria acompanhado de aumento proporcional no consumo de materiais (MALENBAUM, 1978;

<sup>10</sup> O numerador do indicador de intensidade do uso baseia-se em uma medida física, ao passo que a utilização de taxas de câmbio avaliadas pela PPC (Paridade de Poder de Compra) no denominador confere robustez ao indicador. Com isso, um eventual encarecimento do PIB não é captado no indicador de intensidade do uso, não estando sujeito a variações de preços relativos.

LARSON, ROSS e WILLIAMS, 1986; TILTON, 1986), de modo que alguns países estariam dissociando o crescimento econômico da utilização de materiais produtivos básicos. A diminuição da intensidade do uso dos materiais resume a hipótese subjacente à curva em U invertido pela qual a evolução do consumo de materiais obedeceria a um padrão uniforme entre as economias. Este movimento denotaria, primeiramente, uma transição de economias agrícolas em direção à industrial e, posteriormente, para uma economia em que o conhecimento se torna um importante fator de produção (WINDRUM e TOMLINSON, 1999; HEISKANEN, 2001). O Box 2.1 aprofunda esta questão, traçando a relação com o que se convencionou chamar de Curva de Kuznets Ambiental (CKA), uma abordagem não excludente da questão da desmaterialização.

Uma série de estudos na década de 70 e 80 se debruçaram sobre a intensidade do uso de materiais básicos. O estudo de Malenbaum (1978) examinou a intensidade do uso para 12 metais entre 1951 e 1975. O autor verificou a existência de uma curva em U invertido, refletindo o fato de que economias de maior renda per capita estariam reduzindo o consumo de metais. O autor ressaltou, entretanto, que uma análise mais completa deveria considerar os materiais incorporados nas importações de bens finais. Do mesmo modo, Jänicke et al (1989) avaliaram os efeitos da mudança estrutural e sua relação com a intensidade do uso dos materiais em 31 países no período entre 1970 e 1985. A existência de desmaterialização e a mudança para uma economia com maior participação do ramo de serviços foi verificada para aço, cimento e energia, se bem que países europeus de industrialização madura continuassem a apresentar aumentos na intensidade do uso. Contudo, um estudo posterior (JÄNICKE et al, 1997) que incluiu um conjunto maior de metais e produtos derivados do petróleo, levou os autores a reavaliarem os resultados anteriormente obtidos. A dissociação entre renda e uso de materiais seria evidente para cimento, mas menos clara para papel e papelão. Do mesmo modo, em países desenvolvidos, o declínio no uso de materiais não seria tão evidente. A desmaterialização seria mais fortemente confirmada nos EUA, com maior magnitude em aço, alumínio e cimento. De Bruyn e Opschoor (1997) questionaram as conclusões de Jänicke et al (1989), alegando que observações para um período de 15 anos não constituiriam um horizonte temporal suficientemente longo para propor generalizações para a mudança estrutural de longo prazo. Cobrindo um período de tempo relativamente maior, mas em um número menor de países (19 países), esses mesmos autores realizaram um exame para dados entre 1966 e 1990. Concluíram que houve uma diminuição na intensidade do uso no período 1966-

1984 e, após este período, elevações significativas. Deste modo, os autores observaram uma curva em forma de N para o uso dos materiais, ao invés da tradicional forma em U invertida.

### **Box 2.1: A Hipótese da Curva de Kuznets Ambiental**

Em 1955, o economista Kuznets sugeriu que a relação entre renda per capita e desigualdade de renda assumiria uma trajetória que poderia ser descrita por meio de uma curva em U invertido. Na década de 90, a curva de Kuznets ganhou uma conotação diferente ao associar o crescimento da renda per capita com a degradação ambiental. O World Bank Development Report em 1992 popularizou esta ideia, de grande destaque no âmbito da economia ecológica (GROSSMAN e KRUEGER, 1995). A Curva de Kuznets Ambiental (CKA) postula que a pressão ambiental aumenta em estágios iniciais do desenvolvimento econômico, mas além de um determinado nível de renda per capita, esta tendência tenderia a se inverter. Segundo Arraes et al (2006), a hipótese por trás da CKA é a de que o crescimento levaria a um processo de convergência, em que os países em desenvolvimento passariam a gerar indicadores ambientais semelhantes ao de países desenvolvidos. Os métodos mais comuns para examinar a relação entre desenvolvimento e pressão ambiental são as regressões com dados em painel, geralmente constituindo modelos polinomiais (VRIES, 2006).

Outros trabalhos associam a questão da desmaterialização à CKA (JÄNICKE et al., 1989; PICTON e DANIELS, 1999). No entanto, parte das teorias sobre a desmaterialização não tem como finalidade a avaliação de impactos ambientais, porém a compreensão da intensidade do uso de materiais e energia (VRIES, 2006). Deste modo, as avaliações da curva em U invertido têm se ampliado e sido alvo de críticas variadas. Cleveland e Ruth (1999) ressaltam que algumas destas críticas aludem à omissão de variáveis importantes para os modelos (tecnologia e comércio internacional, por exemplo) e à falta de rigor nas hipóteses e nas análises estatísticas.

Ao mesmo tempo, a CKA apoia-se no argumento de que a diminuição na utilização de materiais reduziria desperdícios e rejeitos descartados no meio ambiente. Existem muitos exemplos de que as mudanças tecnológicas e a substituição técnica reduziriam impactos ambientais, justificando a ocorrência de desmaterialização. Um dos mais reconhecidos refere-se à redução no porte e no peso dos *chips* que compõem equipamentos eletrônicos nas últimas décadas. Esta tendência também pode ser observada em uma grande variedade de produtos como bicicletas, carros, latas e refrigeradores, cujos pesos reduziram-se expressivamente. Todavia, muitos também são os casos de ampliação da degradação ambiental. A substituição de aço pelo alumínio, por exemplo, pode significar perda líquida ao meio ambiente, em virtude da grande quantidade de rejeitos provenientes da mineração da bauxita. Carros mais leves utilizam menos gasolina, mas agravam o problema da reciclagem, já que a substituição de aço por plástico dificulta a sua reutilização em novos produtos (VRIES, 2006; AYRES et al, 2003).

Abordagens complementares às mencionadas, notadamente porque possuem fortes direcionamentos para a área de economia ecológica, têm contribuído para enriquecer o escopo

análítico do processo de desmaterialização. Uma destas abordagens baseia-se em análises do tipo *input-output*, que buscam compreender as transformações na intensidade do uso de recursos energéticos das economias (HANNON, 1992) e nos processos de reciclagem e desperdício de materiais. Salienta-se a chamada Análise do Fluxo de Materiais (AFM) que engloba as estatísticas oficiais da Áustria, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Itália e Japão. Dois indicadores comumente empregados neste tipo de abordagem são o *Direct Material Input* (DMI) e *Total Material Requirements* (TMR), que permitem avaliar o total de materiais, extraído por ação humana ou importado na forma de matérias-primas ou produtos semimanufaturados. Valendo-se destes dois indicadores, Adriaanse (1997) constatou um processo de desmaterialização absoluta para os EUA, mas de desmaterialização relativa (relação entre TMR e PIB) para as demais economias analisadas.

Em um método de contabilização um pouco diferente, Waggoner et al (1996) utilizaram a equação IPAT (COMMONER, 1972) para compreender os fatores responsáveis pela mudança no consumo de madeira e papel nos EUA entre 1904 e 1990. Esta equação ( $I = P \times A \times T$ ) busca decompor a intensidade do uso (I) em termos de população (P), renda per capita (A) e tecnologia (T). Os resultados de Waggoner et al (1996) revelaram que o consumo de papel aumentou a uma taxa de 4% a.a no período analisado, o que pode ser atribuído primariamente ao aumento da renda per capita e ao aumento populacional. No caso da madeira, a intensidade do uso apresentou decréscimo de 2,8% anuais, o que ajudaria a explicar a expansão acentuada das florestas nos EUA no período.

Buscando distinguir as forças econômicas, tecnológicas e demográficas que afetam a intensidade do uso, Considine (1991) definiu a seguinte equação:

$$\frac{C_i}{Y} = \frac{C_i}{Q_m} \frac{Q_m}{Y} \quad (2)$$

onde  $Q_m$  é o índice Divisia do consumo agregado de material, medido em termos monetários. O primeiro termo do lado direito da equação reflete a substituição intermaterial, enquanto o segundo termo do lado direito reflete a substituição interfator (por exemplo, substituição entre capital, trabalho, energia e materiais). O autor utilizou esta definição para analisar a intensidade do uso para aço, cobre, alumínio e plástico nos EUA entre 1960 e 1985. Aproximadamente 80% do

declínio da intensidade do uso para o aço neste período foi explicado pela substituição intermaterial ( $C_i/Q_m$ ), 4% devido à substituição interfator ( $Q_m/Y$ ) e 16% às mudanças na composição do produto ( $Y/GNP$ ). A mudança na composição do produto pôde ser captada pela relação entre a produção da indústria que consome um determinado material e o Produto Nacional Bruto da economia estadunidense (CONSIDINE, 1991).

A definição de variáveis e parâmetros adotados por estes modelos certamente é central para as hipóteses a serem verificadas. Analisando dados para o consumo per capita de cimento, aço e energia para 20 países entre 1966 e 1990, de Bruyn et al (1994) assumem uma curva de intensidade do uso na forma logarítmica, o que forneceria uma estimativa do crescimento da variável. Outros trabalhos fazem uso de modelos não paramétricos, geralmente se valendo de diversas formas funcionais, como polinômios de segundo grau, que habitualmente é a especificação adotada pela hipótese da curva de Kuznets convencional. Ademais, Canas (2003), que se baseou em uma Análise de Fluxo de Materiais (AFM), verificou que ajustes cúbicos revelaram-se sensivelmente superiores a ajustes quadráticos. A relativa falta de consenso sobre o formato adequado para a curva de intensidade do uso levou Suslick (1990), autor considerado uma referência por vários outros trabalhos, a sugerir que a escolha do modelo mais adequado depende fortemente da sensibilidade do analista e de seu conhecimento sobre as forças que controlam a dinâmica de seus respectivos mercados. O Quadro 2.1 mostra uma síntese dos principais estudos envolvendo a intensidade do uso dos materiais, compreendendo um diversificado conjunto de análise.

**Quadro 2.1: Principais Estudos sobre a Intensidade do Uso dos Materiais**

<b>Estudo</b>	<b>País</b>	<b>Materiais</b>	<b>Tempo</b>	<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tilton (1990)	OCDE, Japão, EUA, Alemanha, França	Aço, alumínio, cobre, zinco, chumbo, níquel	1960-1987	Consumo (massa) / PIB	IU para muitos metais aumentou nos países da OCDE até 1973, ano a partir do qual sofreu reduções.
Brooks e Andrews (1974)	EUA e Canadá	Cobre e alumínio	1926-1971	Consumo (massa) / PIB	IU para o cobre e alumínio apresentaram uma curva em U invertido, embora o alumínio apresentasse tendência de aumento do consumo.
Malenbaum (1978)	10 países	12 minerais não energéticos	1955-1975	Consumo (massa) / PIB	Verificou-se uma curva em U invertido para 10 dos 12 materiais analisados.
Larson et al (1986)	EUA e Canadá	Cimento, aço, papel, alumínio e derivados, químicos	1890-1975	Consumo per capita (massa) / PNB	IU reduziu-se com aumento da renda, de acordo com a classificação em "velhos" (aço, cimento, papel) e "novos" materiais (alumínio, etileno).
Jänicke et al (1989)	31 países	Aço, energia e cimento	1970-1985	Média dos desvios do consumo per capita (massa)	Dissociação entre crescimento econômico e uso de materiais em muitos países, embora alguns países europeus apresentassem aumentos na IU.
Jänicke, Binder e Monch, (1997)	32 países	Metais, derivados de petróleo e eletricidade	1970-1991	Consumo per capita (massa) / PNB	Para cimento, a IU diminuiu com aumento da renda, embora tenha aumentado para papel.
de Bruyn e Opschoor (1997)	20 países	Aço, energia e cimento	1966-1990	Média dos desvios do consumo per capita (massa)	IU mostrou uma forma em N em função da renda.
Labys e Wadell (1989)	EUA	28 materiais, 5 grupos agregados	1930-1985	Consumo (massa) / PNB	IU mostrou uma curva em U invertida.
Roberts (1988)	Mundo	8 metais	1960-1984	Consumo/PIB	IU declinou para metais, mas aumentou para alumínio.
Considine (1991)	EUA	Aço, cobre, alumínio, plásticos	1960-1985	Índice Divisia de consumo de material	Redução na IU para cobre e aço, embora aumentos para plástico e alumínio.
Waggoner, Ausubel e Wernick (1996)	EUA	Papel e madeira	1904-1990	Consumo/PNB	IU para papel aumentou 0,9% a.a. IU para madeira diminuiu 2,8% a.a.
Rogich (1996)	EUA	Materiais em geral	1970-1989	Consumo per capita/PNB	IU reduziu-se para diversos materiais, com exceção de plásticos.
Adriaanse et al (1997)	EUA, Alemanha, Japão e Holanda	Combustíveis fósseis, metais e materiais para construção	1975-1994	Consumo/PIB	A IU mostrou um declínio modesto, com tendência de aumentos após a década de 80.

Fonte: Adaptado de Cleveland e Ruth (1999).

A desmaterialização também permite compreender uma interpretação mais específica, relacionada com a questão da desindustrialização. De modo geral, a desindustrialização seria caracterizada pela combinação do aumento no padrão da demanda de manufaturados e serviços, o rápido crescimento da produtividade de bens manufaturados comparativamente aos serviços e pela queda dos preços dos manufaturados, dado o aumento de produtividade. Assim, como a indústria apresenta intenso crescimento de produtividade e utiliza tecnologias poupadoras de mão de obra, a redução da participação do emprego na indústria seria uma das consequências deste processo (ROWTHORN e RAMASWAMY, 1999). Entretanto, em algumas economias, como no Brasil, diferentemente da desmaterialização, cujo processo baseia-se, no curso natural do desenvolvimento econômico dos países, a desindustrialização, seria atribuída à manutenção de políticas que provocam a apreciação da taxa de câmbio e impedem o crescimento dos setores de maior valor agregado. Sob esta perspectiva, a desmaterialização seria acentuada por aquele fenômeno. Por outro lado, mesmo em indústrias intensivas em materiais, como a eletrônica, verifica-se perda relativa de importância em relação aos demais setores, dada a expansão relativa de setores intensivos em conhecimento. Soma-se a isto, o fato de muitos componentes e materiais incorporados em bens acabados serem provenientes de outras economias. A redução no consumo doméstico de um material básico seria balizada pelo aumento das importações de bens acabados, o que implicaria um processo de desindustrialização do setor nacional.

## **2.2 O Processo de Mudança Tecnológica: a Transmaterialização**

As modificações no consumo dos materiais são parte de um conjunto amplo de transformações que incluem também inovações tecnológicas, mudanças nas preferências de consumo e nos preços relativos. Conforme destacado por Sousa (1990), os avanços na ciência e engenharia dos materiais responderiam em larga medida pelas transformações no uso dos materiais a partir do século XX. Nas décadas de 20 e 30, houve grande progresso no estudo da estrutura cristalina com utilização de raio X e do comportamento de elétrons em partículas sólidas. Nos anos 50 e 60, o uso difundido de microscópios e microsondas eletrônicas permitiu análises microquímicas detalhadas de superfícies, ampliadas na década de 70 pelo desenvolvimento do espectômetro Auger, que constituiu um instrumento mais preciso para a realização daquelas análises (SOUSA, 1990). Ilschner (1986) ressalta algumas contribuições importantes da ciência e engenharia dos materiais:

- No desenvolvimento de ligas de maior resistência, na eliminação de falhas estruturais e na determinação de microfraturas;
- No desenvolvimento de materiais plásticos e cerâmicos que possibilitaram aplicações em vários segmentos industriais;
- No surgimento de novas tecnologias de produção, favorecendo reduções na quantidade de materiais utilizados, a exemplo da metalurgia do pó;
- Em aspectos técnicos e econômicos da reciclagem.

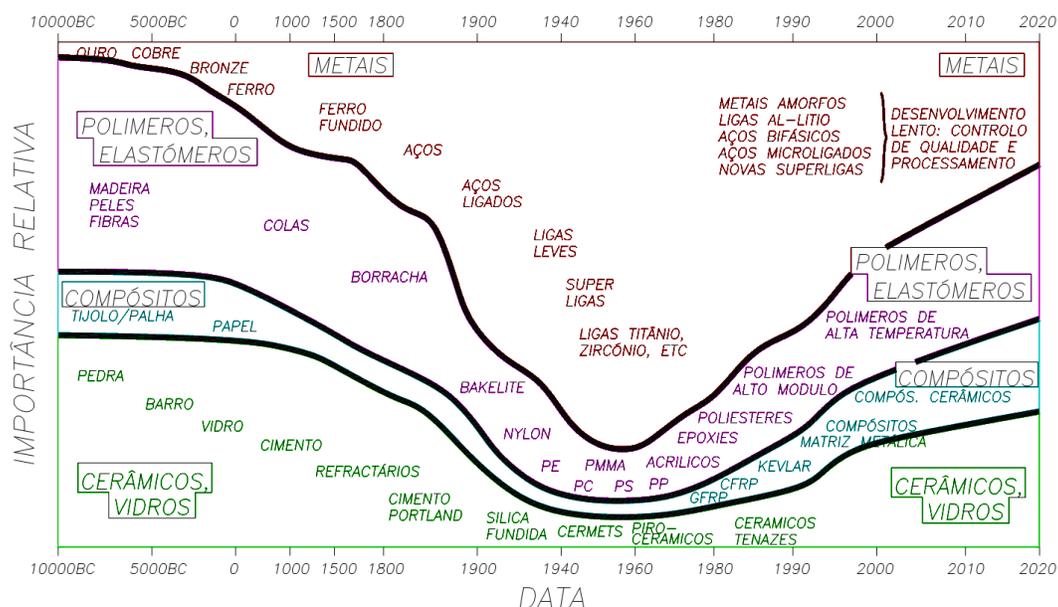
Os aspectos acima mencionados não poderiam ter grande êxito sem a contribuição da microeletrônica. O crescente peso de indústrias leves sobre a estrutura produtiva das economias avançadas é um reflexo dos avanços realizados nesta área. O uso de materiais apropriados e de circuitos reduzidos possibilitou aos processos industriais tornarem-se, cada vez mais, poupadores de energia. A difusão destes processos foi parcialmente motivada pelo aumento do preço do petróleo na década de 70 que diminuiu a demanda por derivados de petróleo em diferentes indústrias. Mesmo em indústrias em que o uso de energia sempre se mostrou relevante, como nas indústrias metalúrgicas e de papel e celulose, os novos materiais e a automatização do processo produtivo favoreceram economias consideráveis de recursos.

Tilton (1986; 1990) e Cleveland e Ruth (1999) destacaram um conjunto de elementos com implicações relevantes para a compreensão da intensidade do uso dos materiais, quais sejam:

- (1) Mudanças tecnológicas que reduzem a quantidade de material utilizado na produção de determinado bem. Estas mudanças encerrariam não somente avanços na engenharia e na ciência dos materiais, mas na organização e gestão da produção, que favoreceram a redução de desperdícios no processo produtivo.
- (2) Substituição por novos materiais com propriedades técnicas superiores aos materiais antigos. Os motivos que conduzem à substituição entre os materiais seriam os mais diversos, destacando-se orientações voltadas para a redução de custos (a exemplo da substituição de alumínio por cobre em condutores elétricos) e funcionalidade (cabos de fibras óticas no segmento de comunicações).
- (3) Transformações na estrutura da demanda final que ampliam o consumo de bens intensivos em tecnologia, bem como mudanças nas preferências em direção a uma maior ênfase em bens intensivos em conhecimento.

Dentre os elementos que determinam o uso dos materiais está um processo relacionado à mudança tecnológica, explicado por meio da chamada transmaterialização. A demanda por materiais passaria por fases em que materiais tradicionais, por vezes ligados a indústrias maduras, sofrem substituição por materiais de qualidade superior e com melhor desempenho técnico (SOUSA, 1990; LABYS, 2004). Ainda que ambos não sejam fenômenos excludentes, ao contrário da desmaterialização que implica uma mudança estrutural única, a transmaterialização alude a um processo periódico de transformação tecnológica e no consumo de materiais no decorrer da história. Este conceito não é muito diferente daquele preconizado pelos teóricos do ciclo de vida do produto, que considerando as mudanças das necessidades de uma economia, sustentam que as indústrias continuamente substituem materiais antigos por outros mais avançados tecnologicamente. As tecnologias se modificam através de um ciclo de vida, caracterizado por estágios de desenvolvimento, rápida difusão, saturação e declínio. As fases variam da etapa de introdução, com elevado potencial de mercado e tendências de consumo crescentes - as cerâmicas avançadas são um exemplo de material que se encontra atualmente nesta fase -, até a etapa de declínio, com consumo e *market share* decrescentes, em virtude de materiais mais modernos que substituem os antigos, cujos exemplos de materiais que podem ser citados são estanho e amianto (LABYS, 2004). A Figura 2.1 ilustra a evolução de categorias diferenciadas de materiais no decorrer do tempo. Note-se que após a década de 1940, a importância relativa de materiais plásticos, como elastômeros ampliou-se, devido às mudanças tecnológicas que favoreceram o desenvolvimento de novos produtos. Ritmos diferentes de progresso técnico, mudanças de preços relativos e alterações na estrutura produtiva são outros fatores que também podem incentivar o processo de transmaterialização.

**Figura 2.1: Evolução Tecnológica dos Materiais**

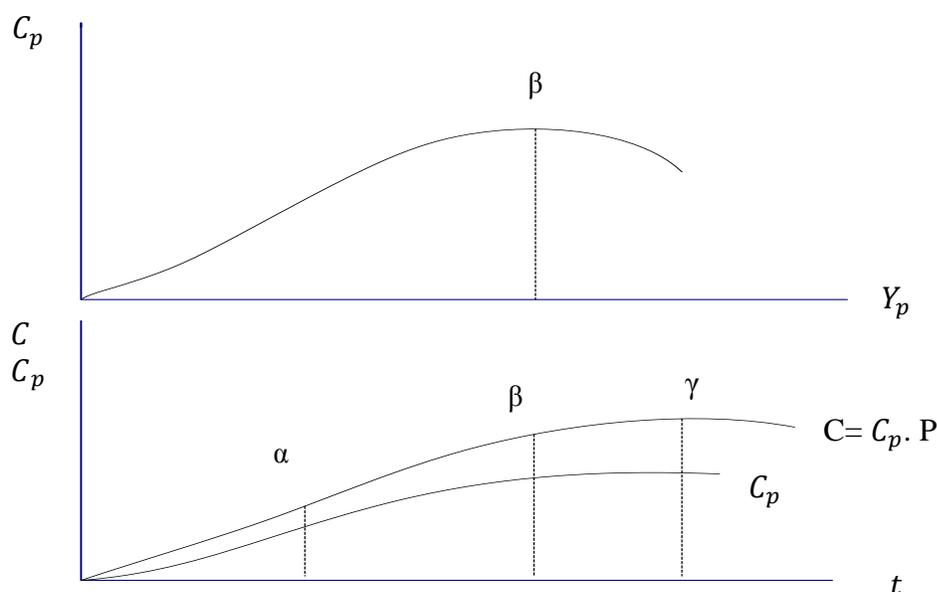


Fonte: ASM Handbook (1997).

Pinho (2001) faz uma aproximação da curva de intensidade do uso ( $C_p$ ) para o aço em relação à curva de ciclo de vida do produto (Figura 2.2). O ponto crítico da curva de intensidade do uso ( $C_p$ ), representado por  $\alpha$  indica o ponto a partir do qual o consumo de um bem cresce a uma taxa inferior à do produto agregado. Conquanto trate também da evolução da demanda de longo prazo, a curva que descreve o ciclo de vida do produto ( $C$ ) possui formato e especificação diferentes. A curva de ciclo de vida do produto seria uma generalização da evolução do consumo do produto ao longo do tempo. Descreve, portanto, uma relação entre o consumo ( $C_p$ ) e o tempo ( $t$ ). Em termos microeconômicos, seu nível de máximo não se confunde com o ponto  $\alpha$ .

A curva de saturação do consumo pode ser considerada a inversa da curva de Engel, já que em alguns manuais de microeconomia, a curva de Engel é habitualmente descrita com a renda pessoal no eixo das ordenadas e o consumo no eixo das abscissas. A Figura 2.2 mostra que os pontos de máximo das curvas de saturação do consumo ( $\beta$ ) e de ciclo de vida do produto ( $\gamma$ ) não coincidem, já que quando a elasticidade-renda da demanda ( $n_y$ ) é apenas levemente negativa, seus efeitos podem ser compensados pela expansão demográfica, configurando uma situação de crescimento vegetativo do mercado.

**Figura 2.2: Curvas de Saturação do Consumo e de Ciclo de Vida do Produto**



Fonte: Pinho (2001).

O ponto de máximo da curva de intensidade do uso ( $\alpha$ ) deve estar à esquerda de  $\beta$  e, portanto, de  $\gamma$ , marcando a transição de uma situação na qual o consumo cresce mais rapidamente do que a renda ( $n_y > 1$ ) para outra em que a resposta do consumo à renda deixa de ser elástica ( $n_y < 1$ ). No ponto exato da transição,  $n_y$  seria equivalente a 1. Naturalmente que isto deve ocorrer a níveis de renda inferiores àqueles em que  $n_y = 0$ , como é o caso do ponto  $\beta$ . Deste modo, uma vez ultrapassado o ponto de máximo da intensidade do uso, o aço deixaria de apresentar características de bem superior, conquanto houvesse ainda um expressivo potencial de crescimento do consumo. Mesmo à direita de  $\beta$ , o consumo total ainda cresce, se bem que a taxas modestas, características de um mercado maduro em que a expansão é meramente vegetativa. Por fim, à direita de  $\gamma$ , o aço entra na fase de declínio de seu ciclo de vida (PINHO, 2001).

Desenvolvimentos significantes na indústria do aço têm ocorrido devido à introdução de aço e ligas de alta resistência (HSLA), que já na década de 90 representava 50% do total de aço produzido no mundo. Por outro lado, os principais concorrentes do aço são plásticos e alumínio. O primeiro apresenta características que o tornam de grande aceitação na indústria automobilística, como maior facilidade de conformação, baixo peso, resistência à corrosão, embora as

desvantagens incluem menor resistência a impactos e ao calor. O alumínio, por seu lado, apresenta aplicações na indústria de bebidas, com o progressivo “afinamento” das latas de alumínio, bem como na fabricação de aeronaves, por meio do desenvolvimento de novas ligas. Dentre as características do alumínio estão a maior resistência à corrosão e menor densidade (com efeitos sobre a massa do produto final e seu desempenho energético), ao passo que os preços mais altos e a menor soldabilidade constituem algumas de suas desvantagens. Outros materiais, como o cobre, por sua vez, também representam papel importante nas indústrias de telecomunicação e eletrônica, mesmo que a presença de substitutos, como as fibras óticas amplie o espaço de materiais alternativos (CHOE, 1991).

Novos materiais costumam se orientar para produtos com alto valor agregado e fortes requisitos funcionais, em mercados em que os preços usualmente mais elevados podem ser mais facilmente absorvidos. Por outro lado, às vezes é extremamente difícil modificar padrões de consumo consolidados. Um exemplo é o caso do efeito da difusão da microinformática sobre a demanda mundial de papel. Estimava-se inicialmente que a difusão de formas digitais de acesso à informação reduziria a intensidade do uso de papel pelos consumidores. No entanto, a demanda por papel continuou a aumentar a passos largos, implicando, no período 1990 a 2005, que a indústria de papel mundial tenha crescido a taxas de 2,9% anuais (DORES, 2007). A razão desta expansão, além do grande impulso do segmento de embalagens, é a relutância dos consumidores em mudar preferências enraizadas, o que, dada a facilidade de fazer-se impressão em pequena escala, estimulou o consumo de papel de imprimir e escrever.

Uma parcela significativa da substituição de materiais também parece ser proveniente da elevação dos preços relativos, em grande parte do aumento dos custos de produção (MYERS, 1986). Grandes discontinuidades no consumo de materiais muitas vezes se seguiram a mudanças nos preços do petróleo. O preço da energia pode afetar a demanda de matéria-prima através de alterações dos custos de produção. Na década de 70, esperava-se um crescimento da demanda por matérias-primas comparativamente aos materiais sintéticos (plástico e borracha). A hipótese era de que os preços dos produtos sintéticos seriam mais fortemente afetados pelos altos custos de energia. A experiência, no entanto, revelou que esta previsão fora exagerada, tendo em vista a redução subsequente no crescimento do consumo de materiais. A aceleração da difusão de muitos materiais sintéticos foi atribuída à busca por eficiência no processo produtivo e por bens menos intensivos em energia (CHOE, 1991).

Por sua vez, a reciclagem de materiais é muito relevante para a diminuição de custos na indústria. O aço, por exemplo, pode ser produzido a partir de minério de ferro ou de aço secundário, como sucata. A produção via aço secundário consome menos energia, representando cerca de 40% da produção de aço da Europa (CHATEAU et al, 2005). Situação similar ocorre com o alumínio secundário, cuja reciclagem demanda menores quantidades de energia.

Um aspecto importante da questão do impacto da transmaterialização e variações dos preços sobre o consumo de materiais é o chamado efeito “rebound” (CLEVELAND, 1999; HOLM e ENGLUND, 2009; SCHETTKAT, 2009). O termo refere-se ao aumento no consumo de um produto derivado de acréscimos de eficiência produtiva e de reduções em seu preço. A descoberta deste efeito é atribuída a Jevons (1865), que confirmou que uma maior eficiência na produção de carvão mineral gerava ampliação de seu consumo e não uma subsequente redução. Deste modo, melhorias de eficiência técnica poderiam ser insuficientes para evitar a ocorrência de aumentos no uso de recursos naturais. O efeito “rebound” ocorreria de forma destacada em países desenvolvidos, onde o crescimento econômico e a mudança tecnológica ocasionariam grandes quedas nos preços dos materiais, chegando mais do que compensar os efeitos da mudança estrutural em direção aos serviços. A magnitude deste movimento dependeria, no entanto, das elasticidades-preço dos diferentes materiais, sendo substancialmente maior em bens com elasticidades-preço elevadas<sup>11</sup> (SCHETTKAT, 2009). Para que ocorram reduções no consumo de materiais é necessário que o efeito da desmaterialização seja maior que o efeito “rebound”. Cleveland e Ruth (1999) destacam que ainda sabe-se pouco sobre as forças que determinam o efeito “rebound”, uma justificativa para a realização de pesquisas futuras sobre o assunto.

### **2.3 Padrão de Consumo dos Materiais em Países com Níveis de Desenvolvimento Diferenciados**

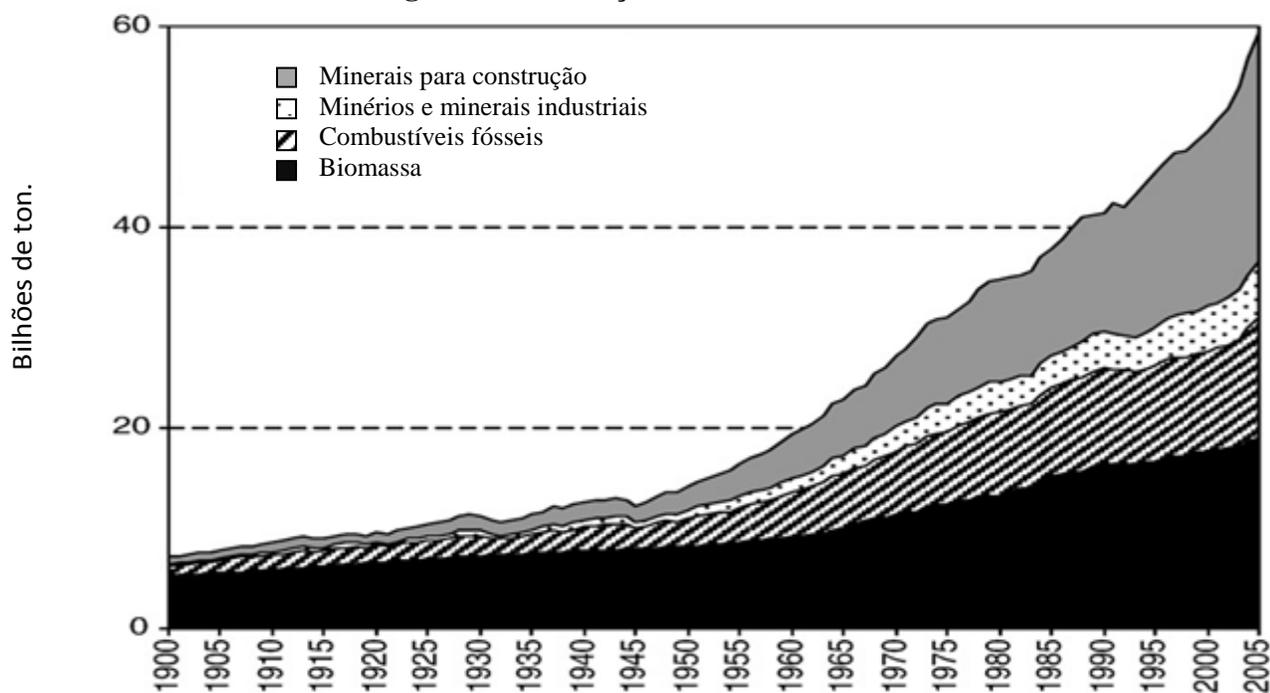
Krausmann (2009) destaca três fases distintas desde o início do século passado para a dinâmica do consumo de materiais com base na taxa de crescimento do consumo. Durante a primeira metade do século XX, o uso de materiais ampliou-se de forma bastante modesta, basicamente porque a crise econômica da década de 30 prejudicou o consumo em escala global. A

---

<sup>11</sup> Darwin (1992) em seu estudo sobre a indústria de madeira em algumas regiões do Pacífico, apontou que não obstante à presença de tecnologias capazes de minimizar a utilização de matérias-primas e insumos entre 1950 a 1985, a demanda de madeiras e derivados aumentou fortemente. O autor menciona que uma maior eficiência produtiva poderia reduzir os custos da indústria e ampliar o consumo. O crescimento do consumo no período, contudo, foi proporcionalmente maior que os ganhos de eficiência.

Figura 2.3 mostra taxas de crescimento reduzidas até o fim da década de 50, porém um crescimento pouco superior para combustíveis fósseis<sup>12</sup>. Após este período, o consumo de materiais teve um crescimento acentuado, uma expansão quase sempre superior a 4% a.a, sobretudo para minerais usados na construção. Os anos de 1973, 1979 e 1988 foram caracterizados, entretanto, por reduções na demanda de materiais, em resposta aos impactos dos choques de petróleo que afetaram o nível de atividade econômica. Os anos 2000 marcaram uma nova guinada no consumo de materiais. Esta reviravolta resultou, em 2005, em um nível de consumo mundial de cerca de 59 bilhões de toneladas de minerais usados na construção.

**Figura 2.3: Evolução do Consumo de Materiais**



Fonte: Krausmann (2009).

Em relação aos aumentos nas quantidades de materiais extraídos do meio ambiente, Krausmann (2009) ressalta no período 1900-2005, a extração relativamente elevada de minério de ferro (85%) em relação aos demais metais, como cobre (1,6%) e alumínio (6,6%). Verificou-se

<sup>12</sup> Dentre os materiais analisados por Krausmann (2009) estão: biomassa (resíduos agrícolas, madeira, forrageiras e gramíneas), combustíveis fósseis (carvão petróleo, gás natural e turfa), minerais para construção (cimento, areia e cascalho) e minérios e minerais industriais (44 tipos de minérios e 33 minerais industriais, como minério de ferro, alumínio, chumbo, zinco, níquel e cobre).

reduções na extração de carvão mineral em favor de aumentos de petróleo e gás natural e, desde meados da década de 70, reduções expressivas na extração de madeira. Steinberger et al (2010) examinaram a correlação entre população, PIB e extensão geográfica para as categorias de materiais mostradas na Figura 2.3 e constataram que o consumo de minerais para construção e biomassa é mais fortemente correlacionado à população do que os combustíveis fósseis. Todas as categorias seriam significadamente relacionadas ao PIB e, apesar da participação da biomassa diminuir com o aumento da renda per capita, países ricos continuariam consumindo mais biomassa do que economias menos desenvolvidas. Além disso, o consumo de combustíveis fósseis apresentaria uma baixa associação com a extensão territorial.

As elevações recentes na demanda de materiais intensificaram as discussões do consumo de longo prazo sobre as economias. No curso do desenvolvimento econômico, grandes transformações produtivas e ambientais ocorreriam na economia mundial se, em um futuro próximo, os países mais pobres atingissem o mesmo padrão de consumo de economias desenvolvidas. Neste sentido, Heiskanen et al (2001) mencionam que 1/5 da população mundial que compõe os países ricos consome cerca de 4/5 dos recursos naturais extraídos. Ainda que em termos relativos os países desenvolvidos estivessem dissociando o crescimento econômico do consumo de materiais básicos, o nível de consumo absoluto estaria crescendo consideravelmente. Esta visão é sublinhada por Ayres (2008), que sustenta que a demanda para muitos materiais continua a crescer em termos absolutos de forma mais acentuada que o próprio crescimento populacional, o que seria parcialmente explicado pela maior necessidade de infraestrutura de transporte (HERMAN et al, 1989).

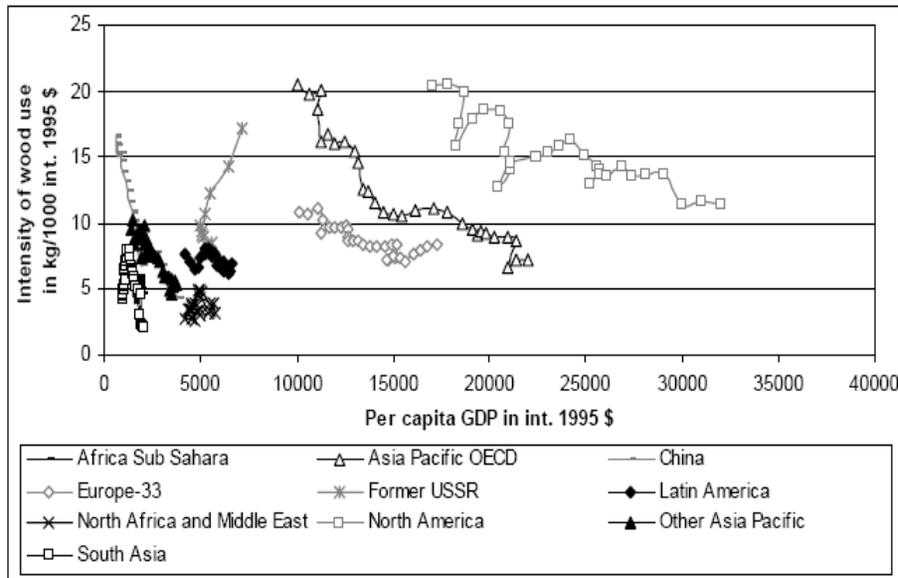
Uma análise realizada por Vries (2006) entre 1971 e 2000 comprovou intensidades do uso variadas em função do PIB per capita para os países e blocos econômicos, conforme pode ser visto na Figura 2.4. As tendências de desmaterialização não necessariamente se manifestam para os vários materiais ao mesmo nível de renda. A hipótese de um formato em U invertido para a curva de intensidade do uso não implica que os pontos de máximo ocorram ao mesmo nível de PIB per capita para os vários materiais. Enquanto para aço e madeira os pontos de máximo a partir do qual a intensidade do uso passaria a se reduzir já teriam sido atingidos, em polímeros e papel, ainda haveria espaço para a difusão do consumo, com a intensidade do uso tendendo a cair a um maior nível de renda. Na América do Norte, Vries (2006) constatou uma saturação do consumo do aço em níveis entre 400 e 500 kg/hab., com uma renda per capita situada em torno de US\$ 25.000

a preços constantes de 1995. A demanda por aço proveniente da indústria automobilística e do setor de máquinas seria um dos principais determinantes da intensidade do uso do produto nesta região (VRIES, 2006). Por outro lado, em países menos desenvolvidos, a intensidade do uso seria particularmente crescente no caso de madeira, cujo consumo per capita se mostra bastante reduzido em economias maduras. Na China, por exemplo, a intensidade do uso para alguns materiais é bem superior aos EUA. Mesmo em polímeros que constituem uma categoria de materiais dotada de maior dinamismo tecnológico, a intensidade do uso para a China é bastante elevada, em torno de 0,006 kg/US\$. Países situados no norte e sul da África e no Oriente Médio vêm apresentando aumentos na intensidade do uso para cimento, um material básico cujo ponto de saturação já foi atingido em economias desenvolvidas e para o qual a China também já aparenta sinal de redução do consumo.

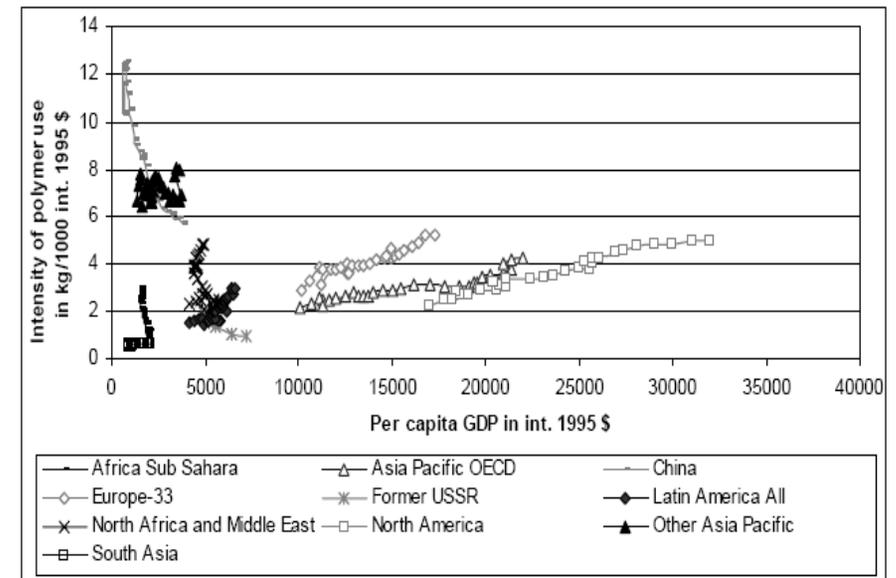
Evidências para o consumo de materiais para o México permitem, não obstante, vislumbrar as características de uma economia que se encontra em etapas intermediárias de desenvolvimento. Em 1970, a quantidade de materiais consumidos pela economia mexicana era somente 1/3 da quantidade consumida no ano de 2003 (MARTINEZ, 2007). Grande destaque é atribuído ao consumo de materiais usados na construção (47% do total de material consumido), em decorrência do intenso processo de urbanização. Contudo, Martinez (2007) descarta a hipótese de que a economia mexicana estaria passando por algum processo de desmaterialização.

Figura 2.4: Intensidade do Uso para Diferentes Materiais entre 1971 e 2000

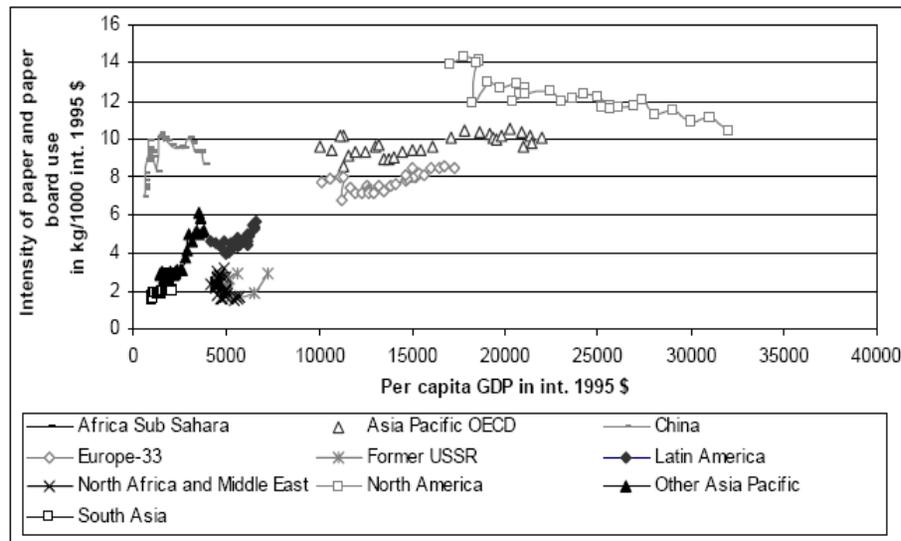
**Intensidade do Uso para Madeira**



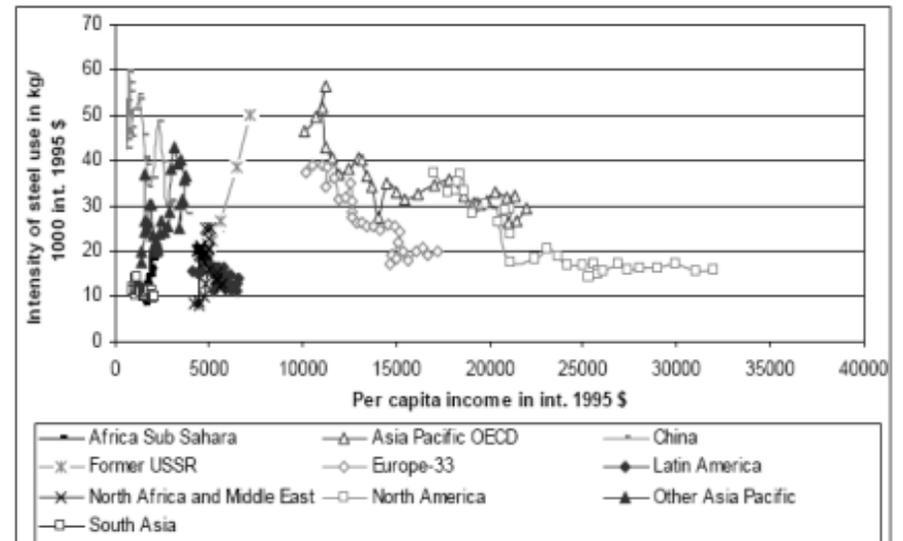
**Intensidade do Uso para Polímeros**



**Intensidade do Uso para Papel e Papelão**



**Intensidade do Uso para Aço**



Fonte: Vries (2006).

Baseando-se em informações históricas, Chateau et al (2005) realizaram uma projeção para o consumo per capita de materiais em geral. No período 2000-2100, o consumo de materiais na Europa aumentaria cerca de 70% (0,53% a.a) e, no restante do mundo, aproximadamente 380% (1,6% a.a), principalmente devido ao crescimento de países do sul da Ásia e África Subsaariana. Apesar de a China apresentar atualmente um forte consumo de materiais, o país assumiria taxas de crescimento de consumo bem mais modestas do que aquelas verificadas para economias em desenvolvimento, cerca de 1% a.a. Por sua vez, a América do Norte apresentaria um crescimento de 0,7% anuais e a América Latina, de 1,6% a.a.

Ao mesmo tempo, os aspectos concernentes ao comércio internacional ocupam posição chave no exame da dinâmica do consumo de materiais em economias com graus variados de desenvolvimento. A intensidade do uso é habitualmente definida e calculada com base no consumo aparente. Contudo, os países também consomem materiais que estão incorporados em bens acabados e semiacabados importados de outras regiões. Deste modo, um eventual declínio no consumo aparente poderia ser compensado por aumentos no uso de materiais contidos em bens importados. O estudo realizado pelo International Iron and Steel Institute (1972) que avaliou o comércio indireto de aço pôde levantar modificações significativas na intensidade do uso das economias, quando a este indicador foram agregadas informações sobre importações. Semelhantemente, Vanek (1963) que analisou o comércio para 20 materiais nos EUA entre 1889 e 1954 concluiu que o país passou de exportador para importador líquido de materiais. A relação do comércio direto e indireto de produtos constitui uma área de pesquisa que poderia ser bem mais explorada, notadamente por investigações do tipo insumo-produto (LEONTIEF et al. 1983), a fim de favorecer estimativas mais precisas sobre a quantidade de materiais que é consumida em nível mundial.

Uma exemplificação da relevância que o comércio indireto de materiais assumiu em países desenvolvidos é dada pelas importações indiretas de aço pelos EUA. Um relatório do American Iron and Steel Institute (AISI) mostrou que as importações indiretas de aço feitas pelos EUA totalizaram 27 milhões de toneladas em 2009 (AISI, 2010). Cerca de 75% dos produtos fabricados nos EUA continham alguma quantidade de aço. De modo geral, os dados de comércio indireto apontam que o processo de desmaterialização em economias centrais poderia ocultar a ocorrência de intensidades do uso mais elevadas nestes países do que as reveladas por indicadores calcados apenas no uso direto dos materiais. A Tabela 2.1 mostra que em 2009, este déficit

resultou de 12 milhões de toneladas provenientes da Ásia, União Europeia e de países do NAFTA, enquanto as demais regiões responderam por importações de 3 milhões de toneladas. O resultado negativo se deveu fundamentalmente ao comércio indireto com o continente asiático (AISI, 2010).

