

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte:  
o caso de Feliz, RS**

Eugenia Aumond Kuhn

Porto Alegre  
2014

Eugenia Aumond Kuhn

**METABOLISMO DE UM MUNICÍPIO BRASILEIRO DE PEQUENO  
PORTE: O CASO DE FELIZ, RS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em  
Engenharia

Porto Alegre

2014

Kuhn, Eugenia Aumond

METABOLISMO DE UM MUNICÍPIO BRASILEIRO DE PEQUENO  
PORTE: O CASO DE FELIZ, RS / Eugenia Aumond Kuhn. --  
2014.

283 f.

Orientador: Miguel Aloysio Sattler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS,  
2014.

1. metabolismo urbano. 2. análise dos fluxos de  
materiais (AFM). 3. sustentabilidade urbana. 4.  
planejamento urbano. 5. ecologia industrial. I.  
Sattler, Miguel Aloysio, orient. II. Título.

**EUGENIA AUMOND KUHN**

**METABOLISMO DE UM MUNICÍPIO BRASILEIRO DE PEQUENO  
PORTE: O CASO DE FELIZ, RS**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTOR EM ENGENHARIA, Área de Concentração: Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 17 de janeiro de 2014.

Prof.a. Miguel Aloysio Sattler  
PhD. pela University of Sheffield, Inglaterra  
Orientador

Prof. Armando Miguel Awruch  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

Pesquisador Samuel Niza (Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa)  
PhD, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Prof. Ricardo Siloto da Silva (UFSCar)  
Dr. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dora Maria Orth (UFSC)  
Dra., Université de Nancy II

Prof. Rualdo Menegat (UFRGS)  
Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Luiz Carlos Pinto Silva Filho (UFRGS)  
PhD, University of Leeds

*À Lara, minha pequena filhote, gestada, nascida e muito “lambida” durante o processo de desenvolvimento deste trabalho. Como foi bom!*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPQ pela bolsa de estudos que possibilitou a minha intensa dedicação à esta pesquisa.

Agradeço ao professor Miguel Aloysio Sattler, que me ensinou a ver a pesquisa como um caminho curioso e apaixonante de descoberta de um mundo, possivelmente, melhor. Sou-lhe muito grata por todo apoio, carinho e confiança depositados durante a última década, os quais me tornaram, pelo menos um pouco, pesquisadora.

Agradeço ao Rodrigo, meu “companheiro que acompanha”, pela impaciente paciência de sempre.

Agradeço aos meus pais e irmãs, por serem tão família, tão tudo de bom.

Agradeço aos amigos do NORIE, com quem compartilhei, nos últimos anos, “a dor e a delícia” de se fazer pesquisa. Agradeço, especialmente, à Daniele Tubino, Érica Dall’Asta, José Azambuja, Maria Conceição Scussel e Luis Carlos Bonin.

Agradeço aos bolsistas Lucas Magnus Dorneles, Sila Silveira e Reynaldo Mello Neto por dividirem comigo a parte árdua de levantamento e de tratamento de tantos dados. E também pela paciência e incentivo nos momentos de desânimo.

Agradeço aos bolsistas Janaine Fernanda e João Kruse pelo auxílio em momentos específicos da coleta de dados.

Agradeço a Luiz Carlos Pinto da Silva Filho, ex-coordenador do PPGEC, pela ajuda decisiva para o acesso aos dados utilizados no trabalho.

Agradeço às instituições que forneceram os dados sem os quais seria impossível a realização desta pesquisa. Agradeço, especialmente, à Letícia Lagemann da Secretaria da Fazenda do RS, à Danielle Wilhelms da Receita da Fazenda do RS e a Roberto Ferrari Borba do Departamento Nacional de Produção Mineral.

## RESUMO

KUHN, E. A. **Metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte: o caso de Feliz/RS**. 2014. Tese de doutorado – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Estudos relacionados ao consumo de recursos e à emissão de resíduos na escala territorial local se originaram nas pioneiras pesquisas associadas ao conceito de metabolismo urbano. Nos últimos 15 anos, observa-se um crescimento do número de estudos aplicados a cidades, municípios ou regiões metropolitanas. A Análise dos Fluxos de Materiais - AFM (*Material Flow Analysis*) vem se consolidando como a abordagem metodológica predominante para esse tipo de investigação, a qual objetiva prover informações sobre fluxos de materiais e de energia, usualmente em unidades de massa, entrando e deixando uma sociedade. No entanto, todos os casos estudados na literatura prévia correspondem a capitais nacionais ou a municípios com centralidade econômica e de gestão do território na região as quais pertencem. Adicionalmente, não há estudos desenvolvidos no Brasil. Em face dessas lacunas, o objetivo principal deste trabalho é a caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte (MBPP). Para tanto se adotou como estudo de caso o município de Feliz-RS. Como objetivos intermediários da pesquisa estabeleceram-se: a) Identificação dos métodos existentes para caracterização de fluxos de materiais na escala local e análise das possibilidades de aplicação no contexto dos MBPP; b) Desenvolvimento de um detalhamento metodológico da AFM, para a caracterização dos fluxos de materiais de MBPP; c) Análise das limitações e oportunidades para uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental de municípios. Como resultados, avalia-se que o detalhamento metodológico desenvolvido é funcional e replicável para municípios brasileiros com o mesmo perfil, além de fornecer informações bastante detalhadas acerca dos fluxos ocorrentes no município adotado como caso. Assim, é possível realizar análises com diferentes níveis de desagregação. Quanto aos fluxos de materiais de Feliz, encontrou-se que o consumo doméstico de materiais per capita (DMC/per capita) do município é alto, se comparado àqueles já caracterizados na literatura. Essa constatação corrobora com a proposição de que municípios com produção primária e secundária tendem a demandar, proporcionalmente, mais recursos do que aqueles que são consumidores finais. Quanto ao uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental, verifica-se um alto potencial, com vantagens, em relação a outros métodos correntemente adotados. Entretanto, essas oportunidades ainda são pouco exploradas no contexto internacional e ignoradas no Brasil, ao se analisar a literatura existente.

Palavras-chave: metabolismo urbano; análise dos fluxos de materiais (AFM), sustentabilidade urbana, planejamento urbano, ecologia industrial.

## ABSTRACT

KUHN, E. A. **Metabolism of a small Brazilian municipality: Feliz, RS, Case Study**. 2014. Tese de doutorado – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Studies related to resources consumption and wastes emissions in a local territorial scale were originated from pioneering researches related to the urban **metabolism concept**. Over the past 15 years, there was a growth in the number of such studies applied to cities, municipalities and metropolitan areas. At the same time, Material Flow Analysis - MFA was consolidated as the predominant methodological approach for this type of research. However, it must be pointed out that all studied cases have been related to national capitals or counties, with economics centrality and land management in their own area. Besides, no studies of this nature were found as being developed in Brazil. Thus, the main goal of the research presented in this paper **was to characterize material flows associated with the metabolism of a small Brazilian municipality and for this purpose the municipality of Feliz was adopted as a case study**. Three intermediate objectives were established: a) To identify existing methods for material flows characterization on the local scale and to analyse the possibilities of applying them in the context of small Brazilian municipalities; b) to develop a MFA methodological detailing for the characterization of material flows of small Brazilian municipalities; c) to analyse constraints and opportunities for the use of MFA in the assessment of municipalities environmental sustainability. As results, it is considered that the methodological detailing developed raises the possibility of replicating the procedures applied in Feliz to other Brazilian municipalities, being this research a first and referential step in this direction. Besides, it provides very detailed information on flows occurring in the municipality adopted as the case study. Thus, it is possible to further develop of analyses considering different levels of disaggregation. Concerning the material flows associated with the metabolism of Feliz, it was found that the studied municipality presents a DMC *per capita* comparable or superior to that of larger municipalities already analyzed by previous researches. This finding corroborates the hypothesis that municipalities with primary and secondary production tend to demand proportionately more resources than those who are the final consumers. Regarding the use of the MFA in the assessment of municipalities environmental sustainability, it was verified that it presents a high potential, with advantages over other methods currently adopted. However, when analyzing the existing literature it was noticed that these opportunities are still little explored in the international context and ignored in Brazil.

Keywords: urban metabolism; material flow analysis (MFA), urban sustainability, urban planning, resource management, industrial ecology



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 CONTEXTO .....	19
1.1.1 O debate acerca do desenvolvimento sustentável e a urgência de se compreender os padrões de fluxos de materiais na escala territorial local.....	19
1.1.2 O papel dos municípios brasileiros de pequeno porte para o desenvolvimento sustentável.....	24
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	27
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA .....	31
1.4 OBJETIVOS DE PESQUISA .....	32
1.5 DELIMITAÇÕES.....	33
1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	33
<b>2 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>35</b>
2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	35
2.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	38
<b>2.2.1 Etapa de compreensão do problema.....</b>	<b>40</b>
2.2.1.1 Compreensão das particularidades da análise dos fluxos de materiais aplicada à escala local.....	40
2.2.1.2 Compreensão das características dos municípios brasileiros de pequeno porte ...	41
2.2.1.3 Seleção do estudo de caso: o município de Feliz.....	42
2.2.1.4 Estudo exploratório .....	43
<b>2.2.2 Etapa de desenvolvimento de um detalhamento metodológico da abordagem de AFM para o contexto dos MBPP .....</b>	<b>46</b>
<b>2.2.3 Etapa de reflexão .....</b>	<b>47</b>
<b>3 O CONCEITO DE METABOLISMO E A ABORDAGEM DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS APLICADA À ESCALA LOCAL .....</b>	<b>48</b>
3.1 A RELAÇÃO ENTRE ASSENTAMENTOS HUMANOS E AMBIENTE, A PARTIR DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS: BASES TEÓRICAS .....	50
3.1.1 A Teoria dos Sistemas .....	50
3.1.2 O conceito de metabolismo na biologia e na ecologia .....	52
3.1.3 Assentamentos humanos vistos como sistemas e suas relações com o ambiente .....	55

3.2 HISTÓRICO DA METÁFORA DO METABOLISMO URBANO E DA ABORDAGEM DE AFM, APLICADOS À COMPREENSÃO DA RELAÇÃO ENTRE ASSENTAMENTOS HUMANOS E MEIO AMBIENTE .....	62
<b>3.2.1 Século XIX .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2.2 Décadas de 1960 e 1970: estudos seminais.....</b>	<b>64</b>
<b>3.2.3 Décadas de 1980 e1990: metabolismo industrial e metabolismo das nações.....</b>	<b>65</b>
<b>3.2.4 Década de 2000-atual: Ressurgimento .....</b>	<b>67</b>
3.3 VERTENTES DA ANÁLISE DE FLUXOS MATERIAIS .....	68
3.4 PROCEDIMENTOS PARA A CONDUÇÃO DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS .....	70
<b>3.4.1 Seleção de materiais .....</b>	<b>71</b>
<b>3.4.2 Definição do sistema no tempo e no espaço .....</b>	<b>71</b>
<b>3.4.3 Mapeamento de processos, fluxos e estoques relevantes e aquisição de dados</b>	<b>72</b>
<b>3.4.4 Elaboração do balanço de materiais.....</b>	<b>74</b>
<b>3.4.5 Apresentação dos resultados.....</b>	<b>74</b>
<b>3.4.6 Avaliação dos resultados.....</b>	<b>74</b>
3.5 MÉTODO PADRONIZADO PARA PAÍSES EUROPEUS: GUIA EUROSTAT...77	
<b>3.5.1 Fronteiras do sistema.....</b>	<b>77</b>
<b>3.5.2 Definição de fluxos e materiais .....</b>	<b>78</b>
<b>3.5.3 Fontes de dados e métodos de quantificação .....</b>	<b>79</b>
<b>3.5.4 Elaboração do balanço de materiais.....</b>	<b>80</b>
<b>3.5.5 Apresentação dos resultados.....</b>	<b>80</b>
<b>3.5.6 Interpretação e avaliação dos resultados .....</b>	<b>81</b>
3.6 ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS APLICADA A CIDADES, MUNICÍPIOS E REGIÕES METROPOLITANAS .....	82
3.7 DETALHAMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS NA ESCALA LOCAL .....	94
<b>3.7.1 Contabilidade dos fluxos de materiais de Lisboa (Portugal) .....</b>	<b>94</b>
<b>3.7.2 Contabilidade dos fluxos de materiais de Paris e região (França) .....</b>	<b>99</b>
3.7.2.1 Primeira adaptação: inclusão dos <i>memorandum itens</i> para o cálculo do <i>NAS - Net Addition to Stock</i> .....	100
3.7.2.2 Segunda adaptação: recategorização/desmembramento dos fluxos de resíduos	100
<b>3.7.3 Consumo Doméstico de Materiais de Montevidéu (Uruguai) .....</b>	<b>104</b>
<b>3.7.4 Consumo Doméstico de Materiais de Limerick (Irlanda) .....</b>	<b>107</b>

3.8 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ADAPTABILIDADE DOS MÉTODOS ADOTADOS POR PESQUISAS PRÉVIAS AO CONTEXTO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS DE PEQUENO PORTE .....	109
3.9 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES DO USO DA AFTM PARA A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA ESCALA LOCAL .....	111
<b>3.9.1 Critérios de escopo e de contexto de aplicação.....</b>	<b>114</b>
3.9.1.1 Objetivo da avaliação.....	114
3.9.1.2 Escalas geográficas de análise e de avaliação da realidade urbana .....	116
3.9.1.3 Atividade ou processo de tomada de decisão ao qual oferece suporte .....	120
3.9.1.4 Atores sociais envolvidos e demais partes interessadas.....	124
3.9.1.5 Usuários .....	126
3.9.1.6 Ferramentas de suporte.....	126
3.9.1.7 Adaptabilidade .....	127
<b>3.9.2 Critérios teóricos e metodológicos.....</b>	<b>127</b>
3.9.2.1 Bases teóricas e conceitos analíticos de suporte .....	127
3.9.2.2 Critérios de avaliação .....	129
3.9.2.3 Capacidade evolutiva.....	133
3.9.2.4 Horizonte temporal da avaliação (fronteiras temporais) .....	133
3.9.2.5 Entrada de dados: tipos e origens .....	134
3.9.2.6 Apresentação e interpretação dos resultados .....	134
3.9.2.7 Transparência .....	138
3.10 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA APLICAÇÃO DA AFM PARA A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA ESCALA LOCAL .....	138
<b>4 DETALHAMENTO METODOLÓGICO PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ .....</b>	<b>140</b>
4.1 EXTRAÇÃO DOMÉSTICA .....	141
<b>4.1.1 Extração de biomassa .....</b>	<b>141</b>
4.1.1.1 Biomassa da agricultura .....	141
4.1.1.2 Biomassa da silvicultura .....	144
4.1.1.3 Biomassa da pesca e da caça .....	145
4.1.1.4 Biomassa de outras atividades .....	146
<b>4.1.2 Extração de minerais.....</b>	<b>146</b>
4.2 IMPORTAÇÕES E EXPORTAÇÕES NACIONAIS.....	147
<b>4.2.1 Identificação dos filtros para obtenção dos dados válidos.....</b>	<b>154</b>
<b>4.2.2 Identificação das unidades padrão .....</b>	<b>157</b>
<b>4.2.3 Desenvolvimento dos procedimentos para conversão em unidades de massa</b>	<b>158</b>

4.2.3.1	Regra 1 .....	161
4.2.3.2	Regra 2 .....	161
4.2.3.3	Regra 3 .....	161
4.2.3.4	Regra 4 – específica .....	162
4.2.3.5	Regra 5 - específica .....	163
<b>4.2.4</b>	<b>Geração dos bancos de dados com médias para conversão dos fluxos em unidades de massa.....</b>	<b>163</b>
4.2.4.1	Banco de dados BD - Fluxos de Feliz.....	163
4.2.4.2	Banco de dados BD - RF/RS .....	164
4.2.4.3	Banco de dados BD - RF/BR .....	165
4.2.4.4	Banco de dados BD - Fabricantes .....	165
<b>4.2.5</b>	<b>Categorização .....</b>	<b>167</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Agrupamento.....</b>	<b>168</b>
4.3	IMPORTAÇÕES E EXPORTAÇÕES INTERNACIONAIS .....	171
4.4	EMISSÕES E RESÍDUOS .....	171
<b>4.4.1</b>	<b>Resíduos sólidos urbanos .....</b>	<b>171</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Resíduos de construção civil .....</b>	<b>172</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Resíduos industriais.....</b>	<b>172</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Resíduos de saúde .....</b>	<b>174</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Fluxos dissipados.....</b>	<b>174</b>
4.4.5.1	Efluentes domésticos (parte sólida).....	175
4.4.5.2	Dejetos animais .....	175
<b>4.4.6</b>	<b>Emissões aéreas (CO<sub>2</sub> decorrente da combustão).....</b>	<b>176</b>
4.5	ENTRADAS E SAÍDAS PARA FINS DE BALANÇO .....	178
4.6	ADIÇÕES AO ESTOQUE .....	179
4.7	FECHAMENTO DO BALANÇO.....	181
4.8	CONSIDERAÇÕES ACERCA DO DETALHAMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO.....	184
<b>5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, RS187</b>	
5.1	FELIZ IDENTIFICADO COMO UM CASO TÍPICO ENTRE OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS DE PEQUENO PORTE .....	187
5.2	RESULTADOS DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, POR CATEGORIA DE FLUXO.....	193
<b>5.2.1</b>	<b>Extração doméstica .....</b>	<b>193</b>
5.2.1.1	Extração mineral .....	193

5.2.1.2	Extração de biomassa .....	194
<b>5.2.2</b>	<b>Importações e Exportações .....</b>	<b>196</b>
5.2.2.1	Principais mercadorias importadas, por seção NCM .....	197
5.2.2.2	Principais mercadorias exportadas, por seção NCM .....	204
<b>5.2.3</b>	<b>Saídas para a natureza .....</b>	<b>210</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Adição ao estoque .....</b>	<b>213</b>
5.3	ANÁLISES GLOBAIS DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ .....	219
5.3.1	Origem e destino geográfico dos fluxos de materiais de Feliz .....	224
5.3.2	Composição dos fluxos de materiais do município de Feliz .....	227
5.4	CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, SEUS POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS E POSSÍVEIS APLICAÇÕES .....	240
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>244</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>250</b>
	<b>APÊNDICE A – FLUXOS DE EXTRAÇÃO DE BIOMASSA, NO MUNICÍPIO DE FELIZ, DE ACORDO COM A ESTRUTURA DO GUIA EUROSTAT ADAPTADA .....</b>	<b>262</b>
	<b>APÊNDICE B – EXTRAÇÃO MINERAL, NO MUNICÍPIO DE FELIZ .....</b>	<b>265</b>
	<b>APÊNDICE C – REPRESENTAÇÃO DAS TRANSAÇÕES TRIANGULARES, POR GRUPO DE CFOP .....</b>	<b>268</b>
	<b>APÊNDICE D – CÓDIGOS CFOPS EXCLUÍDOS DO BANCO DE DADOS .....</b>	<b>271</b>
	<b>APÊNDICE E – VALORES DE CONVERSÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS PARA UNIDADES DE MASSA .....</b>	<b>274</b>
	<b>APÊNDICE F – REFERÊNCIAS PARA CONVERSÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS EM UNIDADES DE MASSA .....</b>	<b>277</b>
	<b>APÊNDICE G – ESTIMATIVAS DOS FLUXOS DA PECUÁRIA .....</b>	<b>279</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delineamento da pesquisa.....	39
Figura 2: Síntese dos resultados do estudo exploratório.....	46
Figura 3: delimitação de fronteiras territoriais, AFM na escala local (fonte: Fernández, 2010). .....	57
Figura 4: O metabolismo urbano de Bruxelas, Bélgica, nos anos 1970 (fonte: Duvigneaud e Denaeyer-De Smet 1977 apud Kennedy; Cuddihy; Engel-Yan, 2007).....	58
Figura 5: Fronteiras do sistema para a condução de AFM, na escala local (adaptado de Hammer, 2003).....	59
Figura 6: Classificação das categorias principais de entradas e de saídas, segundo a Eurostat (2001). ....	78
Figura 7: indicadores derivados da AFM (EUROSTAT, 2001). ....	80
Figura 8: Síntese do balanço material, excluindo fluxos de ar e água (EUROSTAT, 2001). ....	81
Figura 9: Resumo dos métodos adotados por pesquisas de AFM, na vertente Análise dos Fluxos Totais de Materiais, nas escalas meso e macro local, publicadas a partir de 1999. .	91
Figura 10: Síntese das características dos dados utilizados no método desenvolvido para Lisboa. ....	98
Figura 11: Esquema do balanço de materiais de cidades e municípios, segundo proposta de Barles (2009). ....	102
Figura 12: Síntese das características dos dados utilizados no método desenvolvido para Paris.....	103
Figura 13: Fatores de escala aplicados para conversão do consumo doméstico do Uruguai em consumo doméstico de Montevidéu. ....	106
Figura 14: Balanço de materiais de Lisboa, para o ano de 2004 (fonte: NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009).....	136
Figura 15: Evolução das entradas e saídas de Singapura, em série temporal de 41 anos (fonte: SCHULZ, 2007). ....	137
Figura 16: Amostra das planilhas disponibilizadas pela SEFAZ-RS. ....	150
Figura 17: Estrutura do NCM e exemplos de classificação de produtos. ....	151
Figura 18: Delineamento das etapas e procedimentos desenvolvidos para conversão dos dados brutos na base de dados, usada como fonte de evidências.....	153
Figura 19: Representação de uma transação de venda à ordem. ....	155
Figura 20: Síntese das regras, subregras e detalhamentos para conversão dos fluxos de materiais em unidades de massa. ....	160

Figura 21: Exemplo de identificação das subregras da regra 3 (figura elaborada a partir de recortes da estrutura NCM) .....	162
Figura 22: Amostra dos resultados obtidos, depois da conversão pela regra 2, para o NCM 2302.10.00.....	163
Figura 23: Estrutura dos registros fornecidos pela Receita Federal/RS.....	166
Figura 24: Amostra do banco de dados para conversão BD-RF-RS.....	166
Figura 25: Percentual de utilização de cada regra de conversão, no BD Feliz Categorizado e Agrupado. ....	169
Figura 26: Amostra do BD – Feliz Categorizado e Agrupado, fonte de evidências dos fluxos de importação e exportação. ....	170
Figura 27: localização do município de Feliz no (a) Brasil e (b) no Rio Grande do Sul e (c) limites municipais e perímetros urbanos do município (em linha pontilhada.....	188
Figura 28: Variação populacional do município de Feliz, entre 1990 e 2010 (Fonte: IBGE, 2013).....	189
Figura 29: Extração, importação e exportação, no município de Feliz, por Seção NCM , em toneladas. ....	196
Figura 30: Destino dos resíduos exportados. ....	213
Figura 31: Diagrama de fluxos de entradas e saídas do setor pecuário do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. ....	218
Figura 32: Balanço de materiais do município de Feliz, 2011, em toneladas. ....	220
Figura 33: Fluxos de entrada e de saída do município de Feliz, em 2011, agrupados por nível de processamento, em toneladas. ....	222
Figura 34: Fluxos de entrada e de saída do município de Feliz, em 2011, agrupados por origem e destino, em toneladas.....	225
Figura 35: Fluxos de materiais do município de Feliz, no ano de 2011, por composição, em toneladas. ....	228
Figura 36: Fluxos de materiais do município de Feliz, no ano de 2011, detalhados por composição, em toneladas. ....	229
Figura 37: Mapa da rede urbana brasileira, em 2007. Fonte: IBGE (2008). ....	242

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Grupos de empresas cadastradas na Secretaria Municipal da Fazenda de Feliz, no ano de 2011, agrupadas por setor de atividade (Fonte própria, dados originais). .....	191
Tabela 2: Extração doméstica (usada) de minerais, por categoria, em toneladas.....	194
Tabela 3: Extração doméstica (usada) de biomassa (colheita), por categoria, em toneladas. .....	195
Tabela 4: Principais componentes da seção V - Produtos minerais, nas importações de Feliz, em toneladas.....	197
Tabela 5: Principais componentes da seção IV - Produtos das indústrias alimentares, nas importações de Feliz, em toneladas.....	198
Tabela 6: Principais componentes da Seção II - Produtos de origem vegetal, nas importações de Feliz, em toneladas.....	199
Tabela 7: Principais componentes da Seção IX - Madeira, carvão vegetal e obras de madeira; cortiça, obras de espartaria ou cestaria, nas importações de Feliz, em toneladas. .....	200
Tabela 8: Principais componentes da seção XV - metais comuns e suas obras, nas importações de Feliz, em toneladas.....	200
Tabela 9: Principais componentes da seção VII – Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, nas importações de Feliz, em toneladas. ....	201
Tabela 10: Principais componentes da seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes, nas importações de Feliz, em toneladas.....	201
Tabela 11: Principais componentes da seção I - Animais vivos e produtos do reino animal, nas importações de Feliz, em toneladas. ....	202
Tabela 12: Principais componentes da seção VI – Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas, nas importações de Feliz, em toneladas. ....	202
Tabela 13: Principais componentes das seções III, X, XII, XX, nas importações de Feliz, em toneladas. ....	203
Tabela 14: Resíduos importados, pelo município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. .....	203
Tabela 15: Principais componentes da seção XIII - Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes; produtos cerâmicos; vidro e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	204
Tabela 16: Principais componentes da seção IV - Produtos das indústrias alimentares, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	205
Tabela 17: Principais componentes da seção V - Produtos minerais, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	205



Tabela 18: Principais componentes da seção XV - Metais comuns e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	205
Tabela 19: Principais componentes da seção I - Animais vivos e produtos do reino animal, nas exportações de Feliz, em toneladas. ....	206
Tabela 20: Principais componentes da Seção II - Produtos do reino vegetal, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	207
Tabela 21: Principais componentes da seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes; aparelhos de gravação ou reprodução de som e etc., nas exportações de Feliz, em toneladas.....	207
Tabela 22: Principais componentes da seção VII - Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas. ....	207
Tabela 23: Principais componentes da seção XVII - Material de transporte, nas exportações de Feliz, em toneladas.....	208
Tabela 24: Principais componentes das seções VI e XII, nas exportações de Feliz, em toneladas. ....	208
Tabela 25: Resíduos exportados para reciclagem, em toneladas.....	209
Tabela 26: Resíduos e emissões geradas no município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. ....	211
Tabela 27: Adição ao estoque do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. ....	215
Tabela 28: Entrada de materiais e resíduos e emissões do município de Feliz, no ano de 2011, por setor de atividade. ....	224
Tabela 29: Área construída e regularizações de obras, no município de Feliz, no período entre 2006 e 2012.....	230
Tabela 30: Indicadores derivados da AFM de Feliz (2011) e do Brasil (1997, 2001 e 2005). ....	232
Tabela 31: Consumo de materiais no município de Feliz em relação ao casos prévios, caracterizados na literatura. ....	233
Tabela 32: Consumo de alimentos no município de Feliz, em relação ao casos prévios, caracterizados na literatura. ....	238

## LISTA DE SIGLAS

ACV – Análise de Ciclo de Vida

AFM – Análise dos Fluxos de Materiais

AFMT - Análise dos Fluxos Totais de Materiais

AFS - Análise dos Fluxos de Substâncias

DMC – *Domestic Material Consumption*

DMI – *Direct Material Input*

DPO – *Domestic Processed Output*

EUROSTAT - *Statistical Office of the European Communities*

LEPO – *Local and Exported Processed Output*

MBPP - Município Brasileiro de Pequeno Porte

PIB – Produto Interno Bruto

TMC - *Total Material Consumption*

# 1 INTRODUÇÃO

Nesta seção é apresentado, inicialmente, o contexto em que o trabalho está inserido, justificando sua relevância atual, e o problema de pesquisa. Segue-se, a apresentação das questões, do objetivo, das delimitações e dos pressupostos do presente trabalho.

## 1.1 CONTEXTO

O contexto do presente trabalho é apresentado, a seguir, em dois tópicos. Primeiramente, apresenta-se o contexto geral, relativo ao debate acerca do desenvolvimento sustentável na escala local. Em um segundo tópico, expõe-se a realidade específica brasileira e o papel dos municípios de pequeno porte, como locais estratégicos para a implementação de ações para o uso sustentável dos recursos naturais.

### **1.1.1 O debate acerca do desenvolvimento sustentável e a urgência de se compreender os padrões de fluxos de materiais na escala territorial local**

A noção de sustentabilidade vem ocupando espaço crescente nas discussões sobre desenvolvimento no espaço público internacional nas últimas décadas. Presente nos discursos das diversas esferas públicas e privadas, aparece revestido de um aparente consenso, em relação à suas premissas gerais, mas persistem controvérsias e barreiras variadas, relacionadas às diferentes interpretações dos conceitos vinculados a ele.

O estabelecimento oficial do debate, no contexto internacional, deu-se em 1987, com a publicação do documento intitulado *Nosso Futuro Comum*, também conhecido por Relatório Brundtland. Formulada pela *United Nations World Commission on Environment and Development*<sup>1</sup>, a publicação popularizou o conceito e cunhou a definição de desenvolvimento sustentável, como sendo aquele que “*atende as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades*” (BRUNDTLAND, 1987, p. 46).

---

<sup>1</sup> Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CMMAD.

Observa-se que a definição do Relatório Bruntland remete a considerações genéricas da qualidade da preservação das condições socio-ambientais “intra” e “inter” gerações. Ainda assim, tais princípios foram incorporados ao principal documento produzido pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, vinte anos após a primeira conferência ocorrida em Estocolmo. A Agenda 21 (UNITED NATIONS, 1992) passa a ser, a partir de então, um plano de ação internacional para diversos setores da sociedade, na busca pelo desenvolvimento sustentável.

Ainda que envolto em debates, se iniciou um processo de interpretação da Agenda 21, em diversas agendas locais e setoriais da sociedade. Entre seus desdobramentos mais relevantes está a Agenda Habitat, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos, realizada em Istambul, em 1996. Nela são enfatizadas as recomendações da Agenda 21, segundo a qual a sustentabilidade da população humana mundial passa, necessariamente, pela sustentabilidade dos municípios, cidades e vilas e, por sua vez, pela territorialização dos temas abordados (ANTONUCCI et al., 2009).

Quatorze países, entre eles o Brasil, comprometeram-se a implementar, monitorar e avaliar os resultados do seu Plano Global de Ação (UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - UN-HABITAT, 1996, p. 12):

“Comprometemo-nos com a meta de assentamentos humanos sustentáveis em um mundo urbanizado, através do desenvolvimento de sociedades que irão tornar eficiente o uso de recursos dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas e terão em conta a abordagem do princípio da precaução, e através da provisão, para todas as pessoas, em particular aquelas pertencentes a grupos vulneráveis e desfavorecidos, com igual oportunidades de saúde, segurança e vida produtiva, em harmonia com a natureza, com sua herança cultural e espiritual e com seus valores culturais, e a qual garanta desenvolvimento econômico e social e proteção ambiental, assim contribuindo para o alcance das metas de desenvolvimento sustentável nacionais”.

Está claro que as atividades desenvolvidas no âmbito do Programa Habitat surgem impulsionadas pela crescente e acelerada urbanização mundial observada no último século, a qual direcionou o foco de ação para a escala local. Inclusive, alguns pesquisadores da área do planejamento urbano, a exemplo de Costa (1999), afirmam que **parte significativa do debate acerca do desenvolvimento sustentável, nos países desenvolvidos, se concentra no papel das cidades.**

Também é notório, e percebido na citação acima, que a reavaliação dos **padrões de uso e de distribuição dos recursos naturais tem papel crucial para o desenvolvimento sustentável**, considere-se sua dimensão econômica, social ou ambiental.

No que se refere à dimensão ambiental, presume-se a existência de uma correlação entre os atuais padrões de consumo de recursos e de eliminação de dejetos e impactos negativos sobre diversos ambientes e ciclos biogeofísicos do planeta. Apesar das correlações serem, ainda, difíceis de capturar, verifica-se uma tendência de se abordar a análise ambiental, através da identificação das interações físicas entre os sistemas humanos e o ambiente.

Neste sentido, no mínimo, duas razões principais existem para o direcionamento de olhares para a escala territorial local e, particularmente, para as cidades. A primeira está relacionada ao fato dessa escala ser aquela na qual as atividades humanas e os impactos ambientais relacionados podem ser mais diretamente vinculados e mais apropriadamente abordados por políticas públicas e de planejamento (UNU/IAS, 2003 apud NIZA et al., 2009). A segunda razão se relaciona ao fato de que a concentração populacional implica em uma conseqüente concentração das demandas materiais e dos processos antrópicos em territórios específicos.

Pelo fato de serem entidades locais, elas foram, por muito tempo, associadas a meros problemas locais. Entretanto, dada a natureza própria das cidades - que se caracterizam e se distinguem dos demais tipos de assentamentos humanos, basicamente, por serem centros de gestão do território, por possuírem centralidade e diversidade econômica e pelo uso do solo vinculado às atividades não primárias (SOUZA, 2010, p.28) -, tem-se reconhecido que significativas pressões, principalmente ambientais, são geradas a partir das mesmas e transferidas para além dos seus limites, atingindo as áreas do seu entorno, bem como regiões distantes do globo (BAI, 2007a). O encurtamento das distâncias, possibilitado pelos meios de transporte contemporâneos, o crescimento dos mercados globalizados, bem como a transferência da lógica industrial para as atividades primárias, tem aumentado a complexidade das relações das cidades entre si, das cidades com suas áreas rurais circundantes e das cidades com os processos ambientais que, local, regional e globalmente lhe dão suporte.

Dessa conjuntura, também emerge a discussão, no âmbito do planejamento urbano, de que os espaços rurais (caracterizados pela lógica de uso solo típica das atividades primárias) e urbanos (caracterizados pela lógica das cidades) não podem ser compreendidos, nem planejados ou geridos, separados um do outro, visto que são realidades que não sobreviveriam isoladamente (REIS, 2006). Assim, a análise e a ação sob territórios locais têm sido consideradas mais frutíferas se realizadas a partir de recortes político-administrativos, ao invés de se pensar a cidade isoladamente. Essa constatação se torna ainda mais evidente ao pretender discutir o desafio firmado na Agenda Habitat de se tornar eficiente o uso de recursos, dentro da capacidade de suporte dos ecossistemas.

Diversos critérios e nomenclaturas são adotados, ao redor do mundo, para definição dos recortes políticos administrativos locais (SOUZA, 2010b, p. 30). No Brasil, as unidades territoriais de menor hierarquia dentro da organização político-administrativa nacional são os municípios, criados através de leis ordinárias das Assembleias Legislativas de cada Unidade da Federação, sancionadas pelo Governador<sup>1</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010b).

A Lei nº 10.257, denominada **Estatuto da Cidade**, é a que regulamenta e estabelece diretrizes gerais da política urbana no país. Em seu artigo segundo, parágrafo oitavo, a Lei faz uma clara referência ao papel das cidades no que se refere aos padrões de uso dos recursos naturais, ao estabelecer que é objetivo da política urbana, entre outras diretrizes, a “adoção de padrões de produção e consumo de bens e serviços e de expansão urbana compatíveis com os limites da sustentabilidade ambiental, social e econômica do Município e do território sob sua área de influência” (BRASIL, 2001, p. 1).

Entretanto, observa-se que os municípios brasileiros ainda parecem muito longe de assumirem compromissos ambientais claros e, mais longe ainda, de rever **seus padrões de uso e de distribuição dos recursos**, o que implicaria em rever também uma infinidade de processos e de atividades que lhes dão origem. Segundo Costa (1999), a discussão ambiental urbana nacional parece estar concentrada em itens associados ao saneamento básico ou à saúde e à qualidade de vida. Quadro que se deve ao fato de a maior parte das cidades ainda não ter conseguido resolver o nível básico de acesso aos principais bens e serviços urbanos. Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012b), por exemplo, indicam que, apenas, 54,9% dos domicílios brasileiros são beneficiados por rede coletora de esgotos.

Observa-se que, no Brasil, o questionamento dos padrões de desenvolvimento e a inclusão de requisitos ambientais relacionados à gestão dos recursos são, frequentemente, associados a barreiras para o desenvolvimento econômico ou aumento da qualidade de vida urbana. Acselrad (1999) complementa que o enfoque da qualidade de vida, por parte das prefeituras municipais, em certos casos, também se deve à tentativa de promoção de uma imagem que marque a cidade por seu patrimônio biofísico, estético e cultural, de modo a atrair capitais na competição global.

