



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

LETICIA AKEMI FERREIRA KUBOTA

INDÚSTRIA E MEIO AMBIENTE

Uma discussão sobre a classificação dos setores industriais de acordo com seu
impacto ambiental

Araraquara – SP

2017

LETICIA AKEMI FERREIRA KUBOTA

INDÚSTRIA E MEIO AMBIENTE

Uma discussão sobre a classificação dos setores industriais de acordo com seu
impacto ambiental

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras, Campus Araraquara – FCLAR da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Stela Luiza de Mattos Ansanelli.

Araraquara – SP

2017

Kubota, Letícia A. F.

Indústria e Meio Ambiente: Uma discussão sobre a
classificação dos setores industriais de acordo com seu
impacto ambiental / Letícia Kubota - 2017

46 f.

Monografia (Bacharelado em Economia) - Universidade
Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
Faculdade de Ciências e Letras (Campus Araraquara).
Orientador: Stela Luiza de Mattos Ansanelli.

1. Indústrias poluidoras. 2. Ciclo de vida. 3. Impactos
ambientais.

LETICIA AKEMI FERREIRA KUBOTA

INDÚSTRIA E MEIO AMBIENTE

Uma discussão sobre a classificação dos setores industriais de acordo com seu
impacto ambiental

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Economia da Faculdade de Ciências e Letras, Campus Araraquara – FCLAR da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – UNESP, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Economia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Stela Luiza de Mattos Ansanelli.

Data da defesa: 07/02/2017

Membros componentes da banca examinadora:

Presidente e Orientador: Prof.^a Dr.^a Stela Luiza de Mattos Ansanelli
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Membro Titular: Prof.^a Dr.^a Luciana Togeiro de Almeida
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Local: Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Ciências e Letras
UNESP – Campus de Araraquara

AGRADECIMENTO

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus queridos pais, por estarem sempre comigo, mesmo quando distantes, me amando, apoiando e dando forças para continuar, não medindo esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

À Professora Stela, minha orientadora, por ter acreditado em mim e compartilhado seu conhecimento. Pela paciência na orientação e pelos incentivos que tornaram possível a conclusão desta monografia. Muito obrigada por seus valiosos apontamentos e por todas as experiências que me proporcionou.

A todo corpo docente do Departamento de Economia da UNESP pela contribuição na minha formação de bacharel em Ciências Econômicas e pessoal.

Aos amigos e colegas pelo incentivo e pelo apoio constante.

À minha segunda família que ganhei em Araraquara e às pessoas com quem convivi ao longo desses anos, muito obrigada por terem tornado meus dias mais leves e alegres, me dando suporte sempre que precisei. As saudades serão intensas e as lembranças eternas.

E, finalmente, agradeço a todas as pessoas que conheci na UNESP e que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

“As pessoas temem o fim
mas ele é o único
que pode nos ensinar
sobre o que é o hoje
e sobre a gratidão.”

Zack Magiezi

RESUMO

Devido aos processos de industrialização, as técnicas e os procedimentos adotados são identificados com diversos impactos ambientais. Todo produto desenvolvido ocasiona algum tipo de impacto ambiental. O objetivo do estudo é identificar, através de uma revisão bibliográfica, os principais setores industriais responsáveis pela maior parte dos efeitos ambientais negativos. Assim, através de metodologias de classificação setorial a partir de critérios direta ou indiretamente relacionados aos aspectos ambientais, foram identificados alguns setores. No primeiro capítulo foram selecionadas classificações relacionadas ao critério de processo industrial, sendo possível identificar as áreas com maior concentração de poluição: recursos minerais e suas formas de extração e processamento, papel e celulose, química, alimentos e bebidas, e equipamentos de transporte. No segundo capítulo foi utilizado o critério de ciclo de vida, o qual foi possível identificar os campos que afetam negativamente o meio ambiente desde a obtenção de seus recursos naturais até o consumo e descarte final, sendo o setor de energia, combustíveis fósseis, agricultura e alimentação, indústrias químicas, papel e celulose, transporte e mobilidade, construção e habitação, os que mais contribuem para os problemas ambientais em todo o ciclo de vida. Dessa maneira, é possível verificar que os produtos mais intensivos no uso de fatores produtivos geram mais consequências negativas ao meio ambiente. Pode-se concluir também que alguns setores considerados limpos por um critério, podem ser poluidores por outro, como o campo eletrônico e de transporte, ressaltando a necessidade de uma análise atrelada ao ciclo de vida para melhor identificar e compreender os setores poluidores.

Palavras-chave: Indústrias poluidoras; Ciclo de vida; Impactos ambientais.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 CLASSIFICAÇÃO POR PROCESSO INDUSTRIAL	11
2.1 Indústrias Ambientalmente Sensíveis e Indústrias Limpas.....	11
2.2 Ranking Setorial de Intensidade de Poluentes	14
2.3 IPPS: Sistema de Projeção da Poluição Industrial.....	16
2.4 Classificação por Potencial Poluidor da FEEMA	17
2.5 Custos de abatimento da poluição do US Department of Commerce	19
2.6 Conclusões do Capítulo	21
3 CLASSIFICAÇÃO PELO CICLO DE VIDA	23
3.1 PNUMA: Avaliação dos impactos ambientais do consumo e da produção ...	23
3.1.1 Perspectiva da produção	24
3.1.2 Perspectiva de consumo final	26
3.1.3 Perspectiva do uso de materiais	28
3.2 Guia OCDE: Medição de fluxos materiais e produtividade de recursos	29
3.2.1 Tipos de materiais e suas propriedades	30
3.2.2 Fluxo de materiais e indicadores de impactos ambientais	32
3.3 Intensidade do uso de energia	34
3.3.1 Intensidade de energia elétrica	34
3.3.2 Participação no PIB	34
3.3.3 Potenciais de conservação de energia	35
3.4 Conclusões do Capítulo	37
4 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIA	42
ANEXO	44

1 INTRODUÇÃO

Toda atividade econômica gera algum tipo de impacto ambiental, seja ele no meio físico, biológico ou socioeconômico. Desde o advento das Revoluções Industriais a pressão ambiental acelerou-se, tanto do ponto de vista da utilização de recursos naturais e energia, quanto da emissão de poluentes. Entre 1900 e 2005, 60 bilhões de toneladas ao ano de recursos naturais foram extraídos no mundo, com destaque para minerais usados na construção (areia, cascalho e asfalto), minerais industriais (chumbo, zinco, cobre e ouro), combustível fóssil (gás natural, petróleo e carvão) e biomassa (resíduos de colheitas, pasto e madeira). A emissão de poluentes também cresceu. A concentração de dióxido de carbono (CO₂) na terra passou de 280 partes por milhão (ppm) em 1750 para 390 ppm nos dias atuais e a temperatura média da terra aumentou 0,8 graus centígrados entre 1900 e 2010. Todo esse consumo massivo vem resultando em um grande volume de resíduos sólidos, que ultrapassou 800 milhões de toneladas em nível global. (KRAUSMANN et al, 2009; ENVOLVERDE, 2014; ABRELPE, 2015).

Nesse cenário, um grande desafio é identificar os setores responsáveis pela maior parte dos danos ambientais gerados. Para tanto, foram desenvolvidas metodologias de classificação setorial a partir de critérios direta ou indiretamente relacionados com aspectos ambientais, seja por meio da intensidade dos fatores utilizados, ou pela emissão de poluentes em seu processo produtivo. Porém, as classificações existentes não seguem um padrão e pouco consideram os impactos em termos de intensidade de uso de recursos naturais e geração de resíduos.

Com respeito ao critério exclusivamente ambiental, uma das classificações desenvolvidas foi realizada por Low e Yeats (1992), que considera a necessidade de analisar o impacto da poluição que determinadas indústrias produzem em países cuja legislação ambiental ainda se mostra excessivamente permissiva, baseando-se no critério de gasto na redução e controle da contaminação por unidade de produto. As Indústrias Ambientalmente Sensíveis (IAS) são aquelas que incorreram com gastos acima de 1% do total das vendas, tomando como base dados de 1988 dos Estados Unidos. As Indústrias Limpas (IL), por sua vez, teriam gastos inferiores.

O Banco Mundial propôs um sistema (Industrial Pollution Projection System – IPPS) em países desenvolvidos para a estimativa da poluição industrial, de seu impacto e do custo de abatimento da poluição usando dados disponíveis da indústria

e dos censos em países em desenvolvimento. Esse sistema combina parâmetros de intensidade da poluição - como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Dióxido de Enxofre (SO₂), Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), entre outros - com indicadores de produção industrial. A intensidade de poluição é obtida por meio de coeficientes de emissão expressos em valor da produção, valor adicionado ou número de empregados (MORENO, 2005).

Com o crescimento de “indústrias sujas” em países em desenvolvimento, alguns exercícios de estimativas de emissões constituem-se em valiosa contribuição, dentre eles destaca-se o trabalho efetuado por Young et al. (2000) a partir dos coeficientes elaborados pela Industrial Pollution Projection System – IPPS, que associa emissão de poluentes ao valor da produção de cada atividade, sendo o setor de bens intermediários o que apresenta maior intensidade de emissão, agravando a poluição hídrica e atmosférica. A partir de dados da Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física – PIMPF, produzida pelo IBGE, e compatibilizando-a com a Classificação de Atividades Industriais e não Industriais e seu Potencial Poluidor, da FEEMA, Carvalho (2001) estudou a relação indústria-potencial poluidor na década de 1980 e construiu índices de crescimento industrial. Nesse estudo, cada atividade industrial foi associada a um grau de potencial poluidor (alto, médio, baixo ou desprezível) em cada um dos três tipos de poluição: ar, água e resíduos sólidos.