**Tabela 2.1: Déficit do Comércio Indireto de Aço nos EUA**

Região	Valor (US\$ bilhões)					Quantidade (milhões de ton.)				
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
Ásia	-122,4	-142,6	-142,1	-133,8	-99,1	-10,8	-12,5	-11,6	-10,9	-8,1
<i>China</i>	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	-4,5	-5,5	-5,2	-5,8	-4,8
União Europeia	-55,7	-58,1	-56,8	-49,8	-42,5	-4,9	-5,0	-4,4	-4,0	-2,9
NAFTA	-26,5	-40,2	-39,7	-25,1	-18,7	-2,8	-3,9	-3,1	-1,7	-1,0
Outros países Europa	0,8	0,8	2,9	5,1	1,3	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1
Outras regiões	19,6	22,4	30,6	37,6	29,3	1,8	2,1	2,7	3,5	2,8
Total	-184,3	-217,6	-205,1	-165,9	-129,7	-16,7	-19,3	-16,1	-12,6	-9,0

Fonte: AISI.

n.d : não disponível

A China é um importante parceiro comercial, respondendo por exportações anuais de seis milhões de toneladas de aço sob a forma de bens manufaturados para os EUA, principalmente em bens que compõem o setor automotivo, de máquinas e de construção. Estas exportações são atualmente o triplo das exportações diretas de aço da China para a economia norte-americana (AISI, 2010).

## 2.4 Conclusões

Um conceito fundamental para a discussão do dinamismo dos mercados de materiais básicos é o da intensidade do uso dos materiais (TILTON, 1986; 1990; CLEVELAND e RUTH, 1999), que pode ser definida como a relação entre consumo de um dado material e o PIB per capita de um país. A curva de intensidade do uso apresenta um formato típico em U invertido. Esta curva seria particularmente útil para abordar o processo de desmaterialização constatado em algumas economias. O termo refere-se à redução, absoluta ou relativa, na quantidade de material utilizado para uma dada produção. Várias pesquisas sugerem que, algumas vezes, o crescimento econômico não viria acompanhado de aumento proporcional no consumo de insumos (MALENBAUM, 1978; LARSON et al., 1986; TILTON, 1986), de modo que alguns países ricos estariam dissociando o crescimento econômico da utilização de materiais produtivos básicos. À

medida que se alcança um nível avançado de desenvolvimento, a demanda por certos materiais perderia dinamismo, em virtude de efeitos renda e substituição, bem como do surgimento de novos padrões de consumo, ocorrendo deslocamentos significativos em direção a produtos com maior valor agregado ou intensivos em conhecimento. A desmaterialização relaciona-se com a questão da desindustrialização por implicar uma expansão relativa do ramo de serviços. Dentro da indústria, a desmaterialização levaria ao aumento relativo de setores intensivos em conhecimento.

As tendências de desmaterialização em geral não implicam processos simultâneos em todos os materiais. A hipótese de um formato em U para a curva de intensidade do uso não obriga que os pontos de máximos ocorram ao mesmo nível de renda per capita em todos os materiais: em cimento, a saturação do consumo se prenuncia em níveis reduzidos de renda, porém, em polímeros, seria necessária uma renda mais elevada. Embora materiais mais nobres sejam demandados para bens consumidos a rendas elevadas (por exemplo, o alumínio substitui o aço em automóveis mais caros), as mudanças no perfil da demanda associadas à renda e nos preços relativos influenciariam grandemente este processo.

A demanda e a intensidade do uso dos materiais também estão associadas ao processo de transmaterialização. A demanda por materiais passaria por fases em que materiais tradicionais são substituídos por materiais de qualidade superior e com melhor desempenho técnico (SOUSA, 1990; LABYS, 2004). A transmaterialização refere-se a um processo periódico de transformação industrial e no consumo de materiais no decorrer da história, por meio do qual as indústrias substituem materiais antigos por outros mais avançados tecnologicamente. Esta substituição também é determinada por alterações nos preços relativos, nos ritmos diferenciados de progresso técnico e nas alterações na estrutura produtiva de um setor.

É necessário atentar para o fato de que em nível nacional o processo de desmaterialização poderia relacionar-se a um declínio tão somente aparente na intensidade do uso dos materiais, já que os bens importados podem ter sido produzidos com quantidade expressiva de materiais e insumos. Esta é uma questão centrada nos efeitos do comércio indireto de materiais sobre a desmaterialização dos setores industriais. Por outro lado, além do comércio indireto e das particularidades no perfil da demanda, as curvas de intensidade do uso de cada material dependem também, em nível nacional, da dotação de fatores e das condições geográficas e climáticas que caracterizam os países. Nos EUA, por exemplo, a grande quantidade de terras disponíveis, somada

à diversidade climática do país favoreceu a exploração de um conjunto de recursos naturais relevantes para o seu desenvolvimento econômico.

### Capítulo 3

## DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE PAPEL E PAPELÃO

A demanda por papel caracteriza-se por dinâmicas de consumo e ritmos de crescimento bastante variados entre as economias. Com participações sobre o consumo mundial de 40% e 25% na década de 80, os mercados norte-americano e europeu ocidental passaram a exibir parcelas menos expressivas em anos subsequentes. Em contrapartida, as economias em desenvolvimento mais que dobraram sua participação no consumo mundial, sumarizadas por parcelas que passaram de 20% em 1980 para 45% no ano de 2009 (RISI, 2011; PPI, 1980-2001).

O objetivo deste capítulo é examinar o comportamento da demanda e da intensidade do uso de papel e papelão, enfatizando o papel de economias atualmente consideradas recentemente industrializadas. A seção 3.1 trata dos aspectos metodológicos que envolveram o levantamento e a construção da base de dados de papel e papelão. A obtenção dos dados cobertos por este trabalho exigiu um grande esforço de coleta, sistematização das informações e construção de indicadores, dada a diversidade dos segmentos e o número relativamente extenso de países que compuseram o estudo empírico. Na seção 3.2 realiza-se uma caracterização da produção, consumo e comércio exterior dos principais países, destacando alguns países de industrialização recente com maior dinamismo no setor. A análise pôde ser desdobrada, de forma mais aprofundada, para os segmentos de papel imprensa, papel de imprimir e escrever, embalagens e papel para fins sanitários. A seção 3.3 trata da análise da intensidade do uso e do consumo per capita destes materiais, temática central do presente capítulo. Posteriormente, realiza-se um tratamento econométrico, com o intuito de verificar o ajustamento dos dados às hipóteses teóricas da curva de intensidade do uso (seção 3.4). Por fim, apontam-se as principais conclusões obtidas com as análises das seções precedentes.

### 3.1 Procedimentos Metodológicos

Esta seção apresenta os contornos metodológicos do levantamento e análise de dados para o setor de papel e papelão. Buscou-se compor um quadro do desempenho para este material por meio da montagem de uma base de dados, com ampla abrangência em termos geográficos (países), temporal (anos) e intrassetorial (segmentos).

Resumidamente, a base de dados original foi composta por um universo de 58 países durante um período de 51 anos (1959-2009) com informações para o total de papel e papelão. Entretanto, para os principais segmentos do setor (papel imprensa, imprimir e escrever, embalagens, fins sanitários), os dados ganharam maior densidade a partir de 1977. Em 2009, a produção mundial de papel e papelão foi de 371 milhões de toneladas. Os 58 países analisados por este trabalho foram responsáveis por 98,5% daquela produção e 95% do consumo mundial (RISI, 2011). A importância desta cobertura também é justificável em termos demográficos e da renda nacional: em 2009, estes países representaram 80% do total da população mundial e 92% do PIB mundial medido pela taxa de câmbio de Paridade de Poder de Compra (PPC) a preços de 2006 (MADDISON, 2010; FMI, 2011; WORLD DATABANK, 2010).

O esforço de levantamento e tabulação de dados para papel e papelão não foi trivial. Primeiramente, as informações históricas sobre produção, importação e exportação de papel e papelão encontraram uma única fonte de publicação disponível no Brasil – o Pulp and Paper International (PPI). Trata-se de um periódico especializado que publica mensalmente informações técnicas e de mercado sobre o setor. Dentre as informações disponibilizadas pelo PPI destacam-se informações de produção e comércio exterior, preços, demanda e oferta de papel e papelão e projeções de mercado. A série impressa mais completa deste periódico atualmente disponível no país pôde ser encontrada na Biblioteca Central da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (ESALQ/USP).

A abrangência da série impressa (1960-2009), contudo, não implicou uma ampla cobertura das informações necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa. O PPI sintetizava dados sobre produção e comércio exterior dos países no denominado *Annual Review*, publicado anualmente no mês de julho. A partir de 2001, o *Annual Review* deixou de ser disponibilizado na versão impressa do PPI. O acesso a esta fonte passou a ser restrito a subscrições eletrônicas, mediante um pagamento anual. Por este motivo, foi necessária a realização de uma assinatura eletrônica que possibilitasse completar os dados coletados na biblioteca da ESALQ. A subscrição eletrônica foi realizada por meio do site da RISI, uma revista eletrônica que agrega diferentes bases de dados sobre recursos florestais, entre elas o PPI. A base de dados subscrita foi o *Global Industry Statistics Database Profile*, ao invés do *Annual Review*. As duas bases condensam informações do Pulp and Paper International (PPI), com a diferença de que a primeira caracteriza-

se pela maior cobertura temporal (1992-2009), enquanto a segunda restringe-se a informações para no máximo dois anos.

Resolvida a questão do acesso aos dados básicos, foi preciso enfrentar o problema da compatibilização dos dados da versão impressa com a eletrônica, notadamente quanto à amplitude intrassetorial, temporal e geográfica. O primeiro ano da publicação impressa do PPI a que se conseguiu acesso foi 1959. Esta publicação possibilitou a obtenção de informações sobre produção para 11 anos antecedentes a esta data. O consumo aparente de papel e papelão, todavia, somente pôde ser calculado a partir de 1959.

Os dados tiveram que ser harmonizados em termos de unidade de medida (tonelada) e de segmentação setorial. Nas décadas de 60 e meados dos anos 70, as informações foram publicadas em toneladas longas (2.200 libras), principalmente para economias europeias e, em toneladas curtas (2.000 libras), para países norte-americanos. A padronização da unidade de medida foi necessária para evitar distorções com anos posteriores, cujos dados passaram a ser publicados em toneladas métricas (1.000 kg).

Por outro lado, a sistematização intrassetorial dos dados entre 1959 e 1977 exigiu uma classificação dos segmentos em termos da divisão adotada em anos posteriores, qual seja papel imprensa, imprimir e escrever, embalagens e fins sanitários. O segmento de outros papéis, apesar de constar em algumas estimativas mais gerais deste trabalho, não foi aqui enfatizado pela ausência de informações que pudessem explicar o comportamento da dinâmica de seus mercados. Particularmente no caso de papel de imprimir e escrever e embalagens, os dados de produção, importação e exportação de vários subsegmentos tiveram que ser agregados. Não obstante, é impossível descartar a ocorrência de algumas inadequações no procedimento de agregação para alguns países.

Em relação aos dados de produção, 1959 é, claramente, o ano a partir do qual o levantamento ganha densidade. Partindo desse ano, as lacunas para a produção de papel e papelão foram as seguintes: Argélia (1959-60, 1965-66), Bangladesh (1959-70), Colômbia (1959), Egito (1959-71), Grécia (1959-62), Hong Kong (1959-77), Irã (1959-60), Iraque (1959-60, 1981-82), Marrocos (1959-60), Suazilândia (1959-85) e Reino Unido (1959). As lacunas<sup>13</sup>, além de não

---

<sup>13</sup> A forma de apresentação dos dados pelo PPI nas publicações impressas muitas vezes impede de discriminar se um evento – produção, exportação ou importação – não ocorreu em certo ano ou se o dado não estava disponível.

serem muito numerosas são, em alguns casos, justificáveis pela mera ausência de produção ou situadas em períodos mais distantes do tempo.

Ao mesmo tempo, ainda que as exportações e importações fossem adequadamente cobertas para o período 1992-2009 através da versão eletrônica do PPI, para a década de 60, o número de lacunas nos dados de comércio exterior dificultou o cálculo do consumo aparente. Os valores nulos em exportações foram mais numerosos, porém menos importantes, já que muitos países poderiam simplesmente não ter realizado exportações. Já em relação às importações, as lacunas foram menos numerosas, porém algumas são importantes e ocorreram em situações para as quais a hipótese de importação nula é implausível: China (1977, 1982-83) e Canadá (1959-64).

Além disso, em alguns anos anteriores à década de 70 foi possível obter informações para o total da produção e comércio exterior dos distintos países, mas poucas informações estavam desagregadas segundo os segmentos de mercado. Estas lacunas implicaram não somente dificuldades na estimação do consumo aparente, mas em somatórios dos dados desagregados sensivelmente menores ao total de papel e papelão. As menores abrangências do somatório dos segmentos ocorreram justamente em períodos mais distantes, notadamente os anteriores a 1977. A partir deste ano, a soma dos dados para os cinco segmentos passou a cobrir mais de 90% dos dados de produção de papel e papelão.

O consumo aparente foi a variável cujo somatório dos segmentos ficou mais distante do total. Consolidada a base de dados para os diferentes países e anos em termos de produção e comércio exterior, realizou-se o cálculo para o consumo aparente. Em alguns casos, como o da Itália e do Brasil, embora não houvesse informações para comércio exterior na década de 60 e 70, o PPI forneceu diretamente dados sobre o consumo aparente de papel. Considerando que lacunas são bem mais comuns no caso dos dados desagregados do que na informação para o conjunto do setor, entende-se que a soma dos consumos discriminados por segmento seja, sobretudo antes de 1977, bem inferior ao consumo total de papel e papelão.

Portanto, a amplitude temporal e geográfica dos dados variou de acordo com o segmento considerado, em função da ocorrência de comércio exterior entre os países e da existência de produção, de modo que as informações sobre papel e papelão em geral compuseram o maior número de observações não nulas do conjunto de países. Procurou-se compor a base de dados mais ampla e consistente que poderia ser montada para o setor com os dados disponíveis.

O levantamento de informações para o Brasil teve como fonte tanto o Pulp and Paper International (PPI) quanto a Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA). A BRACELPA, instituição criada em 1997, representa as empresas que produzem papel e celulose no país, função anteriormente desempenhada pela Associação Nacional de Fabricantes de Papel e Celulose (ANFPC). A BRACELPA, assim como sua antecessora, compila informações estatísticas, como faturamento das empresas, quantidade de mão de obra empregada, localização das plantas, além de dados de produção e comércio exterior. Uma visita à BRACELPA permitiu coletar informações que não puderam ser suficientemente preenchidas somente com os dados do PPI. Mais especificamente, os dados da BRACELPA cobriram o período entre 1950-1976, período em que as lacunas nos dados do PPI eram particularmente numerosas.

Tendo em vista a já mencionada cobertura dos 58 países (98,5% da produção mundial em 2009), a base de dados construída poderia ser considerada como representativa do total mundial. A partir de 1992, contou-se com as quantidades exatas do total mundial, pois a versão eletrônica do PPI (RISI, 2011) cobriu 100% dos países que produziram ou comercializaram papel e papelão. Entretanto após a construção dos indicadores de consumo per capita e de intensidade do uso, Iraque e Zimbábue foram considerados *outliers*, pois embora o consumo aparente fosse irrelevante, frente às demais economias, a intensidade do uso para papel e papelão situou-se em vários anos próxima de países como o Reino Unido e Canadá. Após os ajustes, o número de países reduziu-se para 56 com dados entre 1959 e 2009. Assim, as avaliações econométricas foram realizadas considerando o conjunto de 56 países.

No que tange ao tratamento econométrico, os métodos utilizados para estimação de equações em painel foram o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários empilhados (MQO *polled*), o modelo de efeitos fixos e o modelo de efeitos aleatórios. O primeiro modelo assume que os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são comuns para todos os países, que os erros são ruídos brancos e não estão correlacionados com os regressores. Portanto, o método de MQO empilhado não leva em conta a heterogeneidade existente entre os países. É mais adequado em amostras que apresentem características estruturais semelhantes (BALTAGI, 2005; WOOLDRIDGE, 2002).

O modelo de efeitos fixos considera que as diferenças entre os países são captadas no termo constante do modelo. O coeficiente  $\alpha$  é um parâmetro desconhecido a ser estimado, cujo efeito individual não observado está correlacionado com as variáveis explicativas  $X_{it}$ . Capta, por conseguinte, os diversos fatores omitidos da regressão que variam entre indivíduos, mas são

razoavelmente constantes no tempo (STOCK e WATSON, 2004), por exemplo, fatores culturais e institucionais. Além disso, qualquer inclusão de variável explicativa que não varie ao longo do tempo (por exemplo, variável binária) é omitida por este modelo. O ajuste do modelo de efeitos fixos é feito pelo estimador de Mínimos Quadrados Ordinários com variáveis *dummy* (LSDV) ou *within*. O modelo de efeitos aleatórios, por sua vez, leva em conta a heterogeneidade dos indivíduos no termo do erro. Este modelo assume a constante ( $\alpha$ ) não como um coeficiente fixo, mas como um parâmetro aleatório não observável. O estimador de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) é comumente utilizado para realizar o ajuste por efeitos aleatórios, sendo a hipótese de não haver correlação entre o termo do erro e as variáveis explicativas crucial para a obtenção de resultados não enviesados e consistentes (BALTAGI, 2005; WOOLDRIDGE, 2002).

Comparando-se o modelo de efeitos fixos com o modelo de efeitos aleatórios, verifica-se que o primeiro tem a desvantagem da perda de graus de liberdade com a utilização de variáveis de controle, além de ser muito sensível à qualidade dos dados de cada país. O modelo de efeitos aleatórios, por sua vez, pode conduzir a enviesamento por variáveis omitidas, devido à hipótese de que os aspectos específicos de cada país não se relacionam à variável independente (PIB per capita, neste caso).

É importante destacar que, além dos modelos acima mencionados, foram realizadas estimações baseadas nos valores defasados das variáveis dependentes, com o objetivo de verificar se níveis de intensidade do uso passados surtiriam efeitos sobre os níveis correntes da intensidade do uso. No caso do papel, as regressões foram realizadas por meio do estimador de Arellano e Bond (1991) para painéis dinâmicos (Método dos Momentos Generalizados - GMM), com a inclusão de defasagens da variável dependente dentro do conjunto de variáveis explicativas. Além disso, estimações foram realizadas para o modelo de dados em painel dinâmico com as primeiras diferenças e utilizando como instrumentos os regressores endógenos do modelo, uma vez que a intensidade do uso poderia tanto influenciar como ser influenciada pelas variáveis explicativas. Todavia, os resultados tanto dos modelos com variáveis defasadas quanto dos painéis dinâmicos foram estimativas com significado estatístico inferior aos correntemente adotados no decorrer do trabalho, ou seja, modelos de mínimos quadrados ordinários, efeitos fixos e efeitos aleatórios (sem defasagem) e com formato quadrático para a relação entre o nível de renda per capita e a intensidade do uso.

Alguns testes de especificação foram particularmente importantes na escolha do melhor modelo a ser utilizado. Um deles é o teste de Hausman, que possibilita a escolha entre modelos de efeitos fixos e aleatórios. A hipótese nula (H0) subjacente é que os estimadores do modelo de efeitos fixos e do modelo de efeitos aleatórios não diferem substancialmente. Sob a hipótese alternativa (H1), os estimadores de efeitos aleatórios são não consistentes. Com a confirmação da suposição de que o termo do erro e os regressores não estão correlacionados, o modelo de efeitos aleatórios seria mais adequado, ao passo que se estiverem correlacionados, o modelo de efeitos fixos seria o indicado (GUJARATI, 2006). A estatística de Hausman (H) que verifica estas hipóteses é:

$$H = (\hat{\beta}_{fe} - \hat{\beta}_{re})' [\text{Var}(\hat{\beta}_{fe}) - \text{Var}(\hat{\beta}_{re})]^{-1} (\hat{\beta}_{fe} - \hat{\beta}_{re}) \sim X_k$$

onde

$\hat{\beta}_{fe}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos fixos;

$\hat{\beta}_{re}$  é o vetor dos estimadores do modelo com efeitos aleatórios;

$\text{Var}(\hat{\beta}_{fe})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores de efeitos fixos;

$\text{Var}(\hat{\beta}_{re})$  é a matriz de variâncias-covariâncias dos estimadores de efeitos aleatórios;

K são os coeficientes estimados, excluindo o intercepto.

A estatística deste teste tem uma distribuição qui-quadrado com k graus de liberdade. Logo, valores elevados dessa estatística (ou seja, p-valores baixos) apontam para a inadequação do estimador de efeitos aleatórios.

Outros testes de especificação também utilizados foram o teste F e o de Breusch-Pagan. O primeiro é aplicado para escolher entre os modelos de mínimos quadrados empilhados e de efeitos fixos. A hipótese nula (H0) admite homogeneidade na constante do modelo (MQO empilhado), enquanto a hipótese alternativa (H1) assume heterogeneidade no termo constante (efeitos fixos). Assim, verifica-se a hipótese nula de que a constante do modelo  $\alpha_i$  é igual a zero.

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n$  (constante comum – MQO empilhado)

$H1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \dots \neq \alpha_n$  (efeitos fixos - *LSDV*)

O critério de seleção baseia na comparação entre a estatística F padronizada e a estatística calculada. Assim, se  $F_{stat} > F_{(N-1, NT-N-k)}$  rejeita-se o modelo MQO empilhado em favor do modelo com efeitos fixos. Por outro lado, o teste de Breusch-Pagan tem como base o Multiplicador de Lagrange (LM) e compara o modelo de MQO empilhado (H0) e o modelo de efeitos aleatórios (H1). O teste de Breusch-Pagan verifica a hipótese nula de que a variância dos efeitos não observados é zero.

$H0: \sigma_{\alpha}^2 = 0$  (constante comum – MQO empilhado)

$H1: \sigma_{\alpha}^2 = 0$  (efeitos aleatórios - *MQG*)

Se  $LM > \chi_1^2$ , rejeita-se o modelo de MQO empilhado (com constante comum) em favor do modelo com efeitos aleatórios.

### **3.2 Produção, Comércio e Consumo Aparente de Papel e Papelão**

Em 2009, a produção de papel e papelão dos países presentes na base de dados foi de 365 milhões de toneladas, 98,5% do total mundial. China, EUA, Japão e Alemanha responderam, em conjunto, por 56% do total mundial produzido (RISI, 2011). A Tabela 3.1 mostra o posicionamento produtivo e comercial dos países analisados entre 1959 e 2009. Os EUA produziram quase 20% da produção mundial em 2009, mas neste ano a produção de papel e papelão da economia chinesa superou a norte-americana em 14,7 milhões de toneladas, um desempenho atrelado aos efeitos da crise de 2009 sobre os mercados norte-americanos de papel. O desaquecimento da demanda não esteve restrito aos EUA. Grande parte dos países desenvolvidos reduziram seus níveis de produção.

**Tabela 3.1: Produção, Exportação e Importação de Papel e Papelão entre 1959 e 2009 para os 58 Países Analisados (mil ton)**

Ano	Brasil	Coréia do Sul	China	Finlândia	Suécia	Reino Unido	EUA	Alemanha	Japão	Itália	58 Países
<b>Produção</b>											
1959	460	15	1.751	1.819	1.870		30.851	3.112	3.827	1.263	65.388
1960	505	32	1.914	2.233	2.150		31.094	3.434	4.512	1.468	68.981
1970	1.099	345	3.750	4.258	4.359	4.841	47.590	5.517	12.973	3.418	127.105
1980	3.362	1.693	5.350	5.919	5.915	3.793	56.836	7.580	18.088	4.935	168.022
1990	4.844	4.524	13.719	8.958	8.425	4.824	71.471	11.873	28.086	5.601	237.183
2000	7.188	9.308	32.864	13.509	10.786	6.604	86.011	18.182	31.828	9.087	323.633
2009	9.374	10.481	86.391	10.602	10.933	4.293	71.613	20.902	26.279	8.449	365.023
<b>Exportação</b>											
1959	-	-	46	1.764	1.097	249	827	78	110	31	11.055
1960	-	-	44	2.004	1.273	235	931	105	169	46	12.376
1970	1	2	30	3.493	2.844	230	2.578	607	508	369	23.347
1980	156	154	178	4.792	4.524	466	4.133	1.709	655	684	34.381
1990	940	516	252	7.699	6.775	1.247	5.206	4.092	900	1.407	55.701
2000	1.154	2.476	632	12.012	8.936	1.498	9.207	9.485	1.468	2.648	96.492
2009	1.731	2.879	3.986	9.580	9.754	990	10.437	13.048	1.055	3.179	102.299
<b>Importação</b>											
1959	172	-	177	-	20	1.436	5.099	810	7	97	10.175
1960	188	-	181	-	23	1.672	5.189	1.066	1	133	11.286
1970	174	29	250	11	117	2.507	6.591	2.732	99	463	21.929
1980	252	22	710	40	177	3.510	7.847	3.771	493	993	31.868
1990	247	302	962	122	310	5.696	11.419	6.779	1.032	2.760	50.825
2000	784	564	5.408	344	673	7.720	16.056	10.174	1.739	4.544	91.971
2009	1.021	818	3.259	462	724	7.048	10.557	10.302	2.078	4.604	93.289

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números) e BRACELPA (vários números).

O ritmo de crescimento da produção e do consumo mundiais de papel e papelão entre 1959 e 2009 girou em torno 3,5% anuais. Taxas de crescimento muito elevadas de produção e consumo ocorreram na década de 1960, em torno de 6% a.a (RISI, 2011; PPI, 1960-1970). Neste período, novas máquinas e equipamentos e a expansão das plantações de árvores incrementaram a oferta deste material. Contudo, a aplicação crescente dos plásticos como substitutos das embalagens teve um grande impacto no desempenho da indústria em anos posteriores. A este fator somaram-se os elevados custos da energia e a problemática ambiental quanto ao uso de água (BORGER e BUGIORNO, 1985). Neste sentido, nos anos 70 e 80, o crescimento da produção e do consumo dos países analisados foi mais modesto, 2,8% e 3,5% a.a, respectivamente (RISI,

2011; PPI, 1970-1990). No final dos anos 80, a reestruturação produtiva da indústria impulsionou os processos de modernização das plantas e internacionalização das empresas, tanto por meio da expansão geográfica em áreas não exploradas quanto através de fusões e aquisições (BORGER e BUGIORNO, 1985). Mesmo com essas modificações, a dinâmica da produção e do consumo manteve taxas de crescimento de 3,2% anuais entre 1990 e 2000.

A Tabela 3.2 ilustra as taxas de crescimento da produção, consumo e comércio internacional para os 58 países analisados. Acompanhando a redução da taxa de crescimento do PIB mundial, o crescimento da produção de papel no período 2000-2008 teve menos ímpeto do que nas décadas anteriores. Na Europa, por exemplo, nos últimos anos o fechamento de unidades não competitivas reduziu a quantidade de papel e papelão produzida na região. Uma queda nos preços de papel e celulose entre 2001 e 2004 acompanhou este processo de reestruturação e diminuiu as margens de lucros do setor. A partir deste período, os preços de papel e celulose aumentaram gradativamente até atingir seu pico em 2008. A crise mundial que se sucedeu, entretanto, contribuiu para reverter a tendência de ascensão dos preços do setor (GLOBAL PULP & PAPER INDUSTRY, 2011; FOREST INDUSTRIES, 2011).

**Tabela 3.2: Taxa Geométrica Média de Crescimento Anual da Indústria de Papel Mundial e do PIB Mundial entre 1970 e 2008 para os 58 Países Analisados (%)**

Anos	Produção	Exportação	Importação	Consumo Aparente	Crescimento Anual do PIB Mundial
1970-1980	2,8%	3,9%	3,8%	2,9%	3,9%
1980-1990	3,5%	4,9%	4,8%	3,5%	3,1%
1990-2000	3,2%	5,6%	6,1%	3,2%	2,9%
2000-2008	2,3%	2,0%	2,0%	2,6%	2,3%

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números) e World Databank (2010).

Por sua vez, o comércio internacional de papel dos países analisados cresceu a taxas de 4,5% a.a entre 1959 e 2009 (RISI, 2011; PPI, 1960-2001). O comportamento do comércio exterior pode ser explicado pelo aumento da renda em países em desenvolvimento, com efeitos consideráveis sobre o consumo de papéis para produção de livros, cadernos e embalagens. A intensidade das importações de papel em países recentemente industrializados tem justificado o deslocamento de plantas de produção para estas regiões. Países como o Brasil e a China distinguem-se pelo crescimento da oferta deste material, com custos de produção inferiores em

comparação com países desenvolvidos (ROSSI e FRANDINA, 2008). A abundância de florestas tropicais também favorece que países em desenvolvimento concentrem uma parcela significativa da produção mundial de papel e papelão, que posteriormente será destinada às economias centrais. Alguns países em desenvolvimento, embora tenham uma importância crescente como consumidores de papel, assumiram gradativamente uma posição relevante na exportação destes bens. Do total de 60 milhões de toneladas que foram acrescentadas à oferta mundial entre 2002 e 2007, nada menos que 74% podem ser atribuídas à Ásia (principalmente à China). Esse aumento da relevância dos países em desenvolvimento na oferta de papel deve se reforçar nos próximos anos (VILLASCHI, 2008).

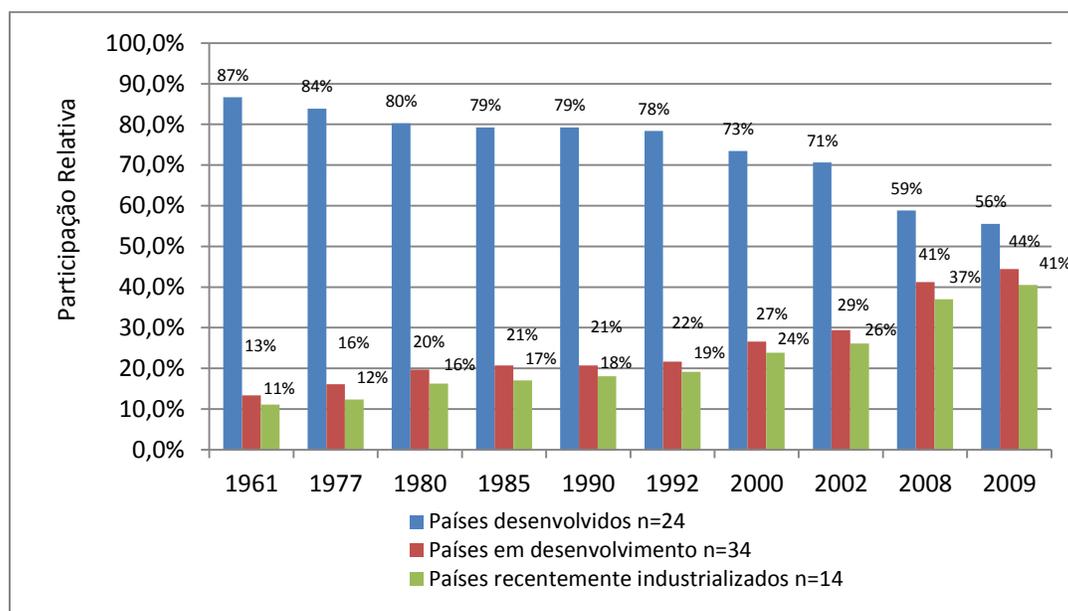
Categorizando os 58 países de acordo com o seu nível de desenvolvimento econômico (FMI, 2010; BOŽYK, 2006; GUILLÉN, 2003; WAUGH, 2000), foi possível obter um quadro diferenciado da dinâmica de consumo de papel e papelão. Nenhum dos 58 países analisados por este trabalho enquadrou-se na categoria de menos desenvolvido. Deste modo, 25 países foram considerados desenvolvidos e 33 em desenvolvimento, dos quais 14 caracterizam-se como recentemente industrializados.

O Gráfico 3.1 mostra o crescimento da participação relativa dos países em desenvolvimento no consumo aparente de papel. Nota-se visivelmente a forte redução da participação dos países desenvolvidos em relação à expansão dos países recentemente industrializados entre 1961 e 2009. Com efeito, em 1961, os 14 países recentemente industrializados corresponderam a 11% do consumo de papel e papelão no conjunto de países analisados, mas em 2009, esta participação havia crescido para 41%. Concomitantemente, os países desenvolvidos diminuíram sua participação de 87% em 1961 para 56% em 2009<sup>14</sup>. A avaliação do consumo aparente de países em desenvolvimento também é balizada por seus ritmos de expansão. Nos 48 anos cobertos pela análise, a expansão do consumo dos países em desenvolvimento foi de 6% anuais, o triplo dos países desenvolvidos. Nos países recentemente industrializados, o crescimento foi ainda maior (6,2% a.a).

---

<sup>14</sup> Esta expressividade seria ligeiramente menor (54%), caso fossem excluídos desta categoria os antigos “Tigres Asiáticos” (Hong Kong, Coréia do Sul e Taiwan).

**Gráfico 3.1: Distribuição do Consumo de Papel e Papelão por Grupos de Países**



Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números) e BRACELPA (vários números).

A evolução da produção e consumo aparente dos segmentos de papel e papelão ao longo do tempo está exposta na Tabela 3.3. Como exposto na seção metodológica deste capítulo, o subtotal dos segmentos não corresponde ao somatório do conjunto de 58 países em virtude de lacunas nos dados até o ano de 1992. Por exemplo, em 1959 a produção dos cinco segmentos correspondeu a 76,7% do total produzido pelos países. Em virtude destas lacunas, o total para o consumo aparente foi menor que o somatório entre produção e importação, excetuando-se as exportações, notadamente em 1959, em que a soma dos dados de consumo dos segmentos cobriu um universo de somente 60,3% do total dos países analisados. Em alguns casos, como no segmento de outros papéis a falta de informações por segmento refletiu-se em uma quebra na quantidade produzida e consumida. Note-se que a produção de outros papéis salta de 7,4 milhões de toneladas em 1990 para 15 milhões de toneladas em 1992.



Os papéis de embalagens são papéis que protegem e acondicionam produtos, moldados sob a forma de caixas ou sacos multifolhados. O segmento de papéis para embalagens apresentou as maiores participações dentre os demais segmentos entre 1980 e 2007. A produção destes materiais mais que duplicou neste período, atingindo 190 milhões de toneladas neste último ano. Em 2009, China e EUA representaram 47,7% da produção mundial de papéis para embalagens, seguidos do Japão (5,6%) e Alemanha (4,7%). O Brasil figurou-se como quinto maior produtor desse tipo de papel em 2009 (5,6 milhões de toneladas), posição assegurada desde 2008, quando ultrapassou a Suécia em mais de 250 mil toneladas. O consumo de papéis de embalagens é, com certeza, um indicador importante do nível de desenvolvimento econômico de um país, não somente pela elevada utilização por indústrias diversas, mas por revelar mudanças no estilo de vida da população como adaptação às economias industriais.

Por outro lado, é notável a crescente participação do segmento de papéis de imprimir e escrever e a redução da participação do segmento de papel imprensa nas exportações de papel e papelão dos países. Os papéis de imprimir e escrever à base de celulose, revestidos ou não, são usados para impressão de livros, revistas e impressos comerciais, ao passo que os papéis à base de pasta são mais empregados em revistas e encartes de jornais (VALENÇA e MATTOS, 1998). A produção mundial de papel de imprimir e escrever situou-se em 104 milhões de toneladas em 2009, com os 58 países analisados cobrindo 99% daquela produção. Entre 1980 e 2007, a produção de papel de imprimir e escrever cresceu a taxas de 4% anuais. No mesmo período, a expansão do consumo per capita implicou taxas de crescimento de 2,7% a.a. Cinco países responderam por quase 60% da produção e consumo mundial de papel de imprimir e escrever em 2009: China, EUA, Alemanha, Japão e Finlândia.

O papel imprensa destina-se à impressão de jornais, revistas e suplementos (BRACELPA, 2011). O segmento de papel imprensa testemunhou os menores ritmos de crescimento para produção e consumo entre 1980 e 1992, cerca de 2% a.a. Em 2009, a produção de papel de imprensa dos 58 países cobertos por este estudo foi de 32 milhões toneladas, representando 99,5% da produção mundial. O Canadá destacou-se como o principal produtor mundial em 2008, com seis milhões de toneladas de papel imprensa, porém notificou uma produção evidentemente menor em 2009, 4,3 milhões de toneladas (RISI, 2011). Os anos 60 atestaram as maiores taxas de crescimento da produção e das exportações de papel imprensa para os países analisados, respectivamente 5% a.a e 3,1% a.a. As importações cresceram mais fortemente nos anos 70 (3,7%

a.a). A partir desta década, a produção e o comércio exterior não mais atingiram o mesmo vigor, expresso por taxas de crescimento da produção de somente 0,8% a.a entre 1980 e 2009.

Por fim, o segmento de papéis para fins sanitários compõem folhas ou rolos de baixa gramatura, usados para higiene pessoal e limpeza doméstica, como papel higiênico, papel-toalha e guardanapos. As características mais relevantes nestes produtos são a suavidade, resistência e absorção. A qualidade e o preço são fatores que os diferenciam dos demais tipos de papéis (LOPES e CONTADOR, 1998; BRACELPA, 2011). O ritmo com o qual a produção deste papel vem aumentando desde os anos 80, gira em torno de 4% anuais. Em 2009, a produção mundial de papel para fins sanitários foi de 27,9 milhões de toneladas, pouco mais de 7% do total de papéis produzidos no mundo. Os 58 países analisados foram responsáveis por 96% desta produção. Os EUA e China responderam por 42,4% da produção mundial. O Brasil foi o sétimo produtor mundial destes papéis, uma produção de 868 mil toneladas naquele ano. Até a década de 60, o consumo de papel para fins sanitários representava uma parcela pouco significativa em países em desenvolvimento. Todavia, confirmou-se um intenso crescimento do consumo em países em desenvolvimento, uma expansão em torno 11,6% a.a entre 1977 e 2008. A participação relativa dos países recentemente industrializados em 2009 foi de 30,4%, grandemente atribuída à economia chinesa que consumiu 16,5% dos papéis para fins sanitários mundiais.

Deste modo, verifica-se que o segmento de embalagens e papel de imprimir e escrever são bastante dinâmicos em termos de crescimento do consumo, determinando o desempenho desta indústria. Ainda que parte dos produtos tenha como destino o consumo final, o consumo intermediário de embalagens é o principal componente da demanda dos produtos do setor (LOPES e CONTADOR, 1998). O segmento de papéis para fins sanitários, conquanto apresente uma participação bastante reduzida em relação aos demais segmentos, também apresenta ritmos de expansão do consumo bastante elevados. Em contrapartida, o segmento de papel imprensa claramente tem notificado baixo dinamismo produtivo e de consumo, parcialmente atribuído aos efeitos da substituição de materiais, como o uso mais intenso de papel revista ao invés de papel jornal (JUVENAL et al, 2002).

### **3.3 Consumo per capita e Indicadores de Intensidade do Uso**

A diversidade de trajetórias e de arranjos existentes no processo de desenvolvimento econômico comporta contextos e paradigmas tecnológicos distintos, pontos de partida nacionais

variados e diferenças em termos de graus de atraso relativo (ALBUQUERQUE, 2009). Parcela importante dessas diferenças deriva da diversidade das estruturas da demanda, vinculadas entre outros fatores, aos ritmos de crescimento populacional e de expansão do nível de renda. Entre 1959 e 2009, o crescimento da população mundial foi de 1,6% a.a, enquanto o PIB per capita mundial cresceu a taxas de 2% anuais (MADDISON, 2010). Realmente, variações dessa magnitude cumulativamente ao longo do tempo tendem a exercer grandes efeitos sobre o comportamento do consumo.

A Tabela 3.4 relaciona o maior consumo per capita de papel atingido em vários países durante o período 1959-2009 no mesmo ano em que esse máximo foi atingido. Além disso, a Tabela 3.4 identifica a diferença percentual dos níveis de consumo e PIB per capita máximos em relação à China no ano de 2009<sup>15</sup>. O consumo per capita de economias desenvolvidas situa-se em patamares superiores aos vislumbrados em países em desenvolvimento, o que justifica diferenças percentuais positivas destas economias em relação à economia chinesa. Em outras palavras, a diferença percentual indicaria a distância entre o máximo consumo registrado em um dado país e o consumo da China em 2009<sup>16</sup>. No caso de países pobres, o consumo atual da China deve superar o máximo já registrado por eles e a diferença acabará sendo negativa.

Os países ricos em base florestal (Finlândia, Noruega, Suécia, Dinamarca e Canadá) apresentam elevados níveis de consumo per capita de papel. A média do consumo per capita anual entre 1959 e 2009 nestes países foi de 284,5 kg/hab<sup>17</sup>. A Finlândia atingiu em 2007 o máximo de consumo per capita de papel (380 kg/hab) com um nível de PIB per capita correspondente a US\$ 34 mil. Níveis de consumo elevados também foram verificados para o grupo dos sete países mais ricos do mundo (G-7), cuja média nos 51 anos de análise foi de 243,5 kg/hab. Os Estados Unidos, por sua vez, apresentaram o máximo consumo per capita (339 kg/hab) no ano de 1999, associado a um PIB per capita de US\$ 39,5 mil. A diferença percentual entre o consumo dos países ricos em base florestal em relação à China foi de 342%. Com efeito, em 2009, o consumo per capita de papel e papelão na China foi de 64,3 kg/hab, com um nível de PIB per capita (US\$ 5.623) sete vezes inferior ao máximo dos EUA. No entanto, mesmo com um PIB per capita tão reduzido, o

---

<sup>15</sup> Os valores para o PIB per capita foram convertido em US\$ pela taxa de câmbio de Paridade de Poder de Compra (PPC). Partiu-se de valores do PIB per capita de um ano base (2006) convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de PPC e das taxas de crescimento real do PIB per capita em unidades de moeda local.

<sup>16</sup> Essa distância é, portanto, um indicador do potencial remanescente de crescimento de consumo do produto na China no processo de aproximação dos padrões de consumo de países desenvolvidos.

<sup>17</sup> Algumas estatísticas descritivas (máximo, média, mediana e coeficiente de variação) sobre o consumo per capita e intensidade do uso de papel para um grupo específico de países estão ilustradas na Tabela A.1 do Apêndice.

nível máximo de consumo per capita na China foi superior ao de algumas economias recentemente industrializadas, cujos níveis de renda per capita são maiores do que os chineses, como Brasil (45,6 kg/hab), África do Sul (52,3 kg/hab) e Tailândia (62 kg/hab). Em outras economias, as diferenças do máximo consumo per capita em relação à China em 2009 foram imensas, Índia (-87%) e Indonésia (-60%), parcialmente explicáveis por níveis de rendas per capita bastante baixos.

A estratificação do consumo per capita segundo diferentes segmentos do mercado de papel também corrobora os diferenciais de consumo existentes entre economias desenvolvidas e recentemente industrializadas. Finlândia, Bélgica e EUA atingiram os níveis mais elevados de consumo per capita de embalagens e de papel de imprimir e escrever. O consumo per capita máximo da Finlândia em embalagens (197 kg/hab) atingiu o máximo em 2007, com um PIB per capita de US\$ 34.191. A diferença percentual do consumo per capita da China em relação aos países desenvolvidos em 2009 foi relativamente menor neste segmento (170%), o que permite especular que a redução do hiato no consumo de papel entre China e mundo desenvolvido seria não somente primeiramente obtida pelo segmento de embalagens, mas por ele impulsionada<sup>18</sup>.

Em papel de imprimir e escrever, o diferencial do consumo per capita da economia chinesa em relação aos países desenvolvidos foi, em média, de 417%, chegando a 525% no caso dos países ricos em base florestal, embora a China já tenha ultrapassado o máximo do consumo per capita de alguns países recentemente industrializados, como o Brasil (11,2 kg/hab)<sup>19</sup> e o México (12,8 kg/hab). O consumo de papel de imprimir e escrever na China vem sendo impulsionado não somente pela difusão do uso de tecnologias desenvolvidas para escritórios (fax, copiadoras, impressoras, computadores pessoais), mas também pelo controle dos preços destes produtos pelo governo do país (HE e BARR, 2004).

---

<sup>18</sup> A progressiva diminuição do nível de dependência de embalagens importadas pela China certamente contribuiria para reduzir este hiato. Em 2009, o coeficiente de importações pelo país foi de 4,4%, abaixo da média mundial de 21%. A produção de embalagens no país saltou de 17,1 milhões de toneladas em 2002 para 49,1 milhões em 2009, quantidade que foi capaz de atender o consumo aparente neste último ano (50,7 milhões de toneladas).

<sup>19</sup> O consumo de papel de imprimir e escrever no Brasil tem sido afetado pelo baixo dinamismo das exportações nacionais, particularmente desde a segunda metade da década de 1990, quando as exportações brasileiras destes papéis relativamente ao mundo reduziram-se de 3% em 1992 para menos de 1,7% em 2000. Mais recentemente, a demanda por importações se intensificou, com taxas de crescimento de 20,6% a.a entre 2002 e 2008, somente inferiores às da Argentina (24,9% a.a) dentre os 58 países analisados. Ademais, observou-se a migração de investimentos produtivos para segmentos com taxas de crescimento mais promissoras, como o setor de embalagens e o aumento da produção de papéis não revestidos frente à concorrência dos importados. Diante da valorização do real e da aplicação de medidas de antidumping aos produtos chineses pelos países desenvolvidos (Estados Unidos e Europa), o Brasil tem sido o principal destino de papéis de imprimir e escrever originados da China (PAINEL FLORESTAL, 2011).

Por outro lado, o diferencial percentual do consumo per capita da China em 2009 em relação aos países ricos do G-7 no segmento de papel imprensa foi em média 941%, o que ilustra a grande distância existente no consumo deste tipo de papel entre estas economias. A média dos máximos do consumo per capita de papel imprensa nos países desenvolvidos girou em torno de 32,5 kg/hab correspondente a um PIB per capita médio de US\$ 26.507. Nos países que constituem o G-7, esta média foi de 34,5 kg/hab a níveis de renda per capita de US\$ 29,7 mil. Comparativamente aos demais segmentos, a média dos máximos do consumo per capita de papel imprensa em economias desenvolvidas foi alcançada com os menores níveis de PIB per capita, indicando uma dinâmica de consumo que tende a se estabilizar com níveis relativamente reduzidos de renda per capita.

O papel imprensa não constitui um bem intermediário amplamente utilizado por distintos setores industriais, a exemplo dos papéis para embalagens que atendem inúmeras atividades econômicas. Ao mesmo tempo, as reduções no ritmo de crescimento do consumo per capita de papel imprensa em países centrais caracterizam mercados em retração prolongada desde os anos 1980. Esta constatação é particularmente válida para o caso dos EUA que apresentou um crescimento do consumo per capita de -1,2% a.a entre 1980 e 2002, taxa que caiu ainda mais para -7,5% a.a no período 2002-2008<sup>20</sup>. Em nível mundial, parece estar em curso uma mudança tecnológica que deprime o consumo de papel imprensa no longo prazo, caso exemplar dos efeitos do progresso técnico sobre a evolução do consumo de materiais. Em decorrência do surgimento de produtos substitutos a este tipo de papel verificou-se também aprimoramentos nos processos de impressão, a ampliação do leque de cores e a melhoria na qualidade estética dos jornais. Salienta-se também a redução de gramatura do papel, que passou dos 48,8 g/m<sup>2</sup> para algo em torno de 40 g/m<sup>2</sup> (JUVENAL et al, 2002).

Em contrapartida, o nível relativamente reduzido de consumo per capita de papel para fins sanitários, mesmo em economias desenvolvidas sinaliza algumas das particularidades envolvendo a demanda deste papel, dentre elas hábitos diferenciados de consumo entre as regiões. Em alguns países, o uso de papel toalha não é uma prática comum, tendendo a ampliar-se com

---

<sup>20</sup> Um dos reflexos da perda de dinamismo dos mercados de papel imprensa são as alterações nos preços. Desde 2001, os preços mundiais vêm sofrendo fortes reduções. Neste ano, os grandes produtores mundiais procuraram adequar a oferta à demanda com paradas temporárias ou convertendo máquinas e equipamentos para obter economias de escopo. O preço na Alemanha em 2002 atingiu US\$ 555/ton e, nos EUA, US\$ 450/ton, muito abaixo do pico histórico atingindo em 1996 (US\$ 900/ton) (JUVENAL, MATTOS e PERDIGÃO, 2002). Entre 2003 e 2006, testemunhou-se uma trajetória ascendente nos preços de papel imprensa, sobretudo nos EUA, com o valor máximo situado na faixa de US\$ 650/ton (DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2011).

incrementos na renda per capita. Realmente, até a década de 60, o consumo destes papéis representava uma parcela muito pouco significativa em países em desenvolvimento (HALTIA et al, 1997). Entre 1959 e 2009, período coberto por esta análise, a média dos máximos do consumo em países desenvolvidos foi de 16,4 kg/hab. A China apresentou um consumo per capita máximo de 3,3 kg/hab no ano de 2009 e uma diferença percentual média de 403% em relação ao consumo per capita de papéis para fins sanitários em economias desenvolvidas.