---

<sup>1</sup> O território dos municípios brasileiros é dividido em áreas urbanas e rurais, delimitadas pelo chamado perímetro urbano. Segundo a legislação vigente, é responsabilidade dos municípios estabelecerem esse perímetro, de acordo com critérios que julguem convenientes. Segundo a definição brasileira, as cidades são localidades com o mesmo nome dos municípios aos quais pertencem (sede municipal) e onde está sediada a respectiva prefeitura (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). Assim como as vilas, as cidades correspondem às áreas urbanas dos municípios.

No contexto internacional, em contraste, observa-se a crescente transferência de responsabilidades aos governos locais, no que se refere às metas nacionais e aos desafios ambientais de ordem planetária e, particularmente, à gestão dos recursos. Exemplos são as campanhas da *International Council for Local Governments for Sustainability* (ICLEI), tais como a Campanha das Cidades para a Proteção Climática e as iniciativas de centenas de governos locais europeus em se unir à *Climate Alliance*.

A gestão sustentável dos recursos naturais, segundo Niza (2007), tem recebido particular atenção da política ambiental e de desenvolvimento na União Europeia, na medida em que, parte dos mais importantes documentos das políticas dessa comunidade aborda essa questão. Entretanto, a própria Comissão Europeia não recomenda a definição de metas mensuráveis no que se refere ao consumo e gestão dos recursos, alegando que o estágio atual de conhecimento a respeito do tema ainda não é suficiente para que, atualmente, se formule objetivos concretos (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA, 2005).

Novamente, torna-se evidente a afirmação de Silva (2000), de que, embora haja um aparente consenso, na esfera discursiva, quanto ao reconhecimento dos problemas que atingem as sociedades e os assentamentos humanos contemporâneos e da necessidade de superá-los, ele é desfeito, no instante em que passa a requerer proposições objetivas para superação da realidade atual.

Quanto à dimensão ambiental da sustentabilidade, pode-se dizer que, em parte, a dificuldade de tradução das exigências dos documentos publicados por organismos de cooperação internacional em orientações para a aplicação em contextos específicos se deve **à complexidade dos sistemas antrópicos e dos sistemas ambientais não antrópicos**<sup>1</sup>, a qual oferece obstáculos ao entendimento dos nexos e das interações entre eles, ocorrentes nas diversas escalas espaciais, da local à global (ALBERTI, 1996).

É evidente a divergência de abordagens da questão ambiental, no hemisfério norte (e, sobretudo, na Europa) e no Brasil. A provável justificativa, talvez, esteja no fato de aquelas sociedades e suas cidades, em sua maioria, terem atingido um patamar em que as necessidades mais elementares da população se encontram resolvidas, ainda que as desigualdades permaneçam. Isso não significa dizer, entretanto, que tratar conjuntamente questões ambientais e sociais seja irrelevante no contexto brasileiro; pelo contrário (COSTA, 1999).

---

<sup>1</sup> No item 3.1.2 (p.14), no qual a precisão dos conceitos se torna mais relevante para a discussão em questão, apresentam-se definições desses conceitos, de forma a justificar sua escolha, preterindo termos como artificial e natural.

Se, por um lado, a Comissão Europeia afirma haver uma relativa dissociação entre consumo de recursos e crescimento econômico nos países da Comunidade Europeia, por outro, ela reconhece que essa redução tem sido obtida reduzindo-se a extração local de matéria prima e aumentando-se as importações. Isso significa que, mesmo que as estatísticas europeias sobre o consumo de recursos mostrem números decrescentes, as cargas ambientais podem apenas ter sido deslocadas para países em desenvolvimento, onde a mão de obra é mais barata e as normas ambientais menos rigorosas (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2005).

Um estudo desenvolvido por Tanimoto (2010) traz evidências de que o modelo de desenvolvimento praticado pelo Brasil perpetua sua condição de fornecedor de recursos naturais às economias baseadas em serviços. Adicionalmente, embora o país ainda apresente uma demanda de materiais inferior à maior parte dos países desenvolvidos, a previsão é de que ela continue a crescer e atinja, em 2020, valores comparáveis à de todos os países da União Europeia.

As maiores pressões da demanda material brasileira, conforme as evidências trazidas por Tanimoto (2010), se dão sobre as regiões de produção agrícola e de extração de minerais. Este quadro indica que, diferentemente do que ocorre nos países desenvolvidos, no Brasil, talvez seja igualmente urgente se abordar a questão do desenvolvimento sustentável e, particularmente do consumo de recursos, tanto em pequenos municípios, quanto nos grandes. Por essa razão, na seção seguinte, abordam-se temas específicos que permeiam essa realidade.

Torna-se latente que a colocação em prática de modelos de desenvolvimento mais sustentável requer informações, e que conhecer como se dão os fluxos de materiais nos municípios brasileiros é um passo importante para aumentar a compreensão acerca das forças motrizes das alterações ambientais. Essa compreensão, por sua vez, permitirá que se reavaliem os atuais padrões desenvolvimento e se estabeleçam metas mais claras para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras.

### **1.1.2 O papel dos municípios brasileiros de pequeno porte para o desenvolvimento sustentável**

A discussão apresentada, acima, tem se dado, principalmente, no contexto das grandes cidades, as quais parecem ser objeto de estudo da maior parte das pesquisas acadêmicas. Diversas razões existem para que a maioria dos estudos se foque em grandes cidades. Entre elas, a consideração de que a concentração populacional e econômica, verificada, principalmente nas metrópoles, determina a forma de organização e de exploração de



diversos outros territórios sobre o globo, sendo assim, responsáveis por parte significativa dos problemas ambientais do planeta.

Como mencionado, no Brasil, a discussão dos problemas ambientais parece estar focada naqueles espaços intra-urbanos, verificados, de forma mais grave, nas metrópoles (COSTA, 1999, p. 65). Tais preocupações emergem de um contexto nacional de discrepâncias sociais e, até recentemente, de inchamento das grandes cidades, visto que o século XX presenciou a forte migração populacional dos municípios com características predominantemente rurais, para as grandes cidades (REIS, 2006).

Segundo Reis (2006), há não muito tempo atrás, vários estudiosos, no Brasil, temiam o esvaziamento do campo, alardeando-o como tendência inexorável. Entretanto, esses prognósticos não se concretizaram. Há pouco mais de uma década, mudanças significativas que vêm ocorrendo no perfil daqueles municípios, até então com caráter rural e em redução populacional, de modo que, mesmo que ainda exista algum êxodo rural, há, também, a tendência de re-estabilização populacional em um número expressivo desses municípios (MATOS et al, 2004 apud REIS, 2006).

Essa re-estabilização vem acompanhada de uma crescente urbanização, que se manifesta, tanto através da expansão dos perímetros urbanos, quanto através da presença crescente dos setores secundário e terciário de produção nas áreas rurais dos municípios – atividades definidas, classicamente, como sendo, estritamente, urbanas, não rurais (REIS, 2006). Além disso, as próprias atividades consideradas primárias passam a incluir a lógica industrial, a exemplo da terceirização de parte das atividades do processo produtivo da agropecuária (REIS, 2006).

Segundo Reis (2006), também se pode observar este fenômeno nos demais países em desenvolvimento, embora sem a mesma magnitude que assume nos países de economia mais dinâmica, como o Brasil.

Em paralelo à diversificação econômica, também se observa a especialização de muitos desses municípios. Verificam-se dinâmicas bem diferenciadas regionalmente e, frequentemente, integradas às cidades do núcleo dinâmico da economia brasileira. Para Reis (2006), essas características são particularmente evidentes nas regiões Sul e Sudeste.

O fato é que, **do ponto de vista ambiental**, a transferência das atividades secundárias e terciárias, bem como das lógicas urbanas às formas de produção primária, tem resultado em alterações significativas nas **relações dos municípios de pequeno porte com o ambiente**

**circunscrito pelos limites territorial-administrativos, com os demais municípios e, inclusive, com os demais países.**

A definição de porte ou tamanho dos municípios não é, formalmente, estabelecida no Brasil. Além disso, é bastante controversa, ao se examinar a literatura acerca do planejamento territorial (SOUZA, 2010b). Entretanto, a título de recorte do objeto de estudo e objetividade de comunicação, **refere-se, no presente trabalho, como município de pequeno porte, a um perfil específico de município**, que apresenta as dinâmicas discutidas acima: características parcialmente rurais e parcialmente urbanas, mudanças no perfil produtivo e econômico, e mudanças nos padrões das suas relações com o ambiente e com os demais municípios.

Esses municípios, geralmente, correspondem àqueles cujas cidades são classificadas, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), como centros locais ou centros de zona com influência na área imediata, de acordo com a sua hierarquia da rede de cidades brasileiras. A esse grupo, correspondiam, em 2008, 4.837, ou 91,60% dos municípios nacionais, cuja centralidade e atuação das suas cidades – do ponto de vista de oferta de serviços - atuam nos limites do próprio município ou na área imediata e exercem funções de gestão elementares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008). Esses municípios, segundo INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2008), tinham população, predominantemente, inferior a 23 mil habitantes, em 2008. Para maior parte dessas cidades, não há exigência de Plano Diretor, definida pelo Estatuto da Cidade, a qual se aplica, somente, para municípios com mais de 20 mil habitantes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Também são esses os municípios cujas cidades apresentaram maiores variações, em relação ao diagnóstico anterior, de 1993, no que se refere à sua hierarquia na rede de cidades, ou seja, algumas cidades se elevaram de patamar, no que se refere à provisão de serviços urbanos, enquanto outras, antes localizadas em patamares superiores, decaíram para um nível inferior (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008). As variações, provavelmente, refletem os caminhos alternativos e os resultados alcançados, em maior ou menor grau, pelos governos locais, num esforço de crescimento econômico e de retenção populacional. Esses esforços, entretanto, raramente incluem planejamento a longo prazo e preocupação ambiental. Essa realidade é revelada ao se observar que, de acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2012), apenas, 18,7% dos municípios com o perfil mencionado dispõem de uma Secretaria de Meio Ambiente e que são, justamente, esses os que relatam, com maior

frequência, a ocorrência de impactos ambientais negativos em seu território, como desmatamento e assoreamento de cursos d'água.

O mais preocupante é que esses municípios desempenham um papel chave para o abastecimento e para a conservação dos recursos naturais do país, visto que são aqueles que abrigam as atividades agropecuárias e que ainda apresentam áreas com relativamente baixos níveis de interferência antrópica e, conseqüentemente, com maior biodiversidade. Os pequenos municípios representam, portanto, locais estratégicos para a implementação de ações para o uso sustentável dos recursos naturais, em escala nacional, sendo imperativa a concentração de esforços e recursos financeiros para o desenvolvimento de ações neste sentido (VEIGA, 2002).

Se, por um lado, as cidades grandes e médias são as maiores desencadeadoras de fluxos de recursos e de rejeitos, e os municípios aos quais pertencem são aqueles ambientes mais alterados e comprometidos quanto à qualidade de vida da população e ao suprimento de recursos, por outro, é nos municípios de pequeno porte que parte significativa das pressões geradas, pelos fluxos mencionados, se manifesta.

Esta perspectiva indica que, diferentemente do que se pensava, talvez, no Brasil, seja tão urgente se abordar a questão do desenvolvimento sustentável, a partir dos pequenos municípios, quanto dos grandes.

Os problemas específicos que permeiam essa realidade demandam a formulação de políticas públicas direcionadas (REIS, 2006), bem como de estratégias de planejamento e gestão do território, diferenciadas das tradicionalmente utilizadas nos municípios predominantemente urbanos (BRASIL, 2004). **Para tanto, se faz imperativo aumentar a compreensão acerca das relações físicas dos municípios brasileiros com o ambiente, com os demais municípios e com as demais regiões do globo. Essas relações físicas se estabelecem, sobretudo, em termos de fluxos de materiais e de energia e, como se apresentará no item a seguir, permanecem desconhecidas na literatura acadêmica.**

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O contexto apresentado acima demonstra a relevância de se compreender as relações físicas, em termos de fluxos de materiais e de energia nos municípios brasileiros e, sobretudo, nos municípios pequeno porte. A partir dessa constatação, tornou-se necessário para a presente pesquisa identificar instrumentos por meio dos quais essa investigação pudesse ser realizada. Verificou-se que este tipo de estudo, teve sua origem nas pioneiras

pesquisas acerca do **metabolismo urbano**, formalmente proposto por Wolman, ao tentar conceituá-lo e operacionalizá-lo, em 1965, examinando as entradas e as saídas de materiais e de energia de uma cidade norte-americana hipotética (WOLMAN, 1965).

Posteriormente, diversas disciplinas se apropriaram do conceito de metabolismo para a análise das interações entre a sociedade humana e a natureza, tendo recebido particulares contribuições metodológicas e conceituais de pesquisadores da economia e da ecologia industrial (FISCHER-KOWALSKI, 1998). Para este tipo de estudo, a abordagem internacionalmente aceita se dá sob o rótulo genérico de Análise dos Fluxos de Materiais – AFM<sup>1</sup>, a qual abrange um conjunto de métodos para diferentes objetos de análise.

Análises de Fluxos de Materiais objetivam prover informações sobre fluxos de materiais e de energia, usualmente em unidades de massa, entrando e deixando uma sociedade ou economia. Em alguns casos, fluxos internos também são computados. A decisão de focar em materiais deve-se ao fato de que existem indicativos de que os fluxos de materiais e substâncias são cruciais para a sustentabilidade dos sistemas humanos e das outras formas vivas do planeta (BRUNNER, 2007).

AFM baseia-se na Teoria dos Sistemas. Assim, vistas a partir do modelo proposto, as sociedades humanas ou, especificamente, as cidades são sistemas abertos, dependentes do ambiente exterior para que parte de suas funções sejam supridas, através da provisão de recursos e da assimilação de resíduos (BAI, 2007a). Todos os recursos demandados pelo sistema são chamados **entradas** (*inputs*), as quais são derivadas, originalmente, do ambiente natural, mas que podem chegar ao sistema por meio de outros sistemas. Materiais extraídos localmente e exportados, assim como os materiais expelidos, depois de serem “metabolizados”, são denominados saídas (*output*). A extração e processamento de recursos e a geração de resíduos, por sua vez, se manifestam no **ambiente** como uma série de **cargas ambientais** (FEMIA; MOLL, 2005). O quanto esses fluxos de massa e de energia de origem antrópica afetam a estabilidade dos processos não antrópicos do ambiente dependerá do grau de interferência nas relações historicamente estabelecidas da biosfera (IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS, 2004b).

---

<sup>1</sup> Tradução proposta pela autora para o original, do inglês, MFA - *Material Flow Analysis*. Uma pesquisa prévia, com foco nos fluxos de materiais brasileiros propôs a seguinte tradução: Análise de fluxo de Massa. A presente autora preteriu esta tradução por julgá-la pouco esclarecedora ao se fazer uma primeira leitura, sem informação prévia sobre o tema.

Diversas medidas de desempenho ambiental podem ser extraídas dessas análises. Por essa razão, têm sido recorrentemente aplicadas a certas economias nacionais. Existe, inclusive, um método padronizado para a avaliação das Economias Europeias. A publicação *Economy-wide material flow accounts and derived indicators - A methodological guide* (EUROSTAT, 2001), apresenta, inclusive, uma proposta de conjunto de indicadores derivados da contabilidade dos fluxos. Por englobar a totalidade de fluxos, ao invés de focar em fluxos específicos, esse tipo de AFM recebe uma nomenclatura específica: Análise dos Fluxos Totais de Materiais ou Análise dos Fluxos do Conjunto de Materiais<sup>1</sup>.

Desde sua proposição, observou-se uma significativa controvérsia acerca do uso do conceito de metabolismo ou da Teoria dos Sistemas, para o entendimento dos fenômenos sociais e, particularmente, urbanos.

Na última década, o que se observa é um crescimento expressivo, em termos de números de publicações acadêmicas, de investigações a respeito de metabolismo urbano. Os mais recentes, usam a abordagem da AFM. Localizaram-se, na bibliografia, dezoito estudos desse caráter, aplicados a cidades ou municípios ou regiões metropolitanas; treze, entre eles, conduzidos a partir do ano de 1999.

O exame desse conjunto de estudos dá indicativos de que a análise de cidades, municípios e regiões a partir da AFM é uma tendência e que pode trazer vantagens para a compreensão dos problemas ambientais contemporâneos. Tal constatação decorre do fato de que a abordagem apresenta bases teóricas consolidadas, permite avaliações abrangentes e que o foco em fluxos implica, necessariamente, na consideração de cargas ambientais manifestas em diversas escalas espaciais. A abordagem de múltipla-escala é considerada, por Barles (2005), uma das principais distinções da abordagem.

Observa-se, também, que a Análise dos Fluxos de Materiais vai ao encontro da tendência, de os métodos de análise ambiental, em geral, tornarem-se cada vez mais quantitativos, evitando a prescrição de soluções.

**Entretanto, comparado com o grande número de estudos em AFM em nível nacional, aqueles relacionados à escala regional e local ainda são limitados em número e um método padrão para o seu desenvolvimento, tal como o apresentado pela Eurostat (2001) para países, ainda não está consolidado.** Os estudos mais recentes e com maior detalhamento metodológico, baseiam-se, justamente, nesse método e concentram-se em

---

<sup>1</sup> Tradução proposta pela autora para o original, em inglês, Bulk Material Flow Analysis.

propostas para o contexto europeu. **Nenhum estudo voltado a municípios brasileiros foi encontrado.**

Observa-se, também, que todos os casos estudados correspondem a capitais nacionais ou a municípios economicamente polarizadores na rede urbana dos países aos quais pertencem. O foco em grandes municípios ou cidades, provavelmente, se deve a três fatos. Primeiro, como já mencionado, por serem estes considerados responsáveis por maiores pressões ambientais, visto que, comparativamente aos municípios menores, movimentam maiores volumes de materiais. Segundo, por serem mais dependentes do ambiente externo, em termos de recursos físicos básicos à sobrevivência, visto que, geralmente, apresentam pouca produção primária. Terceiro, porque, para essas cidades, geralmente, há maior disponibilidade de dados estatísticos.

Assim, embora se considere as pesquisas existentes contribuições valiosas para o progresso do tema, discute-se, tanto a possibilidade de generalização de seus resultados, quando dos métodos adotados. **No que se refere aos resultados**, verifica-se uma variação significativa na magnitude e nos padrões de fluxos encontrados. O que há em comum entre os estudos é que os municípios e as regiões metropolitanas analisadas são “importadores”, com exportação predominante ou exclusiva de resíduos. E, ainda que se possa especular que os fluxos de materiais das metrópoles brasileiras apresentem semelhanças com os estudos de casos caracterizados na literatura, provavelmente, os fluxos ocorrentes nas pequenas cidades não o são. **Assim, não se encontrou na literatura nenhum estudo prévio que possa ser representativo do perfil de município discutido no item 1.1.2, objeto do presente trabalho.**

**No que diz respeito aos métodos adotados pelas pesquisas anteriores**, a análise daqueles que apresentavam detalhamento suficiente, permitiu constatar que **nenhum conjunto de procedimentos poderia ser diretamente reproduzido no contexto proposto pela presente pesquisa**<sup>1</sup>. A principal limitação diz respeito ao viés metodológico dado, em função do perfil dos municípios adotados como estudo de caso. O estudo de Lisboa (NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009) provavelmente seja exemplar nesse sentido. Como a produção e a extração na cidade é praticamente nula, a representação dos fluxos urbanos é reduzida à importação e à emissão de resíduos. Essa simplificação permitiu aos autores concentrarem esforços no desenvolvimento de procedimentos para fechamento do balanço material da cidade, como proposto no método Eurostat, e no desenvolvimento de procedimentos para a estimativa dos materiais estocados e da geração de resíduos a curto

---

<sup>1</sup> Essa constatação será demonstrada no capítulo 3.

e longo prazo. O fechamento do balanço é dificilmente alcançado nos estudos de AFM de cidades, em função, principalmente, da limitação de dados.

A disponibilidade de dados talvez seja outro aspecto que diferencie a realidade brasileira da realidade europeia e os municípios aos quais pertencem às metrópoles dos municípios de pequeno porte. Mesmo dentro da França, Barles (2009) questiona se os procedimentos e as formas de análise que aplicou à Paris seriam reproduzíveis em outras localidades do país.

A partir do exposto, observa-se que iniciativas de pesquisas em metabolismo urbano e AFM, na escala local, parecem ser cada vez mais disseminadas e articuladas e que pesquisadores das diferentes áreas do conhecimento tem reconhecido o potencial dessas abordagens, na análise de questões ambientais relacionadas ao desenvolvimento local. Verifica-se, entretanto, que o foco de investigação no tema tem sido o contexto europeu e que, na América Latina e no Brasil, elas permanecem praticamente ignoradas por pesquisadores e profissionais do contexto urbano. **Como decorrência, há uma lacuna de conhecimento no que se refere aos fluxos de materiais nos municípios brasileiros de pequeno porte.**

Também se constata que **não há método consolidado para a AFM na escala local, sendo, portanto, objeto de aperfeiçoamento ao se pretender consolidá-la como instrumento para compreensão e representação da realidade.**

Assim, **os procedimentos metodológicos empregados** – e, poder-se-ia dizer, as prioridades estabelecidas e a forma de apresentação de resultados adotados - **nas pesquisas desenvolvidas em outros contextos exigem adaptação ao serem transferidas para a realidade brasileira, em particular para os municípios de pequeno porte.**

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A partir do problema de pesquisa, apresentado no item anterior, definiu-se a seguinte questão geral de pesquisa:

**Como são os fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte?**

Como desdobramentos da questão geral, colocam-se as seguintes questões intermediárias:

- a) Que métodos existem para caracterização de fluxos de materiais? E quais as possibilidades de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte?

A partir da revisão bibliográfica, que será apresentada no capítulo 3, constatou-se haver limitações para a aplicação direta dos métodos usados em outros contextos. Assim, estabeleceu-se outra questão intermediária de pesquisa:

- b) Como aplicar a Análise dos Fluxos de Materiais no contexto de municípios brasileiros de pequeno porte?

Também se verificou que os resultados da AFM podem ser usados para avaliação ambiental. A partir dessa constatação, estabeleceu-se a terceira questão intermediária de pesquisa.

- c) Quais são as limitações e oportunidades para utilização da AFM, para a avaliação de sustentabilidade ambiental, no contexto de municípios brasileiros de pequeno porte?

#### 1.4 OBJETIVOS DE PESQUISA

A partir da questão geral de pesquisa, propõe-se o seguinte objetivo geral para a presente pesquisa:

##### **Caracterização<sup>1</sup> dos fluxos de materiais associados ao metabolismo<sup>2</sup> de um município brasileiro de pequeno porte (MBPP).**

A partir das questões intermediárias apresentadas, acima, estabeleceram-se os seguintes objetivos intermediários para a seguinte pesquisa:

- a) Identificação dos métodos existentes para caracterização de fluxos de materiais na escala local e análise das possibilidades de sua aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte;

---

<sup>1</sup> Opta-se por estabelecer como objetivo principal a **caracterização dos fluxos de materiais**, em detrimento de definições como **quantificação ou identificação dos fluxos de materiais**, pois se pretende, com o presente trabalho, não apenas identificar, quantitativamente, a magnitude dos fluxos. Pretende-se, também, compreender e representar os fluxos de um município brasileiro de pequeno porte no que se refere às suas características principais, ou seja, no sentido do verbo caracterizar, apresentado pelo dicionário Aurélio (FERREIRA, 1990): “1. Indicar, pôr em relevo o caráter de, distinguir; 2. Descrever, notando as características”. As características principais investigadas foram composição, origem/destino, nível de processamento e forças motrizes relacionadas aos fluxos ocorrentes. Além disso, busca-se compreender as relações entre saídas e entradas.

<sup>2</sup> Uma discussão acerca da controvérsia relacionada à transferência do conceito de metabolismo para o entendimento de sistemas humanos é apresentada na seção 3.1.2.



- b) Desenvolvimento de um detalhamento metodológico da Análise dos Fluxos de Materiais, para a caracterização dos fluxos de materiais de municípios brasileiros de pequeno porte;
- c) Análise de limitações e oportunidades para uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental, no contexto de municípios brasileiros de pequeno porte.

## 1.5 DELIMITAÇÕES

Estabeleceram-se as seguintes delimitações para o presente trabalho:

- a) A caracterização dos fluxos de materiais de um município brasileiro de pequeno porte, objetivo principal deste trabalho, abrange, apenas, aqueles denominados por Fernandez (2010) como fluxos ativos. Ou seja, aqueles desencadeados por processos de origem humana. Assim, os fluxos de materiais passivos, provocados pela flora e fauna local, ou decorrentes de ciclos e processos biogeoquímicos independentes na ação humana, estão fora do escopo do presente trabalho;
- b) A partir da delimitação dos fluxos ativos, também se estabelece outro recorte: são caracterizados, apenas, os fluxos formais, que podem ser capturados por fontes oficiais ou estatísticas. Dessa forma, não é objeto do presente estudo a estimativa dos fluxos informais decorrentes dos processos humanos.

## 1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento está estruturado em seis capítulos, incluído este capítulo introdutório. O **segundo capítulo** apresenta o método de pesquisa, dividido em duas seções: estratégia de pesquisa e delineamento da pesquisa.

O **capítulo três** traz uma revisão bibliográfica, relacionada ao conceito de metabolismo e à Análise dos Fluxos de Materiais aplicada à escala local, a partir da qual, se buscou alcançar ao primeiro e ao terceiro objetivo intermediário da presente pesquisa. Para tanto, em seções iniciais, apresenta-se a relação entre municípios e ambiente, vista a partir da Análise dos Fluxos de Materiais e de suas bases teóricas. Posteriormente, apresentam-se os procedimentos metodológicos para a AFM, detalham-se os métodos específicos adotados por pesquisas anteriores, aplicados à escala local e discute-se a possibilidade de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte. Em um item final, apresenta-se uma discussão acerca das limitações e oportunidades da aplicação da AFM, como ferramenta para a avaliação ambiental de municípios brasileiros de pequeno porte.

O **capítulo quatro** descreve o detalhamento metodológico da AFM, desenvolvido para o contexto de um município brasileiro de pequeno porte. Esse desenvolvimento foi necessário, vistas as limitações para a aplicação direta dos métodos usados em outros contextos. Assim, considera-se que esse produto também é um resultado do presente trabalho, atendendo ao segundo objetivo intermediário da presente pesquisa.

No **capítulo cinco**, são apresentados e analisados resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz-RS, objeto empírico da presente pesquisa. Assim, esse capítulo apresenta os resultados relacionados ao objetivo principal da presente pesquisa.

Por fim, o **capítulo seis** traz as considerações finais e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

O presente capítulo descreve a lógica de desenvolvimento da pesquisa, apresentando as principais escolhas e decisões tomadas em relação ao método. Em um primeiro item, 2.1, é exposta a estratégia de pesquisa adotada e as razões para sua escolha. Na seção seguinte, 2.2, é apresentado o delineamento da pesquisa e o detalhamento das etapas envolvidas.

### 2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Qualquer pesquisa científica necessita definir seu objeto de estudo para, a partir dele, construir um processo de investigação, delimitando o universo que será estudado. Segundo Ventura (2007), citando-se os casos extremos, numa ponta identificam-se os estudos agregados, quando a intenção é examinar o próprio universo, e na outra, os estudos de caso, quando se estuda em profundidade uma unidade ou parte desse todo.

As definições citadas acima se referem à estratégia geral adotada por cada pesquisa. As estratégias de pesquisa têm sido classificadas de diferentes formas, embora algumas classificações sejam mais amplamente reconhecidas, tais como: experimento, *survey*, análise histórica, pesquisa-ação e estudo de caso (YIN, 2010).

Como citado, a definição da estratégia a ser adotada em uma pesquisa relaciona-se ao objeto que se pretende investigar, bem como às condições do contexto em que se insere. Visto que o objeto da presente pesquisa são os fluxos de materiais de um município brasileiro de pequeno porte, que os mesmos são indissociáveis de seu contexto e que não há meios de a pesquisadora ter controle sobre os eventos para a realização do estudo, adotou-se a estratégia de estudo de caso.

Uma ampla literatura acerca da definição e dos procedimentos para condução de estudos de caso é disponível, apresentando variações, em função das diferentes áreas do conhecimento em que são aplicados. Para Yin (2010), autor largamente citado como referência em planejamento e métodos de estudos de caso, a estratégia de pesquisa do tipo estudo de caso é particularmente vantajosa para pesquisas empíricas, que investiguem um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto, particularmente quando: a)

o fenômeno analisado é de pouco controle para o pesquisador e; b) os limites entre os eventos e o seu contexto são difíceis de identificar. O autor reforça, ainda, que, em geral, a estratégia de estudo de caso merece séria consideração quando as questões de pesquisa são do tipo **como e por que** e quando a finalidade do estudo é **explicar** vínculos causais, **descrever** uma intervenção ou fenômeno, **ilustrar** (em um modo descritivo) determinados tópicos ou **explorar** situações em que o fenômeno analisado ainda não possui um único e claro conjunto de resultados.

As condições fundamentais citadas por Yin (2010) parecem se aplicar à da presente pesquisa. Entretanto, a visão de Woodside (2010), que diverge, em parte, da de Yin, foi mais esclarecedora para a autora entender no que, de fato, consiste um estudo de caso. Woodside (2010) considera que a questão chave para adoção da estratégia de estudo de caso não é o foco na contemporaneidade dos eventos ou no contexto real, mas a suprema importância dada pelo pesquisador em adquirir evidências que resultem na descrição, compreensão, predição e/ou controle de um caso individual. Qualquer combinação dos resultados citados acima é considerada válida, mas o autor propõe que o principal objetivo deve ser o entendimento das variáveis ou dos atores e das interações entre eles, ocorrentes em um processo específico, em um determinado período.

Logicamente, o entendimento de um processo ou fenômeno pode ser obtido em níveis variáveis de profundidade e de detalhe, mas o fundamental, segundo o autor, é entender: a) a significância, nem sempre evidente, das diferentes variáveis ou atores e dos eventos ocorrentes no estudo de caso e; b) as ligações e caminhos subjacentes (ou influências) entre as variáveis conceituais estudadas. Nessa visão, Woodside (2010) defende que conhecimento profundo implica em conhecimento sistêmico e apresenta, em seu livro, algumas estratégias para a análise de sistemas complexos, as quais foram úteis para a análise dos resultados da presente pesquisa.

Constata-se que um estudo de caso é um meio de organizar os dados, preservando do objeto estudado o seu caráter unitário. Cabe lembrar, segundo Ventura (2007), que a totalidade de qualquer objeto é uma construção mental, pois concretamente não há limites, se não forem relacionados com o objeto de estudo da pesquisa no contexto em que será investigada.

As condições descritas nos três parágrafos anteriores reforçaram a utilidade da estratégia de estudo de caso para a presente pesquisa, na medida em que o objetivo principal, a caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um MBPP, implica em identificar quantitativamente a magnitude desses fluxos, mas, também, em investigar suas

características principais, relações e forças motrizes, dentro do “sistema” em que se insere. Dada a complexidade do fenômeno estudado, o número de variáveis envolvidas (tipos de fluxos e agentes indutores) e a inexistência de estudos anteriores no Brasil ou para o perfil de município estudado, descartou-se a possibilidade de trabalhar com uma amostra de municípios brasileiros ou mesmo com casos múltiplos. Conclui-se que seria impossível o desenvolvimento de uma análise individual de mais de um caso em profundidade, como seria desejável, dentro dos prazos e recursos disponíveis para uma pesquisa de doutorado.

Ao se definir pelo estudo de um caso individual, a crítica previsível seria a dificuldade de generalização dos resultados, dado que cada caso é único e vinculado ao seu contexto específico. Como resposta, pode-se argumentar que o objetivo de um estudo de caso não é generalizar para uma população ou universo (generalização estatística), mas investigar uma teoria (ou seja, um ou mais modelos mentais explícitos, relacionados aos processos em análise) (WOODSIDE, 2010). Yin (2010) afirma ainda que há, sim, uma forma de generalização, denominada generalização analítica, na qual a teoria existente ou desenvolvida é usada como padrão para comparação dos resultados empíricos do estudo de caso.

Ainda que a literatura disponível frequentemente associe estudos de caso ao uso de métodos e de fontes de evidências qualitativos, diversos autores (VENTURA, 2007; WOODSIDE, 2010; YIN, 2010) defendem que uma grande vantagem dessa estratégia é a possibilidade de uso de múltiplos métodos e fontes de evidências. Como se apresentará em detalhe nas seções seguintes, dois tipos de fontes de evidência foram usados no presente estudo: registros em arquivos e entrevistas. O primeiro tipo de fonte foi usado para obtenção dos dados quantitativos, centrais para a presente pesquisa. As entrevistas foram conduzidas em dois momentos temporalmente extremos da pesquisa. Na fase de levantamento exploratório dos dados, as entrevistas forneceram uma visão geral do município adotado como caso e permitiram, tanto selecionar o detalhamento metodológico para processamento dos dados, quanto direcionar o levantamento detalhado de dados. Na fase de análise e interpretação dos dados (terceira e última etapa da pesquisa), as entrevistas tiveram a finalidade de confirmar a pertinência dos resultados quantitativos obtidos, aprimorar esses resultados, bem como identificar as relações entre fluxos e os atores desencadeadores.

No que se refere ao delineamento de um estudo de caso, segundo Gil (1999), não há roteiros rígidos, ainda que se possa identificar quatro atividades presentes na maior parte das pesquisas que adotam essa estratégia: a) delimitação da unidade-caso; b) coleta de dados; c) seleção, análise e interpretação dos dados; d) elaboração do relatório do estudo de caso. Em alguns casos, a condução de um estudo exploratório, antes das atividades a)

ou b) pode ser útil para aproximar-se do problema e, assim, certificar-se que o caso foi bem selecionado, definindo de forma mais precisa a estratégia de coleta de dados (YIN, 2010).

As atividades citadas acima foram desenvolvidas na presente pesquisa, mas não correspondem a etapas específicas. O encadeamento das etapas e atividades seguiu uma lógica própria, relacionada aos objetivos intermediários do trabalho. As etapas de pesquisa e seu detalhamento são apresentados na seção seguinte.

## 2.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Definida a estratégia a ser adotada na presente pesquisa, partiu-se para o seu delineamento (Figura 1), o qual foi estruturado em três etapas de graus crescentes de aprofundamento do estudo. Cada uma das etapas da pesquisa, representadas pelas caixas numeradas, compreende atividades desenvolvidas com o intuito de atendimento a um dos objetivos da pesquisa, os quais estão descritos no interior das setas, posicionadas na base da figura. As atividades tradicionalmente desenvolvidas em estudos de caso estão grifadas nas caixas grifadas na cor verde.

Nos subitens, a seguir, são descritas as atividades ocorrentes em cada uma das três etapas. A revisão bibliográfica não corresponde a uma etapa específica, mas a uma atividade realizada ao longo de toda pesquisa. A literatura teve um papel fundamental para o alcance dos objetivos propostos, englobando, particularmente, o tema Análise de Fluxos Materiais na escala local.