Outros estudos se basearam na classificação do Banco Mundial e da CEPAL, importantes para identificar em quais produções e exportações o país tem se especializado. Young e Lustosa (2002), a partir da metodologia proposta pelo Banco Mundial, constataram que o comércio industrial da América Latina evoluiu para o mundo no sentido de aumentar a toxicidade potencial das exportações em relação às importações entre 1978 e 1997. O Brasil seguiu a mesma tendência. No estado do Rio de Janeiro.

No entanto, a partir dessas classificações, áreas industriais que são consideradas limpas apresentam elevados impactos ambientais do ponto de vista do consumo e do fim de vida útil do produto final. O setor de transporte, por exemplo, é responsável por 20% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) e de 9% no Brasil. (CARVALHO, 2011). Já os veículos que se encontram fora de circulação representam outro tipo de problema ambiental, sobretudo no Brasil. No município de São Paulo um pátio de 80 mil m², localizado à beira de um manancial de

abastecimento, abriga 20 mil veículos. Somente 1,5% desses veículos têm sido enviados à reciclagem no país, enquanto que em algumas economias desenvolvidas, como Estados Unidos e União Europeia, esse índice chega a 95% (SINDINESFA, 2015).

O campo eletrônico, também classificado como limpo, tem sido responsável por um grave problema de criação, destinação e tratamento de resíduos sólidos no mundo, uma vez que lida com substâncias perigosas, como chumbo, cromo, mercúrio, entre outros. Anualmente são descartados cerca de 40 milhões de toneladas de equipamentos eletroeletrônicos em nível global. Os Estados Unidos são o maior gerador desses resíduos, visto que, em 2009, 82,3% foram descartados em aterros e incineradores e apenas 17,7% foram reciclados. A China gera em média 2,3 milhões de toneladas de lixo eletrônico ao ano e, para o Brasil, a estimativa é de 1,3 milhões de toneladas para o ano de 2016 (MAZON, 2014).

Portanto, existem setores que possuem impactos ambientais, os quais, atrelados aos ciclos de vida, não têm sido incluídos nas classificações. O objetivo desta pesquisa é comparar e discutir classificações industriais com relação aos danos ambientais gerados durante todo o ciclo de vida do produto, desde o uso de recursos à geração de resíduos em cada etapa de fabricação, através de revisões bibliográficas de diversos autores com suas numerosas classificações. Para tanto, o trabalho foi dividido em dois capítulos principais.

O primeiro capítulo se refere às classificações por meio do critério relacionado ao processo industrial. Explora diferentes autores explicando os devidos critérios utilizados e seus respectivos setores poluidores, os quais vão desde intensidade de emissões no processo produtivo até custos e despesas de redução da poluição.

O segundo capítulo explora a classificação do ciclo de vida de um produto, processo ou atividade, envolvendo o uso de recursos, a produção e intensidade energética, consumo final e geração de resíduos, avaliando os efeitos ambientais. Os estudos apresentados avaliam os impactos ambientais, iniciando pelo consumo e produção, passando pelos fluxos de materiais, e finalizando nos segmentos energo-intensivos da indústria brasileira.

Nas conclusões são classificados os setores conforme seu impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida.

2 CLASSIFICAÇÃO POR PROCESSO INDUSTRIAL

Com respeito ao critério exclusivamente ambiental, as classificações realizadas por Low e Yeats (1992) e Mani e Wheeler (1998), consideram a necessidade de analisar o impacto da poluição que certas indústrias produzem em países onde medidas de proteção ambiental ainda não são muito desenvolvidas. Schaper e Vérèz (2002) agrupam essas classificações e analisam o perfil das exportações. Há ainda classificações adicionais registradas por Young et al. (2000), Moreno (2005) e Guimarães e Moreno (2000), que através de dados do Banco Mundial utilizam o sistema IPPS (Industrial Pollution Projection System), combinando parâmetros de intensidade da poluição com indicadores de produção industrial. Carvalho (2001) também estudou a relação indústria-potencial poluidor, a partir dos dados da Pesquisa Industrial Mensal de Produção Física – PIMPF, produzida pelo IBGE, e compatibilizando-a com a Classificação de Atividades Industriais e não Industriais e seu Potencial Poluidor, da FEEMA. O US Department of Commerce, Bureau of the Census, criou relatórios industriais com relação ao critério de custos e despesas de redução da poluição no ano de 1990. Conforme análise dos autores selecionados, esse capítulo tem como objetivo identificar os principais setores poluidores no processo industrial.

2.1 Indústrias Ambientalmente Sensíveis e Indústrias Limpas

O estudo de Low e Yeats (1992) identifica as indústrias ambientalmente sensíveis, como aquelas que incorrem no mais alto nível de combate à poluição e controle de gastos nos Estados Unidos no ano de 1998. Estas indústrias incorreram sobre o critério de redução da poluição e despesas de controle em cerca de 1% ou mais do valor das suas vendas totais. A mais alta relação de despesas/saída em 1988 foi de pouco mais de 3% (cimento) e a média ponderada para toda a indústria nos EUA foi de 0,54%.

Para o estudo, foram selecionadas quarenta indústrias do banco de dados da Classificação Padrão do Comércio Internacional (SITC) de três dígitos, incluindo todos os produtos de três dígitos no SITC 67 (metais ferrosos), SITC 68 (metais não-ferrosos) e SITC 69 (metal manufaturado). Também foram incluídos: celulose e produtos de papel (251); produtos químicos orgânicos (512); produtos químicos

inorgânicos (513, 514); materiais radioativos (519), alcatrões minerais e produtos químicos de petróleo (521), fertilizantes fabricados (561), papel e cartão (641); artigos de papel (642); placas de madeira e madeira compensada (631); madeira manufaturada (632); petróleo refinado (332); produtos químicos agrícolas (599); e cimento (661).

Essa classificação tem sido bastante utilizada na análise dos impactos do comércio sobre o meio ambiente. A Tabela 1 mostra, para os anos selecionados, 1965-1988, as importações totais dos principais países comerciais, bem como a importação de produtos ambientalmente sensíveis. O último divide os cinco setores principais: ferro e aço; metais não ferrosos; petróleo refinado; produtos metálicos; e papel e fabricantes de papel. Para ajudar a avaliar esta informação a metade inferior da tabela mostra a participação desses produtos no comércio mundial.

Tabela 1 - Relatório do comércio global da indústria suja, EUA, anos de 1965-1988.

Ano	Relatório de todos os bens	Todos itens	Ferro e aço	Metais não ferrosos	Petróleo refinado	Metal manuf.	Papel e artigos
(Valor do comércio expresso em US\$ bilhões)							
1965	127.7	32.7	8.5	6.6	4.9	3.4	2.9
1975	801.4	138.6	39.3	17.8	27.6	16.2	10.1
1985	1,738.0	287.7	54.5	35.8	84.6	32.3	23.1
1986	1,910.2	292.2	59.6	39.7	60.1	38.0	28.0
1987	2,219.4	337.6	65.0	46.8	66.3	44.6	34.6
1988	2,444.5	384.2	81.5	63.2	59.6	49.3	40.5
(Participação no comércio mundial em %)							
1965	100.0	18.9	4.9	3.8	2.9	2.0	1.7
1975	100.0	17.3	4.9	2.2	3.4	2.0	1.3
1985	100.0	16.6	3.1	2.1	4.9	1.9	1.3
1986	100.0	15.3	3.1	2.1	3.1	2.0	1.5
1987	100.0	15.2	2.9	2.1	3.0	2.0	1.6
1988	100.0	15.7	3.3	2.6	2.4	2.0	1.7

Fonte: Low e Weats, 1992.

Em 1988, os produtos ambientalmente sensíveis foram responsáveis por quase US\$ 385 bilhões, ou cerca de 16% do comércio mundial e a importância relativa desses itens diminuiu em cerca de 3 pontos (de 18,9%) ao longo do período 1965-1988. Os grupos de metais ferrosos e não ferrosos combinados foram responsáveis por quase 40% do comércio destes produtos e também são a fonte de mais de três quartos da queda total na sua quota de comércio mundial. A percentagem de papel e produtos metálicos manteve-se praticamente estática ao

longo do período de 23 anos, oscilando entre 1,3 a 2,0%, enquanto a quota de petróleo refinado flutuou (entre 2,4-4,9%), em linha com os preços do petróleo.

Schaper e Véréz (2002) usam uma classificação que descreve cinco grupos de produtos com características semelhantes ambientais: commodities agrícolas, produtos de mineração, commodities de energia, indústrias ambientalmente sensíveis (convenção de Low e Yeats, 1992) e indústrias limpas (convenção de Mani e Wheeler, 1998). No Anexo A constam estas categorias de produtos agregados de acordo com a Classificação Padrão do Comércio Internacional (CUCI) Revisão 1, de três e quatro dígitos.