**Tabela 3.4: Consumo (kg/hab) e PIB per capita (US\$) Máximos entre 1959 e 2009 e Diferença Percentual em Relação à China em 2009**

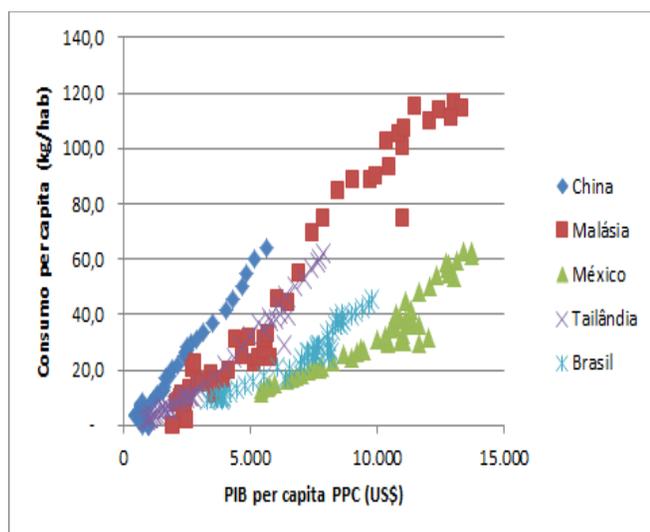
Países	Papel e Papelão em Geral (1959-2009)					Papel Imprensa (1959-2009)					Papel Imprimir e Escrever (1959-2009)					Embalagens (1959-2009)					Fins Sanitários (1959-2009)						
	CPC*	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		CPC	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		CPC	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		CPC	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		CPC	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009			
				CPC	PIB per capita				CPC	PIB per capita				CPC	PIB per capita				CPC	PIB per capita				CPC	PIB per capita	CPC	PIB per capita
EUA	339,5	39.512	1999	428%	603%	54,1	31.252	1987	1533%	456%	105,9	40.815	2000	629%	626%	159,4	39.512	1999	318%	603%	24,5	42.787	2004	650%	661%		
Japão	253,3	29.357	2000	294%	422%	30,8	27.310	1991	830%	386%	92,6	31.943	2006	537%	468%	107,7	27.310	1991	182%	386%	14,4	32.506	2008	342%	478%		
Alemanha	248,7	33.747	2008	287%	500%	32,6	30.777	2000	883%	447%	88,0	33.334	2007	506%	493%	98,9	33.747	2008	159%	500%	16,7	33.747	2008	411%	500%		
Reino Unido	215,5	29.362	2000	235%	422%	44,6	30.620	2001	1245%	445%	81,1	32.287	2004	458%	474%	73,1	27.076	1997	92%	381%	17,1	34.809	2008	424%	519%		
França	187,7	29.435	2000	192%	423%	14,8	30.821	2002	347%	448%	77,3	29.435	2000	432%	423%	83,0	29.435	2000	118%	423%	13,1	31.683	2005	302%	463%		
Itália	206,7	29.919	2007	221%	432%	15,1	29.919	2007	354%	432%	66,9	29.919	2007	360%	432%	101,8	29.919	2007	167%	432%	13,8	29.621	2008	322%	427%		
Canadá	253,2	35.352	2004	294%	529%	49,6	27.709	1988	1395%	393%	74,0	36.159	2005	409%	543%	126,6	35.352	2004	232%	529%	22,4	38.196	2007	588%	579%		
China	64,3	5.623	2009	0%	0%	3,3	5.623	2009	0%	0%	14,5	5.623	2009	0%	0%	38,1	5.623	2009	0%	0%	3,3	5.623	2009	0%	0%		
Brasil	45,6	9.768	2008	-29%	74%	4,3	8.369	1997	29%	49%	11,2	9.768	2008	-23%	74%	25,6	9.768	2008	-33%	74%	4,4	9.661	2009	35%	72%		
Finlândia	380,6	34.191	2007	492%	508%	61,4	30.046	2002	1753%	434%	120,1	22.828	1988	727%	306%	197,8	34.191	2007	419%	508%	21,2	22.828	1988	551%	306%		
Noruega	246,2	44.473	2000	283%	691%	69,4	44.473	2000	1995%	691%	88,6	49.960	2007	510%	788%	73,1	44.473	2000	92%	691%	22,3	49.383	2009	584%	778%		
Suécia	284,4	30.392	2000	342%	440%	60,9	35.932	2007	1737%	539%	81,0	31.602	2001	457%	462%	126,2	26.042	1995	231%	363%	24,0	22.622	1977	636%	302%		
Dinamarca	258,2	34.356	2004	301%	511%	0,0	12.046	1959	-100%	114%	90,5	34.356	2004	523%	511%	107,5	27.458	1991	182%	388%	17,7	27.458	1991	441%	388%		
Espanha	194,4	28.839	2006	202%	413%	20,3	29.840	2007	513%	431%	54,7	28.839	2006	277%	413%	90,2	28.839	2006	136%	413%	17,7	29.840	2007	443%	431%		
Coréia do Sul	189,6	25.852	2007	195%	360%	29,5	21.073	2002	789%	275%	49,8	25.852	2007	243%	360%	94,0	25.852	2007	146%	360%	9,1	26.326	2009	179%	368%		
Índia	8,6	2.638	2008	-87%	-53%	1,9	2.638	2008	-43%	-53%	2,9	2.802	2009	-80%	-50%	3,9	2.802	2009	-90%	-50%	0,1	2.802	2009	-98%	-50%		
Indonésia	25,7	3.789	2008	-60%	-33%	1,7	3.789	2008	-49%	-33%	6,5	3.789	2008	-55%	-33%	16,8	3.916	2009	-56%	-30%	0,7	3.916	2009	-79%	-30%		
<i>Média dos Máximos</i>																											
PD**	234,2	31.465	2003	264%	460%	32,5	26.507	1994	881%	371%	75,2	29.978	2001	417%	433%	103,1	30.729	2002	170%	446%	16,4	30.118	2001	403%	436%		
G-7	243,5	32.384	2003	278%	476%	34,5	29.773	1997	941%	429%	83,7	33.413	2004	476%	494%	107,2	31.765	2001	181%	465%	17,4	34.764	2007	434%	518%		
Países Ricos em Base Florestal	284,5	35.753	2003	342%	536%	48,3	30.041	1991	1356%	434%	90,8	34.981	2001	525%	522%	126,2	33.503	1999	231%	496%	21,5	32.097	1994	560%	471%		
Máximo CPC (58 países)	380,6	34.191				69,4	44.473				166	33.835				197,8	34.191				26,3	33.276					

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

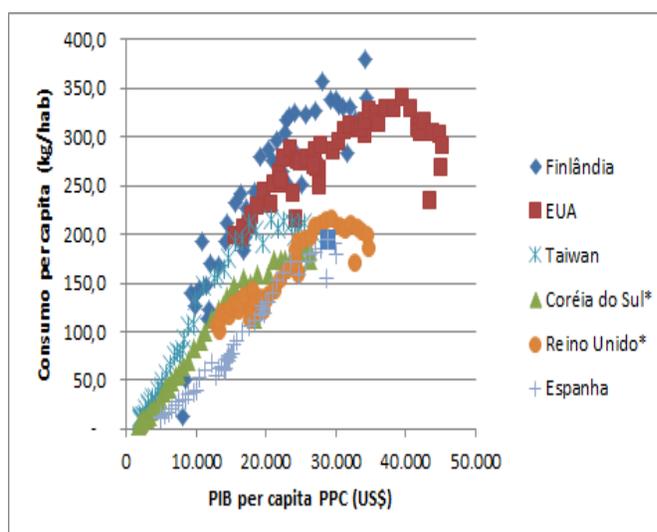
\* CPC: Consumo per capita \*\* Países Desenvolvidos

Os Gráficos 3.2 e 3.3 ilustram a evolução do consumo per capita de papel e papelão entre 1959 e 2009. O consumo per capita deste material variou positivamente com o aumento do PIB per capita PPC, apresentando um coeficiente de correlação de 0,99 em economias recentemente industrializadas e de 0,97 nos países desenvolvidos. Dentre o conjunto de 58 países, o crescimento do consumo per capita nos 25 países desenvolvidos foi de 2,9% anuais, inferior ao desempenho dos 14 países recentemente industrializados, 4,3% a.a. Nota-se, claramente no Gráfico 3.2, uma faixa em que o consumo per capita de papel se estabiliza e até cai, sinalizando uma saturação do mercado de papel em muitos países centrais.

**Gráfico 3.2: Consumo per Capita de Papel e Papelão em Economias Recentemente Industrializadas entre 1959 e 2009**



**Gráfico 3.3: Consumo per Capita de Papel e Papelão em Países Desenvolvidos entre 1959 e 2009**



Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

\* Dados entre 1961 e 2009.

Mesmo em países que se desenvolveram mais recentemente, os efeitos do processo de amadurecimento do mercado de papel já se fazem sentir. Na Coreia do Sul, especificamente, o crescimento do consumo per capita foi de apenas 0,9% a.a entre 2002 e 2008, bem abaixo dos 10,1% a.a, observados no período 1961-2002. Nos anos 80, o consumo per capita de papel e papelão saltou de 40,9 kg/hab em 1980 para 100,5 kg/hab em 1990, aproximando o país da média de consumo de alguns países desenvolvidos. Estas transformações estruturais podem ser

atribuídas ao processo de *catching up* desta economia. Entre 1950 e 2005, o PIB per capita coreano passou de apenas 8,1% do PIB per capita dos Estados Unidos para 52,6%, revelando um processo bem sucedido de crescimento econômico (ALBURQUERQUE, 2009). Comparativamente, o consumo per capita no Brasil tem exibido níveis bem mais modestos (45,6 kg/hab em 2008). A taxa de crescimento anual do consumo per capita de papel na economia brasileira entre 1961 e 2002 foi quase três vezes inferior ao da Coréia do Sul. Ao mesmo tempo, o PIB per capita brasileiro equivaleu a 21% daquele apresentado pelos EUA em 2008 (MADDISON, 2010), porcentagem que se mostra praticamente estagnada desde 1973. Deste modo, mesmo que haja espaços para a expansão do crescimento do consumo per capita brasileiro, este crescimento esbarra no ritmo de crescimento lento da renda per capita.

Aspectos relacionados à urbanização também parecem estar associados ao consumo per capita de papel e papelão. Pôde-se calcular a relação entre a taxa de urbanização e o consumo per capita de papel e papelão em geral em 2008 para 53 economias dentre o conjunto de países analisados. A correlação entre estas duas variáveis foi relativamente significativa, cerca de 0,51, ao passo que em papel de embalagens, esta relação foi um pouco menor, 0,42. Um maior número de pessoas que passam a viver em comunidades em uma área de extensão territorial relativamente pequena certamente representa uma maior demanda por papel e papelão. A civilização moderna exige uma quantidade expressiva de papel e papelão para fazer frente às necessidades de armazenamento e transporte de produtos. Ao mesmo tempo, novos padrões culturais são criados conforme as pessoas passam a viver em cidades, como o hábito de leitura e a utilização de alguns tipos de papéis, como o papel toalha.

Avaliações de longo prazo sobre a intensidade do uso de papel e papelão permitem aprofundar a análise da dinâmica da relação entre consumo per capita e PIB per capita. É possível reproduzir na avaliação dos dados de papel e papelão um exercício já realizado pela Comunidade Europeia (EUROSTAT, 2002) para identificação do processo de desmaterialização em distintas economias. Esta análise pode ser feita comparando-se o crescimento do consumo per capita deste material com o crescimento do PIB per capita em um período de tempo abrangente. Com taxas de crescimento do consumo per capita negativas e taxas positivas para o PIB per capita, a dinâmica de mercado de um determinado material denotaria um processo de desmaterialização absoluta. Por outro lado, com um crescimento positivo do consumo per capita, mas inferior ao do PIB per capita, o processo seria caracterizado por uma desmaterialização relativa. Contrariamente, a

ausência de desmaterialização seria assinalada em situações com taxas de crescimento do consumo per capita acima do ritmo de expansão da renda per capita. A Tabela 3.5 identifica o processo de desmaterialização em papel e papelão para 27 países (dentre os 58 países analisados) para os quais se pôde calcular a taxa de crescimento da intensidade do uso no período 1959 e 2009. Somente sete desses países apresentaram tendência à desmaterialização relativa em papel e papelão: Japão, França, Dinamarca, Austrália, Suécia, Noruega e EUA<sup>21</sup>. São países que apresentaram, portanto, taxas negativas de crescimento da intensidade do uso.

---

<sup>21</sup> É importante ressaltar que em nenhum outro país analisado, a redução da intensidade do uso vem sendo tão prolongada e expressiva quanto na economia norte-americana. Após atingir o ponto de máxima intensidade do uso de papel e papelão em 1959, os EUA apresentaram continuamente decréscimos deste indicador. A diminuição da intensidade do uso nos EUA pode ser atribuída a aumentos do PIB per capita a um ritmo de 2,1% anuais, acima do crescimento do consumo per capita (0,3% anuais) entre 1959 e 2009. Por outro lado, particularizando a análise temporal do consumo per capita em períodos menores, por exemplo, 1980-2009 ou 1990-2009, observam-se reduções do consumo per capita, apontando para um movimento de queda que vem se perpetuando ao longo do tempo. Nestes períodos, a intensidade do uso de papel na economia norte-americana diminuiu -2% a.a e -2,8% a.a. A indústria de embalagens, embora tenha representado 50% do consumo aparente de papéis no mercado norte-americano em 2009, testemunhou uma expansão do consumo de somente 1,1% anuais entre 1959 e 2009. No mesmo período, a taxa de crescimento do consumo aparente no segmento de papel imprensa foi negativa, -0,5% anuais.

**Tabela 3.5: Processo de Desmaterialização em Papel e Papelão**

País	Δ % Anual* (1959-2009)				Δ % Anual (1980-2009)			
	Consumo per capita	PIB per capita	IU	Desmaterialização	Consumo per capita	PIB per capita	IU	Desmaterialização
Tailândia	7,0%	4,5%	2,4%	Ausência	6,1%	4,2%	1,9%	Ausência
Indonésia	6,7%	3,1%	3,5%	Ausência	7,0%	3,2%	3,7%	Ausência
Finlândia	6,5%	2,8%	3,6%	Ausência	0,5%	1,9%	-1,4%	Relativa
China	6,5%	4,7%	1,7%	Ausência	8,5%	6,7%	1,8%	Ausência
Malásia	5,5%	3,9%		Ausência	5,2%	3,6%	1,6%	Ausência
Espanha	5,3%	3,6%	1,7%	Ausência	2,7%	2,4%	0,3%	Ausência
Índia	5,0%	2,9%	2,1%	Ausência	4,8%	4,2%	0,6%	Ausência
Portugal	4,7%	3,4%	1,3%	Ausência	2,8%	2,0%	0,8%	Ausência
Chile	4,4%	2,1%	2,3%	Ausência	3,4%	2,9%	0,4%	Ausência
Itália	3,8%	2,5%	1,2%	Ausência	2,1%	1,3%	0,8%	Ausência
Áustria	3,6%	2,8%	0,8%	Ausência	2,6%	1,9%	0,7%	Ausência
Bélgica	3,6%	2,5%	1,0%	Ausência	2,9%	1,6%	1,2%	Ausência
Polônia	3,5%	2,3%	1,1%	Ausência	3,5%	1,7%	1,7%	Ausência
Japão	3,4%	3,8%	-0,4%	Relativa	1,2%	1,7%	-0,5%	Relativa
Hungria	3,3%	1,9%	1,4%	Ausência	1,3%	1,1%	0,2%	Ausência
México	3,2%	1,7%	1,5%	Ausência	1,8%	0,6%	1,1%	Ausência
Brasil	3,2%	2,2%	1,0%	Ausência	1,5%	0,8%	0,7%	Ausência
Alemanha	2,9%	2,1%	0,7%	Ausência	2,0%	1,1%	0,9%	Ausência
Países Baixos	2,3%	2,3%	0,0%	Ausência	0,7%	1,6%	-0,9%	Relativa
França	2,2%	2,3%	-0,1%	Relativa	0,9%	1,3%	-0,3%	Relativa
Dinamarca	1,8%	2,1%	-0,2%	Relativa	0,8%	1,4%	-0,5%	Relativa
Suíça	1,7%	1,5%	0,2%	Ausência	0,5%	0,9%	-0,4%	Relativa
África Sul	1,6%	0,8%	0,8%	Ausência	0,2%	0,2%	0,0%	Ausência
Austrália	1,5%	2,3%	-0,8%	Relativa	0,7%	2,1%	-1,3%	Relativa
Suécia	1,4%	2,0%	-0,7%	Relativa	0,4%	1,4%	-1,0%	Relativa
Noruega	1,0%	2,9%	-1,8%	Relativa	0,6%	2,2%	-1,6%	Relativa
EUA	0,3%	2,1%	-1,7%	Relativa	-0,4%	1,6%	-2,0%	Absoluta
Média (27 países)	3,5%	2,6%	0,9%	Ausência	2,4%	2,1%	0,3%	Ausência

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010). \* Taxa média geométrica anual de variação

Realizando a mesma análise para um período menor e mais recente de tempo (1980-2009), o número de países com tendência a desmaterialização amplia-se para nove, com a inclusão da Finlândia e Países Baixos. Os Estados Unidos foram o único país com tendência de desmaterialização absoluta entre 1980 e 2009, devido a taxas de crescimento negativas do consumo per capita de papel (-0,4% anuais), o que implicou taxas de crescimento negativas para a intensidade do uso de -2% a.a.<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> A situação da economia estadunidense poderia ser melhorada ao reduzir a análise para os anos 1980-2008, sobretudo porque os mercados de papéis no país não haviam se contraído de forma tão acentuada quanto no ano de 2009.

As economias recentemente industrializadas presentes na Tabela 3.5, entretanto, experimentaram um vigoroso crescimento do consumo per capita de papel e papelão, superior ao nível de renda per capita. Todos os países com tendência à desmaterialização são desenvolvidos. Não obstante, outros fatores além do nível de renda per capita nitidamente influenciariam o processo de desmaterialização em nível nacional, já que alguns países de renda elevada como Alemanha não caracterizaram reduções na intensidade do uso de papel e papelão. Dentre estes fatores estaria o “efeito rebound”, fenômeno pelo qual as mudanças tecnológicas gerariam grandes quedas nos preços de um bem, estimulando o crescimento da demanda (SCHETTKAT, 2009)<sup>23</sup>.

A Tabela 3.6 mostra a intensidade do uso e o PIB per capita PPC máximos a preços de 2006 para diferentes tipos de papel entre 1959 e 2009, além da diferença percentual destes indicadores em relação à China no ano de 2009, um exercício semelhante ao realizado na Tabela 3.4. Com exceção da Dinamarca e França, os demais países que apresentaram variações negativas da relação consumo per capita / PIB per capita no período 1959-2009 atingiram a máxima da intensidade do uso de papel e papelão até meados dos anos 70: EUA (1959), Noruega (1960), Japão (1964), Suécia (1970) e Austrália (1974).

---

<sup>23</sup> Deve-se considerar que a redução dos indicadores de intensidade do uso de papel em economias desenvolvidas entre 1959 e 2009 também poderia ser atribuída aos efeitos da reciclagem destes produtos. A sinalização de desmaterialização relativa poderia constituir uma evidência parcial, já que quantidades não desprezíveis de materiais estariam sendo consumidas sob a forma de produtos reciclados. Um efeito imediato de taxas maiores de reciclagem seria a redução da demanda por insumos básicos provenientes de outras economias. Alguns países desenvolvidos possuem um sistema de coleta e reciclagem de materiais bastante eficiente (TANIMOTO, 2010), o que de certo modo, contribui para reduzir o consumo primário destes materiais.

**Tabela 3.6: Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos entre 1959 e 2009 e Diferença Percentual em Relação à China em 2009**

Países	Papel e Papelão em Geral (1959-2009)					Papel Imprensa (1959-2009)				Papel Imprimir e Escrever (1959-2009)				Embalagens (1959-2009)				Fins Sanitários (1959-2009)							
	IU	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2009		IU	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		IU	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009		IU	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2009						
				IU	PIB per capita				IU	PIB per capita				IU	PIB per capita				IU	PIB per capita	IU	PIB per capita			
Finlândia	0,0177	10.844	1965	54%	93%	0,0022	26.999	1999	275%	380%	0,0053	22.828	1988	104%	306%	0,0075	17.154	1979	11%	205%	0,0010	17.154	1979	65%	205%
Taiwan	0,0134	10.993	1987	17%	95%	0,0012	17.538	1994	101%	212%	0,0021	17.538	1994	-19%	212%	0,0100	9.942	1986	47,60%	77%	0,0006	14.612	1991	9%	160%
EUA	0,0126	15.644	1959	10%	178%	0,0023	15.644	1959	291%	178%	0,0029	34.754	1994	13%	518%	0,0074	15.644	1959	8%	178%	0,0007	18.016	1964	21%	220%
China	0,0115	5.181	2008	0%	-8%	0,0006	5.181	2008	1%	-8%	0,0033	2.643	2000	27%	-53%	0,0068	5.623	2009	0%	0%	0,0007	2.643	2000	17%	-53%
Noruega	0,0106	12.494	1960	-8%	122%	0,0018	28.417	1984	202%	405%	0,0020	25.154	1979	-21%	347%	0,0028	23.499	1977	-59%	318%	0,0005	33.012	1988	-13%	487%
Suécia	0,0106	19.135	1970	-8%	240%	0,0022	27.024	1990	270%	381%	0,0028	24.490	1986	10%	335%	0,0048	26.042	1995	-29%	363%	0,0011	22.622	1977	83%	302%
Canadá	0,0101	17.336	1969	-12%	208%	0,0018	27.709	1988	203%	393%	0,0023	27.641	1994	-11%	392%	0,0042	22.506	1977	-38%	300%	0,0007	27.394	1993	22%	387%
Japão	0,0099	7.454	1964	-14%	33%	0,0012	17.535	1978	106%	212%	0,0031	29.357	2000	21%	422%	0,0042	18.292	1979	-38%	225%	0,0005	30.842	2009	-20%	448%
Coréia do Sul	0,0095	15.471	1995	-18%	175%	0,0017	16.707	1996	196%	197%	0,0024	15.471	1995	-6%	175%	0,0048	9.750	1988	-29%	73%	0,0005	8.830	1987	-16%	57%
Reino Unido	0,0086	13.765	1964	-25%	145%	0,0019	13.765	1964	226%	145%	0,0028	24.768	1994	8%	340%	0,0045	13.765	1964	-33%	145%	0,0005	27.076	1997	-11%	381%
Austrália	0,0081	17.394	1974	-30%	209%	0,0027	12.696	1964	350%	126%	0,0024	25.972	1995	-7%	361%	0,0035	18.297	1978	-49%	225%	0,0004	23.742	1992	-26%	322%
Alemanha	0,0076	32.513	2006	-34%	478%	0,0011	30.777	2000	80%	447%	0,0027	26.672	1991	3%	374%	0,0030	32.513	2006	-56%	478%	0,0005	32.245	2009	-13%	473%
Espanha	0,0073	23.573	2000	-37%	319%	0,0007	23.573	2000	20%	319%	0,0021	22.566	1999	-19%	301%	0,0033	25.621	2002	-51%	356%	0,0006	28.729	2009	3%	411%
Itália	0,0069	27.545	2000	-40%	390%	0,0005	29.919	2007	-15%	432%	0,0023	29.274	2005	-12%	421%	0,0034	29.455	2006	-49%	424%	0,0005	27.947	2009	-16%	397%
Indonésia	0,0068	3.305	2005	-41%	-41%	0,0005	3.192	2004	-18%	-43%	0,0017	3.449	2006	-33%	-39%	0,0045	3.080	2003	-34%	-45%	0,0002	3.305	2005	-69%	-41%
França	0,0064	29.435	2000	-45%	423%	0,0010	11.023	1961	77%	96%	0,0026	29.435	2000	2%	423%	0,0031	15.299	1969	-54%	172%	0,0004	31.130	2004	-28%	454%
Brasil	0,0047	8.634	2004	-59%	54%	0,0009	3.464	1960	57%	-38%	0,0012	9.168	2006	-55%	63%	0,0027	8.634	2004	-61%	54%	0,0005	9.661	2009	-22%	72%
Índia	0,0033	2.044	2004	-71%	-64%	0,0007	2.638	2008	22%	-53%	0,0011	1.916	2003	-57%	-66%	0,0015	2.044	2004	-78%	-64%	0	1.621	1998	-96%	-71%
<i>Média dos Máximos</i>																									
PD*	0,0090	21.124	1986	-21%	276%	0,0013	20.828	1984	117%	270%	0,0026	25.585	1995	-0,5%	355%	0,0043	21.747	1987	-37%	287%	0,0006	23.914	1992	1%	325%
G-7	0,0089	20.527	1980	-23%	265%	0,0014	20.910	1980	138%	272%	0,0027	28.843	1997	3%	413%	0,0043	21.068	1980	-37%	275%	0,0005	27.807	1998	-6%	394%
Países Ricos em Base Florestal	0,0115	17.453	1971	-0,3%	210%	0,0016	24.439	1984	170%	335%	0,003	26.894	1990	17%	378%	0,0047	23.332	1984	-31%	315%	0,0008	25.528	1986	33%	354%
Máxima IU (58 países)	0,0177	10.844				0,0027	12.696				0,0053	22.828				0,01	9.942				0,0011	22.622			

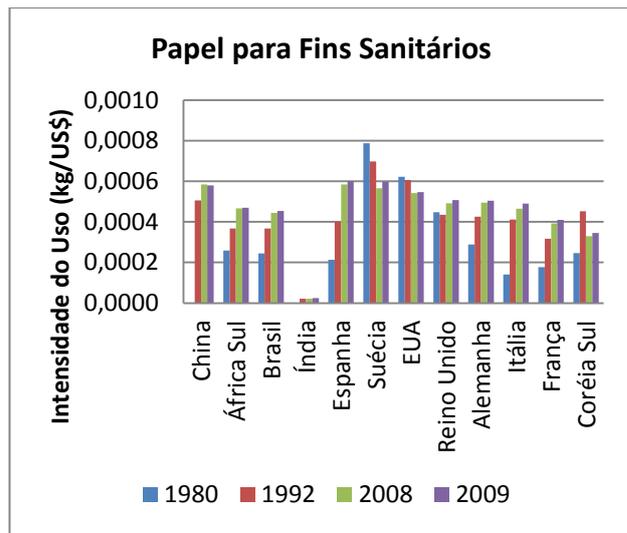
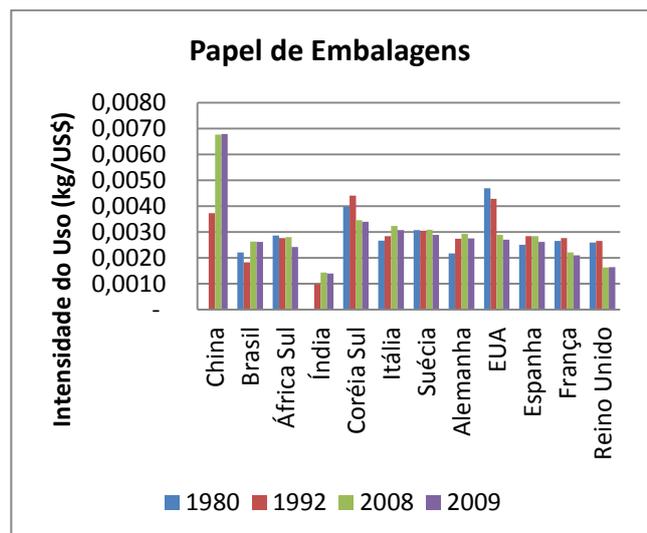
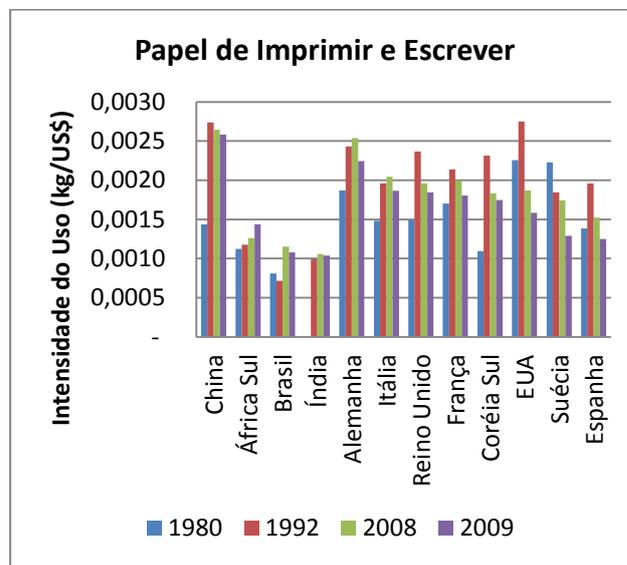
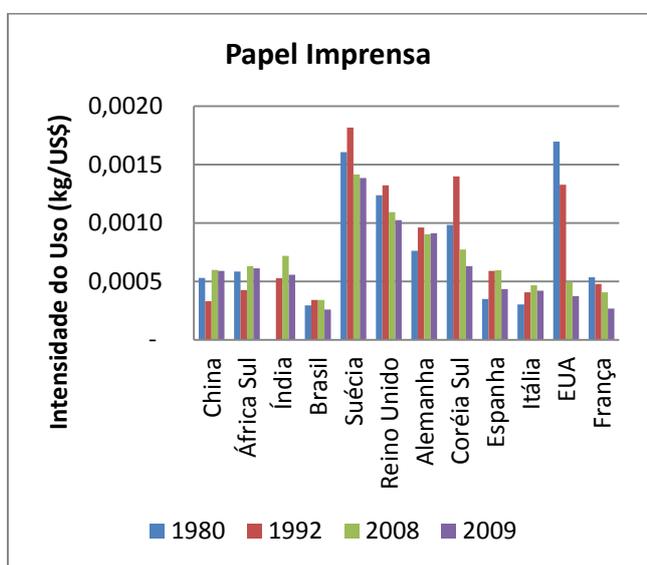
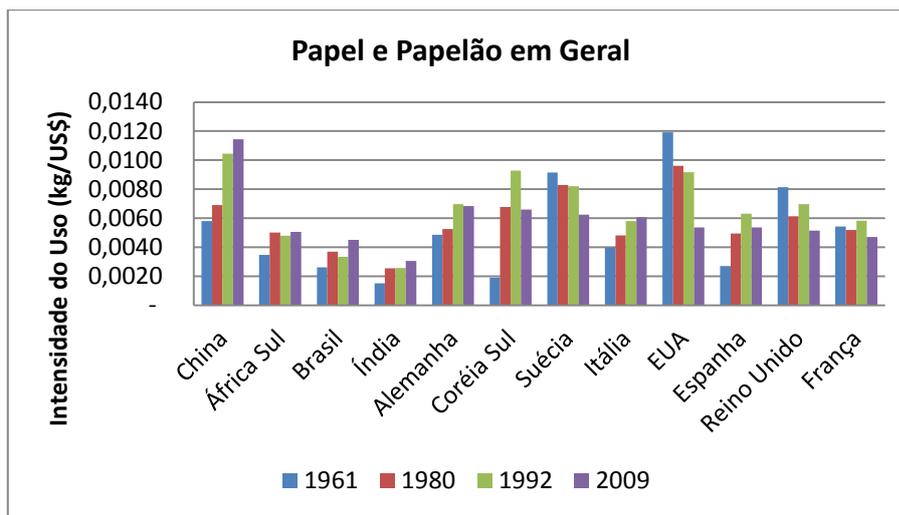
Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010). \* Países Desenvolvidos.

A Austrália atingiu a máxima intensidade do uso de papel imprensa (0,0027 kg/US\$) dentre os países analisados no ano de 1964, com um PIB per capita PPC de US\$ 12.696, a partir do qual a intensidade do uso no país passou a decrescer a taxas anuais de -2,4%. Este nível de renda esteve bem abaixo da média em que os países desenvolvidos atingiram a máxima intensidade do uso (US\$ 20.828). Fato semelhante ocorreu com Taiwan no segmento de embalagens. O país atingiu a máxima intensidade do uso (0,01 kg/US\$) em 1986, com um nível de renda per capita de somente US\$ 9.942, muito abaixo da média dos máximos das economias desenvolvidas (US\$ 21.747). Entre 1987 e 2009, a intensidade do uso neste país decresceu -4,8% anuais.

Na Coreia do Sul e também em Hong Kong, a obtenção da intensidade do uso máxima ocorreu em 1995 e 1978, anos a partir dos quais reduções progressivas na relação consumo per capita / PIB per capita foram observadas. A obtenção destes picos variou entre os países, conquanto a média das máximas intensidades do uso já registradas seja um parâmetro que separa claramente os países em desenvolvimento dos países centrais.

Um quadro do desempenho da intensidade do uso ao longo do tempo em diferentes segmentos está ilustrado no Gráfico 3.4. Em 2009, os países desenvolvidos e, na maioria das vezes, os países nórdicos (Finlândia e Suécia) apresentaram os maiores níveis de intensidade do uso nos variados segmentos.

**Gráfico 3.4: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Papel e Papelão nos Países Desenvolvidos e nos NICs**



Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Data Bank (2009) e FMI (2010).

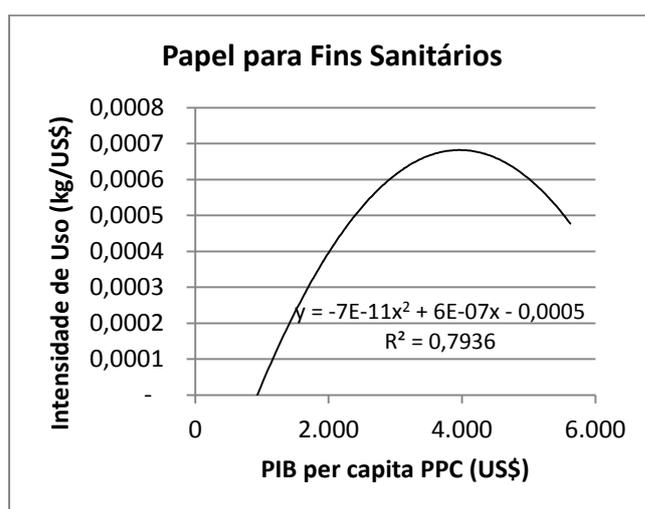
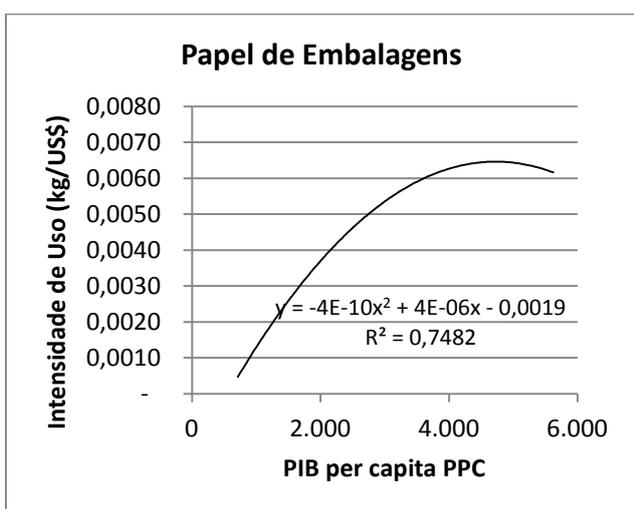
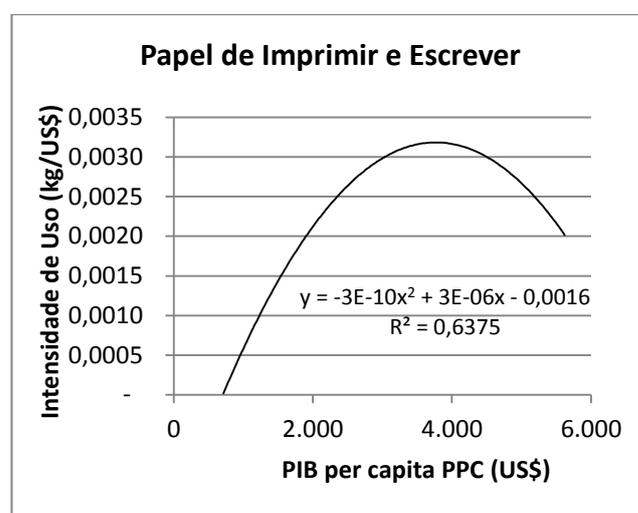
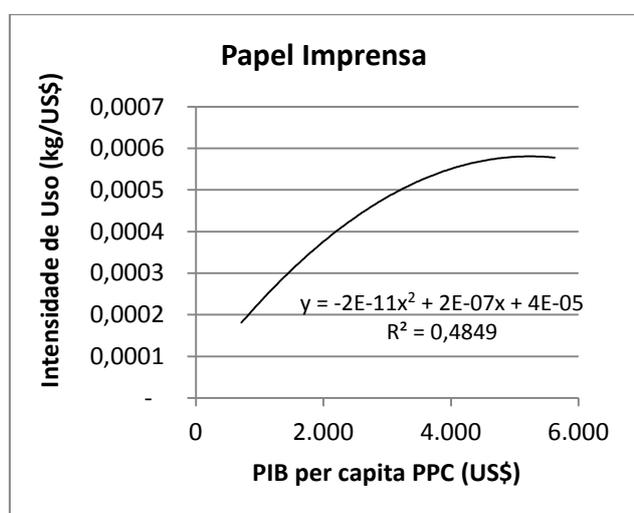
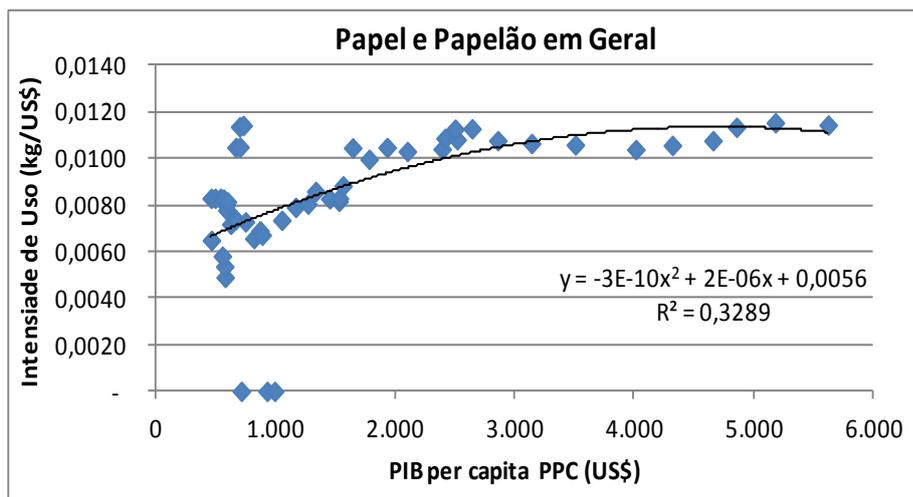
PDs: Países Desenvolvidos / NICs: Economias Recentemente Industrializadas

A avaliação da diferença percentual entre a intensidade do uso máxima em cada país e a máxima na China é mais um instrumento para se inferir o potencial de crescimento da demanda chinesa. A diferença percentual entre as máximas intensidades do uso de grande parte das economias desenvolvidas em relação à intensidade do uso na China em 2009 é quase sempre negativa. Isso sugere que a China já atingiu valores próximos aos da máxima intensidade do uso (0,0115 kg/US\$ em 2009) de papel e papelão em geral, sendo encontrados valores superiores somente na Finlândia (0,0177 kg/US\$), Taiwan (0,0134 kg/US\$) e nos EUA (0,0126 kg/US\$) em períodos relativamente remotos. A obtenção desta máxima pela China é um fato muito recente. Contudo, não deixa de ser surpreendente o fato de um patamar tão alto de intensidade ter sido alcançado num contexto em que a renda per capita corresponde a menos de 1/3 do nível médio de PIB per capita dos países desenvolvidos (US\$ 21.124) quando atingiram os picos da intensidade do uso de papel e papelão (Tabela 3.6).

De fato, exceto no caso de papel imprensa, a intensidade do uso de cada uma das principais categorias de papéis já sobrepujou as máximas que, em média, foram registradas nos países desenvolvidos. No caso dos papéis de embalagens, o patamar atual que na China é igual ao máximo histórico da intensidade do uso é particularmente discrepante, por ser muito superior aos máximos observados em outros países. Naturalmente, o fato de a intensidade do uso de papel e papelão na China ter atingido valores tão altos a níveis relativamente baixos de desenvolvimento e PIB per capita não implica que não possa vir a aumentar ainda mais. É muito pouco provável, porém, que eventuais aumentos adicionais desse indicador venham a ser expressivos. Isto posto, parece bem mais razoável, inclusive, projetar a convergência do consumo per capita chinês de papel e papelão aos patamares encontrados nos países desenvolvidos com base na premissa de manutenção da intensidade do uso do que na de elevações dessa intensidade.

O Gráfico 3.5, mostrado abaixo, traça um quadro da evolução da intensidade do uso da economia chinesa em função do nível de renda per capita para papel e papelão entre 1959 e 2009 e para os segmentos entre 1977 e 2009. Nos gráficos, pode-se visualizar, além das máximas intensidades do uso para a China, já mostradas na Tabela 3.6, o comportamento da intensidade do uso para os diferentes segmentos no decorrer do seu processo de desenvolvimento econômico.

Gráfico 3.5: Intensidade do Uso (IU) de Papel e Papelão na China entre 1959 e 2009



Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), Maddison (2010), World Data Bank (2009) e FMI (2010).

O recorte temporal para os segmentos foi realizado em função da maior disponibilidade de dados a partir de 1977, o que permite um melhor ajustamento das curvas de tendência. A regressão para o total de papel e papelão em geral mostrou um poder explicativo relativamente reduzido para a relação entre intensidade do uso e PIB per capita PPC. A correlação foi de somente 0,32, mas para os dados segmentados, os  $R^2$  foram sensivelmente maiores. Um exercício relevante para identificar os parâmetros e o formato da curva de intensidade do uso seria aquele realizado por meio da análise de dados em painel, objetivo da próxima seção.

### 3.4 Tratamento Econométrico dos Dados

A Tabela 3.7 apresenta as regressões do painel de dados mais abrangente, painel mais recente e do painel de dados para países com crescimento “export-driven” referentes à intensidade do uso e ao PIB per capita. As estimativas foram obtidas através do programa estatístico STATA, com regressões robustas à presença de heterocedasticidade, posto que a variância dos erros não era constante, segundo o teste de Wald<sup>24</sup>. O modelo quadrático (estimação robusta) encontrou suporte nos dados, com coeficientes quase sempre significativos (com exceção do segmento de embalagens) e com sinais concordantes com a hipótese da curva em U invertido. Por outro lado, o formato em N, não apresentou, na maioria dos segmentos, coeficientes de acordo com os previstos pela teoria, além de frequentemente não significativos<sup>25</sup>. Os testes F e de Breusch-Pagan para os diferentes segmentos confirmaram que o estimador de mínimos quadrados ordinários apresenta um menor poder de ajustamento das variáveis, com exceção do segmento de papel de imprimir e escrever no painel de dados mais recente. As hipóteses nulas para ambos os testes foram rejeitadas ao nível de 5%, indicando que efeitos fixos ou aleatórios poderiam ser mais adequados. No painel mais abrangente, o teste de Hausman sinalizou a inexistência de correlação entre os efeitos específicos de cada país (indicados pelo parâmetro constante) e os demais regressores na maioria dos segmentos. Este resultado evidencia a adequação do modelo de efeitos aleatórios a este painel<sup>26</sup>, excetuando o segmento de papel imprensa, cujo valor do teste de

<sup>24</sup> Pôde-se rejeitar a hipótese de homocedasticidade, uma vez que o coeficiente de Wald encontrado para os segmentos foi maior do que o valor crítico. No caso de papel e papelão em geral, o coeficiente de Wald encontrado foi  $\chi^2(56) = 22.886,5$ , maior do que o  $\chi^2(56)$  crítico. No STATA, problemas nos resíduos, como ausência de normalidade, heterocedasticidade e correlação podem ser contornados de maneira eficiente através da opção “robust”. Os desvios-padrão obtidos levam em consideração os problemas mencionados, de modo que a estatística t resultante favorece a obtenção de resultados eficientes e consistentes.

<sup>25</sup> As estimativas para o formato cúbico da curva de IU estão na Tabela A.2 do Apêndice.

<sup>26</sup> Em papel e papelão em geral, o teste de Hausman registrou uma probabilidade de 0,914 que ao ser comparado com uma distribuição  $\chi^2$  indicou a rejeição da hipótese alternativa.

Hausman foi inferior ao nível de significância de 5%, apontando um melhor ajustamento por efeitos fixos. Cabe sublinhar que, não obstante a importância da realização dos testes de especificação, a comparação entre os modelos de efeitos aleatórios e fixos mostra que não parece haver grandes diferenças entre os valores absolutos dos coeficientes das variáveis.

**Tabela 3.7: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Quadrático Sem Defasagem)**

Estatística	Painel de Dados Mais Abrangente (1977-2009)****			Painel de Dados Mais Recente (1999-2009)			Painel para Países com Crescimento “Export-Driven” (1977-2009)****		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
<b>Papel e Papelão em Geral</b>									
$\beta_1$	2,88E-07	3,66E-07	3,65E-07	1,95E-07	2,77E-07	3,31E-07	3,78e-08ns	6,29e-07	6,17e-07
$\beta_2$	-4,69E-12	-7,84E-12	-7,81E-12	-2,85E-12	-7,70E-12	-7,94E-12	2,49e-13ns	-1,62e-11	-1,59e-11
constante	0,00272	0,00259	0,00249	0,00340	0,00432	0,00342	0,00580	0,00267	0,00278
$R^2$	0,263	0,215	0,227	0,227	0,312	0,029	0,030	0,530	0,012
Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,9149		0,004			***	
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00715	0,00687	0,00675	0,00673	0,00682	0,00687	0,00436	0,00877	0,00876
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	30.703	23.341	23.367	34.210	17.987	20.843	75.903	19.413	19.402
<b>Imprensa</b>									
$\beta_1$	4,64E-08	3,45E-08**	3,98E-08	2,63E-08	9,77E-09ns	5,33E-08	5,60e-08	4,66e-08ns	4,72e-08ns
$\beta_2$	-6,55E-13	-8,84E-13**	-9,54E-13	-2,5E-13**	-1,17E-12	-1,46E-12	-1,21e-12	-1,41e-12ns	-1,42e-12*
constante	0,00028	0,00061	0,00050	0,00035	0,00128	0,00052	0,00038	0,00056**	0,00053**
$R^2$	0,280	0,154	0,069	0,279	0,405	0,043	0,200	0,129	0,085
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,0005			0				0,7727
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0		0				0
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00110	0,00095	0,00092	0,00104	0,00130	0,00100	0,00102	0,00094	0,00092
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	35.419	19.513	20.859	52.600	4.175	18.253	23.140	16.524	16.619
<b>Imprimir e Escrever</b>									
$\beta_1$	7,11E-08	1,00E-07	9,69E-08	6,30E-08	5,39E-08ns	9,01E-08	-1,40e-07	9,61e-08*	7,79e-08*
$\beta_2$	-6,54E-13	-1,41E-12	-1,34E-12	-6,19E-13	-1,8E-12**	-2,02E-12	5,12e-12	-9,13e-13ns	-5,23e-13 ns
constante	0,00063	0,00044	0,00046*	0,00078	0,00161	0,00099	0,00228	0,00062ns	0,00083*
$R^2$	0,379	0,132	0,369	0,344	0,147	0,031	0,300	0,364	0,060

Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,3048					***	
Teste F (Prob>F)		0		0,08				0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0		0,09			0	
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00257	0,00221	0,00221	0,00238	0,00201	0,00200	0,00132	0,00314	0,00373
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	54.357	35.460	36.156	50.888	14.889	22.301	13.671	52.628	74.474
<b>Embalagens</b>									
$\beta 1$	9,54E-08	9,02E-08 ns	9,68E-08 ns	6,97E-08	1,90E-07	1,78E-07	-3,06e-08ns	3,09e-07ns	2,77e-07**
$\beta 2$	-2,01E-12	-2,42E-12*	-2,51E-2**	-1,44E-12	-4,21E-12	-3,98E-12	-4,07e-13ns	-8,71e-12**	-8,06e-12
constante	0,00195	0,00222**	0,00203	0,00209	0,00125**	0,00134	0,00396	0,00148ns	0,00170ns
$R^2$	0,053	0,091	0,031	0,040	0,244	0,036	0,141	0,387	0,384
Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,2093		0,090			0	
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00278	0,00306	0,00296	0,00294	0,00339	0,00333	0,00453	0,00422	0,0044
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	36.156	18.636	19.282	24.201	22.565	22.361	37.592	17.738	17.183
<b>Fins Sanitários</b>									
$\beta 1$	2,27E-08	2,30E-08	2,34E-08	2,31E-08	2,15E-08	2,16E-08	1,40e-09ns	1,03e-08*	9,65e-09**
$\beta 2$	-3,65E-13	-3,68E-13	-3,73E-13	-3,92E-13	-3,15E-13	-3,24E-13	6,71e-14ns	-1,31e-13ns	-1,18e-13ns
constante	0,00014	0,00014*	0,00012**	0,00016**	0,00015	0,00015	0,00036	0,00029	0,00031
$R^2$	0,304	0,101	0,304	0,357	0,125	0,347	0,064	0,091	0,058
Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,6882			0,9304			0,4391
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00050	0,00050	0,00048	0,00050	0,00052	0,00051	0,00035	0,00049	0,0005
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	31.095	31.250	31.250	29.464	34.126	33.333	10.432	39.312	40.889

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

\*\*\*\* Nos painéis de dados mais abrangente e “export-driven”, as estatísticas de papel e papelão em geral referem-se aos anos compreendidos entre 1959 e 2009.