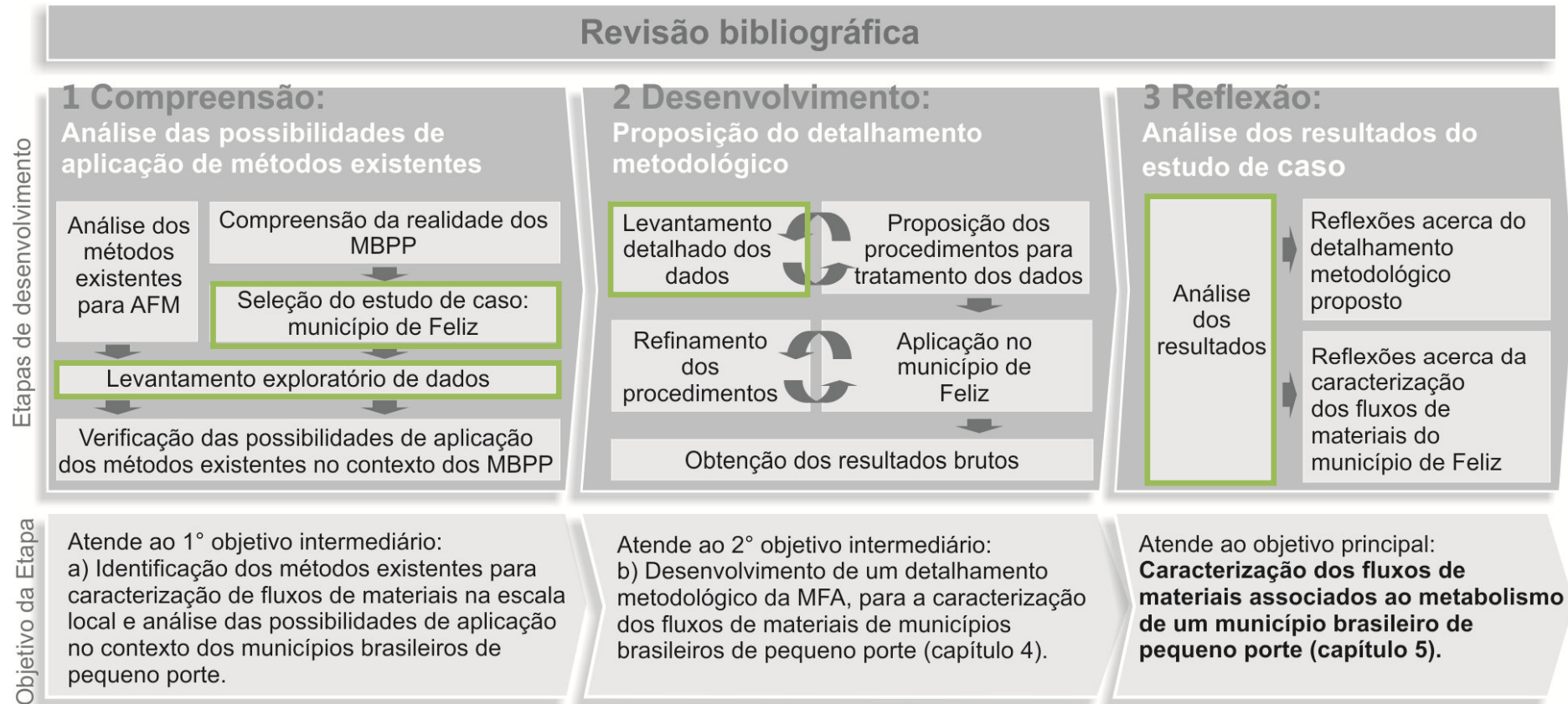


Figura 1: Delineamento da pesquisa.

### **2.2.1 Etapa de compreensão do problema**

A primeira etapa de desenvolvimento da pesquisa envolveu a compreensão aprofundada acerca do problema de pesquisa e teve como finalidade atingir ao primeiro objetivo intermediário do presente estudo: Identificação dos métodos existentes para a caracterização de fluxos de materiais na escala local e análise das possibilidades de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte.

A compreensão envolveu, primeiramente, a investigação de dois tópicos, em paralelo, através da literatura: a) particularidades da análise dos fluxos de materiais aplicada à escala local e; b) características dos municípios brasileiros de pequeno porte. Essas atividades estão detalhadas nos itens 2.2.1.1 e 2.2.1.2.

A partir da compreensão das características dos municípios brasileiros de pequeno porte, foi possível estabelecer-se critérios para a seleção daquele a ser adotado como estudo de caso. Definiu-se pelo município de Feliz, no estado do Rio Grande do Sul, o qual é apresentado e justificado no item 2.2.1.3.

Passou-se, então, para a investigação desse município, através de um estudo exploratório, apresentado da seção 2.2.1.4. O resultado desse estudo, que abarcou, entre outras atividades, o levantamento de todos os dados públicos de fluxos de materiais disponíveis e permitiu a revisão dos métodos existentes para AFM e a verificação de que nenhum método poderia ser diretamente aplicado, sem o desenvolvimento de procedimentos específicos que considerassem as particularidades do formato dos dados disponíveis e dos tipos de fluxos ocorrentes em um município de pequeno porte.

#### **2.2.1.1 Compreensão das particularidades da análise dos fluxos de materiais aplicada à escala local**

O exame das particularidades da análise dos fluxos de materiais aplicada à escala local, realizado a partir da revisão bibliográfica, é apresentado no capítulo 3 do presente documento. Essa etapa envolveu, em um primeiro momento, a aquisição de conhecimento acerca das bases teóricas da AFM e de seus principais conceitos. Partiu-se, então, para a investigação dos métodos existentes, dando particular atenção à identificação das principais vertentes da AFM e ao estudo do método padronizado Eurostat, para países da União Europeia, o qual tem sido adaptado por grande parte dos estudos de AFM na escala regional e local. O estudo do método Eurostat (2001) visou identificar a possibilidade de aplicá-lo ao contexto brasileiro e, particularmente, dos municípios de pequeno porte.



O passo seguinte foi a identificação e a análise de todos os estudos publicados, que conduziram AFM na escala local (municípios, cidades e regiões metropolitanas). A análise deu especial atenção aos aspectos metodológicos e aos resultados obtidos por essas pesquisas. Essas análises foram estruturadas na tabela apresentada no item 3.6 do presente documento. Localizaram-se quatorze estudos, sendo que, destes, apenas quatro apresentavam detalhamento descritivo suficiente a ponto de permitirem análises mais aprofundadas e fornecerem contribuições para a superação das barreiras encontradas ao se pretender aplicar a AFM à escala local. Os métodos desses estudos foram, então, analisados minuciosamente. Seus procedimentos e discussões acerca dos avanços metodológicos e da possibilidade de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte são apresentados na seção 3.7.

Adicionalmente, analisam-se limitações e oportunidades do uso da Análise de Fluxos Materiais para a avaliação de sustentabilidade ambiental de municípios, em geral, e, em particular de municípios brasileiros de pequeno porte. Essa análise foi desenvolvida a partir de critérios identificados na literatura, acerca de ferramentas e métodos para avaliação ambiental.

#### 2.2.1.2 Compreensão das características dos municípios brasileiros de pequeno porte

A compreensão das características dos municípios brasileiros de pequeno porte foi, basicamente, realizada através da literatura. A própria definição de porte também teve que ser investigada, visto que não é, formalmente, estabelecida no Brasil.

Ressalta-se que não se encontrou nenhuma publicação específica, de ampla repercussão e aceitação, sobre este tema, no contexto nacional. Portanto, recorreu-se a diferentes textos da área do planejamento urbano e territorial e a publicações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. As referências diretamente usadas para identificação objetiva das características de um município brasileiro de pequeno porte foram: Veiga (2002), Reis (2006) e INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2008; 2012a).

A partir da síntese dos aspectos-chave discutidos nessas publicações, podem-se discriminar as principais características de um município brasileiro de pequeno porte, conforme segue:

- a) apresentam características parcialmente rurais e urbanas (REIS, 2006; VEIGA, 2002);
- b) vivenciaram mudanças no perfil produtivo e econômico nas duas últimas décadas e, conseqüentemente, apresentam mudanças nos padrões das

suas relações com o ambiente e com os demais municípios (REIS, 2006; VEIGA, 2002);

- c) correspondem aos municípios cujas cidades são classificadas como centros locais ou de zona, de acordo com a sua hierarquia da rede de cidades brasileiras. Do ponto de vista de oferta de serviços, o alcance das cidades não extrapola os limites do próprio município, servindo apenas aos seus habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008);
- d) têm população inferior a 23 mil habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008);
- e) não dispõem de Secretaria de Meio Ambiente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008b);
- f) relatam a ocorrência de impactos ambientais negativos em seu território, como desmatamento e assoreamento de cursos d'água (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012a);
- g) abrigam atividades agropecuárias e de extração mineral e ainda apresentam áreas com relativamente baixos níveis de interferência antrópica e, conseqüentemente, com biodiversidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012a).

A identificação dos aspectos-chave de um MBPP foi determinante para a seleção de um município representativo, a ser adotado como estudo de caso. Esse próximo passo é discutido a seguir.

### 2.2.1.3 Seleção do estudo de caso: o município de Feliz

Segundo Ventura (2007), dificilmente podem ser usados critérios estatísticos para se delimitar a unidade que constitui o caso ou os casos a serem estudados. Entretanto, alguns princípios devem ser observados. Particularmente para casos únicos, Yin (2010) sugere que o caso selecionado deve ser um **caso típico**, um **caso crítico**, um **caso extremo** ou um **caso revelador**. Dentre eles, a primeira categoria é apontada como o tipo ideal de caso, na maior parte das situações (VENTURA, 2007).

Um caso típico é aquele representativo, entre muitos casos diferentes, do objeto que se pretende investigar (YIN, 2010). Esse foi o critério geral para a seleção do município adotado como estudo de caso. Os critérios específicos foram aqueles identificados na etapa anterior e listados nas alíneas de a) a g), da seção 2.2.1.2.

O município selecionado como representativo foi o município de Feliz, no Estado do Rio Grande do Sul. Critérios complementares para a seleção desse município, como estudo de caso, relacionam-se aos seguintes fatos:

- a) o município também foi objeto de pesquisas prévias, desenvolvidas pelo Grupo de Edificações e Comunidades Sustentáveis do NORIE/PPGEC/UFRGS, ao qual pertence a presente autora. Em função do relacionamento estabelecido, há abertura e colaboração dos técnicos do município em relação aos projetos desenvolvidos pelo grupo. Além disso, há informações já levantadas, que podem ser úteis para a compreensão do contexto do município;
- b) Haver indícios de que o município dedica esforços para a implantação do sistema de Notas Fiscais Eletrônicas – NF-e, fonte de evidência fundamental para a caracterização dos fluxos de importações e exportações. O município de Feliz recebeu o Prêmio Gestor Público 2012, pela implantação do programa Nota Fiscal Eletrônica, no ano anterior. O esforço envolveu prioritariamente a implantação no setor terciário, mas, considera-se que colaborou com a implantação de uma cultura de controle fiscal digital no município. Além disso, o relatório do IFGF (Índice FIRJAN de Gestão Fiscal), criado pelo Sistema FIRJAN para avaliar a qualidade de gestão fiscal dos municípios brasileiros, apontou Feliz como uma das cidades gaúchas com excelência na gestão fiscal, indicada como a 13° do RS.

A descrição detalhada desse município será feita no capítulo de análise dos resultados (capítulo 5), antecedendo sua discussão. Considerou-se que, neste capítulo, a apresentação, tanto ficaria mais bem contextualizada, quanto facilitaria a compreensão dos resultados. Cabe, apenas, dizer também, que se delimitou como caso, temporalmente, o ano de 2011, devido à dependência das NF-e para a identificação dos fluxos de importação e exportação. Inicialmente, pretendia-se realizar o estudo para uma série temporal, mas identificou-se que o sistema eletrônico foi implantado em 2010, de forma que há dados completos apenas a partir de 2011.

#### 2.2.1.4 Estudo exploratório

Definido o caso, partiu-se para um estudo exploratório do município de Feliz, o qual abarcou o levantamento de dados, através de registros em arquivos de órgãos públicos e de entrevistas. As entrevistas envolveram técnicos pertencentes às secretarias do município e às instituições públicas e privadas que prestam suporte a essas secretarias, a exemplo da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER. A classificação de fluxos proposta pelo método Eurostat (2001) foi adotada como guia dos dados a serem coletados. A Figura 2 sintetiza os resultados obtidos nesta etapa. A primeira coluna apresenta cada classe de fluxo definida por Eurostat (2001), enquanto a segunda e terceira colunas expõem os resultados obtidos, respectivamente, através da busca em registros em arquivo e através das entrevistas.

Classes de fluxos (Eurostat, 2002)	Resultados	
	Registros em arquivos	Entrevistas
<b>Fluxos de extração local</b>		
<b>Combustíveis fósseis</b>	Identificou-se que a Agência Nacional do Petróleo – ANP possui registros a nível municipal. Mas, não há publicações com informações desagregadas para esta escala, elas precisam ser obtidas entrando-se em contato com a ANP, pelo canal de relacionamento público, via <i>website</i> .	Segundo informações obtidas com o secretário da fazenda do município e com os técnicos que prestam assessoria à secretaria, não há registros de atividades de extração de combustíveis fósseis no município de Feliz.
<b>Minerais</b>	Identificaram-se duas fontes de dados possíveis: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM e Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Mas, não existe publicação com informações a nível municipal.	Segundo informações obtidas na Secretaria da Fazenda do município, há registros de atividades de extração de argila, por indústrias cerâmicas, e de saibro, pela Prefeitura Municipal para manutenção de estradas.
<b>Biomassa</b>		
<b>Agricultura</b>	Identificaram-se duas fontes de dados, ambas as pesquisas são produzidas pelo IBGE e apresentam informações a nível municipal, disponíveis em um banco de dados digital:  a) As pesquisas Produção Agrícola Municipal – PAM, do IBGE, são anuais e investigam um elenco de cerca de 60 produtos, muitos sendo <i>commodities</i> . A coleta de dados baseia-se num sistema de fontes de informação, representativo de cada município, gerenciado pelo agente de coleta do IBGE que, acionando-o periodicamente, obtém os informes e subsídios para a consolidação das estimativas finais da produção (IBGE, 2012c).  b) O Censo Agropecuário apresenta informações sobre uma variedade maior de produtos, além de ser, provavelmente, mais preciso. Entretanto, os últimos correspondem aos anos de 2006 e 1996. O método de coleta de dados inclui entrevistas diretas com os responsáveis pelos estabelecimentos agropecuários nacionais. A unidade de investigação do Censo Agropecuário 2006 compreendeu toda a unidade de produção dedicada, total ou parcialmente, à exploração agropecuária, florestal e aquícola, independente de seu tamanho. O questionário é bastante extenso e incluiu informações abrangentes, quanto aos estabelecimentos agropecuários, incluindo informações sobre áreas de cultivo, informando, inclusive, o sexo e idade da população ocupada (IBGE, 2007).	No caso de Feliz, o responsável pelo repasse de informações para a PAM é a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul - EMATER-RS, que presta assessoria à Secretaria de Agricultura do município (informação obtida junto à própria EMATER). Segundo o técnico da empresa entrevistado e o Secretário de Agricultura do município, as estimativas são um tanto imprecisas, visto as imprecisões dos cadastros de produção agrícola dos órgãos municipais. Essas imprecisões são decorrentes da omissão e da distorção de informações, por parte dos produtores, com objetivo de sonegação fiscal ou recebimento de benefícios. Como decorrência, observa-se que a produção registrada pelas PAM apresenta pouca ou nenhuma variação anual.
<b>Florestas</b>	A pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVs I é publicada anualmente pelo IBGE (2012d) e apresenta dados na escala dos municípios.  O Censo Agropecuário também fornece dados sobre a Extração Vegetal e a Silvicultura. É, provavelmente, mais preciso; entretanto, os últimos dados correspondem aos anos de 2006 e 1996.	Não se obtiveram informações relevantes, a partir das entrevistas, acerca da extração florestal, pesca, caça e outros produtos extraídos em Feliz.
<b>Pesca</b>	O Censo Agropecuário (IBGE, 2007) também fornece dados sobre produção aquícola. Não se identificaram fontes com dados anuais.	
<b>Caça</b>	Fonte não identificada.	
<b>Outros (mel, cogumelos, pastagens e etc.)</b>	Informações sobre extração de mel área de pastagem podem ser encontradas na PAM e no Censo Agropecuário.	

Fluxos de importação e de exportação		
<b>Materiais crus</b> Combustíveis fósseis Minerais Biomassa Materiais crus secundários (escórias, cinzas, resíduos)	Importação e exportação internacional (Feliz-outros países): identificaram-se, dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, disponíveis no <i>website</i> do Ministério, por município. As informações são disponibilizadas de forma desagregada, por grupos de produtos, segundo a Nomenclatura Comum do Mercosul - NCM, e em unidades de massa.	Não se obtiveram informações relevantes, a partir das entrevistas, embora os entrevistados, particularmente na Secretaria da Fazenda, tenham contribuído com sugestões para a superação das limitações de dados para fluxos de importação e exportação.
<b>Materiais semi-manufaturados</b> De Combustíveis fósseis De Minerais De Biomassa	Importação e exportação nacional (Feliz-outros municípios brasileiros): nesta etapa, foi possível obter dados de importação e exportação nacional, apenas, para combustíveis fósseis (crus e semi-manufaturados), através da Agência Nacional do Petróleo – ANP. Ressalta-se que a ANP, não tem publicações com informações desagregadas para a escala municipal, elas precisam ser obtidas entrando-se em contato com a ANP, pelo canal de relacionamento público, via <i>website</i> .	A primeira sugestão foi a realização de questionários com uma amostra das empresas e dos domicílios, buscando identificar, para as primeiras, importações e exportações e, para as segundas, o consumo anual por categoria de produto. Essa possibilidade mostrou-se inviável.
<b>Produtos finais</b> De combustíveis fósseis De minerais De biomassa	Estabeleceu-se contato com os seguintes órgãos de transporte e da indústria, mas todos negaram ter informações quantitativas sobre transporte de mercadorias a nível municipal:	A segunda sugestão foi estimar os fluxos de importação e exportação, a partir dos valores do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS. A estimativa a partir dos valores globais se mostrou difícil, visto que o imposto é cobrado sobre o valor do produto ou serviço. Entretanto, a sugestão indicou uma nova fonte de dados: as notas fiscais de produtos emitidas para a Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul – SEFAZ/RS.
<b>Outros produtos</b> Abióticos Bióticos	a) Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio – MDIC; b) Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT;	
<b>Produtos não enquadrados</b>	c) Confederação Nacional do Transporte – CNT; d) Associação Nacional do Transporte de Cargas – NTC;	
<b>Embalagens</b>	e) Associação Brasileira de Logística – ASLOG; f) Associação Brasileira de Transportadores de Carga – ABTC; g) Serviço Social do Transporte / Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte – SEST; h) Sistema de Informações de Fretes (Frete Rodoviários) – SIFRECA.  A última fonte de dados identificada foi a Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul – SEFAZ/RS. As informações de fluxos poderiam ser extraídas a partir das Notas Fiscais eletrônicas (NF-e), implantadas em 2010. Entretanto, informações da SEFAZ/RS são conhecidas pela dificuldade de acesso, por razões de sigilo fiscal. Além disso, a obtenção das notas fiscais significariam informações altamente desagregadas, em diversas unidades de medida.	
<b>Resíduos</b>	Identificaram-se três possíveis fontes de dados: a) a Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul – SEFAZ/RS, a partir das NF-e, desde que os resíduos fossem importados ou exportados como produtos com valor monetário. Potencialmente traria informações de importação e exportação; b) a Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM/RS e o Departamento de Meio Ambiente de Feliz, através dos relatórios de geração de resíduo industrial. Os relatórios são uma obrigatoriedade vinculada à licença ambiental. Geradores com impacto regional entregam relatórios a FEPAM, e geradores com impacto local os entregam às secretarias ou departamentos de meio ambiente de cada município. Esses relatórios trazem informações, apenas, para exportação de resíduos, em diversas unidades de medida.	No caso específico de Feliz, observou-se, no cadastro de empresas, referência a uma recicladora. Informações obtidas com um trabalhador da empresa indicam que são reciclados plásticos descartados na região. Entretanto, não há informações públicas acerca dos produtos importados. Para obtenção de informações seria necessário contato direto com a empresa.

<b>Fluxos para a natureza</b>		
<b>Emissões e resíduos</b>		
Emissões para o ar	Fonte não identificada.	
Resíduos para aterros	Identificaram-se as seguintes fontes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resíduos sólidos municipais: empresa terceirizada que realiza coleta e reciclagem em Feliz;</li> <li>▪ Resíduos industriais: informações disponíveis no Departamento de Meio Ambiente de Feliz – DEMA e na Fundação Estadual de Proteção Ambiental do RS– FEPAM;</li> <li>▪ Resíduos de saúde: informações disponíveis pela empresa terceirizada que realiza coleta e reciclagem em Feliz;</li> <li>▪ Resíduos de Construção e Demolição: Fontes diretas não identificadas. Estimativa quantitativa possível, através de Gehrke (2012).</li> </ul>	Não se obtiveram informações diretas, a partir das entrevistas, embora os entrevistados tenham indicado as fontes de dados municipais.
Efluentes para água	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esgoto cloacal: estimativa quantitativa possível, através de Ercole (2003) e o destino identificado a partir de Samuel (2011).</li> </ul>	Não se obtiveram informações relevantes, a partir das entrevistas.
<b>Fluxos dissipados no uso ou por perdas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agrotóxicos e fertilizantes: Fontes diretas não identificadas. Há possibilidade de se estimar através das entradas</li> </ul>	

Figura 2: Síntese dos resultados do estudo exploratório.

Até esta etapa de desenvolvimento do trabalho, tinha-se a expectativa de que, a partir da caracterização dos fluxos de materiais, fosse possível a realização de uma avaliação ambiental do caso estudado. Além disso, contava-se, também, que, talvez, fosse possível realizar a caracterização dos fluxos para uma série temporal e não, apenas, para um único ano, conforme redefinido posteriormente. A identificação dos dados disponíveis e a estimativa dos esforços necessários para obtenção e processamento daqueles até então não localizados, determinou uma reavaliação do planejamento e dos objetivos da pesquisa.

Contatou-se que o principal desafio, quanto aos dados, seria a identificação dos fluxos de importação e de exportação nacional. Verificou-se também que os padrões dos fluxos de materiais seriam muito distintos daqueles de municípios já caracterizados na literatura. Dessas duas constatações, surgiu a necessidade de desenvolvimento da etapa descrita na seção seguinte.

### **2.2.2 Etapa de desenvolvimento de um detalhamento metodológico da abordagem de AFM para o contexto dos MBPP**

A etapa de desenvolvimento corresponde à próxima atividade realizada pela presente pesquisa. Esta etapa foi a mais longa e objetivou atender ao segundo objetivo intermediário da presente pesquisa: desenvolvimento de um detalhamento metodológico da Análise dos Fluxos de Materiais, para a caracterização dos fluxos de materiais associados ao

metabolismo de MBPP. O produto desta etapa é considerado um resultado da presente pesquisa, portanto os procedimentos que o compõem são apresentados, em detalhe, em um capítulo específico (capítulo 4). Cabe mencionar, entretanto, que o detalhamento metodológico resultante foi fruto de dezenove ciclos de aplicação e refinamento dos procedimentos, os quais, em certos momentos, também demandaram coleta de informações mais detalhadas.

### **2.2.3 Etapa de reflexão**

Os últimos processos da pesquisa envolveram a reflexão sobre o escopo de aplicação dos resultados, bem como a identificação e análise da contribuição teórica. Para tanto, duas reflexões paralelas foram desenvolvidas. Refletiu-se acerca dos resultados obtidos na etapa de desenvolvimento, os quais se referem ao detalhamento metodológico proposto. Particularmente, realiza-se uma discussão dos avanços e restrições metodológicas em relação às experiências anteriores. Outra reflexão envolveu os resultados obtidos com a caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz, em si. Para essa discussão confrontaram-se os resultados com os obtidos na literatura internacional.

### **3 O CONCEITO DE METABOLISMO E A ABORDAGEM DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS APLICADA À ESCALA LOCAL**

O presente capítulo apresenta a revisão de literatura, que permitiu identificar os métodos existentes para caracterização de fluxos de materiais na escala local e analisar as possibilidades de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte. Apresentam-se, também, conceitos, bases teóricas, discussões e controvérsias que permeiam o debate acerca da Análise dos Fluxos de Materiais no contexto municipal e urbano. Por fim, conclui-se o capítulo com a análise das limitações e oportunidades para uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental, no contexto de municípios brasileiros de pequeno porte. As duas últimas seções apresentam uma síntese do capítulo com considerações gerais acerca da adaptabilidade dos métodos existentes ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte e das possibilidades de utilização dos resultados da AFM, para a avaliação ambiental de municípios brasileiros.

Ao introduzir-se a discussão, cabe informar que as Análises dos Fluxos de Materiais objetivam prover informações sobre fluxos de materiais e de energia, usualmente em unidades de massa, entrando e deixando uma sociedade ou economia. Em alguns casos, fluxos internos também são computados. A decisão de focar em materiais deve-se ao fato de que existem medidas confiáveis de que os fluxos de materiais e substâncias são cruciais para a sustentabilidade dos sistemas humanos e das outras formas vivas do planeta, em termos de disponibilidade de recursos e proteção ambiental (BRUNNER, 2007, p. 11). Tal afirmação será detalhada na seção 3.1, a qual apresenta a relação entre assentamentos humanos e ambiente, a partir da análise dos fluxos de materiais e de suas bases teóricas.

Como se verá, quando aplicada à escala local, é difícil separar-se a AFM do conceito de metabolismo, em função das pesquisas que lhe deram origem. Devido aos fortes vínculos das pesquisas recentes com os estudos iniciais, sob o título metabolismo urbano, e com a bagagem metodológica e conceitual desenvolvida em outros setores (principalmente, industrial e de economias nacionais), apresenta-se, em um segundo item (3.2), o histórico da metáfora do metabolismo urbano e da abordagem de AFM, aplicados à compreensão da relação entre os assentamentos humanos e, em especial, as cidades, e o ambiente.



Uma larga variedade de definições de Análise de Fluxos Materiais – AFM (*Material Flow Analysis - MFA*<sup>1</sup>) é encontrada na literatura, algumas das quais se referem a ela como um método ou uma ferramenta específica, enquanto outras, como a uma família de métodos (FEMIA; MOLL, 2005, p. 13). Outros autores, como Daniels e Moore (2001, p. 70), se referem à AFM como uma abordagem, visto que, sem ser associada a procedimentos específicos, se apresenta como uma estrutura aberta a um escopo de aplicação genérico. Essa segunda visão, é a adotada no presente trabalho, e parece ser compartilhada pelo principal projeto de pesquisa, ConAccount, fundado pela Comissão Européia. ConAccount, que se refere à AFM como cobertura a diversas abordagens, com diferentes métodos e objetos de investigação (CONACCOUNT, 2006). A discussão das principais vertentes da AFM será feita, neste capítulo, na seção 3.3. No item seguinte, 3.4, são, então, apresentados os procedimentos gerais para a condução de uma AFM.

Em alguns países, particularmente na Europa, a AFM tem sido usada por diversas disciplinas, para o entendimento de sistemas como países (EUROSTAT, 2001), cidades e regiões (BACCINI, 1996, 1997; BARLES, 2009; KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007; NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009) e indústrias (BINDER; VAN DER VOET; ROSSELOT, 2009).

Na escala nacional, para muitos países, a Análise de Fluxos Materiais tem se tornado uma atividade estabelecida, sendo aplicada, inclusive, em séries temporais. Entretanto, nos cálculos e análises realizados na escala nacional, tem foco nos sistemas econômicos, tratando os centros urbanos apenas implicitamente (DECKER et al., 2000, p. 712). Além disso, conforme ressalta Weisz *et al.* (apud BARLES, 2009), essas iniciativas se concentram em países desenvolvidos, com pontuais pesquisas encontradas em países em desenvolvimento. Como se verá, encontraram-se apenas três estudos realizados no Brasil (TANIMOTO, 2010; MACHADO; FENZL, 2000; RAMOS, 2001) e nenhum deles aplicados a cidades ou municípios.

De qualquer maneira, a Análise de Fluxos Materiais de economias nacionais apresenta uma das poucas iniciativas de criação de um método padronizado: o Guia Metodológico Eurostat. Desenvolvido para países europeus, o guia tem sido adaptado, de diversas maneiras, pelas pesquisas europeias mais recentes de AFM, na escala do município e da região metropolitana. Por esta razão, será descrito na seção 3.5.

---

<sup>1</sup> A sigla MFA, em inglês, refere-se tanto à *Material Flow Analysis*, como à *Material Flow Accounting*. Ou seja, aplica-se a análise e ao cálculo de fluxos materiais.

A seguir, apresentam-se, na seção 3.6, as pesquisas específicas em AFM aplicadas a municípios e regiões metropolitanas. É realizada uma análise do campo de origem e contexto de aplicação das pesquisas, dos objetivos, dos métodos empregados e das fontes de dados. Uma análise detalhada dos métodos adotados em pesquisas prévias é exposta no item 3.7, para, no item seguinte (3.8) desenvolverem-se considerações acerca da adaptabilidade dos métodos existentes ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte.

Publicações recentes ressaltam a necessidade de investigações das aplicações da AFM e da abordagem de metabolismo, como suporte ao desenvolvimento urbano sustentável. Entretanto, não se localizaram análises que investigassem tais aplicações a fundo, buscando discriminar sua utilização frente às diferentes escalas de ação, atividades de planejamento e profissionais, que, em seu conjunto e individualmente, determinam os caminhos do desenvolvimento urbano. Assim, a partir de critérios identificados na literatura acerca do tema avaliação ambiental na escala local e dos resultados obtidos na seção 3.6, analisam-se, no item seguinte (3.9), limitações e oportunidades da aplicação da Análise de Fluxos Materiais para a avaliação de sustentabilidade ambiental urbana.

Por fim, no item 3.10, tecem-se considerações gerais acerca do uso da AFM para a avaliação de sustentabilidade ambiental na escala local, e, em particular, no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte.

### 3.1 A RELAÇÃO ENTRE ASSENTAMENTOS HUMANOS E AMBIENTE, A PARTIR DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS: BASES TEÓRICAS

A presente seção aborda a aplicação do conceito **metabolismo**, e seus desdobramentos recentes, sob o título de **Análise de Fluxo de Materiais (AFM)**, na análise das relações entre assentamentos humanos e o ambiente. Faz-se, primeiramente, a revisão das principais teorias e conceitos associados que os embasam, em seus contextos originais - itens 3.1.1 e 3.1.2. Em uma seção seguinte, é, então, apresentada a aplicação dos mesmos na explicação da relação entre os municípios e o ambiente – item 3.1.3.

#### 3.1.1 A Teoria dos Sistemas

A realidade, vista a partir da **Teoria de Sistemas**, é configurada por um conjunto ilimitado de componentes interdependentes, que interagem regularmente e formam um todo unificado (ODUM, 1988, p. 2). Nessa visão, qualquer estado do mundo real é considerado provisório,

resultante da acomodação temporária desses componentes e de suas relações (MACHADO; FENZL, 2000, p. 4).

Um sistema seria, então, definido como um “conjunto de relações mútuas, que constitui uma entidade identificável, seja real ou postulada” (ODUM, 1988, p. 2). Essa noção distingue-se da visão mecanicista do universo, uma vez que considera que o conjunto tem significado diferente da soma das partes (MACHADO; FENZL, 2000, p. 5). Quando componentes ou subconjuntos combinam-se para formar sistemas maiores, emergem novas propriedades, que não estavam presentes no nível inferior e que não podem ser previstas a partir do estudo dos componentes desse nível (ODUM, 1988, p. 3).

Todo sistema estaria inserido em um ambiente externo e separado do mesmo por fronteiras que lhe conferem identidade e preservam sua coerência interna. A análise de um sistema pode ser conduzida a partir de seu espaço interno (dos elementos que o compõem), de suas fronteiras estruturais (interface entre o espaço interno e o espaço externo, por onde se dá o intercâmbio de energia e de matéria) e do espaço externo (ambiente de onde o sistema retira recursos energéticos e materiais, para sua manutenção e crescimento, e onde deposita rejeitos) (MACHADO; FENZL, 2000, p. 5).

A partir de sua relação com o ambiente exterior, os sistemas podem ser classificados como sistemas abertos (os quais trocam matéria e energia com o ambiente), sistemas fechados (trocam apenas energia com o ambiente) e sistemas isolados (nada trocam com o ambiente) (MACHADO; FENZL, 2000, p. 5). Na prática, segundo Machado e Fenzl (2000, p. 6), não existem sistemas isolados, além do próprio universo.

Os sistemas que apresentam componentes vivos, em níveis de organização a partir dos organismos, são classificados, em geral, como sistemas abertos. O maior sistema biológico e o que mais se aproximaria da autosuficiência, ou de um sistema fechado, seria a ecosfera ou a biosfera, a qual inclui todos os sistemas vivos da Terra, que interagem com o ambiente físico, como um todo, para manter o **estado estável**, intermediário no fluxo de energia entre a entrada, de origem solar, e o dissipador térmico do espaço (ODUM, 1988, p. 3).

O estado estável<sup>1</sup> significa “um equilíbrio auto-ajustador, uma condição equilibrada, que está mais ou menos imune a perturbações, pelo menos em pequena escala” (ODUM, 1988, p. 3) ou “uma condição onde os fluxos básicos de um sistema permanecem constantes e o

---

<sup>1</sup> Do original, em inglês, *steady state*. Também traduzido como estado contínuo ou estado estacionário.

sistema pode perpetuar seus ciclos, sem flutuações significativas” (AZAMBUJA, 2011, p. 133).

A estabilidade das funções dinâmicas de um sistema são garantidas pela sua **resiliência**, uma qualidade intrínseca, que se refere “a capacidade de um sistema manter sua própria estrutura e seus modelos de comportamento, em face a distúrbios externos; isso é, sua capacidade de se adaptar a mudanças” (CURWELL; DEAKIN; SYMES, 2007, p. 24).

Em um sistema aberto, segundo Machado e Fenzl (2000, p. 6), as adaptações ou a evolução são decorrentes, em parte, das mudanças que se dão no seu ambiente exterior. De acordo com os autores, os níveis de alteração interna do sistema variarão em função da proporção das mudanças externas, de modo que pequenas mudanças externas se refletirão em ajustes internos, que mantêm a integridade e a identidade do sistema. Grandes mudanças no ambiente exterior, por sua vez, exigirão mudanças estruturais do sistema, que protegerão sua integridade, mas alterarão sua identidade.

### **3.1.2 O conceito de metabolismo na biologia e na ecologia**

O **metabolismo** de um organismo corresponde à totalidade dos processos químicos e físicos e dos fluxos de recursos envolvidos na manutenção da vida (GOLUBIEWSKI, 2012). Metabolismo tem dois aspectos, segundo Golubiewski (2012): o primeiro, anabolismo, ou atividade construtiva, envolve a transformação de energia e de moléculas orgânicas simples absorvidas do ambiente externo em macromoléculas mais complexas, tais como as proteínas. O segundo, catabolismo, ou atividade destrutiva, simplifica moléculas complexas. Um exemplo é a quebra de toxinas em produtos residuais. Metabolismo serve à condição de homeostase no organismo. O equilíbrio fisiológico é mantido através do balanço de funções e de composição química (GOLUBIEWSKI, 2012).

Enquanto parece ser consenso entre biólogos a possibilidade de transferência do conceito do nível celular para o nível dos tecidos, dos órgãos e dos indivíduos, as aplicações em hierarquias biológicas superiores foi, durante muito tempo, um ponto de divergência entre pesquisadores das ciências biológicas.

Observa-se, pelas definições, que **a aplicabilidade, ou não, do conceito de metabolismo, para além do nível do indivíduo, centra-se na questão: comunidades, populações ou ecossistemas apresentam um grau de integração sistemática comparável a dos organismos individuais?**

Essa questão tornou-se mais esclarecida e a transferência gradativamente aceita, à medida que o campo da **ecologia de ecossistemas** consolidou-se<sup>1</sup> e pesquisas passaram a demonstrar que comunidades bióticas e ecossistemas apresentam interações e propriedades de auto-organização, as quais, assim como nas células, permitem a eles otimizar a utilização de energia e de nutrientes.

Odum (1988), um reconhecido pesquisador em ecologia, manifesta-se claramente a favor do uso do conceito de metabolismo em todos os níveis biológicos e, inclusive, na análise de sistemas humanos. Segundo o autor, um **ecossistema** ou **sistema ecológico**, é:

...qualquer unidade que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto, numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas, e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas (ODUM, 1988, p.9).

O conceito de ecossistema parte da consideração de que a natureza, independente do ambiente estudado, realmente funciona como um sistema. Por esse motivo, ele está diretamente embasado na **Teoria Geral de Sistemas**, descrita anteriormente, segundo a qual, ecossistemas seriam **sistemas abertos** (ODUM, 1988, p.9).

As trocas contínuas com o exterior, bem como os processos internos de transformação da energia, são vistas como um dos aspectos fundamentais para entendimento dos sistemas ecológicos, sejam eles organismos ou ecossistemas. Assim, é usual que essa investigação, na ecologia, seja conduzida a partir dos conceitos e das leis fundamentais da física relacionados com a energia. Qualquer sistema, natural ou artificial, que envolva fluxos de matéria e de energia, está sujeito às **leis da termodinâmica**. Portanto, as mesmas leis que regem os sistemas não vivos, como motores, também são aplicadas a todos os tipos de ecossistemas.

A partir da interpretação pela abordagem física, os sistemas ecológicos são sistemas termodinâmicos abertos, fora do ponto de equilíbrio, que trocam energia e matéria continuamente com o ambiente, a fim de manter sua **entropia**<sup>2</sup> interna, à medida que aumentam a entropia externa (ODUM, 1988, p. 56). Segundo Decker et al (2000, p. 719), o

---

<sup>1</sup> O termo ecossistema foi proposto, pela primeira vez, em 1935, pelo ecologista A. G. Tanley. Mas, somente quando uma Teoria Geral dos Sistemas foi desenvolvida, em meados do século XX, os ecologistas começaram a estabelecer o campo definitivo da ecologia de ecossistemas (ODUM, 1988, p.9).