A fim de analisar o comportamento destas categorias no Brasil, utiliza as informações contidas no banco de dados do Comércio Exterior da América Latina e do Caribe, BADECEL e CEPAL. Entre os dez setores com as maiores vendas são quatro ambientalmente sensíveis: petróleo/gás; química, petroquímica e pneus; metais básicos e processados; e mineração.

Tabela 2 - 10 maiores vendas por setores, Brasil (em %).

Setores	%
Petróleo/gás	18.06
Automóvel	15.66
Alimentos	9.86
Química, Petroquímica, Pneus	9.81
Metais básicos e processamento de metal	7.57
Eletrônica	4.68
Autopeças	3.23
Comércio	2.88
Mineração	2.69
Companhias aéreas	2.66

Fonte: Schaper e Véréz, 2002.

Tabela 3 - Estrutura de vendas IAS, Brasil.

Setores	Total (Milhões de US\$)	Estrangeira (%)	Doméstico (%)	% de IAS
Petróleo / Gás	30,484.01	21.59	78.41	40.76
Química, petroquímica, pneu	16,563.51	55.60	44.40	22.15
Metais básicos e processados	12,782.88	10.14	89.86	17.09
Mineração	4,536.82	17.41	82.59	6.07
Celulose/ Papel	4,353.63	13.18	86.82	5.82
Alumínio	4,241.67	54.41	45.59	5.67
Materiais de construção	1,297.26	67.98	32.02	1.73
Madeira	523.51	0.00	100.00	0.70
Total	74,783.30	28.94	71.06	100.00

Fonte: Schaper e Vérèz, 2002.

Pode-se observar que as vendas de empresas estrangeiras são altamente diversificadas no Brasil. Tem uma grande participação no setor de petróleo, em comparação com outros países da América Latina, que supera mais de 20% das vendas totais neste setor. A participação das vendas externas sozinhas superaram as vendas de empresas nacionais nos setores químico, petroquímico e pneus, do alumínio e dos materiais de construção, sendo os dois últimos de baixa participação nas vendas totais de IAS.

Em resumo, as indústrias ambientalmente sensíveis se concentram nos seguintes setores: petróleo e gás; química, petroquímica, pneus; metais básicos e processamento de metal; mineração; e celulose e papel. Com relação às indústrias limpas, estão compreendidas: eletrônica; automóvel; fios e artefatos de fibras têxteis; máquinas e aparelhos; e instrumentos.

2.2 Ranking Setorial de Intensidade de Poluentes

Para definir as indústrias sujas, Mani e Wheeler (1998) utilizam os dados da indústria adotados no estudo provenientes da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) do banco anual de dados de estatísticas industriais ao nível de três dígitos do Padrão Internacional de Classificação Industrial (ISIC), calculado pelo Banco Mundial em colaboração com os EUA e a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA). Calcularam *rankings* setoriais médios de convencionais poluentes do ar, poluentes da água e metais pesados. A abordagem

usada foi identificar setores altamente poluentes como aqueles que tenham incorrido níveis elevados de despesas de redução por unidade de produção nos Estados Unidos e em outras economias da OCDE, nos anos de 1960-1995, com resultados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Ranking de Indústrias de Poluição Intensiva.

Rank	Ar	Água	Metais	No geral
1	Ferro e aço	Ferro e aço	Metais não ferrosos	Ferro e aço
2	Metais não ferrosos	Metais não ferrosos	Ferro e aço	Metais não ferrosos
3	Produção mineral não metálica	Celulose e papel	Indústria química	Indústria química
4	Petróleo variado, produção de carvão	Indústrias diversas	Produtos de couro	Refinarias de petróleo
5	Celulose e papel	Indústria química	Cerâmica	Produção mineral não metálica
6	Refinarias de petróleo	Outros produtos químicos	Produtos de metal	Celulose e papel
7	Indústria química	Bebidas	Produtos de borracha	Outros produtos químicos
8	Outros produtos químicos	Produtos alimentícios	Produtos elétricos	Produtos de borracha
9	Produtos de madeira	Produtos de borracha	Maquinaria	Produtos de couro
10	Produtos de vidro	Refinarias de petróleo	Produção mineral não metálica	Produtos de metal

Fonte: Mani e Wheeler, 1998.

Assim, cinco dos seis setores com mais altas classificações gerais são de ferro e aço, metais não ferrosos, indústrias químicas, papel e celulose e produtos minerais não metálicos. O petróleo foi excluído pelos autores pois considerou-se que poucos países estão realmente envolvidos em sua produção.

Também foi considerado que indústrias altamente poluentes são intensivas em outros insumos, como matérias-primas particularmente em massa, energia e terra.

Testando intensidades diferenciadas, foram identificados os cinco setores mais limpos que utilizam os mesmos rankings de intensidade de poluição empregados no Quadro 1, eles são os têxteis, maquinaria não elétrica, máquinas elétricas, equipamentos de transporte e instrumentos.

Usando os dados disponíveis do Japão, foram calculados os dados de energia, terra e intensidades de trabalho para cinco setores mais limpos e mais sujos e comparou os resultados. Com isso, as evidências sugerem que as indústrias sujas são até três vezes mais intensivas do que as limpas em energia, capital e terra.

2.3 IPPS: Sistema de Projeção da Poluição Industrial

O IPPS é um sistema de estimativa de intensidade de poluição industrial que tem como critério coeficientes de intensidade de emissão de poluição para os meios: água, ar, e solo, que podem ser utilizados em função de uma das três medidas de produção industrial: valor de produção, o valor adicionado ou o número de empregados (MORENO, 2005).

Esse critério tem sido utilizado por pesquisadores no Brasil. Segundo Young et al. (2000), que utilizam em seu estudo os coeficientes elaborados pelo IPPS, estimados pelo Banco Mundial a partir de dados originalmente coletados nos Estados Unidos, associam a emissão de poluentes ao valor da produção de cada atividade. Os parâmetros foram combinados com dados de Contas Nacionais do IBGE sobre a produção industrial do Brasil, gerando estimativas setoriais de emissão de poluentes. Os parâmetros considerados são carga orgânica (DBO) e sólidos suspensos totais para poluentes da água. Para poluentes do ar são considerados o dióxido de carbono (CO_2) originado a partir de queima de combustíveis fósseis, dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV) e material particulado total.

Com relação aos valores do produto das atividades industriais, os custos de degradação para o ano de 1995 estão fortemente concentrados em poucos setores, sendo estes: siderurgia, minerais não metálicos, petroquímica, têxtil e alguns ramos da indústria alimentar.

Guimarães e Moreno (2000) utilizaram os coeficientes de emissão de poluição IPPS para estimar as emissões de poluentes industriais na Região Sudeste do Brasil. Os poluentes analisados foram: DBO e STS, para a água; e PM_{10} , PT, SO_2 , NO_2 , e CO, para o ar. Entre as esferas industriais, as maiores contribuições no Estado de São Paulo são da metalúrgica, alimentos e bebidas e minerais não metálicos.

No estudo de Moreno (2005) estima-se o potencial poluidor nas indústrias do Estado do Rio de Janeiro utilizando como metodologia os fatores de intensidade de poluição industrial IPPS. Os setores identificados entre as divisões industriais com as maiores emissões potenciais foram: alimentos e bebidas, química, metalúrgica, borracha e plástico, refino de petróleo, celulose e papel e minerais não metálicos.

Quadro 2 - Principais setores poluidores de acordo com a classificação IPPS, Rio de Janeiro, Brasil.

Água	Air	Solo
Alimentos e bebidas	Minerais não metálicos	Metalúrgica
Química	Metalúrgica	Química
Metalúrgica	Química	Refino de petróleo
Borracha e plástico	Refino de petróleo	
Refino de petróleo		
Celulose e papel		

Fonte: Moreno, 2005.

Os dados estimados podem ser usados como subsídio à operacionalização de políticas ambientais, em um contexto cuja característica principal seja a escassez de informações, propiciando uma nova perspectiva aos estudos de poluição industrial no país.

2.4 Classificação por Potencial Poluidor da FEEMA

A tipologia da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), “Classificação de Atividades Industriais e não Industriais e seu Potencial Poluidor”, é usada no licenciamento de indústrias. Utiliza como critério a associação de cada atividade industrial a um grau de potencial poluidor (alto, médio, baixo ou desprezível) em cada um dos três tipos de poluição: ar, água e resíduos sólidos. Foi feita então a tradução de cada atividade para os correspondentes produtos da PIM-PF, considerando o potencial poluidor mais elevado de cada atividade. Portanto, se um setor industrial tem alto potencial poluidor do ar, mas é baixo em água e resíduos sólidos, ficará como alto potencial poluidor na classificação final, conforme Tabela 4 (CARVALHO, 2001).

Tabela 4 - Distribuição percentual do número de produtos segundo seu potencial poluidor, Brasil, nos anos de 1981-1992.