Os resultados obtidos para o modelo de efeitos aleatórios (quadrático) não se mostraram muito satisfatórios do ponto de vista da qualidade do ajustamento. Ao observar o  $R^2$ , percebe-se um valor geralmente bastante baixo. Em papel e papelão em geral, somente 22,7% das mudanças na intensidade do uso foram atribuídas ao PIB per capita PPC, indicando que outras variáveis poderiam explicar o comportamento da intensidade do uso. Para cada US\$ 1,00 de variação no PIB per capita, há uma variação de 0,000000365 kg/US\$ na intensidade do uso de papel e papelão em geral (ou para cada US\$ 1.000, uma variação de 0,000365 kg/US\$) e, uma posterior variação de cerca de -7,81E-12. Estas variações são bastante reduzidas, explicáveis pelo fato de o consumo per capita modificar-se muito lentamente com alterações no PIB per capita.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi sensivelmente maior no caso de papel de imprimir e escrever (0,36) e papel para fins sanitários (0,30), mas bem menor em papel imprensa e embalagens. O fato de o segmento de papel imprensa apresentar um  $R^2$  baixo e um melhor ajustamento por meio de efeitos fixos sugere que existiriam características específicas aos países que provavelmente afetariam a intensidade do uso deste material, dada a influência dos efeitos não observáveis ( $\alpha$ ) sobre o PIB per capita<sup>27</sup>. Ao mesmo tempo, no segmento de embalagens, o melhor ajuste pelo modelo de efeitos aleatórios pode ser atribuído à existência de diferenças entre as unidades seccionais (países), como diferentes propensões à exportação e importação indireta desse material por conta de maior ou menor importância da manufatura na estrutura produtiva e na inserção comercial de cada país<sup>28</sup>. Procurou-se avaliar também para o painel mais abrangente, a relação da intensidade do uso com outras variáveis como taxa de urbanização dos países, nível de desenvolvimento econômico e divisão dos países segundo regiões, além do PIB per capita<sup>29</sup>. A

<sup>27</sup> É exatamente o que se pode dizer do hábito de leitura de jornais, que varia muito mesmo entre países em estágios semelhantes de desenvolvimento. Japão e EUA são países com diferentes indicadores de leitura de jornais. Para se ter uma ideia, a circulação média de jornais por população adulta em 2009 nestes países foi de 458 e 192 cópias por mil habitantes, enquanto no Reino Unido, a média foi de 285 cópias por mil habitantes (WAN-IFRA, 2012).

<sup>28</sup> Os resultados para regressões em painéis dinâmicos (Método dos Momentos Generalizados - GMM), não confirmaram as evidências de uma curva em U invertido como apregoado pela teoria, nem tampouco para o formato cúbico. Por outro lado, os valores defasados para as variáveis explicativas segundo os estimadores *within* e Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) validaram mais fortemente as evidências teóricas, conforme ilustrados na Tabela A.3 do Apêndice. O teste de Hausman também comprovou o melhor ajuste do modelo de efeitos aleatórios às estimativas defasadas, exceto, novamente, no caso de papel imprensa. Ainda assim, os modelos defasados apontaram coeficientes referentes ao PIB per capita, geralmente, com os mesmos sinais, mas com significado estatístico sensivelmente inferior.

<sup>29</sup> Os resultados obtidos para este tipo análise estão presentes na Tabela A.4 do Apêndice. Utilizou-se modelos quadráticos para estimar os coeficientes da regressão por meio das seguintes expressões:

$$IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + u$$

$$IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + \delta_2 * região2 + \delta_3 * região3 + \delta_4 * região4 + \delta_5 * região5 + \delta_6 * região6 + \delta_7 * região7 + \delta_8 * região8 + u$$

qualidade do ajuste do modelo é melhor quando se considera a variável *dummy* para as distintas regiões. A estimação da variável região por mínimos quadrados ordinários mostrou que a intensidade do uso de papel é influenciada pelas regiões em que os países se localizam. A América do Norte (região 1) foi a região omitida pelo modelo, sendo que a variável binária omitida define o grupo de referência para a equação. Em papel e papelão em geral, imprimir e escrever e embalagens, a intensidade do uso para a Ásia (região 5) revelou níveis de intensidade do uso bem próximos aos da América do Norte quando comparados às demais regiões. Ao mesmo tempo, poucas conclusões podem ser traçadas para o nível de desenvolvimento dos países, uma vez que, exceto para papel de imprimir e escrever e embalagens, os coeficientes foram pouco significativos. Ainda assim, pode-se dizer que nos países em desenvolvimento a intensidade do uso é, em geral, maior que nas economias desenvolvidas, o que pode ser constatado pelo coeficiente positivo do indicador de desenvolvimento econômico.

Em contrapartida, a estimação da equação pelo modelo de efeitos fixos comprovou que, com exceção do segmento de papel imprensa, a intensidade do uso de diferentes tipos de papel aumenta com uma maior taxa de urbanização dos países.

Por outro lado, a Tabela 3.7 também sintetiza os resultados para o painel mais recente, abrangendo dados entre 1999 e 2009. O teste de Hausman indicou um melhor ajuste por meio do modelo de efeitos fixos para papel e papelão em geral, papel imprensa e embalagens, já que a hipótese nula de que não há diferença sistemática nos coeficientes estimados foi rejeitada. O modelo de efeitos aleatórios, por sua vez, mostrou-se mais adequado para o segmento de papel para fins sanitários, uma vez que a hipótese nula do teste de Hausman não pôde ser rejeitada, constatado por uma probabilidade em relação à distribuição  $\chi^2$  de 0,9304. Por outro lado, os testes

onde

$IU_{it}$  é a Intensidade do uso (IU) de papel e papelão, ou seja, a relação entre consumo per capita e PIB per capita PPC;

PIBpc é o Produto Interno Bruto (PIB) per capita convertido em US\$ pela taxa de câmbio PPC a preços de 2006;

Urb é a taxa de urbanização;

Desenv é a variável *dummy* para o nível de desenvolvimento dos países (D=1 país desenvolvido, 0 país em desenvolvimento);

Região é a variável *dummy* para a divisão dos países em região ( $D_2 = 1$  América Latina, 0 demais;  $D_3 = 1$  Oceania, 0 demais;  $D_4 = 1$  Europa Ocidental, 0 demais;  $D_5 = 1$  Ásia, 0 demais;  $D_6 = 1$  Europa Oriental, 0 demais;  $D_7 = 1$  Oriente Médio, 0 demais;  $D_8 = 1$  África, 0 demais).

$\beta_i$  são os coeficientes estimados para cada variável explicativa;

$\alpha$  é o parâmetro constante do modelo;

$u_{it}$  é o componente do erro.

Note-se que como a variável *dummy* “região” tem oito categorias, foram incluídas apenas sete variáveis binárias, a fim de evitar colinearidade perfeita. A comparação entre as variáveis foi feita em termos da *dummy* 1 (América do Norte).

F (testa a hipótese nula de que a constante do modelo é igual a zero) e de Breusch-Pagan (verifica a hipótese nula de que a variância dos efeitos não observados é zero), comprovaram um melhor ajustamento por MQO dos dados de papel de imprimir e escrever no painel mais recente, o que permitiu rejeitar as respectivas hipóteses alternativas. Com exceção do segmento de papel imprensa e imprimir e escrever, cujos coeficientes lineares para o PIB per capita não apresentaram significância estatística, os demais coeficientes foram todos significativos ao nível de 5%. É importante ressaltar também que o máximo da intensidade do uso de papel imprensa (0,00130) no painel recente não parece ocorrer com PIB per capita US\$ 4.175. O problema pode estar nas soluções de canto para uma curva que é sempre declinante. Neste caso, a escolha ótima pode ser uma solução onde  $IU=0$ , ou seja, com um nível de renda equivalente a US\$ 37.513. O Gráfico A.1 do Apêndice é uma reunião de gráficos construídos para os diferentes painéis, de acordo com os resultados indicados pelos testes de especificação de Hausman, Breusch-Pagan e teste F.

Neste sentido, em um horizonte temporal menos largo, a maioria dos segmentos de papel e papelão seria afetada, em grande medida, por características individuais de cada país. A influência de fatores não especificados no modelo seria sensivelmente maior em papel e papelão em geral e embalagens.

Avaliações mais aprofundadas entre os resultados do painel mais abrangente e mais recente podem ser feitas por meio de comparações dos valores máximos das regressões. A intensidade do uso para papel e papelão em geral no painel mais abrangente atinge o seu ponto de máximo em torno de 0,0067 kg/US\$ com um nível de renda per capita de US\$ 23.367. A partir deste nível, a intensidade do uso tenderia a apresentar decréscimos, isto é, o crescimento do consumo seria menos que proporcional ao nível de renda (TILTON, 1990; JÄNICKE et al., 1989; CLEVELAND e RUTH, 1999). Já o painel composto apenas por dados mais recente apresentou uma intensidade do uso máxima com um nível mais baixo de PIB per capita: US\$ 17.987. No entanto, tomando-se os dados desagregados, o painel com dados mais recente mostrou uma máxima intensidade do uso superior ao painel mais abrangente, com exceção do segmento de papel de imprimir e escrever, cuja intensidade do uso foi bastante semelhante entre os dois painéis. Além disso, a intensidade do uso foi obtida com níveis de renda mais altos no painel mais abrangente em todos os segmentos, exceto no caso de papel de imprimir e escrever.

Deste modo, pode-se conjecturar que a situação atual seria mais intensiva em papel e papelão do que no período histórico coberto no painel mais abrangente, ao mesmo tempo em que esta maior intensidade do uso tende a variar inversamente com o nível de renda per capita. No painel mais recente, o coeficiente de correlação entre as máximas intensidades do uso e os máximos PIB per capita foi de -0,5. Uma possível explicação para este resultado reside nos efeitos da mudança tecnológica sob o consumo dos diferentes tipos de materiais (LABYS, 2004). Ao contrário de reduções na intensidade do uso, no curto prazo, o desenvolvimento de novos materiais substitutos ou o barateamento de substitutos pré-existentes (com o desenvolvimento de novas variedades do material estudado ou seu barateamento relativo) poderia ter acarretado a ampliação da relação consumo per capita / PIB per capita de papel e papelão<sup>30</sup>.

A Tabela 3.7 também evidencia as regressões para o painel de países com crescimento caracterizado como “export-driven”. Pôde-se reconhecer oito países com este perfil, de acordo com a literatura sobre o assunto (YANG, 2008), quais sejam: China, Hong Kong, Israel, Japão, Malásia, México, Coreia do Sul e Tailândia. Neste painel, os testes F e de Breusch-Pagan rejeitaram a hipótese nula de consistência do estimador de mínimos quadrados ordinários. Ao mesmo tempo, o teste de Hausman confirmou a adequabilidade do modelo de efeitos fixos (quadrático) ao segmento de papel de embalagens, enquanto o modelo de efeitos aleatórios mostrou-se mais adequado ao segmento de papel imprensa e para fins sanitários. Em papel e papelão em geral e em papel de imprimir e escrever, o modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman e o teste SUEST (*Seemingly Unrelated Estimation*) foi recomendado. Entretanto, ao menos no STATA, não foi possível a aplicação deste teste. Assim, assumiu-se que existiriam diferenças sistemáticas entre os modelos, de modo que os resultados para o modelo de efeitos fixos seriam mais apropriados para papel e papelão em geral e papel de imprimir e escrever.

Tanto no modelo de efeitos fixos quanto aleatórios no painel “export-driven”, confirmou-se o formato quadrático para a curva de intensidade do uso, com o  $R^2$  sendo mais elevado para papel e papelão em geral (0,53). Com exceção do segmento de papel e papelão em

---

<sup>30</sup> É possível especular que a demanda de papel e papelão foi inflada nos anos 90 pela difusão da impressão em escala doméstica. Por outro lado, os esforços de marketing em produtos diferenciados podem resultar em uso mais intenso de embalagens. Além disso, diferentemente de outros materiais tradicionais, os papéis de embalagens não são tão prejudicados pela tendência de miniaturização dos produtos e têm um nexos de insumo-produto relevante com a indústria eletro-eletrônica. Por fim, tem se difundido pelo mundo o uso de papéis para fins variados de limpeza, além daquela função mais tradicional como papel higiênico.

geral, todos os segmentos indicados como sendo mais adequados pelos testes de especificação (Hausman, Teste F e Breusch-Pagan) apresentaram algum tipo de não significância estatística, seja no coeficiente linear, quadrático ou constante. Deste modo, os resultados para o painel “export-driven” devem ser tomados com relativa parcimônia. Todavia, as comparações entre painéis segundo os testes de especificação parecem indicar que a máxima intensidade do uso do painel “export-driven” é relativamente maior que a intensidade do uso do painel mais abrangente, com exceção do segmento de papel imprensa. A diferença entre as máximas intensidades do uso mostrou-se particularmente maior no caso de papel para embalagens, 0,00422 no painel “export-driven” (modelo de efeitos fixos) e 0,00296 no painel mais abrangente (modelo de efeitos aleatórios).

Estes resultados certamente sugerem a relevância do comércio indireto de algumas categorias de papéis. Dado o nível de desenvolvimento econômico relativamente baixo da maioria dos países com crescimento “export-driven”, poderia-se esperar que a intensidade do uso destes países fosse relativamente inferior à média dos países desenvolvidos com este perfil (Hong Kong, Israel, Japão e Coréia do Sul). Entretanto, em embalagens, por exemplo, três países em desenvolvimento (China, Tailândia e Malásia) apresentaram intensidades do uso bem superiores aos demais países desenvolvidos com crescimento “export-driven”. Assim, supõe-se que o consumo efetivo de embalagens em países menos desenvolvidos com crescimento “export-driven” seria bem menor do que seu consumo aparente, dado o comércio indireto destes materiais. Este comércio indireto se revelaria no intenso uso de papéis de embalagens na produção de bens que foram exportados. Deste modo, o declínio na intensidade do uso em alguns países desenvolvidos poderia ser um reflexo da substituição de produção doméstica por importações indiretas de alguns materiais básicos ou, em outras palavras, de uma mudança da manufatura dos países desenvolvidos para economias em desenvolvimento (OCDE, 2011)<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Dos 58 países analisados neste estudo, a maioria dos países desenvolvidos apresentaram coeficientes de importações em embalagens acima de 30%. Este coeficiente quantifica a parcela do consumo aparente que é atendida por bens importados. Uma explicação para este movimento é atribuída parcialmente aos fluxos de comércio exterior dos países desenvolvidos. Estes fluxos têm aumentado percentualmente mais rapidamente do que a produção, consequência da escassez de recursos não renováveis e da falta de terras adequadas para a silvicultura, considerada atividade produtiva de alto custo ambiental e cada vez menos praticada pelas economias baseadas em serviços (TANIMOTO, 2010).

### 3.5 Conclusões

Em países desenvolvidos há sinais de esgotamento do dinamismo da demanda de alguns tipos de papel. De longe, o segmento de papel mais fortemente atingido por transformações estruturais desta natureza é o de papel imprensa. As reduções no ritmo de crescimento do consumo per capita de papel imprensa em países centrais caracterizam mercados em retração prolongada desde os anos 1980. Verifica-se uma mudança tecnológica que deprime no longo prazo o consumo de papel imprensa, um caso exemplar dos efeitos do progresso técnico sobre a evolução do consumo de materiais. Por outro lado, os papéis de imprimir e escrever e de embalagens tem o maior peso relativo no setor. Parcela representativa do crescimento do setor de papel atribui-se a eles, com taxas de crescimento do consumo aparente de 5,8% a.a e 4,4% a.a entre 1959 e 2009. Os papéis para fins sanitários apresentam uma expressividade setorial bem menos significativa, mas sua dinâmica de crescimento do consumo tem sido notória, explicável por mudanças nos hábitos culturais e no aumento do nível de renda per capita de economias em desenvolvimento.

Os efeitos destas mudanças estruturais fez-se sentir de forma mais acentuada na economia estadunidense, o único país dentre os 58 países analisados por este trabalho, com tendência a desmaterialização absoluta. Entre 1980 e 2009, as taxas de crescimento negativas do consumo per capita de papel e papelão (-0,4% anuais) implicaram uma variação negativa para a intensidade do uso de -2% a.a.

Todavia, não se pode descartar a alternativa de que o consumo real de alguns papéis em algumas economias desenvolvidas seja sensivelmente maior ao nível inferido a partir do consumo aparente. Em decorrência do comércio indireto, o consumo efetivo de embalagens nestes países seria maior. No caso das economias desenvolvidas que importam indiretamente embalagens, o processo de redução da intensidade do uso - até mesmo, apontando para um processo de desmaterialização - estaria sendo parcialmente compensado por importações indiretas de embalagens incorporadas em bens processados. Este fato implicaria níveis de consumo e intensidade do uso bem maiores aos reportados nas Tabelas 3.4 e 3.6. Dito de outra maneira, no caso de algumas economias menos desenvolvidas que exportam indiretamente embalagens, o consumo efetivo de embalagens seria menor do que o consumo aparente, dado o intenso uso de papéis de embalagens na produção de bens que foram exportados.

Sabe-se muito pouco sobre as magnitudes do comércio indireto de materiais básicos, embora Adriaanse et al (1997) tenham ressaltado que a quantidade de materiais incorporados em bens importados representa uma fração significativa da utilização destes materiais em economias industrializadas. Os resultados econométricos evidenciados na seção anterior sinalizaram intensidades do uso relativamente maiores em países com crescimento “export-driven” do que para o conjunto de 56 países analisados. Níveis significativos de importações indiretas de papel e papelão por economias desenvolvidas reforçariam a hipótese de sustentação parcial dos padrões de consumo de países desenvolvidos pelos recursos naturais de países em desenvolvimento (TANIMOTO, 2010; OCDE, 2011).

Por outro lado, diminuições na intensidade do uso poderiam ser advindas dos efeitos das inovações tecnológicas, notadamente o surgimento de novos materiais e barateamento de produtos substitutos. A substituição de bens vem sendo observada notadamente nas áreas de comunicação e em publicidade/propaganda, mas tende a ocorrer também no uso de papel e cartão em áreas ligadas a embalagens (VILLASCHI, 2008). Os jornais são o meio de comunicação mais atingido pela mídia eletrônica, especialmente nas economias desenvolvidas. O tratamento econométrico dos dados mostrou que as mudanças tecnológicas poderiam ter surtido efeitos positivos sobre o aumento da intensidade do uso de papel e papelão, com exceção do segmento de papel de imprimir e escrever. O painel de dados coberto pelo período mais recente indicou intensidades do uso mais elevadas do que no período histórico coberto pelo painel mais abrangente.

Os efeitos do processo de amadurecimento do mercado de papel podem ser notados em diferentes economias. Na Coreia do Sul, por exemplo, o crescimento do consumo per capita de papel foi de apenas 0,9% a.a entre 2002 e 2008, bem abaixo dos 10,1% a.a, observados no período 1961-2002. A China, por sua vez, é um exemplo notável de economia recentemente industrializada com patamares de consumo de papel que se aproximam precocemente dos patamares máximos de intensidade do uso. A diferença percentual entre as máximas intensidades do uso de grande parte das economias desenvolvidas em relação à intensidade do uso observada na China em 2009 é negativa em quase todos os segmentos. O nível atual de intensidade do uso de papel (0,0115 kg/US\$ em 2008) desta economia já excede a média dos máximos encontrados a partir da experiência dos países desenvolvidos.

Uma análise desagregada dos segmentos de papéis na China indica que a redução do hiato no consumo de papel entre China e mundo desenvolvido seria não somente primeiramente obtida pelo segmento de embalagens, mas por ele impulsionada. Neste segmento, o patamar atual que na China é igual ao máximo histórico da intensidade do uso é particularmente discrepante, por ser muito superior aos máximos observados em outros países. Em papel de imprimir e escrever, o diferencial da intensidade do uso máxima nos países do G-7 e a máxima na China foi de 3%, maior do que em papéis de embalagens (-37%). Em papel imprensa, o diferencial percentual do máximo consumo per capita dos países do G-7 em relação à China foi, em média 138%, o que ilustra a grande distância existente no consumo deste tipo de papel entre estas economias.

A distância que separa o consumo de papel na China dos padrões de consumo nas economias centrais associa-se a níveis relativamente baixos de PIB per capita. A China, após 30 anos de crescimento acelerado, ainda tem um PIB per capita PPC bastante reduzido (US\$ 5.623 em 2009), com diferenças relevantes entre a renda rural e urbana. A renda per capita da população rural, ainda corresponde a apenas 30% da renda da população urbana (CHINA STATISTICAL YEARBOOK, 2009). Além disso, em 2006, o setor de serviços correspondeu a 40% do valor do produto interno bruto do país, bastante abaixo do peso notificado em economias desenvolvidas (WORLD DATABANK, 2010).

Com base nos dados para papel e papelão e em projeções para a taxa de crescimento do PIB per capita (JOHANSSON et al, 2012) é possível encontrar o ano em que a China atingiria o nível de renda per capita que, segundo os dados para os países desenvolvidos, está associado à máxima intensidade do uso do material. Constatou-se que a China só atingiria o nível de renda que em países desenvolvidos está associado ao decréscimo na intensidade do uso de papel no ano de 2027. Este nível estaria em torno de US\$ 21.124, de acordo com a média das máximas intensidades do uso nestas economias (0,009 kg/US\$). Por outro lado, considerando-se os resultados para a regressão em painel (modelo de efeitos aleatório), o nível de renda per capita associado à máxima intensidade do uso em papel e papelão em geral nos 56 países que compuseram a análise econométrica seria de US\$ 23.367. Assim, pelas estimativas da regressão para os principais países do setor, a China atingiria este nível de renda per capita no ano de 2030.

Com um quadro de coeficientes de importação reduzidos - para as variadas categorias de papéis, este coeficiente nem chegou a atingir 5% - e níveis de intensidade do uso que se

aproximam dos máximos a partir dos quais este indicador tende a decrescer nas economias desenvolvidas, o espaço aberto aos países exportadores de papel e papelão ao mercado chinês certamente seria menor do que habitualmente se presume. A intensidade do uso chinesa de papel e papelão encontra-se próximo do pico historicamente observado nos países desenvolvidos, embora o consumo per capita esteja muito abaixo deste máximo. A consequência mais direta da desaceleração dos mercados de papéis na China, mas também nos demais países de industrialização recente seria a redução da demanda por insumos para produção de papel, em particular celulose.

## **Capítulo 4**

### **DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE AÇO**

A indústria siderúrgica se caracteriza pela elevada intensidade em capital fixo, projetos de investimento com longo prazo de maturação e aportes financeiros elevados. As grandes empresas do setor costumam operar em várias fases do processo industrial, mas habitualmente cada uma se especializa em certa gama de produtos finais: planos, longos ou especiais. De meados dos anos 70 até o final dos anos 90, o mercado de aço testemunhou baixas taxas de crescimento de consumo de produtos siderúrgicos. Em termos de aço bruto, esta expansão foi de mero 1,2% anual no período 1975-2000. Já ao final dos anos 90, ocorreu uma guinada no consumo de aço, de modo que houve crescimento de 4,9% a.a entre 2000 e 2010. A base para esta expansão foi o crescimento da demanda em países onde o consumo de aço respondia elasticamente à evolução do PIB, sobretudo a China.

Uma eventual inversão nas tendências de consumo de aço nos países de industrialização recente teria implicações relevantes para as estratégias de crescimento baseadas em recursos naturais de economias exportadoras deste material e de matérias-primas empregadas na sua produção. Neste sentido, a avaliação do comportamento da intensidade do uso do aço é fundamental para compreender as perspectivas para o consumo desse bem. Este capítulo busca explorar esta questão, avaliando a evolução dos mercados siderúrgicos em economias de industrialização recente, nos quais a demanda e intensidade do uso do aço foram significativamente dinamizadas nos últimos tempos.

#### **4.1 Aspectos metodológicos**

O levantamento empírico para o setor do aço baseou-se em dados dos anuários do Steel Statistical Yearbook, disponibilizados pela biblioteca do Instituto Aço Brasil (IABr) no Rio de Janeiro e pelo site da World Steel Association (WSA), antigo International Iron and Steel Institute (IISI)<sup>32</sup>. Esta última associação representa cerca de 170 produtores de aço, responsáveis por 85% da produção de aço mundial. Os anuários no site da WSA datam de 1978 e contêm estatísticas sobre a produção de aço bruto desde o ano de 1900. As informações sobre o consumo

---

<sup>32</sup> Pôde-se contar com o apoio da bolsista de iniciação científica do DEP/UFSCar (Camila Milani Pereira) para o levantamento e tabulação dos dados para o setor de aço.

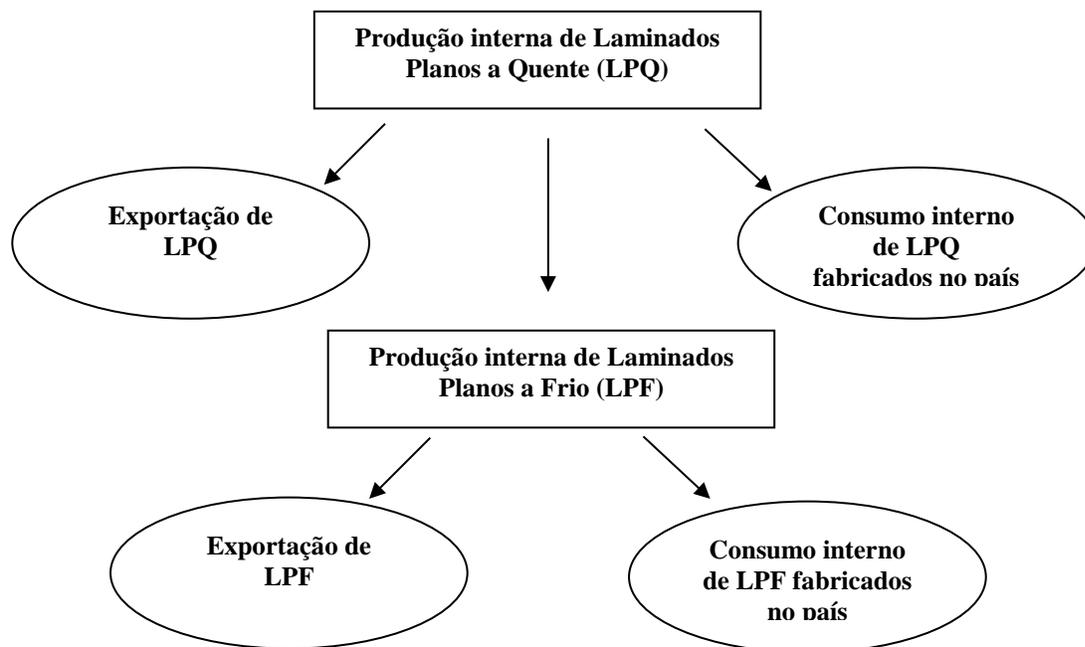
aparente de aço bruto e laminado foram fornecidas diretamente pela WSA, sem desagregação por tipo de aço. Informações sobre o consumo de aço bruto para um número significativo de países somente estão disponíveis a partir de 1970 e, para aço laminado em geral, a partir de 1974.

A discriminação de categorias de aços laminados (longos e planos) é importante pela diferença marcante entre os usos e setores demandantes, com dinâmicas de demanda muito distintas entre os segmentos da indústria. A demanda de aços laminados longos comuns é nitidamente mais concentrada em termos setoriais. O uso generalizado de vergalhões, perfis e barras faz a construção civil predominar ostensivamente, cabendo à indústria automobilística e utilidades domésticas e comerciais um significado muito menor em termos de volume. Já nos aços laminados planos comuns, a importância da indústria automobilística é predominante, ao passo que os aços especiais são demandados em menor volume e, apesar dos preços maiores, têm menor importância econômica. Outras atividades vinculadas à produção de bens de capital e de consumo duráveis também são grandes usuárias de laminados planos: indústria mecânica, utilidades domésticas e comerciais e eletroeletrônica (LINS et al, 1998; PINHO, 2001).

A World Steel Association estimou que, em 2007, a construção civil foi responsável por 50% da demanda siderúrgica global, seguida por transporte (principalmente automobilística, 16%), equipamentos mecânicos (14%), produtos de metal (14%), utilidades domésticas (como linha branca, 3%) e equipamentos elétricos (2%). Ao mesmo tempo, estima-se que a construção civil seja responsável por 60% da demanda global de laminados longos, 35% da demanda de laminados planos e 23% da demanda de tubos. No âmbito dos laminados longos, este percentual é também distinto, oscilando entre 25% (barras de aço carbono) e 100% (vergalhão, perfil estrutural e trilho). No segmento de laminados planos, o percentual varia entre 10% (bobina laminada a frio) e 45% (chapa grossa e bobina laminada a quente) (PAULA, 2012).

Neste trabalho, realizou-se um esforço não trivial de levantamento de dados para longos e planos. Desde logo, porém, o cálculo do consumo aparente foi viável para um período ainda mais restrito, compreendendo os anos entre 1990 e 2010, notadamente porque não havia fora desse período dados que discriminassem a produção por tipos de aço laminado. A Figura 4.1 ilustra a estrutura de consumo de aços laminados planos, embora um exercício análogo é cabível para laminados longos.

**Figura 4.1: Consumo de Laminados Planos**



Fonte: Elaboração própria.

O consumo de laminados planos ( $C_p$ ) é a soma do consumo de laminados planos a quente ( $C_q$ ) e de laminados planos a frio ( $C_f$ ). Por outro lado, cada um destes é a soma do consumo de produto fabricado internamente ( $I_q$  e  $I_f$ ) e produto importado ( $M_q$  e  $M_f$ ).

Assim:

$$C_q = I_q + M_q, \quad C_f = I_f + M_f \quad \text{e} \quad C_p = C_q + C_f.$$

Na ausência, porém, de informação direta sobre  $I_q$  e  $I_f$ , estas variáveis podem ser estimadas, de modo que:

$$I_f = P_f - X_f$$

$$I_q = P_q - X_q - P_f^{**}$$

Onde:

$P_f$ : Produção de laminados planos a frio

$P_q$ : Produção de laminados planos a quente

$X_f$ : Exportação de laminados planos a frio

$X_q$ : Exportação de laminados planos a quente

\*\* Assumindo a hipótese simplificadora de rendimento de 100% no processo de laminação a frio.

Logo:

$$Cq = Pq - Xq - Pf + Mq$$

$$Cf = Pf - Xf + Mf$$

$$Cp = Cq - Cf = Pq + Mq + Mf - Xq - Xf$$

No entanto, a somatória do consumo de aços longos e planos frequentemente não coincidiu com o consumo total de aços laminados. Diversas vezes, buscou-se obter explicações para esta diferença, através de contatos com a World Steel Association, embora não se obtivesse resposta em nenhuma das vezes. Diferentemente da produção, as estatísticas de comércio exterior destes produtos incluem, além de aço laminado a quente, aqueles laminados a frio. Em outros casos, os dados de produção de aços longos e planos também incorporam produtos semiacabados (placas, blocos e tarugos), além de tomarem como proxy as vendas efetivadas. Pode-se supor que os dados de consumo de aço laminado em geral discriminem estas agregações, exercício que não foi possível no presente trabalho, em face da disponibilidade de informações. Assim, considerando os rendimentos de laminação e lingotamento, computa-se quanto aço bruto está embutido em cada uma das categorias de laminados. É importante destacar também que para as demais categorias de produtos em níveis desagregados, os diferentes critérios de classificação de mercadorias pela WSA impedem a compatibilização das informações de produção com as de comércio exterior, de maneira a obter séries de consumo aparente por produto. Em última análise, apesar de todos os esforços, não foi possível adotar qualquer desagregação intrassetorial para o consumo de aço.

A base de dados para o setor de aço foi constituída por aço bruto (69 países entre 1970 e 2010) e aço laminado em geral (70 países entre 1974 e 2010). Os países analisados abrangeram 98% do consumo aparente mundial de aço bruto e laminado em 2009. Por outro lado, as lacunas nas séries de dados não foram significativas, na maior parte dos casos, não envolvendo os países que mais se destacam no consumo de aço.

#### **4.2 Consumo e Intensidade do Uso em Aço**

O aço, uma liga de ferro e carbono com proporções deste elemento abaixo de 2%, é um dos metais mais amplamente utilizados no setor industrial e de construção. É fundamental para a

fabricação de máquinas e equipamentos, estruturas para construção, automóveis, eletrodomésticos e inúmeros outros bens. Suas propriedades mecânicas conferem-lhe resistência à tração e à flexão, podendo ser laminado, forjado, usinado e estampado, além de modificado por tratamentos térmicos ou químicos. Os laminados de aço podem ser classificados de acordo com a forma em aços longos (não planos) ou planos. O primeiro tipo apresenta seções transversais com formato poligonal e comprimento muito superior às outras duas dimensões. Já nos laminados planos, a largura é muito superior à espessura (ALVES, 2006). Cruzando-se a classificação morfológica com a de composição química, pode-se dividir a produção de laminados de aço em planos comuns, longos comuns, planos especiais e longos especiais. Por outro lado, as usinas siderúrgicas podem ser classificadas em função do tipo de produto que fabricam em suas linhas de produção: semiacabados (placas, blocos e tarugos), planos ao carbono (chapas, folhas e bobinas), planos especiais ou ligados (chapas, folhas e bobinas), longos ao carbono (barras, perfis, fio máquina, vergalhões, arames e tubos sem costura) e longos especiais ou ligados (barras, fio-máquina, arames e tubos sem costura) (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012).

Em 2010, o consumo mundial de aço bruto e laminado foi de 1,38 bilhões de toneladas e 1,29 bilhões de toneladas, respectivamente. China, EUA, Índia e Japão foram os principais demandantes destes produtos, representando cerca de 60% do consumo mundial. Dada a intensa utilização deste material pela indústria de transformação, forte expansão na indústria siderúrgica mundial ocorreu entre o final da 2<sup>a</sup>. Guerra Mundial e o início da década de 70. O crescimento da produção, respondendo a estímulos da demanda, foi não apenas acelerado, mas também quase contínuo. O ano de 1973 marca o término dessa fase de expansão e a demanda, em escala global, jamais voltaria a sustentar durante o século XX um ímpeto vigoroso por períodos longos (PINHO, 2001).

Apesar da estagnação nos países desenvolvidos, nos países em desenvolvimento o consumo de aço continuou a crescer durante os anos 70 a uma taxa de 8,8% a.a. Na década de 80, os efeitos adversos da crise da dívida sobre as economias latino-americanas e africanas se traduziram em brusca redução no crescimento da demanda no conjunto das economias em desenvolvimento, mas o desempenho positivo na Ásia foi suficiente para garantir uma expansão da ordem de 3,4% ao ano nesses países. Nos anos 90, os países em desenvolvimento mantiveram-se como principal esteio da demanda mundial de produtos siderúrgicos (PINHO, 2001). Isso pode ser atestado pelos dados de variação no consumo de aço bruto entre 1990 e 2000, período em que

houve um aumento de 147 milhões de toneladas nos países em desenvolvimento, muito maior do que o incremento de 26,6 milhões de toneladas nos integrantes do G-7. Após um período de retração prolongada, os mercados de aço bruto e laminado em muitos países ganharam vigor na última década, atribuído não somente ao aumento da participação chinesa no mercado mundial, mas também a outros fatores como a expansão do crédito em mercados emergentes, que estimulou a demanda de setores automotivo, eletrônico e de materiais de construção. Entre 2000 e 2010, a demanda por aço bruto e laminado sofreu uma forte expansão, mesmo com o revés em 2008 na indústria mundial<sup>33</sup>. Este crescimento é atribuído ao consumo em países em desenvolvimento, como Índia, Rússia, Vietnã, Emirados Árabes Unidos e, principalmente, a China, país em que foram registradas taxas de expansão de 16% a.a para o consumo aparente de aço bruto e de 15% a.a para aço laminado. Entre 1974 e 2010, a taxa de crescimento mundial do consumo de aço laminado foi de 2,4% a.a (STEEL STATISTICAL YEARBOOK, vários números).

Deste modo, as quatro últimas décadas testemunharam comportamentos de consumo distintos entre grupos de países. Estas diferenças podem ser visualizadas na Tabela 4.1. Em 1974, os países recentemente industrializados respondiam por somente 13,3% do consumo de aço bruto entre os 69 países analisados neste segmento, mas em 2010 esta porcentagem já era de 61,9%. Em aço laminado (70 países analisados), esta porcentagem passou de 8,2% em 1974 para 62,3% em 2010. Neste último ano, a China consumiu 44,2% do aço bruto e 45,3% do aço laminado do total produzido pelo conjunto de países.

---

<sup>33</sup> Os preços do aço no mercado internacional permaneceram elevados até 2008 quando sofreram uma forte queda em função da redução da demanda mundial. Uma recuperação dos preços ocorreu no final de 2009, que se seguiu em 2010, embora mantendo-se abaixo do nível pré-crise financeira.

**Tabela 4.1: Consumo Aparente de Aço Bruto e Laminado (mil ton)**

Países	Aço Bruto				Aço Laminado			
	1974	1990	2000	2010	1974	1990	2000	2010
<b>Países desenvolvidos</b>	416.828	406.078	488.464	411.767	321.603	353.221	398.825	379.224
<i>G-7</i>	351.870	317.012	343.660	267.527	272.377	275.403	275.473	247.332
EUA	144.000	103.052	133.353	90.453	107.850	85.950	120.012	82.915
Japão	75.800	99.032	79.600	68.300	67.301	92.807	76.100	63.510
Alemanha	43.770	40.934	42.087	41.144	28.527	19.785	24.579	38.413
<b>Países em desenvolvimento</b>	116.472	181.100	328.571	945.876	68.899	150.467	267.716	893.449
<i>NICs</i>	71.194	138.892	271.820	840.936	32.151	109.792	230.832	792.867
China	29.800	68.279	138.086	599.969	n.d	54.927	141.210	575.984
Brasil	12.800	11.048	17.500	29.532	9.842	9.000	15.760	26.104
<i>Antigos Tigres Asiáticos</i>	9.614	42.307	74.253	80.869	6.970	36.596	68.491	74.654
Total (Países Seleccionados)	533.300	587.178	817.035	1.357.643	390.502	503.688	666.541	1.272.673
Países	Participação Relativa sobre Total da Amostra							
<b>Países desenvolvidos</b>	78,2%	69,2%	59,8%	30,3%	82,4%	70,1%	59,8%	29,8%
<i>G-7</i>	66,0%	54,0%	42,1%	19,7%	69,8%	54,7%	41,3%	19,4%
EUA	27,0%	17,6%	16,3%	6,7%	27,6%	17,1%	18,0%	6,5%
Japão	14,2%	16,9%	9,7%	5,0%	17,2%	18,4%	11,4%	5,0%
Alemanha	8,2%	7,0%	5,2%	3,0%	7,3%	3,9%	3,7%	3,0%
<b>Países em desenvolvimento</b>	21,8%	30,8%	40,2%	69,7%	17,6%	29,9%	40,2%	70,2%
<i>NICs</i>	13,3%	23,7%	33,3%	61,9%	8,2%	21,8%	34,6%	62,3%
China	5,6%	11,6%	16,9%	44,2%		10,9%	21,2%	45,3%
Brasil	2,4%	1,9%	2,1%	2,2%	2,5%	1,8%	2,4%	2,1%
<i>Antigos Tigres Asiáticos</i>	1,8%	7,2%	9,1%	6,0%	1,8%	7,3%	10,3%	5,9%
Total (Países Seleccionados)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números).

A demanda por aço na China vem sendo impulsionada pelo setor de construção civil e de maquinaria pesada. Aproximadamente 70% da demanda de aço no país é proveniente destas atividades (MUKHERJI, 2012). Não somente a rápida urbanização, mas também os investimentos direto estrangeiros (IDE) no setor manufatureiro aceleraram a demanda nas últimas décadas. Por sua vez, a formação bruta de capital fixo em relação ao PIB no país passou de 35% em 1980 para 40% em 1996 e 48% em 2011 (WORLD DATABANK, 2011), favorecendo a ampliação do consumo de aço. Como consequência, em 2012 a demanda por automóveis na China atingiu 16,4 milhões e a malha ferroviária em operação chegou a 98 mil km (LAGUNA, 2013, EMBAIXADA DA CHINA, 2013). A demanda por aço no país apresenta ritmos menos

elevados na região central e oeste do país em relação à parte oriental (MUKHERJI, 2002)<sup>34</sup>. O governo chinês, que controla as indústrias de transformação no país, tem buscado reequilibrar a capacidade de produção, atualmente concentrada no norte, sobretudo na província de Hebei, em direção a regiões situadas mais ao sul (ZHU, LEE e WEI, 2012; MUKHERJI, 2012).

Embora com menor expressividade que a economia chinesa, outros países emergentes também apresentaram níveis de consumo de aço bruto significativos em 2010: Índia (66 milhões de toneladas) e Brasil (29 milhões de toneladas). Na Índia, a demanda por aço encontra-se associada a reformas implementadas desde o início da década de 1990, que incentivou a produção automobilística, de bens de capital e a indústria de construção.

No Brasil, dentre as fontes de demanda destacam-se a infraestrutura de transportes, a área habitacional (o Programa Minha Casa, Minha Vida) e a exploração de petróleo, mas principalmente os segmentos de bens manufaturados, como automóveis (CARDOSO et al, 2012). Em termos percentuais, segundo o DNPM (2011), em 2010 os principais setores consumidores de aço no país foram: automobilístico, incluindo autopeças (19,0%), construção civil (15,5%), embalagens e recipientes (3,2%), máquinas e equipamentos industriais (2,8%) e utilidades domésticas e comerciais (2,5%). Considerando o Japão e a China como dois extremos, a estrutura de consumo brasileiro aproxima-se mais do padrão japonês. A elevada demanda por aços planos, em torno de 60% sobre o total consumido, é um indicador de que o perfil do consumo siderúrgico brasileiro apresenta características mais similares ao de países desenvolvidos. Esta característica pode ser considerada um sinal de sofisticação da demanda, o que tem exigido um esforço de modernização mais intenso por parte das siderúrgicas (PAULA, 2008). Uma explicação diferente apontaria a baixa taxa de investimento no país, que inevitavelmente deprime a demanda por aços longos, que tem sua demanda concentrada na construção civil.

É importante destacar que, embora significativo nos países desenvolvidos, o impacto da recente crise econômica mundial sobre o consumo de aço nos países de industrialização recente foi em muitos casos tênue, com China, Índia e Indonésia não apresentando reduções no consumo aparente de aço bruto entre 2008 e 2010. O consumo interno de aço nestes países é parte fundamental da demanda total deste produto, o que contribuiu para minimizar os efeitos da crise mundial sobre o setor.

---

<sup>34</sup> A Figura A.1 no Anexo ilustra as diferenças no consumo per capita de aço acabado em diferentes províncias na China em 2010.

A análise do consumo per capita de aço evidencia reduções expressivas entre 1970 e 2010 nos países do G-7, com exceção do Reino Unido e Itália: EUA (-1,9% a.a), França (-1,6% a.a), Japão e Alemanha (-0,6% a.a) e Canadá (-0,2% a.a) (STEEL STATISTICAL YEARBOOK, vários números). Uma série de fatores contribui para explicar esta mudança estrutural. A partir de certo estágio de desenvolvimento, encontra-se atendido o grosso das demandas por investimentos em construção civil, redes de transporte e saneamento básico<sup>35</sup>. A expansão da infraestrutura desacelera-se e as ampliações passam a ter caráter marginal. Por outro lado, desde os anos 70 teve início um processo de substituição do aço por materiais menos denso. O principal competidor do aço é o alumínio, que vem ganhando mercado em particular na indústria automotiva, nas embalagens (latas para bebidas) e na construção civil (esquadrias). No caso dos veículos leves norte-americanos, a fatia do alumínio aumentou de 2,0% em 1970 para 8,8% em 2010. Apesar deste crescimento ter sido não desprezível, o patamar alcançado é bem aquém do previsto no final da década de 1990, quando se esperava que a participação do alumínio alcançasse 15% em 2010. A perda de mercado foi inferior à estimada por conta da crescente difusão dos aços de alta resistência (PINHO, 2001; PAULA, 2012).

Nos países em desenvolvimento existe um grande potencial para ampliação do uso de aço, evidenciado pela diferença em 2010 entre os valores médios do consumo per capita de aço bruto nesses países (216 kg/hab) e no G-7 (412 kg/hab). A Tabela 4.2 evidencia as diferenças no consumo per capita de aço entre os países. Exceto países pequenos e uma cidade-estado, os valores recordes de consumo per capita de aço são encontrados em dois países do Leste Asiático particularmente bem sucedidos em processos de *catching-up* amparados em estratégias de industrialização com forte orientação exportadora: Coreia do Sul e Taiwan. Os Emirados Árabes Unidos e o Catar possuem os maiores níveis mundiais de consumo per capita de aço bruto e laminado. Alimentado por um boom de construção maciça, projetos de construção suntuosos e uma base industrial em expansão, o consumo per capita nestes países cresceu acima de 10% a.a entre 2000 e 2010.

Embora o consumo per capita de aço na China já tenha superado o máximo registrado no Reino Unido, seguia sendo até 2010 inferior aos máximos observados em todos os outros países integrantes do G-7. A distância do consumo atual da China em relação aos máximos observados

---

<sup>35</sup> Nas nações mais industrializadas, a participação relativa da construção tende a ser menor. No Japão, por exemplo, a construção representou 30% da demanda doméstica em 2011, sendo superada pela indústria automobilística (35%) (JISF, 2012).

nos países do G-7 é significativamente menor quando se considera o consumo de aço laminado do que o aço bruto. A diferença percentual entre a média dos países desenvolvidos e o consumo per capita da China em 2010 em aço laminado é de 31%. Tendo em vista que o progresso técnico na indústria siderúrgica nas últimas décadas, por meio do aumento dos rendimentos de lingotamento e de laminação promoveu uma elevação das relações típicas entre quantidades de aço acabado (laminado) e aço bruto, é mais adequado adotar o consumo de laminados como um parâmetro para análise desta distância.

O consumo per capita de aço bruto no Brasil em 2010 foi de 150 kg/hab, abaixo se comparado com a China (451 kg/hab), Japão (535 kg/hab) e Estados Unidos (292 kg/hab). As diferenças mais marcantes em relação à China foram verificadas na Índia e Indonésia, que apresentaram consumos per capita 90% menores. Em relação à Índia, uma discussão bastante frequente alude à hipótese do país reproduzir o boom da demanda chinesa por aço (CORRÊA, 2010), em parte motivada pelas similaridades demográficas e pela taxa de expansão do PIB destas economias. Para ter uma ideia, em 2008 o consumo per capita indiano de produtos siderúrgicos na zona rural foi equivalente a 3 kg/hab, ao passo que na zona urbana atingiu 145 kg/hab (AGARWAL, 2012). Dado o intenso processo de urbanização, há uma expectativa de expansão do consumo em ambas as áreas nas próximas décadas, em um processo semelhante ao que se verificou na economia chinesa. O processo chinês de evolução da demanda de aço tem sido bastante distinto daquele verificado nos EUA no começo do século XX, mas este ocorreu em um espaço de tempo bem maior do que separaria o eventual *catching up* da Índia em relação à China.

Em termos de intensidade do uso de aço, a Tabela 4.3 mostra os níveis máximos já alcançados, relacionando-os aos níveis de PIB per capita<sup>36</sup> e anos em que isso ocorreu. Em aços laminados, a máxima intensidade do uso é, naturalmente, menor que a de aço bruto. Nos países desenvolvidos, este nível esteve em 0,0258 kg/US\$ em aço laminado, com um PIB per capita que não ultrapassou US\$ 20 mil. A máxima intensidade do uso dentre os países analisados foi registrada na China (0,0728 kg/US\$ em 2009), um nível duas vezes maior do que o do Japão (0,0368 kg/US\$ em 1974) e mais de três vezes ao dos EUA, que em 1974 atingiram seu maior nível de intensidade do uso em aço laminado, 0,025 kg/US\$, com um nível de renda per capita de

---

<sup>36</sup> Estimou-se uma série temporal para o PIB per capita real de cada país convertido pela PPC de 2006. Partiu-se de valores do PIB per capita de um ano base (2006) convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de PPC e das taxas de crescimento real do PIB per capita em unidades de moeda local.

US\$ 24.651<sup>37</sup>. Neste mesmo ano, o Reino Unido atingiu sua máxima intensidade do uso (0,0181 kg/US\$). A intensidade do uso em aço laminado na China é o triplo do máximo registrado no histórico dos países do G-7 (0,0228 kg/US\$).

---

<sup>37</sup> A série de dados sobre consumo de aços laminados tem início em 1974 e, portanto, não se pode excluir a hipótese que, medida em aços laminados, a intensidade do uso do aço já estivesse em queda antes desse ano.

**Tabela 4.2: Consumo (kg/hab) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010**

Países	Aço Bruto (1970-2010)					Aço Laminado (1974-2010)				
	CPC*	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2010		CPC*	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2010	
				CPC	PIB per capita				CPC	PIB per capita
Em. Árabes Unidos	2.382,8	38.476	2008	428%	523%	2.210,8	38.476	2008	417%	523%
Catar	2.180,6	90.689	2007	383%	1368%	1.704,7	104.307	2008	299%	1589%
Cingapura	1.475,7	37.612	1997	227%	509%	1.179,3	37.612	1997	176%	509%
Coréia do Sul	1.263,2	26.350	2008	180%	327%	1.210,7	26.350	2008	183%	327%
Taiwan	1.207,7	16.548	1993	168%	168%	1.006,2	16.548	1993	135%	168%
Japão	802,2	15.601	1973	78%	153%	751,4	27.310	1991	76%	342%
República Tcheca***	744,4	24.302	2008	65%	293%	642,1	23.645	2007	50%	283%
EUA	707,9	23.464	1973	57%	280%	504,3	24.561	1974	18%	298%
Espanha	679,6	29.840	2007	51%	383%	605,7	29.840	2007	42%	383%
Canadá	677,6	20.898	1974	50%	238%	572,3	32.565	2000	34%	427%
Itália	666,4	29.455	2006	48%	377%	620,3	29.455	2006	45%	377%
Alemanha	638,7	17.482	1970	42%	183%	520,6	33.334	2007	22%	440%
França	474,4	18.274	1973	5%	196%	361,9	19.110	1974	-15%	209%
China	451,1	6.176	2010	0%	0%	427,4	6.176	2010	0%	0%
Malásia	449,4	9.726	1996	-0,4%	57%	394,0	10.467	1997	-8%	69%
Reino Unido	443,0	16.991	1973	-2%	175%	327,2	18.092	1974	-23%	193%
Rússia***	398,0	13.350	1992	-12%	116%	285,6	14.364	2007	-33%	133%
Tailândia	248,3	7.870	2008	-45%	27%	216,2	7.135	2005	-49%	16%
México	237,1	13.440	2006	-47%	118%	159,5	13.440	2006	-63%	118%
Argentina	164,4	11.142	1975	-64%	80%	134,4	11.142	1975	-69%	80%
Egito	141,0	5.881	2009	-69%	-5%	118,7	5.881	2009	-72%	-5%
Brasil	150,8	10.294	2010	-67%	67%	129,8	10.294	2010	-70%	67%
Índia	53,1	2.802	2009	-88%	-55%	54,9	3.007	2010	-87%	-51%
Indonésia	44,7	4.113	2010	-90%	-33%	38,8	3.789	2008	-91%	-39%
<i>Média dos Máximos</i>										
PD**	636,1	24.567	1991	41%	298%	600,9	27.544	1995	31%	346%
G-7	630,0	20.309	1977	40%	229%	522,6	26.347	1989	22%	327%
Máximo CPC	2.382,8	38.476				2.210,8	38.476			

Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números), Maddison (2010), FMI (2010), World Databank (2011) e U.S. Geological Survey (2012a).