<sup>2</sup> Entropia, segundo Odum (1988, p. 55), é uma medida de energia não disponível, que resulta de transformações. Nenhum processo que implique uma transformação de energia ocorrerá espontaneamente, a menos que haja uma degradação da energia, da forma concentrada para uma forma dispersa. O conceito também é usado como índice geral da desordem, associada com a degradação da energia.

grau dessas trocas e da entropia dependem, entre outras variáveis, do nível de desenvolvimento do ecossistema. Quando o ecossistema atinge seu clímax, a respiração aproximadamente se equaliza com a produção, a biomassa se estabiliza e o sistema atinge o Estado Estável. Essa condição resulta no aumento da estabilidade, da complexidade estrutural, da ciclagem biogeoquímica e da eficiência energética do sistema (UNITED NATIONS, 1992, p. 720).

Assim como o estudo dos ecossistemas em ciências biológicas passou a ser conduzido à luz de conceitos da física, há tempos, como será aprofundado no item seguinte, também se encontram inúmeras pesquisas buscando compreender as organizações humanas a partir de conceitos e métodos advindos das outras ciências.

Nas ciências biológicas, é indiscutível que os seres humanos mantêm metabolismos e que, como qualquer outro animal, são organismos heterotróficos<sup>1</sup>. Mas, porque humanos são animais sociais, com habilidade de comunicação e de cooperação muito distintas das demais espécies conhecidas, passaram a resolver seus problemas metabólicos de forma coletiva. Para muitos autores, portanto, faz sentido observar as sociedades e assentamentos humanos e seus artefatos, em serviço da sobrevivência da espécie (FISCHER-KOWALSKI, 1998). Essa visão é compartilhada pela autora do presente trabalho.

Odum (1988), em seu livro **Ecologia**, menciona o conceito de metabolismo, até mesmo ao analisar fluxos associados às cidades, as quais, vistas a partir da ecologia, são classificadas, como ecossistemas heterotróficos, largamente dependentes de sistemas externos. Entretanto, o próprio autor, por meio de comparações, ressalta (ODUM, 1988, p. 45):

“...a cidade difere de um ecossistema heterotrófico natural, tal como um recife de ostras, uma vez que apresenta: (1) um **metabolismo** muito mais intenso por unidade de área, exigindo um influxo maior de energia concentrada (atualmente suprida, na maior parte, por combustíveis fósseis); (2) uma grande necessidade de entrada de materiais [...], acima e além do necessário para a sustentação da própria vida; e (3) uma saída maior e mais venenosa de resíduos, muitos dos quais são substâncias sintéticas mais tóxicas do que seus precursores naturais.”

---

<sup>1</sup> **Heterotrofismo** ou **heterotrofia**, em biologia, é o nome dado à qualidade do ser vivo que não possui a capacidade de produzir o seu alimento, a partir da fixação de dióxido de carbono e, por isso, se alimenta a partir de outros compostos inorgânicos ou orgânicos. É o contrário de autotrofismo. São heterotróficos todos os animais, a maior parte dos protistas (exceto algumas algas), a maioria dos fungos e algumas plantas (apenas parcialmente e de forma muito limitada).

A partir desta citação, observa-se que, para Odum (1988), as cidades são ecossistemas e que diferem dos ecossistemas naturais pelo tipo e quantidade de materiais que o atravessam, bem como, pela importância relativa conferida aos respectivos ambientes de entrada e de saída. Atualmente, também têm sido largamente discutidas as definições de ambientes ou paisagens naturais e artificiais. Forman e Gordon (1986) classificam as paisagens em cinco grupos: paisagens naturais (sem impacto humano significativo), paisagens manejadas (onde espécies nativas são manejadas e colhidas), paisagens cultivadas (onde há edificações dispersas, manchas naturais e manejadas dentro de um cultivo predominante), paisagens suburbanas (área heterogênea, com edificações residenciais e centros comerciais misturados a manchas naturais, manejadas e de cultivo), paisagens urbanas (densamente construídas, por extensão de quilômetros).

A distinção proposta por Forman e Gordon (1986), segundo a qual paisagens naturais são aquelas sem impacto humano significativo, parece, a presente autora, questionável e difícil de operacionalizar. Questionável porque os humanos fazem parte da natureza e, conseqüentemente, os resultados de suas ações não podem ser considerados artificiais. É difícil de operacionalizar porque, ao se considerar o panorama global atual, no qual, a maioria dos ecossistemas possui maiores ou menores níveis de intervenção humana, torna-se difícil estabelecer limites do que possa vir a ser considerado um ecossistema, paisagem ou ambiente natural ou artificial.

A abordagem biológica das organizações humanas tem sido largamente discutida nas últimas décadas. É consensual que humanos são animais e que a manutenção dos ambientes que habitam - apesar de seus diferenciais - depende, assim como em outras espécies, da organização coletiva e de diversos ciclos bióticos e abióticos. Em contrapartida, também são largamente discutidos (FISCHER-KOWALSKI, 1998; GUILLEN, 2004) os riscos de se tentar descrever essa organização em termos exclusivamente biológicos.

Observa-se aqui um embate de pontos de vista: ao mesmo tempo em que o principal risco do uso do conceito de metabolismo, para o entendimento de sistemas sociais, seja o de se incorrer em **reducionismo** (FISCHER-KOWALSKI, 1998; GUILLEN, 2004), a principal contribuição apontada é, justamente, referir-se a um processo de **auto-organização** altamente complexo, que busca manter o organismo em ambientes altamente variáveis.

### **3.1.3 Assentamentos humanos vistos como sistemas e suas relações com o ambiente**

A Análise de Fluxos Materiais é conceitualmente baseada em um modelo, segundo o qual os sistemas humanos estão imersos em ambientes circundantes e conectados a eles via

fluxos de materiais e de energia (EUROSTAT, 2001). O conjunto desses fluxos tem sido chamado, metaforicamente ou não, de metabolismo.

Diversos critérios têm sido estabelecidos para a delimitação mais precisa das fronteiras dos estudos. A AFM pode ser conduzida a partir de diversos recortes: econômico, setorial, espacial, entre outros. Muitas AFM têm sido realizadas buscando analisar a relação sociedade-ambiente, a partir da economia. Nesses casos, as fronteiras para estudo distinguem o sistema econômico, em questão, do ambiente planetário, como um todo, e dos demais sistemas econômicos. É o caso da maior parte dos estudos conduzidos na escala dos países. Essas pesquisas consideram que as demandas das sociedades são mediadas, em sua maior parte, pelo sistema econômico. Tal abordagem pode ser adotada para a avaliação da economia em contextos locais.

Entretanto, ao se conduzir a AFM em assentamentos humanos, há outras três alternativas usuais para a delimitação do sistema de estudo. A primeira tem origem na tentativa de compreensão das cidades industriais. Assim, **delimita-se o ambiente urbano, em contraposição aos ambientes rural e natural** do entorno. Daí a expressão metabolismo urbano. Entretanto, como já mencionado, a separação entre urbano e rural ou entre cidade e campo parece ser cada vez mais imprecisa e também superada, enquanto ideia para entender o mundo atual (CARLOS, 2003). Ainda que se julgue útil realizar análises separadas dos ambientes urbano e rural de um território, cair-se-á em critérios arbitrários para tal definição. No Brasil, por exemplo, são consideradas como urbanas as áreas definidas em lei municipal, baseada no Código Tributário Nacional (BRASIL, 1966). A definição destas áreas está relacionada, diretamente, com a arrecadação do IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano. Parece consenso, na literatura, que a delimitação atual não representa a realidade de modo satisfatório, pelo menos no contexto brasileiro, uma vez que os interesses políticos, econômicos e tributários podem prevalecer no momento da demarcação do perímetro urbano (REIS, 2006). Em outros países, adotam-se diversos outros critérios, de acordo com a sua situação política, geográfica ou cultural (ABIKO, 2010).

Em vista das dificuldades expostas acima, a segunda opção, predominantemente adotada por pesquisas mais recentes, é **o recorte territorial delimitado por um órgão local administrativo**. Nesses casos, as fronteiras estabelecidas correspondem aos limites territoriais sob determinada administração. Geralmente, incluem os fluxos de materiais e energia demandados e expelidos por todos os processos, não exclusivamente antropogênicos, relacionados às atividades geradas nesse espaço. A Figura 3, de Fernandez (2010), apresenta um desenho de como seriam os limites desse sistema.



Observe-se, ao analisar a figura, que estão representados, no interior do sistema, não apenas os fluxos desencadeados por processos de origem humana - denominados pelo autor como fluxos ativos - , como também aqueles desencadeados pela flora e fauna local, e decorrentes de ciclos e processos biogeoquímicos independentes na ação humana – denominados pelo autor como fluxos passivos. Embora não se tenha conseguido acesso direto ao estudo de Duvigneaud e Denaeyer-De Smet, para a cidade de Bruxelas (1977 apud KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007), seu famoso desenho (Figura 4) parece representar um estudo cujas fronteiras delimitadas correspondem às mencionadas. Observe-se que os autores quantificam, inclusive, os fluxos de energia provenientes da radiação solar.

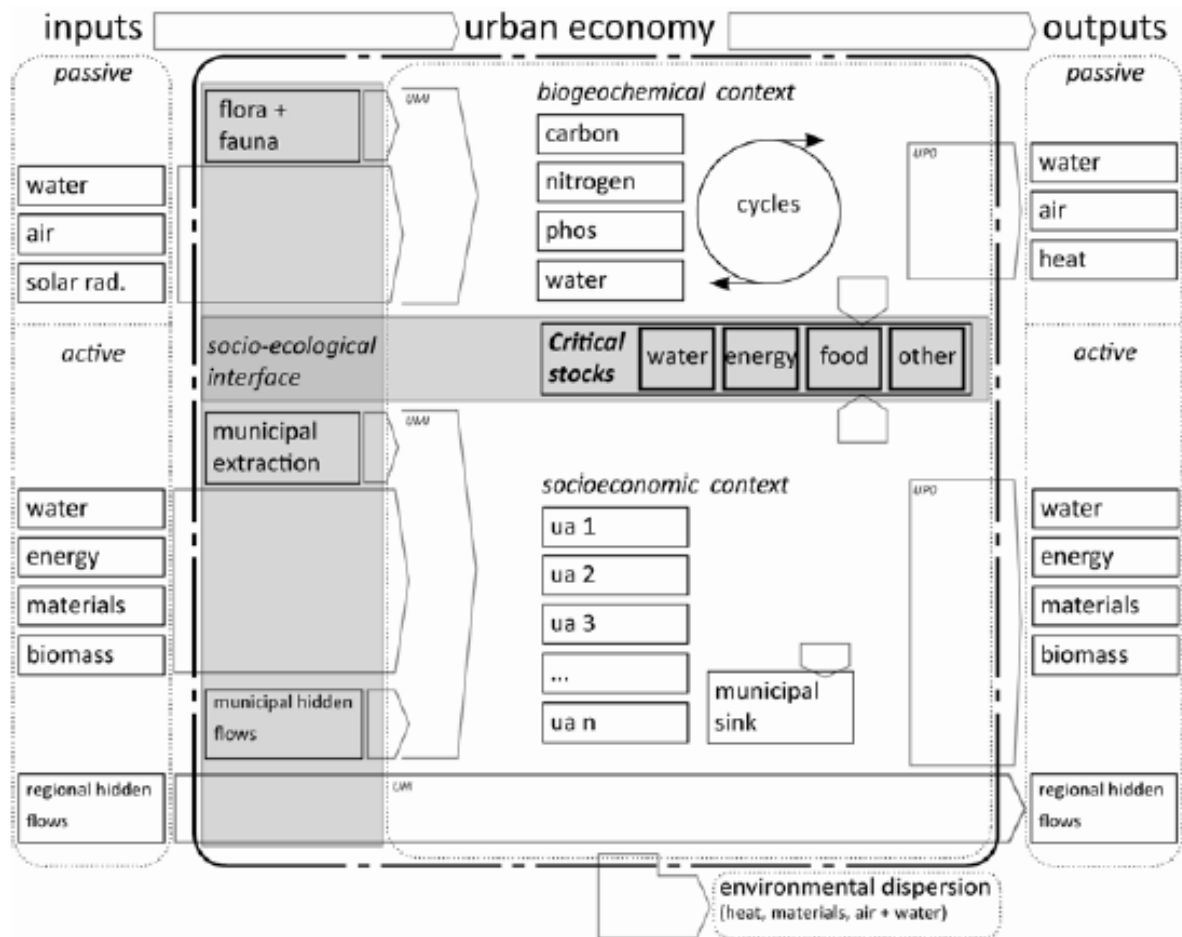


Figura 3: delimitação de fronteiras territoriais, AFM na escala local (fonte: Fernández, 2010).

Essa segunda opção na delimitação das fronteiras, embora detalhada e favorável à compreensão dos fluxos totais ocorrentes em um território, pode se tornar demasiadamente extensa e, para a avaliação dos impactos decorrentes das atividades humanas, pouco útil.

Assim, encontra-se, ainda, uma terceira alternativa, semelhante à anterior, porém mais restrita, excluindo fluxos passivos e a análise dos fluxos no interior do sistema. Tal

abordagem **estabelece fronteiras entre as atividades e processos geridos pelo governo de determinado território** e dois tipos de ambientes externos: outros governos e o “ambiente natural” (Figura 5). Esse tipo de administração local recebe diferentes nomes, em diferentes países. No Brasil, como mencionado, as unidades de menor hierarquia dentro da organização político-administrativa, são os municípios. Considera-se essa abordagem, considerando os limites dos municípios como as fronteiras do sistema para a condução de AFM, a mais apropriada para fins da presente pesquisa. Assim, **as fronteiras do sistema estudado neste trabalho correspondem às fronteiras político-administrativas do município de Feliz, adotado como estudo de caso.**

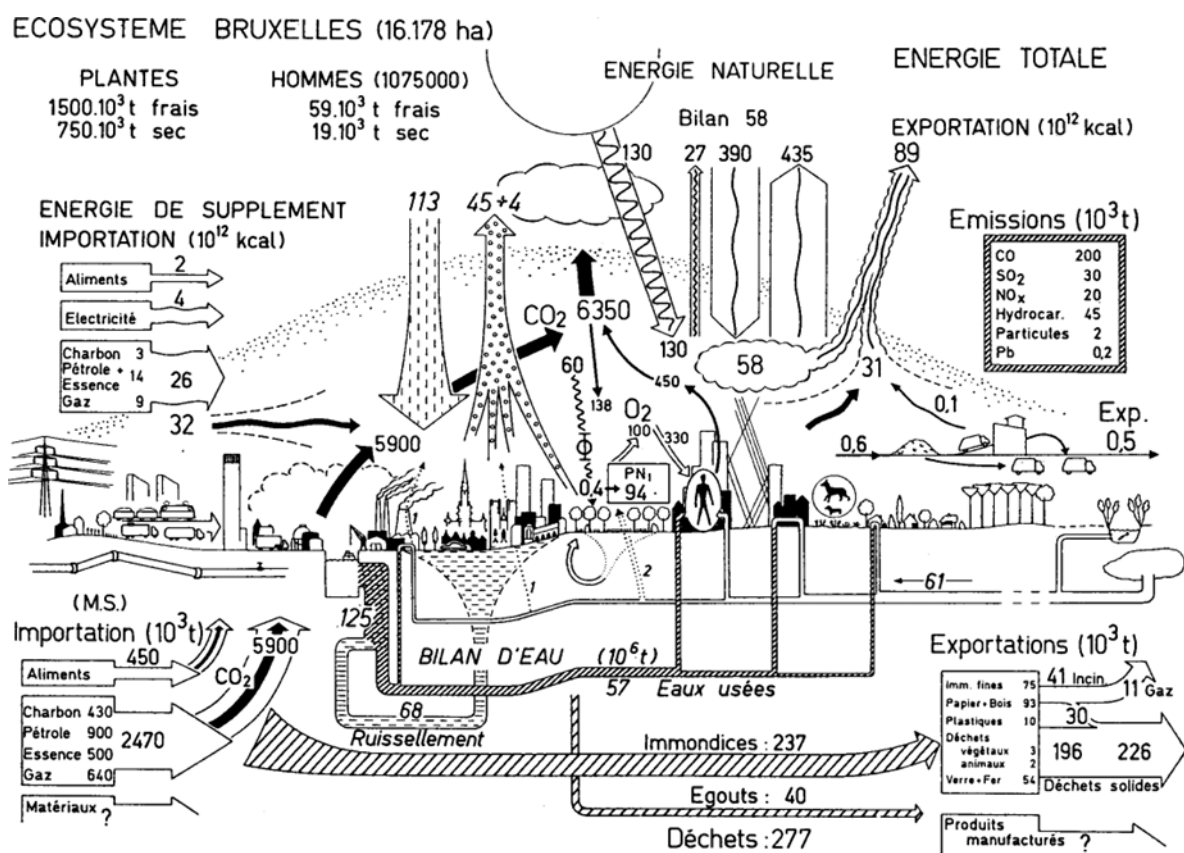


Figura 4: O metabolismo urbano de Bruxelas, Bélgica, nos anos 1970 (fonte: Duvigneaud e Denaeyer-De Smet 1977 apud Kennedy; Cuddihy; Engel-Yan, 2007).

Note-se que, aqui, o conceito **ambiente natural** assume um significado distinto daquele discutido, referente à classificação de paisagens ou de ecossistemas. O ambiente natural, no sentido de envolvente do sistema, corresponde, aos processos, atividades e ciclos ocorrentes independente da ação humana. São eles os responsáveis por grande parte do suprimento de recursos e da assimilação de rejeitos humanos, além da manutenção de condições físicas ambientais. Dessa forma, o ambiente natural está presente, tanto dentro, quanto fora do território de determinado município, por mais alterada que seja sua

paisagem. Para não causar confusões, no presente trabalho, o ambiente chamado de natural, por alguns autores, como Hammer (2003), será referido, apenas, como **ambiente**.

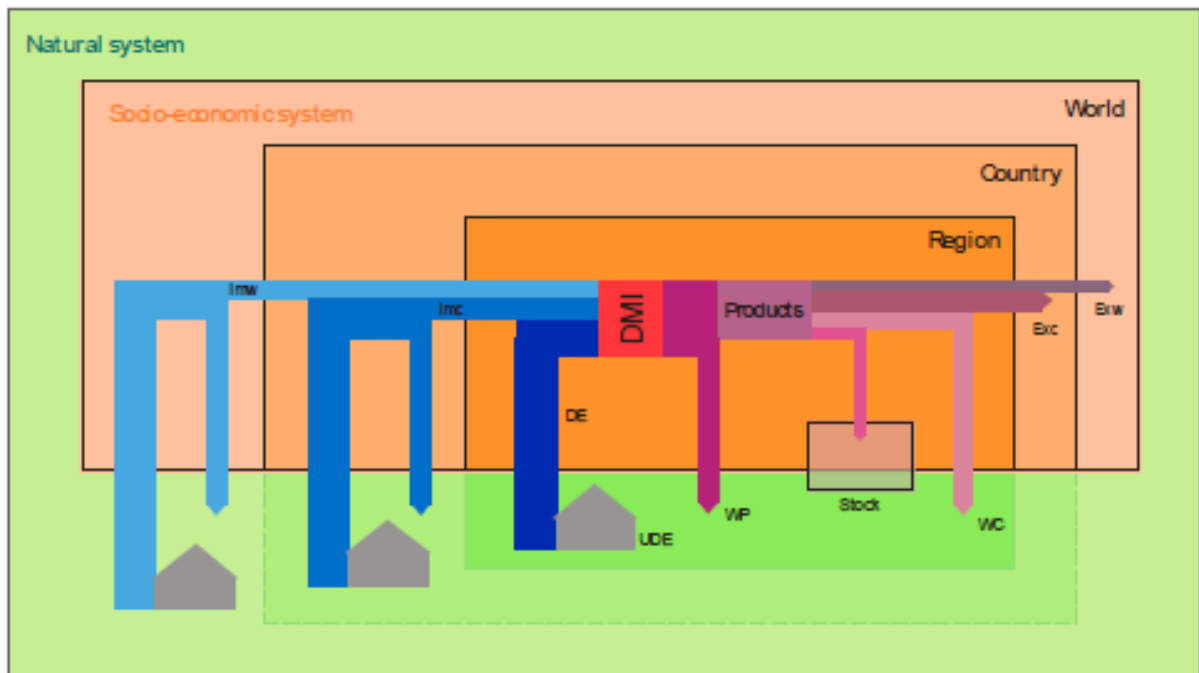


Figura 5: Fronteiras do sistema para a condução de AFM, na escala local (adaptado de Hammer, 2003).

Analisados a partir do modelo proposto, os **municípios** são sistemas abertos, dependentes do ambiente exterior para que parte de suas funções sejam supridas, através da provisão de recursos e da assimilação de resíduos (BAI, 2007a). Todos os recursos demandados pelo sistema são chamados **entradas** (*inputs*), as quais são derivadas, originalmente, do ambiente, mas que podem chegar ao sistema por meio de outros sistemas. Materiais extraídos ou processados localmente e depois exportados, assim como os materiais expelidos, depois de serem “metabolizados”, são denominados saídas (*output*).

A extração e processamento de recursos e a geração de resíduos, por sua vez, se manifestam no **ambiente** como uma série de **pressões**, no sentido estabelecido pela estrutura DPSIR<sup>1</sup> (FEMIA; MOLL, 2005, p. 14). O quanto esses fluxos de massa e de

<sup>1</sup> A estrutura DPSIR (*Driving force–Pressure–State–Impact–Response*) é utilizada para análise de conjuntos de indicadores. Baseia-se na premissa de que existe uma rede causal, que pode ser mapeada e medida em diferentes “pontos” da sequência. A rede representada por DPSIR inicia-se com “forças motrizes” (ex: atividades humanas) através de “pressões” (ex: emissões) sobre “estados” (ex: condições químicas de recursos hídricos), que terão “impactos” sobre sistemas humanos e ecossistemas e que requerem “respostas” dos diversos atores sociais (VARSHNEY et al., 2010).

Na proposta original contava-se apenas com indicadores de pressões, de estados e de respostas. A versão Pressão-Estado-Resposta foi adotada nas duas primeiras versões dos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Entretanto, seu uso foi descontinuado por ter sido considerado, pelas Nações Unidas, como inadequado para a representação das complexas interligações entre as questões ambientais que os indicadores se propunham a medir, visto que a classificação dos indicadores em pressão, estado ou resposta

energia de origem antrópica afetam a estabilidade dos processos e ciclos biogeoquímicos do ambiente dependerá do grau de interferência nas relações historicamente estabelecidas da biosfera (*IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS*, 2004b).

Todas as interações entre o sistema e o ambiente são feitas em termos de fluxos de massa e energia, que podem ser vistas como **cadeias de causas e efeitos**. Esse desencadeamento é provocado por processos, fontes de cargas ambientais, que, por sua vez, acarretam uma série de mecanismos intermediários até, em último grau, provocarem um impacto ambiental final. As **cargas ambientais**, entendidas como saídas diretas dos processos, apresentam-se sob a forma de emissões e de consumo de recursos, as quais são caracterizadas pela AFM, mas também sob a forma de geração de odor, de ruídos, de vibrações. Suas decorrências imediatas são os efeitos ambientais, que se caracterizam como a primeira reação do ambiente circundante. Por fim, impactos ambientais ocorrem em decorrência dos efeitos ambientais e, usualmente, envolvem aparente perda ou ganho para a sociedade, para um grupo de pessoas ou para um indivíduo específico (*IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS*, 2004b).

Apesar da aparente simplicidade, há debate na literatura acerca do conceito de impacto ambiental ou efeito ambiental. Para efeito da Resolução CONAMA 001/86 (BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA), 1986, p. 1), “*considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas*”. Entretanto, Santos (2004), por exemplo, apresenta um conceito divergente, ao definir como impacto ambiental também aqueles decorrentes de fenômenos naturais. Adicionalmente, segundo a *International Association for Impact Assessment – IAIA* (2009), os termos “impacto” e “efeito” são frequentemente usados como sinônimos (tal como nos Regulamentos 1508.8, da Lei Nacional de Política Ambiental dos Estados Unidos).

Apesar de não haver consenso na literatura acerca do conceito de impacto ambiental e dos termos correlatos, de forma geral, os impactos que interessam ao tema de estudo do presente trabalho são aqueles associados à ação humana.

Geralmente, uma cadeia de causas e efeitos é mais longa e complexa do que parece. Um processo qualquer pode gerar diversas **cargas**, cada uma com seus próprios efeitos. Diferentes combinações de cargas têm diferentes efeitos e essas combinações podem ser

---

é, frequentemente, ambígua e há incertezas nas supostas relações causais entre indicadores, representadas linearmente (UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC & SOCIAL AFFAIRS, 2007).

provenientes de diferentes fontes. Além disso, alguns efeitos podem impactar as fontes, gerando ciclos de impactos crescentes, sendo que, em sistemas complexos como assentamentos humanos e, em especial cidades, essas redes tendem a ser extremamente complexas (IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS, 2004b).

Os tipos de impactos provocados são variados e ocorrem em diferentes escalas espaciais: global, regional e local. Segundo a *United Nations Environment Programme* (2003), a conveniência desta diferenciação não está relacionada à atribuição de graus de importância, visto que não há relação direta entre a gravidade dos impactos e o aumento da escala considerada, mas, a uma necessidade de caracterização dos diferentes meios e receptores atingidos. Dependendo da meta e do escopo do estudo, o foco pode ser restrito a uma destas escalas. Alguns efeitos, no entanto, segundo a IEA ANNEX 31 (2004c), passam a ser relevantes apenas a partir de certas escalas. O potencial de aquecimento global, por exemplo, só pode ser considerado na escala global. Em contraposição, certas cargas ambientais podem não ser significativas globalmente, mas serem críticas para determinado ecossistema e comprometer condições de vida local.

No entanto, mensurar a capacidade dos diferentes receptores, das diversas escalas, no suporte a cargas impostas é, tanto difícil, como polêmico. Difícil, segundo a *US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY* (1996), porque ecossistemas são complexos e dinâmicos, modificando-se constantemente. Isto faz a vinculação de qualquer efeito a uma causa específica muito incerta. As condições podem não ser controladas suficientemente para permitir que os efeitos de cargas individuais sejam observados.

É importante, também, distinguir-se **impactos ambientais reais** de **impactos potenciais**. Os primeiros podem ser definidos como consequências imediatas e diretas, tais como riscos para a saúde humana, danos à flora e à fauna ou disponibilidade futura de recursos. Impactos potenciais, em contraponto, não avaliam nenhuma consequência, mas apenas dão uma indicação de risco (IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS, 2004b).

Para estudar estes efeitos, modelos de laboratório têm sido desenvolvidos, buscando estabelecer a conversão de cargas ambientais em potenciais mudanças no ambiente (FEMIA; MOLL, 2005, p. 14). No entanto, eles fornecem apenas representações simplificadas das verdadeiras interações ambientais, que abrangem milhares de espécies vivas e a totalidade de condições que as rodeiam (*US ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY*, 1996). Adicionalmente, segundo *United Nations Environmental Programme*

(2003), mensurar os impactos finais das cadeias de causa e efeito é mais complexo do que mensurar aqueles intermediários ou os efeitos diretos de cargas ambientais. Para os autores, não há disponibilidade de dados confiáveis e modelos suficientemente robustos que apoiem a previsão dos impactos finais, permanecendo, assim, demasiadamente limitados.

Essas limitações fazem com que a AFM, tradicionalmente, não inclua elementos de avaliação ambiental, tais como as difundidas Avaliação de Impacto Ambiental (EIA) e Avaliação do Ciclo de Vida. Os resultados da AFM, em geral, são predominantemente descritivos, derivados de inventários físicos, que representam cargas ou pressões ambientais. Entretanto, em princípio, a abordagem pode ser suplementada ou estendida por outros métodos, que vinculem cargas a impactos, se essa for considerada uma forma de apresentação de resultados útil e informativa para o estudo em questão (FEMIA; MOLL, 2005).

### 3.2 HISTÓRICO DA METÁFORA DO METABOLISMO URBANO E DA ABORDAGEM DE AFM, APLICADOS À COMPREENSÃO DA RELAÇÃO ENTRE ASSENTAMENTOS HUMANOS E MEIO AMBIENTE

Originário da biologia e da ecologia, o conceito de metabolismo tornou-se reconhecidamente interdisciplinar, à medida que diversas disciplinas apropriaram-se dele para a análise das interações entre sociedade humana e natureza (FISCHER-KOWALSKI, 1998). Embora seja controversa a aplicação do conceito às sociedades humanas, desde as fundações da teoria social, no século XIX, identificam-se pesquisas<sup>1</sup> usando-o como referência para a análise das relações entre produção, organização social e exploração de recursos naturais (FISCHER-KOWALSKI; HÜTTLER, 1999). No último século e, especificamente, na última década, com as pressões ambientais em foco no debate internacional, diversos conceitos biológicos, como o de metabolismo e de ecossistema, passaram a ser aplicados e testados em análises das relações entre sociedade e natureza. Aplicados ao contexto local, o recorte inicialmente predominante foi o das cidades. Multiplicaram-se pesquisas usando suas bases conceituais para a análise dos sistemas humanos ou citando-o, metaforicamente, em pesquisas relacionadas a Análises de Fluxos Materiais de economias de países, regiões e municípios.

---

<sup>1</sup> Marx e Engels, por exemplo, aplicaram a noção de metabolismo, moldado pelo estado de desenvolvimento da biologia de seu tempo, para a descrição do processo de trabalho e explicação das alterações ocorridas com os recursos naturais, desde sua extração. Observa-se que o termo, do alemão, *Stoffwechsel* (troca de matéria), usado pelos autores, demonstra a limitação de compreensão do conceito, em relação à da biologia, dos tempos atuais (FISCHER-KOWALSKI; HÜTTLER, 1999).

O objetivo desta seção é apresentar a evolução, no contexto acadêmico, da abordagem de AFM aplicada ao contexto local, a qual tem origem em pesquisas sobre metabolismo urbano. A revisão cronológica demonstra que, depois de alguns estudos seminais, nas décadas de 1960 e 1970, com interesse voltado para o entendimento específico das cidades, o interesse por pesquisas aplicadas nesse contexto quase desapareceu na década de 1980. Nesse período, o conceito de metabolismo começou a ser explorado por parte de economistas e pesquisadores da indústria, os quais cunharam o termo **metabolismo industrial** – ainda largamente aplicado em pesquisas atuais do setor. Após um lento reaparecimento nos anos noventa, verifica-se que estudos de metabolismo de cidades e municípios têm crescido exponencialmente nos últimos 10 anos e, herda a experiência dos estudos nas outras áreas, assumindo o título e os métodos da AFM.

### 3.2.1 Século XIX

Em uma análise da literatura existente, observa-se que a transposição do conceito biológico de metabolismo, para os sistemas sociais, surge a partir de 1860, período em que a aplicação do conceito, até mesmo a ecossistemas, ainda era um tema controverso. Aliás, o próprio conceito de ecossistema ainda não estava estabelecido como o é na forma atual. Fischer-Kowalski (1998) encontrou menções ao termo em estudos clássicos desse período, nas áreas da sociologia, antropologia e geografia social. Observa-se que se tratam de trabalhos dispersos, aplicados a contextos científicos bastante distintos e que, em geral, abordam o tema apenas como uma ideia emergente.

No que se refere, especificamente, aos estudos na escala urbana, o termo metabolismo não era usado no período. Entretanto, Barles (2010) menciona estudos nessa linha, mas que focavam estritamente fluxos referentes à produção de alimentos e à necessidade de fertilização da agricultura. A quantificação do potencial fertilizante e o desenvolvimento de técnicas de armazenamento e de conversão, no manejo das excretas humanas eram questões predominantes. Tinham como prioridade resolver a questão alimentar das populações urbanas crescentes e também os problemas sanitários. Isso resulta no nascimento do que Barles (2010) denomina **química urbana**, a qual buscava entender, primeiro, o ciclo da matéria orgânica e, então, o de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio). Os primeiros químicos envolvidos nesses trabalhos defendiam a promoção de um fluxo cíclico dos nutrientes, favorecendo as trocas entre cidade e agricultura. A revolução dos fertilizantes, entretanto, tornou as excretas urbanas desnecessárias e possibilitou a permanência dos fluxos abertos e a morte da química urbana.

### 3.2.2 Décadas de 1960 e 1970: estudos seminais

Por volta de 1960, com o surgimento de posicionamentos críticos sobre o crescimento econômico e seus efeitos ambientais, bem como com a consolidação do campo da ecologia de ecossistemas, ressurgiu o interesse no desenvolvimento de estudos sobre metabolismo aplicado a sistemas sociais.

No período, surgiam críticas severas à cidade industrial. Para citar apenas um exemplo, Munford (1961), a par dos desenvolvimentos em ecologia, denunciou o mito das megalópolis e, como outros contemporâneos, previu os conflitos das cidades industriais.

A resultante ecologia urbana, desenvolvida a partir da década de 60, entrou no escopo da ecologia científica e, em particular, da teoria dos ecossistemas, apresentada por Odum (1988). A partir de então, percebe-se uma clara diferença de enfoque, em relação às pesquisas do século anterior sobre metabolismo social: o metabolismo começa a aparecer, em vários discursos, como estratégia de investigação e argumento de que os processos naturais e físicos estão, de fato, relacionados à organização e ao desenvolvimento da sociedade, sendo razoável, então, atribuir-lhes importância ao se discutirem fatos sociais. Por esse motivo, Fischer-Kowalski (1998, p. 62, 70) afirma que estes primeiros estudos de aplicação do conceito de metabolismo para as sociedades humanas tentavam **estabelecer um contato entre as ciências naturais e as ciências sociais e humanas**.

Wolman (1965) foi o primeiro, nessa fase recente, a tentar conceituar e operacionalizar o metabolismo no entendimento de um sistema social, precisamente aplicado ao estudo de uma cidade (KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007; NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009). Wolman (1965) quantificou as entradas e as saídas de materiais e de energia em uma cidade americana hipotética, de um milhão de pessoas, e apontou a contribuição de estudos em fluxos materiais para o entendimento das cidades. Especificamente, são estimados o consumo de água, combustíveis fósseis e alimentos e a emissão de determinados resíduos e poluentes aéreos.

Os primeiros estudos de metabolismo, em cidades reais, foram conduzidos nos anos setenta e incluíram Tóquio (HANYA; AMBE, 1976 apud KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010), Bruxelas (DUVIGNEAUD; DENAYEYER-DE SMET, 1977 apud KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010) e Hong Kong (NEWCOMBE; KALMA; ASTON, 1978a).

Os primeiros textos sobre ecologia urbana foram bem recebidos internacionalmente e levaram a UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* - a conduzir o programa, lançado em 1971, denominado Homem e Biosfera, o qual também



tinha em seu escopo a análise detalhada de Roma, Barcelona e Hong Kong. Contudo, segundo Barles (2010), essa pesquisa não atingiu os objetivos esperados e recebeu fortes críticas durante os anos oitenta.

Também durante os anos setenta, pesquisadores, sob a liderança do ecologista Odum, realizaram estudos, considerando o metabolismo urbano sob uma perspectiva diferente, a qual estava interessada em descrevê-lo em termos de energia solar ou equivalente (também denominada *emergy*). Embora a abordagem de Odum não tenha sido a corrente predominante, ainda encontram-se estudos atuais seguindo-a, a exemplo dos realizados em Taipei (HUANG; HSU, 2003) e em Pequim (ZHANG; YANG; YU, 2009).

Segundo Barles (2010), esses ecologistas urbanos<sup>1</sup> pretendiam tornar a ecologia uma divisão da ciência, na qual as ciências sociais constituiriam apenas uma parte; uma ideia tolerada com dificuldade pelos cientistas sociais. Além disso, segundo a autora, essas abordagens apresentavam um determinismo quanto às questões energéticas e visões anti-urbanas<sup>2</sup>, que as impediam de considerar soluções que redirecionassem o desenvolvimento das cidades.

### **3.2.3 Décadas de 1980 e 1990: metabolismo industrial e metabolismo das nações**

Durante os anos oitenta, o interesse pela aplicação do conceito de metabolismo às cidades parece quase desaparecer. Ocorre, em 1983, no Japão, um simpósio sobre metabolismo urbano, mas poucos artigos são publicados, destacando-se apenas um, apresentado por Girardet (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010).