Gênero	Alto	Médio	Baixo	Desprezível
Material de Transporte	23,0	3,8	0,0	2,7
Metalúrgica	21,0	0,6	7,7	8,2
Química	17,1	10,4	0,0	0,0
Produtos Alimentares	13,1	7,7	0,5	0,0
Minerais não Metálicos	6,8	9,9	2,1	0,0
Extrativa Mineral	4,5	0,0	0,0	1,4
Perfumaria, Sabões e Velas	4,0	0,0	0,5	0,0
Papel e Papelão	3,4	2,2	0,5	6,8
Têxtil	2,6	14,3	0,0	16,4
Borracha	1,7	2,7	2,6	0,0
Bebidas	1,4	1,6	0,0	0,0
Produtos de Matérias Plásticas	1,1	2,2	3,1	21,9
Farmacêutica	0,3	0,0	17,4	0,0
Material Elétrico	0,0	39,6	16,4	0,0
Mecânica	0,0	3,8	48,7	1,4
Fumo	0,0	0,6	0,5	0,0
Vestuário, Calçados, etc	0,0	0,6	0,0	41,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Carvalho, 2001.

Conforme as evidências, os setores identificados com alto potencial poluidor são principalmente: material de transporte (23,0%), metalúrgica, química, produtos alimentares e minerais não metálicos. As indústrias de médio potencial poluidor concentram-se em material elétrico (39,6%), têxtil e química. As de baixo potencial são as mais concentradas em termos de gênero de indústria, ficando quase a metade (48,7%) na mecânica, seguida pela farmacêutica e material elétrico. As de potencial poluidor desprezível estão principalmente em vestuário (41,1%) seguido por matérias plásticas.

Carvalho (2001) concluiu que no Brasil as indústrias de alto potencial foram as que mais cresceram nos anos 80 e estão nos anos 90 novamente com um incremento de produção acima da média da indústria, sendo preocupante no que se refere ao potencial poluidor. No que se refere ao consumo de energia elétrica o resultado é mais alentador, pois os segmentos de maior intensidade de consumo tem tido um desempenho abaixo da média da indústria.

2.5 Custos de abatimento da poluição do US Department of Commerce

Uma pesquisa do escritório do censo do departamento do comércio dos EUA, de Washington, D.C., criou relatórios industriais com relação ao critério de custos e despesas de redução da poluição no ano de 1990. Os dados da publicação foram coletados do relatório anual, do levantamento dos custos e despesas de redução de poluição. Os resultados desse inquérito basearam-se num painel de amostras probabilísticas de aproximadamente 17.000 estabelecimentos selecionados como uma subamostra da pesquisa anual de fabricação. Os estabelecimentos são classificados nas indústrias de transformação segundo a definição da indústria descrita na edição de 1987 do manual da Classificação Industrial Padrão (SIC), publicado pelo escritório de gestão e orçamento (US DEPARTMENT OF COMMERCE, BUREAU OF THE CENSUS, 1992).

As despesas com a redução de poluição por estabelecimentos de manufatura com 20 funcionários ou mais totalizaram US\$ 6,030.8 milhões em 1990. Desse total, US\$ 2.562,0 milhões foram para ar, US\$ 2.651,4 milhões para água e US\$ 817,5 para resíduos sólidos. Além disso, os custos operacionais relacionados com as atividades de redução da poluição totalizaram US\$ 17.070,7, dos quais US\$ 5.010,9 milhões foram gastos com ar, US\$ 6.416,4 milhões para água e US\$ 5.643,4 para resíduos sólidos.

Aproximadamente 78% dos US\$ 6.030,8 milhões de novas despesas de capital para a redução da poluição foram feitos por estabelecimentos classificados em cinco grandes setores industriais, que são produtos químicos e afins, papéis e produtos afins, produtos de petróleo e carvão, indústrias de metais primários e equipamentos de transporte, apresentados na Tabela 5. Produtos químicos e afins, e papel e produtos afins, os principais grupos da indústria, contribuíram em conjunto com aproximadamente metade das despesas com redução da poluição.

Tabela 5 - Principais setores de despesas e custos de redução de poluição por forma de abatimento, EUA, ano de 1990, em milhões de dólares.

Rank	Indústrias	Despesas de redução de poluição (PACE)				Custos anuais brutos de redução de poluição (GAC)			
		Total	Ar	Água	Resido Sólido	Total	Ar	Água	Resido sólido
	Todas indústrias	6030.8	2562.0	2651.4	817.5	17070.7	5010.9	6416.4	5643.4
1	Prod. químicos	1852.1	596.2	995.0	260.9	3943.4	841.9	1799.0	1302.5
2	Papel e afins	1075.2	414.0	509.6	151.7	1606.8	397.5	788.3	421.0
3	Petróleo e carvão	916.8	425.7	400.8	90.3	2704.9	1472.2	701.9	530.8
4	Metais primários	499.1	278.6	166.8	53.7	2025.5	943.7	565.4	516.4
5	Equip. transporte	395.3	206.6	142.6	46.1	1232.0	247.3	373.1	611.6

Fonte: US Department of Commerce, Bureau of the Census, 1992.

2.6 Conclusões do Capítulo

Devido as classificações apresentadas neste capítulo foram identificados os principais setores poluidores. O Quadro 3 apresenta os principais setores sujos e limpos com seus respectivos critérios de identificação.

Quadro 3 - Principais setores sujos e limpos separados por classificação.

Classificação	Critério	Setores Sujos	Setores Limpos
IAS e IL	Setores que incorrem no mais alto nível de combate à poluição e controle de gastos nos EUA no ano de 1998.	1: Petróleo/Gás 2: Química, petroquímica e pneus 3: Metais básicos e processados 4: Mineração 5: Celulose e papel	1: Eletrônica 2: Automóvel 3: Fios e artefatos de fibras têxteis 4: Máquinas e aparelhos 5: Instrumentos
Ranking Setorial de Intensidade de Poluentes	Setores com elevada intensidade de emissões reais por meio de <i>rankings</i> setoriais de convencionais poluentes.	1: Ferro e aço 2: Metais não ferrosos 3: Indústrias químicas 4: Papel e celulose 5: Produtos minerais não metálicos	1: Têxteis 2: Maquinaria não elétrica 3: Máquinas elétricas 4: Equip. transporte 5: Instrumentos
IPPS: Sistema de Projeção da Poluição Industrial	Coeficientes de intensidade de emissão de poluição	1: Metalúrgica 2: Química 3: Refino de petróleo 4: Minerais não metálicos 5: Alimentos e bebidas	
Classificação por potencial poluidor da FEEMA	Associação de atividade industrial a grau de potencial poluidor.	1: Material de transporte 2: Metalúrgica 3: Química 4: Produtos alimentares 5: Extração mineral	1: Vestuário e Calçado 2: Farmacêutica 3: Fumo 4: Mecânica
US Department of Commerce: Custos com abatimento da poluição	Custos e despesas de redução e abatimento da poluição no ano de 1990 nos EUA.	1: Produtos químicos 2: Papeis e produtos afins 3: Petróleo e carvão 4: Indústrias de metais primários 5: Equip. transporte	

Fonte: Autoria própria.

Pode-se inferir que a maior concentração de poluição durante o processo industrial está relacionada aos recursos minerais (dentre eles estão os minerais metálicos, minerais não metálicos e os recursos energéticos fósseis). Verifica-se também grande relevância das diversas formas de extração, transformação e

processamento dos recursos minerais, apontadas pelos setores de mineração, metalúrgica, extração mineral e refino de petróleo. Outros setores consideravelmente potenciais poluidores foram das indústrias de papel e celulose, indústrias químicas e alimentos e bebidas.

O campo relacionado a materiais e equipamentos de transporte apresentou grande divergência entre os autores. Com relação às indústrias limpas ou com baixo potencial poluidor em seu processo produtivo estão: eletrônica; máquinas e aparelhos; instrumentos; têxteis; e mecânica.

3 CLASSIFICAÇÃO PELO CICLO DE VIDA

Toda a atividade econômica ocorre no mundo natural, físico, e as atividades econômicas requerem recursos como energia, materiais e terra. Além disso, a atividade econômica invariavelmente gera resíduos materiais, que entram no ambiente como resíduos ou emissões poluentes. A Terra tem uma capacidade limitada para fornecer recursos e absorver a poluição. É importante compreender a importância relativa das limitações específicas dos recursos e dos problemas ambientais, as formas como a produção e o consumo afetam o ambiente e quais as atividades de produção e consumo mais importantes a este respeito (PNUMA, 2010).

Com isso, o objetivo do capítulo é fazer uma avaliação do ciclo de vida de um processo ou atividade, avaliar os impactos ambientais e quantificar os fluxos de energia e de materiais. Para tanto foi empregado o estudo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), fazendo uma avaliação dos impactos ambientais do consumo e da produção. Também foi retratado o programa da OCDE sobre fluxos de materiais e produtividade de recursos. Por último, foram apontados estudos da UNICAMP com relação à intensidade do uso de energia. Devido às bibliografias apresentadas foi possível fazer uma análise científica mais profunda sobre as questões ambientais relacionadas a todo ciclo de vida.

3.1 PNUMA: Avaliação dos impactos ambientais do consumo e da produção

Esse tópico destaca o estudo feito pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, ou UNEP do inglês) juntamente com o Painel Internacional de Gerenciamento de Recursos Sustentáveis, fazendo uma avaliação dos impactos ambientais do consumo e da produção, numa ampla revisão de estudos existentes que analisam as demandas de recursos e os impactos ambientais da produção, consumo e uso de recursos.

O objetivo do painel é avaliar a melhor ciência disponível a partir de uma perspectiva global para identificar as prioridades entre setores da indústria, categorias de consumo e materiais, fornecendo avaliações sobre a relevância política da utilização sustentável dos recursos naturais e, em particular, dos seus impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida.