\* CPC: Consumo per capita \*\* Países Desenvolvidos \*\*\* A série é mais curta e não cobre o período de economia centralmente planejada.

**Tabela 4.3: Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010**

Países	Aço Bruto (1970-2010)					Aço Laminado (1974-2010)				
	IU	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2010		IU	PIB per capita	Ano	Δ % em relação China em 2010	
				IU	PIB per capita				IU	PIB per capita
China	0,0763	5.623	2009	5%	-9%	0,0728	5.623	2009	5%	-9%
Taiwan	0,0730	16.548	1993	0%	168%	0,0608	16.548	1993	-12%	168%
Cingapura	0,0689	11.448	1974	-6%	85%	0,0574	11.448	1974	-17%	85%
Em. Árabes Unidos	0,0619	38.476	2008	-15%	523%	0,0575	38.476	2008	-17%	523%
Coréia Sul	0,0535	15.471	1995	-27%	151%	0,0509	15.471	1995	-26%	151%
Japão	0,0519	12.898	1970	-29%	109%	0,0368	16.619	1974	-47%	169%
Malásia	0,0468	9.055	1995	-36%	47%	0,0430	9.055	1995	-38%	47%
Tailândia	0,0368	5.324	1994	-50%	-14%	0,0303	7.135	2005	-56%	16%
Alemanha	0,0365	17.482	1970	-50%	183%	0,0191	20.161	1976	-72%	226%
Canadá	0,0324	20.898	1974	-56%	238%	0,0248	20.898	1974	-64%	238%
República Tcheca**	0,0314	23.645	2007	-57%	283%	0,0272	23.645	2007	-61%	283%
EUA	0,0302	23.464	1973	-59%	280%	0,0205	24.561	1974	-70%	298%
Rússia**	0,0298	13.350	1992	-59%	116%	0,0199	14.364	2007	-71%	133%
Espanha	0,0283	12.144	1974	-61%	97%	0,0223	12.144	1974	-68%	97%
França	0,0275	16.221	1970	-62%	163%	0,0189	19.110	1974	-73%	209%
Itália	0,0271	14.510	1970	-63%	135%	0,0214	16.129	1974	-69%	161%
Reino Unido	0,0261	16.991	1973	-64%	175%	0,0181	18.092	1974	-74%	193%
Catar	0,0240	90.689	2007	-67%	1368%	0,0163	104.307	2008	-76%	1589%
Egito	0,0240	5.881	2009	-67%	-5%	0,0236	3.982	1986	-66%	-36%
Índia	0,0236	899	1981	-68%	-85%	0,0183	3.007	2010	-74%	-51%
Brasil	0,0199	6.052	1974	-73%	-2%	0,0153	6.052	1974	-78%	-2%
México	0,0176	13.440	2006	-76%	118%	0,0119	12.810	2004	-83%	107%
Argentina	0,0161	10.207	1973	-78%	65%	0,0121	11.142	1975	-83%	80%
Indonésia	0,0154	1.644	1983	-79%	-73%	0,0117	3.002	1996	-83%	-51%
<i>Média dos Máximos</i>										
PD*	0,0320	17.214	1980	-57%	179%	0,0258	19.881	1983	-62%	222%
G-7	0,0331	17.495	1971	-55%	183%	0,0228	19.367	1974	-67%	214%
Máxima IU	0,0763	5.623				0,0728	5.623			

Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números), Maddison (2010), FMI (2010), World Databank (2011) e U.S. Geological Survey (2012a). \* Países Desenvolvidos \*\* A série é mais curta e não cobre o período de economia centralmente planejada.

A diferença percentual entre a intensidade do uso de aço laminado máxima dos países desenvolvidos em relação à China em 2010 é muito elevada, atingindo -70% nos EUA e -74% no Reino Unido. Uma diferença menos expressiva verifica-se entre os outrora chamados Tigres Asiáticos e a China. Países como a Coreia do Sul e Taiwan também passaram por picos na intensidade do uso de aço bem acima dos máximos históricos no G-7. De toda maneira, a intensidade do uso atual na China supera com boa margem mesmo os valores de pico na Coreia do Sul e em Taiwan, que, aliás, foram registrados cerca de 20 anos antes do período em que na década de 70 ocorreram os máximos nos países desenvolvidos. Uma análise da evolução da intensidade do uso na China demonstra que a correlação da intensidade do uso do aço laminado (1977-2010) e o PIB per capita PPC situa-se em 0,8, indicando uma relação positiva entre estas variáveis. Estes resultados são coerentes com uma economia que recentemente acentuou a marcha forçada ditada pelo ritmo da formação bruta do capital fixo.

Em outras economias recentemente industrializadas, o potencial de crescimento do consumo de aço parece estar no estágio ascendente da curva de intensidade do uso. No Brasil, a máxima intensidade do uso de aço laminado foi registrada há quase 40 anos, ainda sob efeito do ritmo acelerado de crescimento econômico em meados dos anos 70. No entanto, esse pico é quase um terço inferior ao observado em média no G-7 e corresponde a pouco mais de 20% da intensidade do uso de aço chinesa. Assim como na Indonésia, Índia, México e em outros países em situação análoga é de se esperar que a demanda de aço ainda responda elasticamente à renda no Brasil, o que inspira a expectativa de que o máximo da intensidade do uso ainda não tenha sido alcançado. Mais genericamente, a intensidade do aço latino-americana tem se mantido relativamente estável e apresenta oportunidades para um processo de *take-off*, especialmente quando comparada com a evolução nos países industrializados, como os EUA ou Japão.

Dentre o conjunto de países analisados em aço bruto (1970-2010), seis países desenvolvidos apresentaram tendência a um processo de desmaterialização absoluta em aço<sup>38</sup>, com variação negativa da intensidade do uso e do consumo per capita: Canadá, França, Japão, Alemanha, Holanda e EUA. Processos de desmaterialização relativa em aço laminado, caracterizados por um nível de crescimento do consumo per capita positivo, mas ainda abaixo da expansão do PIB per capita foram verificados em outras economias desenvolvidas, a saber:

---

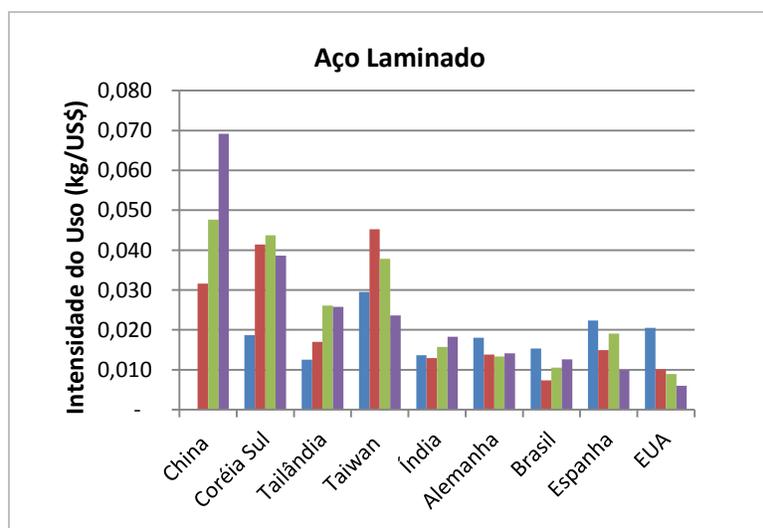
<sup>38</sup> Os resultados para o processo de desmaterialização em aço bruto e laminado estão contidos na Tabela A.5 do Apêndice.

Alemanha (-0,7% a.a), Itália (-1,1% a.a), Portugal (-0,2% a.a), Espanha (-2,2% a.a) e Taiwan (-0,6% a.a) entre 1974 e 2010. Muito significativamente, casos de desmaterialização não são observados no período analisado em países em desenvolvimento.

No Gráfico 4.1 nota-se claramente a perda de dinamismo dos mercados siderúrgicos nos países desenvolvidos. Mesmo a Coreia do Sul e, principalmente Taiwan, que vivenciaram uma intensa prosperidade econômica após os anos 60, alicerçada em exportações de bens industrializados, apresentam tendência de redução da intensidade do uso do aço. Esta perda de dinamismo impõe mudanças expressivas na estrutura de produção dos países em desenvolvimento. Nos anos 2000, ao processo de expansão da capacidade produtiva na Ásia, seguiu-se uma onda de fusões e aquisições, apontando para uma tendência de diversificação geográfica que visava realocar parte da produção para os países em desenvolvimento (PAULA, 2008).

O processo mais relevante de mudança tecnológica exerce, como explicado antes, efeito sobre o consumo per capita e a intensidade do uso de aço bruto, mas é neutro quando o consumo é medido em aço laminado. Por outro lado, a expansão relativa das miniusinas - que, em parte, foi revertida na última década - afeta a eficiência no uso de insumos energéticos em termos de rendimento laminado/bruto.

**Gráfico 4.1: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Aço nos Países Desenvolvidos e nos NICs**



Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

### 4.3 Resultados Econométricos

O tratamento econométrico para o setor de aço seguiu o mesmo procedimento metodológico utilizado para o setor de papel e papelão. Três painéis de dados foram estruturados para as duas categorias de aço. O painel mais abrangente foi composto por dados de aço bruto (1970-2010) e aço laminado (1974-2010), sintetizando o maior intervalo de tempo que se pôde constituir. Abrangendo o mesmo espaço temporal para os respectivos tipos de aço, mas realizando um recorte geográfico para os países com crescimento orientado para exportações, montou-se o painel “export-driven” composto por China, Hong Kong, Israel, Japão, Malásia, México, Coréia do Sul e Tailândia. Por outro lado, no painel mais recente, a análise centrou-se nos anos 2000 a 2010, período em que o consumo de aço voltou a apresentar um crescimento bastante expressivo. Os dados foram estimados por meio de modelos de mínimos quadrados ordinários, efeitos fixos e efeitos aleatórios<sup>39</sup>, ambos com testes robustos, a fim de corrigir a presença de heterocedasticidade e autocorrelação.

As estimativas contidas na Tabela 4.4 apontam que tanto no painel de dados mais abrangente quanto no mais recente, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) não foram expressivos e os parâmetros do modelo, nem sempre significativos. Resultados mais expressivos foram obtidos no painel “export-driven”, sendo que em aço bruto e em aço laminado, os coeficientes de determinação foram 0,476 e 0,366, respectivamente<sup>40</sup>.

Testes alternativos foram realizados para verificar se o ajuste entre as variáveis poderia ser melhorado. Um deles foi o uso de formato cúbico para a relação entre as variáveis, uma vez que com coeficientes quadráticos ( $\beta^2$ ) positivos, poderia haver uma tendência posterior de redução da intensidade do uso, por meio de um  $\beta^3$  negativo. Contudo, os resultados obtidos não foram significativos. Outros testes incluíram a realização de inferências, através da defasagem da variável explicativa e por meio do estimador dinâmico de Arellano e Bond (1991). Todavia, os valores obtidos para os coeficientes foram inferiores aos do modelo quadrático sem defasagem. A introdução da correção para autocorrelação também não alterou as inferências

---

<sup>39</sup> Uma diferenciação entre os modelos de efeitos fixos, efeitos aleatórios e de MQO está presente na seção de procedimentos metodológicos da presente tese e no capítulo de papel e papelão.

<sup>40</sup> Uma fundamentação para o modesto poder de ajuste dos modelos estimados é a possibilidade de que outras variáveis independentes, diferentes das que estão sendo colocadas, sejam importantes para explicar a variação da intensidade do uso ao longo do tempo. Neste sentido, realizou-se a inclusão de variáveis, como a taxa de urbanização e de variáveis *dummies* para o nível de desenvolvimento econômico e a região em que os países pertencem nos painéis de dados. Contudo, a introdução destas variáveis não aumentou a acurácia dos resultados econométricos.

relativas ao sinal e à expressividade dos coeficientes, de modo que o modelo quadrático corrigido manteve o significado estatístico como um todo.

De toda maneira, os resultados sugerem que a relação entre a intensidade do uso de aço e o PIB per capita segue tal como apregoado pela teoria da desmaterialização. Ademais, os testes F, de Hausman e de Breusch-Pagan apontaram que os melhores ajustes foram realizados por meio do modelo de efeitos fixos<sup>41</sup> (painel mais recente e “export-driven”), indicando que existiriam características específicas dos países, afora o nível de PIB per capita, que influenciariam fortemente a intensidade do uso do aço. Já o modelo de efeitos aleatórios mostrou-se mais adequado no painel mais abrangente (aço bruto e aço laminado).

No modelo de efeitos fixos, o ponto de máximo para a intensidade do uso em aço laminado é maior entre países “export-driven” do que no conjunto de países cobertos pelos demais painéis. Ao mesmo tempo, em aço bruto o painel mais recente apresentou intensidades do uso mais elevadas do que para os demais painéis, o que significa que nos últimos anos, a demanda por aço tem sido mais intensiva do que no período de tempo mais largo.

---

<sup>41</sup> No modelo de efeitos fixos, as variáveis *dummies* são omitidas, porque constituem regressores que não variam ao longo do tempo.

**Tabela 4.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Aço (Modelo Quadrático Sem Defasagem)**

Estatística****	Painel de Dados Mais Abrangente			Painel de Dados Mais Recente			Painel para Países com Crescimento “Export-Driven”		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
<b>Aço Bruto</b>									
$\beta_1$	-1,46E-07	-3,76E-07	2,53E-06	-2,03E-07	3,63E-06	3,64E-09 ns	-9,90E-07	2,26E-06	2,18E-06
$\beta_2$	2,51E-13*	1,21E-12	-6,13E-11	8,82E-13 ns	-1,88E-11*	1,98E-13 ns	1,51E-11**	-5,69E-11**	-5,52E-11
constante	0,0196961	0,0229841	0,0227235	0,0204112	0,0109519**	0,0167359	0,0353916	0,0118843**	0,0125877**
$R^2$	0,032	0,0575	0,0575	0,0503	0,0638	0,0517	0,1231	0,4761	0,4795
Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,0121		0,0004			***	
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)			0,048		0,052			0,0343	
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)			20,636		36,150			19,859	
<b>Aço Laminado</b>									
$\beta_1$	-1,12E-07	-1,88E-07ns	1,81E-06 ns	-1,56E-07	3,90E-06 ns	2,00E-08 ns	-7,57E-07	2,33E-06	2,24E-06
$\beta_2$	1,37E-13ns	5,56E-13ns	-5,28E-11 ns	4,80E-13 ns	-2,21E-11 ns	-6,24E-14 ns	1,17E-11*	-5,25E-11	-5,08E-11
constante	0,0162468	0,0172998	0,0175932	0,0178192	0,0087382 ns	0,0146572 ns	0,0305869	0,0064943	0,0068891 ns
$R^2$	0,0269	0,0318	0,0319	0,0394	0,0501	0,0512	0,0800	0,3669	0,3694
Teste de Hausman (Prob>qui2)			0,4885		0,0007			***	
Teste F (Prob>F)		0			0,0157			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)			0,033		0,053			0,0323	
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)			17,140		34,163			22,190	

Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

\*\*\*\* Painéis de dados mais abrangente e “export-driven”: aço bruto (1970-2010), aço laminado (1974-2010); Painel mais recente compreende dados entre 2000 e 2010.

Em cada painel, somente foram calculados o ponto de máximo (PIB per capita e IU) para os modelos indicados pelos testes de especificação como sendo os mais adequados. Por isto, existem lacunas na tabela.

#### 4.4 Conclusões

As mudanças estruturais de longo prazo no setor de aço mundial denotam mercados maduros, porém com ritmos de expansão do consumo que variam de acordo com a categoria de análise. Em aço bruto, o aumento do consumo per capita mundial entre 1970 e 2010 (0,6% a.a) foi inferior ao incremento do PIB per capita mundial (1,8% a.a), o que levou a uma variação negativa da intensidade do uso (-1,2% a.a). Em aços laminados, que como se argumentou é uma categoria mais relevante para análise, a expansão do consumo per capita (0,9% a.a) se deu a um ritmo superior ao de aço bruto, mas ainda inferior ao da expansão da renda. A guinada na demanda nos anos 2000, em função do efeito China e, em menor medida, do crescimento de outros países recentemente industrializados, fez reverter a tendência de estagnação dos mercados de aço em escala mundial.

Não obstante, as economias desenvolvidas seguiram com diminuições no consumo per capita e na intensidade do uso do aço. Nos países do G-7, o consumo de aço laminado passou de 272,4 milhões de toneladas em 1974 para 247,3 milhões de toneladas em 2010. Já nos países em desenvolvimento, o consumo de aço bruto ampliou-se de 68,9 milhões de toneladas em 1974 para 893,5 milhões de toneladas em 2010, uma quantidade 13 vezes maior. Esta trajetória de redução do consumo sucedeu um período de expansão no pós 2ª. Guerra Mundial, culminando em níveis máximos de consumo per capita que, em muitos países desenvolvidos, foram atingidos na década de 70: Alemanha em 1970, EUA, França e Reino Unido em 1973 e Canadá em 1974. No curso natural do desenvolvimento econômico, a partir de certo ponto a demanda por aço em construção civil, saneamento básico e transporte tende a decrescer, já que grande parte das necessidades infraestruturais da economia costuma ser atendida em etapas prévias do processo de desenvolvimento. Ainda assim, salvo o caso chinês e de alguns países do Oriente Médio, cuja demanda por aço extrapola a média mundial, o consumo per capita nas economias desenvolvidas continua acima da média dos países em desenvolvimento.

A distância entre as economias desenvolvidas e as recentemente industrializadas é menor no tocante à IU. No conjunto de países desenvolvidos analisados, a máxima intensidade do uso em aço laminado (0,0258 kg/US\$) foi obtida com um nível de renda per capita de US\$ 19.881, mas na Ásia, países como Malásia, Vietnã, China e Tailândia, juntamente com a Turquia superaram esta intensidade do uso com um PIB per capita abaixo de US\$ 12.500. A associação da máxima intensidade do uso a um nível relativamente baixo de renda é reflexo não somente do

intenso crescimento econômico, mas, em alguns casos, dos efeitos do comércio indireto sobre o uso dos materiais. Evidência disso é o fato de que os resultados econométricos para o painel composto por países “export-driven” apontaram níveis mais elevados de intensidade do uso entre 2000 e 2010.

A elevada intensidade do uso de aço na China possibilita comparações que apontam para um processo não usual de consumo ao longo do desenvolvimento econômico. Aproximadamente 100 anos separam a passagem de um PIB per capita PPC da casa dos US\$ 3.000 para US\$ 5.000 na China e nos EUA, porém, a China realizou em apenas seis anos (2002-2008) um crescimento que a economia estadunidense no fim do século XIX levou 26 anos para conseguir (1880-1906). Com um consumo per capita de aço bruto de 75 kg/hab em 1880, os EUA triplicaram esta relação em 1906, ao passo que a China dobrou seu nível de consumo de aço por habitante entre 2002 e 2008 (STEEL STATISTICAL YEARBOOK, vários números; MADDISON, 2010)<sup>42</sup>. Tanto em aço bruto quanto em laminado, as intensidades do uso na China já são quase três vezes mais elevadas do que as máximas verificadas nos países desenvolvidos. Isso suscita interrogações sobre o consumo efetivo de aço no país, mas também sobre a sustentabilidade deste dinamismo.

Primeiramente, é preciso destacar que a expansão do consumo indireto de aço acompanha o crescimento do comércio de produtos do complexo metalmeccânico. As exportações indiretas de aço da China para os EUA são três vezes maiores do que as diretas, enquanto as importações indiretas realizadas pelo Brasil do resto do mundo chegam a 20% do total de aço consumido no país (AISI, 2010; MAWAKDIYE, 2012). As exportações indiretas de aço pela China tem certamente um peso importante no consumo mundial deste produto, representando 12% do total de aço bruto produzido pelo país em 2008 (WSA, 2009; STEEL STATISTICAL YEARBOOK, 2011). Com efeito, a produção de aço bruto em 2008 na China totalizou 500 milhões de toneladas, ao passo que as exportações indiretas de aço foram 60 milhões de toneladas. Ainda assim, o fenômeno do comércio indireto, de forma isolada, não é suficiente para explicar o extraordinário dinamismo do mercado de aço. As exportações de aço podem ter acentuado o fenômeno, mas não são sua causa primária.

O crescimento da demanda de aço na China deve ser menos pronunciado na próxima década. Acredita-se, contudo, que ao menos até este período, o investimento em infraestrutura na

---

<sup>42</sup> Cabe notar que tanto no início quanto no final desse período, a economia chinesa era bem mais intensiva em aço do que a dos EUA em patamar semelhante de PIB per capita.

China continuaria sendo um dos principais direcionadores do crescimento econômico, devido à necessidade de construção de estradas, pontes, aeroportos, entre outros (MUKHERJI, 2012; ZHU, LEE e WEI, 2012; TACCONE, 2010). Entretanto, no longo prazo, a infraestrutura tende a contribuir menos para o crescimento do PIB, enquanto o consumo de manufaturas tende a ampliar sua participação. Assim, grande parte da mudança estrutural no mercado chinês de aço nos próximos anos estaria relacionada à redução do peso de aços longos, majoritariamente utilizados no setor de construção e ao crescimento do setor de bens manufaturados, que impulsionaria o consumo de aços planos (ZHU, LEE e WEI, 2012).

Nos últimos 10 anos, a população urbana na China aumentou de 40% para 51%, impulsionando a demanda por infraestrutura e de bens manufaturados. É comum a alegação de que na China ainda haveria um enorme espaço para difundir padrões de consumo ocidentais, porque ainda existiria uma grande massa populacional a ser incorporada nos mercados urbanos. Todavia, o critério de população urbana e rural na China superestima a parcela de população que vive em condições que deprimem a demanda por bens modernos, inclusive aço. Para exemplificar, em 2012 o número de subscrição de celulares superou a quantidade de 1 bilhão e o número de refrigeradores correspondeu a 97 unidades para cada grupo de 100 famílias (CHINA STATISTICAL YEARBOOK, 2012). Este elevado consumo certamente não é compatível com o número máximo de pessoas que vivem abaixo do nível pobreza.

O nível de consumo de aço já atingido não é apenas extraordinariamente elevado, mas também inusitado. Além da evidência da intensidade do uso para o conjunto da China, dados desagregados por região corroboram essa avaliação (Figura A.1 no Anexo). Nas regiões costeiras, o consumo per capita de aço laminado já supera o pico registrado na série de dados japonesa. O consumo por habitante é 60% menor nas outras duas grandes áreas em que se pode dividir o país, mas ainda assim, o dobro do observado no Brasil e semelhante ao encontrado nos EUA. Pode-se esperar no futuro uma aproximação entre os níveis de consumo de aço em diferentes regiões. Contudo, não há razão para supor que o país como um todo convergiria para os níveis extremamente altos atualmente registrados na área mais oriental e mais rica da China. Pelo contrário, é razoável presumir que essa aproximação, de um lado, não implicaria completa convergência e, de outro, acabará se nutrindo de alguma queda do consumo per capita no leste da China, uma consequência do próprio movimento de interiorização da industrialização chinesa. Esse movimento é ainda mais provável porque consistente com políticas governamentais que

visam mudar o perfil da economia chinesa, aproximando-a da estrutura encontrada nos países desenvolvidos.

## Capítulo 5

### DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE CIMENTO

A propensão dos processos de fabricação a economias de escala, a elevada intensidade em capital fixo e a necessidade de acesso a jazidas de calcário constituem algumas das características que determinam a estrutura da indústria de cimento. Somam-se a isto, o baixo valor unitário e a perecibilidade do cimento que reduzem a importância do comércio internacional deste produto.

A demanda e a intensidade do uso de cimento são consistentes com os encadeamentos deste material com uma atividade tão difundida quanto à construção civil, mas também, com os usos predominantes do material nas operações mais básicas nessa atividade. Moradias robustas são demandadas a um nível de renda per capita acima do nível de subsistência, ao passo que a construção de residências de mais alto padrão gasta uma proporção bem menor de seu orçamento em cimento.

O consumo mundial de cimento expandiu-se a um ritmo bastante intenso desde os anos 2000, não obstante o cimento ser um bem cujos mercados são considerados maduros. A taxa média de crescimento mundial do consumo atingiu 6,9% ao ano, fundamentalmente por conta do comportamento da indústria nos países em desenvolvimento, sobretudo a China. Este capítulo analisa o dinamismo do mercado de cimento, enfatizando avaliações sobre a intensidade do uso deste material em países de industrialização recente.

#### 5.1 Aspectos Metodológicos

Os dados de consumo de cimento cobriram 59 países ao longo de 60 anos, sem qualquer tipo de desagregação intrassetorial. Em 2009, estes países representaram 95% do consumo aparente mundial, cerca de 2,7 bilhões de toneladas. As estatísticas tiveram como fonte o World Statistical Review (WSR), uma publicação da European Cement Association (CEMBUREAU). O levantamento de dados de cimento dividiu-se em duas etapas. Primeiramente, obteve-se acesso às estatísticas impressas do WSR através da biblioteca da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), situada em São Paulo. Nesta biblioteca, as estatísticas disponíveis permitiram cobrir dados de produção para os anos entre 1913 e 1997, mas impediam o cálculo de consumo aparente para o período anterior a 1947. A segunda etapa envolveu a aquisição de estatísticas, no formato digital, diretamente da CEMBUREAU para os anos entre 1999 e 2009. Consolidadas as

informações das séries impressa e digital, a série temporal para o consumo aparente abrangeu o período 1947-2009, excetuando os anos de 1990 e 1998 para os quais não foi possível obter informações. Todos os tipos de cimento de construção estão incluídos nas estatísticas levantadas.

As estatísticas de cimento do World Statistical Review estão sujeitas a algumas particularidades. Em alguns países não são computadas as importações de cimento para fins militares e governamentais. Já as reexportações raramente são levadas em conta. Além disso, a presença de mercados negros de cimento, particularmente em algumas economias africanas, também dificulta o cômputo do comércio nas estatísticas oficiais. Em outros países, como nos EUA, Japão, Coreia do Sul e Taiwan, o consumo é calculado diretamente com base nas vendas, ao invés do procedimento usual de cálculo do consumo aparente.

## 5.2 Produção, Comércio e Consumo de Cimento

O cimento<sup>43</sup> é um material amplamente utilizado em diferentes etapas da construção civil. Com utilizações que vão desde concretos, argamassas e pisos a artefatos pré-moldados, é o material de fabricação industrial usado em maior quantidade pela humanidade. Ainda que nos países desenvolvidos o mercado de cimento seja maduro, avanços tecnológicos nas áreas de automação industrial e controle de processo têm favorecido reduções do consumo de energia elétrica e de combustíveis, além de melhorias ambientais, ao passo que o desenvolvimento de cimentos de alto desempenho tem propiciado construções mais sofisticadas e melhor aproveitamento de espaço (ABCP, 2002).

A Tabela 5.1 compara a produção, importação e exportação de cimento em alguns países selecionados. Em países desenvolvidos, como a Alemanha, desde a década de 80, a produção de cimento encontra-se estabilizada em patamares que não ultrapassam 90 milhões de toneladas. Por outro lado, os países recentemente industrializados vêm alcançando níveis de produção cada vez maiores: China (1.650 milhões de toneladas), Índia (187 milhões de toneladas) e Brasil (51 milhões de toneladas) em 2009.

---

<sup>43</sup> O cimento portland comum (cinza) é basicamente composto de calcário e argila que, após serem queimados, resulta no clínquer. Este composto é resfriado, misturado ao gesso e moído, formando diferentes tipos de cimento, dependendo da quantidade de insumos utilizados, dentre eles o CP I (cimento portland comum) e CP II-S (cimento portland comum com adição). Há também o cimento branco que difere do cimento comum pela utilização de caulim no lugar da argila. Trata-se de um material com produção bastante reduzida, mas preço bem superior ao cimento comum (PINHO, 2008).

**Tabela 5.1: Produção, Exportação e Importação de Cimento entre 1947-2009 em Países Seleccionados (mil ton)**

Ano	Brasil	China	Índia	México	Rússia	Coréia do Sul	Taiwan	EUA	Alemanha	Espanha	Mundo*
Produção											
1947	914	n.d	1.872	999	n.d	16	193	31.488	2.977	1.790	86.100
1960	4.444	12.000	7.832	3.090	n.d	464	1.185	56.988	25.845	5.143	314.200
1970	9.003	26.500	13.986	7.180	n.d	5.822	4.541	69.052	37.482	16.536	589.500
1980	27.193	80.000	17.756	16.260	n.d	15.573	14.062	68.243	33.135	29.630	881.100
1992	23.899	308.217	53.720	26.884	61.100	42.650	21.355	70.174	33.226	25.067	1.123.000
2000	39.846	597.000	102.450	32.333	32.388	51.255	17.393	87.846	35.414	38.115	1.661.604
2009	51.414	1.650.000	186.930	37.083	44.261	50.126	15.913	63.929	29.974	29.505	3.033.113
Exportação											
1947	-	-	-	-	-	179	1	1.229	41	75	n.d
1960	3	800	116	1	-	n.d	66	32	953	7	n.d
1970	-	300	153	98	-	546	980	144	1.524	132	n.d
1980	204	1.000	50	250	-	4.351	638	169	1.763	9.938	65.300
1992	60	6.453	1.176	1.266	300	1.720	1.162	747	2.516	2.182	
2000	186	5.957	4.590	2.630	2.025	4.886	2.723	770	3.693	2.160	127.105
2009	380	15.611	5.670	1.076	2.805	4.572	8.174	1.007	7.015	2.837	153.484
Importação											
1947	339	n.d	5	105	n.d	n.d	n.d	1	n.d	n.d	n.d
1960	1	n.d	2	30	n.d	58	17	639	460	14	n.d
1970	328	200	-	3	n.d	n.d	n.d	2.243	943	301	n.d
1980	26	200	2.286	250	n.d	n.d	n.d	4.757	1.650	191	65.200
1992	107	444	n.d	200	1.300	6.100	2.497	6.114	6.766	3.426	n.d
2000	163	1.416	16	107	59	680	3.669	28.189	3.739	5.182	127.997
2009	734	820	2.035	41	1.453	831	2.618	6.767	1.186	2.848	128.200

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011).

\* Até 1971, a Cembureau forneceu somente o total de cimento comercializado, sem fazer distinção entre importações e exportações mundiais.

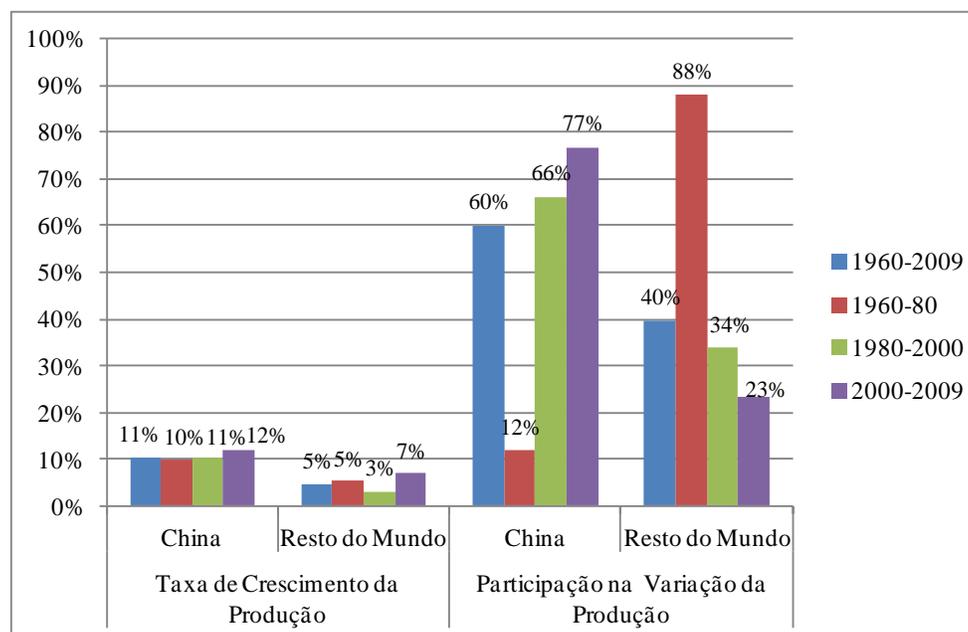
N.d: não disponível.

A produção de cimento nos 59 países analisados por este trabalho cresceu 5,6% ao ano entre 1951 e 2009. Mais do que isso, dobrou na última década, e atingiu 2,9 bilhões de toneladas em 2009. Esta quantidade representou 96,3% da produção mundial que neste último ano foi de 3.033 milhões de toneladas (CEMBUREAU, 1982; 2011). A China é o principal responsável pelo dinamismo recente da produção de cimento. Entre 1992 e 2009, a contribuição chinesa para o aumento da produção mundial foi de 70%. Neste período, a participação do país no total mundialmente produzido passou de 27% para 54%. Comparativamente, a Índia, segundo maior produtor, respondeu por 6,2% do total mundial em 2009. O restante da produção está bastante

distribuído entre os demais países, com participações individuais que não ultrapassam a faixa dos 2%. O Brasil ocupou uma participação de 1,7% sobre o total mundial em 2009, um tanto menor em relação à participação que ocupava em 2000 (2,4%), em grande medida, porque a expansão da produção dos países asiáticos se deu em ritmo bem superior à brasileira.

O Gráfico 5.1 compara as taxas de crescimento da produção na China e no resto do mundo entre 1960 e 2009. Neste período, o dinamismo da produção chinesa caracterizou-se por uma taxa de expansão da produção que foi duas vezes superior ao restante do mundo. Todavia, a principal diferença entre China e os demais países pôde ser notada no período 1980-2000, com taxas de crescimento da produção de cimento que foram de 11% a.a naquela economia contra 3% a.a no resto do mundo. Já entre 2000 e 2009, o crescimento da produção em nível mundial sintetizou taxas de 12% a.a na China, mas de 7% a.a nos demais países. O Gráfico 5.1 ainda apresenta a participação da China e do resto do mundo na variação da produção de cimento. A China aumentou sua participação na variação da produção de 12% entre 1960 e 1980 para 77% entre 2000 e 2009. Em contrapartida, os demais países reduziram sua participação de 88% para 23% no mesmo período.

**Gráfico 5.1: Taxas de Crescimento da Produção e Participação na Variação da Produção - China e Resto do Mundo**



Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011).

Por outro lado, o cimento é um produto muito menos transacionado em escala internacional que outros materiais. A baixa importância do comércio exterior se manifesta na relação entre a quantidade importada e produzida mundialmente, que se manteve, em média, em 5% entre 2007-2009. O maior importador mundial de cimento são os EUA, seguido pelo Iraque, Catar, Vietnã e Itália. Tal como na produção, as importações de cimento também são pouco concentradas, sendo que os 10 maiores importadores respondem por somente 28% das importações mundiais. O comércio exterior de cimento pela China não apresenta o mesmo vigor que seu mercado interno. Em 2009, o país importou 820 mil toneladas, com grande parte da produção abastecendo a demanda interna. De todo modo, as exportações vêm ganhando alguma expressão, com taxas de crescimento de 11,3% a.a. Dentre os principais exportadores estão Turquia, China, Tailândia e Japão, que responderam por 37% da quantidade exportada em 2009. Em especial, a Turquia é o país que domina as exportações mundiais de cimento, com cerca de 17 milhões de toneladas.

Do mesmo modo que a produção, o consumo mundial de cimento aumentou a uma taxa anual de 5,6% no período 1951-2009, mas a taxas ainda maiores (7% a.a) entre 2000 e 2009. Este

boom na demanda mundial é evidentemente motivado pelo espetacular aumento do consumo chinês que não tem paralelo, nem mesmo com países que já ocuparam o posto de maiores demandantes de cimento. Desde 1981, quando superou o Japão, o país galgou uma trajetória ascendente no consumo que, em 2009, já era 20 vezes superior ao daquele ano. Como reflexo, a contribuição chinesa para a expansão do consumo mundial de cimento entre 2002 e 2009 foi de nada menos que 77%, respondendo majoritariamente pelas mudanças observadas na divisão estrutural entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

A Tabela 5.2 ilustra que a participação dos países desenvolvidos no conjunto dos 59 países analisados caiu de 81% em 1947 para 12,5% em 2009, ao mesmo tempo em que o peso das economias em desenvolvimento passou de meros 19% em 1947 para 87,5% em 2009. Os NICs foram responsáveis por grande parte destas transformações, sobretudo a China após 1992. O Brasil, por sua vez, desde meados dos anos 90 vem apresentando uma tendência de redução de sua participação no consumo mundial, com uma fatia de 1,8% em 2009. Note-se que a perda de participação do G-7 foi bastante expressiva entre 1947 e 2009. O Japão, em especial, aumentou sua participação até 1974 (14% do consumo mundial) e posteriormente apresentou reduções acentuadas. Fato semelhante ocorreu na Alemanha que apresentou uma maior participação no consumo mundial nas décadas de 1950 e 1960. Em ambos os casos, o esforço de reconstrução no período do pós-guerra estendeu a fase mais dinâmica do consumo de cimento. Já nos EUA, a participação no consumo mundial do produto segue uma trajetória quase contínua de redução ao longo dos últimos 60 anos.

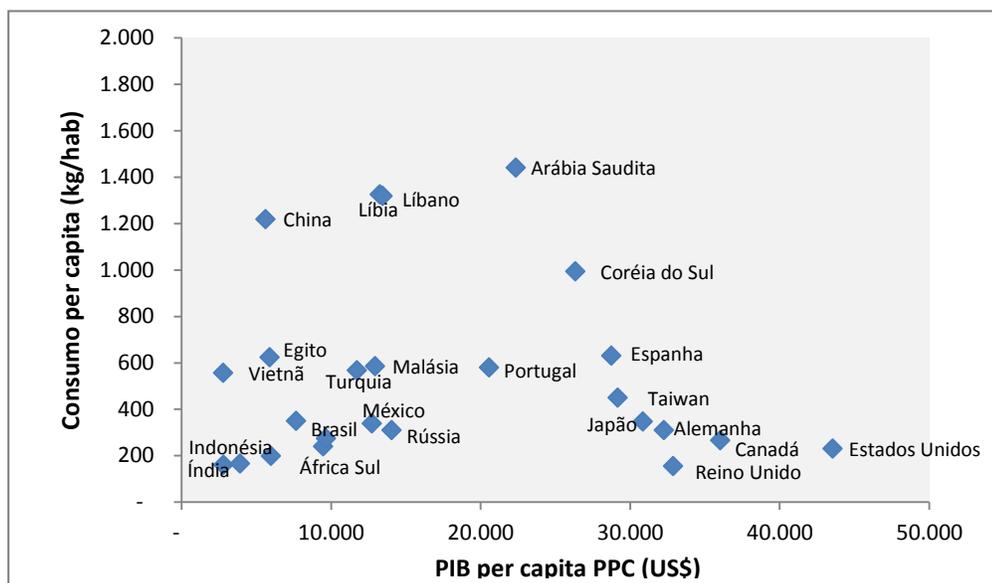
**Tabela 5.2: Consumo Aparente (mil ton) dos 59 Países Analisados e Participação Relativa sobre o Total de Países (%)**

Países	1947	1950	1960	1970	1992	1997	2000	2006	2009
<b>Países desenvolvidos</b>	54.709	83.959	172.481	296.486	421.969	442.071	455.128	488.376	355.698
<i>G-7</i>	49.596	74.102	145.791	243.454	280.316	252.874	298.185	310.282	215.131
EUA	30.260	38.032	54.084	66.747	76.163	70.837	109.527	127.427	70.530
Japão	1.228	3.966	20.808	54.804	82.849	57.135	72.274	58.616	44.308
Alemanha	2.956	9.557	24.012	37.009	36.563	39.912	35.782	28.920	25.384
<b>Países em desenvolvimento</b>	12.821	21.488	58.087	125.957	703.640	970.329	1.093.490	1.959.544	2.498.983
<i>NICs</i>	7.559	11.974	35.287	79.780	569.498	831.422	918.487	1.674.916	2.134.459
China	-	1.410	11.200	26.400	302.713	502.581	591.304	1.218.128	1.622.216
Brasil	1.253	1.780	4.442	9.331	24.101	38.438	39.710	41.027	51.892
<i>Antigos Tigres Asiáticos</i>	192	340	6.802	8.880	70.010	82.754	66.186	62.793	58.846
Total (Países Seleccionados)	67.530	105.447	230.568	422.443	1.125.609	1.412.400	1.548.618	2.447.920	2.854.681
<b>Países</b>	<b>Participação Relativa sobre o Total de Países</b>								
<b>Países desenvolvidos</b>	81,0%	79,6%	74,8%	70,2%	37,5%	31,3%	29,4%	20,0%	12,5%
<i>G-7</i>	73,4%	70,3%	63,2%	57,6%	24,9%	17,9%	19,3%	12,7%	7,5%
EUA	44,8%	36,1%	23,5%	15,8%	6,8%	5,0%	7,1%	5,2%	2,5%
Japão	1,8%	3,8%	9,0%	13,0%	7,4%	4,0%	4,7%	2,4%	1,6%
Alemanha	4,4%	9,1%	10,4%	8,8%	3,2%	2,8%	2,3%	1,2%	0,9%
<b>Países em desenvolvimento</b>	19,0%	20,4%	25,2%	29,8%	62,5%	68,7%	70,6%	80,0%	87,5%
<i>NICs</i>	11,2%	11,4%	15,3%	18,9%	50,6%	58,9%	59,3%	68,4%	74,8%
China	0,0%	1,3%	4,9%	6,2%	26,9%	35,6%	38,2%	49,8%	56,8%
Brasil	1,9%	1,7%	1,9%	2,2%	2,1%	2,7%	2,6%	1,7%	1,8%
<i>Antigos Tigres Asiáticos</i>	0,3%	0,3%	3,0%	2,1%	6,2%	5,9%	4,3%	2,6%	2,1%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011).

### 5.3 Consumo per capita e Intensidade do Uso em Cimento

Os dados de consumo per capita reiteram a importância dos países em desenvolvimento no mercado de cimento. O Gráfico 5.2 traçado com dados de 2009, mostra, por exemplo, que no Brasil o consumo por habitante foi de 274 kg, abaixo da China (1.218 kg/hab) e dos países do Oriente Médio, como a Arábia Saudita (1.440 kg/hab), mas acima do nível do Reino Unido (154 kg/hab).

**Gráfico 5.2: Consumo per Capita de Cimento e PIB per capita em 2009**

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

Nota-se a presença de uma relação positiva entre o PIB per capita PPC<sup>44</sup> e o consumo per capita de cimento, já diagnosticado por outros trabalhos como o de Pinho (2008), que encontrou uma correlação de 0,368 entre o PIB per capita PPC e a média do consumo de cimento por habitante no período 2001-2005. Nos 59 países analisados, a correlação verificada em 2009 foi um pouco maior: 0,546. Este coeficiente relativamente baixo decorre de patamares de consumo per capita similares de países que possuem níveis de desenvolvimento bem diferentes entre si, por exemplo, Alemanha e México. Esta constatação é explicável pelo comportamento da intensidade do uso desse material, cujo pico tem sido alcançado a níveis relativamente baixos de renda per capita (PINHO, 2008).

A Tabela 5.3 apresenta informações sobre os níveis máximos de consumo per capita e de intensidade do uso já atingidos por diferentes países. Logo após a China, que apresentou o valor mais alto para este indicador (0,216 kg/US\$), estão os países do Oriente Médio e do norte da África. Verificam-se nestas regiões grandes investimentos em infraestrutura realizados pelo governo, a expansão de muitos empreendimentos comerciais e um boom na demanda habitacional, impulsionado pela expansão da renda. Os Emirados Árabes é o país que apresenta a maior intensidade do uso já verificada na história do cimento: 7.300 kg/hab em 1976 com um

<sup>44</sup> Estimou-se uma série temporal para o PIB per capita real de cada país convertido pela PPC de 2006. Partiu-se de valores do PIB per capita de um ano base (2006) convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de PPC e das taxas de crescimento real do PIB per capita em unidades de moeda local.

nível de renda que era praticamente o dobro do que atualmente se verifica no país<sup>45</sup> e uma população de somente 598 mil habitantes. Mais recentemente, a renda proveniente da exploração de petróleo e gás natural tem estimulado projetos vultosos, notadamente em Dubai, o principal canteiro de obras do país (IBP, 2009).

Nos países desenvolvidos em geral, a máxima intensidade do uso (0,0465 kg/US\$) foi obtida com um nível de renda, em média, de US\$ 17.228 por habitante. Já em 1956, o Canadá obteve a máxima intensidade do uso (0,0259 kg/US\$), enquanto em 1959, foram os EUA (0,0207 kg/US\$) e em 1964, o Reino Unido (0,0227 kg/US\$). Este comportamento do consumo em que níveis máximos de intensidade do uso de cimento são alcançados a um nível modesto de renda per capita justifica-se pelo fato de ele ser um produto com usos bastante difundidos dentro da construção civil. A construção de residências robustas e duráveis é demandada a níveis de renda logo acima do patamar de subsistência, ao passo que moradias de padrão mais elevado gastam uma menor proporção de seu orçamento em cimento. Por outro lado, a construção da infraestrutura social, viária e de saneamento costuma atingir seu ponto de saturação a níveis de renda per capita inferiores aos encontrados atualmente nos países desenvolvidos (PINHO, 2008).

---

<sup>45</sup> Evidências sobre o processo de distribuição de renda em alguns países árabes a partir dos anos 80 podem ser encontradas em Bonelli (1995).