Paralelamente, desenvolveram-se iniciativas para a aplicação do conceito de metabolismo na indústria e em economias de nações específicas. Ayres e Kneese (AYRES, 1998; FISCHER-KOWALSKI, 1998), um físico e um economista, respectivamente, adotam a abordagem para delinear os conflitos existentes entre economia e bens naturais. O escopo do estudo é econômico, sendo apresentado um levantamento dos fluxos de materiais da economia dos Estados Unidos entre 1963 e 1965. Os autores argumentam que os principais problemas ambientais são devidos ao fato de a organização produtiva e econômica mundial estar em discrepância com a Lei Fundamental da Conservação de Massa e propõem o controle da poluição e do esgotamento de recursos naturais, através da elaboração de balanços materiais (FISCHER-KOWALSKI, 1998). Ainda que na publicação inicial os

---

<sup>1</sup> Barles (2010) refere como ecologistas urbanos aos pesquisadores que tratavam a ecologia urbana estritamente a partir da visão das ciências naturais e não aos pesquisadores do ramo da sociologia urbana.

<sup>2</sup> Odum (1975), por exemplo, em seus livros sobre ecossistemas, descreve a cidade como um sistema heterótrófico e, logo depois, como um ecossistema parasita.

autores não façam menção ao termo metabolismo, no fim dos anos oitenta Ayres (1989) cunha o termo **metabolismo industrial**, o qual tem sido, atualmente, bastante utilizado no campo da denominada **ecologia industrial**<sup>1</sup> (EUROSTAT, 2001).

Observa-se que o trabalho inicial de Ayres e Kneese (FISCHER-KOWALSKI, 1998) deve muito mais à física, do que à ecologia, ainda que o próprio conceito de metabolismo, na biologia, faça uso das mesmas bases físicas.

No início da década de 1990, estudos em metabolismo das nações e metabolismo industrial se multiplicaram, ao passo que aqueles em metabolismo urbano começaram a ressurgir lentamente. As primeiras AFM e balanços materiais desenvolvidos para países, no início da década de noventa, estimularam a Comissão Europeia a fundar, entre 1996 e 1997, o projeto ConAccount (EUROSTAT, 2001, p. 9). O ConAccount passou a ser centrado em estudos, desde o âmbito (supra) nacional e regional, até o nível da comunidade e da empresa (CONACCOUNT, 2006).

No mesmo período (1997) foi fundado o *Journal of Industrial Ecology* e, logo depois, em 2000, a Sociedade Internacional para a Ecologia Industrial (ISIE). Ambos contribuíram para a estruturação da ecologia industrial como disciplina.

Como o principal objetivo da ecologia industrial foi, inicialmente, o estudo e a otimização do metabolismo do setor da indústria, a maioria das pesquisas assume uma abordagem quantitativa e de contabilidade, bem como um enfoque tecnológico. Essa visão é, por alguns, a exemplo de Barles (2010), considerada necessária, mas não suficiente, por não considerar o efeito das diferentes partes interessadas, com diferentes perfis e objetivos, ou a dimensão social da ecologia industrial. Além disso, os estudos, em geral, consideram apenas parte do fluxo antropogênico de materiais: os do setor produtivo. Esses três pontos de crítica parecem ter sido ouvidos pelos organizadores da conferência da *International Society for Industrial Ecology* - ISIE de 2007, a qual buscou, declaradamente, fomentar<sup>2</sup>: a) parcerias com as ciências sociais; b) a necessidade de se incluir, em estudos futuros, questões relativas ao consumo e; c) a sustentabilidade, em geral.

Fischer-Kowalski e Hüttler (1998) consideram que as pesquisas iniciais de Ayres, Kneese e Wolman, proporcionaram, não apenas as bases conceituais para o desenvolvimento de pesquisas analíticas, como também apresentaram razoáveis resultados empíricos,

---

<sup>1</sup> Ver críticas quanto à amplitude do escopo, ambiguidade e falta de clareza da abordagem em Brunner e Rechberger (2004, p. 15)

<sup>2</sup> ISIE Conference Introduction, Toronto, 17–20 June 2007. Disponível em: [http://www.pdc.utoronto.ca/events/International\\_Society\\_for\\_Industrial\\_Ecology\\_ISIE\\_2007/Preliminary\\_Schedule.htm](http://www.pdc.utoronto.ca/events/International_Society_for_Industrial_Ecology_ISIE_2007/Preliminary_Schedule.htm)

fundamentais para o crescente interesse por parte de políticas públicas. DECKER et al (2000, p. 716) avaliam que, desde então, e até o final da década de 1990, o uso da abordagem metabólica para o estudo dos sistemas sociais e, especialmente no contexto local, foi proposta inúmeras vezes, apesar de não ser perseguida rigorosamente, exceto por pequenos grupos.

### 3.2.4 Década de 2000-atual: Ressurgimento

Após o lento ressurgimento dos estudos aplicados à escala das cidades e municípios, na década de noventa, há um crescimento exponencial, a partir dos anos 2000. No início da década, esses estudos e aqueles de metabolismo industrial estavam, ainda, completamente dissociados, visto que as abordagens industriais eram pouco espacializadas. Entretanto, em 2007, o *Journal of Industrial Ecology* dedicou uma edição exclusiva às cidades, a qual contou com 10 artigos de autores oriundos de diferentes áreas do conhecimento (BAI, 2007b).

Neste contexto, um dos desdobramentos metodológicos do conceito de metabolismo, com maior disseminação no universo acadêmico e de políticas públicas, se dá em pesquisas sob o título de **Análise dos Fluxos de Materiais (AFM)**. Diferente do foco dos estudos de Odum, em energia, a AFM reporta os fluxos e estoques em termos de massa (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010, p. 3). Saliencia-se que, ainda que usem esse novo rótulo, a grande maioria das publicações a serem citadas menciona suas origens provenientes do conceito de metabolismo introduzido por Wolman (1965) e, repetidamente, o usam de forma metafórica ou não, ao longo dos textos, para se referirem ao conjunto dos fluxos, ou como título principal das pesquisas (BINDER; VAN DER VOET; ROSSELOT, 2009).

A AFM ramifica-se em diversas vertentes, mas, quando aplicadas à cidade, observam-se duas linhas principais (BINDER; VAN DER VOET; ROSSELOT, 2009): (a) **Análise dos Fluxos de Totais Materiais<sup>1</sup> - AFMT**, a qual se foca em prover uma visão geral do metabolismo de um sistema social, contabilizando os maiores fluxos, em termos de massa; e (b) **Análise dos Fluxos de Substâncias - AFS<sup>2</sup>**, focando nos fluxos de substâncias químicas ou materiais específicos que entram, saem ou atravessam todos os sistemas (ecológicos e sociais) delimitados nas fronteiras do estudo.

Desde o primeiro estudo de metabolismo urbano, por Wolman (1965), já foram conduzidos 14 estudos na linha da AFMT, para cidades, municípios e regiões metropolitanas. Tais

---

<sup>1</sup> Tradução proposta pela autora para **Bulk Materials Flows Analysis**.

<sup>2</sup> Tradução proposta pela autora para **Substance Flow Analysis**.

pesquisas e seus métodos serão apresentados no item 3.6. Também se verifica a existência de numerosos estudos, nessas escalas, na linha da AFS.

### 3.3 VERTENTES DA ANÁLISE DE FLUXOS MATERIAIS

Selecionar, conceituar e medir um potencialmente ilimitado conjunto de fluxos de materiais e energia, entre uma gama diversa de atividades humanas, pode, facilmente, se tornar uma tarefa desanimadora. Por esse motivo, segundo Daniels e Moore (2001, p. 70), o desenvolvimento das abordagens de quantificação de fluxos tem sido lento e ainda há falta de uma metodologia claramente definida e de um conjunto consistente de ferramentas operacionais de suporte.

Um nível de esforços teóricos e empíricos, consistentes com a longa existência da aceitação do seu enorme potencial, surgiu a partir da década 1990. Entretanto, como apresentado na seção sobre o histórico da abordagem de metabolismo, esse conjunto de iniciativas ocorreu quase simultaneamente em contextos e disciplinas bastante diversas e, quando aplicada à análise dos assentamentos humanos, ressurgiu com maior vigor apenas depois do ano 2000.

O resultado é uma gama de abordagens consideradas promissoras, mas que formam, segundo Daniels e Moore (2001), um paradigma frouxamente reunido, baseado na quantificação do uso humano da natureza, a partir de medidas físicas de materiais e energia. Verifica-se, então, na literatura, certa ansiedade para a resolução e padronização metodológica.

Entre as diversas abordagens, a denominada Análise dos Fluxos de Materiais (AFM) emergiu e tem predominado nas mais diversas áreas de aplicação, inclusive na análise de recortes territoriais locais, como cidades e municípios. Assim, ela se apresenta como uma estrutura aberta a um escopo de aplicação genérico, **abrindo uma série de métodos e técnicas de quantificação física**, usualmente expressa em unidades de massa. É focada, tanto em substâncias químicas, quanto em compostos ou nos chamados “*bulk materials*”, como materiais de construção (DANIELS; MOORE, 2001).

Essa diversidade de usos dá origem a diferentes sub-nomenclaturas para a AFM, o que também gera certa confusão em relação às suas aplicações. Na tentativa de oferecer certo esclarecimento, Daniels e Moore (2001) mapearam e compararam nove **vertentes da AFM**, as quais foram, inicialmente, divididas em dois grupos:

- a) **Grupo 1: cobrem a economia como um todo ou os principais setores e atividades de uma região:** Requerimentos e Saídas de Materiais Totais, Fluxos Internos Totais, Análise dos Fluxos de Substâncias, Tabelas de Entradas-Saídas Físicas, Pegada Ecológica e Modelo de Espaço Ambiental.
- b) **Grupo 2: focam em bens, produtos ou processos específicos, independentemente de sua localização:** Análise do Ciclo de Vida (ACV), Intensidade Material por Unidade de Serviço e Índice de Processo Sustentável.

Tendo em vista o foco territorial, encontram-se aplicados à escala local apenas exemplos pertencentes ao primeiro grupo. Para Brunner e Rechberger (2004, p. 133–134), a Pegada Ecológica, o Modelo de Espaço Ambiental e todas as vertentes do segundo grupo não se enquadrariam como AFM. Para os autores, a AFM trata de quantidades objetivas de fluxos e estoques de materiais - esses são seus resultados. As demais vertentes, por compreenderem processos subjetivos de interpretação, são considerados métodos de avaliação, que podem, ou não, ser associados aos resultados da AFM. Nessa lógica, o Inventário do Ciclo de Vida, uma das etapas da Análise do Ciclo de Vida, também é considerada, por alguns autores, a exemplo de Femia e Moll (2005, p. 7), como AFM, particularmente quando o foco é um sistema, ao invés de produtos e processos individuais.

Pelas razões mencionadas no parágrafo acima, apresenta-se com um pouco mais de detalhe, apenas as três primeiras vertentes:

- a) **Requerimentos e Saídas de Materiais Totais** (*Total Material Requirement and Domestic Output - TMRO*): originou-se essencialmente dos estudos sob o título *economy-wide bulk-MFA* do *Wuppertal Institute and World Resources Institute*. Como discutido anteriormente, essa vertente tem sido referenciada por outros autores como *Bulk Materials Flows Analysis*. Segundo, Daniels e Moore (2001), a TMRO quantifica as entradas e saídas totais anuais de materiais entre economias nacionais ou regionais e o ambiente. A análise, geralmente, apresenta altos níveis de agregação, não considera fluxos internos e inclui materiais, em qualquer estágio de processamento. Na Europa, esse tipo de AFM é parte das estatísticas oficiais de alguns países da União Europeia (EU); entre eles, Áustria e Alemanha (EUROSTAT, 2001, p. 12). Inclui-se nesta categoria o método Eurostat (2001), o qual foi desenvolvido para a padronização da AFM em países da UE. Este método também tem servido de referência para os estudos mais recentes na escala local e, por essa razão, será melhor detalhado em um item posterior;
- b) **Fluxos Internos Totais** (*Bulk Internal Flow MFA - BIF-MFA*): quantifica fluxos físicos de categorias de materiais totais, dentro de um número limitado de sistemas internos à região em estudo. Localiza-se entre a TMRO e os tratamentos de fluxos altamente desagregados (DANIELS; MOORE, 2001, p. 76). Poder-se-ia classificar como exemplo deste tipo de análise, na escala da local (micro-local, especificamente), a pesquisa desenvolvida por Kennedy e Codoban (2008) para bairros, a qual desagrega e analisa em maior detalhe certas atividades internas;

- c) **Análise dos Fluxos de Substâncias** (*Substance Flow Analyses* - SFA): é, usualmente, usada para abordar questões específicas (como contaminação da água, do solo e do ar, por uma ou outra substância) ou para entender o papel de cidades na bioquímica regional. Devido à diversidade de contextos e de substâncias analisadas, não existe nenhum método padrão para sua condução. Comparada com Análise de Fluxos Totais de Materiais/, a caracterização de fluxos de substâncias requer a consideração de fluxos, dentro do sistema em estudo (uma cidade, por exemplo), o qual não pode, então, ser tratado como uma caixa preta (FEMIA; MOLL, 2005, p. 447).

Dentre as vertentes detalhadas acima, avalia-se a que vai ao encontro dos objetivos da presente pesquisa seria a **Análise dos Fluxos Totais de Materiais (ou Requerimentos e Saídas de Materiais Totais)**. Entretanto, as vertentes só indicam procedimentos muito gerais. Não fornecem um nível de padronização e de detalhamento suficientes, a ponto de orientar e facilitar aplicações. Com a finalidade de padronização, apenas um método foi localizado como servindo de referência para as escalas meso (cidades e municípios) e macro local (regiões metropolitanas).

A publicação, já mencionada, é o Guia Metodológico da Eurostat (2001). Essa, mais específica, é direcionada à escala nacional e ao contexto europeu e se propõe, justamente, a facilitar comparações. Por ser o método usado de base para o desenvolvimento das pesquisas mais recentes na escala local, ele será apresentado na seção 3.5. Antes disso, no item 3.4, detalha-se, com base na organização de Brunner e Rechberger (2004, p. 8) os procedimentos necessários para a condução da AFM.

### 3.4 PROCEDIMENTOS PARA A CONDUÇÃO DA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS

Brunner e Rechberger (2004, p. 8) apresentam um manual escrito no intuito de, nas palavras dos autores, “estabelecer um método para investigar o metabolismo material de sistemas antropogênicos” e “de difundir, promover e facilitar o uso da AFM, de uma maneira uniforme”. Pode-se dizer que a publicação tem o mérito de estabelecer conceitos, bem como o de orientar quanto aos procedimentos gerais necessários para a condução de uma AFM, em diversas aplicações. Por essa razão está descrito no presente item. Entretanto, ainda que a publicação aponte usos potenciais para caracterização do metabolismo na escala local e, particularmente de cidades, ao detalhar procedimentos, o método parece focado em análises, com alto nível de desagregação, de substâncias e processos, dentro do sistema em estudo.

A seguir estão descritas as etapas e procedimentos gerais propostos. Brunner e Rechberger (2004) ressaltam que eles não precisam ser conduzidos estritamente de forma consecutiva.

As seleções e provisões que são tomadas durante o curso de uma AFM devem ser checadas continuamente. Em geral, é melhor se começar com estimativas e dados brutos e, então, constantemente refinar e melhorar o sistema e os dados, até que a qualidade dos dados requerida tenha sido alcançada (BRUNNER; RECHBERGER, 2004, p. 54).

Cabe ressaltar, entretanto, que os procedimentos específicos de quantificação de fluxos, no método de Brunner e Rechberger (2004), não são aplicados à vertente Análise dos Fluxos de Materiais Totais. Segundo Barles (2009), isso decorre do fato das saídas serem calculadas com base nas entradas e em coeficientes de transferências que caracterizem os diferentes processos.

### 3.4.1 Seleção de materiais

Uma das primeiras etapas da condução de uma AFM implica na definição dos materiais a serem incluídos na avaliação. Materiais são **bens e/ou substâncias**. Substâncias são elementos químicos (ex: chumbo, carbono) ou compostos (ex: CO<sub>2</sub>). Bens são entidades com valores econômicos positivos ou negativos (exemplo: respectivamente, madeira e resíduo). Bens, em geral, são constituídos de inúmeras substâncias (ex: madeira é constituída de carbono, hidrogênio e outras substâncias). Também são, ou podem ser, incluídos na AFM bens sem valor econômico, como o ar (HENDRIKS et al., 2000).

Há várias abordagens para a escolha dos materiais relevantes para a AFM. Ela dependerá, basicamente, da proposta da AFM e do tipo de sistema no qual está baseada. Questões relacionadas ao grau de precisão e aos recursos (financeiros, humanos e de tempo) também serão indispensáveis essa determinação.

No começo do estudo, uma regra prática para a determinação é se agrupar os fluxos de importação e de exportação de bens do sistema, em grupos correspondentes a sólidos, líquidos e gases. Então, para cada grupo, cobrir, no mínimo 90%, em massa, dos fluxos do grupo. Como, em geral, a aquisição de dados é uma tarefa limitante, uma estratégia usual é se reduzir ao máximo o número de materiais e fluxos considerados, selecionando-se fluxos específicos, os quais possam ser representativos da questão investigada (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

### 3.4.2 Definição do sistema no tempo e no espaço

O sistema é o objeto real de investigação de uma AFM. Um sistema é definido por um grupo de elementos, pelas suas interações e pela interação entre eles e as fronteiras que os separam de outros elementos, no espaço e no tempo. Um sistema pode ser considerado um

grupo de componentes conectados ou relacionados, de maneira a formar e atuar como uma unidade (BRUNNER; RECHBERGER, 2004, p. 43).

As fronteiras são limites abstratos, a serem determinadas pelo pesquisador, segundo o escopo do estudo que se pretende desenvolver. Em AFM, da vertente Análise dos Fluxos de Materiais Totais, as fronteiras espaciais, geralmente, coincidem com a região definida administrativamente, tais como países, estados e municípios. As vantagens de escolher esses tipos de limites são: a disponibilidade de informações, geralmente coletadas nesses níveis; e a correspondência com a área de ação dos diversos atores políticos e administrativos.

Uma restrição adicional ao se definir fronteiras para estudos na escala local é que fronteiras reais não existem e torna-se difícil identificar produtos que cruzam as fronteiras administrativas e são consumidos internamente ou consumidos em algum outro lugar. Este problema agrava-se em cidades e municípios que assumem papéis de portões comerciais com o país ou com o restante do mundo ou que são caracterizados por grande número de comutações diárias (NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009). Esses problemas emergem, principalmente, ao se pretender medir municípios pertencentes a regiões metropolitanas, que é o caso da grande maioria dos casos encontrados na literatura. Usualmente, são solucionados, definindo-se, como fronteiras, a região metropolitana como um todo.

As fronteiras temporais buscam definir o período de tempo considerado na análise. Em AFM, as estimativas são, usualmente, anuais. Tal definição é determinada pela conveniência de aquisição de informações, pois coincide com períodos usuais de publicação de dados estatísticos e com o fechamento de ciclos de atividades. Os estudos podem ser instantâneos, retratando um único período, ou podem considerar séries temporais, buscando retratar evoluções e tendências.

Observa-se, que o esforço crescente por detalhamento metodológico, aliado à concomitante dificuldade na aquisição de dados na escala local, tem conduzido as pesquisas mais recentes de AFM de cidades e municípios à adoção de caracterizações estáticas temporalmente, embora haja exceções, como será discutido no item 3.6.

### **3.4.3 Mapeamento de processos, fluxos e estoques relevantes e aquisição de dados**

Nesta etapa, os fluxos e processos a serem analisados devem ser definidos e conectados (HENDRIKS et al., 2000). O número de processos necessários para a **representação do sistema em análise** depende, tanto dos objetivos do estudo, quanto da complexidade do sistema. Genericamente, os processos podem ser subdivididos em subprocessos e vice-



versa. A representação deve ser o mais simples possível, desde que apresente uma caracterização da realidade compatível com as propostas do estudo (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

Brunner e Rechberger (2004, p. 59) propõem que a etapa de mapeamento de fluxos, em uma AFM, seja realizada em dois momentos. Primeiro, é elaborada uma representação simplificada do sistema. São levantados dados de mais fácil aquisição e, então, realizado um balanço bruto dos materiais. A partir dessa visão geral, reavaliam-se as etapas anteriores e se segue um refinamento da representação do sistema e da aquisição de dados.

Como visto no item 3.1.3, há três abordagens adotadas para o delineamento de um sistema local. A abordagem mais comum e, provavelmente, mais vantajosa para fins do presente estudo, reside na estimativa de entradas e saídas de recursos e de resíduos no sistema, como um todo. Segundo Vačkář (2009), nessa opção o sistema é visto como espacialmente homogêneo. Esta abordagem se interessa pelos processos agregados do território e pela forma como eles processam materiais e energia em relação ao seu entorno e seu ambiente.

A **busca, a compilação e a manipulação dos dados** é uma tarefa central em AFM e também considerada uma das atividades mais demandantes e determinantes do nível de detalhamento do estudo. Agências estatísticas nacionais e regionais, sociedades profissionais e organizações comerciais e de consumidores podem ser boas fontes de dados específicos sobre produção, consumo e exportação, muitas vezes incluindo séries temporais. Dados sobre fluxos de resíduos, emissões de poluentes são sistematicamente coletadas por agências de proteção ambiental. Publicações científicas também são fontes ricas em informação (BRUNNER; RECHBERGER, 2004). Essas fontes de dados são as tipicamente utilizadas em AFMT.

Alguns fluxos materiais são estimados a partir de suposições, através de cruzamentos de informações, ou dos, assim chamados, “dados substitutos” (*proxy data*). “*Proxies*” são valores que auxiliam na estimativa de dados reais, quando esses não estão disponíveis. Esse tipo de estimativa é largamente utilizada nas pesquisas apresentadas na seção 3.6, de AFMT, aplicadas a municípios e regiões metropolitanas. Brunner e Rechberger (2004) ressaltam que é importante sempre checar se os “*proxies*” adotados são mesmo representativos.

Dependendo dos recursos disponíveis, os dados podem ser medidos ou buscados, individualmente, em fontes específicas. Tal abordagem é mais comumente adotada em pesquisas com alto nível de desagregação, avaliando fluxos específicos. Haja vista a

variedade de materiais considerados, nenhuma das pesquisas listadas na seção anterior faz uso desse tipo de dados.

#### **3.4.4 Elaboração do balanço de materiais**

Nessa etapa, segundo Brunner e Rechberger (2004), aplica-se o balanço de materiais, geralmente, em massa, utilizando-se o Princípio da Conservação da Massa, para cada material, em cada processo do sistema. O balanço de massa é considerado central para os autores, pelo fato de propiciar informações completas, uma vez que garante que fluxos não sejam omitidos e que erros sejam detectados.

Nem todas as AFM na escala local empreendem o balanço de materiais. Entretanto, essa parece ser uma tendência. Todas das pesquisas apresentadas no item 3.6 (BARLES, 2009; BROWNE; O'REGAN; MOLES, 2009; FEMIA; FALCITELLI, 2009; NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009), à exceção de uma (POMÁZI; ELEMÉR SZABÓ, 2009), desenvolvidas a partir de 2009, adotam métodos baseados no Guia Metodológico Eurostat e, conseqüentemente, apresentam balanços de materiais.

#### **3.4.5 Apresentação dos resultados**

Como mencionado, os resultados de uma AFM são quantidades de fluxos e estoques de materiais para o sistema em estudo. Em muitos casos, haverá uma variedade de fluxos e/ou processos sendo considerados. Para facilitar análises, os resultados precisam ser condensados de forma compreensível para seus usuários. É importante ter-se em mente que, usualmente, há dois públicos para os resultados da AFM. Um deles são os técnicos ou pesquisadores que conduzem o estudo. O outro são os atores sociais, que usarão os resultados para a tomada de decisão, e que, geralmente, não estão familiarizados com a terminologia, procedimentos e a bagagem científica da AFM.

Para facilitar a compreensão desse segundo grupo, pode-se apresentar os resultados em forma de relatórios ou de diagramas. Uma das estratégias mais usadas é a representação dos fluxos, em massa, através de diagramas conhecidos como diagramas de Sanke, nos quais os fluxos são ilustrados proporcionalmente aos seus valores. Esse tipo de ilustração é convencionalmente usado para apresentar fluxos materiais, energéticos e monetários (BRUNNER; RECHBERGER, 2004) e foram adotados para representar os resultados agregados da presente pesquisa.

#### **3.4.6 Avaliação dos resultados**

Geralmente, os resultados da AFM, por si só, são usados como ponto de partida para se analisar um sistema. Apesar das possíveis incertezas relacionadas à qualidade e forma

de organização dos dados, eles são valores objetivos. Assim, em um estudo desenvolvido com detalhe haverá pouca discussão a respeito dos resultados numéricos, em si (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

Já, a interpretação e a avaliação desses resultados é um processo subjetivo, baseado em valores morais, sociais e políticos. Um exemplo típico desse problema é a definição do que seriam taxas sustentáveis de consumo de recursos ou de emissão de resíduos: que tempo de depleção de determinado recurso pode ser considerado suficientemente longo? Outro problema surge quando se trata de comparar sistemas ou cenários alternativos. Considere-se que um sistema ou cenário apresente alguns fluxos menores e outros maiores que um sistema alternativo. A partir de que critério se poderia dizer que uma das duas alternativas é “melhor” que a outra?

Tomando-se como referência os exemplos acima, percebe-se que avaliações e pesagens não podem ser obtidas, exclusivamente, a partir de critérios científicos. Uma limitação adicional para a interpretação dos resultados de valores de fluxos é que, para usuários não técnicos e não familiarizado com discussões ambientais, eles podem ter pouco significado.

Por essas razões, muitas vezes os resultados da AFM são associados a métodos complementares de avaliação, que tentam **estabelecer os vínculos entre fluxos de materiais e impactos ambientais**. Os diferentes métodos são baseados em também diferentes ideias e princípios. Portanto, conduzirão a diferentes julgamentos e apresentarão diferentes vantagens e deficiências. Nenhum deles é considerado, de forma unânime, completo e suficiente para uma avaliação abrangente.

A decisão pela aplicação de certo método é, usualmente, determinada pelo tipo de problema sendo investigado. Segundo Brunner e Rechberger (2004), alguns métodos usuais para a avaliação de resultados de AFM são: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Intensidade Material por Unidade de Serviço, Índice de Processo Sustentável, Ecopontos, Exergia, Fluxos Antropogênicos versus Fluxos Geogênicos e Análise de Entropia Estatística.

Entre os métodos listados acima, verifica-se que a maior parte é aplicada exclusivamente à estudos de fluxos ou de processos específicos. Para essa aplicação, a alternativa mais difundida é a **Avaliação do Ciclo de Vida**, que corresponde à penúltima etapa da Análise do Ciclo de Vida e se fundamenta na norma ISO 14.042 (ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2000). A grosso modo, a avaliação é feita estabelecendo-se categorias de impactos aos quais grupos de fluxos são associados. As categorias de impacto tipicamente consideradas em Análises do Ciclo de Vida são: aquecimento global, acidificação, toxicidade a humanos, toxicidade a ecossistemas,

depleção da camada de ozônio, criação de oxidantes fotoquímicos, depleção de recursos bióticos e abióticos, eutrofização e uso do solo. Para estabelecimento de correspondências, adotam-se fatores que convertam cada fluxo em um impacto equivalente.

Para a vertente Análise dos Fluxos de Materiais Totais, Van der Voet *et al* (2005) desenvolveram um método que associa ACV à AFM. Originalmente desenvolvida para a Holanda, o método já foi aplicado a 28 países da União Europeia e na avaliação da economia portuguesa realizada por Niza (2007). Os procedimentos envolvem a associação de impactos a cada material, os quais são baseados em *Softwares* padrão para ACV (*ETH database e Ecoinvent database*), desenvolvidos na realidade europeia. Os impactos são, então, multiplicados pela massa do fluxo anual de cada material. Como resultado, obtêm-se um indicador agregado de impactos para cada fluxo ou conjunto de fluxos.

Em AFM na escala espacial local, também encontrou-se associação às abordagens de Exergia, de Pegada Ecológica e de Fluxos Antropogênicos versus Fluxos Geogênicos. A abordagem de Exergia, identificada em duas pesquisas de AFTM (HUANG; HSU, 2003; ZHANG; YANG; YU, 2009), converte todos os fluxos em valores energéticos. Nesse caso, o critério de avaliação é o consumo de energia. Questões como acidificação, toxicidade e outros não são consideradas, pelo menos, diretamente.

Outra associação comum em resultados de AFTM, na escala espacial local, é à Pegada Ecológica, a qual tem uma abordagem semelhante ao Índice de Processo Sustentável. Ambas partem do princípio de que o impacto das demandas antropogênicas pode ser medido em termos da área de terra necessária para supri-las. A Pegada Ecológica está associada à AFTM de Londres (BEST FOOT FORWARD, 2002), a qual será apresentada posteriormente.

A abordagem de Fluxos Antropogênicos versus Fluxos Geogênicos avalia os montantes correntes de fluxos e estoques de materiais, a partir da comparação com as condições prévias à interferência humana.

Analisando-se as alternativas apresentadas na presente seção para conversão dos resultados da AFM em estimativas de impactos, a presente autora avalia que, considerando-se os atuais limites do conhecimento científico e a complexidade dos mecanismos ambientais decorrentes dos processos e atividades humanas, a vinculação de qualquer causa a impactos ambientais finais ainda é incerta. Assim, qualquer forma de conversão dos resultados da AFM, seja em área equivalente de terra, como proposto pela abordagem da pegada ecológica, ou em um indicador agregado de impactos, como proposto por Voet *et al* (2005), adiciona grandes incertezas e imprecisões, os quais podem frustrar esforços de

desenvolvimentos metodológicos da AFM que forneçam resultados representativos do contexto analisado. Além disso, no contexto das atividades de desenvolvimento municipal, questiona-se a utilidade de indicadores altamente agregados.

Como decorrência, desconsiderou-se, na presente pesquisa, a alternativa de associação da AFM a outros métodos. No que se refere ao uso de ferramentas de ACV, uma razão adicional para essa opção foi o fato de não haver bancos de dados de ACV disponíveis no Brasil. Considera-se que informações estrangeiras, provavelmente, não seriam representativas da realidade nacional. As diferenças entre países, no que concerne às tecnologias produtivas, à matriz energética e a outros fatores, são determinantes de desempenhos ambientais muito distintos para produtos similares. Pondera-se, ainda, que, para a realidade brasileira, a solução não estaria apenas relacionada à criação de bancos de dados genéricos, de setores como um todo. A heterogeneidade de processos produtivos se reflete na geração de cargas ambientais muito diferentes para produtos semelhantes, mesmo dentro do território nacional.

### 3.5 MÉTODO PADRONIZADO PARA PAÍSES EUROPEUS: GUIA EUROSTAT

O guia metodológico Eurostat foi publicado, em 2001, pela Agência Estatística da União Europeia, com a finalidade de proporcionar um método padronizado, que represente o sistema econômico de países europeus em termos físicos, ao invés de econômicos. O método vincula a Análise e Contabilidade de Fluxos Materiais a estatísticas nacionais oficiais (EUROSTAT, 2001). Pelas suas características e aplicações, o método se enquadra na vertente AFTM.

Duas publicações posteriores ao guia geral, de 2001, fornecem detalhamentos para a quantificação dos fluxos de forma padronizada entre os diferentes países, além de planilhas-padrão, em formato Excel, para a organização dos dados e relatório das informações à Eurostat (EUROSTAT, 2009, 2013).

#### 3.5.1 Fronteiras do sistema

É conceitualmente baseada em um modelo no qual a sociedade/economia está embutida no ambiente planetário, conectando-se a ela via fluxos de materiais e de energia. O sistema definido pelo método Eurostat é a economia nacional, no período de um ano. A partir dessa definição, são determinadas entradas e saídas do sistema, em relação ao ambiente e às demais economias, bem como o estoque acumulado no período. Os fluxos apenas cruzam

as fronteiras do sistema, de forma que **não é abordada a circulação de materiais no seu interior** (EUROSTAT, 2001). Esta característica torna a aplicação do método relativamente simples, ao se comparar com alternativas de análise de processos dentro do sistema em estudo. Segundo Barles (2009), por essa razão, o Guia Eurostat tem sido predominantemente adotado como referência para aplicações na escala local e regional.

### 3.5.2 Definição de fluxos e materiais

Os fluxos e estoques considerados são praticamente todos aqueles que entram na economia nacional. São classificados em categorias e subcategorias, divididos em três grupos principais: entradas, estoques e saídas. As categorias de nível superior estão apresentadas na Figura 6.

ENTRADAS	SAÍDAS
<p><b>Extração doméstica (utilizada)</b> Combustíveis fósseis Minerais Biomassa</p>	<p><b>Emissões e resíduos</b> Emissões para a atmosfera Resíduos depositados em aterros Emissões para a água</p>
<p><b>Importações</b> Matérias-primas Produtos semi-manufaturados Produtos finais Outros produtos Embalagens importadas com os produtos Resíduos importados para o tratamento final e descarte</p>	<p><b>Uso dissipativo de produtos e perdas dissipativas</b> Uso dissipativo de produtos Perdas dissipativas</p>
<p><b>Exportações</b> Matérias-primas Produtos semi-manufaturados Produtos finais Outros produtos Embalagens exportadas com os produtos Resíduos exportados para o tratamento final e descarte</p>	<p><b>Exportações</b> Matérias-primas Produtos semi-manufaturados Produtos finais Outros produtos Embalagens exportadas com os produtos Resíduos exportados para o tratamento final e descarte</p>
<p><u>Memorandum itens para balanço</u> <i>O<sub>2</sub> para a combustão</i> <i>O<sub>2</sub> para a respiração</i> <i>Nitrogênio para a emissão por combustão</i> <i>Ar para outros processos industriais (gás liquefeito de gases técnicos...)</i></p>	<p><u>Memorandum itens para balanço</u> <i>Vapor de água associado à combustão</i> <i>Evaporação de água a partir de produtos</i> <i>Respiração dos seres humanos e animais (CO<sub>2</sub> e vapor d'água)</i></p>
<p><b>Extrações domésticas não utilizadas</b> Extração não utilizada da indústria extrativa Biomassa não utilizada da colheita Escavação do solo e dragagem</p>	<p><b>Extrações domésticas não utilizadas</b> Extração não utilizada da indústria extrativa Extração da biomassa não utilizada da colheita (devoluções de capturas acessórias, as perdas de colheita e resíduos) Escavação do solo e drenagem</p>
<p><b>Fluxos indiretos associados à importação</b></p>	<p><b>Fluxos indiretos associados às exportações</b></p>

Figura 6: Classificação das categorias principais de entradas e de saídas, segundo a Eurostat (2001).

Note-se que o Eurostat faz três distinções específicas. Distingue-se, territorialmente, a origem e o destino dos fluxos, nomeando-os como **fluxos domésticos e fluxos de/para o resto do mundo**. Para os fluxos de importação e exportação, distinguem-se **fluxos diretos**

**e indiretos**, que são, respectivamente, fluxos que realmente entram na economia e fluxos que ocorrem anteriormente, em processos de extração e de produção. Fluxos indiretos não podem ser medidos, pois não são incorporados ao produto final. São estimados a partir de equivalentes. Extração, especificamente, é classificada em **usada** e **não usada**. Exemplos de extração não usada são o solo e as rochas escavadas durante processos de construção.

Apêndices do guia metodológico Eurostat (2001) fornecem listas detalhadas de materiais e produtos, classificados segundo a proposta do método e compatíveis com outras classificações estatísticas. No caso de importações e exportações, os materiais são associados aos Códigos de Sistema Harmonizado, estabelecidos, internacionalmente, para a classificação e para a descrição de mercadorias.

### 3.5.3 Fontes de dados e métodos de quantificação

Fluxos de entrada e de saída são medidos em unidades de massa e estimados a partir de relatórios estatísticos. Fluxos, eventualmente, disponíveis em volume ou unidades de energia, devem ser convertidos a partir de coeficientes de conversão (EUROSTAT, 2001, p. 45).

O guia metodológico Eurostat (2001) indica uma lista com as principais fontes de dados passíveis de serem usadas para estimar cada classe de fluxo, na escala nacional, na União Europeia. Também apresenta alternativas para a estimativa de fluxos que não podem ser estatisticamente capturados, tais como fluxos indiretos. Para cada classe de fluxo, são indicados métodos gerais de quantificação. Também são indicados procedimentos de cálculo para se reduzirem os riscos de dupla contagem e para se estabelecerem padrões para questões ambíguas, como o cômputo de fluxos relacionados ao turismo.