O relatório responde a esta questão fundamental em duas etapas principais. Primeiro, avalia a importância das pressões e impactos observados no sistema natural da terra, distinguidas entre saúde do ecossistema, saúde humana e capacidade de fornecimento de recursos. Em segundo lugar, investiga a causalidade dessas pressões por diferentes atividades econômicas - o que pode ser feito através de três perspectivas principais: perspectiva de produção industrial, de consumo final e de uso de material.

3.1.1 Perspectiva da produção

Esta perspectiva considera as seguintes pressões ambientais diretas da produção:

- Emissões de gases de efeito estufa (GHG): A Tabela 6 mostra os principais setores que contribuem para a emissão de GHG na China em 2002. O setor de energia contribui com mais de um quarto das emissões totais de GHG, sendo o principal emissor direto de GHG na China.

Tabela 6 - Contribuições por setor para as emissões de GHG, China, 2002.

Setores	%
Produção de energia elétrica e vapor e fornecimento	32
Produção agrícola de culturas	13
Fabricação de cimento, cal e gesso	9
Mineração de carvão e vestir	8
Criação de animais	6
Aço prensagem & processamento	3
Fabricação de ferro	3
Outros produtos secos (115)	26

Fonte: PNUMA, 2010.

- Emissões de substâncias eutrofizantes e acidificantes: A Tabela 7 mostra que a produção de eletricidade e as várias produções agrícolas são os maiores contribuintes para a eutrofização.

Tabela 7 - Contribuição dos emissores diretos para a eutrofização, EUA.

Setores	%
Serviços elétricos (Utilitários)	18
Algodão	11
Comida em grãos	10
Cultivo variado	10
Alimentação em grãos	8
Serviços de transporte por caminhão e correio	3
Outros	40

Fonte: PNUMA, 2010.

A Tabela 8 mostra os principais contribuintes diretos para o problema de acidificação nos EUA. As empresas de eletricidade são o maior contribuinte.

Tabela 8 - Contribuição dos emissores diretos para a acidificação, EUA.

Setores	%
Serviços Elétricos (Utilitários)	65
Alto-fornos e usinas de aço	3
Resíduos de petróleo	2
Petróleo bruto e gás natural	2
Moinhos de papel e cartão	2
Serviços de transporte de carga e de correio	2
O restante	24

Fonte: PNUMA, 2010.

- Emissões de substâncias tóxicas: Os maiores contribuintes são empresas de serviços públicos de energia, indústrias de celulose e papel e indústrias de metais e minerais. As atividades agrícolas foram identificadas como as principais contribuintes dos impactos ecotóxicos, sendo o uso de agroquímicos o principal motivo para tal.

- Extração de recursos abióticos: As principais atividades são exploração de petróleo e gás, e mineração. Os recursos fósseis são os principais contribuintes para o esgotamento dos recursos abióticos, usados na geração e transporte de eletricidade, seguidos de usos industriais, comerciais e residenciais.

Tabela 9 - Contribuição da extração anual de recursos naturais para o esgotamento dos recursos abióticos, EUA.

Setores	%
Petróleo bruto e exploração de gás natural	59,7
Mineração de carvão	37,1
Refinação de petróleo	3,1
O restante	0,1

Fonte: PNUMA, 2010.

- **Uso de terra e água doce:** A agricultura é o uso mais importante, sendo mais de 70% do consumo mundial de água doce utilizado nesse setor. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), cerca de 38% da área total do mundo é utilizada para a agricultura em 2007.

A análise mostra que os seguintes processos de produção têm uma grande importância: empresas de eletricidade, agricultura, combustíveis fósseis e papel e celulose.

3.1.2 Perspectiva de consumo final

Este tópico aborda os métodos utilizados nos estudos de avaliação dos impactos ambientais do consumo final no ciclo de vida, principalmente com relação ao consumo de importância da categoria de demanda final das famílias e do governo.

- **Consumo das famílias:** na maioria dos países, esta categoria de consumo determina 60% ou mais do impacto no ciclo de vida do consumo final, considerando quesitos como o consumo de alimentos, a mobilidade (inclui consumo de combustível, compra de veículos e transporte público), habitação e energia doméstica (inclui uso direto de energia no uso doméstico e indireto de energia conectado à construção, manutenção e mobiliário de casas) para as pressões ambientais. Nos países em desenvolvimento e emergentes, os alimentos são proporcionalmente mais importantes e a mobilidade menos significativa, enquanto para os países industrializados os estudos indicam que habitação, mobilidade, alimentação e produtos manufaturados determinam tipicamente mais de 70% dos impactos do consumo das famílias.

Os níveis de renda também influenciam as pressões e bens negociados internacionalmente. Esses produtos são frequentemente atribuídos a categorias de

consumo, tais como lazer (equipamentos eletrônicos e brinquedos) e habitação (móveis e eletrodomésticos). Coletivamente, as pressões ambientais dos bens de consumo final manufaturados são mais importantes do que os alimentos na maioria dos países industrializados.

O caso da Austrália demonstra que os alimentos representam cerca de um quarto das emissões domésticas de gases de efeito estufa, igual à categoria abrigo, seguido pela mobilidade. A compra de produtos manufaturados representa 7%, como mostra a distribuição das emissões globais de GHG na Tabela 10.

Tabela 10 - Emissões globais de GHG das categorias de consumo das famílias pelas proporções de liberações totais, Austrália.

Categorias	%
Alimentos	27
Abrigo	26
Mobilidade	20
Serviço	9
Produtos manufaturados	7
Comércio	7
Roupas	4
Construção	0

Fonte: PNUMA, 2010.

- Consumo do governo: para os países em desenvolvimento, o setor público é muitas vezes uma grande parte da economia. Assim, nesses países, a contratação pública pode ser importante para os impactos do ciclo de vida do consumo doméstico. Muitas economias emergentes na Ásia fazem atualmente grandes investimentos construindo sua infraestrutura, o que torna esta categoria de despesa final influenciável.

A nível global, o consumo do governo representa 10% das emissões de gases de efeito estufa. Nos países europeus, estas emissões estão ligadas à administração, defesa e educação, serviços de saúde e cuidados aos idosos. No Reino Unido o consumo do governo é responsável por quase 14% da pegada ecológica, a maior parte relacionada ao uso direto e indireto de energia.

3.1.3 Perspectiva do uso de materiais

Os materiais são substâncias ou componentes com certas propriedades físicas, utilizados como insumos para a produção ou fabricação por causa dessas propriedades. Um material pode ser definido em diferentes estágios do ciclo de vida: matérias-primas não processadas, intermediários e materiais acabados. Embora o ciclo de vida de diferentes materiais possa ser descrito em termos idênticos, as pressões e impactos relacionados com os vários estágios do ciclo de vida podem diferir significativamente.

O Quadro 4 mostra os principais setores da indústria que contribuem com mais de 25% para pelo menos um dos indicadores de impacto ambiental que distinguem para a Alemanha, separados em gás de efeito estufa, acidificação, total de Demanda de Energia Cumulativa (CED), recursos minerais, metais e recursos orgânicos.

Quadro 4 - Setores de bens produzidos com maiores prioridades e seus principais impactos ambientais, Alemanha.

Primeira prioridade:	Mais intensivo em:
Fabricação de veículos	Metais e CED total
Ferro gusa/produtos de aço bruto	Metais e gás de efeito estufa
Criação de gado	Recursos orgânicos e acidificação
Extração não metálica	Recursos minerais e acidificação
Segunda prioridade:	
Coqueira/óleo mineral	Acidificação e gás de efeito estufa
Processamento de carne	Acidificação e recursos orgânicos
Produtos de betão	Recursos minerais e gás de efeito estufa
Processamento de leite	Recursos orgânicos e acidificação

Fonte: PNUMA, 2010.

Considerando os estudos e análises, com relação aos materiais pode-se concluir o seguinte:

- Bens agrícolas e materiais bióticos: a colheita provoca escassez e impactos ambientais, incluído o uso da terra. Além disso, a agricultura moderna é muito intensiva em recursos, particularmente no que se refere aos usos de energia, terra e água. Comparados com os processos industriais, os processos agrícolas têm uma eficiência inerentemente baixa de uso de recursos, o que torna os alimentos, as fibras e os combustíveis da agricultura entre os recursos mais poluentes.

- Combustíveis fósseis e produtos químicos: base do fornecimento de energia da humanidade. Com o aumento dos preços do petróleo, fontes alternativas estão se tornando cada vez mais exploráveis, com consequências ambientais potencialmente pesadas. Em uma abordagem de materiais, a energia é muitas vezes atribuída a outros materiais não combustíveis fósseis através do ciclo de vida.

Os combustíveis fósseis são a base para um grande número de produtos químicos. Estes incluem plásticos, mas também muitos outros compostos orgânicos utilizados em indústrias e famílias. Esses produtos químicos podem ter grandes impactos ambientais, dependendo da sua composição, da natureza do seu uso e da sua gestão de fim de vida.