**Tabela 5.3: Consumo (kg/hab), Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2009**

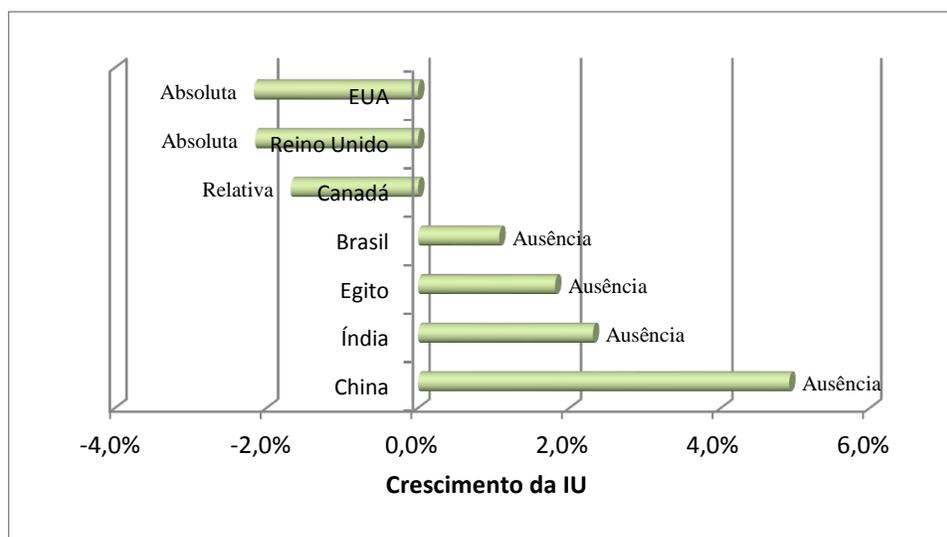
Países	Cimento (1947-2009)					Cimento (1947-2009)				
	CPC*	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2009		IU	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2009	
				CPC	PIB per capita				IU	PIB per capita
China	1.218	5.623	2009	0%	0%	0,2166	5.623	2009	0%	0%
Catar	4.772	75.727	2005	292%	1247%	0,0637	67.329	2004	-71%	1097%
Emirados Árabes	7.300	65.869	1976	499%	1071%	0,1136	37.263	2009	-48%	563%
EUA	433	43.921	2005	-64%	681%	0,0207	15.644	1959	-90%	178%
Austrália	486	35.537	2008	-60%	532%	0,0245	13.402	1964	-89%	138%
Arábia Saudita	2.067	35.189	1983	70%	526%	0,0659	29.674	1984	-70%	428%
Suíça	938	29.230	1972	-23%	420%	0,0321	29.230	1972	-85%	420%
Espanha	1.278	28.839	2006	5%	413%	0,0553	8.858	1969	-74%	58%
Grécia	1.049	27.393	2006	-14%	387%	0,0507	12.339	1972	-77%	119%
Canadá	433	20.898	1974	-64%	272%	0,0259	12.386	1956	-88%	120%
Portugal	1.097	20.426	2001	-10%	263%	0,0548	19.749	2000	-75%	251%
França	593	19.110	1974	-51%	240%	0,0350	15.299	1969	-84%	172%
Alemanha	680	18.548	1972	-44%	230%	0,0392	14.041	1964	-82%	150%
Coréia Sul	1.343	17.734	1997	10%	215%	0,0832	12.272	1991	-62%	118%
Reino Unido	357	16.991	1973	-71%	202%	0,0227	13.765	1964	-90%	145%
Taiwan	1.333	16.548	1993	9%	194%	0,1018	7.347	1980	-53%	31%
Japão	715	15.601	1973	-41%	177%	0,0458	15.601	1973	-79%	177%
Rússia	510	14.084	1991	-58%	150%	0,0393	11.407	1993	-82%	103%
México	346	13.745	2007	-72%	144%	0,0272	11.343	1994	-87%	102%
Argentina	271	10.999	1980	-78%	96%	0,0246	10.999	1980	-89%	96%
Malásia	811	10.467	1997	-33%	86%	0,0775	10.467	1997	-64%	86%
Brasil	274	9.661	2009	-78%	72%	0,0287	8.369	1997	-87%	49%
África Sul	292	9.529	2007	-76%	69%	0,0323	8.713	1973	-85%	55%
Tailândia	622	6.180	1996	-49%	10%	0,1006	6.180	1996	-54%	10%
Egito	624	5.881	2009	-49%	5%	0,1061	5.881	2009	-51%	5%
Jordânia	727	4.982	2007	-40%	-11%	0,1566	4.452	2005	-28%	-21%
Marrocos	463	4.281	2009	-62%	-24%	0,1097	4.131	2008	-49%	-27%
Indonésia	167	3.789	2008	-86%	-33%	0,0450	2.824	1995	-79%	-50%
Índia	160	2.802	2009	-87%	-50%	0,0599	2.638	2008	-72%	-53%
Filipinas	202	2.671	1997	-83%	-52%	0,0756	2.671	1997	-65%	-52%
<i>Média dos Máximos</i>										
PD**	1.017	26.153	1990	-16%	365%	0,0465	17.228	1973	-79%	206%
G-7	575	23.503	1982	-53%	318%	0,0331	14.223	1965	-85%	153%
Máximo CPC	7.300	65.869				0,2166	5.623			

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

\* CPC: Consumo per capita \*\* Países Desenvolvidos

De toda maneira, o padrão evolutivo da intensidade do uso não é responsável por todas as disparidades de consumo per capita de cimento entre os países. As preferências dos consumidores, os custos dos fatores de produção e a disponibilidade e os preços relativos dos materiais são todos fatores que determinam a escolha de determinados materiais em certas regiões. Pinho (2008) cita o caso da demanda por cimento no mercado estadunidense. Em 2005, em pleno *boom* dos investimentos imobiliários nos EUA, o consumo per capita de cimento era 20% inferior ao da Europa Ocidental. A preferência por técnicas construtivas mais intensivas em outros materiais, como estruturas metálicas, madeira e gesso, é um fator determinante da demanda. O gesso é aplicado nas placas como material para as paredes internas, sendo aproximadamente 13 vezes mais utilizado nos EUA do que no Brasil. Além disso, o uso de cimento para argamassa é menos frequente naquele país (PINHO, 2008).

Dentre os países analisados entre 1951 e 2009, somente os EUA e o Reino Unido apresentaram variações negativas do consumo per capita, apontando para a ocorrência de um processo desmaterialização absoluta (Gráfico 5.3). Em 14 países houve expansão do consumo per capita, porém abaixo do ritmo de crescimento do PIB per capita, caracterizando um processo relativo de desmaterialização do cimento. No restante dos países não há evidência de desmaterialização entre aqueles dois anos. Por outro lado, se reduzirmos a análise para um período menor de tempo (1994-2009), o número de países com diminuições do consumo per capita aumenta para 15. Nesse período reduzido de tempo, todavia, análises efetivas sobre o processo de desmaterialização são dificultadas, já que mudanças conjunturais podem afetar sobremaneira a evolução da intensidade do uso no curto prazo. Especificamente neste período encerrado em 2009, os efeitos da crise financeira e econômica, que em vários países afetou particularmente o setor imobiliário, prejudicam a análise com base em um período mais curto.

**Gráfico 5.3: Processo de Desmaterialização em Cimento entre 1951 e 2009**

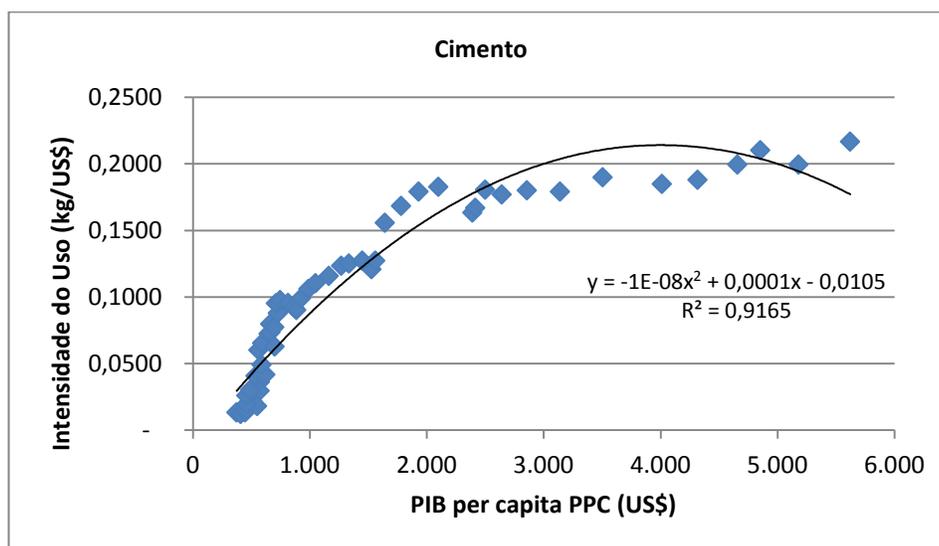
Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

Entretanto, o pico da intensidade do uso de um material, como se sabe, não coincide com o seu consumo per capita máximo. Basta que o consumo por habitante aumente a uma taxa inferior à do aumento da sua renda e, portanto, com intensidade do uso declinante. Disto decorre que, mesmo que alguns países já tenham alcançado a intensidade do uso máxima, o consumo per capita deve apresentar aumentos, à medida que se processa o crescimento da economia (PINHO, 2008). O Gráfico 5.4 ilustra a evolução da intensidade do uso de cimento na China entre 1951 e 2009. O fato de a China ter atingido patamares invulgarmente elevados de intensidade do uso não significa que o consumo per capita de cimento não possa apresentar novos aumentos. Contudo, a China não só superou a intensidade do uso do cimento máxima dos países desenvolvidos, mas também ultrapassou o consumo per capita máximo registrado nesses países.

Um aspecto crucial para a compreensão das perspectivas de crescimento da intensidade do uso de cimento na China diz respeito aos padrões demográficos e de urbanização. Ao longo do período 2000-2010, o índice de urbanização no país saltou de 35% para 45% (WORLD DATABANK, 2010). Em termos médios, os países desenvolvidos obtiveram a máxima intensidade do uso com um índice de urbanização próximo dos 80%. Os padrões demográficos e de urbanização afetam a demanda, embora sua evolução não esteja restrita às taxas de urbanização que, aliás, são definidas de forma muito diferentes de país a país. Os níveis de natalidade e mortalidade populacional, por exemplo, é outro importante indicador que também repercute sobre aqueles padrões. Ainda assim, se o processo de urbanização na China tender a

reproduzir os padrões verificados naqueles países, sem dúvida, este crescimento pode garantir grandes inversões adicionais em habitações e infraestrutura de transporte e volumes significativos de consumo de cimento.

**Gráfico 5.4: Intensidade do Uso (kg/US\$) de Cimento na China entre 1951 e 2009**



Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

#### 5.4 Resultados Econométricos

As estimativas para o setor de cimento estão presentes na Tabela 5.4. Diferentemente do que foi realizado para os demais setores estudados nesta tese, no setor de cimento não foram traçadas estimativas para o painel “export-driven”. O cimento é um material muito pouco transacionado no mercado internacional e uma modelagem econométrica em termos de comércio exterior não compreenderia uma representação da realidade deste produto.

No painel de dados mais abrangente constatou-se que o coeficiente de ajuste ( $R^2$ ) entre intensidade do uso e PIB per capita foi bastante baixo, próximo a zero. No modelo de efeitos fixos, apontado pelo teste de Hausman como sendo o mais adequado em comparação aos demais, os valores assumidos pelos coeficientes foram não significativos. Já no painel mais recente, os coeficientes apresentaram valores mais satisfatórios, com um  $R^2$  de 0,273 (modelo de efeitos fixos).

Embora se verifique um modesto poder explicativo para estes modelos, os resultados apontaram para uma curva com um formato em U invertido, tal como preconizado pela teoria da desmaterialização. No painel mais recente, os testes de especificação indicaram que o modelo de

efeitos fixos apresenta o melhor ajuste dos dados. Nele, nota-se que o pico de máxima intensidade do uso (0,076 kg/US\$) e de máximo PIB per capita (US\$ 63.008) foi relativamente maior do que no painel mais abrangente. Estes resultados são condizentes com aqueles verificados na seção anterior deste capítulo, ou seja, que o período atual tem sido amplamente intensivo em cimento, notadamente atribuído à expressividade do consumo chinês deste produto nos últimos anos.

**Tabela 5.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente e Mais Recente para o Setor de Cimento (Modelo Quadrático Sem Defasagem)**

Estatística	Painel de Dados Mais Abrangente (1947-2009)			Painel de Dados Mais Recente (1999-2009)		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
$\beta_1$	-9,0e-07	1,4e-07ns	9,0e-08ns	-2,5e-06	1,5e-06**	9,44e-08ns
$\beta_2$	7,25e-12	-3e-12ns	-3e-12ns	2,5e-11	-1,2e-11	-3,36e-12ns
constante	0,045491	0,036826	0,038466	0,0744499	0,028118	0,0467227
$R^2$	0,0608	0,0097	0,0058	0,2610	0,2732	0,0106
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,0006			0	
Teste F (Prob>F)		0			0	
Breusch-Pagan (Prob>chi2)			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)		0,0382			0,076	
Ponto de Máx/Min (PIB pc)		19.656			63.008	

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

Em cada painel, somente foram calculados o ponto de máximo (PIB per capita e IU) para os modelos indicados pelos testes de especificação como sendo os mais adequados. Por isto, existem lacunas na tabela.

A Tabela A.6 do Apêndice mostra os resultados obtidos para o modelo na presença de outras variáveis como taxa de urbanização, nível de desenvolvimento econômico e região dos países entre 1960-2009. Este foi o período para o qual se pôde obter informações para a taxa de urbanização dos países, apesar dos dados para o cimento iniciarem-se em 1947. Nota-se pequenos avanços com a inclusão de variáveis adicionais no modelo. Um argumento inspirado no trabalho de Song e Liu (2013) para a indústria de aço na China apontaria a alta densidade demográfica do meio rural chinês e indicaria que, nesse contexto, a urbanização pode ter menos impacto sobre a demanda de cimento.

Ainda assim, os resultados da Tabela A.6 ajudam a fundamentar a Tabela 5.4. No painel mais abrangente, ao considerar o uso adicional de variáveis *dummies* (região e nível de desenvolvimento dos países) e da taxa de urbanização (1960-2009) constataram-se  $R^2$  mais

significativos. No modelo de efeitos fixos, as variáveis binárias foram omitidas, porque este modelo não permite a introdução de variáveis que sejam fixas ao longo do tempo, ao passo que no modelo de efeitos aleatórios os coeficientes das variáveis *dummies* foram pouco significativos. Deste modo, o modelo de mínimos quadrados ordinários (equação 2) seria o mais adequado ao conjunto de dados, expresso por um  $R^2$  de 0,318. A variável binária de desenvolvimento econômico mostrou que a probabilidade dos países em desenvolvimento terem uma intensidade do uso maior que os países desenvolvidos é de 0,7%. Ademais, a intensidade do uso variou positivamente com a taxa de urbanização dos países, sendo que a variação da taxa urbanização em relação à intensidade do uso de cimento foi estimada em 3,5%. De modo geral, as estimativas para as *dummies* de região sintetizaram resultados já obtidos no decorrer deste trabalho: a intensidade do uso do cimento em alguns países da Ásia, do Oriente Médio e da África é bem mais elevada que a dos países da América Norte e da Europa Ocidental.

## 5.5 Conclusões

Mesmo não sendo caracterizado pelo dinamismo tecnológico, o cimento possui usos relativamente variados. A ausência de bons substitutos para este material, aliada ao fato de representar uma pequena parcela do custo de produção do segmento de edificações, é uma explicação para a demanda apresentar uma baixa elasticidade-preço no curto prazo. Soma-se a isto, o fato do seu consumo ser, em geral, pouco dependente da ocorrência de comércio exterior. Com efeito, salvo alguns países, para os quais o comércio de cimento é relevante, as importações e exportações representam uma participação reduzida do consumo aparente deste produto, sobretudo por conta custos de transporte altos em relação ao seu baixo valor unitário. Assim, por ser um produto de uso relevante em obras de infraestrutura e muito pouco comercializado no mercado internacional, os países, notadamente aqueles em desenvolvimento, tendem a produzi-lo dentro de suas fronteiras.

O comportamento da demanda de cimento parece refletir não somente o nível de renda per capita, mas também o ritmo e as características do crescimento econômico, como o peso dos investimentos em infraestrutura, as taxas de crescimento da construção civil e os padrões de construção adotados (ROCHA et al, 2009). De toda maneira, o exame dos resultados econométricos revelou que a relação entre intensidade do uso e renda per capita pode ser expressa

em termos de uma curva em U invertido tanto no painel mais abrangente quanto no painel mais recente.

A expansão do consumo aparente entre 1959 e 2009 nos 59 países que compuseram a análise setorial sobre o cimento foi de 5,6% anuais, uma taxa superior ao crescimento do PIB mundial no período (3,5% a.a). Esta diferença se ampliou no período 2000-2009, porque o crescimento do consumo aparente nestas economias chegou a atingir 7% anuais. Este aumento está atrelado à crescente participação dos países de industrialização recente em um mercado no qual a China se destaca como consumidora predominante, nada menos que 1,6 bilhões de toneladas de cimento em 2009. Nesse contexto, torna-se fundamental compreender o potencial da demanda de cimento nestes países.

A análise da intensidade do uso mostrou que os países desenvolvidos obtiveram uma máxima intensidade do uso (0,0465 kg/US\$) com um nível de renda bastante baixo (US\$ 17.228 kg/US\$). Este comportamento é compreensível porque o cimento é um material que se presta a usos básicos, realizados em larga medida, em estágios iniciais de desenvolvimento econômico. Países recentemente industrializados, como a China, Egito e Malásia já obtiveram níveis de intensidade do uso superiores aos das economias avançadas. Todavia, no Egito e na Malásia haveria maiores espaços para o crescimento da demanda por cimento do que na China, sobretudo porque seus níveis de consumo per capita são mais reduzidos do que na economia chinesa. A China, além de já ter superado o pico de máxima intensidade do uso, ultrapassou até mesmo o consumo per capita máximo registrado nos países desenvolvidos. A razão para que o nível de consumo da China se situe atualmente acima da “curva teórica” enquanto em outros países de industrialização recente, dentre eles o Brasil, se situa abaixo está relacionada às maiores taxas de investimento em infraestrutura no país. Com investimentos elevados em infraestrutura, tudo o mais constante, haveria grandes estímulos para o consumo de cimento (PINHO, 2008).

## Capítulo 6

### DEMANDA E INTENSIDADE DO USO DE ALUMÍNIO

Este capítulo dedica-se à análise do dinamismo da demanda mundial por alumínio. O uso deste metal deve-se a características como baixa densidade em comparação ao aço, resistência à corrosão e boa condutividade térmica e elétrica. Estes aspectos favorecem a utilização do alumínio em diversos setores, como construção civil, embalagens e transportes.

O alumínio tem vivenciado aumentos expressivos de produção e consumo, balizados pelo crescimento dos mercados em países em desenvolvimento. A expansão do consumo chinês foi o principal fator de dinamização do mercado mundial de alumínio na década passada, caracterizado por um comportamento do consumo per capita e da intensidade do uso fora do padrão na maioria dos demais países. Dado o posicionamento na curva de intensidade do uso, ainda espera-se na China, mas também em outros países de industrialização recente, avanços consideráveis no consumo de alumínio. Por outro lado, a análise em algumas economias desenvolvidas indica que o consumo per capita deste material apresenta uma tendência a crescer a taxas inferiores às da renda per capita, configurando uma situação de desmaterialização relativa.

#### 6.1 Aspectos Metodológicos

A base de dados de consumo de alumínio foi composta por um conjunto de 40 países durante um período de 45 anos (1965-2010). As estatísticas referem-se exclusivamente ao alumínio primário, produto obtido através do processamento sucessivo da bauxita e da alumina, por meio de uma série de processos químicos<sup>46</sup>. Em 2010, o consumo mundial de alumínio foi de 42.385 mil toneladas. Em termos de renda nacional, este conjunto de países representou 85% do PIB mundial (MADDISON, 2010; FMI, 2010; WORLD DATABANK, 2011).

As informações para a montagem da base de dados foram obtidas nos anuários da Associação Brasileira de Alumínio (ABAL) e de instituições internacionais, como o World Bureau of Metal Statistics (WBMS), por meio de visitas às bibliotecas da ABAL e da Associação

---

<sup>46</sup> O processo de obtenção do alumínio tem início na mineração da bauxita, sucedida pelo seu beneficiamento. A bauxita beneficiada segue para a refinaria, onde passa por tratamento químico para a extração das impurezas, dando origem a um produto intermediário denominado alumina. A etapa seguinte consiste em transformar a alumina em alumínio primário, na forma metálica, por meio da eletrólise. Em geral, necessita-se de pouco mais de 5 kg de bauxita para produzir 1 kg de alumínio (CARDOSO et al, 2011). Já no processo de laminação, os lingotes de alumínio são conformados em fios, chapas, com espessuras variadas, dependendo da aplicação.

Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração (ABM), localizadas em São Paulo<sup>47</sup>. Foi possível observar a existência de pequenas divergências entre os dados da ABAL e do WBMS. Isso se deve ao fato destas instituições utilizarem fontes diferentes para a composição de suas estatísticas. Todavia, essas divergências não se mostraram significativas e os anuários da ABAL foram tomados como principal referência para a tabulação dos dados.

Algumas lacunas na base de dados foram significativas, pois não foram encontradas informações para um conjunto de países, a saber, Rússia, Emirados Árabes Unidos, Islândia e Moçambique. Nestes países, a produção de alumínio foi superior a 500 mil toneladas no ano de 2010, constituindo importantes produtores mundiais deste material. Ademais, existem lacunas em um intervalo de tempo para Taiwan (1986-2005) e Portugal (1993-2003). Destaca-se também que foi necessária a exclusão de Bahrain, um importante produtor de alumínio, mas para o qual os dados foram insuficientes para compor uma série histórica para o consumo no país.

A ABAL não fornece dados para o total mundial de consumo aparente de alumínio, pois as estatísticas não estão restritas ao consumo de alumínio primário, o que dificultou estimar a representatividade do conjunto de países que compuseram a análise sobre o consumo mundial. Em alguns países analisados, como Eslovênia, Japão, Ucrânia, Polônia e Romênia, as estatísticas de consumo incluíram alumínio secundário, ligas primárias e tarugos. Trata-se de um viés dos dados para uma parcela de países, porém significativa em termos de quantidade mundial.

A existência de processos secundários de obtenção do alumínio por reciclagem permite que a sucata de alumínio possa ser empregada em vários segmentos. A reciclagem do alumínio tem sido uma atividade relevante para muitos países. A relação entre sucata recuperada e o consumo de alumínio é particularmente importante para o Reino Unido, Itália e Espanha cuja relação é superior 40%. Este trabalho enfocou, contudo, somente dados de alumínio primário, com exceção do conjunto de países mencionados anteriormente, para os quais os dados de alumínio secundário estavam agregados aos de alumínio primário. Esta delimitação metodológica deveu-se à operação em escala muito menor do alumínio secundário, dada a dificuldade de ter acesso aos dados dos recicladores deste material.

---

<sup>47</sup> O levantamento e tabulação de dados para o setor de alumínio contou com o apoio de Luís Felipe Borges Junqueira, bolsista de iniciação científica da FAPESP que desenvolveu seu projeto no mesmo departamento da presente discente.

## 6.2 Consumo e Intensidade do Uso em Alumínio

O alumínio tem aplicações variadas em diferentes setores de atividade. Produtos laminados, fundidos e forjados são utilizados no setor de transportes e na produção de máquinas e equipamentos e os extrudados são destinados, principalmente, à construção civil. De forma sucinta, o uso do alumínio no setor de transportes permite reduzir aumentar a eficiência energética e, eventualmente, o desempenho, por conta do seu menor peso específico em comparação ao aço. Características como resistência física e resistência à corrosão favorecem sua utilização em estruturas na indústria naval. Na construção civil, o uso crescente deste material é atribuído à sua elevada durabilidade e conservação, servindo como componente estrutural em substituição ao aço. No segmento de embalagens, impermeabilidade, opacidade e facilidade para a fabricação de moldes e lâminas são propriedades importantes que possibilitam substituir o vidro e o plástico. Por fim, no setor elétrico, o alumínio encontra aplicação em fios e cabos, com uma condutibilidade que é três vezes maior que a do aço. Embora tenha uma condutibilidade elétrica 60% inferior à do cobre, o alumínio vem ocupando espaço como substituto deste material, porque seu menor peso específico permite maior intervalo entre torres de alta tensão, reduzindo custos de instalação (CARDOSO et al, 2011)<sup>48</sup>.

Entre 1965 e 2010, o crescimento do consumo aparente de alumínio primário para o conjunto de economias analisadas foi de 4,5% a.a.<sup>49</sup>. O Gráfico 6.1 ilustra a evolução do crescimento do consumo aparente e do PIB mundial. Após uma expansão vigorosa na demanda por alumínio na década de 70 (5,3% a.a), bem acima da média de expansão do PIB mundial (3,9% a.a), nos anos 80 o ritmo de crescimento foi similar ao da atividade econômica (3,1% a.a). Dos 40 países analisados no setor, ao menos 17 deles reduziram as taxas de crescimento do consumo de alumínio neste período. Esta desaceleração da demanda pode ser atribuída aos efeitos da segunda crise do petróleo, que pressionou fortemente os custos de produção de uma indústria que é muito intensiva em energia (BARRY, 1990).

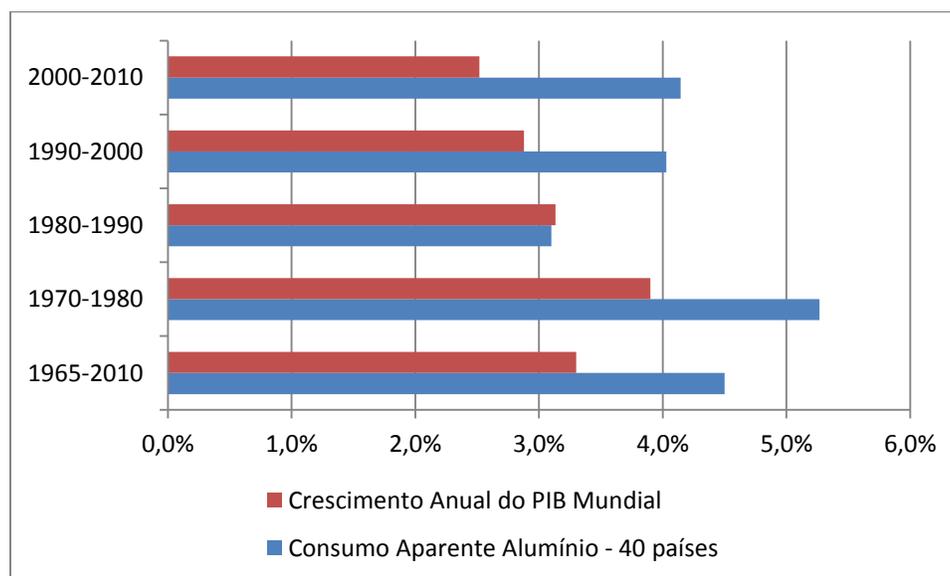
---

<sup>48</sup> Segundo Cardoso et al (2011), o alumínio possui ainda aplicações alternativas relevantes, como produção de explosivos, combustível sólido para foguetes, ânodo de sacrifício (utilizado em embarcações e plataformas de petróleo) e em processos de aluminotermia para obtenção de metais, como o estanho.

<sup>49</sup> Em 2011, a produção mundial de alumínio foi de 44.400 mil toneladas, com a China sendo responsável por 40% deste total. A Rússia foi a segunda maior produtora (3.992 mil de toneladas) e o Canadá o terceiro, com 6,7% do total mundial. O Brasil produziu 1.440 mil toneladas, sendo o sexto maior produtor (U.S GEOLOGICAL SURVEY, 2012).

Nas décadas posteriores, o alumínio ampliou seus usos, sobretudo em veículos automotores. Na década de 90, esses novos mercados favoreceram o consumo aparente que cresceu a 4% anuais, bem acima do PIB mundial (2,9% a.a). A partir de 2002 ocorreu um período de alta quase ininterrupta dos preços do alumínio. Impulsionados pelo aumento do consumo da China - que apesar de ser importante produtora de alumínio, recorreu a grandes volumes de importação - os preços se alçaram acima de US\$ 3.000 por tonelada. A crise mundial deflagrada neste ano fez com que os preços do alumínio recuassem no início de 2009 aos patamares mais baixos em dez anos. No entanto, com a recuperação subsequente, as cotações voltaram a se elevar, atingindo valores próximos de US\$ 2.500/tonelada no início de 2011.

**Gráfico 6.1: Evolução do Crescimento do Consumo Aparente de Alumínio e do PIB Mundial entre 1965 e 2010**



Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Dentre os principais consumidores mundiais de alumínio primário estão China, Estados Unidos, Japão, Alemanha, Índia e Coreia do Sul<sup>50</sup>. Em 2010, 32% do consumo total de alumínio nos Estados Unidos foram destinados ao setor de transportes, 24% ao segmento de embalagens e

<sup>50</sup> Em termos de produção, após a Segunda Guerra Mundial, dois grandes grupos de países têm se destacado. A bauxita passou a ser extraída principalmente em países tropicais em desenvolvimento, como Guiana, Guiné, Jamaica e Suriname, enquanto a produção de alumínio concentrou-se em regiões com maior disponibilidade de energia elétrica, notadamente na América do Norte e Europa. Posteriormente, a alumina começou a ser refinada também nos países ricos em bauxita, configurando um grupo de países com produção integrada, dentre eles Brasil e Austrália (BARRY, 1990).

13% ao setor de construção civil. No mesmo ano, na Europa Ocidental, o setor de transporte respondeu por 28% do consumo total de alumínio, e no Japão, 46%, enquanto em embalagens estas porcentagens foram de 8,5% na Europa Ocidental e 12% no Japão. Constatou-se, portanto, que o consumo de alumínio é particularmente expressivo na indústria automobilística dos países centrais (ABAL, 2011; CARDOSO et al, 2011).

Já no Brasil, o consumo aparente tem crescido a taxas de 7,3% a.a desde o início da década de 90. O segmento de embalagens é o maior demandante deste material (30% do total consumido em 2010) e tem sido responsável pelo significativo incremento da capacidade instalada de laminados no país, a fim de atender um consumo de mais de nove bilhões de latas por ano. Ao mesmo tempo, verifica-se crescente utilização de alumínio na indústria de transportes, que participa com 21,5% no total consumido, notadamente em peças fundidas de veículos automotores. A média de consumo de alumínio por veículo no país é de 45 kg, abaixo do padrão dos Estados Unidos (128 kg) e da Europa (100 kg). Nos países em desenvolvimento, o uso automotivo do alumínio se concentra apenas nos modelos mais caros, em que o maior preço do alumínio acaba sendo menos importante (ABAL, 2011; ABAL, 2012; XAVIER, 2012).

A demanda chinesa de alumínio respondeu por 45% da demanda mundial em 2010, porcentagem bem acima daquela verificada em 2000 (13%). O país quintuplicou o nível de consumo aparente neste período. Com isto, tem sido crescente o estímulo à produção de alumínio e de bauxita voltadas, em grande medida, para o mercado interno (CARDOSO et al, 2011). A bauxita provém da produção e de importações, já que são escassas na China reservas de qualidade. A Índia também vem apresentando forte aumento do consumo de alumínio (8% a.a desde 1990), alcançando 2.072 mil toneladas anuais em 2010.

A Tabela 6.1 elenca os principais países desenvolvidos consumidores de alumínio, bem como algumas economias de industrialização recente. Ademais, os níveis de PIB per capita<sup>51</sup> mundial associados aos máximos consumos per capita e de intensidade do uso de alumínio e as diferenças destes máximos em relação à China em 2010. A análise do consumo per capita dos países em desenvolvimento revela que seus níveis são ainda muito inferiores aos dos países desenvolvidos. Enquanto o Brasil e a China apresentaram até 2010 um consumo anual per capita

---

<sup>51</sup> Estimou-se uma série temporal para o PIB per capita real de cada país convertido pela PPC de 2006. Partiu-se de valores do PIB per capita de um ano base (2006) convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de PPC e das taxas de crescimento real do PIB per capita em unidades de moeda local.

máximo de 6,6 kg/hab e de 14,2 kg/hab, respectivamente, nos EUA o máximo consumo per capita chegou a 35 kg/hab em 1999.

**Tabela 6.1: Consumo (kg/hab), Intensidade do Uso (kg/US\$) e PIB per capita (US\$) Máximos e Diferença Percentual em Relação à China em 2010**

Países	Alumínio (1965-2010)					Alumínio (1965-2010)				
	CPC*	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2010		IU	PIB per capita	Ano	Δ% em relação China em 2010	
				CPC	PIB per capita				IU	PIB per capita
China	14,2	6.176	2010	0%	0%	0,0023	6.176	2010	0%	0%
Noruega	87,2	49.960	2007	513%	709%	0,0017	49.960	2007	-26%	709%
EUA	35,1	39.512	1999	147%	540%	0,0012	23.464	1973	-48%	280%
Japão	34,3	31.361	2005	141%	408%	0,0012	23.621	1988	-48%	282%
Suécia	37,9	35.932	2007	166%	482%	0,0011	35.932	2007	-52%	482%
Itália	32,0	29.919	2007	125%	384%	0,0011	29.455	2006	-52%	377%
Espanha	31,9	29.840	2007	124%	383%	0,0011	27.041	2004	-52%	338%
Coréia Sul	31,5	27.875	2010	122%	351%	0,0011	23.789	2005	-52%	285%
Canadá	31,5	32.565	2000	122%	427%	0,001	30.133	1998	-57%	388%
Alemanha	30,9	33.334	2007	117%	440%	0,001	26.672	1991	-57%	332%
Taiwan	27,4	28.014	2006	93%	354%	0,001	6.935	1979	-57%	12%
Reino Unido	25,6	33.878	2006	80%	449%	0,0008	31.512	2003	-65%	410%
França	22,3	29.435	2000	57%	377%	0,0008	29.435	2000	-65%	377%
Suíça	29,2	40.373	2010	105%	554%	0,0007	34.043	1989	-70%	451%
Portugal	15,2	20.772	2005	7%	236%	0,0007	20.549	2004	-70%	233%
México	9,0	13.757	2008	-37%	123%	0,0007	12.810	2004	-70%	107%
Turquia	8,8	12.611	2010	-38%	104%	0,0007	12.441	2008	-70%	101%
Brasil	6,6	10.294	2010	-53%	67%	0,0006	9.768	2008	-74%	58%
África Sul	4,8	8.059	1998	-66%	30%	0,0006	7.729	1996	-74%	25%
Índia	1,8	3.007	2010	-88%	-51%	0,0006	3.007	2010	-74%	-51%
Argentina	5,3	12.965	2007	-63%	110%	0,0004	10.067	1972	-83%	63%
<i>Média dos Máximos</i>										
PD**	31,6	31.523	2005	122%	410%	0,0010	27.395	1997	-55%	344%
G-7	30,2	32.858	2003	113%	432%	0,0010	27.756	1994	-56%	349%
Países Ricos em Minério de Alumínio (Bauxita)	15,5	18.716	2004	9%	203%	0,0010	13.365	1995	-55%	116%
Máximo CPC	87,2	49.960				0,0023	6.176			

Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010), World Databank (2011) e U.S Geological Survey (2012b).

\* CPC: Consumo per capita

\*\* Países Desenvolvidos

Com base nos dados do U.S Geological Survey (2012), dentre os 40 países analisados no setor de alumínio, foi possível destacar aqueles considerados ricos em bauxita: EUA, Austrália,

Brasil, China, Índia, Venezuela e Grécia. A média dos máximos do consumo per capita de alumínio nestes países (15,5 kg/hab) foi duas vezes inferior à média dos países desenvolvidos (31,6 kg/hab), mas acima do máximo consumo verificado em economias recentemente industrializadas. Já o diferencial entre o máximo consumo registrado nos países desenvolvidos e o consumo da China em 2010 foi de 122%.

Todos os países recentemente industrializados presentes na Tabela 6.1 apresentaram níveis de consumo per capita de alumínio menores aos da economia chinesa. A diferença entre o nível de consumo per capita da China e os demais NICS tornou-se particularmente relevante a partir de 2002. Com taxas de crescimento do consumo per capita de 18% a.a desde 2002, neste ano o país superou o consumo por habitante do Brasil (3,9 kg/hab), em 2003, o da África do Sul (4 kg/hab) e, em 2007, o consumo mexicano (8,7 kg/hab).

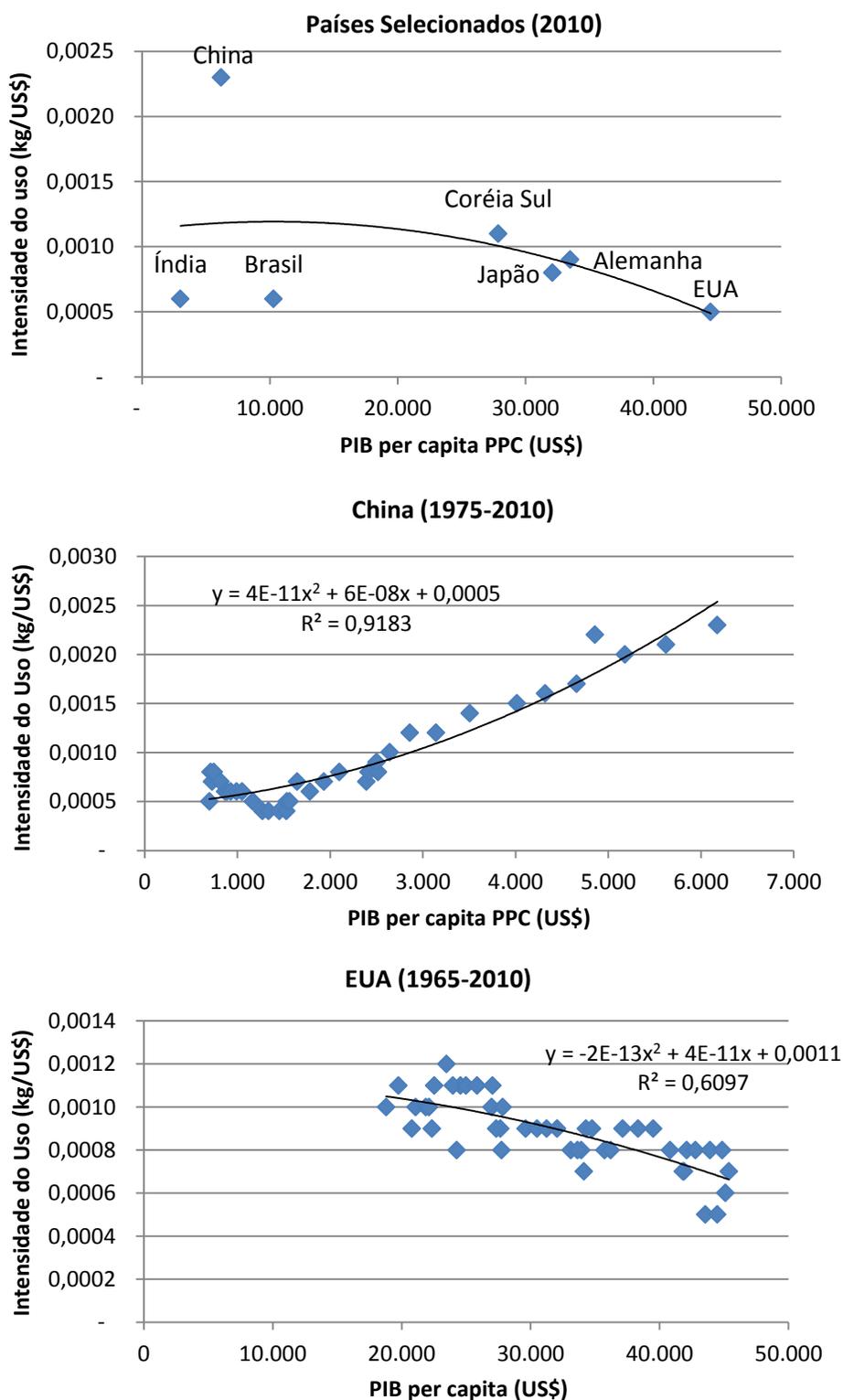
Por outro lado, a análise da intensidade do uso no conjunto de países revela um aumento até meados da década de 70, sucedido por um declínio temporário. Na década de 90, esta redução pode ser atribuída à crise que caracterizou a transição das economias centralmente planejadas para economias de mercado. Mais recentemente, observou-se uma aceleração do crescimento da intensidade do uso de alumínio, incentivada pela rápida industrialização de países emergentes.

O maior nível de intensidade do uso em alumínio primário já verificado na China (0,0023 kg/US\$) ocorreu em 2010. Esse valor é superior à média das máximas intensidades do uso já registradas no G-7 (0,0010 kg/US\$). Temporalmente, coincide com taxas de formação bruta de capital fixo de 48% em relação ao PIB do país. Em outras economias emergentes, como o Brasil e a Argentina essa taxa não chega a 24% (WORLD DATABANK, 2011). Diferentemente, a intensidade do uso na Índia e no Brasil é quatro vezes menor à da economia chinesa, correspondendo a 0,0006 kg/US\$, o que indica posicionamentos contrastantes na curva de intensidade do uso do alumínio. Entretanto, com um ritmo de expansão da intensidade do uso em alumínio que foi o dobro do Brasil entre 1990 e 2010, a Índia tenderia reduzir este diferencial mais rapidamente do que a economia brasileira.

O Gráfico 6.2 é uma representação da curva de intensidade do uso de alumínio em diferentes economias. A curva para os países selecionados foi aproximada com base em dados de IU de alumínio primário no ano de 2010, ao invés de empregar séries históricas para um único país. Ao contrário, as curvas específicas para a China e os EUA retratam a evolução ao longo dos anos da intensidade do uso deste material. Um reflexo do aquecimento da demanda na China nas

últimas décadas é o posicionamento diferenciado ocupado pelos demais países na curva de intensidade do uso em 2010. Nas etapas iniciais da curva de IU do alumínio situam-se países que mais recentemente deram margem ao seu processo de industrialização e nas etapas mais avançadas estão países com elevado nível de desenvolvimento econômico. De modo semelhante, a curva específica para a China apresenta uma inclinação positiva (etapa inicial da curva), enquanto nos EUA o formato é descendente (etapa avançada da curva de alumínio). O pico de máxima intensidade do uso foi obtido nos EUA em 1973, mas na economia chinesa o gráfico sugere que esta máxima possa assumir um nível ainda maior que o de 2010.

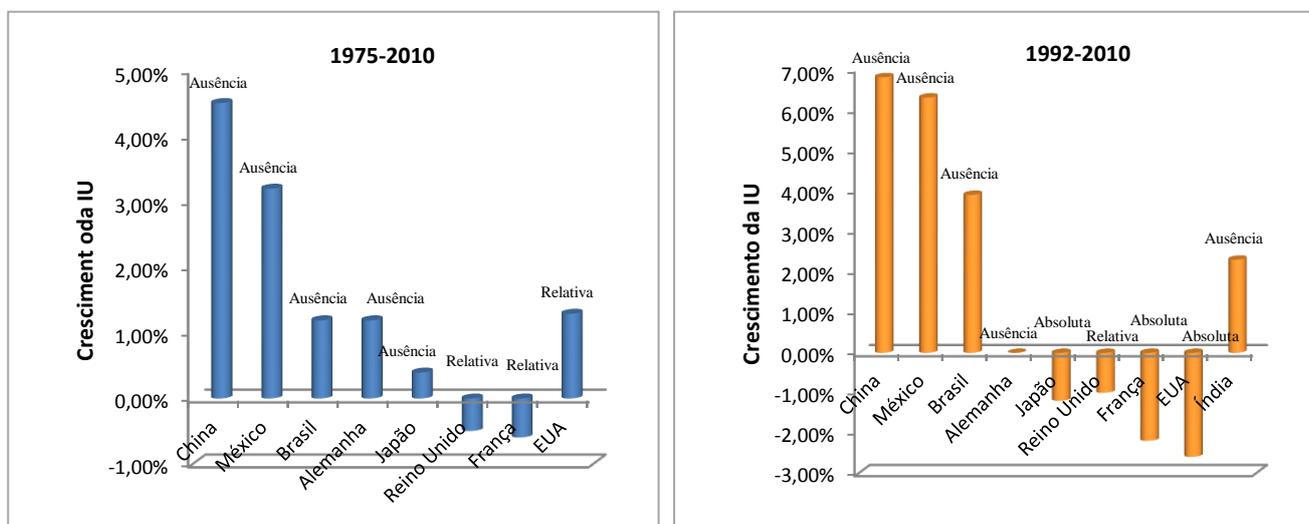
Gráfico 6.2: Intensidade do Uso em Alumínio em Diferentes Economias



Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

O processo de desmaterialização em alumínio revela-se menos pronunciado que nos demais materiais analisados por esta tese. No período 1975-2010, nenhum país apresentou uma tendência de redução absoluta da relação consumo per capita/PIB per capita (ou seja, variações negativas na intensidade do uso de alumínio), mas França, EUA e Japão apresentaram taxas de variação negativa para a intensidade do uso em um período menor de análise. O efeito de variações negativas no consumo per capita sobre a intensidade do uso de alumínio tende a ser menor no longo prazo, mas um impacto maior em um período menor de tempo. O Gráfico 6.3 mostra que no período 1992-2010 verificou-se nos EUA uma variação negativa da intensidade do uso de -2,6% a.a, França (-2,2% a.a) e Japão (-1,2% a.a). No restante do conjunto de países analisados, a ausência de desmaterialização esteve acompanhada pelo crescimento do consumo per capita acima do crescimento da renda por habitante. De todo modo, as perspectivas de utilização do alumínio apontam para uma desmaterialização mais tênue, quando comparada com outros materiais, como cimento e aço, porém perceptível na maioria dos países desenvolvidos.

**Gráfico 6.3: Processo de Desmaterialização em Alumínio**



Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Todavia, não se pode deixar de mencionar a crescente importância do alumínio secundário (recuperação da sucata) no mercado mundial de alumínio, embora a base de dados para alumínio não tenha englobado este tipo de material. Em qualquer forma em que se apresente, o alumínio é passível de ser reciclado, sejam sobras do processo de fabricação, sejam produtos cuja vida útil esgotou-se, podendo ser fundidos e empregados na manufatura de novos

produtos. Em 2010, a produção de alumínio secundário representou 28,3% do consumo no mundo. A Tabela A.7 do Apêndice mostra dados para a relação entre sucata recuperada e consumo doméstico de países selecionados nos relatórios estatísticos da ABAL. O Reino Unido evidenciou a maior relação entre sucata recuperada e consumo doméstico (45,4%), seguido da Itália (43,1%) e dos EUA (38,8%) (ABAL, 2011). O Brasil, por sua vez, apresentou uma relação de 35,4% em 2010, sendo o país com a maior taxa de reciclagem de latas de alumínio para bebidas. Em 2010, 239,1 mil toneladas de latas comercializadas foram coletadas, o que correspondeu a 97,6% do total (ABAL, 2011). Em muitos países, a importância relativa da produção secundária de alumínio vem aumentando desde 1984, o que reforça as peculiaridades deste material, mas não muda a tônica já verificada de desmaterialização tênue em economias desenvolvidas.

### **6.3 Resultados Econométricos**

As estimativas das regressões em painel de dados permitiram comprovar um formato em U invertido para a curva de intensidade do uso (Tabela 6.2). No painel de dados mais abrangente, composto por 40 países ao longo de 45 anos (1965-2010), o teste de especificação de Hausman indicou que o modelo de efeitos aleatórios apresenta o melhor ajuste aos dados. O termo do erro e os regressores não apresentaram correlação e, portanto, não foi possível rejeitar o modelo com efeitos aleatórios em favor do modelo de efeitos fixos. A máxima intensidade do uso foi obtida com 0,0008 kg/US\$ ao nível de PIB per capita de US\$ 34.375. No Gráfico 6.4 é possível observar graficamente os resultados obtidos para o painel mais abrangente e para o painel mais recente.

**Tabela 6.2: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” no Setor de Alumínio (Modelo Quadrático Sem Defasagem)**

Estatística	Painel de Dados Mais Abrangente (1965-2010)			Painel de Dados Mais Recente (2000-2010)			Painel para Países com Crescimento “Export-Driven” (1965-2010)		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
$\beta_1$	2,13e-08	4,71e-08	4,51e-08	1,23e-08	4,0e-08ns	1,37e-09 ns	-2e-08*	1e-07 ns	1,21e-07
$\beta_2$	-1,77e-13	-6,92e-13	-6,56e-13	-8e-14 ns	-3e-13	-1,91e-14 ns	1,1e-12	-3e-12 ns	-2,6e-12
constante	0,0002376	-8,64e-06ns	2,56e-05ns	0,0004427	-7e-05	0,0003556*	0,000694	-3e04 ns	-1,4e04 ns
$R^2$	0,2686	0,3180	0,3192	0,0960	0,1476	0,1448	0,1455	0,5157	0,5154
Teste de Hausman			0,0235		0			***	
Teste F (Prob>F)		0			0			0	
Breusch-Pagan			0			0			0
Ponto de Máx/Min (IU)			0,0008		0,0012			0,0012	
Ponto de Máx/Min (PIB pc)			34.375		67.166			22.222	

Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

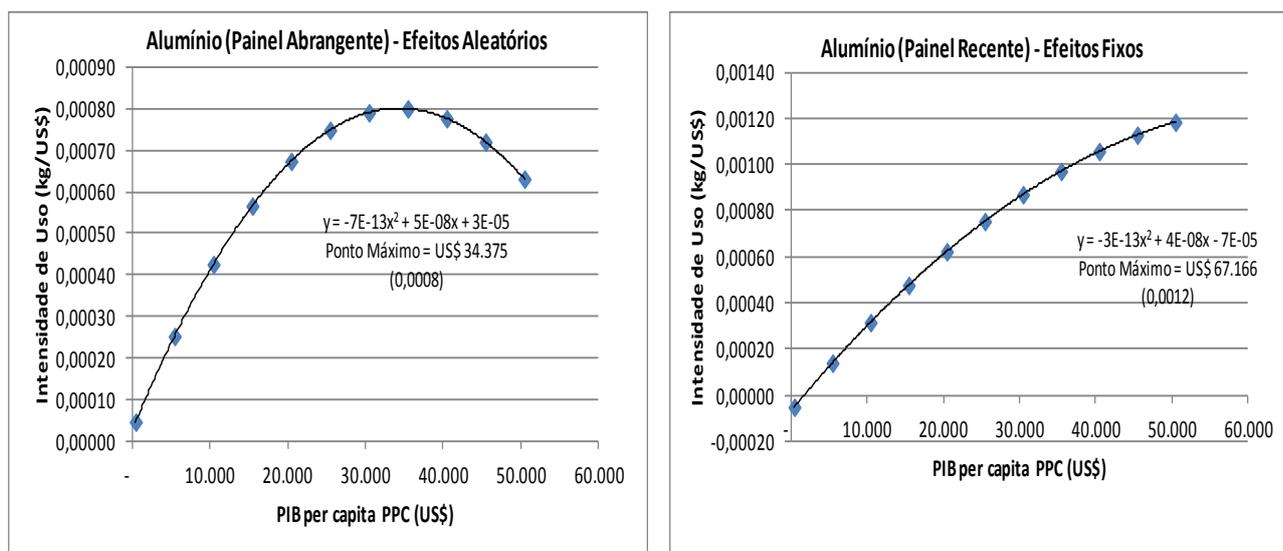
\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

Em cada painel, somente foram calculados o ponto de máximo (PIB per capita e IU) para os modelos indicados pelos testes de especificação como sendo os mais adequados. Por isto, existem lacunas na tabela.

No painel composto por países “export-driven”, 51,5% da variação na intensidade do uso é explicada por mudanças no nível de renda per capita, embora os coeficientes constante, linear e quadrático do modelo tenham se mostrado não significativos<sup>52</sup>. A hipótese de que o comércio indireto de produtos de alumínio poderia promover uma maior intensidade máxima do uso deste material em países com crescimento direcionado para exportações foi constatada pela elevada intensidade do uso neste painel (0,0012 kg/US\$) em relação ao mais abrangente. Esta máxima intensidade do uso seria obtida com um menor nível de renda per capita (US\$ 22.222).