As duas publicações posteriores ao guia geral, de 2001, fornecem detalhes para a quantificação dos fluxos de forma padronizada entre os diferentes países, além de planilhas-padrão, em formato Excel, para a organização dos dados e relatório das informações à Eurostat. A primeira publicação, ***Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire - Version 01*** (EUROSTAT, 2009), apresenta detalhes gerais e as mencionadas planilhas. Duas versões posteriores foram publicadas, atualizando as estimativas padronizadas para fluxos específicos. A publicação ***Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA) - Compilation Guide 2012*** (EUROSTAT, 2013), por exemplo, limita-se a questões técnicas de compilação dos dados de extração doméstica e fluxos de comércio exterior.

### 3.5.4 Elaboração do balanço de materiais

Do ponto de vista de procedimentos, a elaboração do balanço de materiais será a última etapa, depois que os cálculos individuais das principais categorias de entradas, de saídas e a adição ao estoque tenham sido realizados. Esses cálculos individuais são subgrupos do balanço, realizados em uma sequência de 11 cálculos individuais, a partir dos quais se derivam indicadores. A figura 7 apresenta os principais indicadores propostos por Eurostat (2001), os quais são utilizados para a comparação de diferentes países. Esses indicadores têm sido incorporados nas AFMs conduzidas na escala local e também foram calculados para o caso estudado na presente pesquisa, com algumas adaptações, propostas por Barles (2009), descritas no item 3.7.2.

Grupos	Indicador e cálculo
Indicadores de entradas	<i>DMI - Direct Material Input</i> Cálculo: extração + importação
	<i>TMR - Total Material Requirement</i> Cálculo: DMI + fluxos indiretos
Indicadores de saídas	<i>DPO - Domestic Processed Output to Nature</i> <sup>(1)</sup> Cálculo: resíduos e emissões encaminhadas para a natureza local.
	<i>DMO - Direct Material Output</i> Cálculo: DPO + exports
Indicadores de consumo	<i>DMC - Domestic Material Consumption</i> Cálculo: DMI - exportação
	<i>TMC - Total Material Consumption</i> Cálculo: TMR – (Exports + Indirect flows associated to exports)
	<i>NAS – Net Addition to Stock</i> <sup>(1)</sup> Cálculo: DMC – DPO

Nota: <sup>(1)</sup> No presente trabalho incorporou-se uma adaptação à escala local, proposta por Barles (2009), a qual sugere um novo indicador, que engloba também resíduos exportados para a natureza local: *LEPO - Local and Exported Processed Output* (cálculo: *DPO + exported flows to local nature*).

<sup>(2)</sup> Como decorrência da adaptação anterior, o cálculo do NAS sofre uma pequena alteração, de forma que:  $NAS = DMC - LEPO$ .

Figura 7: indicadores derivados da AFM (EUROSTAT, 2001).

No que se refere ao fechamento do balanço, adota-se o princípio de conservação de massa e realiza-se o balanço material do sistema, de forma que as entradas devem ser equivalentes à soma das saídas e da adição ao estoque, conforme apresentado na figura 8.

### 3.5.5 Apresentação dos resultados

O esquema geral de apresentação do balanço material proposto por Eurostat (2001) é representado na Figura 8.



Este esquema exclui o consumo de água e ar. A Eurostat (2001) sugere que as quantificações de recursos hídricos sejam realizadas e apresentadas separadamente, visto que, geralmente, apresentam uma ordem de magnitude maior do que todos os outros materiais.

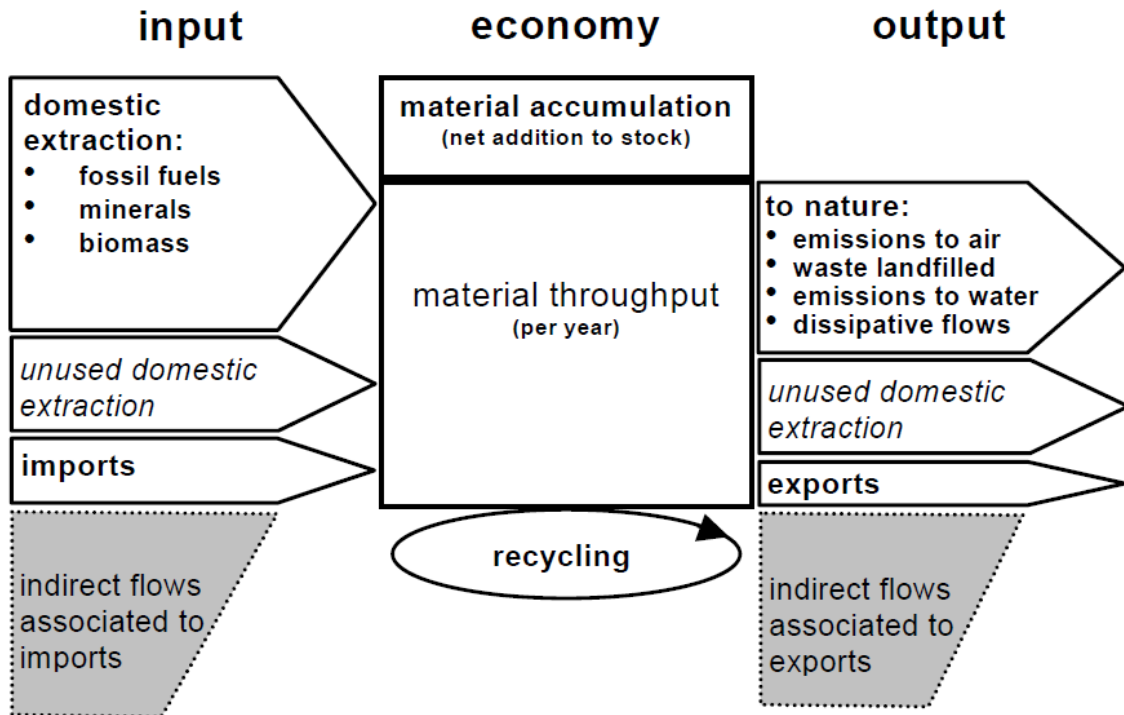


Figura 8: Síntese do balanço material, excluindo fluxos de ar e água (EUROSTAT, 2001).

O guia também estabelece padrões para a apresentação de resultados, em diferentes níveis de agregação. Como os fluxos são computados em categorias e subcategorias, a estrutura expositiva pode prover diversos níveis de detalhamento, permitindo a identificação de fluxos específicos, cujas gestões devam ser priorizadas (ex: balanço de emissões de carbono, reciclagem de papel, uso de produtos intensivos no uso de energia, como metal ou cimento, etc.). Entretanto, como ressalta a própria agência autora, ao se trabalhar com altos níveis de detalhe pode-se perder a compreensão das tendências gerais.

No extremo oposto, o guia apresenta sugestões de indicadores-padrão, derivados do balanço de materiais, e que fornecem informações altamente agregadas (EUROSTAT, 2001).

### 3.5.6 Interpretação e avaliação dos resultados

O uso de recursos tem sido considerado, na União Europeia, como questão primária relacionada à sustentabilidade a longo prazo e, conseqüentemente, a políticas ambientais. A

iniciativa de desenvolvimento de um método padrão para condução de AFM dos estados nacionais europeus emerge desse contexto (EUROSTAT, 2001).

Assim, a principal aplicação dos resultados da AFM, segundo Eurostat (2001), têm sido a avaliação das economias nacionais, a partir das demandas, em termos absolutos e em termos de eficiência, comparando-as entre si ou em diferentes momentos no tempo.

Os indicadores derivados dos balanços materiais parecem representar a forma de apresentação de resultados mais útil para esse fim. A eficiência tem sido medida em termos estritamente materiais ou associada ao desempenho econômico. Medidas de eficiência do conjunto dos processos e atividades da economia são obtidas através da comparação entre indicadores derivados da AFM (por exemplo: demanda total de recursos x recursos efetivamente consumidos). Já, medidas de eficiência associadas ao desempenho econômico são obtidas comparando-se indicadores derivados da AFM com indicadores econômicos. Tipicamente, relacionam-se os indicadores de maior nível de agregação (Requerimentos Totais de Materiais x Produto Interno Bruto). Eurostat (2001) apresenta, como exemplo, gráficos para economias nacionais específicas, comparando esses dois indicadores ao longo do tempo.

### 3.6 ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS APLICADA A CIDADES, MUNICÍPIOS E REGIÕES METROPOLITANAS

Depois de Wolman (1965), foram identificados na literatura 16 estudos de caso **aplicados nas escalas meso e macrolocal (municípios ou regiões metropolitanas), analisando fluxos totais de materiais**. Aqueles publicados a partir de 1999 são discutidos nessa seção e estão apresentadas na Figura 9. Cópias dos três estudos realizados antes desse período não foram encontradas. Desses, todos são do final da década de setenta e incluem Bruxelas (DUVIGNEAUD; DENAEYER-DE SMET, 1977), Tóquio (HANYA; AMBE, 1976) e Hong Kong (NEWCOMBE; KALMA; ASTON, 1978b). Esse último estudo foi atualizado para o ano de 1997, por Warren-Rhodes e Koenig (2001), e está presente na Figura 9.

Observa-se que, até uma década atrás, pesquisas em metabolismo, na escala local, ainda eram consideradas raras (DECKER et al., 2000, p. 717; UNITED NATIONS, 1992). Desde então, um limitado, porém crescente, número de estudos, tem sido desenvolvido. Observa-se, como demonstrado a seguir, que **sete entre as quatorze pesquisas tem como origem e aplicação o contexto europeu**. Cinco desses estudos estão entre os mais recentes encontrados, publicados no ano de 2009. O fato de haver um método consolidado (EUROSTAT, 2001), desde 2001, para a condução de AFM na escala nacional na União

Europeia, demonstra o reconhecimento, por parte desse conjunto de países, da representatividade dos fluxos de materiais como fontes de impactos ambientais. Talvez sua existência justifique a concentração de pesquisas em AFM na escala local na Europa, visto que é neste método que quatro entre os cinco trabalhos mais recentes se baseiam. Diferentes adaptações são realizadas, no entanto, para corresponder à disponibilidade de dados de cada contexto. As fronteiras dos sistemas, nesses estudos, coincidem com as dos limites físico-administrativos locais, justamente em função da disponibilidade de dados estatísticos. No presente trabalho, referir-se-á à essa escala de análise (limites físico-administrativos local) como sendo a do município, visto ser a nomenclatura correspondente, no Brasil e, aparentemente, também próxima à tradução usada nas publicações em língua inglesa para *municipality*. A referência à escala macrolocal será a da região metropolitana. Quando as regiões avaliadas corresponderem a recortes muito diferentes do mencionado, ressalvas serão apresentadas. Esses estudos, em geral, são estáticos, caracterizando a realidade a partir de um único ano.

Municípios asiáticos têm sido objeto de AFMs em séries temporais, mapeando tendências históricas. Tais cidades são consideradas convenientes para esse tipo de estudo, devido às mudanças produtivas e econômicas e à rápida urbanização ocorrente nas últimas décadas. Os casos identificados incluem Cingapura (SCHULZ, 2007), Taipei (HUANG; HSU, 2003) e Hong Kong (WARREN-RHODES; KOENIG, 2001).

Toronto (SAHELY; DUDDING; KENNEDY, 2003) e Sidney (NEWMAN, 1999) são os únicos casos identificados na América do norte e na Oceania, respectivamente. Há referências a um estudo para a Cidade do Cabo, na África do Sul (GASSON, 2002 apud POMÁZI; ELEMÉR SZABÓ, 2009), mas não foi possível localizar uma cópia da publicação.

Na América do Sul, tem-se conhecimento, apenas, o estudo de Montevideu, desenvolvido por Mimbacas (2012), em paralelo ao presente trabalho, dentro do mesmo grupo de pesquisa. Entretanto, essa pesquisa objetivou, apenas, quantificar o consumo doméstico de materiais do sistema analisado e usou procedimentos bastante distintos dos adotados no presente trabalho.

Ressalta-se que não se encontrou nenhum estudo de AFM, ou sob o rótulo metabolismo urbano, aplicado a municípios ou a cidades brasileiras contemporâneas. Na escala local, localizou-se apenas uma pesquisa, que analisa três comunidades amazônicas, agroextrativistas, da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará (RAMOS, 2001). O método adotado pela autora diferencia-se totalmente daqueles apresentados na Figura 9, visto não

haver dados para esse perfil de comunidade. Assim, inclui acompanhamento das atividades da comunidade e pesagem dos materiais extraídos e comercializados.

Na escala nacional, encontrou-se referência a duas teses. A primeira, desenvolvida por Machado (2001), é prévia ao Guia Eurostat (2001). O trabalho se propõe a um detalhamento metodológico próprio para o contexto nacional e a compará-lo com resultados de outros países. O segundo estudo, desenvolvido por Tanimoto (2010), realiza a AFM do Brasil dos anos de 1997, 2001 e 2006. Segundo o autor, segue rigorosamente Guia Eurostat (2001) e a publicação ***Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire - Version 01*** (EUROSTAT, 2009).

Além dos estudos apontados na Figura 9, contabilizando fluxos abrangentes em cidades, municípios ou regiões metropolitanas contemporâneas, caracterizadas em momentos diferentes de 1970 até o presente, a abordagem de metabolismo ou de AFM também têm sido aplicada em estudos com propostas diversas. Alguns autores propõem a caracterização de metabolismo ou a adaptação da AFM, através do uso de indicadores. São exemplos os sistemas de indicadores desenvolvidos por Rueda (1999), para cidades espanholas, por Zhou (2010), aplicado à Chengyang e por Zhang, Yang e Yu (2009), aplicado à Pequim. Este último estudo adota o conceito de emergia para converter indicadores e fluxos a unidades comuns. Emergia tem sido utilizada principalmente em estudos desenvolvidos na ecologia, mas também é encontrada em estudos como o de Huang e Hsu (2003), do Departamento de Planejamento Urbano da Universidade Nacional de Taipei, para avaliação de fluxos de materiais de construção. A análise a partir da emergia se originou com Odum (1996 apud ZHANG; YANG; YU, 2009) e é definida como a soma de todos os fluxos de energia consumida, direta ou indiretamente, por um processo.

Outras análises encontradas, na escala local, focam em fluxos de materiais específicos, como madeira (HENDRIKS et al., 2000), ou em substâncias específicas.

As pesquisas mencionadas no parágrafo acima são citadas a título de ilustração da profusão de iniciativas baseadas no conceito de metabolismo. Entretanto, reforça-se que o foco do presente trabalho se dá em pesquisas categorizadas como Análise de Fluxos Totais de Materiais. Nesse recorte, Hammer et al. (2003) afirmam que, comparado com o grande número de estudos em AFTM em nível nacional, estudos relacionados a escala regional e local ainda são muito limitados e um método padrão, tal como o apresentado pela Eurostat (2001), ainda não foi desenvolvido.

Ao se observar a tabela 13, verifica-se que cada autor faz diferentes suposições, baseadas nos diferentes dados e nas características da área em estudo. Essas suposições refletem

em diferenças nos métodos de quantificação, nos materiais incluídos, nas formas de agregação dos fluxos, nos indicadores derivados e nos termos adotadas.

Duas pesquisas recentes, a conduzida por Barles (2009) e a conduzida por Niza, Rosado e Ferrão (2009) procuram, estabelecer métodos de Análise de Fluxos Totais de Materiais na escala local, que possam ser aplicados a diferentes contextos e permitir comparações de desempenho. Ambas as pesquisas buscam fazer adaptações do método proposto pela EUROSTAT para a análise na escala local. Barles (2009) propõem um método para uso na França e o testa em Paris. A autora concluiu, entretanto, que, para outros municípios do país, provavelmente haverá limitações quanto à disponibilidade de dados. Niza, Rosado e Ferrão (2009) aplicam o método a Lisboa.

**Essas iniciativas de proposição de estruturas reproduzíveis**, ainda que testadas em um único caso, **buscam alternativas** para a lacuna de investigação identificada por Garcia (2009, p. 12) e por Kennedy (2007), que é a falta de comparabilidade nos estudos realizados até então.

Estudo de caso / Vínculo dos autores	Objetivos da pesquisa	Método	Fronteiras			Fontes de dados
			Horizonte Temporal	Abrangência espacial <sup>1</sup>	Fluxos considerados e classificação	
<p><b>1) Paris e região - França</b> (BARLES, 2009)</p> <p><i>Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines -UMR 7136 Architecture, Urbanisme, Sociétés CNRS et Université de Paris 8.</i></p>	<p>Examinar a aplicabilidade da AFM na escala regional e urbana na França;</p> <p>Selecionar o método mais apropriado;</p> <p>Identificar dados disponíveis;</p> <p>Calcular o balanço de materiais de Paris.</p>	<p><b>Eurostat adaptado:</b></p> <p>1° Inclusão dos memorandum itens para o cálculo da adição ao estoque (NAS);</p> <p>2° Resíduos (reciclados ou não) precisam ser distinguidos entre aqueles que ficam no sistema e aqueles que são exportados;</p> <p>3° Inclusão de um indicador (LEPO) adicional de saídas.</p>	2003	<p>3 escalas: município, subúrbios circundantes e região.</p> <p>Considera fronteiras físicas/territoriais administrativas.</p>	<p>Adota classificação de fluxos delineada no método Eurostat, com exceção:</p> <p><b>FLUXOS EXCLUÍDOS:</b></p> <p>Não mede fluxos ocultos (fluxos indiretos e extrações não utilizadas).</p> <p>Não considera consumo de água.</p>	<p>Diversas fontes e escalas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estatísticas nacionais e regionais.</li> <li>- Dados diretos e indiretos.</li> <li>- Alguns dados requereram compilação de mais de uma fonte<sup>2</sup>.</li> </ul>
<p><b>2) Lisboa - Portugal</b> (NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009)</p> <p>Centro de Estudos em Inovação, Tecnologia e Políticas para o Desenvolvimento.</p>	<p>Estabelecer uma estrutura metodológica para a representação de áreas urbanas baseada no método Eurostat, usando dados estatísticos.</p>	<p><b>Eurostat adaptado:</b></p> <p>É utilizado um conjunto de matrizes que, associadas, permitem calcular cada uma das categorias de fluxos e o fechamento do balanço de materiais da cidade.</p>	2004	<p>Município de Lisboa, exclui-se a região metropolitana.</p>	<p>Adota classificação de fluxos delineada no método Eurostat.</p> <p><b>ENTRADAS</b> (apenas importações):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomassa;</li> <li>- Combustíveis fósseis;</li> <li>- Metais;</li> <li>- Minerais não metálicos.</li> </ul> <p><b>ESTOQUES:</b> mesma classificação de entradas.</p> <p><b>SAÍDAS</b> (apenas resíduos sólidos, separados por destino - reciclagem, incineração e aterro sanitário):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Municipais;</li> <li>- Industriais;</li> <li>- Construção e demolição.</li> </ul> <p><b>FLUXOS EXCLUÍDOS:</b></p> <p>Desconsidera produção e extração local, por considerá-las nulas ou insignificantes na cidade. Consequentemente, saídas são apenas resíduos. Não considera água.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversas fontes e escalas: urbana, regional e nacional.</li> <li>- É feito largo uso de ponderação de dados nacionais:</li> <li>- <b>IMPORTAÇÃO:</b> Estimada como uma fração do comércio internacional e dos transportes nacionais, função do número de trabalhadores (para atacado) e do número de habitantes e do poder de compra da cidade (para varejo).</li> <li>- A avaliação das incertezas associadas às estimativas é feita comparando-se materiais para os quais há dados diretos, estimativas com dados específicos.</li> </ul>

<sup>1</sup> Foca-se, nesta coluna, em regiões administrativas e não em superfícies. Visto a disparidade de formas de organização territorial entre países, foi necessário um esforço de comparação, tomando-se como referencia a classificação brasileira. Assim, imprecisões podem ocorrer.

<sup>2</sup> Barles (2009) ressalta que a aplicação da AFM em Paris só foi possível pelo fato de a cidade se beneficiar do status administrativo de ser, tanto uma municipalidade, quanto um *département* (subdivisões regionais compostas por municipalidades). Assim, segundo a autora, possivelmente, os dados necessários não estejam disponíveis para outras cidades francesas.

<p><b>3) Limerick e região</b> -Irlanda (BROWNE; O'REGAN; MOLES, 2009)</p> <p>Departamento de Transporte de Dublin; Centro para Pesquisas Ambientais - Universidade de Limerick;</p>	<p>Medir fluxos de produtos e resíduos, na cidade de Limerick e sua região.</p> <p>Compõem pesquisa de aplicação de diferentes métodos de avaliação de sustentabilidade urbana a cidades irlandesas. Objetiva a elaboração de um conjunto de ferramentas para avaliar tendências. Propõem um indicador de eficiência para cada setor, calculado a partir da razão do total de resíduos gerados, pelo total de materiais consumidos.</p>	<p><b>Eurostat adaptado:</b> 1° Não segue exatamente o método; faz um balanço material, a partir de <i>proxies</i>. 2° É proposto um indicador de eficiência metabólica; 3° Fluxos são organizados de maneira distinta do método Eurostat (ver fluxos considerados).</p>	<p>1996 e 2002</p>	<p>Limerick e região metropolitana.</p>	<p>Os dados originais são organizados segundo o Padrão Internacional de Classificação do Comércio (<i>Standard International Trade Classification – SITC</i>); Depois são reagrupados em 9 categorias principais: Alimentos; Texteis e couros; Papeis e papelões; Químicos, borrachas e plásticos; Produtos metálicos e bens domésticos duráveis; Maquinaria industrial; Maquinaria de transporte; Móveis e produtos de madeira; Materiais de construção e minerais não metálicos.</p> <p>Por fim, são divididos entre: - Consumo de materiais e produtos; - Resíduos comerciais, industriais e domésticos</p> <p><b>FLUXOS EXCLUÍDOS:</b> Não mede fluxos ocultos (fluxos indiretos e extrações não utilizadas). Não considera consumo de água.</p>	<p>- Diversas fontes e escalas: urbana, regional e nacional. - Em geral, dados de produção e comércio são convertidos a partir de dados nacionais; e dados de resíduos, a partir de fontes locais; - Ponderação de dados nacionais é utilizada para “desagregar” em valores locais. - Alguns dados de produção são convertidos, a partir de dados monetários: dados de exportação são usados para calcular o peso das vendas do produto, o qual é estimado dividindo-se o valor das vendas pelo valor de tonelada exportada, para aquele ano, em cada setor industrial.</p>
<p><b>4) Palermo – Itália</b> (FEMIA; FALCITELLI, 2009)</p> <p><i>Technical Secretariat of the Sicilian Local Agenda 21 Coordination Board</i></p>	<p>Não é mencionado explicitamente, mas parece se propor a: a) Realizar um balanço dos fluxos; b) Identificar tendência; c) Comparar resultados com dados nacionais, per capita.</p>	<p><b>Eurostat:</b> O método usado não é informado no artigo, mas parece corresponder ao Eurostat. Também não são mencionadas adaptações. É realizado o balanço total e são calculados indicadores.</p>	<p>Variável 1995 - 2005</p>	<p>Província: engloba 82 comunas (semelhantes a municípios) e 1.198.644 habitantes.</p>	<p>A classificação não é explicitada e os resultados são apresentados graficamente, de forma bastante agregada. Aparentemente, usa a classificação Eurostat. Contabiliza, inclusive, fluxos ocultos, de extrações não utilizadas.</p>	<p>Não é mencionado.</p>
<p><b>5) Budapeste – Hungria</b> (POMÁZI; ELEMÉR SZABÓ, 2009)</p> <p><i>Department of Social and Economic Geography, Eötvös Loránd University</i></p>	<p>Não é mencionado explicitamente, mas parece se propor a: a) Realizar um balanço dos fluxos; b) Comparar resultados com dados <i>per capita</i> nacionais e estimados pela OECD.</p>	<p>O método usado não é informado no artigo. Quantifica alguns fluxos e estoques. Apresenta, basicamente, valores agregados. Não há padronização para a apresentação dos fluxos.</p>	<p>Variável Valores totais agregados: 1955 - 2005</p>	<p>Budapeste e região metropolitana “<i>Greater Budapest</i>”.</p>	<p>Adota classificação própria: <b>ENTRADAS:</b> -Água; - Energia: gás natural, eletricidade e “aquecimento”; - Comida. <b>SAÍDAS:</b> - Águas residuais; - Resíduos sólidos municipais; - Emissões aéreas: CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e material particulado. <b>ESTOQUES:</b> - Edificações; - Frota de automóveis.</p>	<p>- Diversas fontes nacionais e da OECD.  - Não é mencionado o uso de ponderação de dados nacionais.</p>

<p><b>6) Cingapura</b> (SCHULZ, 2007)</p> <p><i>Energy Futures Lab Urban Energy Systems Imperial College London</i></p>	<p>Identificar: a) Como a composição e o grau de utilização de materiais caracterizam-se na escala urbana; b) Como a composição e o grau de utilização de materiais mudam através do tempo; c) Em que extensão o uso de recursos e as atividades econômicas estão atrelados, em Cingapura, nos últimos 40 anos.</p>	<p>Próprio: quantifica e compara a extração doméstica, a importação e a exportação de Cingapura ao longo de 41 anos.</p>	<p>1962 - 2002</p>	<p>Cidade-Estado de Cingapura</p> <p>Observe-se que, neste caso, dados são facilmente obtidos pelo fato de ser uma cidade-estado e, por isso, ser possível adotar dados comerciais internacionais.</p>	<p>Considera apenas extração doméstica, importação e exportação.</p> <p>Os dados originais são organizados segundo o Padrão Internacional de Classificação do Comércio (<i>Standard International Trade Classification – SITC 1</i>). United Nations Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE), o qual apresenta valores, tanto em unidades monetárias, quanto em unidades físicas (volume e massa). As últimas foram as utilizadas na pesquisa.</p> <p>A partir da SITC, que apresenta 196 mercadorias, reagrupa-as em 5 categorias principais, a partir dos materiais predominantes: - Biomassa; - Materiais de construção, - Minerais industriais; - Combustíveis fósseis; - Produtos finais e semi-finais.</p> <p>FLUXOS EXCLUÍDOS: Não mede fluxos ocultos e indiretos. Não considera saídas, à exceção exportações. Não considera consumo de água.</p>	<p><i>United Nations Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE)</i> – para dados comerciais;</p> <p>Anuário Estatístico da Organização de Agricultura e Alimentos de Cingapura (FAO) – para dados de silvicultura, pecuária.</p> <p>Anuário da <i>U.S. Geological Survey (USGS)</i>, para dados de extração mineral para a construção.</p>
<p><b>7) Hamburgo, Wiena e Leipzig</b> (HAMMER; GILJUM; WINKLER, 2006)</p> <p><i>Sustainable Europe Research Institute (SERI), Vienna.</i></p>	<p>Não é mencionado explicitamente, mas parece se propor a: a) Calcular o Consumo Doméstico de Materiais para três regiões metropolitanas; b) Identificar a intensidade material e a eficiência da economia das regiões; b) Discutir problemas metodológicos da AFM, na escala das regiões metropolitanas.</p>	<p><b>Eurostat adaptado:</b> não apresenta resultados de entrada e saída detalhados, como proposto por Eurostat. Também não descreve os procedimentos para cálculo dos fluxos na escala local.</p>	<p>Hamburgo e Leipzig: 1991 a 2001. Viena: 1993 a 2003</p>	<p>Região metropolitana de Hamburgo, Wiena e Leipzig</p>	<p>São apresentados, no artigo, apenas resultados do Consumo Doméstico de Materiais, segundo os seguintes grandes grupos: - produtos químicos; - energia e produtos de fontes fóssil; - minerais e materiais de construção; - produtos de biomassa e biomassa; - outros bens.</p>	<p>Os autores dizem terem usados dados próprios calculados. Não é informada a procedência das informações originais</p>



<p><b>8) Toronto</b> (SAHELY; DUDDING; KENNEDY, 2003)</p> <p><i>Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada</i></p>	<p>Caracterizar o metabolismo de Toronto e compara-lo com o de outras cidades, especificamente, com Sydney e Hong Kong.</p>	<p>Quantifica e compara as entradas e saídas de Toronto, nos anos 1987 e 1999.</p>	<p>1987 e 1999</p>	<p>Toronto e região metropolitana "Greater Toronto".</p>	<p>Adota classificação própria: ENTRADAS: - Alimentos (cereais, frutas, vegetais, laticínios, carne, produtos marinhos, óleos, gorduras e açúcares); - Materiais (madeira serrada e concreto); - Energia (gasolina, eletricidade e gás natural); - Água; SAÍDAS: - Emissões aéreas (particulados, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOCs); - Resíduos sólidos (apenas doméstico, mas apresenta estimativa grosseira do volume total de resíduos não domésticos). - Águas residuais: apenas total, sem setor de origem. Também quantifica DBO e percentuais de tratamento do esgoto. RECICLAGEM: apresenta estimativa global de percentual nos resíduos sólidos.</p>	<p>Dados públicos locais, a exceção dos alimentos, para os quais se assume a média nacional, obtida através da <i>Food and Agricultural Organization (FAO)</i>.</p>
<p><b>9) Taipei</b> - Taiwan (HUANG; HSU, 2003)</p> <p><i>Graduate Institute of Urban Planning, National Taipei University.</i></p>	<p>Incorporar AFM para investigar a sustentabilidade urbana de Taipei, no que se refere à construção.</p>	<p>Quantifica materiais, a partir da unidade de área ou de comprimento das obras. A partir disso, multiplica-as por estimativas de movimento de materiais, de cada tipo de construção. Propõe uma estrutura de indicadores.</p>	<p>1991-1998</p>	<p>Cidade (apenas área urbana) de Taipei</p>	<p>Adota classificação própria. Considera apenas os seguintes materiais de construção: areia, brita, cimento e asfalto.</p>	<p>Estatísticas ou relatórios de agências públicas.</p>
<p><b>10) Londres</b> (BEST FOOT FORWARD, 2002)</p>	<p>a) Catalogar e quantificar os dados de consumo de recursos em Londres e, quando possível, mapear os fluxos desses recursos.  b) Calcular a pegada ecológica de Londres;  c) Elaborar cenários para a cidade em 2050, a partir de diversas medidas ambientais.</p>	<p>Busca seguir o modelo usado por <i>Forum for the Future</i> (LINSTED; EKINS, 2001), na elaboração do balanço de materiais do Reino Unido. Entretanto, vai além da mencionada estrutura, cobrindo uma gama muito maior de fluxos. O estudo estima, apenas, as principais categorias de consumo, como matérias de construção, assim como, de fluxos de resíduos prioritários estipulados pela Comissão Europeia.</p>	<p>2000</p>	<p>Londres e Região Metropolitana – "Greater London".</p>	<p>Adota classificação geral própria, organizada segundo os seguintes grupos: IMPORTAÇÕES; PRODUÇÃO; EXPORTAÇÕES; GERAÇÃO DE RESÍDUOS; CONSUMO; ESTOQUE.  Os grupos são compostos dos seguintes subgrupos: - Energia direta (por tipo e setor de demanda); - Materiais (de construção, brutos, madeira e similares, metais, químicos e manufaturados); - Alimentos (por tipo e consumo – humano/ animal); - Resíduos sólidos (por tipo e setor gerador); - Água (por setor e perdas); - Emissões de CO<sub>2</sub>, relacionadas ao transporte e ao consumo de energia. RECICLAGEM: apresentada apenas para alguns materiais, em função de serem confidenciais. FLUXOS EXCLUÍDOS: Não mede fluxos ocultos e indiretos. Não mede emissões aéreas, à exceção das mencionadas.</p>	<p>- Diversas fontes municipais e nacionais.  - É feito largo uso de <i>proxies</i> de dados nacionais.</p>

<p><b>11) Hong kong - China</b> (WARREN-RHODES; KOENIG, 2001)</p> <p><i>National Research Council at NASA-Ames research Center;</i></p> <p><i>Department of Civil Engineering, University of Hong Kong.</i></p>	<p>Atualizar o estudo desenvolvido por Newcombe et al. (1978) para o ano de 1997 e analisar as fontes e tendências quanto ao consumo de materiais e energia e a emissão de resíduos.</p>	<p>Faz uma simples, porém detalhada, quantificação das demandas de materiais e energia e emissões de Hong Kong, em 1997, que é e comparada com os dados de 1971.</p> <p>Não é feito um balanço, mas é apresentado um diagrama de entradas e saídas. Considera importação e exportação apenas de alimentos e materiais específicos. Não são propostos indicadores.</p>	<p>1971 e 1997</p>	<p>Hong Kong Special Administrative Region (SAR) – representa um sistema de governo unitário, para uma região de 1.104 km<sup>2</sup>, no qual não há subdivisões formais de cidades.</p>	<p>Adota classificação já usada em Newcombe et al. (1978):</p> <p><b>ENTRADAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Alimentos (cereais, frutas, vegetais, produtos marinhos, carnes e laticíneos). Faz também uma análise nutricional dos alimentos: calorias, proteínas e gorduras diárias consumidas;</li> <li>- Nutrientes (fósforo e nitrogênio). Faz também uma análise de origem (esgotos, fertilizantes, pecuária e etc) e de destino (água, terra ou ar);</li> <li>- Materiais (pouco detalhado, a exceção de materiais de construção);</li> <li>- Energia primária (por setor e tipo);</li> <li>- Água (potável e marítima). Classifica por setor: doméstico, comercial e municipal, industrial, de geração de energia e agricultura.</li> </ul> <p><b>SAÍDAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissões aéreas (particulados, SO<sub>2</sub>, NOx, CO, VOCs, Pb). Classifica origem por setor: de geração de energia, industrial, comercial e doméstico, de transportes terrestres, aéreos e marítimos. Também apresenta detalhes de emissões de transportes</li> <li>- Resíduos sólidos (municipal por setor, de construção e demolição e especial). Separado por destino: aterro sanitário ou de preenchimento.</li> <li>- Águas residuais: esgoto. Menciona contribuição por setores (agrícola, doméstico, industrial, comercial), mas não apresenta valores. Também quantifica DBO e percentuais de tratamento do esgoto.</li> <li>- Exportação:</li> </ul> <p><b>RECICLAGEM:</b> apresentada nos resíduos sólidos.</p>	<p>Fontes de dados diretas, principalmente, governamentais, tais como, estatísticas comerciais de exportação e importação.</p>
<p><b>12) Viena – Áustria</b> (HENDRIKS et al., 2000)</p> <p><i>Institute of Water Quality and Management, Vienna University of Technology.</i></p>	<p>Examinar o metabolismo da cidade de Viena, usando AFM e explorar seu uso nas tomadas de decisões relacionadas.</p>	<p>Compila informações de seis pesquisas anteriores, realizadas entre 1996 e 1998.</p>	<p>Variável para diferentes dados</p>	<p>Cidade de Viena (não está claro, mas, aparentemente, inclui , apenas, a área urbana)</p>	<p>Adota classificação própria:</p> <p>Escala dos bens (fluxos e estoques):</p> <p><b>ENTRADAS:</b> Água, ar, energia, bens de consumo, materiais de construção;</p> <p><b>SAÍDAS:</b> resíduos sólidos e efluentes líquidos;</p> <p>Escala das substâncias: Carbono, nitrogênio, alumínio, aço, chumbo e zinco.</p>	<p>Não mencionadas.</p>

<p><b>13) Sydney</b> (NEWMAN, 1999)</p> <p><i>Professor of City Policy, Director of the Institute for Sustainability and Technology Policy at Murdoch University, Perth, Australia.</i></p>	<p>Demonstrar como o modelo desenvolvido para o relatório do Estado do Ambiente Australiano<sup>1</sup> pode ser usado para dar suporte à aplicação da sustentabilidade das cidades.</p>	<p>Propõem o que denomina de Modelo de Metabolismo Estendido. Baseia-se na abordagem tradicional de metabolismo, ampliando-a, de forma a incluir também: a) a dinâmica e b) <i>livability</i><sup>2</sup> dos assentamentos humanos. A pesquisa apresenta uma análise de fluxos, mas sua originalidade está na proposta de associação da abordagem de metabolismo à medição de requerimentos humanos na cidade, como forma de avaliar cidades em relação às metas de sustentabilidade.</p>	<p>1970 e 1990</p>	<p>Cidade de Sydney</p>	<p>Adota classificação própria:</p> <p><b>ENTRADAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentos (apenas total);</li> <li>- Materiais (apenas madeira);</li> <li>- Energia (apenas total, por setor);</li> <li>- Água (por setor);</li> </ul> <p><b>SAÍDAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emissões aéreas (particulados, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, HC<sub>x</sub>);</li> <li>- Resíduos sólidos: discriminação apenas dos resíduos perigosos;</li> <li>- Águas residuais: apenas esgoto doméstico.</li> </ul> <p><b>FLUXOS EXCLUÍDOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrada de materiais, a exceção de madeira;</li> <li>- Não mede fluxos ocultos e indiretos;</li> <li>- Reciclagem.</li> </ul>	<p>Não mencionadas.</p>
<p><b>14) Montevidéu – Uruguai</b> (MIMBACAS, 2012)</p>	<p>Calcular do DMC de Montevidéu</p>	<p><b>Eurostat adaptado:</b> Não segue exatamente o método; calcula, apenas, DMC, a partir de <i>proxies</i>.</p>	<p>2002 a 2009</p>	<p>Área urbana</p>	<p>Adota classificação própria.</p>	<p>Fontes de dados de comércio exterior.</p>

Figura 9: Resumo dos métodos adotados por pesquisas de AFM, na vertente Análise dos Fluxos Totais de Materiais, nas escalas meso e macro local, publicadas a partir de 1999.