- Metais: apesar de muitos metais apresentarem elevados impactos por kg em comparação com outros materiais, apenas o ferro, o aço e o alumínio entram nas listas prioritárias. Os impactos ambientais estão relacionados principalmente aos estágios de mineração, extração e refundição. Esses estágios são muito intensivos em energia e podem ser a causa de uma substancial contaminação do ar, da água e do solo. Os metais não são degradáveis, e isso afeta a saúde humana e do ecossistema, por isso a reciclagem tem ocorrido cada vez mais. Reciclagem e reutilização também requer energia, mas muitas vezes muito menos do que a produção primária.

A procura de metais para utilização em novas tecnologias aumentou nos últimos anos, especialmente as tecnologias de energia renovável. Estes metais, tais como platina, índio e selênio, são escassos e são em grande parte extraídos como coprodutos ou subprodutos. Devido ao seu alto impacto por kg, isso pode fazer com que as ordens de prioridade mudem. Tanto a escassez e problemas de poluição se comportam de forma diferente para esses materiais.

3.2 Guia OCDE: Medição de fluxos materiais e produtividade de recursos

Este relatório é parte do programa da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) sobre fluxos de materiais (MF) e produtividade de recursos (RP), do ano de 2008. Os documentos fornecem orientações sobre questões metodológicas e de medição relacionadas com a análise de fluxos de materiais, vinculando os conceitos de análise de sistemas e contabilidade econômica ambiental integrada. (OCDE, 2008)

3.2.1 Tipos de materiais e suas propriedades

Os materiais não são uniformes em suas propriedades físicas e químicas e seu potencial para gerar impactos ambientais negativos difere. Um primeiro passo para a compreensão dos impactos ambientais do uso de recursos e fluxos de materiais é distinguir os tipos de materiais entre fluxos tóxicos e fluxos em massa.

A primeira categoria, fluxos tóxicos, compreende matérias-primas industriais importantes, tais como minerais industriais (por exemplo, fertilizantes e pesticidas), metais (cobre, mercúrio, alumínio e chumbo) e combustíveis fósseis utilizados para fins não energéticos (produção de plásticos e cosméticos).

A magnitude global do uso deste grupo de materiais é comparativamente baixa em termos de peso, mas os seus potenciais impactos ambientais específicos, isto é, o impacto por unidade de massa, pode ser muito elevado. Muitas substâncias tóxicas se acumulam em meios ambientais e espécies vivas, e apresentam um perigo para a saúde humana e do ecossistema.

A segunda categoria, fluxos em massa, compreende materiais a granel não tóxicos, incluindo biomassa, minerais de construção e combustíveis fósseis. A maioria desses materiais são necessários para atender a fins socioeconômicos maiores. A biomassa agrícola fornece alimento e está ganhando importância como fonte de energia (biocombustíveis). Biomassa proveniente de pastagens é um importante insumo para o gado. A madeira é utilizada como material estrutural, mas também como fonte de energia (lenha, carvão e paletes de madeira). Minerais de construção (areia, cascalho, pedra) fornecem habitação, transporte e outras infraestruturas. Os combustíveis fósseis fornecem energia.

A magnitude geral de utilização deste grupo de materiais é elevada em termos de peso, mas os seus potenciais impactos ambientais por unidade de massa é relativamente baixo comparado aos fluxos tóxicos. Uma vez que os materiais desenvolvem pressões ambientais em todas as fases do seu ciclo de vida, os potenciais impactos ambientais acumulados deste grupo podem ser muito elevados e dependem frequentemente da magnitude da utilização dos materiais.

A Tabela 11 mostra a junção da categoria de fluxo em massa e de fluxo tóxico. Os indicadores baseiam-se em variáveis de MF discriminadas por setores e relacionadas com o seu respectivo valor acrescentado bruto. Os resultados mostram a quantidade e tipo de recursos materiais ou emissões induzidas pelo volume de

atividades econômicas, sendo possível entender a necessidade da distinção entre as categorias de diferentes fluxos.

Tabela 11 - Intensidade dos materiais por setor, Alemanha, 2004.

Setores	Kg de entrada de material/1000 EUR de valor acrescentado bruto (a preços respectivos)
Vidro, cerâmica, materiais de construção	23153
Eletricidade e gás	8401
Produção de metais	4435
Trabalhos de construção	2934
Setor de manufatura	2085
Produtos químicos	1004
Géneros alimentícios e bebidas	642
Todos os setores de produção	602
Produtos agrícolas	447
Serviços, Total	47

Fonte: OCDE, 2008.

Esta distinção muito simples entre fluxos tóxicos e em massa é suficiente para apontar para a escala global das pressões que o uso de materiais pode exercer sobre o meio ambiente. Uma repartição dos fluxos de materiais é um ponto de partida útil para analisar os condutores subjacentes e os impactos associados. Isto levanta a questão sobre a relevância dos indicadores baseados apenas em unidades de massa e a viabilidade do cálculo dos indicadores de impacto ponderados.

Foram selecionados alguns grupos de materiais e seus potenciais impactos ambientais associados, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Grupos de materiais e impactos ambientais.

Grupo de materiais	Potencial de impacto ambiental associado
Biomassa agrícola	Intensificação do uso da terra, degradação do solo, contaminação das águas subterrâneas, desintegração de ciclos de nutrientes, contaminação da cadeia alimentar, acidificação, perda de biodiversidade e de habitat.
Madeira	Intensificação do uso da terra, erosão do solo, perda de biodiversidade, degradação florestal, esgotamento dos sumidouros de carbono, desertificação.
Biomassa de pastagens	Intensificação do uso da terra, sobrepastoreio, degradação do solo, invasão do mato, emissões de CH ₄ , eutrofização, contaminação das águas subterrâneas, perda de biodiversidade, perda de habitat.
Peixe	Sobreexploração dos recursos naturais, perda de biodiversidade, poluição marinha, desintegração dos ciclos de nutrientes, perda de habitat.
Minerais metálicos	Escassez ou escassez de suprimento, alta reatividade, entropia, alteração do uso da terra devido à extração, sobrecarga.
Minerais industriais	Escassez ou escassez de suprimento, alta reatividade, entropia, alteração do uso da terra devido à extração, sobrecarga.
Minerais de construção	Intensidade de transporte, vedação da área de terra, compactação do solo, perda de biodiversidade, emissões de carbono na indústria de cimento, mudança de uso da terra devido à extração.
Combustíveis fósseis	Escassez ou escassez de oferta, emissões locais, CO ₂ , mudanças climáticas globais, mudança de uso da terra devido à extração.

Fonte: OCDE, 2008.

3.2.2 Fluxo de materiais e indicadores de impactos ambientais

Os materiais acumulados na economia sob a forma de habitação e infraestrutura de transporte, ou na forma de bens duráveis e semiduráveis, são, mais cedo ou mais tarde, liberados para o ecossistema sob a forma de resíduos de demolição, veículos em fim de vida, lixo eletrônico ou resíduos domésticos volumosos.

Os indicadores derivados e associados à análise de sistemas de materiais sobre ferro e aço podem mostrar quais os processos que vão desde a extração até a destinação final estão associados com os maiores insumos de recursos, por um lado, e os maiores resíduos e poluentes liberados para o meio ambiente por outro. O sistema de ferro e aço da UE foi analisado numa base de ciclo de vida alargado para abordar os "pontos críticos ambientais" ao longo das cadeias de produção-consumo. O estudo mostrou que as pressões ambientais do aço primário superam significativamente as do aço secundário (minério versus sucata). A análise, contudo, revelou que, mesmo a reciclagem completa (isto é, 100% da sucata gerada atualmente) não atenderia à demanda atual de aço e que os níveis de sucata não

atenderão o nível de demanda de ferro e aço antes de 25 anos no futuro. Os resultados sugerem melhorias tecnológicas e indicam a necessidade de maior eficiência de materiais nos setores que usam ferro e aço como material de base (por exemplo, setores de construção e automotivos).

As pressões ambientais diretas e indiretas decorrentes do uso de recursos (fornecimento de energia primária, material primário, uso do solo) e as emissões e resíduos específicos foram atribuídas através de análise de insumo-produto às agências que entregam os produtos à demanda final. A Tabela 12 registra a proporção das pressões ambientais induzidas diretas e indiretas na Alemanha no final dos anos 90, por grupos dos cinco principais produtos entregues à demanda final.

Tabela 12 - Pressões ambientais por grupos de produtos entregues à demanda final, Alemanha, final dos anos 90 (valores em %).

Grupo de produtos	Insumos de recursos				Potencial de impacto ambiental induzido			
	Energia primária	Materiais	Biomassa	Uso do solo	Aquec. global	Efeito acidificante	Formação de ozônio troposf.	Resíduo
Construção	7	40	-	9	7	5	5	61
Prod.alimentares	6	4	36	17	9	25	5	12
Eletricidade, gás	10	19	-	-	16	7	4	8
Veículos a motor	9	30	-	-	8	5	5	7
Agricultura,caça	-	-	19	13	4	16	-	-

Fonte: OCDE, 2008.

No setor da Construção, com predominância em geração de resíduos volumosos de construção e demolição (C&D), tem-se alto uso de insumos de material primário relacionados a minerais industriais. Os produtos alimentares, com alto potencial de efeito acidificante e geração de resíduos, tem uso intensivo de biomassa. O setor de eletricidade e gás, com alto potencial de aquecimento global, tem uso intensivo de combustíveis fósseis. Os veículos a motor, com potencial de aquecimento global e geração de resíduo, tem uso intensivo de metais. Os produtos da agricultura e da caça, com potencial efeito acidificante, tem uso intensivo de biomassa e uso do solo. Isto tem sido interpretado de forma que as estratégias de

eficiência de recursos podem ser sinérgicas com os esforços para mitigar a mudança climática, controle de poluição, prevenção de resíduos e conservação de recursos.