<sup>52</sup> Em um modelo quadrático, o coeficiente  $\beta_1$  precisa ser positivo e significativo, enquanto o coeficiente estimado  $\beta_2$  deve ter o sinal negativo e significativo. Em relação ao nível de significância, se o p-valor é menor que o nível de significância proposto (1%, 5% ou 10%), a probabilidade de obter um valor da estatística de teste como o observado é muito improvável, levando assim à rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ).

**Gráfico 6.4: Curva de Intensidade do Uso em Alumínio (Regressão em Painel)**



Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Por sua vez, o painel de dados mais recente também foi composto por 40 países, mas para um período de somente 10 anos (2000-2010). Os testes de Hausman, teste F e de Breusch-Pagan<sup>53</sup> apontaram uma melhor adequação do modelo de efeitos fixos, indicando que o crescimento da intensidade do uso em alumínio estaria associado a efeitos não observados no modelo em virtude da heterogeneidade dos países. Estes efeitos não observados são captados na variável constante do modelo de efeitos fixos. Como no painel “export-driven”, observou-se uma máxima intensidade do uso no painel mais recente (0,0012 kg/US\$) superior ao mais abrangente, o que sugere que a intensificação da demanda por alumínio nos últimos anos. Ainda assim, os resultados obtidos estiveram associados a um  $R^2$  não expressivo (0,147).

Algumas das variáveis não observadas no modelo de efeitos fixos (painel recente) que poderiam influenciar o modelo são a taxa de urbanização, o nível de desenvolvimento e a região em que os países se situam. Deste modo, realizou-se um exercício de inclusão de variáveis *dummies* ao modelo quadrático<sup>54</sup>. É relevante mencionar que as modificações nos padrões de urbanização afetam a estrutura da demanda, mas sua evolução não está restrita às taxas de urbanização que são definidas de forma muito distintas entre os países. A Tabela A.8

<sup>53</sup> O teste de Hausman possibilita a escolha entre modelos de efeitos fixos e aleatórios. Para um detalhamento dos testes de especificação, veja a seção de procedimentos metodológicos do capítulo 3.

<sup>54</sup> Em relação às variáveis *dummies*, o uso destas variáveis (que tomam valores de 1 e zero) para a região e o nível de desenvolvimento permite a inclusão de regressores qualitativos no modelo. A região escolhida como referência no modelo com variáveis *dummies* foi a América Norte, ou seja, os resultados das variações na intensidade do uso de cada região são dados em relação à região norte-americana.

do Apêndice apresenta resultados da utilização destas variáveis nas regressões e suas relações com a intensidade do uso do alumínio. No painel mais abrangente notou-se uma melhora na qualidade dos ajustes, tanto nas estimações por meio de mínimos quadrados ordinários quanto através do modelo de efeitos fixos e aleatórios, embora efeitos fracos das variáveis sobre o modelo.

#### **6.4 Conclusões**

A expansão do consumo aparente no conjunto de economias analisadas no setor de alumínio (40 países) entre 1965 e 2010 foi de 4,5% anuais, quase dobrando no período 2000-2007 e, sofrendo pequena queda após 2008, devido à crise econômica mundial. A Europa Ocidental e a América do Norte são grandes consumidoras de alumínio, mas a Ásia foi responsável, em 2010, por mais da metade do consumo mundial, com destaque para China, Japão, Índia e Coreia do Sul. Grande parte do dinamismo no consumo decorre do crescimento da indústria de construção nos países recentemente industrializados. Nestas economias, a construção civil representa parcela significativa da demanda por alumínio. A importância do alumínio para a construção civil reside em suas qualidades de leveza, durabilidade e por suas funções decorativas. Já nas economias ditas “maduras”, a ênfase da demanda concentra-se fortemente no setor de transportes. A necessidade de aumentar a eficiência energética na fabricação de veículos automotores tem estimulado o uso deste material na indústria automobilística. Este comportamento é muito mais frequente em indústrias de economias desenvolvidas, em que a elevada renda per capita contribui para a substituição de metais mais baratos por outros tecnologicamente mais avançados.

A máxima intensidade do uso em alumínio nos países desenvolvidos tem sido obtida a níveis de renda mais elevados quando comparados a outros materiais, como o aço e cimento. Dentre os países analisados, a grande maioria atingiu o pico de máxima intensidade do uso somente a partir de 1990, com exceção dos EUA, Taiwan, Suíça e Nova Zelândia. Este fato coloca o alumínio em etapas menos avançadas da curva de intensidade do uso, um material que possui pouco mais de 100 anos de aplicação industrial. Novas aplicações para este material têm sido recorrentes, muitas vezes, puxadas pela demanda, podendo-se citar mais recentemente o desenvolvimento de perfis extrudados de alumínio para o sistema de freios ABS de automóveis (ALUAUTO, 2010).

Em países como EUA, França e Japão existem evidências de um processo de desmaterialização tênue, caracterizado pelo crescimento do consumo per capita abaixo do acréscimo da renda por habitante. Contudo, na maioria dos países analisados o consumo per

capita deste material ainda tende a crescer a taxas superiores às da renda per capita, sinalizando que o mercado ainda não se encontra numa situação de estagnação ou retração da demanda.

Em países recentemente industrializados, como Brasil e Índia, com patamares de PIB per capita PPC inferiores a US\$ 10.000, as diferenças nos padrões de consumo de alumínio em relação às nações desenvolvidas ainda são enormes. No Japão, o consumo per capita máximo já registrado foi de 34,3 kg/hab, enquanto o Brasil consome pouco mais de 6 kg/hab. Países nestas condições ainda podem experimentar avanços consideráveis no consumo de alumínio, porque seus mercados ainda não podem ser considerados maduros. Em contrapartida, esperam-se poucas mudanças no ritmo de expansão do consumo na construção civil, com alguns países asiáticos compensando a queda dos países desenvolvidos (LUO e SORIA, 2007). Ainda assim, estas constatações não implicam que os países em desenvolvimento obtenham suas máximas intensidades do uso com níveis de renda per capita próximos aos registrados nas economias avançadas.

Em relação à China, supõe-se que a máxima já verificada (0,0023 kg/US\$) possa vir a ser superada nos próximos anos, ainda que por pequena margem. Mais do que isso, desde que a economia chinesa consiga sustentar sua trajetória de crescimento, pode-se projetar um horizonte razoavelmente longo para a expansão do consumo per capita de alumínio e, por conseguinte, dos insumos usados em sua produção, como a bauxita.

## Capítulo 7

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por materiais básicos tem sido caracterizada pela evolução segundo um padrão bem característico. O consumo por habitante tende a aumentar nas etapas iniciais de industrialização e a decrescer em fases nas quais o nível de renda torna-se relativamente mais elevado. Constatações feitas a partir de meados do século XX (MALENBAUM, 1978; TILTON, 1986; CLEVELAND e RUTH, 1999) permitiram retratar a evolução da intensidade do uso dos materiais ao longo do desenvolvimento econômico. As evidências colhidas neste trabalho corroboraram que essa perspectiva teórica segue sendo relevante para a compreensão da evolução recente desses mercados, marcada pela dinamização da intensidade do uso em países recentemente industrializados (NICs)<sup>55</sup>. A motivação central dessa tese foi analisar o dinamismo do mercado de alguns materiais básicos de grande importância econômica, fazendo uso do conceito de intensidade do uso e das formulações teóricas que postulam um comportamento regular para sua evolução ao longo do tempo.

A análise empírica dos setores de papel e papelão, aço, alumínio e cimento comprovou que desde os anos 2000 a intensidade do uso destes materiais tem aumentado nas economias de industrialização recente e caído nos países desenvolvidos. Exceto em alumínio, a redução da relação entre consumo per capita e PIB per capita nos EUA sinaliza que nos países desenvolvidos está em curso um processo de desmaterialização, enquanto nos países de industrialização recente não há evidências de um movimento semelhante.

As estimativas das regressões em painel de dados permitiram comprovar um formato em U invertido para a curva de intensidade do uso. Todos os coeficientes ( $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) apresentaram os sinais esperados pela teoria da desmaterialização, ainda que em aço, cimento e alumínio os coeficientes tenham sido pouco significativos ou apresentado um  $R^2$  relativamente baixo. Conforme a Tabela 7.1, no painel mais abrangente, em papel, aço e alumínio, o modelo de efeitos aleatórios foi apontado pelos testes de especificação como o mais adequado, sinalizando a inexistência de correlação entre os efeitos específicos de cada país (indicados pelo parâmetro constante) e os demais regressores. Já nos painéis mais recente e “export-driven” e nos mesmos três setores, o teste de Hausman indicou um melhor ajuste por meio do modelo de efeitos fixos, uma vez que a hipótese nula de que não há diferença

---

<sup>55</sup> Convém ressaltar novamente, que 14 países foram classificados como NICs no decorrer desta tese, seguindo as classificações propostas por FMI (2010), BOŽYK (2006), GUILLÉN (2003) e WAUGH (2000): Brasil, China, Índia, Malásia, México, Filipinas, África do Sul, Tailândia, Turquia, Rússia, Chile, Egito, Indonésia e Argentina.

sistemática nos coeficientes estimados foi rejeitada. Em cimento, o modelo de efeitos fixos mostrou-se mais adequado para estimar a relação entre as variáveis tanto no painel de dados mais recentes quanto no mais abrangente.

A comparação dos modelos mais adequado nos painéis mais recente e mais abrangente sugere que, com exceção do caso do papel em que não se percebe mudança relevante, a intensidade do uso dos materiais estudados tendeu a aumentar nos últimos anos. Afora o caso do alumínio, este não era um achado esperado à luz das tendências tecnológicas habitualmente destacadas. Nesse contexto, não se pode descartar que este resultado seja uma decorrência de vieses no painel de dados mais recentes, em que é grande o peso de países em desenvolvimento com crescimento acelerado.

Já a comparação entre os painéis “export-driven” e mais abrangente confirma, exceto no caso do aço, a tendência a maior intensidade do uso de materiais em países cujas economias têm uma forte orientação exportadora. De todo modo, evidências esparsas recolhidas na literatura indicam que esse efeito, embora relevante, não deixa de ser modesto. Dado o nível de desenvolvimento econômico relativamente baixo da maioria dos países com crescimento “export-driven”, poder-se-ia esperar que a intensidade do uso nestes países fosse inferior à média dos países desenvolvidos. Supõe-se que o consumo efetivo de materiais básicos em países com crescimento “export-driven” possa ser bem menor do que seu consumo aparente, dado o comércio indireto destes materiais. Este comércio indireto se revelaria no intenso uso de materiais incorporados em bens que foram exportados. Em aço, por exemplo, as importações indiretas feitas pelos EUA totalizaram 27 milhões de toneladas em 2009 (AISI, 2010). Este efeito é, como foi dito, relevante, porém modesto, já que esta quantidade corresponde a importantes, mas limitados 30% do consumo aparente nos EUA. Do mesmo modo, as 60 milhões de toneladas de aço exportadas indiretamente pela China em 2008 não são mais do que 12% do consumo aparente nesse país.

**Tabela 7.1: Pontos de Máxima Intensidade do Uso e de Máximo PIB per capita nos Modelos Econométricos Considerados mais Adequados**

	Painel mais abrangente		Painel mais recente		Painel “Export-Driven”*	
	MQO	Efeitos Fixos	Efeitos aleatórios	MQO	Efeitos Fixos	Efeitos aleatórios
Papel e papelão						
IU (kg/US\$)			0,0675	0,0682		0,00877
PIB pc (US\$)			23.367	17.987		19.413
Aço laminado						
IU (kg/US\$)			0,0330	0,0530		0,0323
PIB pc (US\$)			17.140	34.163		22.190
Cimento						
IU (kg/US\$)		0,0382		0,0760		
PIB pc (US\$)		19.656		63.008		
Alumínio						
IU (kg/US\$)			0,0008	0,0012		0,0012
PIB pc (US\$)			34.375	67.166		22.222

Fonte: Cembureau (1913-1981;1982-1997; 1999-2009), RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Steel Statistical Yearbook (vários números), World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010), World Data Bank (2011).

\* No painel “export-driven” não foi realizado teste para o setor de cimento, pelo fato deste material ser muito pouco transacionado em escala internacional.

Dentre os materiais analisados neste trabalho, o cimento é o material que está mais fortemente relacionado ao nível de urbanização. A análise econométrica para cimento mostrou resultados mais significativos quando foram introduzidas a taxa de urbanização e o nível de desenvolvimento econômico no modelo estudado. Com efeito, o comportamento da demanda de materiais de uso infraestrutural reflete não somente o nível de renda per capita, mas também características da urbanização e do crescimento econômico, como a taxa de formação bruta de capital fixo, o peso dos investimentos em infraestrutura e as taxas de crescimento da construção civil. Esgotado o grosso das necessidades em infraestrutura nos países, a relação consumo per capita/PIB per capita de cimento tende a arrefecer, o que pôde ser evidenciado por ritmos de variação negativa da intensidade do uso em cimento (1947-2009).

Ademais, a redução da intensidade do uso de alguns materiais ao longo do tempo pode estar relacionada ao processo de transmaterialização, em que ocorre substituição de materiais tradicionais por materiais de qualidade superior e com melhor desempenho técnico ao longo do tempo. O alumínio tem substituído o aço em muitas aplicações, dentre elas a produção de automóveis e de latas. Comparado a aço, cimento e papel, o alumínio é um material recente e se situa em etapas menos avançadas do seu ciclo de vida.

No curto prazo, entretanto, as comparações econométricas nos distintos painéis de dados mostraram que a última década tem sido mais intensiva em materiais do que em um período mais abrangente. Esse aumento na intensidade do uso é provavelmente o resultado de

um efeito composição. Com maior peso dos países em desenvolvimento e, sobretudo, da China no PIB mundial, a demanda mundial desses materiais passou a ser dominada pelo comportamento destes mercados.

Outro elemento relevante para o entendimento da demanda de materiais é o perfil da evolução dos fluxos de comércio. Mesmo que as economias avançadas estejam se tornando especializadas em produtos mais intensivos em conhecimento, ainda consomem grandes quantidades de bens intermediários, que em certa medida passaram a ser importados de economias recentemente industrializadas. Juntamente com a intensificação das importações e exportações diretas, verifica-se um aumento do comércio indireto de materiais, sobretudo em aço e embalagens. Nos países caracterizados por um crescimento “export-driven” (China, Hong Kong, Israel, Japão, Malásia, México, Coreia do Sul e Tailândia) encontraram-se intensidades do uso bem mais expressivas do que para o conjunto de países como um todo.

Em termos de consumo, particularizando-se a análise para alguns tipos de produtos, nota-se dinamismos de consumo bastante diferenciados. No setor de papel e papelão, os papéis de imprimir e escrever e de embalagens constituem mercados bastante dinâmicos, determinando o desempenho da indústria. Parcela representativa do crescimento do setor de papel pode ser atribuída a eles, com taxas de crescimento do consumo aparente de 5,8% a.a e 4,4% a.a entre 1959 e 2009 em um conjunto de 59 países. O segmento de papéis para fins sanitários, embora seja menos expressivo, também apresenta ritmos de expansão do consumo bastante elevados. Já no segmento de papel imprensa, o consumo tem sido prejudicado tanto por mudanças no perfil da demanda por produtos gráficos, que levam a um uso mais intenso de papel revista ao invés de papel jornal (JUVENAL et al, 2002) quanto à própria substituição dos periódicos impressos por outros meios digitais de difusão da informação. Por outro lado, em aço grande parte do dinamismo do setor é puxada pela construção civil, seguido por material de transporte, notadamente a indústria automobilística. Entre 1974 e 2010, a taxa de crescimento do consumo de aço laminado para os países analisados neste trabalho foi de 2,4% a.a.

As explicações para o dinamismo da demanda nos distintos países e para o consumo dos diferentes materiais têm relação tanto com suas trajetórias tecnológicas quanto com um conjunto de elementos relacionados à mudança estrutural. Em particular, o caso da China foi quase sempre ressaltado no trabalho não somente por refletir uma situação de intensa transformação estrutural, mas porque o país é o principal propulsor da demanda destes materiais com reflexos profundos sobre a economia mundial. Assim, procurou-se avaliar as perspectivas da demanda no longo prazo e, mais especificamente, se é possível esperar continuidade no boom observado na primeira década do século XXI, claramente associado ao

extraordinário crescimento do mercado chinês. Nesse sentido, a Tabela 7.2 resume alguns dos principais achados da tese.

**Tabela 7.2: Intensidade do Uso e Consumo per Capita Máximos nos NICs, EUA e Países do G-7**

	<b>Cimento</b>	<b>Aço Laminado</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Papel e Papelão</b>
<b>IU (kg/US\$)</b>				
G-7	0,0331	0,0228	0,0010	0,0089
EUA	0,0207	0,0205	0,0012	0,0128
China	0,2166	0,0692	0,0023	0,0115
Egito	0,1061	0,0236	*	0,0042
Tailândia	0,1006	0,0303	n.d	0,0079
Malásia	0,0775	0,0430	n.d	0,0100
Filipinas	0,0756	0,0237	0,0004	0,0055
Índia	0,0599	0,0183	0,0006	0,0035
Turquia	0,0596	0,0254	0,0007	0,0047
Indonésia	0,0450	0,0117	*	0,0068
Rússia	0,0393	0,0199	*	0,0038
África do Sul	0,0323	n.d	0,0006	0,0057
Chile	0,0315	0,0119	n.d	0,0062
Brasil	0,0287	0,0153	0,0006	0,0047
México	0,0272	0,0119	0,0007	0,0046
Argentina	0,0246	0,0121	0,0004	0,0049
<b>Consumo per capita (kg/hab)</b>				
G-7	575	522,6	30,2	243,5
EUA	433	504,3	35,1	339,5
China	1.218	427,4	14,2	64,3
Malásia	811	394,0	n.d	116,6
Egito	624	118,7	*	25,0
Tailândia	622	216,1	n.d	62,0
Turquia	601	317,9	8,8	59,0
Rússia	510	285,6	*	69,6
México	346	159,4	9,0	63,0
África do Sul	292	n.d	4,8	52,3
Chile	288	165,1	n.d	84,6
Brasil	274	129,8	6,6	45,6
Argentina	271	134,4	5,3	61,7
Filipinas	202	61,3	1,2	17,4
Indonésia	167	38,7	*	25,7
Índia	160	54,9	1,8	8,6

Fonte: Cembureau (1913-1981;1982-1997; 1999-2009), RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Steel Statistical Yearbook (vários números), World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010), World Data Bank (2011). N.d: Não disponível na base de dados. No caso do alumínio, estes países não figuram dentre os principais produtores mundiais (USGS, 2011).

\* Dados existentes na base de dados não permitiram traçar uma série histórica para o país.

Como se pode perceber, em todos os quatro materiais investigados, a economia chinesa já alcançou patamares pelo menos equivalentes aos valores máximos da intensidade do uso registrados ao longo das trajetórias dos sete principais países desenvolvidos e dos EUA. Mais precisamente, em três casos - cimento, aço e alumínio - a intensidade do uso na China supera por margem variada, mas sempre ampla a intensidade do uso máxima observada nos

EUA e na média do G-7. No caso do papel a intensidade do uso chinesa é maior do que a máxima registrada em média nos países do G-7, mas ligeiramente inferior à encontrada nos EUA.

Anteriormente nesta tese, argumentou-se que uma vez atingido um patamar correspondente à máxima intensidade do uso, a demanda de um material tende a perder dinamismo e passa a crescer a uma taxa inferior à do PIB. De toda maneira, enquanto o consumo per capita for inferior ao pico esperado para esta variável, ainda há espaço para ampliação do mercado, mesmo que a taxas menores do que as do crescimento do PIB. A Tabela 7.2 permite analisar este outro parâmetro importante para a avaliação das perspectivas de demanda na China dos quatro materiais estudados nesta tese. Neste caso, as situações variam bastante de material a material.

No caso do cimento, o consumo per capita chinês é inusitadamente elevado. É mais que o dobro do máximo registrado em média no G-7 e quase o triplo do pico nos EUA. Em todos os outros materiais, o consumo per capita chinês é inferior aos valores de pico observados em média nos países do G-7: em aço, corresponde a cerca de 4/5 desse máximo de referência; em alumínio, à metade; e em papel, a 1/4. Portanto, enquanto nos casos do cimento e, em menor medida, do aço mesmo a expansão do mercado chinês não parece ter a perspectiva de se prolongar por muito tempo. Já nos casos do alumínio e do papel um crescimento inelástico em relação ao PIB pode ser projetado por um período significativo de tempo.

Considerando que em todos os quatro materiais, a intensidade do uso chinesa já alcançou um nível superior ou similar aos máximos esperados a partir de séries históricas dos países desenvolvidos, um exercício relevante é calcular o número de anos que seriam necessários para que, mantendo-se a intensidade do uso, a China atingisse em cada um dos materiais patamar de consumo per capita equivalente à média dos máximos no G-7. Este exercício equivale a presumir que o consumo crescerá em linha com a evolução do PIB, que se admite que seguirá as projeções elaboradas pela OCDE (JOHANSSON et al, 2012). No caso da China, expansão do PIB per capita a taxas médias de 6,7% a.a no período 2011-2030 e 2,8% a.a entre 2030 e 2060. Em aço demorariam apenas três anos para que a China alcance aquele nível de consumo per capita, enquanto em alumínio, o prazo seria de 12 anos e em papel, 24 anos. Os incrementos do consumo per capita seriam de, respectivamente, 22% 113% e 279%.

É importante reconhecer, todavia, que a economia chinesa pode superar os valores de pico registrados internacionalmente no consumo per capita, assim como tem feito na intensidade do uso. Isso já aconteceu com o cimento, mas é certamente menos provável com

materiais cuja demanda está mais vinculada ao consumo do que ao investimento, como é o caso do papel.

As elevadas intensidades do uso desses materiais indicam um grau impressionante de materialização da economia chinesa, que certamente foi reforçado pelo tremendo esforço de investimento em infraestrutura com que o país respondeu à crise mundial deflagrada em 2008. Ademais de eventuais vieses estatísticos associados a distorções dos preços relativos dos serviços não adequadamente abordadas nos cálculos de taxas de câmbio de PPC<sup>56</sup>, o grau de materialização da economia chinesa expresso nos indicadores de intensidade do uso e consumo per capita apontaria, sobretudo em materiais de uso infraestrutural para uma compressão no tempo de demandas que costumam se distribuir por períodos mais longos.

De qualquer maneira, as perspectivas de demanda de papel na China não são afetadas por esse fenômeno. Como os determinantes do consumo de papel vinculam-se mais às despesas de consumo e, ao menos no segmento de papéis de imprimir e escrever, vinculam-se ao consumo cultural, a demanda desse material tende a ser estimulada adicionalmente pela reorientação da política econômica chinesa em direção ao consumo e à chamada economia do conhecimento. É justamente em papel de imprimir e escrever<sup>57</sup> que há um *gap* maior entre a intensidade do uso chinesa e a dos países do G-7. De qualquer modo, em dois dos quatro materiais estudados - cimento e aço - a perspectiva é claramente de esgotamento do dinamismo decorrente do crescimento do consumo chinês, num resultado semelhante ao encontrado em Santos et al (2012) para o consumo da maioria dos alimentos básicos.

O quadro para o conjunto de países de industrialização recente apresenta algumas semelhanças em relação ao caso da China, mas também diferenças importantes. Primeiramente, as perspectivas de maior dinamismo são identificadas novamente em alumínio e papel e papelão. Em ambos os setores e em todos os outros 13 países recentemente industrializados<sup>58</sup>, a intensidade do uso se situa abaixo dos patamares que no G-7 e nos EUA apontaram valores de pico. Tomando-se como parâmetro o consumo per capita, a distância em

---

<sup>56</sup> Supõe-se que a intensa “materialização” da economia ocorre com o peso dos serviços na estrutura final da demanda tendo uma participação sensivelmente menor. Esta evidência poderia ocorrer caso os preços relativos dos serviços na China fossem inferiores à média mundial, por exemplo, devido ao menor preço da força de trabalho. Nesse contexto, a taxa de câmbio PPC calculada seria mais depreciada do que deveria ser e o PIB chinês em US\$ menor do que o de efetiva paridade de poder de compra. A dificuldade de acesso à informação sobre preços dos serviços com qualidade comparável é um fator que dificulta a estrutura de ponderação do cálculo da taxa de câmbio PPC (KEIDEL, 2004).

<sup>57</sup> A celulose de fibra curta (de eucalipto) é mais apta à fabricação de papéis de imprimir e escrever do que a fabricação de embalagens, em especial as mais pesadas, de papel ondulado.

<sup>58</sup> A única exceção é a intensidade do uso de papel na Malásia, provavelmente favorecida por exportações indiretas do material.

relação aos máximos se torna muito maior, indicando que nesses países os mercados de alumínio e papel estão muito mais longe da maturidade do que na China.

Em aço, o consumo per capita, como na China, fica em todos os países recentemente industrializados abaixo dos máximos típicos nos países desenvolvidos, mas no tocante à intensidade do uso existem discrepâncias muito significativas entre os 13 países. Cinco deles apresentam valores acima do máximo registrado em média no G-7, ainda que abaixo do nível já alcançado na China. Em outros sete – os quatro países latino-americanos da lista, a Rússia, a Indonésia e a Índia –, o uso do aço é menos intenso, chegando no caso extremo a ficar 48% abaixo daquela referência. Em cimento, a disparidade de situações se repete. Em sete países, a intensidade do uso já superou o pico típico do G-7, mas em outros cinco – os latino-americanos e a África do Sul – ainda há algum caminho a percorrer para atingir esse patamar<sup>59</sup>. Considerando o consumo per capita, deve-se acrescentar à relação de economias abaixo dos valores de referência para a maturidade do mercado os países asiáticos de mais baixa renda (Índia, Filipinas e Indonésia).

Como um todo, percebe-se que os dois indicadores privilegiados nesta tese apontam em outros países de industrialização recente um potencial de crescimento da demanda maior do que o remanescente na China. Naturalmente, para que esse potencial se concretize é necessário que esses países experimentem trajetórias de crescimento sustentado e que seus PIBs per capita convirjam para níveis mais elevados, premissa que não é nem um pouco trivial, tanto mais porque vários deles são exemplos típicos do que se convencionou chamar “armadilha da renda média”.

Por fim, os esforços de pesquisa realizados neste trabalho para compreender as características da demanda por materiais básicos poderiam ter envolvido outros elementos e dimensões metodológicas<sup>60</sup>, porém o recorte analítico delineado neste trabalho não teve como propósito contemplar estas questões. Um destes elementos é a compreensão das alternativas estratégicas para países exportadores de commodities industriais, frente ao cenário de possível redução da intensidade do uso dos materiais básicos, em particular, estratégias de crescimento que visem dotar estas commodities de maior conteúdo tecnológico. De um lado, predomina a visão de que as commodities de uso industrial básicos são dotadas, em geral, de baixo conteúdo tecnológico. Configura-se uma situação em que o potencial de agregação de valor destas

---

<sup>59</sup> Note-se, contudo, que em todos os 13 países a intensidade do uso do cimento já superou o máximo registrado nos EUA.

<sup>60</sup> Quanto aos aspectos metodológicos ressalta-se também que o uso de matrizes insumo-produto seria particularmente útil para compreender a questão do comércio indireto de materiais incorporado nas exportações.

commodities é restrito porque o deslocamento de suas fronteiras tecnológicas é limitado (PINHO, 2001). É necessário reconhecer que, sem sombra de dúvidas, as limitações da fronteira tecnológica de muitos materiais básicos dificultam os esforços de diversificação à jusante. Porém, isto não impede que se busque reforçar os encadeamentos tecno-produtivos, o que teria efeitos positivos sobre a competitividade dessas atividades e também sobre os seus transbordamentos macroeconômicos em nível nacional e regional (FURTADO, 2008)<sup>61</sup>. Esta questão mereceria uma análise detalhada, enfocando as perspectivas tecnológicas dos setores hoje voltados à produção de produtos básicos e os requisitos para adensar suas cadeias de produção não apenas do ponto de vista da oferta doméstica de insumos, mas também dos nexos tecnológicos.

---

<sup>61</sup> Pode-se citar o caso da indústria de papel e celulose no Brasil. Desviando-se da trajetória existente à base de fibra longa, o país criou uma variante da trajetória tecnológica à base de eucalipto na década de 50, até então inexistente nos mercados nórdicos e norte-americano. A exploração de atividades florestais permitiu que as empresas de papel e celulose desenvolvessem uma produção com base em fibra curta de eucalipto, valendo-se de condições regionais específicas (FIGUEIREDO, 2011).

## REFERÊNCIAS

- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Anuário estatístico**. São Paulo: ABAL, vários números.
- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Anuário estatístico**. São Paulo: ABAL, 2004.
- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Anuário estatístico**. São Paulo: ABAL, 2008.
- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Anuário estatístico**. São Paulo: ABAL, 2011.
- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Edição Especial – 35 anos**. São Paulo: ABAL, 2005.
- ABAL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. **Soluções para a vida moderna**. São Paulo: ABAL, 2012.
- ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. São Paulo: ABCP, 2002.
- ADRIAANSE, A. et al. **Resource flows: the material basis of industrial economies**. Washington: World Resources Institute, 1997.
- AGARWAL, S. K. Indian steel industry: future growth scenario. **Project vendor**, 13 janeiro 2012. Disponível em: <<http://www.projectvendor.com/PrintArticle.aspx?aid=765&sid=9>>. Acesso em: 25 out. 2012.
- AISI. AMERICAN IRON AND STEEL INSTITUTE. **U. S. indirect steel 2008-2009**. Washington, 2010.
- ALBURQUERQUE, E. M. **Catching up no século XXI: construção combinada de sistemas de inovação e de bem-estar social**. Minas Gerais: CEDEPLAR, UFMG, 2009.
- ALUAUTO. ALUMÍNIO EM AUTOMOTIVOS. **Especialista em inovação da Fiat analisa consumo de alumínio**. ABAL, jan-mar, 2010.
- ALVES, M. A. B. **Estudo do comportamento da demanda do aço laminado plano nos mercados interno e externo**. 2006. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - USP, São Paulo, 2006.
- ARELLANO, M. E.; BOND, S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, Oxford, v. 58, n. 2, p. 277-97, 1991.
- ARRAES, R. A.; DINIZ, M. B.; DINIZ, M. J. T. Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. **Revista de Economia Rural**, v. 44, n. 3, p. 525-47, 2006.

ASHBY, I. **A world class business with superior growth potential**. Melbourne: BHP Billiton, 2011. Disponível em: <<http://www.bhpbilliton.com>>. Acesso em: 17 out. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Estatísticas**. São Paulo: BRACELPA, vários números.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Papel**. São Paulo: Bracelpa. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/index.php>>. Acesso em: 21 jun. 2011.

AYRES, R. U. Sustainability economics: where do we stand? **Ecological Economics**, v. 67, p. 281-310, 2008.

AYRES, R. U.; AYRES, L. W.; WARR, B. **Is the U. S. economy dematerializing?** main indicators and drivers. France: Center for the Management of Environmental Resources INSEAD Fontainebleau, 2003.

BALASSA, B. A stages approach to comparative advantage. In: ADELMAN, I. (Org.). **Economic growth and resources**. Londres: Macmillan, 1979.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

BANCO MUNDIAL. India - inclusive growth and service delivery: building on India's success. **Development Policy Review**, n. 34580, p. 1-193, 2006.

BARRY, L. **Nonferrous metals: industry structure**. Darby: Diane Publishing, 1990.

BAUMOL, W. J.; BLACKMAN, A. B.; WOLFF, E. N. Unbalanced growth revisited: asymptotic stagnancy and new evidence. **American Economic Review**, v. 75, n. 4, p. 806-17, 1985.

BERNARD, A. **Trends in manufacturing employment**. Ottawa: Statistics Canada, 2009.

BERNARDINI, O.; GALLI, R. Dematerialization: long-term trends in the intensity of use of materials and energy. **Futures**, v. 25, n. 4, p. 431-48, 1993.

BONELLI, R. Distribuição mundial da renda pós-guerra, crescimento econômico e desigualdade entre países - 1950-88. **Pesq. Plan. Econ.**, v. 25, n. 1, p. 69-98, 1995.

BONENTE, B. I.; FILHO, N.A. A economia do desenvolvimento em perspectiva histórica: novos rumos da disciplina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 12., 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENEP, 2007. 19 p.

BORGER, B.; BUONGIORNO, J. Productivity growth in the paper and paperboard industries: a variable cost function approach. **Canadian Journal of Forest Research**, v.15, p.1013-20, 1985.

BOŻYK, P. Newly industrialized countries. In: BOŻYK, P. **Globalization and the transformation of foreign economic policy**. London: Ashgate Publishing, 2006.

BP. **Statistical Review of World Energy 2012**. British Petroleum, Londres, 2012.

BRAHMBHATT, M.; CANUTO, O. **Natural resources and development strategy after the crisis**, Washington: World Bank, 2010.

BROWN, R.; JULIUS, De Anne. Is manufacturing still special? In: O' BRIEN, R. (Org.). **Finance and the international economy**. Oxford: Oxford Univ. Press, 1994.

CARDOSO, F. H. Desenvolvimento: o mais político dos temas. **Revista de Economia Política**, v.15, n.4, p. 148-55, 1995.

CARDOSO, J. G. R. **Demanda em crescimento**. Panorama do aço 2012. Porto Alegre: Associação de Aço do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <[http://www.aars.com.br/upload/pdf/1332875918\\_007%20entrevista%20panaco2012%20web.pdf](http://www.aars.com.br/upload/pdf/1332875918_007%20entrevista%20panaco2012%20web.pdf)> . Acesso em: 24 out. 2012.

CARDOSO, J. G. R. et al. A indústria do alumínio. **BNDES Setorial**, n. 33, p. 43-88, 2011.

CARREE, M. A. Technological progress, structural change and productivity growth: a comment. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 14, p. 109-15, 2003.

CARVALHO, L. B. **Diversificação ou especialização**: uma análise do processo de mudança estrutural da indústria brasileira nas últimas décadas. 2008. 125 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, A. B. From semi-stagnation to growth in a sino-centric market. **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 28, n. 1, p. 3-27, 2008.

CEMBUREAU. **World Statistical Review**. World Cement Market 1913/1981. Brussels: Cembureau, 1982.

CEMBUREAU. **World Statistical Review**. World Cement Market 1982/1997. Brussels: Cembureau, 1982-1997.

CEMBUREAU. **World Statistical Review**. World Cement Market 1999/2009. Brussels: Cembureau, 2011.

CEZAR, G. Queda nas exportações preocupa. **Valor Econômico**, 23 abr. 2012

CHATEAU, B. et al. **VLEEM 2 - Very long term energy-environment model**. Study prepared for the European Commission, Switzerland, 2005.

CHENERY, H. B. Pattern of industrial growth. **American Economic Review**, v. 50, n. 4, 1960.

CHENERY, H. B. **Structural change and development policy**. Oxford: Oxford Univ. Press, 1979.

CHENERY, H. Growth and transformation. In: CHENERY, H.; ROBINSON, S.; SYRQUIN, M. **Industrialization and growth**. Oxford: Oxford Univ. Press, 1986.

CHESNAIS, F. **A mundialização do capital**. São Paulo: Xamã, 1996.

CHINA STATISTICAL YEARBOOK 2009. **National Bureau of Statistics of China**. Beijing: 2009. Disponível em: <<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2009/indexeh.htm>>. Acesso em: 22 set. 2010.

CHINA STATISTICAL YEARBOOK 2012. **National Bureau of Statistics of China**. Beijing: 2012. Disponível em: <<http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2012/indexeh.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

CHOE, B. J. **Global trends in raw materials consumption**. World Bank, Washington: World Bank, 1991.

CIA.CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. **The world factbook - India**. Washington: CIA, 2012. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/in.html>>. Acesso em: 06 abr. 2012.

CLEVELAND, C. J.; RUTH, M. Indicators of dematerialization and the materials intensity of use. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 3, p. 15-50, 1999.

COHEN, W. M. Empirical studies of innovative activity. In: STONEMAN, P. (Org.). **Handbook of the economics of innovation and technological change**. Oxford: Blackwell, 1995, p. 182-64.

COLLIER, P. Laws and codes for the resource curse. **Yale Human Rights and Development Law Journal**, v. 11, n. 9-28, p.1-15, 2008.

COLLIER, P.; GODERIS, B. **Commodity prices, growth and the natural resources curse: reconciling a conundrum**. Oxford: Centre for the Study of African Economies, 2007.

COMMONER, B. **The closing circle, nature, man, and technology**. New York: Alfred A. Knopf, 1972.

CONSIDINE, T. J. Economic and technologic determinants of materials intensity of use. **Land Economic**, v. 67, n. 1, p. 99-115, 1991.

CORDEN, W. M. Booming sector and dutch disease economics: survey and consolidation. **Oxford Economic Papers**, v. 36, n. 3, p. 359-80, 1984.

CORRÊA, A. Índia pode ser nova China para América Latina. **BBC Brasil**, 30 jul. 2010.

CUNHA, L. M. S.; FERNANDEZ, C. Y. H. A indústria de cimento: perspectivas de retomada gradual. **BNDES**, Área Industrial, p. 150-164, 2003.

DARWIN, R. F. Natural resources and the marshallian effects of input-reducing technological changes. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 23, p. 201-15, 1992.

DASGUPTA, S.; SINGH, A. **Manufacturing, services and premature de-industrialisation in developing countries: a kaldorian empirical analysis**. Centre for Business Research, University of Cambridge, Working Paper, Trumpington, n. 327, 2006.

DE BRUYN, S. M.; OPSCHOOR, J. B. Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. **Ecological Economics**, v. 20, p. 255-68, 1997.

DE BRUYN, S. M.; VAN DEN BERGH, J.; OPSCHOOR, H. **Ecological restructuring in industrial economies**: some empirical evidence on materials consumption. Department of Spatial Economics, Amsterdam, 1994.

DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. **Forestry and agrifoods**, 2011. Disponível em: <[www.economics.gov.nl.ca](http://www.economics.gov.nl.ca)>. Acesso em: 04 ago. 2011.

DNPM. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Aço. **Sumário Mineral**, v. 31, 2011.

DORES, A. M. B. et al. Panorama setorial: setor florestal, celulose e papel. **Publicações BNDES**, 2007.

EBERHARDT, M.; TEAL, F. **Extent and causes of global shifts in manufacturing**. Centre for the Study of African Economies, Oxford University. Background paper prepared for the UNIDO Industrial Development Report, 2007.

EMBAIXADA DA CHINA. Investimento em ativos fixos da China em ferrovias cresce 25,7%. **Embaixada da China**, 14 mar. 2013.

ENGEL, E. Das Lebenskosten belgischer Arbeiterfamilien früher und jetzt. **Bulletin de Institut International de Statistique**, v. 9. p. 1-124, 1895.

ENRÍQUEZ, M. A. R. S. **Maldição ou dádiva**: os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira. 2007. 449 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

EUROSTAT. **Material use in the European Union 1980-2000**: indicators and analysis. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities, 2002.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistics – FAOSTAT, 2007**. Site disponível em <<http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor>>. Acesso em: 24 set. 2010.

FERREIRA, P. C.; CARDOSO, R. F. Uma nota sobre desvalorização, crescimento e a relação entre poupança doméstica e câmbio. Fundação Getúlio Vargas, **Economics Working Papers**, n. 698, p. 1-6, 2009.

FIGUEIREDO, P. N. O complexo florestal e de celulose e papel do Brasil. **O Papel**, p. 58-63, 2011.

FMI. FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL. **World Economic Outlook 2010**. Washington: IMF, 2010.

FOREST INDUSTRIES. **Paper and paperboard industry**. Finnish Forest Industries, Helsinki, 2011. Disponível em: <[http://www.forestindustries.fi/infokortit/Paper\\_industry/Pages/default.aspx](http://www.forestindustries.fi/infokortit/Paper_industry/Pages/default.aspx)>. Acesso em: 03 maio 2011.

FURTADO, J. Muito além da especialização regressiva e da doença holandesa: oportunidades para o desenvolvimento brasileiro. **Novos Estudos**, v. 81, p. 32-46, 2008.

GABRIELE, A. **Exports of services and economic growth in developing countries**. United Nations Conference on Trade and Development, Geneva, 2004.

GHANI, E.; KHARAS, H. The service revolution. **Economic Premise, World Bank**, n. 14, p. 1-5, 2010.

GLOBAL PULP & PAPER INDUSTRY. **Review 2010**. Asia Paper Markets, Cingapura, 2011. Disponível em: <[119.73.162.9:8080/apm/apm/common/Global\\_2010\\_Market.pdf](http://119.73.162.9:8080/apm/apm/common/Global_2010_Market.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2011.

GRILLI, E. R.; YANG, M. C. Primary commodity prices, manufactured goods prices and the terms of trade of developing countries: what the long run shows. **World Bank Economic Review**, v. 2, n. 1, p. 1-47, 1988.

GROSSMAN, G. M.; HELPMAN, E. **Innovation and growth in the global economy**. Cambridge: MIT Press, 1991.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. Economic growth and the environment. **Quarterly Journal of Economics**, v. 112, p. 353-78, 1995.

GUILLÉN, M. F. **The limits of convergence: globalization and organizational change in Argentina, South Korea and Spain**. Princeton University Press, New Jersey, 2003.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HAGUENAUER, L. A indústria de cimento. In: GARCIA, F. et al (Org.). **Padrão de concorrência e competitividade da indústria de materiais de construção**. São Paulo: Editora Singular, 1997.

HALTIA, O. et al. Financing the european pulp, paper and board industry. **European Investment Bank**, Sector Papers, Luxembourg, 1997.

HARROD, R. F. An essay in dynamic theory. **Economic Journal**, v. 49, p. 14-33, 1939.

HE, D.; BARR, C. China's pulp and paper sector: an analysis of supply-demand and medium term projection. **International Forestry Review**, v. 6, p. 254-281, 2004.

HEISKANEN, E. et al. **Dematerialization: the potential of ICT and services**. Ministry of the Environment, Environmental Protection Department, Helsinki, 2001.

HERMAN, R., ARDEKANI, S. A.; AUSUBEL, J. H. Dematerialization. In: AUSUBEL, J. H.; SLADOWICH, H. E. (Org.). **Technology and environment**. Washington: National Academy Press, 1989.

HIRSCHMAN, A. The rise and decline of development economics. In: HIRSCHMAN, A (Org.). **Essays in trespassing economics to politics and beyond**. Cambridge: University Press, 1981. p. 215-43.

HOFFMANN, W. G. **The growth of industrial economies**. Manchester: Manchester University Press, 1958.

HOFFRÉN, J.; LUUKKANEN, J.; KAIVO-OJA, J. Decomposition analysis of Finnish material flows: 1960-1996. **Journal of Industrial Ecology**, v. 4, n. 4, p. 105-125, 2001.

HOLM, S. O.; ENGLUND, E. Increased ecoefficiency and gross rebound effect: evidence from USA and six european countries 1960–2002. **Ecological Economics**, v. 68, p. 879-87, 2009.

IBP. **United Arab Emirates mineral & mining sector investment and business guide**. Washington: International Business Publications, 2009.

ILSCHNER, B. The influence of materials science on metal consumption. **Materials and Society**, v. 10, n. 3, p. 259-70, 1986.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **O aço**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2009. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--classificacoes.asp>>. Acesso em: 17 out. 2012.

INTERNATIONAL IRON AND STEEL INSTITUTE. **Projection 85: world steel demand**. Brussels, 1972.

JÄNICKE, M. et al. Structural change and environmental impact: empirical evidence on thirty-one countries in east and west. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 12, p. 99 -114, 1989.

JÄNICKE, M.; BINDER, M.; MONCH, H. Dirty industries: patterns of change in industrial countries. **Environmental and Resource Economics**, v. 9, p. 467–91, 1997.

JEVONS, W. S. The coal question: can Britain survive? In: FLUX, A. S. (Org.). **The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines**. New York: Augustus M. Kelley, 1865.

JISF. JAPAN IRON AND STEEL FEDERATION. **Update on the Japanese Steel Industry**. Fore Research & Management, 2012. Disponível em: <<http://www.jisf.or.jp/en/statistics/sij/index.html>>. Acesso em: 26 out. 2012.

JOHANSSON, A. et al. **Looking to 2060: long-term global growth prospects**. OECD Economic Policy Papers, Paris, 2012.

JORGENSON, D. W.; TIMMER, M. P. **Structural change in advanced nations: a new set of stylised facts**. Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen, Groningen, 2009.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L.; PERDIGÃO, L. **Papel Imprensa**. Rio de Janeiro: BNDES Produtos Florestais, 2002.

KEIDEL, A. Prospects for continued high economic growth in China. In: POSRI INTERNATIONAL FORUM ON CHINA'S DEVELOPMENT, 2004, Seoul. Anais... Seoul: POSRI, 2004.

KRAUSMANN, F. Growth in global materials use: GDP and population during the 20th century. **Ecological Economics**, v. 68, p. 2696-2705, 2009.

- KRUEGER, A. Import substitution versus export promotion. **Finance and Development**, v. 22, p. 20-23, 1985.
- KRÜGER, J. J. Productivity and structural change: a review of the literature. **Journal of Economic Survey**, v. 22, n. 2, p. 330-63, 2008.
- KRUGMAN, P. La caída y el resurgimiento de la economía del desarrollo. In: KRUGMAN, P (Org.). **Desarrollo, geografía y teoría económica**. Barcelona: Antonio Bosch, 1995. p. 3-30.
- KUZNETS, S. Economic growth and income inequality. **American Economic Review**, v. 45, p. 1-28, 1955.
- KUZNETS, S. **Economic growth and structures**. New York: Norton, 1965.
- KUZNETS, S. **Modern economic growth: rate, structure and spread**. New Heaven: Yale University Press, 1966.
- LABYS, W. C. **Desmaterialization e transmaterialization: what have we learned**. Morgantown: West Virginia University, W. V. U. Regional Research Institute, 2004.
- LABYS, W. C.; WADDELL, L. M. Commodity lifecycles in U.S. materials demand. **Resources Policy**, v. 15, p. 238–51, 1989.
- LAGUNA, E. Brasil fecha 2012 como quarto maior mercado de carros do mundo. **Valor Econômico**, 20 fev. 2013.
- LARSON, E. D.; ROSS, M. H.; WILLIAMS, R. H. Beyond the era of materials. **Scientific American**, v. 254, n. 6, p. 34-41, 1986.
- LEDERMAN, D.; MALONEY, W. F. **Natural resources: neither curse nor destiny**. Stanford: Stanford Univ. Press, 2007.
- LEONTIEF, W. W.; KOO, J.; NASAR, S.; SOHN, I. **The future impact of nonfuel minerals in the U.S. and world economy**. Lexington: Lexington Books, 1983.
- LEWIS, A. O desenvolvimento econômico com oferta ilimitada de mão de obra. In: AGARWALA, A. N.; SINGH, S. P. (Org.). **A Economia do subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Forence, 1969.
- LIN, J. Y.; CHANG, H. Should industrial policy in developing countries conform to comparative advantage or defy it? **Development Policy Review**, v. 27, n. 5, p. 483-502, 2009.
- LINS, M. F. G. et al. Casas estruturadas em aço galvanizado. SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABM, 1998.
- LOPES, C. R. A.; CONTADOR, C. R. **Análise da indústria de papel e celulose no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 1998.
- LOPES, M. P. M. **Indústria brasileira de aço: situação atual e principais desafios**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/ABM, 2011.

LUO, Z.; SORIA, A. **Prospective study of the world aluminium industry**. Sevilha: European Commission, Institute for Prospective Technological Studies, 2007.

MADDISON, A. **Statistics on world population. GDP and per capita GDP, 1-2008 AD**. Groningen: GGDC, 2010. Disponível em: <<http://www.ggdc.net/MADDISON/oriindex.htm>>. Acesso em: 03 jul. 2011.

MALENBAUM, W. **World demand for raw materials in 1985 and 2000**. New York: McGraw-Hill, 1978.

MARTINEZ, A. C. G.; SCHANDL, H. **The biophysical perspective of a middle income economy: material flows in Mexico**. Espanha: Autonomous University of Barcelona, 2007.

MAWAKDIYE, A. A ociosidade já assusta usinas de aço. **Problemas Brasileiros**, n. 411, mai/jun, 2012.

MDIC. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Anuário Estatístico**. Brasília: MDIC, 2012.

MEADOWS, D. H. et al. **The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind**. London: Earth Island, 1972.

MEMEDOVIC, O.; IAPADRE, L. **Structural change in the world economy: main features and trends**. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2010.

MUKHERJI, R. Steel for China's iron ore slowdown. **Business Spectator**, 17 agosto, 2012. Disponível em: <<http://www.businessspectator.com.au/bs.nsf/Article/china-mining-boom-investment-stimulus-steel-infras-pd20120816-X87W4?OpenDocument>>. Acesso em: 17 out. 2012.

MYERS, J. G. Testing for structural change in metal use. **Materials and Society**, v. 10, n. 3, p. 271-83, 1986.

NAÇÕES UNIDAS. **Diverging growth and development**. New York: United Nations, World Economic and Social Survey, 2006.

NASSIF, A. Há evidências de desindustrialização no Brasil? **BNDES**, n. 108, p. 72-96, 2006.

NELSON, R.; PHELPS, E. Investment in humans, technological diffusion and economic growth. **American Economic Review**, v. 56, n. 2, p. 69-75, 1966.

NIELSON, J.; TAGLIONI, D. Services trade liberalisation: identifying opportunities and gains. **OECD Trade Policy**, Working Paper, n. 1, p. 1-135, 2004.

OCDE. ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO. **OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2009**. OECD, Paris, 2009. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org>>. Acesso em: 10 abr. 2012.

OCDE. ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO. **Resource productivity in the G8 and the OECD: a report in the framework of the Kobe 3R Action Plan**. Paris: OECD, 2011.