<sup>1</sup> Newman, P.W.G. et al., 1996. *Human settlements*. In: *Australian State of the Environment Report, Department of Environment, Sport and Territories, Canberra*.

<sup>2</sup> *Livability* para Newman (1999) está relacionado aos requerimentos humanos de conforto, acesso aos serviços sociais, saúde e bem estar, tanto individual como da comunidade, como um todo. Está relacionado ao ambiente humano, embora, como discutido no item 3.1.3, seja difícil separá-lo conceitualmente do “ambiente natural”.

**No que se refere à análise conjunta de resultados obtidos pelas pesquisas**, Kennedy *et al.* (2007) e Decker *et al.* (2000) foram os únicos a buscar identificar tendências de municípios e cidades, como um todo. Ambos reforçam a dificuldade de comparação.

Decker *et al.* (2000) revisaram dados disponíveis sobre fluxos de materiais e de recursos das 25 maiores cidades mundiais e os estudos existentes sobre metabolismo de cidades, até o período da publicação. Kennedy *et al.* (2007) compararam nove entre os estudos mais antigos mencionados neste capítulo, conduzidos entre 1969 e 2003. Os autores buscaram identificar tendências generalizáveis. Os resultados dos estudos de caso foram analisados, de acordo com quatro grupos de fluxos: água, materiais, energia e nutrientes. Segundo o autor, o número de estudos de metabolismo na escala de cidades ou municípios não é suficiente para que se aplique qualquer forma de análise estatística. Ainda assim, as evidências apontaram algumas tendências:

- a) há um aumento crescente nos fluxos, sobretudo no que se refere aos fluxos de águas suprida e águas residuais (KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007);
- b) há uma redução na geração de lixo doméstico, em termos absolutos, onde se implementaram sistemas de reciclagem em larga escala (KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007);
- c) há um aumento nos outros fluxos de resíduos, tais como industriais e comerciais (KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007);
- d) especificamente, quanto às cidades contemporâneas, para muitos bens, incluindo alimentos e combustíveis, a maior parte não conta mais com seu território ou com seu entorno imediato. Elas participam de mercados continentais ou globais (KENNEDY; CUDDIHY; ENGEL-YAN, 2007). Em contrapartida, elas continuam dependentes dos ambientes local e regional, no que se refere ao suprimento de água e deposição/absorção de resíduos (DECKER *et al.*, 2000). Assim, a avaliação de sustentabilidade urbana requer um amplo escopo de análise, que incluirá fluxos, desde a escala local à escala global.

Tais conclusões demonstram a urgência em se tratarem questões de fluxos na escala local. Por essa razão, **no que se refere à aplicação da AFM como suporte a decisões de desenvolvimento**, as pesquisas mais recentes têm reconhecido a necessidade de entender como esses resultados podem dar suporte às ações e às políticas públicas (BARLES, 2009). Segundo Newman (1999), até a década de noventa os estudos focavam apenas a quantificação de fluxos. Neste sentido, Binder (2009) afirma existir ainda um longo caminho a ser percorrido até todo o potencial da AFM ser explorado, enquanto uma ferramenta de suporte ao planejamento e a políticas de governo.

Cabe ressaltar, ainda, que devem estar em fase de conclusão dois projetos de pesquisa, financiados pela União Europeia, que tiveram início entre o final de 2008 e início de 2009. Um deles é o Projeto *SUME - Sustainable Urban Metabolism for Europe*, do qual participam grupos de pesquisa de dez países, coordenado pelo *Austrian Institute for Regional Studies and Spatial Planning* (Viena, Áustria). Como resultados, SUME (2010) pretende obter:

- a) o desenvolvimento de cenários espaciais para o ano de 2050, para um grupo de cidades europeias selecionadas;
- b) o desenvolvimento e aplicação de um modelo espacializado de fluxos de recursos urbanos (metabolismo);
- c) uma investigação dos atores, políticas de planejamento e instituições relevantes, com influencia sobre a dimensão espacial do desenvolvimento urbano, projeto de políticas e ferramentas políticas;
- d) o desenvolvimento de um método de avaliação e planejamento urbano para analisar o impacto de projetos de desenvolvimento urbano de grande escala, sobre o desempenho total da cidade, quanto aos fluxos de recursos.

Pela descrição, verifica-se que esses estudos têm um enfoque predominantemente urbano, com foco em cidades, ao invés de em municípios.

O segundo é o Programa BRIDGE (*sustainaBle uRban plannIng Decision support accountinG for urban mEtabolism*), um esforço conjunto de 14 organizações europeias, com vistas a incorporar os aspectos de sustentabilidade nos processos de planejamento urbano, através do estudo das relações entre metabolismo urbano e estrutura urbana (FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY - HELLAS INSTITUTE OF APPLIED AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS REGIONAL ANALYSIS DIVISION, 2010). O foco dos estudos do BRIDGE tem sido o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Decisão (DSS) para a avaliação da sustentabilidade de intervenções urbanísticas, baseando-se na análise de alguns fluxos de materiais (CHRYSOULAKIS *et al.*, 2013).

A partir do exposto, observa-se que iniciativas de pesquisas em metabolismo urbano e AFM, na escala das cidades e dos municípios, parecem ser cada vez mais disseminadas e articuladas. Pesquisadores urbanos das diferentes áreas do conhecimento tem reconhecido, cada vez mais, o potencial dessas abordagens na análise de questões ambientais relacionadas ao desenvolvimento municipal. Verifica-se, entretanto, que o foco de investigação no tema tem sido o contexto europeu e que no Brasil, elas permanecem praticamente ignoradas por pesquisadores e profissionais do contexto de desenvolvimento local.

### 3.7 DETALHAMENTOS METODOLÓGICOS PARA ANÁLISE DOS FLUXOS DE MATERIAIS NA ESCALA LOCAL

A presente seção expõe os detalhamentos metodológicos desenvolvidos por pesquisas prévias para AFM de outros municípios, cidades e regiões metropolitanas. Dos estudos apresentados no item anterior, apenas, quatro apresentavam descrição suficientemente detalhados: os casos de Lisboa, de Paris, de Montevideu e de Limerick. Conjuntamente, discutem-se os avanços e limitações de cada método, bem como a possibilidade de aplicá-los para o perfil de município estudado no presente trabalho. Por fim, apresenta-se, também o detalhamento metodológico desenvolvido para a AFM do Brasil, no ano de 2001.

#### 3.7.1 Contabilidade dos fluxos de materiais de Lisboa (Portugal)

A contabilidade dos fluxos de materiais da cidade de Lisboa é calculada por Niza (2007) para o ano de 2004, no âmbito de uma tese de doutorado, que realizou também a análise dos fluxos de materiais de Portugal. O método utilizado para a caracterização dos fluxos de Lisboa é apresentado também em um artigo publicado no *Journal of Industrial Ecology* (NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009). Os procedimentos descritos nesta seção são baseados em ambas as publicações.

O estudo não abrange a região metropolitana, nem as municipalidades vizinhas e seguiu, nas palavras de Niza (2007), “*tanto quanto possível a metodologia do Eurostat*”. Segundo Niza, Rosado e Ferrão (2009), Lisboa não conta com uma estrutura de armazenamento de dados estatísticos de fluxos de materiais no nível da cidade. A maior parte dos dados de importação e exportação é disponível, apenas, para a região de Lisboa. Frente a esta limitação, um método próprio teve que ser desenvolvido para a quantificação dos fluxos e para fechamento do balanço de materiais da cidade. Um dos objetivos do autor foi o de criar procedimentos que simplificassem o tratamento dos dados, a fim de permitir sua atualização periódica. Para tanto, o método proposto utiliza-se de um conjunto de matrizes que, associadas, permitem calcular cada uma das categorias de fluxos e o fechamento do balanço de materiais da cidade.

O **cálculo dos fluxos de *input* e de *ouput*** (no caso de Lisboa, existem apenas importações e resíduos sólidos) é feito a partir da chamada **Matriz dos Materiais**, a qual tem como resultado as quantidades de *input* e de *ouput*, de acordo com cada categoria de composição material segundo Eurostat (biomassa, minerais metálicos e não metálicos e combustíveis fósseis). Essa matriz é resultante do produto das três matrizes descritas a seguir:

- a) **Matriz da composição material  $A_{ij}$ , em que  $i$  são as categorias de composição material e  $j$  são os produtos:** construída para a determinação da composição de cada fluxo de *input* e de *output*. Para facilitar a tarefa, foi estimada uma composição média para cada conjunto de produtos, dentro de um mesmo código CAE - Classificação Portuguesa de Atividades Econômicas<sup>26</sup>. Consideraram-se, para cada produto<sup>27</sup>, apenas, as categorias de composição material mais representativas, em termos de peso. A definição da composição de cada produto tomou como referência: a) uma base de dados de produção industrial portuguesa (Inquérito Anual de Produção Industrial - IAPI); b) a própria nomenclatura CAE, quando o título da categoria exprimia a composição de seus produtos ou a composição de seus produtos intermediários; c) informações de fabricantes de produtos, divulgadas em sítios da internet. Para a definição da composição dos resíduos, a referência usada foi a Lista Europeia de Resíduos.
- b) **Matriz dos fluxos mássicos  $P_{jk}$ , em que  $j$  são os produtos e  $k$  as quantidades em massa:** construída para a determinação das quantidades, em unidades de massa, de cada fluxo de *input* e de *output*. Sempre que as informações levantadas se apresentavam em unidades que não a unidade massa, foi efetuada uma conversão, com base na relação kg/€ para os diferentes produtos. A base de dados do Inquérito Anual de Produção Industrial de Portugal fornece as quantidades vendidas e os valores, em Euro, de cada venda. Calculou-se a relação kg/€ para todos os produtos apresentados, em unidade de massa, e, para aqueles produtos em outras unidades, adotou-se a mesma relação kg/€ de outros produtos do mesmo CAE. No caso de não haver nenhum produto em unidade de massa em um CAE, foi utilizada a relação de outro CAE, que mais se aproximasse em composição e nível de processamento;
- c) **Matriz do consumo de produtos em Lisboa ou Matriz da cota de Lisboa,  $L_{ji}$ , em que  $j$  são os produtos e  $i$  são percentagens:** construída para identificação da fração de cada fluxo de *input* e de *output* associado a Lisboa, em relação ao total da região e do país, visto que as bases de dados usadas apresentam valores agregados para outras escalas geográficas, que não a local. Os critérios para a determinação das frações foram o número de trabalhadores da cidade, o número de habitantes e o seu poder de compra, em relação à estes mesmos valores para a região e para o país. Foi identificada a atividade associada a cada grupo de produtos importados ou

---

<sup>26</sup> A Classificação Portuguesa de Atividades Econômicas - CAE, assim como a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (brasileira) – CNAE, está organizada em 21 seções e 99 Divisões, conforme verificado em publicações do Instituto Nacional de Estatística de Portugal (PORTUGAL. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, 2007) e da Receita Federal do Brasil (BRASIL. RECEITA FEDERAL, 2013). As divisões são ainda subdivididas em Grupos, Classes e Subclasses, sendo o menor nível constituído de cinco dígitos. Não foi possível estimar o número de códigos CAE analisados por Niza. Mas, observando-se o título das seções CAE (similares às CNAE), é possível verificar que muitas são atividades econômicas que não envolvem produtos. Para a realização de uma estimativa do número de códigos a terem sua composição detalhada, caso se optasse, na presente pesquisa, a realização do mesmo procedimento desenvolvido para Lisboa, consultou-se uma lista que apresenta a correspondência entre cada NCM e o respectivo código CNAE, no site do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (disponível em: [www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl\\_1244577123.xls](http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1244577123.xls)). Verificou-se que cerca de 350 códigos CNAE apresentam produtos.

<sup>27</sup> Não foi encontrado registro explícito do formato de inclusão dos produtos nas matrizes, mas a presente autora supõe, pela descrição geral dos procedimentos descritos nas publicações (NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009; NIZA, 2007), que tenha sido por código CN - *Combined Nomenclature* (Nomenclatura Combinada europeia) ou sua respectiva descrição.

exportados e, para cada caso, adotada uma das relações acima. Considerou-se existente na cidade, apenas, atividades de comércio atacadista e varejista e produção de certos produtos específicos, como joias. Para avaliar as incertezas associadas aos procedimentos adotados nesta matriz, o autor comparou os valores de produtos específicos, para os quais havia dados disponíveis para o nível local, com os valores obtidos através das frações aplicadas. Obtiveram-se valores na ordem de 5% de diferença entre as estimativas e os valores reais.

O **cálculo das adições ao estoque** por categoria de composição material é realizado através do produto da Matriz de Materiais, descrita acima, por outra matriz, denominada **Matriz do tempo de residência dos materiais**,  $R_{ij}$ , em que  $i$  são as categorias de tempo de residência dos materiais no sistema econômico e  $j$  os produtos. São estabelecidas quatro categorias de tempo de residência, de acordo com o tempo em que permanecem no sistema econômico: 1- fluxos que abandonam a economia em até 1 ano; 2- Fluxos que abandonam a economia entre 2 e 10 anos; 3 - fluxos que abandonam a economia em até 1 ano; 4- fluxos que abandonam a economia entre 11 e 30 anos; 5 – fluxos que permanecem na economia por mais de 30 anos. A distribuição dos produtos em cada categoria é arbitrada, ainda que baseada na, segundo Niza (2007), escassa literatura existente acerca do tempo de vida útil dos produtos. Não está explícito na descrição, mas se supõe que são computados como adição ao estoque aqueles produtos que permanecem mais de um ano na economia. Bastaria, então, para fins de balanço, apenas duas categorias de tempo de residência dos materiais.

Para **fechamento do balanço**, depois de quantificados os fluxos de *input* e de *output* e a adição ao estoque, a partir das matrizes acima, foram estimados os fluxos ainda não considerados. São eles: a) fluxos dissipados; b) emissões aéreas resultantes do consumo de combustíveis fósseis, c) carga sólida dos efluentes líquidos e; d) resíduos de construção civil.

Fluxos dissipados, (a), são considerados irrisórios, por serem predominantemente oriundos de atividades agrícolas, inexistentes no caso em estudo. Os fluxos (b), (c) e (d) são estimados a partir de valores nacionais, assumindo-se que a geração desses *outputs* em Lisboa será igual ao produto do número de habitantes da cidade pela média nacional *per capita*. Particularmente, no que se refere às emissões aéreas, fez-se o cálculo, excluindo-se o oxigênio das emissões (NIZA, 2007). Assim, evitou-se ter que incluí-lo entre os fluxos de entrada, no grupo dos chamados *memorandum items*, conforme padrão Eurostat (2001) de fechamento do balanço (Equação 1). Não há referência ao computo das emissões de vapor a partir da combustão.



$$DMI + \text{memorandum items} = DMO + NAS + \text{memorandum items}$$

(Equação 1)

Niza (2007) estimou, ainda, o destino final dos resíduos da cidade. Para tanto, foi construída uma matriz, denominada Matriz tratamento final dos resíduos,  $T_{ks}$ , em que  $k$  são os resíduos e  $s$ , os tipos de tratamento final. A categorização do tipo de tratamento foi feita com base nos destinos finais, declarados por instituições regionais de gestão de resíduos, e correspondem à: reciclagem, valorização e acondicionamento controlado.

A Figura 10 apresenta uma síntese do detalhamento metodológico de Niza (2009), no que se refere: às fontes de dados adotadas, a que nível administrativo ou territorial os dados se referem; ao formato dos dados obtidos. Uma coluna adicional traz observações sobre limitações da fonte de dados ou sobre a possibilidade de aplicação ao contexto brasileiro.

No que se refere à possibilidade de aplicação dos procedimentos desenvolvidos para Lisboa ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte, conclui-se que há limitações. A primeira limitação diz respeito à utilização de fatores que representam a fração dos fluxos municipais, em relação aos fluxos nacionais ou regionais. Não foram identificadas fontes estatísticas, no Brasil, com dados de fluxos materiais regionais. Assim, seria necessário recorrer a dados nacionais. Entretanto, a extensão do território nacional implica em dinâmicas regionais muito diferenciadas, de forma que dados médios nacionais provavelmente não serão representativos das realidades locais específicas. Ainda que se utilizem critérios específicos para a identificação das frações correspondentes a cada categoria de fluxo, como os adotados por Niza (2007), a presente autora considera que, no caso brasileiro, eles seriam muito imprecisos.

Os autores também fazem, quando possível, uma avaliação das incertezas associadas ao uso da metodologia de indexação proposta, comparando, para materiais disponíveis, os valores indexados, com os valores específicos. Constatou-se uma diferença de em torno de 5%. Os autores apresentam, como exemplo, a comparação dos valores de consumo de gasolina estimados, com valores específicos.

A forma de cálculo por fatores, embora, aparentemente, se mostre sensível para o caso de Lisboa, provavelmente não representará com a mesma fidelidade municípios que apresentem diferenciais, em relação à média nacional e regional, no que se refere à adoção de políticas ou projetos com preocupação ambiental. Pode-se apontar, como exemplo, aquele apresentado por Niza et al. (2009), referente ao consumo de gasolina, o qual é, predominantemente, utilizado para automóveis individuais. Poder-se-ia dizer que a

indexação por número de habitantes, por poder de consumo ou por trabalhadores do setor, provavelmente não seria capaz de informar sobre políticas específicas de estímulo ao uso de combustíveis de origem renovável, promovidas por um município específico.

Categoria de fluxos	Fonte e características dos dados	Nível	Dados em unidade de massa	Observações:
Extração local	Considerada inexistente	-		-
<b>Importações</b>				
Internacionais	Fonte: Comércio Internacional, referente à região de Lisboa	Regional	Não todos (aparentemente)	-
<i>Nacionais</i>	Fonte: Transporte Nacional, referente à região de Lisboa	Regional	Não todos (aparentemente)	Há uma subvalorização com fração indefinida, pois não há registros dos veículos com menos de 3 toneladas.
<i>memorandum items</i>	Não computados. Exclui-se oxigênio das saídas	-	-	-
Energia elétrica	Calculado em termos de Energia Primária, a partir da matriz energética fóssil para produção de eletricidade em Portugal.		-	-
Exportações	Consideradas inexistentes	-	-	-
<b>Emissões ao ar</b>				
	Não é apresentado.	-	-	-
Do setor energético	Estimadas a partir das emissões <i>per capita</i> nacionais. Não está explícito quais gases foram estimados.	Nacional	-	-
Dos demais setores (ver como é chamado pelo IPPC)	Não incluída	Ausente	-	-
<b>Resíduos sólidos</b>				
Industriais	Instituto dos resíduos, de Lisboa	Local	Não todos (aparentemente)	-
Urbanos	Empresa que atende Lisboa e localidades limítrofes	Regional	Não todos (aparentemente)	-
Parte sólida dos efluentes	Estimado a partir dos valores <i>per capita</i> nacionais.	Nacional	-	-
Fluxos dissipados	Considerados inexistentes	-	-	-
<i>memorandum items</i>	Não há registro da inclusão de vapor de água nas saídas.	-	-	-
<i>Fluxos indiretos</i>	Não estimados	-	-	-
<i>Adição ao estoque</i>	Estimado a partir do tempo de vida útil dos produtos,	-	-	Esses procedimentos não seriam úteis para feliz, pois os produtos não são apenas "consumidos".

Figura 10: Síntese das características dos dados utilizados no método desenvolvido para Lisboa.

Além da possível insensibilidade para a caracterização da realidade de municípios com características excepcionais, observa-se a existência de divergências, entre as diferentes pesquisas, acerca dos índices que melhor estimam cada tipo de fluxo.

A segunda limitação identificada diz respeito aos procedimentos para estimativa da adição ao estoque e, conseqüentemente, para emissões de resíduos e fechamento do balanço,

fundamentados no tempo de residência dos materiais, ou seja, na velocidade com que os fluxos de entrada atravessam o sistema social e econômico. Como se discutirá no capítulo seguinte, seção 4.6, testou-se essa possibilidade, no caso de Feliz, e verificou-se ser muito imprecisa para um município cujas entradas, em grande parte, se destinam à indústria. Ao se considerar o tempo de residência desses materiais pela sua durabilidade, haverá uma sobre-estimativa do estoque, pois mercadorias duráveis são importadas e, depois de agregadas a outros produtos, são exportadas do município. Da mesma forma, mercadorias não duráveis, como alimentos, também saem como exportação e não, apenas, como resíduos. Assim, as importações não podem ser usadas, exclusivamente, para estimarem-se as adições ao estoque e a geração de resíduos.

O método apresentado por Niza et al. (2009), embora desenvolvido com a finalidade de possibilitar a compilação regular de dados para a AFM de municípios, apresenta uma simplificação, que exclui fluxos de produção e extração local, por considerá-las nulas ou insignificantes no caso em estudo. Conseqüentemente, são computadas apenas importações, como entradas, e resíduos, como saídas. Assim, embora o método possa refletir a realidade de alguns ou muitos municípios de grandes cidades, com certeza não reflete o contexto de grande parte dos municípios mundiais, os quais apresentam produção primária e secundária. Esse exemplo reforça que o perfil de município será determinante das classes de fluxos existentes e, conseqüentemente, dos tipos de dados demandados.

### **3.7.2 Contabilidade dos fluxos de materiais de Paris e região (França)**

Barles (2009) calcula o balanço de materiais de Paris, dos subúrbios circundantes (*Petite Couronne*) e da região (*Île-de-France*) para o ano de 2003, baseada no método padronizado por Eurostat (2001). Devido à disponibilidade de dados diretos, específicos para as três escalas de análises, inclusive para o nível da cidade, a autora não desenvolve um detalhamento metodológico próprio para conversão dos dados disponíveis ou para o fechamento do balanço, como foi necessário para os casos de Montevidéu, de Lisboa e para a presente pesquisa.

Entretanto, ao realizar análises do balanço de materiais e dos indicadores para as três escalas de examinadas, Barles (2009) constata que, quando transferidas para escala local, a forma de categorização de alguns fluxos e de cálculo de alguns indicadores propostos pelo método da Eurostat (2001) induzem a alguns vieses de interpretação. A partir dessa observação, a autora propõem três adaptações ao método para adaptação à escala local. Essas adaptações, descritas a seguir, caracterizam-se como a principal contribuição da pesquisa, do ponto de vista metodológico.

### 3.7.2.1 Primeira adaptação: inclusão dos *memorandum items* para o cálculo do *NAS - Net Addition to Stock*

A **primeira adaptação** proposta pela autora é a inclusão de duas categorias de fluxos adicionais, denominadas *Balancing Inputs* (BI)<sup>28</sup> e *Balancing Outputs* (BO)<sup>29</sup>. Estes fluxos, correspondentes àqueles denominados *memorandum items* no método proposto pela Eurostat<sup>30</sup>, estão envolvidos nos processos de combustão, como entrada de oxigênio e saída de água. Segundo a autora, pelo fato desses fluxos não serem computados nos indicadores *Direct Material Input - DMI* e *Direct Material Output - DMO*, não há correspondência entre as entradas e as saídas de materiais. A principal consequência desta falta de correspondência seria a associada a imprecisões no cálculo das adições ao estoque, o qual, conforme o padrão Eurostat (2001), é realizado de acordo com a (Equação 2).

$$\text{Net Addition to Stock}^{31} \text{ (NAS)} = \text{DMC} - \text{Domestic processed output to nature DPO}$$

(Equação 2)

A partir das considerações feitas, Barles (2009) sugere uma alteração no cálculo do indicador de estoque *NAS - Net Addition to Stock*, que passaria a ser calculado da seguinte maneira (Equação 3):

$$\text{Net Addition to Stock (NAS)} = \text{Importações} + \text{Extração Local} + \text{Balancing Inputs (BI)} - \text{Exportações} - \text{Domestic processed output to nature (DPO)} - \text{Saídas de/para balanceamento}$$

(Equação 3)

### 3.7.2.2 Segunda adaptação: recategorização/desmembramento dos fluxos de resíduos

A **segunda adaptação** proposta por Barles (2009) está relacionada à aplicação do método Eurostat à escala local, no que se refere aos fluxos de resíduos. A Eurostat considera apenas uma categoria de fluxos de saídas para a natureza: *DPO - Domestic processed output to nature*. Resíduos encaminhados para outros países realizarem tratamento e disposição final são incluídos na categoria de fluxos de exportação (EUROSTAT, 2001, p. 32). Segundo Barles (2009), com esta categorização, o método cria um viés, que subvaloriza os fluxos encaminhados para a natureza. Talvez esta diferenciação seja pouco

<sup>28</sup> Tradução da autora: Entradas para balanceamento;

<sup>29</sup> Tradução da autora: Saídas para balanceamento.

<sup>30</sup> *Memorandum items for balancing não são incluídos no cálculo dos indicadores, segundo Eurostat (2001).*

<sup>31</sup> Tradução da autora: Adição Líquida ao Estoque

relevante para a escala nacional, visto que: a) a maior parte dos resíduos é disposta, tratada ou reciclada dentro do próprio país de origem e, b) a parcela dos resíduos exportada entre países, em geral, assume valor comercial, sendo tratada, então, como exportação (matéria prima para processos industriais baseados na reciclagem). Essa realidade, no entanto, é muito distinta para a escala local: cidades ou municípios raramente dispõem ou tratam completamente seus efluentes e seus resíduos no próprio território. Assim, ao se manter os fluxos de saída de resíduos agregados independentemente do local e do tipo de destino, as externalidades ou transferências de impactos decorrentes do consumo local ficam ocultas. O mesmo pode-se dizer das iniciativas locais para a promoção de reciclagem.

A partir das considerações feitas, a seguinte recategorização de fluxos é proposta:

- d) Exportações são divididas em fluxos encaminhados para a natureza exterior e outras exportações;
- e) Fluxos para a natureza são subdivididos em fluxos encaminhados para a natureza local e fluxos encaminhados para a natureza exterior;
- f) Reciclagem é subdividida em reciclagem local e reciclagem exterior.

A partir dessas novas classes, um novo indicador é derivado: *LEPO – Local and Exported Processed Output*, calculado da seguinte maneira (Equação 4):

$$LEPO = \text{fluxos encaminhados para a natureza local} + \\ \text{fluxos encaminhados para a natureza exterior}$$

(Equação 4)

A **terceira adaptação** do método Eurostat proposta por Barles (2009) é, em parte, decorrente da adaptação anterior e diz respeito ao cálculo do indicador mais frequentemente adotado para a comparação entre países e regiões, o DMC. Conforme estabelecido por Eurostat (Equação 5):

$$DMC = DMI - \text{Exportações}$$

(Equação 5)

Para a Barles (2009) este indicador não reflete com precisão o consumo doméstico, em seu sentido sócio-econômico, visto que majora exportações, por incluir nesta categoria fluxos de resíduos. Para a superação desta imprecisão a autora propõe que se subtraia os resíduos exportados do cálculo do DMC e, conseqüentemente, para manter a coerência, subtraia-se também resíduos importados do cálculo do DMI. Para evitar confusão com o indicador

estabelecido pela Eurostat, a autora sugere a criação de um novo indicador de consumo para a escala local: o  $DMC_{corr}$  (DMC corrigido), calculado como segue (Equação 6):

$$DMC_{corr} = (DMI - \text{resíduos importados}) - (\text{Exportações} - \text{resíduos exportados})$$

(Equação 6)

A partir das três adaptações propostas por Barles (2009) para aplicação da AFM na escala local, interferem no esquema geral do balanço de fluxos de materiais proposto por Eurostat (2001). Esse novo delineamento é apresentado na Figura 11.

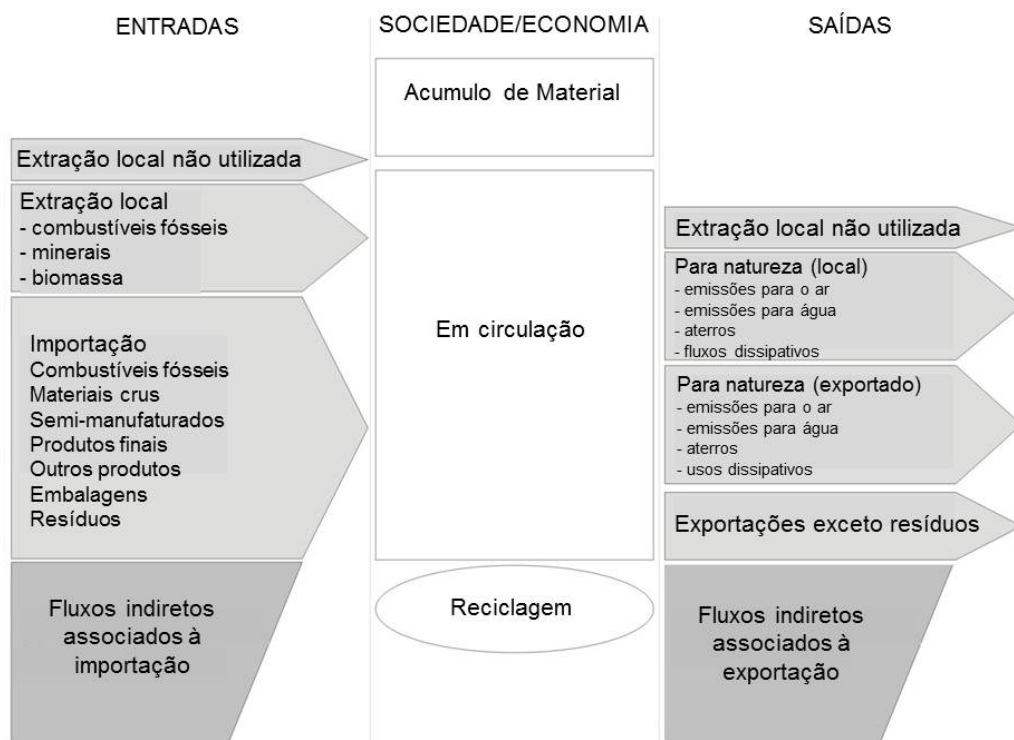


Figura 11: Esquema do balanço de materiais de cidades e municípios, segundo proposta de Barles (2009).

Por fim, a Figura 12 apresenta uma síntese do detalhamento metodológico para AFM de Paris.

Categoria de fluxos	Fonte e características dos dados	Nível	Dados em unidade de massa	Ano	Observações:
Extração local	Dados descontínuos, disponibilizados por instituição nacional.	Local (aparent.)			-
Combustíveis fósseis	Dados descontínuos, disponibilizados por instituição nacional.	Local (aparent.)			
Minerais					
Biomassa	Dados detalhados para o nível do <i>département</i>	Local			
Importações					
Internacionais	Dados detalhados para o nível do <i>département</i> , incluindo nomenclatura detalhada dos produtos. Exceção é feita para as importações de combustíveis fósseis: dados incompletos	Local	Todos (aparentemente)	-	-
Nacionais				Há uma subestimação com fração indefinida, pois alguns dados de transporte ferroviário não foram disponibilizados.	
<i>memorandum items</i>	Calculados por estequiometria				-
Energia elétrica	desconsiderada				
Exportações					
Internacionais	Dados detalhados para o nível do <i>département</i> , incluindo nomenclatura detalhada dos produtos.	Local	Todos (aparentemente)	-	-
Nacionais				Há uma subestimação com fração indefinida, pois alguns dados de transporte ferroviário não foram disponibilizados.	
Emissões ao ar					
Do setor energético	Dados detalhados para o nível do <i>département</i> , não está claro se inclui, apenas emissões decorrentes do setor energético ou se inclui também demais emissões.	Local			
Dos demais setores (ver como é chamado pelo IPPC)					
Resíduos sólidos					
Industriais	Dados rarefeitos.	Local (aparent.)	Todos (aparentemente)	outro	
Urbanos	Dados bianuais para a escala local.	Local	Todos (aparentemente)		
RCS	Dados rarefeitos.	Local (aparent.)			
Parte sólida dos efluentes	Dados heterogêneos para a escala local.	Local (aparent.)			
Fluxos dissipados	Dados diretos, apenas, para fertilizantes e resíduos empregados na agricultura (lodo de esgoto e outros resíduos). O desgaste de pneus e de estradas foi estimada pela autora.	Local (aparent.)			-
<i>memorandum items</i>	Vapor de água é deduzido, por estequiometria, a partir das emissões.				-
<i>Fluxos indiretos</i>	Não estimados				
<i>Adição ao estoque</i>	Estimados conforme proposto por Eurostat, com adaptações.				-

Figura 12: Síntese das características dos dados utilizados no método desenvolvido para Paris.

Conclui-se que o método adotado para a realização do balanço dos fluxos de materiais de Paris, envolveu, praticamente, apenas, a compilação e organização dos dados já disponíveis em bases de dados estatísticos, os quais, já se encontravam, inclusive, em unidades de massa. Essa facilidade permitiu que Barles (2009) se concentrasse no desenvolvimento de aperfeiçoamentos, para a aplicação na escala local, dos indicadores propostos por Eurostat (2001).

O levantamento de dados preliminar, realizado na presente pesquisa, permitiu identificar que tal disponibilidade não existe no contexto brasileiro, de forma que, as únicas contribuições extraídas da pesquisa desenvolvida por Barles (2009) são os novos indicadores propostos.

### **3.7.3 Consumo Doméstico de Materiais de Montevideú (Uruguai)**

A pesquisa desenvolvida se concentra no cálculo do que chama de Consumo Doméstico de Materiais de Montevideú - CDMMont, no período de 2002 a 2009. Devido ao fato de, segundo Mimbacas (2012, p.61), “não haverem instrumentos de medição (balança) nas proximidades das fronteiras administrativas do estado” e da cidade, o CDMMont é calculado a partir do consumo de materiais nacional.

Os valores locais foram obtidos a partir de frações do total nacional, estimadas de três formas diferentes para cada um dos setores. O cálculo de CDMMont é desenvolvido em duas etapas.

A **primeira etapa** envolveu o cálculo do consumo doméstico de materiais nacional (CDMNAC). Como regra geral o DMC foi calculado, conforme proposição da Eurostat (2001). As seguintes adaptações foram feitas, para que os valores nacionais fossem representativos da escala local:

- a) Cereais e outros cultivos que são base para a pecuária, assim como resíduos de cultivos, não foram incluídos no cálculo da Extração Doméstica Nacional (EDNac), pois Montevideú apresenta uma produção insignificante de produção pecuária;
- b) Entretanto, como os subprodutos da pecuária tem papel importante na produção e na dieta nacional, a autora propõe a inclusão, no cálculo, dos produtos da atividade pecuária, como carne, laticínios ovos e mel. Para tanto, cria uma tabela adicional denominada Produção Local;
- c) Matérias primas para a produção de farinha (trigo, aveia e milho) também não são incluídas na extração doméstica, mas seus produtos são incluídos na planilha de produção local. Exceção é feita ao arroz, que foi computado, e, assim, desconsiderados seus produtos derivados;



- d) Mimbacas (2012) não comenta no texto, mas alguns produtos, como açúcar, aparecem na tabela como a quantidade processada produzida e não a produção de sua matéria-prima, no caso, a cana de açúcar;
- e) No que se refere a peixes e a outros animais aquáticos, a autora considera o total extraído, sem fazer distinção entre aqueles que são cultivados e aqueles capturados, implicando em dupla contagem;
- f) Emissões aéreas não são calculadas.