3.3 Intensidade do uso de energia

Cada setor da economia energética é requerido para diversas finalidades, que são denominadas como sendo seus usos finais. A energia efetivamente utilizada em cada uso final constitui o que se chama de energia útil. Os segmentos industriais no Brasil podem ser classificados de acordo com sua importância em termos de consumo total de energia elétrica e com seu dinamismo econômico. Esta seção se baseou no estudo de BAJAY et al. (2009), pesquisadores do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), publicado na Revista Brasileira de Energia.

3.3.1 Intensidade de energia elétrica

Com relação à intensidade de energia, foram relacionados os maiores segmentos industriais consumidores de energia elétrica em 2007, e sua respectiva porcentagem de uso de energia, apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Segmentos industriais que mais consomem energia, Brasil, 2007.

Segmentos industriais	Uso de energia (%)
Outras indústrias	20,3
Metais não ferrosos	19,8
Química	12,0
Alimentos e bebidas	11,6
Siderurgia	9,5
Papel e celulose	8,6

Fonte: BAJAY et al., 2009.

3.3.2 Participação no PIB

Com relação aos segmentos industriais de maior participação no produto interno bruto (PIB) e os mais dinâmicos, em termos de desempenho econômico, focando no último ano para o qual o IBGE disponibiliza estes dados – 2005

obtiveram-se os segmentos industriais que mais contribuíram para a formação do PIB naquele ano, apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Segmentos industriais de maior participação no PIB, Brasil, 2005.

Segmentos industriais	Uso de energia (%)
Outras indústrias	6,18
Indústria de alimentos e bebidas	2,42
Indústria química	1,82
Indústria de papel e gráficas	1,15
Indústria têxtil	1,14
Indústria siderúrgica	0,95

Fonte: BAJAY et al., 2009.

A fabricação de veículos automotores (montadoras e fabricantes de autopeças) e a fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos, que estão inseridas na categoria não energia-intensiva das “outras indústrias”, foram responsáveis, em 2005, por 1,17% e 1,12%, respectivamente, do PIB daquele ano.

3.3.3 Potenciais de conservação de energia

Com relação aos segmentos industriais com maiores potenciais de conservação de energia, as diferenças entre os consumos, médio e mínimo, das energias térmica e elétrica fornecem os correspondentes potenciais técnicos de conservação de energia. Esses foram estimados por usos finais, com o auxílio de coeficientes de distribuição da energia consumida.

Pode-se constatar que a indústria siderúrgica é a que possui os maiores potenciais absolutos de conservação de energia, seguido pela indústria cerâmica, química, papel e celulose, cimenteira, eletro-intensivos fabricantes de metais não ferrosos e de alimentos e bebidas, conforme apresenta o Quadro 6.

Quadro 6 - Principais setores conforme potencial técnico de conservação de energia.

Segmentos industriais
Indústria siderúrgica
Indústria cerâmica
Indústria química
Indústria de papel e celulose
Indústria cimenteira
Fabricantes de metais não ferrosos
Indústria de alimentos e bebidas
Fonte: BAJAY et al., 2009.

3.4 Conclusões do Capítulo

Conforme os artigos expostos no capítulo 2 foi possível identificar os setores sujos de todas as fases do ciclo de vida, apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 - Principais setores sujos conforme fase do ciclo de vida.

Classificação	Uso de Materiais	Produção	Uso de Energia	Consumo Final
PNUMA (2010)	1: Agricultura 2: Combustíveis fósseis e produtos químicos 3: Metais	1: Eletricidade 2: Agricultura 3: Combustíveis fósseis 4: Papel e celulose		1: Alimentos 2: Habitação 3: Mobilidade 4: Energia doméstica 5: Equipamentos eletrônicos
OCDE (2008)	1: Construção 2: Alimentação 3: Eletricidade e gás 4: Veículos a motor 5: Agricultura e caça			
BAJAY et al. (2009)			1: Siderúrgica 2: Cerâmica 3: Química 4: Papel e celulose 5: Indústria cimenteira 6: Metais não ferrosos 7: Alimentos e bebidas	

Fonte: Autoria própria.

Com relação aos principais setores industriais responsáveis pela maior parte dos impactos ambientais negativos no uso de materiais sobressaem os segmentos da agricultura e alimentação, eletricidade e combustíveis fósseis, construção civil, metais e veículos a motor. No processo produtivo destaca-se a eletricidade, agricultura, combustível fóssil e papel e celulose. No uso de energia o potencial técnico de conservação de energia predomina-se nas indústrias: siderúrgica, cerâmica, química, papel e celulose, cimenteira, metais não ferrosos e de alimentos e bebidas. No consumo final prevalece a alimentação, habitação, mobilidade, energia doméstica e equipamentos eletrônicos.

A partir da avaliação dos tópicos anteriores, podem ser extraídas conclusões gerais sobre as prioridades que mais contribuem para os problemas ambientais em todo o ciclo de vida, prevalecendo os seguintes setores: energia, combustíveis

fósseis, agricultura e alimentação, indústrias químicas, papel e celulose, transporte e mobilidade, construção e habitação.

4 CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento do estudo foi possível identificar e comparar as classificações dos setores industriais que mais causam impactos negativos no meio ambiente em cada uma das fases do ciclo de vida, separados em uso de materiais, processo, uso de energia e consumo final, como apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – Setores sujos em cada fase do ciclo de vida.

Uso de materiais	Poluição no processo	Uso de energia	Consumo final
1: Agricultura e alimentação 2: Eletricidade e combustíveis fósseis 3: Construção civil 4: Metais 5: Veículos a motor	1: Recursos minerais 2: Eletricidade 3: Agricultura e alimentação 4: Papel e celulose 5: Indústria química 6: Mineração, metalúrgica, refino de petróleo	1: Siderúrgica 2: Indústria cerâmica 3: Indústria química 4: Papel e celulose 5: Indústria cimenteira 6: Metais não ferrosos 7: Alimentos e bebidas	1: Alimentos 2: Habitação 3: Mobilidade 4: Energia doméstica 5: Equipamentos eletrônicos

Fonte: Autoria própria.

Com base no Quadro 10, foi possível identificar os principais setores industriais responsáveis pela maior parte dos impactos ambientais negativos: materiais e recursos minerais atrelados as suas formas de extração e processamento, setor energético, indústria química, fabricação de papel e celulose, agricultura e setor de transporte e mobilidade.

Os materiais e recursos minerais são intermediários importantes do impacto ambiental, principalmente os minerais metálicos, minerais não metálicos e os recursos energéticos fósseis. Pode-se verificar também grande relevância das diversas formas de extração, transformação e processamento dos recursos minerais, apontadas pelos setores de mineração, metalúrgica e refino de petróleo. Com relação ao potencial de poluição no processo, esses estágios são muito intensivos em energia e podem ser a causa de uma substancial contaminação do ar, da água e do solo.

O setor energético e os combustíveis fósseis contém alto potencial poluidor. O setor de eletricidade e gás tem alto potencial de aquecimento global no uso de materiais, uso intensivo de energia primária além de uso intensivo de combustíveis

fósseis. Na produção, há intensa emissão de gases de efeito estufa, emissão de substâncias eutrofizantes, acidificantes e de substâncias tóxicas. No consumo final, o potencial poluidor se estende à combustão de combustível para aquecimento e cozinha, além de energia doméstica.

A indústria química é outro grave setor detectado. No processo, a poluição química costuma ser gerada principalmente pelo descarte incorreto dos produtos químicos. Com relação ao uso de energia, apresenta um dos maiores potenciais de conservação, tanto de energia térmica como de consumo total de energia.

A fabricação de papel e celulose é considerada uma atividade com elevado grau de impacto ambiental na fase agrícola e no processo pelo elevado consumo de água e utilização de produtos químicos, além do uso intensivo de energia.

A agricultura e alimentação foram identificadas como potencial poluidor em todas as fases do ciclo de vida. No uso de materiais, pelo potencial de efeito acidificante, uso intensivo de biomassa, degradação do solo e perda de biodiversidade. No processo, pela alta intensidade de poluição na água pela geração de quantidades significativas de efluentes. No uso de energia, pela conservação de energia térmica e de consumo de energia. E no consumo final, com alta geração de resíduos.

O setor de transporte e mobilidade foi identificado como alto potencial poluidor, desde seu uso de materiais, pela intensidade de uso de metais, e no seu consumo final, devido à emissão de gases poluentes e geração de resíduos sólidos por veículos em fim de vida.

É possível notar uma similaridade entre todos os principais setores, tanto com relação ao uso de materiais, no uso de energia, como no processo industrial. Essa equivalência na intensidade no uso de fatores evidencia mais uma vez que os setores que contribuem significativamente para a poluição, tanto do ar, da água e do solo, e para a geração de resíduos, também exigem uma alta proporção no uso de materiais e recursos, de uso da terra e na intensidade energética. Em suma, quanto mais uso de fatores no processo produtivo, mais impactos ambientais negativos geram.