OICA. **Sales Statistics 2010**. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, Paris, 2010.

PAINEL FLORESTAL. **Mercado de embalagens versus setor de imprimir e escrever**. CI Florestas, 2011. Disponível em: <<http://painelflorestal.com.br/noticias/reportagens/10469/mercado-de-embalagens-x-setor-de-imprimir-e-escrever>>. Acesso em: 04 ago. 2011.

PAULA, G. M. Mineração e metalurgia de ferrosos. **Perspectivas do investimento em insumos básicos**, Projeto PIB, UFRJ/Unicamp, 2008.

PAULA, G. M. **Siderurgia** - Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas. Ribeirão Preto: USP, 2012.

PFAFFENZELLER, S.; NEWBOLD, P.; RAYNER, A. A short note on updating the Grilli and Yang commodity price index. **World Bank Economic Review**, v. 21, n. 1, p. 151–63, 2007.

PICTON, T.; DANIELS, P. L. Ecological restructuring for sustainable development: evidence from Australian economy. **Ecological Economics**, v. 29, p. 405-25, 1999.

PINHO, M. **A indústria do cimento: uma agenda de competitividade para a indústria paulista**. São Paulo: FIPE, 2008.

PINHO, M. **Reestruturação produtiva e inserção internacional da siderurgia brasileira**. 2001. 202 f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

PPI. PULP AND PAPER INTERNATIONAL. **Annual Review (1960-2001)**. 1960-2001.

PREBISCH, R. O desenvolvimento da América Latina e seus principais problemas. **Revista Brasileira de Economia**, n. 3, p. 47-111, 1949.

RAA, R.; SCHETTKAT, R. **The growth of service industries: the paradox of exploding costs and persistent demand**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2001. 225 p.

RAMOS, J. Uma estratégia de desarrollo a partir de complejos productivos en torno a los recursos naturales. **Revista de la Cepal**, v. 66. p. 105-25, 1998.

RISI. Assinatura eletrônica da base **Global Industry Statistics Database Profile 1992-2009**. Boston: RISI, 2011.

ROBERTS, M. C. What caused the slack demand for metals after 1974? **Resources Policy**, v. 14, p. 231-46, 1988.

ROCHA, C. F. L. et al. **Perspectivas do investimento em energia**. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia/BNDES, 2009. 174 p.

RODRIK, D. **Industrial development: some stylized facts and policy directions**. Nova York: United Nation, Industrial Development for the 21st Century, 2007.

ROGICH, D. G. **An analysis of material flow patterns in the United States and globally within the context of sustainable development.** Directorate General for Environmental Protection, Netherlands, 1996.

ROMER, P. The origins of endogenous growth. **Journal of Economic Perspectives**, v. 8, p. 3-22, 1994.

ROSENSTEIN-RODAN, P. N. Problems of industrialization of eastern and south eastern Europe. **Economic Journal**, v. 53, p. 202-211, 1943.

ROSSI, D.; FRANDINA, P. Investment strategies for high performance in a multi-polar world. **Pulp and Paper**, v. 82, n. 11, p. 26, 2008.

ROSTOW, W. W. The take-off into self-sustained growth. **Economic Journal**, v. 66, n. 261, p. 25-48, 1956.

ROWTHORN, R. Indústria de transformação: crescimento, comércio e mudança estrutural. In: CASTRO, A. B et al. (Org.). **O futuro da indústria no Brasil e no mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 1999. 334p.

ROWTHORN, R.; COUTTS, K. De-industrialization and the balance of payments in advanced economies. **Cambridge Journal of Economics**, v. 28, n. 5, p.1-26, 2004.

ROWTHORN, R.; RAMASWAMY, R. **Deindustrialization: causes and implications.** Washington: IMF Working Paper, 1998.

ROWTHORN, R.; WELLS, J. R. **De-industrialization and foreign trade.** Cambridge: Univ. Press, 1987.

SACHS, J. D.; WARNER, A. M. Natural resources and economic development: the curse of natural resources. **European Economic Review**, v. 45, p. 827-38, 2001.

SAMUELSON, P. The gains from international trade once again. **Economic Journal**, v. 72, n. 288, p. 820-29, 1966.

SAVONA, M.; LORENTZ, A. **Demand and technology contribution to structural change and tertiarisation: an input-output structural decomposition analysis.** Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies, Working Paper Series, 2006.

SCHETTKAT, R. **Analyzing rebound effects.** Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2009.

SELIGSON, M; PASSÉ-SMITH, J. **Development and underdevelopment: the political economy of global inequality.** Boulder: Lynne Rienner Publishers, 2008.

SOLOW, R. A contribution to the theory of economic growth. **Quartely Journal of Economics**, v. 70, n. 1, 64-94, 1956.

SONG, L.; LIU, H. **The chinese steel industry's transformation: structural change, performance and demand on resources.** Cheltenham Glos: Edward Elgar Pub, 2013.

SOUZA, D. T. Consumo de energia e biomassa moderna acompanha o desenvolvimento econômico. **Portal Dia de Campo**, 08 out. 2012.

SANTOS, D. T.; BATALHA, M. O.; PINHO, M. S. A evolução do consumo de alimentos na China e seus efeitos sobre as exportações agrícolas brasileiras. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 16, n. 2, 2012.

STEEL STATISTICAL YEARBOOK. **Anuários**. World Steel Association. Brussels: WSA, vários números (1978, 1981, 1991, 2001, 2011).

STEEL STATISTICAL YEARBOOK. **World Steel Association**. Brussels: WSA, 2011. Disponível em: <<http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive/yearbook-archive.html>>. Acesso em: 30 out. 2012.

STEINBERGER, J. K.; KRAUSMANN, F.; EISENMENGER, N. Global patterns of materials use: a socioeconomic and geophysical analysis. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1148-58, 2010.

STIGLITZ, J. E.; CHARLTON, A. **The development round of trade negotiations in the aftermath of Cancun**. Report prepared for the Commonwealth Secretariat with the Initiative for Policy Dialogue, 2004.

STOCK, J. H; WATSON, M. W. **Econometria**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 485 p.

SUSLICK, S. B. **Métodos de previsão da demanda mineral**. Campinas. 1990. 150 p. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SYRQUIN, M. Patterns of structural change. In: CHENERY, H. B.; SRINIVASAN, T. N. (Org.). **Handbook of Development Economics**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1988.

TACCONE, T. **China's steel demand to peak at over 1 billion tonnes?** Disponível em: <[www.nerdsofsteel.com/steel/longer-pieces-on-current-topics](http://www.nerdsofsteel.com/steel/longer-pieces-on-current-topics)>. Acesso em: 21 out. 2012.

TANIMOTO, A. H. **A economia medida pela Análise de Fluxo de Massa (AFM): a desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

THIRLWALL, A. P. The balance of payments constraint as an explanation of international growth rates differences. **Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review**, v. 128, p. 45-53, 1979.

TILTON, J. E. Atrophy in metal demand. **Materials and Society**, v. 10, n. 3, p. 245-50, 1986.

TILTON, J. E. **World metal demand: trends and prospects**. Washington: Resources for the future, 1990.

UNCTAD. UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **Income growth and shifting trade patterns in Asia**. Trade and Development Report, 2005.

UNIDO. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Industrial Development Report**. Vienna, 2009.

USGS. U. S. Geological Survey. **Minerals Yearbook - Metals and Minerals**. Reston: USGS, 2011. Disponível em <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb>>. Acesso em: 19 out. 2013.

USGS. U. S. Geological Survey. **Bauxite and alumina 2012**. Reston: USGS, 2012. Disponível em <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/bauxite/mcs-2012-bauxi.pdf>>. Acesso em: 03 novembro 2012.

VALENÇA, A. C. V.; MATTOS, R. L. G. Papéis de imprimir e escrever. **BNDES**, Área de Operações Industriais, 1998.

VANEK, J. **The natural resource content of United States foreign trade, 1870-1955**. Cambridge: MIT Press, 1963.

VICENTE, L. A. R. **Evolução recente e perspectivas da siderurgia brasileira**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, mimeo, 1992.

VILLASCHI, A. **Perspectivas de investimentos em insumos básicos - papel e celulose**. UFRJ/UNICAMP, 2008.

VRIES, H. J. M. **Assessment of the interaction between economic and physical growth**. Research Programme on Scientific Assessment and Policy Analysis (WAB) Climate Change, Netherlands, 2006.

WAGGONER, P. E.; AUSUBEL, J. H.; WERNICK, I. K. Lightening the tread of population on the land: American examples. **Population and Development Review**, v. 22, p. 531-45, 1996.

WAN-IFRA. WORLD ASSOCIATION OF NEWSPAPER AND NEWS PUBLISHERS. **Leitura de jornais no mundo 2009**. ANJ, Brasília, 2012. Disponível em: <[www.anj.org.br](http://www.anj.org.br)>. Acesso em: 13 out. 2011.

WAUGH, D. **Geography: an integrated approach**. Gloucestershire: Nelson Thornes, 2000.

WINDRUM, P.; TOMLINSON, M. Knowledge-intensive services and international competitiveness: a four country comparison. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 11, n. 3, p. 391-408, 1999.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2002.

WORLD DATABANK. **World Development Indicators 2007**. Washington: World Bank, 2007. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country>>. Acesso em: 05 fev. 2011.

WORLD DATABANK. **World Development Indicators 2009**. Washington: World Bank, 2010. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country>>. Acesso em: 07 mar. 2011.

WORLD DATABANK. **World Development Indicators 2010**. Washington: World Bank, 2011. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

WORLD DATABANK. **World Development Indicators 2011**. Washington: World Bank, 2011. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/country>>. Acesso em: 13 out. 2013.

WORLD METAL STATISTICS YEARBOOK. World Bureau of Metal Statistics. Hertfordshire: World Bureau of Metal Statistics, vários números.

WSA. WORLD STEEL ASSOCIATION. Chinese steel hits the great wall: reduced growth prospects: facts and figures for 2008-2017. **World Steel Dynamics Publications**. Brussels: WSA, 2009.

XAVIER, C. L. **Economia de baixo carbono**: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas. Ribeirão Preto: USP, 2012.

YANG, J. **An analysis of so-called export-led growth**. Washington: IMF Working Paper, International Monetary Fund, 2008.

ZHU, J.; LEE, K. K.; WEI, O. China's steel embracing a new age. **Shanghai Daily**, 9 outubro 2012. Disponível em: <<http://mobile.shanghaidaily.com/article/?id=513514>>. Acesso em: 21 out. 2012.

## APÊNDICE

**Tabela A.1: Estatísticas Descritivas para o Consumo per capita (kg/hab) e Intensidade do Uso (kg/US\$ 1000) de Papel e Papelão entre 1959 e 2009**

Países	Papel e Papelão em Geral (1959-2009)		Papel Imprensa (1959-2009)		Papel Imprimir e Escrever (1959-2009)		Embalagens (1959-2009)		Fins Sanitários (1959-2009)	
	CPC - kg/hab	IU kg/US\$ 1000	CPC kg/hab	IU kg/US\$ 1000	CPC kg/hab	IU kg/US\$ 1000	CPC kg/hab	IU kg/US\$ 1000	CPC kg/hab	IU kg/US\$ 1000
<b>Países Desenvolvidos</b>										
Máximo	380,6	17,7	69,4	2,7	166,0	5,3	197,8	10,0	26,3	1,1
Média dos Máximos	234,2	9,0	32,5	1,3	75,2	2,6	103,1	4,3	16,4	0,6
Mediana	243,0	8,3	35,0	1,2	79,1	2,5	96,4	3,8	16,5	0,6
Coefficiente de Variação*	0,3	0,3	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
<b>G-7</b>										
Máximo Geral	339,5	12,6	54,1	2,3	105,9	3,1	159,4	7,4	24,5	0,7
Média dos Máximos	243,5	8,9	34,5	1,4	83,7	2,7	107,2	4,3	17,4	0,5
Mediana	248,7	8,6	32,6	1,2	81,1	2,7	101,8	4,2	16,7	0,5
Coefficiente de Variação	0,2	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2
<b>Países Ricos em Base Florestal</b>										
Máximo	380,6	17,7	69,4	2,2	120,1	5,3	197,8	7,5	24,0	1,1
Média dos Máximos	284,5	11,5	48,3	1,6	90,8	3,0	126,2	4,7	21,5	0,8
Mediana	258,2	10,6	60,9	1,8	88,6	2,6	126,2	4,2	22,3	0,7
Coefficiente de Variação	0,2	0,3	0,6	0,6	0,2	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3
<b>EUA</b>										
Máximo	339,5	12,6	54,1	2,3	105,9	2,9	159,4	7,4	24,5	0,7
Média	276,4	9,8	41,4	1,5	59,8	1,8	136,6	4,9	15,0	0,5
Mediana	285,0	0,0	42,5	0,0	69,5	0,0	139,1	0,0	19,0	0,0
Coefficiente de Variação	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	0,6	0,1	0,3	0,6	0,6
<b>China</b>										
Máximo	64,3	11,5	3,3	0,6	14,5	3,3	38,1	6,8	3,3	0,7
Média	16,3	0,0	0,7	0,0	3,3	0,0	6,8	0,0	0,7	0,0
Mediana	8,3	8,3	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Coefficiente de Variação	1,0	0,3	1,4	1,0	1,4	1,2	1,5	1,1	1,5	1,3

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

\* Desvio-padrão dividido pela média.

**Tabela A.2: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Cúbico Sem Defasagem)**

Estatística	Painel de Dados Mais Abrangente (1977-2009)****			Painel de Dados Mais Recente (1999-2009)			Painel para Países com Crescimento “Export-Driven” (1977-2009)****		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
<b>Papel e Papelão em Geral</b>									
$\beta_1$	1,20E-07	5,58E-07	5,46E-07	-1,49E-07**	5,66E-07	5,42E-07	-1,53e-07ns	1,04e-06	1,01e-06
$\beta_2$	5,97E-12	-1,82E-11	-1,76E-11	1,53E-11	-2,17E-11	-1,83E-11	1,59e-11**	-4,74e-11	-4,61e-11
$\beta_3$	-1,76E-16	1,55E-16**	1,47E-16**	-2,59E-16	1,86E-16	1,39E-16**	-3,25e-16**	6,27e-16**	6,09e-16
constante	0,00327	0,00179	0,00175	0,00479	0,00306	0,00250	0,00624	0,00158	0,00170*
$R^2$	0,274	0,234	0,206	0,285	0,353	0,013	0,042	0,605	0,007
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,0136			0,2313			***	
<b>Imprensa</b>									
$\beta_1$	1,27E-08 ns	1,59E-08 ns	2,52E-08 ns	-1,51E-08ns	2,38E-08ns	5,75E-08ns	7,41e-09ns	-3,96e-08ns	-3,65e-08ns
$\beta_2$	1,18E-12**	-5,01E-14 ns	-2,82E-13 ns	1,80E-12	-1,8E-12ns	-1,64E-12ns	1,43e-12ns	2,81e-12ns	2,76e-12ns
$\beta_3$	-2,72E-17	-1,09E-17 ns	-8,89E-18 ns	-2,80E-17	7,9E-18ns	2,37E-18ns	-3,65e-17ns	-6,46e-17ns	-6,43e-17ns
constante	0,00041	0,00072	0,00058	0,00053	0,00121	0,00049	0,00054	0,00103*	0,00097**
$R^2$	0,291	0,157	0,059	0,301	0,406	0,040	0,175	0,207	0,046
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,0056			0				0.2962
<b>Imprimir e Escrever</b>									
$\beta_1$	-8,82E-08	9,87E-08 ns	7,94E-08*	-1,20E-07	1,42E-07*	1,34E-07*	-2,53e-07	1,73e-07*	1,51e-07ns
$\beta_2$	8,00E-12	-1,33E-12 ns	-5,20E-13 ns	8,50E-12	-5,92E-12*	-3,99E-12ns	1,53e-11	-5,54e-12ns	-4,64e-12ns
$\beta_3$	-1,29E-16	-1,09E-18 ns	-1,10E-17 ns	-1,26E-16	5,35E-17ns	2,61E-17ns	-2,34e-16	6,88e-17ns	5,69e-17ns
constante	0,00131	0,00045 ns	0,00054*	0,00162	0,00118**	0,00074ns	0,00239	0,00014ns	0,0003ns
$R^2$	0,448	0,132	0,382	0,440	0,169	0,030		0,310	0,071

Teste de Hausman (Prob>qui2)	0,0085			0,4731			***		
<b>Embalagens</b>									
$\beta_1$	-1,72E-08 ns	2,91E-07**	2,78E-07	-1,01E-07	3,55E-07	3,15E-07	-2,87e-07	6,56e-07	6,23e-07
$\beta_2$	4,13E-12	-1,18E-11	-1,11E-11	7,26E-12	-1,21E-11	-1,06E-11	1,68e-11	-3,15e-11	-3,00e-11
$\beta_3$	-9,18E-17	1,25E-16**	1,17E-16**	-1,22E-16	1,03E-16**	8,70E-17**	-2,84e-16	4,22e-16	4,00e-16
constante	0,00243	0,00116 ns	0,00114 ns	0,00284	0,00048ns	0,00071*	0,00421	-0,00029ns	-0,00012ns
$R^2$	0,067	0,127	0,017	0,089	0,290	0,015	0,056	0,481	0,029
Teste de Hausman (Prob>qui2)	0,2097			0,0003			***		
<b>Fins Sanitários</b>									
$\beta_1$	3,51E-08	3,42E-08	3,42E-08	4,67E-08	3,23E-08**	3,37E-08	-1,08e-08ns	2,28e-08ns	2,11e-08ns
$\beta_2$	-1,03E-12	-8,90E-13*	-8,90E-13*	-1,59E-12	-8,39E-13*	-9,1E-13**	9,57e-13*	-5,82e-13ns	-5,04e-13ns
$\beta_3$	9,83E-18	7,02E-18 ns	7,03E-18 ns	1,67E-17	6,92E-18ns	7,82E-18ns	-1,57e-17*	4,30e-18ns	3,24e-18ns
constante	0,00009	0,00008 ns	0,00007 ns	0,00006**	0,00010ns	0,00009ns	0,00042	0,00024	0,00026
$R^2$	0,312	0,107	0,311	0,398	0,137	0,379	0,143	0,118	0,102
Teste de Hausman (Prob>qui2)	0,9599			0,4893			0,1630		

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010), Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

\*\*\*\* Nos painéis de dados mais abrangente e “export-driven”, as estatísticas de papel e papelão em geral referem-se aos anos compreendidos entre 1959 e 2009.

**Tabela A.3: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, Mais Recente e para Países com Crescimento “Export-Driven” para o Setor de Papel e Papelão (Modelo Quadrático Com Uma Defasagem da Variável Explicativa)**

Estatística	Painel de Dados Mais Abrangente (1977-2009)****			Painel de Dados Mais Recente (1999-2009)			Painel para Países com Crescimento “Export-Driven” (1977-2009)****		
	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios	MQO	Efeitos fixos	Efeitos Aleatórios
<b>Papel e Papelão em Geral</b>									
$\beta_1$	2,86E-07	3,39E-07	3,40E-07	1,90E-07	2,59E-07	3,22E-07	1,17e-08ns	6,24e-07	6,13e-07
$\beta_2$	-4,72E-12	-7,46E-12	-7,44E-12	-2,85E-12	-7,51E-12	-7,87E-12	9,93e-13ns	-1,64e-11	-1,61e-11
constante	0,00282	0,00288	0,00276	0,00345	0,00451	0,00350	0,00597	0,00280	0,00293
$R^2$	0,250	0,194	0,212	0,203	0,413	0,020	0,026	0,515	0,007
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,7806			0,003			***	
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00715	0,00673	0,00665	0,00662	0,00674	0,00679	0,00593	0,00873	0,00876
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	30,296	22,721	22,849	33,333	17,243	20,457	5.891	19.024	19.037
<b>Imprensa</b>									
$\beta_1$	4,81E-08	3,27E-08**	3,85E-08	2,67E-08	-6,6E-09ns	4,79E-08	5,98e-08	4,58e-08ns	4,67e-08ns
$\beta_2$	-7,05E-13	-8,91E-3**	-9,68E-13	-2,79E-13	-9,34E-13	-1,40E-12	-1,33e-12	-1,44e-12ns	-1,45e-12ns
constante	0,00027	0,00065	0,00054	0,00035	0,00147	0,00058	0,00037	0,00059	0,000547**
$R^2$	0,280	0,181	0,042	0,263	0,473	0,059	0,210	0,143	0,074
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,0002			0				0,7012
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00109	0,00095	0,00092	0,00679	0,00148	0,00099	0,00104	0,00095	0,00092
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	34,113	18,350	19,886	20,457	35,813	17,107	22.481	15.902	16.103
<b>Imprimir e Escrever</b>									
$\beta_1$	7,42E-08	8,96E-08	8,85E-08	6,32E-08	4,50E-08ns	9,09E-08	-1,50e-07	7,77e-08ns	5,95e-08ns
$\beta_2$	-7,46E-13	-1,31E-12	-1,28E-12	-6,50E-13	-1,8E-12**	-2,20E-12	5,40e-12	-5,15e-13ns	-1,21e-13ns

constante	0,00064	0,00061*	0,00060**	0,00078	0,00181	0,00107	0,002383	0,00080*	0,00101
R <sup>2</sup>	0,367	0,097	0,357	0,334	0,226	0,000	0,314	0,327	0,063
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,7555			0			***	
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00249	0,00214	0,00213	0,00232	0,00208	0,00201	0,00134	0,00373	0,00832
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	49,731	34,198	34,570	48,615	12,096	20,659	13.888	75.436	24.586
<b>Embalagens</b>									
β1	8,89E-08	6,82E-08ns	7,58E-08 ns	6,57E-08	1,50E-07	1,45E-07	-5,91e-08*	2,87e-07	2,56e-07*
β2	-1,92E-12	-2,0E-12ns	-2,14E-12*	-1,40E-12	-3,64E-12	-3,49E-12	2,83e-13ns	-8,21e-12*	-7,58e-12
constante	0,00204	0,00246**	0,00225	0,00216	0,00171	0,00173	0,00418	0,00166ns	0,00195ns
R <sup>2</sup>	0,043	0,082	0,016	0,034	0,237	0,028	0,173	0,335	0,001
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,1569			0,5953			0	
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00307	0,00303	0,00292	0,00293	0,00326	0,00324		0,00416	0,00411
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	23,151	16,798	17,710	23,464	20,604	20,773		17.478	16.886
<b>Fins Sanitários</b>									
β1	2,23E-08	2,04E-08	2,11E-08	2,25E-08	1,76E-08	1,81E-08	7,01e-10ns	7,62e-09ns	7,16e-09ns
β2	-3,64E-13	-3,32E-13	-3,44E-13	-3,85E-13	-2,43E-13	-2,57E-13	8,38e-14ns	-8,20e-14ns	-7,22e-14ns
constante	0,00015	0,00017**	0,00015**	0,00017	0,00019	0,00019	0,00037	0,00033	0,00033
R <sup>2</sup>	0,293	0,080	0,293	0,339	0,106	0,321	0,060	0,074	0,054
Teste de Hausman (Prob>qui2)		0,3412			0,7306			0,5430	
Ponto de Máx/Min (IU)	0,00187	0,00049	0,00048	0,00050	0,00051	0,00051	0,00036	0,0005	0,0005
Ponto de Máx/Min (PIB pc PPC)	30,631	30,722	30,668	29,220	36,213	35,214	4.182	46.463	49.584

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010), Dados manipulados no programa estatístico STATA.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

N.S: Não significativo; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

\*\*\* Modelo ajustado não obedeceu às hipóteses assintóticas do teste de Hausman.

\*\*\*\* Nos painéis de dados mais abrangente e “export-driven”, as estatísticas de papel e papelão em geral referem-se aos anos compreendidos entre 1959 e 2009.

**Tabela A.4: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o uso de Variáveis *Dummies* (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização**

Estatística	MQO		Efeitos Fixos	
	EQ 1*	EQ 2**	EQ 1	EQ 2
<b>Papel e Papelão em Geral (1959-2009)</b>				
$\beta_1$	2,52E-07	3,48E-07	2,68E-07	2,68E-07
$\beta_2$	-4,44E-12	-7,19E-12	-6,32E-12	-6,32E-12
Indicador de urbanização	-0,00143	0,00240	0,00495	0,00495
Indicador de desenvolvimento	-0,00151	0,00018 (ns)	0	0
Indicador da região 2		-0,00422		0 (omitido)
Indicador da região 3		-0,00256		0 (omitido)
Indicador da região 4		-0,00207		0 (omitido)
Indicador da região 5		-0,00063		0 (omitido)
Indicador da região 6		-0,00369		0 (omitido)
Indicador da região 7		-0,00446		0 (omitido)
Indicador da região 8		-0,00249		0 (omitido)
constante	0,00467	0,00327	0,00029 (ns)	0,00029 (ns)
$R^2$	0,371	0,514	0,340	0,34
<b>Imprensa (1977-2009)</b>				
$\beta_1$	3,98E-09 (ns)	3,87E-08	3,48E-08	3,48E-08
$\beta_2$	-5,16E-14 (ns)	-6,83E-13	-8,68E-13	-8,68E-13
Indicador de urbanização	0,00023**	0,00068	-0,0003417*	-0,0003417*
Indicador de desenvolvimento	-0,00045	0,00009 (ns)	0	0
Indicador da região 2		-0,00071		0 (omitido)
Indicador da região 3		0,00010		0 (omitido)
Indicador da região 4		-0,00028		0 (omitido)
Indicador da região 5		-0,00009		0 (omitido)
Indicador da região 6		-0,00075		0 (omitido)
Indicador da região 7		-0,00055		0 (omitido)
Indicador da região 8		-0,00041		0 (omitido)
constante	0,00081	0,00025**	0,00085	0,00085
$R^2$	0,313	0,466	0,153	0,153
<b>Imprimir e Escrever (1977-2009)</b>				
$\beta_1$	6,65E-08	1,00E-07	1,10E-07	1,10E-07
$\beta_2$	-7,09E-13	-1,46E-12	-1,61E-12	-1,61E-12
Indicador de urbanização	-0,00083	0,00094	0,00167	0,00167
Indicador de desenvolvimento	-0,00039	0,00034	0	0
Indicador da região 2		-0,00081		0 (omitido)
Indicador da região 3		-0,00052		0 (omitido)
Indicador da região 4		0,00009 (ns)		0 (omitido)

Indicador da região 5		0,00054		0 (omitido)
Indicador da região 6		-0,00065		0 (omitido)
Indicador da região 7		-0,00085		0 (omitido)
Indicador da região 8		-0,00022 **		0 (omitido)
constante	0,00148	-0,00018 (ns)	-0,00079	-0,00079
$R^2$	0,443	0,577	0,239	0,239
<b>Embalagens (1977-2009)</b>				
$\beta_1$	7,26E-08	1,49E-07	9,80E-08	9,80E-08
$\beta_2$	-1,81E-12	-3,53E-12	-2,67E-12	-2,67E-12
Indicador de urbanização	-0,0014	0,00034 (ns)	0,00473	0,00473
Indicador de desenvolvimento	-0,0009	0,00025*	0	0
Indicador da região 2		-0,00237		0 (omitido)
Indicador da região 3		-0,00135		0 (omitido)
Indicador da região 4		-0,00123		0 (omitido)
Indicador da região 5		-0,00052		0 (omitido)
Indicador da região 6		-0,00217		0 (omitido)
Indicador da região 7		-0,00212		0 (omitido)
Indicador da região 8		-0,00143		0 (omitido)
constante	0,00355	0,00258	-0,00115	-0,00115
$R^2$	0,193	0,39	0,266	0,266
<b>Fins Sanitários (1977-2009)</b>				
$\beta_1$	2,17E-08	2,75E-08	1,89E-08	1,89E-08
$\beta_2$	-3,29E-13	-4,50E-13	-3,19E-13	-3,19E-13
Indicador de urbanização	0,00018	-2,21E-06 (ns)	0,00047	0,00047
Indicador de desenvolvimento	0,00004*	0,00002 (ns)	0	0
Indicador da região 2		-0,00002**		0 (omitido)
Indicador da região 3		-0,00009		0 (omitido)
Indicador da região 4		-0,00014		0 (omitido)
Indicador da região 5		-0,00011		0 (omitido)
Indicador da região 6		-0,00018		0 (omitido)
Indicador da região 7		-0,00024		0 (omitido)
Indicador da região 8		-0,00017		0 (omitido)
constante	0,00007 (ns)	0,00020	-0,00013	-0,00013
$R^2$	0,345	0,444	0,407	0,407

Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

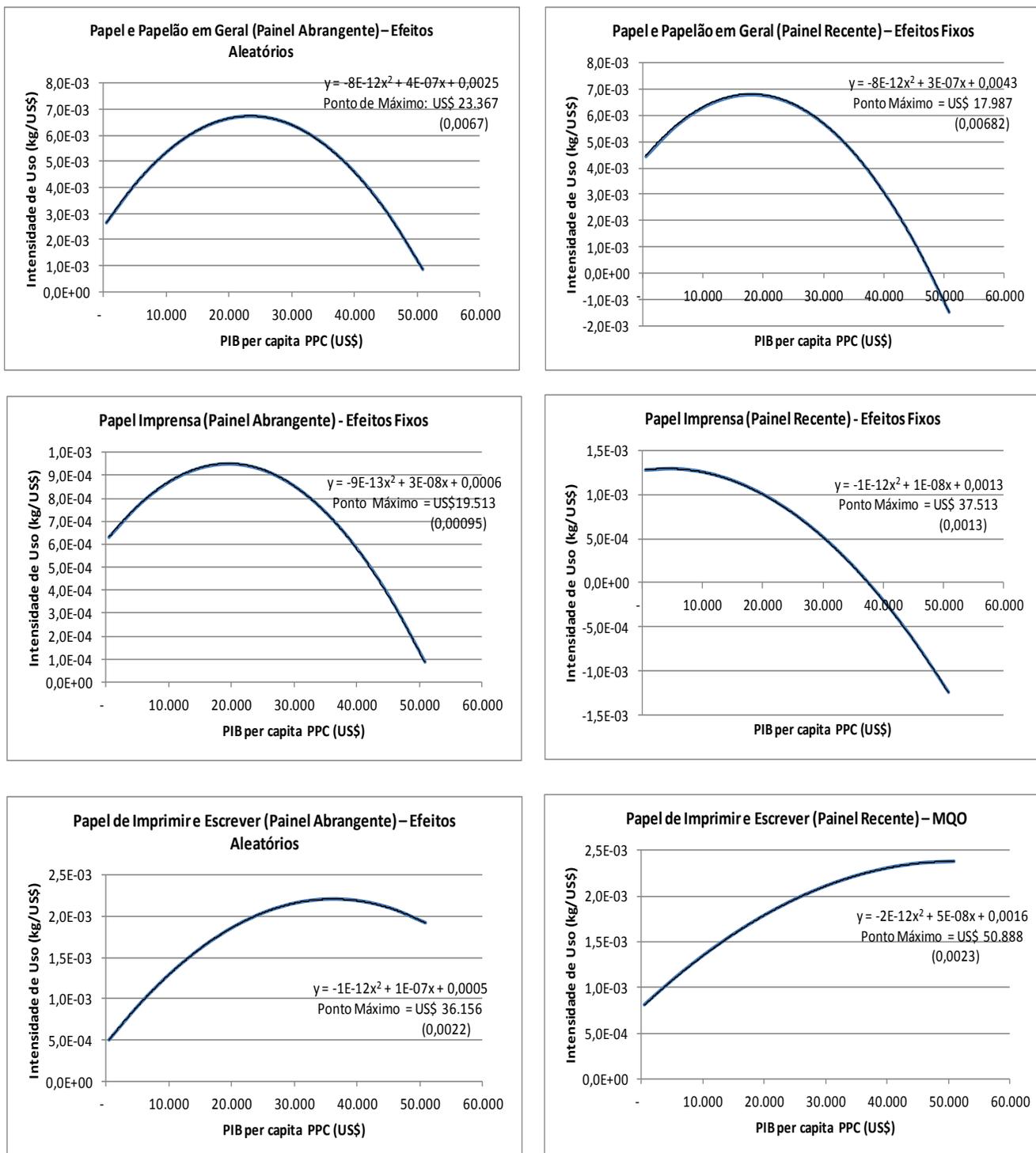
Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

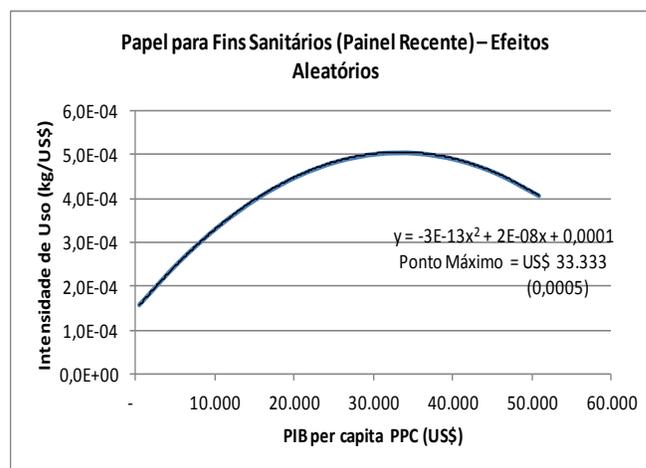
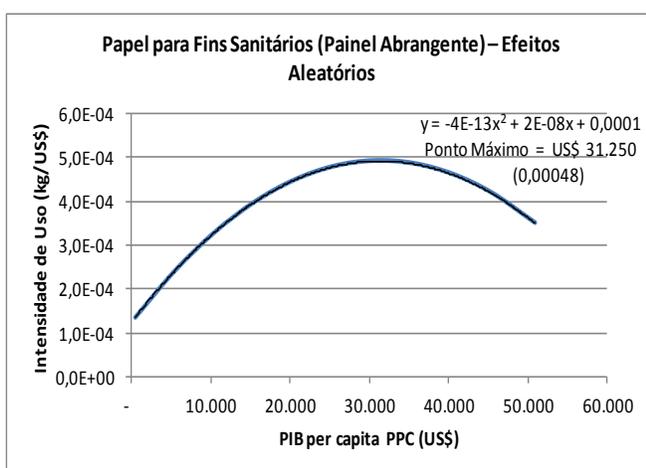
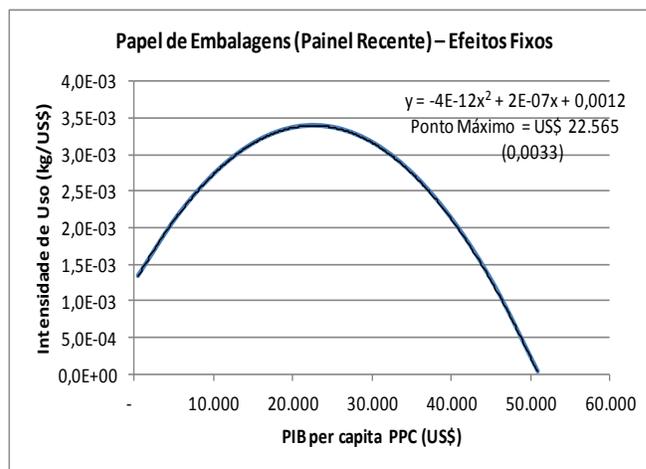
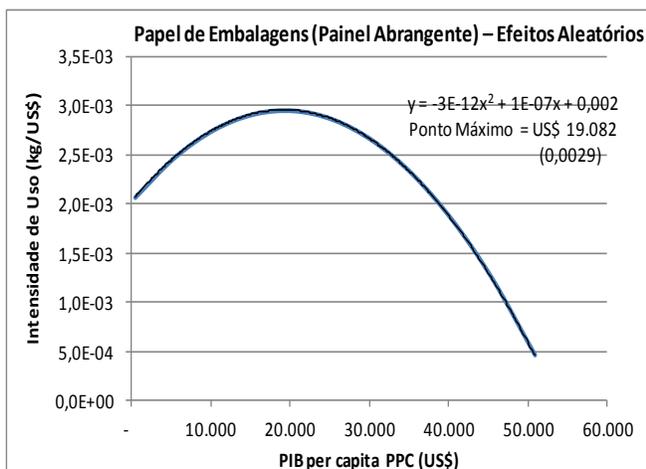
$$EQ1: IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + u$$

$$EQ2: IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + \delta_2 * região2 + \delta_3 * região3 + \delta_4 * região4 + \delta_5 * região5 + \delta_6 * região6 + \delta_7 * região7 + \delta_8 * região8 + u$$

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

Gráfico A.1: Curva de Intensidade do Uso em Papel e Papelão





Fonte: RISI (2011), Pulp and Paper International (vários números), BRACELPA (vários números), Maddison (2010), World Databank (2010) e FMI (2010).

**Tabela A.5: Processo de Desmaterialização em Aço**

País	Aço Bruto				Aço Laminado			
	$\Delta\%$ Anual* (1970-2010) - 61 países				$\Delta\%$ Anual* (1974-2010) - 61 países			
	CPC	PIB per capita	IU	Desmaterialização	CPC	PIB per capita	IU	Desmaterialização
China*	7,2%	6,0%	1,2%	Ausência	10%	6,2%	2%	Ausência
Cingapura	1,1%	5,0%	-3,8%	Relativa	-0,6%	4,4%	-4,8%	Absoluta
Reino Unido	3,3%	1,9%	1,4%	Ausência	-2,2%	1,7%	-3,9%	Absoluta
Coréia Sul	8,7%	5,8%	2,7%	Ausência	7,7%	5,6%	2,0%	Ausência
Taiwan	7,5%	5,8%	1,6%	Ausência	4,6%	5,3%	-0,6%	Relativa
Espanha	0,4%	2,8%	-2,3%	Relativa	0,1%	2,4%	-2,2%	Relativa
Canadá	-0,2%	1,8%	-2,0%	Absoluta	-0,6%	1,6%	-2,1%	Absoluta
Holanda	-1,4%	1,8%	-3,1%	Absoluta	-1,2%	1,6%	-2,7%	Absoluta
Indonésia	5,6%	3,7%	1,9%	Ausência	3,8%	3,2%	0,7%	Ausência
França	-1,6%	1,7%	-3,2%	Absoluta	-1,3%	1,4%	-2,7%	Absoluta
Itália	0,3%	1,7%	-1,4%	Relativa	0,5%	1,6%	-1,1%	Relativa
Jordânia	4,9%	1,7%	3,2%	Ausência	4,4%	2,3%	2,0%	Ausência
EUA	-1,9%	1,7%	-3,5%	Absoluta	-1,7%	1,7%	-3,4%	Absoluta
Portugal	2,1%	2,6%	-0,5%	Relativa	1,7%	1,9%	-0,2%	Relativa
Alemanha	-0,6%	1,6%	-2,2%	Absoluta	0,7%	1,4%	-0,7%	Relativa
Líbano	4,2%	1,5%	2,7%	Ausência	4,0%	1,4%	2,6%	Ausência
México	2,0%	1,4%	0,5%	Ausência	1,7%	1,2%	0,5%	Ausência
Tailândia	6,3%	4,3%	1,9%	Ausência	6,5%	4,4%	2,0%	Ausência
Índia	4,0%	3,3%	0,6%	Ausência	4,5%	3,7%	0,8%	Ausência
Japão	-0,6%	2,3%	-2,8%	Absoluta	-0,6%	1,8%	-2,4%	Absoluta
Malásia	4,6%	4,1%	0,5%	Ausência	3,8%	3,9%	-0,1%	Ausência
Brasil	2,2%	2,1%	0,1%	Ausência	0,9%	1,5%	-0,5%	Relativa
Média (países)	0,5%	0,9%	-0,5%	Relativa	0,5%	0,6%	-0,4%	Relativa

Fonte: Steel Statistical Yearbook (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

\* Em laminados, a análise foi feita para o período 1977-2010.

**Tabela A.6: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o Uso de Variáveis *Dummies* (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização - Cimento (1960-2009)\*\*\***

Estatística	MQO		Efeitos Fixos		Efeitos Aleatórios	
	EQ 1*	EQ 2**	EQ 1	EQ 2	EQ 1	EQ 2
$\beta_1$	-1,10e-06	-1,45e-06	-1,54e-06	-1,54e-06	-1,51e-06	-1,53e-06
$\beta_2$	8,93e-12	8,98e-12	7,49e-12	7,49e-12	7,46e-12	7,52e-12
Indicador de urbanização	0,0059828*	0,0345146	0,1224501	0,1224501	0,1147612	0,1171537
Indicador de desenvolvimento	0,0064572	0,0078317	omitido	omitido	0,0209553	0,0210512
Indicador da região 2		-0,0154506		omitido		-0,0244489ns
Indicador da região 3		-0,0037305ns		omitido		-0,0126816ns
Indicador da região 4		0,0103102		omitido		0,013497ns
Indicador da região 5		0,0165414		omitido		0,0310819
Indicador da região 6		0,0095967		omitido		0,0116492ns
Indicador da região 7		0,0296095		omitido		0,0235366ns
Indicador da região 8		0,0154309		omitido		0,0238828ns
constante	0,0427669	0,0194131	-0,014995	-0,014995	-0,0250931	-0,039863
$R^2$	0,1203	0,3180	0,2547	0,2547	0,2545	0,2546

Fonte: Cembureau (1982; 1982-1997; 2011), Maddison (2010), World Databank (2011) e FMI (2010).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

EQ1:  $IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + u$

EQ2:  $IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + \delta_2 * região2 + \delta_3 * região3 + \delta_4 * região4 + \delta_5 * região5 + \delta_6 * região6 + \delta_7 * região7 + \delta_8 * região8 + u$

Variável *dummy* para região:  $D_2 = 1$  América Latina, 0 demais;  $D_3 = 1$  Oceania, 0 demais;  $D_4 = 1$  Europa Ocidental, 0 demais;  $D_5 = 1$  Ásia, 0 demais;  $D_6 = 1$  Europa Oriental, 0 demais;  $D_7 = 1$  Oriente Médio, 0 demais;  $D_8 = 1$  África, 0 demais.

Variável *dummy* de referência para o indicador de desenvolvimento foram os países desenvolvidos.

N.S: Não significante; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%.

Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

\*\*\* A taxa de urbanização dos países somente pôde ser obtida a partir do ano 1960, apesar dos dados para cimento iniciarem-se em 1947.

**Tabela A.7: Evolução da Relação entre Sucata Recuperada e Consumo Doméstico**

País	1984	1990	2003	2007	2010
Reino Unido	22,6%	16,6%	22,7%	63,0%	45,4%
Itália	37,0%	36,1%	31,2%	37,0%	43,1%
EUA	27,6%	32,1%	39,6%	41,3%	38,8%
Brasil	16,5%	20,5%	20,6%	35,3%	35,4%
Argentina	9,9%	24,1%	19,2%	9,6%	34,9%
Japão	30,7%	33,8%	32,0%	34,2%	24,7%
Canadá	14,2%	12,3%	14,3%	34,2%	24,5%
China				21,5%	21,1%

Fonte: ABAL (2004, 2005, 2008 e 2011).

**Tabela A.8: Estimativas das Regressões para o Painel de Dados Mais Abrangente, com o Uso de Variáveis *Dummies* (Nível de Desenvolvimento dos Países e Região) e da Variável Taxa de Urbanização - Alumínio (1965-2010)**

Estatística	MQO		Efeitos Fixos***		Efeitos Aleatórios	
	EQ 1*	EQ 2**	EQ 1	EQ 2	EQ 1	EQ 2
$\beta_1$	2,24e-08	4,42e-08	3,11e-08	3,11e-08	3,25e-08	3,28e-08
$\beta_2$	-2,03e-13	-6,24e-13	-4,69e-13	-4,69e-13	-4,81e-13	-4,89e-13
Indicador de urbanização	-0,000199	0,0000355	0,000899	0,000899	0,0007091	0,0007764
Indicador de desenvolvimento	-0,00005	-0,000131	omitido	omitido	0,0000467 ns	-9,14e-06 ns
Indicador da região 2		-0,0002912		omitido		-0,0002285 ns
Indicador da região 3		-0,0001105		omitido		-0,000208 ns
Indicador da região 4		-0,0001602		omitido		-0,0001459 ns
Indicador da região 5		0,0001971		omitido		0,0003616 ns
Indicador da região 6		0,0001699		omitido		0,0000291 ns
Indicador da região 7		-0,0002242		omitido		-0,0000461 ns
Indicador da região 8		-0,0001415		omitido		0,0000461
constante	0,0003795	0,0000732 ns	-	-	-0,0003099	-0,000282
$R^2$	0,2809	0,4506	0,2672	0,2672	0,2656	0,4398

Fonte: World Metal Statistics Yearbook (vários números), ABAL (vários números), Maddison (2010), FMI (2010) e World Databank (2011).

Dados manipulados no programa estatístico STATA.

EQ1:  $IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + u$

EQ2:  $IU_{it} = \alpha + \beta_1 * PIBpc + \beta_2 * PIBpc^2 + \beta_3 * urb + \gamma_2 * desenv + \delta_2 * região2 + \delta_3 * região3 + \delta_4 * região4 + \delta_5 * região5 + \delta_6 * região6 + \delta_7 * região7 + \delta_8 * região8 + u$

Variável *dummy* para região:  $D_2 = 1$  América Latina, 0 demais;  $D_3 = 1$  Oceania, 0 demais;  $D_4 = 1$  Europa Ocidental, 0 demais;  $D_5 = 1$  Ásia, 0 demais;  $D_6 = 1$  Europa Oriental, 0 demais;  $D_7 = 1$  Oriente Médio, 0 demais;  $D_8 = 1$  África, 0 demais.

Variável *dummy* de referência para o indicador de desenvolvimento foram os países desenvolvidos.

N.S: Não significativa; \*Significância a 10%; \*\* Significância a 5%. Na ausência de informações sobre o nível de significância, considerou-se que as estimativas foram significantes ao nível de 1%.

\*\*\* No modelo de efeitos fixos, as variáveis *dummies* são omitidas, porque este tipo de regressão somente fornece estimativas para regressores que variam ao longo do tempo.

### Quadro A.1: Orientação dos Sinais dos Coeficientes ( $\beta_1$ e $\beta_2$ ) Estimados pelas Regressões

	Painel mais abrangente			Painel mais recente			Painel "Export-Driven"*		
	MQO	Efeitos Fixos	Efeitos aleatórios	MQO	Efeitos Fixos	Efeitos aleatórios	MQO	Efeitos Fixos	Efeitos aleatórios
Papel e papelão	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Aço laminado	-	-	+	-	+	+	-	+	+
Cimento	-	+	+	-	+	+			
Alumínio	+	+	+	+	+	+	-	+	+

Fonte: Elaboração própria.

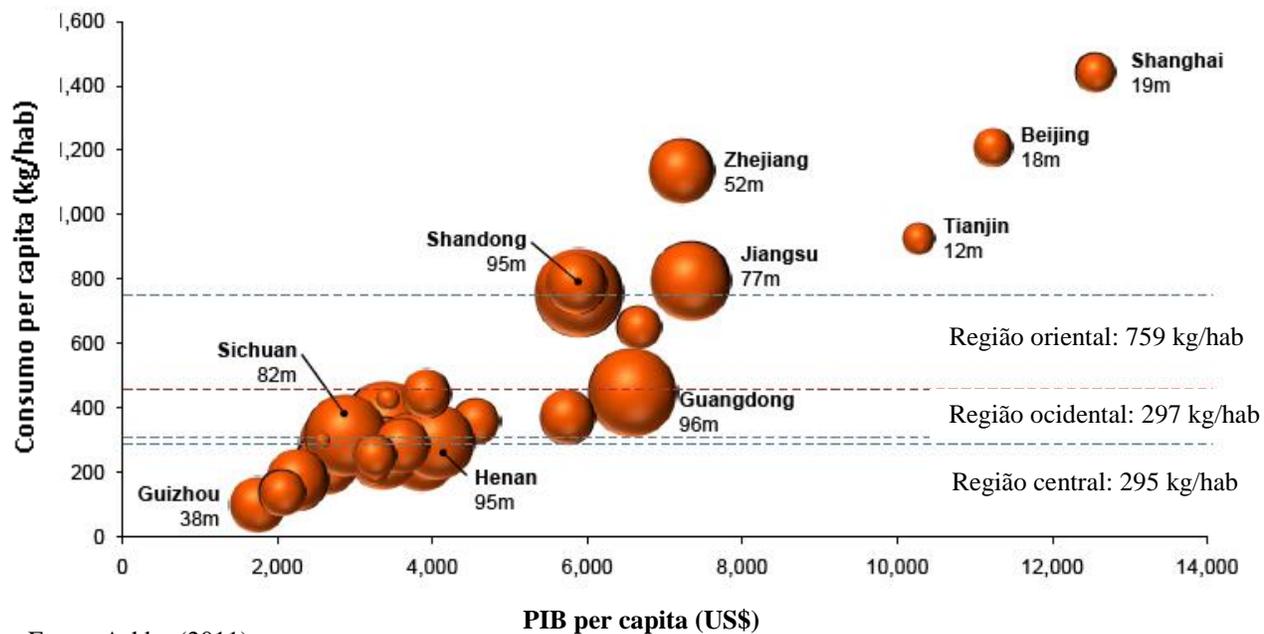
Legenda: + (de acordo com a teoria da desmaterialização).

- (em direção contrária à teoria da desmaterialização).

\* No painel "export-driven" não foi realizado teste para o setor de cimento, pelo fato deste material ser muito pouco transacionado em escala internacional.

## ANEXO

Figura A.1: Consumo per capita de Aço Acabado nas Províncias Chinesas\* em 2010



Fonte: Ashby (2011).

\* O tamanho das bolhas reflete a população em 2010 de cada província.