Entre os principais setores limpos estão: eletrônico, automóvel, têxtil, máquinas e aparelhos, instrumentos e mecânica. Dentre esses, fazendo uma comparação com os setores considerados poluidores alguns apresentam divergência quanto à classificação, ressaltando que mesmo os setores considerados

limpos por um critério, podem ser poluidores por outro. Como o caso do campo eletrônico, que mesmo sendo considerado limpo com relação ao seu processo industrial apresenta elevado impacto ambiental do ponto de vista do consumo, destinação e tratamento de resíduos sólidos no mundo. O setor de transporte, por exemplo, mesmo considerado limpo por algumas classificações de processo industrial, apresenta elevado potencial poluidor no uso de matérias, consumo final e na geração de resíduos no fim de vida útil do produto final. Em suma, é possível notar a necessidade de uma análise atrelada ao ciclo de vida para melhor identificar e explorar os setores poluidores.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>.

BAJAY, S. V., GORLA F. D. e BORDONI, O. F. J. G. Os segmentos industriais energo-intensivos de maiores potenciais técnicos de conservação de energia no Brasil. Campinas, NIPE/UNICAMP. Revista Brasileira de Energia, Vol. 15, No. 1, 1o Sem. 2009.

CARVALHO, C. H. R. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros brasileiros. Rio de Janeiro: IPEA (TD 1606), 2011.

CARVALHO, P. G. M. Potencial poluidor e intensidade do consumo de energia elétrica – a construção de indicadores ambientais a partir da PIM-PF (IBGE). Trabalho apresentado no IV Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Belém do Pará, 2001.

ENVOLVERDE. Uma visão econômica da mudança climática. Disponível em <<http://envolverde.com.br/ambiente/uma-visao-economica-da-mudanca-climatica>>.

FEEMA s.d. Classificação de Atividades Industriais e não Industriais e seu Potencial Poluidor. Comissão Permanente de Normalização Técnica.

GUIMARÃES, L. T.; MORENO, R. A. M., 2000. Metodologia de Estimativa de Intensidade de Emissão de Poluentes Industriais – Aplicação na Região Sudeste. IBGE/DERNA/DIEAM, Relatório Interno.

KRAUSMANN, F.; GINCRICH, S.; EISENMENGER, N.; ERB, K. H.; HABERL, H; FISCHERKOWALSKI, M. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecological Economics, 68 (10): p. 2696-2705, 2009.

LOW, P.; YEATS, A. Do Dirty Industries Migrate? In: LOW, P. (Ed.). International Trade and the Environment. Washington, DC: The World Bank, 1992. Discussion Paper 159.

MANI, M.; WHEELER, D. In Search Of Pollution Havens? Dirty Industry In the World Economy, 1960-1995. Journal of Environment & Development, [S. l.], v. 7, n. 3, sep. 1998.

MAZON, M. T. Inserção brasileira na cadeia global de reciclagem de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2014.

MORENO, R. A. M. Estimativa de potencial poluidor nas indústrias: o caso do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia - UFRJ).

OECD. Measuring material flows and resource productivity – Vol. I. The OECD Guide, OECD, Paris, 2008.

Pollution Abatement Costs and Expenditures: 1990 (MA200-90). US Department of Commerce, Bureau of the Census, April 1992.

SCHAPER, M.; VÉRÈZ, V. O. Evolución del comercio y de las inversiones extranjeras en industrias ambientalmente sensibles: Comunidad Andina, Mercosur y Chile (1990-1999). Santiago de Chile: Naciones Unidas - CEPAL, 2002. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, n. 46.

SINDINESFA. Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço. Disponível em <<http://www.sindinesfa.org.br/>>.

UNEP (2010) Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials, A Report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management. Hertwich, E., van der Voet, E., Suh, S., Tukker, A., Huijbregts M., Kazmierczyk, P., Lenzen, M., McNeely, J., Moriguchi, Y.

YOUNG, C. E. F., PEREIRA, A. A. e HARTJE, B. C. R. Sistema de Contas Ambientais para o Brasil: estimativas preliminares. Rio de Janeiro, IE/UFRJ, Texto para discussão n. 448, 2000.

YOUNG, C. E.; LUSTOSA, M. C. Competitividade e meio ambiente: a nova relação CentroPeriferia. In: BRAGA, A. S.; MIRANDA, L. C. (org.). Comércio e Meio Ambiente: uma agenda positiva para o desenvolvimento sustentável. Brasília: MMA/SDS, 2002.

ANEXOS

Anexo A – Cinco grupos de produtos de características semelhantes ambientais.

Produtos primários agrícolas			
Cód CUCI	Descrição	Cód CUCI	Descrição
001	Animais vivos	013	Carnes embaladas
011	Carnes frescas, refrigeradas e congeladas	022	Leite e nata
025	Ovos	023	Manteiga
031	Pescado fresco	024	Queijos e requeijão
041	Trigo	046	Semolina e farinha de trigo
042	0421+0422 Arroz	047	Outros farinhas de cereais
043	Cevada não moída	048	Preparações de cereais
044	Milho não moído	052	Frutas secos
045	Outros cereais não moídos	053	Frutas em conserva
051	Frutas frescas	055	legumes conservados
054	Legumes frescos	062	Doce de açúcar
071	0711+0713 Café	073	Chocolate e outras prep.
072	0721+0722+0723 Cacau	074	Chá e mate
075	Especiarias	081	materiais de Alim. animais
121	tabaco bruto	091	margarinas e manteigas
211	Couros e peles	099	Outros alimentos preparados
212	peles finas não curtidas	111	Bebidas não alcoólicas
221	2211-2219 sementes, nozes e amêndoas oleaginosas	112	Bebidas alcoólicas
2311	borracha natural	243	madeira, apenas trabalhadas
2313	Borracha regenerada	411	óleos e manteigas animais
241	lenha e carvão vegetal	421	Óleos vegetais
242	Madeira bruta	422	Outros óleos vegetais
244	Cortiça bruta	431	Óleos e gorduras animais elaborados
261	Seda	632	artigos de madeira, n.e.p.
262	lã e outros pelos de animais	633	artigos de cortiça
263	2631-2634 Algodão	642	Artigos de celulose, papel e cartão
264	Juta	032	Peixes embalado
265	outras fibras vegetais	061	Açúcar e mel
2711	fertilizantes Animais	122	artigos de tabaco
291	produtos animais brutos	251	Celulose e resíduos de papel
292	Produtos vegetais bruto	631	chapas e madeira compensada
012	Carnes secas, salgadas ou	641	Papel e cartão

Produtos primários de mineração			
Cód.CUCI rev1	Descrição	Cód.CUCI rev1	Descrição
2712	Nitrato	286	Minerais de urânio e tório
2713	Fosfatos	681	Prata e platina
2714	Sais de potássio	682	Cobre
273	Pedra, areia e cascalho	683	Níquel
274	Enxofre e piritas de ferro	684	Alumínio
275	Abrasivos naturais	685	Chumbo
276	Outros minerais brutos	686	Zinco
281	Minério de ferro e concentrados	687	Estanho
283	Minerais não ferrosos	688	Urânio
285	Minérios de prata e platina	689	Outros metais não ferro
Produtos primários de energia			
Cód.CUCI rev1	Descrição		
321	Carvão, coque e briquetes		
331	Petróleo Bruto		
341	Gás natural e artificial		
332	Produtos derivados do petróleo		
Indústrias ambientalmente sensíveis (IAS)			
Cód.CUCI rev1	Descrição	Cód.CUCI rev1	Descrição
251	Celulose e resíduos de papel	677	Fios de ferro ou aço
332	Produtos derivados do petróleo	678	Tubos de ferro ou aço
512	Produtos químicos orgânicos	679	Acessórios tub. ferro ou aço
513	Produtos químicos inorgânicos	681	Prata e platina
514	Outros prod. químicos inorgânicos	682	Cobre
515	Materiais radioativos	683	Níquel
521	Alcatrão mineral	684	Alumínio
561	Fertilizantes fabricados	685	Chumbo
599	Mat. e prod. químicos, n.e.p.	686	Zinco
631	Chapas e madeiras compensadas	687	Estanho
632	Artigos de madeira, n.e.p.	688	Urânio
641	Papel e cartão	689	Outros metais não ferrosos
642	Itens de celulose, papel e cartão	691	Partes estruturais acabadas
661	Cal, cimento e outros mat. constr.	692	Contentores de metal para transp.

671	Ferro bruto	693	Artigos de arame e cercas
672	Lingotes de ferro ou aço	694	Pregos, parafusos, porcas
673	Barras de ferro ou aço	695	Ferramentas
674	Placas de ferro ou aço	696	Talheres
675	Cinta de ferro ou aço	697	Produtos domésticos
676	Trilhos de ferro ou aço	698	Fabri. Metais comuns, n.e.p.

Indústrias limpas

Cód.CUCI rev1	Descrição
65	651-657 Fios, tecidos, artefatos confeccionados de fibras têxteis
71	711 + 712 + 714 + 715 + 717 + 718 + 719 Máquinas, exceto elétrica
72	722-726 + 729 máquinas, aparelhos e utensílios elétricos
73	731-735 Material de Transporte
86	861-864 Instrumentos profissionais, científicos e de controle, separado foto

Fonte: Schaper e Vérèz, 2002.