Nas planilhas apresentadas no apêndice do trabalho quase todos os produtos com base em cereais e outros produtos vegetais aparecem com consumo negativo. Isso ocorre em função de as colunas Extração e Produção Local não terem sido preenchidas. Provavelmente, esses valores negativos são decorrência dos estoques de um ano para o outro. Não está claro se a autora manteve os valores negativos ou se eles foram desconsiderados. Artigos para embalagem apresentam consumo negativo em toda a série, nas planilhas apresentadas. Entretanto, a autora menciona que as embalagens não foram escaladas por ter consumo negativo em toda a série. Já, para o caso do granito, a autora comenta que o consumo negativo é reflexo da sua exportação.

Para trabalhar os dados nacionais brutos, Mimbacas (2012) elaborou planilhas, nas quais registrou, nas linhas, a relação de produtos que fazem parte dos fluxos nacionais e, nas colunas, os valores de Extração Doméstica Nacional (EDNac), Produção Nacional (PNac), Importação Nacional (IMPnac), Exportação Nacional (EXPnac), para cada produto. Não é explicitado quais fontes de dados foram utilizadas para cada estimativa, visto que a autora cita a relação de fontes consultadas, sem discriminar qual foi adotada para cada cálculo.

Partiu-se, então, para a **segunda etapa**, na qual os valores nacionais foram adaptados à realidade local, a partir do que a autora chamou de fatores de escala (*proxies*). Na Figura 13, a seguir, estão discriminados os critérios para a adoção dos fatores de escala, para cada grupo de materiais:

<b>Biomassa</b>
<b>Alimentos:</b> fatores baseados em uma pesquisa Uruguia sobre o consumo diário de alimentos, em peso, de famílias de Montevideu e no restante do país. A autora realizou o cálculo através da proporção
<b>Madeira:</b> Lenha e carvão vegetal: fatores baseados no consumo e na participação de cada setor da indústria; <b>Resíduos de madeira:</b> não foram computados no CDMMont, pois são consumidos, apenas, por indústrias localizadas fora de Montevideu; <b>Carvão vegetal, tábuas, papel e papelão:</b> baseados na relação entre o número de habitantes de Montevideu e do país; <b>Celulose:</b> exportação não está quantificada por serem exportadas a partir de uma zona franca e não apresentarem registros; <b>Madeira em rolo industrial:</b> desconsiderada, por ser utilizada exclusivamente na indústria da celulose, cuja finalidade é exportação;
<b>Minerais</b>
<b>Minerais utilizados como matéria prima para a produção de cimento:</b> não foram computados para não incorrer em dupla contagem, visto que é computado o consumo de cimento;

<b>Minerais utilizados na fundição de ferro e aço:</b> baseados na quantidade de pessoas ocupadas na indústria metalúrgica local, em relação às pessoas ocupadas na indústria nacional;
<b>Minerais diorito e granodiorita</b> (para extração de ouro): não foi computado porque os lingotes são exportados em sua totalidade;
<b>Minerais não ferrosos</b> (primários e processados): baseados na relação entre o número de habitantes de Montevidéu e do país;
<b>Alumínio bruto ou ligas</b> (importação): a totalidade é atribuída à Montevidéu, visto que a única empresa que o importa e o processa está localizada na cidade;
<b>Bauxita</b> (importação): consumo considerado como exclusivamente para o tratamento de água. Fator de escala obtido a partir da relação entre o volume de água tratada em Montevidéu em relação ao país;
<b>Pedras ornamentais, argila, cimento, areia e “pedregulho”</b> (pedra para a construção): baseados na relação entre a área construída, legalmente registrada, em Montevidéu e no restante do país;
<b>Minerais predominantemente utilizados na construção de estradas</b> (“lastro”, “canto rodado”, “pedra de descarte” e “tosca”): baseados na relação entre a extensão da rede de estradas de Montevidéu e do restante do país. A autora assume que o consumo estará relacionado à manutenção da rede existente;
<b>Produtos de base metálica</b> (capítulos 82 à 85 do NCM): baseados na relação entre a população residente em Montevidéu e no restante do país;
<b>Veículos de transporte:</b> Automóveis: baseados na relação entre o consumo de gasolina de Montevidéu e do país; <b>Caminhões e motos:</b> percentual de veículos domiciliados em Montevidéu em relação ao parque automotor; <b>Bicicletas:</b> baseado na relação entre a população residente em Montevidéu e no restante do país;
<b>Outros veículos:</b> não especificado.
<b>Outros produtos de origem mineral não metálico</b> (lãs minerais, produtos gesso, produtos de pedra e cerâmicos): baseados na relação entre a área construída, legalmente registrada, em Montevidéu e no restante do país.
<b>Combustíveis fósseis</b>
<b>Fontes sólidas:</b> baseado na quantidade de pessoas ocupadas no setor industrial local em relação às pessoas ocupadas na indústria nacional;
<b>Gasolina e óleo diesel:</b> baseado na relação entre as vendas dos postos de abastecimento de combustíveis localizados em Montevidéu e no restante do país;
<b>Óleo combustível:</b> o cálculo das parcelas consumidas pelo setor industrial, setor comercial e de serviços é baseado na quantidade de pessoas ocupadas em cada setor na cidade de Montevidéu em relação às pessoas ocupadas em cada setor nacional. A parcela consumida pelo setor residencial é atribuída, em sua totalidade, à cidade de Montevidéu, por compreender a maior parte dos edifícios altos do país, que, segundo a autora, é a única tipologia residencial que consome óleo combustível;
<b>Gás liquefeito de petróleo:</b> Considera que todo o consumo é residencial, por ser o mais significativo. O percentual de consumo de Montevidéu em relação ao consumo do país é obtido a partir de informações da Distribuidora Uruguia de Combustíveis;
<b>Gás natural:</b> o cálculo das parcelas consumidas pelo setor industrial, setor comercial e de serviços é baseado na quantidade de pessoas ocupadas em cada setor na cidade de Montevidéu em relação às pessoas ocupadas em cada setor nacional. A parcela consumida pelo setor residencial é baseado na relação entre a população residente em Montevidéu e no restante do país;
<b>Plásticos e suas obras:</b> baseado na relação entre a população residente em Montevidéu e no restante do país;
<b>Obras de borracha:</b>
<b>Pneumáticos de automóveis:</b> baseado na relação entre as vendas de gasolina dos postos de abastecimento de combustíveis localizados em Montevidéu e as vendas no restante do país;
<b>Pneumáticos de ônibus e caminhões:</b> baseado na relação entre as vendas de diesel dos postos de abastecimento de combustíveis localizados em Montevidéu e as vendas no restante do país;

Figura 13: Fatores de escala aplicados para conversão do consumo doméstico do Uruguai em consumo doméstico de Montevidéu.

A autora apresenta uma classificação dos fluxos quanto à sua composição principal, mas não é explicitado qual o critério adotado para o caso de produtos de composição mista. Chama a atenção não haver uma classe de produtos classificados como Sem Enquadramento ou Composição Mista. Também não é explicitado qual o critério adotado pela autora para classificar os produtos quanto ao nível de processamento.

As limitações da aplicação do método adotado para Montevidéu ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte são discutidas ao final da próxima seção, a qual apresenta o método adotado para a estimativa do consumo de Limerick. As duas pesquisas apresentam semelhanças metodológicas, que permitem que sejam realizadas considerações comuns.

#### **3.7.4 Consumo Doméstico de Materiais de Limerick (Irlanda)**

A pesquisa realizada por Browne et al (2009), assim como a desenvolvida para Montevidéu, calculou, apenas, o consumo e não o balanço de materiais do município. Todos os fluxos, a exceção dos resíduos, foram estimados a partir do consumo nacional, identificando-se as frações correspondentes ao município. O consumo per capita nacional foi obtido, por setor, cujo cálculo foi realizado a semelhança do indicador DMC, proposto por Eurostat (DMC=importação+produção-exportação). O estudo adotou, como anos e referência, 1996 e 2002. Segundo Browne et al (2009), o método envolveu a coleta dos seguintes dados:

- a) produção, importação e exportação de matérias-primas. Dados predominantemente nacionais;
- b) produção, importação e exportação de manufaturados. Dados predominantemente nacionais;
- c) Resíduos. Dados predominantemente locais.

A análise foi desenvolvida por setor, agrupados em 9 categorias principais, segundo o Padrão Internacional de Classificação do Comércio (*Standard International Trade Classification – SITC*):

- a) Alimentos;
- b) Têxteis e couros;
- c) Papeis e papelões;
- d) Químicos, borrachas e plásticos;
- e) Produtos metálicos e bens domésticos duráveis;
- f) Maquinaria industrial;
- g) Maquinaria de transporte;

- h) Móveis e produtos de madeira;
- i) Materiais de construção e minerais não metálicos.

Realizou-se a **conversão da produção de manufaturados para unidades de massa**. Quando a produção se encontrava em unidades monetárias, usaram-se dados de exportação para o cálculo do peso das vendas dos produtos, o qual foi estimado dividindo-se o valor das vendas de produtos pelo valor de uma tonelada exportada no mesmo ano, para cada setor específico.

O passo seguinte foi a **estimativa da produção e da importação de Limerick, em relação à nacional**. Como dados de importação e exportação estavam disponíveis apenas no nível nacional, os valores locais foram obtidos a partir de frações do total nacional, estimadas de três formas diferentes, para cada um dos setores:

- a) Para os produtos das categorias apresentadas anteriormente nas alíneas a), b), c), d), e), as frações correspondentes à cidade foram obtidas através da relação entre as despesas médias das famílias de Limerick, com produtos de cada setor, e as despesas médias das famílias da Irlanda, com produtos de cada setor;
- b) Para os produtos das categorias apresentadas nas alíneas f) e g), as frações correspondentes a cidade foram obtidas através da relação entre a população da cidade e do país;
- a) Para os produtos da categoria apresentada na alínea i), primeiramente, calculou-se a relação entre as atividades de construção residencial e não residencial no país. A fração da cidade na parcela não residencial foi calculada a partir da população. Já, a fração da cidade na parcela residencial foi obtida através da relação entre as edificações habitacionais construídas na cidade e no país (não está claro na publicação se é estimado por unidades ou por metros quadrados construídos).

Os autores propõem, ainda, um indicador de eficiência material, por setor de atividade econômica, calculado a partir razão entre o consumo de materiais e a geração de resíduos. Essa parece ser uma contribuição original da pesquisa.

No que se refere à possibilidade de aplicação dos métodos desenvolvidos para Limerick e para Montevideu ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte, conclui-se que há possibilidade, mas implicaria em estimativas bastante grosseiras. Essa constatação é feita observando-se as diferenças produtivas, culturais e econômicas das diversas regiões do Brasil. A identificação de fatores que estimem o consumo municipal de Feliz, como uma fração do consumo nacional seria subjetiva, ainda que se tomassem por base os indicadores de setores de atividades, individualmente. Assim, avalia-se que essa alternativa

forneceria resultados pouco representativos da realidade, se comparados às opções metodológicas que utilizam dados locais.

Além disso, os métodos propostos permitem, apenas, a identificação do consumo. Fluxos de entrada e saída ou de adição ao estoque, individualmente, não são estimados, o que caracteriza uma limitação desses métodos. Em contrapartida, como vantagem, pode-se citar a simplificação de se utilizar dados nacionais, os quais são capturados e armazenados por bases estatísticas.

### 3.8 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ADAPTABILIDADE DOS MÉTODOS ADOTADOS POR PESQUISAS PRÉVIAS AO CONTEXTO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS DE PEQUENO PORTE

Ainda que se verifique um número crescente de estudos em AFTM, nos últimos anos, na escala local, eles ainda não estão disseminados e um método padrão ainda não está consolidado. Os métodos mais recentes e com maior detalhamento metodológico, baseiam-se no Guia Eurostat (2001) e concentram-se em propostas para o contexto europeu.

Verifica-se, ainda, que, no Brasil, a AFM permanece praticamente ignorada, como estratégia para compreensão da relação entre assentamentos humanos e ambiente. Não foi encontrado um único estudo aplicado a cidades ou municípios.

Observa-se que todos os casos estudados no contexto internacional correspondem a capitais nacionais ou a municípios economicamente polarizadores, na rede urbana dos países aos quais pertencem. O foco em municípios ou em regiões metropolitanas, cujas cidades sejam centrais em seus territórios, provavelmente, se deve a três fatos. Primeiro, já mencionado, por serem consideradas responsáveis por maiores pressões ambientais, visto que, comparativamente aos municípios menores, movimentam maiores volumes de materiais. Segundo, por serem mais dependentes do ambiente externo, em termos de recursos físicos, visto que, geralmente, apresentam pouca produção primária e, muitas vezes, até pouca produção secundária. Terceiro, porque, para esses municípios, há maior disponibilidade de dados estatísticos. Nesse sentido, salienta-se que, mesmo dentro da França, Barles (2009) questiona se os procedimentos e as formas de análise que aplicou à Paris seriam reproduzíveis em outras localidades do país.

Assim, embora se considere os métodos das pesquisas conduzidas nos continente europeu contribuições valiosas para o desenvolvimento internacional do tema, percebem-se suas

limitações, ao se pretender aplicá-los a municípios brasileiros de pequeno porte. A primeira limitação diz respeito às fontes de dados disponíveis. As pesquisas desenvolvidas para Paris e para Lisboa contaram, para a maior parte das categorias de fluxos materiais, com estruturas de armazenamento de dados estatísticos ao nível, respectivamente, do município e da região. Entretanto, no contexto brasileiro, tais estruturas não estão disponíveis. Nesses estudos, os dados usados foram registros de transportes de cargas, indisponíveis no Brasil.

A segunda limitação é o possível viés metodológico adotado pelas pesquisas, em função do perfil dos municípios, cidades e regiões metropolitanas, adotados como estudo de caso. Este é o caso, por exemplo, dos procedimentos para estimativa de estoque, propostos por Niza (2009), que se baseiam no tempo de residência dos materiais dentro da economia. Os procedimentos adotados são aplicáveis diretamente, apenas, a locais cujas entradas sejam destinadas, exclusivamente, ao setor terciário da economia.

A única iniciativa localizada na América Latina foi a pesquisa desenvolvida por Mimbacas (2012), para Montevidéu. O método do estudo apresenta similaridades com aquele adotado para Limerick. Ambos utilizam fontes de dados referentes ao país, como um todo e, por essa razão, baseiam seus métodos na identificação de critérios para determinação da fração dos fluxos pertencentes ao município, em relação aos fluxos totais nacionais. Avaliou-se que essa alternativa, se aplicada ao contexto brasileiro, forneceria resultados pouco representativos da realidade, se comparados às opções metodológicas que utilizam dados locais e não nacionais.

Como decorrência da discussão apresentada, verifica-se que os procedimentos metodológicos empregados e as prioridades nas pesquisas desenvolvidas em outros contextos, ainda sem consolidação, não seriam os mais efetivos para a captação e representação dos fluxos de materiais dos municípios brasileiros, em particular, daqueles de pequeno porte. Um detalhamento metodológico específico é desejável, particularmente, no que se refere à estimativa dos fluxos de importação e exportação. Assim, desenvolveu-se, no presente trabalho, uma proposta de detalhamento metodológico, aplicado ao município de Feliz, o qual foi adotado como estudo de caso. Expõem-se, detalhadamente, no capítulo seguinte, os procedimentos e as fontes de dados adotadas.

### 3.9 LIMITAÇÕES E OPORTUNIDADES DO USO DA AFTM PARA A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA ESCALA LOCAL

As análises realizadas nesta seção tem a finalidade de responder ao terceiro objetivo intermediário da presente pesquisa. Basearam-se nos critérios levantados a partir de seis referências, descritas nas alíneas abaixo. As pesquisas referenciadas se dedicaram ao trabalho de identificar e elencar métodos existentes para a avaliação ambiental, na escala local. A seguir, os métodos foram organizados em categorias, buscando analisar suas possíveis aplicações. Algumas pesquisas, a exemplo de CATSS, vão além, analisando as fragilidades e potenciais dos métodos existentes.

- b) **BEQUEST - *Building Environmental Quality Evaluation for Sustainability through Time*** (1998-2001): foi desenvolvido por uma rede de universidades europeias, dirigido pela *Salford University* e financiado por *European Union Environment and Climate Programme*. O projeto buscou estabelecer uma linguagem e uma abordagem comum para se tratar do desenvolvimento urbano sustentável e objetivou registrar e desenvolver um sistema de busca de métodos de avaliação aplicados ao contexto urbano, denominado Bequest Toolkit, acessível, gratuitamente, através da internet<sup>32</sup> (DEAKIN; CURWELL; LOMBARDI, 2002). Na página digital do projeto não são encontradas análises gerais, que mencionem as diferenças entre os métodos ou os diferentes tipos de métodos, nem os benefícios e as controvérsias das diferentes abordagens. Entretanto, os diversos métodos podem ser buscados através de filtros de pesquisa, que os categorizam de acordo com a:

- escala espacial: da região urbana aos materiais e componentes;
- dimensão da sustentabilidade avaliada: ambiental, social, econômica e institucional;
- atividade a qual busca dar suporte: planejamento urbano, planejamento de empreendimentos, projeto, construção e operação.

As informações disponíveis incluem, além das categorias acima: a) descrição geral do método; b) a escala temporal da avaliação e; c) requerimentos de dados.

---

<sup>32</sup> Disponível em: <<http://vp.salford.ac.uk/bequest/bequestWebs/bqtoolkit/index2.htm>>.

- c) **PETUS - *Practical Evaluation Tools*<sup>33</sup> for Urban Sustainability**: é uma iniciativa da *European Communities - Community Research - Energy, Environment and Sustainable Development* (2006), que, de forma semelhante ao projeto BEQUEST, desenvolveu uma plataforma digital de busca<sup>34</sup>, que inclui informações sobre métodos de avaliação de sustentabilidade urbana. A iniciativa contempla uma descrição das diversas classes de “ferramentas”, segundo organização própria, quanto às características gerais, estágio de uso, resultados e experiências de aplicação. Informações específicas sobre os métodos incluem: a) descrição geral; b) escala de aplicação (região, cidade, bairro, edificação e componente); c) fatores cobertos (ambiental, social, econômica e governamental); d) estágio de uso (estudos preliminares, projeto, avaliação do projeto, construção, operação e demolição); e) setores de uso (energia, água e esgotos, resíduos, transportes, paisagens naturais em áreas urbanas, edificações e uso do solo); f) requerimento de dados; g) forma dos resultados.
- d) **Sue-MoT - *Metrics, Models and Toolkits for Whole Life Sustainable Urban Development***: projeto, também europeu, conduzido pela *Engineering and Physical Sciences Research Council's Sustainable Environment Programme in United Kingdom*, teve como objetivo principal identificar e catalogar medidas, modelos e “ferramentas” de avaliação de desenvolvimento urbano sustentável, com ênfase naquelas voltadas para a dimensão ambiental. Objetivos específicos incluíram a elaboração de uma relação de critérios, segundo os quais foi feita uma análise das categorias de “ferramentas” existentes (HORNER, 2006):
- partes interessadas<sup>35</sup> na avaliação;
  - questões relacionadas aos dados;
  - características das “ferramentas”: flexibilidade, possibilidade de atualização, nível de agregação, fases cobertas, dimensões de sustentabilidade cobertas, escalas aplicáveis, interessados considerados;

---

<sup>33</sup> Chama-se a atenção que, a exceção do projeto BEQUEST, esta e as demais pesquisas mencionadas a seguir, usam o termo “*tool*” como um “guarda-chuva” que cobre todos os tipos de mecanismos de avaliação. Essas pesquisas não apresentam nenhuma discussão do conceito exato do termo. Assim, para não substituir, neste texto, o termo escolhido pelos autores, mas também não gerar confusões quanto à definição de ferramenta adotada no presente trabalho, optou-se por anotá-lo entre aspas, ao se fazer citações. Nesses casos, “ferramenta” assume um significado genérico.

<sup>34</sup> Disponível em: <<http://www.petus.eu.com>>.

<sup>35</sup> Sugestão da autora para a tradução de *stakeholders*.



- lacunas identificadas.

As iniciativas mais recentes de levantamento e exame de métodos de avaliação de sustentabilidade na escala administrativo-espacial local foram empreendidas na Austrália:

- e) **CATSS - *Climate Adaptation Tools for Sustainable Settlements***: foi uma pesquisa concluída em 2010, pelo *Australian Institute of Landscape Architects* – AILA, em parceria com a *International Federation of Landscape Architects* - IFLA, com o objetivo de realizar uma revisão preliminar de exemplos australianos e internacionais do que chama de ferramentas de adaptação climática, no contexto dos assentamentos humanos<sup>36</sup> (*INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE ARCHITECTS - IFLA; AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS - AILA, 2010*). Os critérios para a realização da análise foram os seguintes: a) forma ou tipo da “ferramenta”; b) domínio; c) setor ou fase aplicação da “ferramenta”; d) habilidade em promover pensamento sistêmico; e) capacidade de informar sobre decisões de projeto; f) capacidade de encorajar colaboração; g) adaptabilidade a diferentes contextos, h) flexibilidade para permitir evolução ao longo do tempo e; i) habilidade em fomentar inovação. Não analisa critérios relacionados aos procedimentos metodológicos das ferramentas.
- f) **SBE - *Sustainable Built Environments***: é uma pesquisa em desenvolvimento pelo *Green Building Council of Australia (GBCA)*. A primeira etapa, concluída em 2010, contemplou um exercício exploratório de métodos de avaliação da sustentabilidade urbana ou de assentamentos humanos.

As análises desenvolvidas a partir das pesquisas, acima, incluíram 37 métodos, de diferentes perfis e desenvolvidos em diferentes contextos. Em geral, os métodos encontrados poderiam ser enquadrados em três grupos, de acordo com a interface com o usuário: métodos baseados em listas de checagem, em conjuntos de indicadores e em programas computacionais de modelagem e simulação.

Ressalta-se que a AFM não é citada, nem avaliada por nenhuma das pesquisas mencionadas. **As análises realizadas, segundo os critérios apresentados nos itens a**

---

<sup>36</sup> CATSS define *Climate Adaptation Tools* como um “[...] conjunto de métodos [...] que permitam a **formulação, aplicação e avaliação** de respostas adaptativas às mudanças climáticas nos assentamentos humanos [...]” (*INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE ARCHITECTS (IFLA); AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS (AILA), 2010, p. 1*). Assim, o escopo da pesquisa é ampliado, em relação às anteriores, incluindo “ferramentas” não apenas de avaliação.

**seguir, foram elaboradas pela presente autora.** Os exames realizados pelas pesquisas citadas acima serviram, apenas, como referência para estruturar e padronizar a discussão.

**Os critérios foram divididos em dois grupos,** descritos nos subitens a seguir. O primeiro grupo apresenta critérios que se relacionam ao escopo e ao contexto de uso de um método de avaliação ambiental na escala local. Para a análise desse grupo, usaram-se como referências principais, as pesquisas Sue-Mot, SBE e CATSS e buscou-se suporte adicional, para padronizar definições, na literatura nacional, sobre planejamento e gestão urbanos.

O segundo grupo de critérios, faz um exame das definições metodológicas. Para a organização deste item e identificação dos critérios para análise, recorreu-se, como auxílio adicional, a referências bibliográficas sobre métodos de avaliação ambiental, em geral, em particular a publicação *Context and methods for tools designers (IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS, 2004a)*.

### **3.9.1 Critérios de escopo e de contexto de aplicação**

Nos itens a seguir, examinam-se os principais objetivos, bem como, as escalas geográficas de análise, as atividades e os atores sociais aos quais a AFM, como um método de avaliação de sustentabilidade urbana, poderia dar suporte.

#### **3.9.1.1 Objetivo da avaliação**

O objetivo geral do desenvolvimento de métodos de avaliação de sustentabilidade ambiental da escala local é aumentar o entendimento dos diversos atores, atuantes em diversas atividades relacionadas ao desenvolvimento, de forma que eles possam agir e contribuir com as metas nacionais e locais de sustentabilidade (HORNER, 2006). Entretanto, justamente devido à variedade de atores e de atividades relacionadas à produção do território local, diversos métodos foram desenvolvidos, para atender a cada fim.

Os objetivos específicos de cada avaliação dirão respeito a **quando** e para que **propósito** o método será usado. Pode-se pretender usá-lo em certos estágios de planejamento, de projeto, de gestão ou de qualquer processo decisório, inclusive popular. Portanto, o objetivo está relacionado ao **campo de aplicação** e ao **tipo de problema** ou questão que se pretende que o método auxilie na resolução (*IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS, 2004b*).

Segundo AILA e IFLA (2010), os métodos de avaliação tendem a ter como objetivo, ou a **predição de desempenho**, ou **medição de desempenho corrente**. Métodos preditivos são úteis para informar decisões sobre potenciais impactos ou cenários futuros decorrentes da

adoção de diferentes alternativas em um processo de projeto, planejamento ou elaboração de políticas. Já, métodos que medem situações existentes - projetos, planos ou sistemas implantados -, são úteis para se aferir o progresso em direção às metas de sustentabilidade, através da comparação dos resultados da avaliação com as referências previamente estabelecidas (outras situações ou metas).

Verifica-se, a partir dos estudos de casos e da literatura, que os resultados da AFM permitem que se obtenha, tanto a medição de desempenho corrente de um município, quanto a predição estimada do seu desempenho futuro.

A **medição de desempenho corrente** será útil para se diagnosticar a realidade. Diagnósticos elaborados a partir da AFM, segundo Hendriks (2000), permitem que os responsáveis por tomadas de decisões compreendam o conjunto de fluxos que dá suporte ao desenvolvimento da região que governam, conectando sistematicamente atividades e processos antropogênicos - tais como construção, transportes, consumo e disposição de resíduos - com fluxos de recursos (entradas) e de resíduos (saídas). Assim, é possível examinar as relações do município ou região com as regiões externas ou com os meios físicos e processos naturais.

Uma série de conclusões específicas podem ser obtidas, a partir dos resultados diretos da AFM. Entretanto, avaliações globais, que meçam o progresso em direção às metas de sustentabilidade, exigem (a) a possibilidade de agregação dos resultados e (b) o estabelecimento de referenciais de desempenho, através dos quais se possam compará-los.

Na maior parte dos métodos de avaliação de sustentabilidade ambiental na escala local existentes, que se propõem à avaliação global de desempenho corrente, observam-se dificuldades e controvérsias acerca da agregação de resultados, visto que muitos critérios avaliados são medidos através de unidades incomparáveis. Nesses métodos são utilizados, como marcas comparativas, valores estabelecidos como metas, ou valores médios de dada realidade.

Na corrente predominante da AFM, de acordo com a qual os fluxos são todos medidos em unidade de massa, os resultados são facilmente agregados. Entretanto, verifica-se, entre os estudos de AFM apresentados nas seções anteriores, que medidas comparativas são de difícil obtenção. Primeiro, porque não há um método padronizado para a condução AFM na escala local, fazendo com que as diferentes pesquisas adotem diferentes procedimentos e, com isso, não sejam diretamente comparáveis. Nas publicações listadas na seção anterior, verifica-se que as comparações de resultados, para diferentes locais, são apresentadas

mediante uma série de ressalvas. Até porque, além dos detalhamentos metodológicos, as fronteiras das pesquisas são distintas entre si, coincidindo, ou com os limites das cidades, ou dos municípios ou das regiões metropolitanas. O mesmo se verifica em estudos que comparam resultados *per capita* nacionais com resultados *per capita* locais.

Em nenhuma das publicações se encontrou menção à existência de planos de desenvolvimento local ou regional, tal como a Agenda 21 local, que incluíssem metas para entradas e saídas de materiais. Pelo contrário, ao que parece, se está em um estágio inicial de desenvolvimento desses instrumentos, de forma que, em alguns casos, a AFM tem dado suporte à sua elaboração, mas ainda não tem sido usada para monitorar sua aplicação.

A avaliação global de desempenho corrente possibilita que se comparem diferentes contextos locais – e se categorize - ou que se monitore um mesmo local, ao longo do tempo.

A AFM também pode ser utilizada com **finalidade preditiva**, permitindo o reconhecimento antecipado de problemas relacionados ao tempo de exaustão de recursos, à qualidade ambiental e à formação de estoques (HENDRIKS et al., 2000). Como identifica pressões, ao invés de concentrações, permite que se adotem medidas pró-ativas, mudando as práticas atuais de solução de problemas, baseadas em soluções de “fim-de-tubo” (HENDRIKS et al., 2000).

A AFM conduzida em séries temporais fornece indicativos de tendências. Adicionalmente, através de técnicas de cenários, permite aprofundar análises e dar suporte a decisões atuais. Técnicas de cenários são associadas aos resultados da AFM no estudo de caso de Londres (*BEST FOOT FORWARD*, 2002) e da cidade de Viena (HENDRIKS et al., 2000). Esse último se dedicou, especificamente, aos fluxos de madeira e produtos derivados, como suporte a elaboração de políticas públicas relacionadas ao cultivo local de florestas plantadas, à reciclagem e ao consumo de produtos de silvicultura.

### 3.9.1.2 Escalas geográficas de análise e de avaliação da realidade urbana

Os métodos de avaliação ambiental existentes, geralmente, consideram apenas uma escala ou nível de recorte da realidade local, conforme conclusões obtidas no projeto CATSS (*INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE ARCHITECTS (IFLA); AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS (AILA)*, 2010).

Não há padronização, por parte dos projetos de pesquisas apresentados no item anterior (Sue-Mot, BEQUEST, PETUS, SBE e CATSS), ao definirem as escalas aplicáveis dos diferentes métodos. Também se observa haver certa confusão nessa definição, por não se

**distinguir a escala de recorte do objeto avaliado ou de análise da realidade** (bairro, empreendimento, cidade ou município, região metropolitana) **da escala de atuação dos atores** envolvidos na avaliação (empreendedores locais, governo local, governo nacional). Para exemplificar, um método pode ser desenvolvido para a avaliação da realidade mesolocal (municípios ou cidades), mas para uso dos governos nacionais.

As referenciais espaço-escalares para a análise da realidade e para realização de intervenções não são, nem imutáveis, nem naturais. Segundo Souza (2010a), frequentemente a definição mais útil será aquela relacionada à organização humana.

Devido à falta de precisão na literatura acerca de métodos de avaliação, buscaram-se, no presente trabalho, referências bibliográficas mais específicas para tal definição. Considera-se favorável a classificação proposta por Souza (2010a), para fins de classificação do recorte estabelecido **para análise da realidade local**. Três escalas podem ser distinguidas:

- a) **Escala microlocal:** refere-se à escala na qual os espaços são passíveis de serem experienciados intensa e quotidianamente. Recortes específicos desta escala, de fundamental importância para o planejamento e gestão, são, em ordem crescente de tamanho, o quarteirão, o bairro e o setor geográfico. A análise da ação da esfera privada, nesta escala, será particularmente relevante para a conformação dos planos coletivos (SOUZA, 2010a).

Por ser esta a escala em que alterações do espaço são realizadas de forma mais rápida, observa-se a existência de um grande número de métodos de avaliação de sustentabilidade aplicados a recortes espaciais nesse nível. Os atores diretamente interessados em avaliações nesse nível serão os governos locais, a iniciativa privada (empreendedores) e os profissionais do desenho urbano. As comunidades envolvidas costumam ser partes interessadas, mas que em raros casos são usuários diretos dos métodos. Por ser nesta escala em que há envolvimento mais intenso dos profissionais do desenho urbano, esses métodos são, em geral, aqueles em que se observa haver orientações e critérios de avaliação mais relacionados ao projeto.

- b) **Escala mesolocal:** corresponde ao que se poderia chamar de “nível local *stricto sensu*”, a cidade ou o município. Ao corresponder ao território sob regência do Estado local, nível de governo mais próximo à população, seria a escala de referência para a prática política. Em cidades grandes, e mesmo

médias, não é possível ter uma vivência cotidiana da cidade, como um todo, como aquela possível na escala microlocal (SOUZA, 2010a).

Nessa escala também não é possível ou, pelo menos, usual, a ação exclusiva de um grupo privado. Por esse motivo, em geral, os métodos desenvolvidos para análise desta escala, são de interesse predominantemente governamentais.

- c) **Escala Macrolocal:** equivale a um “nível local ampliado”, correspondente à uma situação típica das metrópoles (regiões metropolitanas), em que as unidades mesolocais (cidades e municípios) se integram densamente, formando um minissistema urbano, costurado por fluxos, como comutação de trabalhadores (SOUZA, 2010a).

A partir do exame dos estudos de caso de AFM conduzidas na escala espacial local, apresentados na seção anterior, verifica-se que oito, entre os quatorze, são aplicados à escala macrolocal (região metropolitana) e quatro, à escala mesolocal (três cidades e um município), além do caso de Singapura, que a presente autora optou por não classificar.

Observa-se, também, que todos os casos estudados correspondem a capitais nacionais ou a centros urbanos de alta hierarquia na rede urbana dos países aos quais pertencem. Em centros urbanos desse tipo, o grau de interação entre os fluxos de materiais e de energia é tão expressivo, que se torna difícil caracterizar municípios isolados. Talvez essa seja uma das razões para a adoção da escala de análise macrolocal, como predominante.

Observa-se que nenhum dos casos identificados na seção anterior assemelha-se ao perfil de municípios de pequeno porte, descritos no contexto da presente pesquisa, principalmente, por serem quase que exclusivamente urbanos. O perfil das cidades, certamente, interfere no perfil de fluxos e fontes de dados estatísticos disponíveis.

O caso da região de Paris é distinto do das demais pesquisas, por realizar análises em três escalas (município, subúrbios circundantes e região). Por essa razão, o estudo inclui a área de entorno, com características também rurais. Essa caracterização identifica heterogeneidades no interior do sistema avaliado, demonstrando perfis de fluxos totalmente distintos, para os três níveis de análise.

Embora a análise meso e macrolocal sejam predominantes nas pesquisas de AFM na vertente AFTM, segundo Deilmann (2009), ao se pretender entender as dinâmicas de mudança do **território municipal** ou **tecido da cidade**, a análise em escalas menores torna-se indispensável. Garcia (2009) argumenta que diferentes áreas de um município

desempenharão diferentes funções e serviços e, em algum grau, essas áreas devem apresentar comportamentos diferentes na mobilização de fluxos materiais. A alternativa, então, envolveria delinear as partes do sistema e estudar processos ou áreas menores (subsistemas) dentro do sistema. Essa abordagem trata os sistemas como heterogêneos e busca revelar a dinâmica interna dos assentamentos humanos (VAČKÁŘ, 2009).

Apenas três publicações referentes à AFM na escala espacial microlocal foram identificadas e não estão incluídas na Figura 9 (anterior), pois não se configuram como AFTM e apresentam procedimentos e compartimentos de análises muito distintas das demais pesquisas expostas, tornando-se incomparáveis, pelos critérios gerais de categorização da tabela.

Kennedy e Codoban (2008) realizaram AFM em três bairros considerados típicos e com características distintas entre si, em Toronto, Canadá. Um número limitado de fluxos é estimado, em função da baixa disponibilidade de dados municipais desagregados. Análises de processos domésticos específicos, como processamento de alimentos, limpeza doméstica e de roupas e higiene pessoal também são realizadas.

Garcia et al (2009) e Olazabal et al (2009) propõem um estudo exploratório do metabolismo de Zaragoza, a partir da análise de unidades geográficas microlocais (escala dos distritos). Esses distritos são agrupados em classes de tipologias comuns, definidas pelo que os autores nomeiam variáveis morfo-funcionais. O estabelecimento das classes é feito através de um método estatístico multivariáveis, denominado *Hierarchical Cluster Analysis*. Entretanto, até em sua publicação, os autores concluíram que a pesquisa ainda sofria com barreiras que comprometiam a confiabilidade e utilidade de seus resultados, conforme expresso por Garcia et al (2009), citando:

- a) Escassez e problemas de acessibilidade a informações a nível distrital;
- b) Complexidade de interpretação dos resultados na *Hierarchical Cluster Analysis*;
- c) Dificuldade de seleção de variáveis morfo-funcionais que, efetivamente, caracterizem e permitam identificar áreas com mesma tipologia.

Deilmann (2009) estuda fluxos e estoques, a partir do que denomina Tipologias Estruturais Urbanas, que caracterizam o tecido urbano (da cidade), de acordo com o desenho das áreas abertas e dos edifícios. Sistemas de Informação Geográfica são usados para a geração de mapas e, quando associados a certos bancos de dados, permitem o cálculo de fluxos e estoques. O estudo parece focado em fluxos e estoques relacionados ao ambiente construído, como edificações e infra-estrutura.

Verifica-se, através dos estudos analisados, que, em geral, a escala adotada para a condução da AFM tende a ser aquela para a qual existam dados públicos disponíveis e em que as fronteiras do sistema sejam mais facilmente identificadas. Por essas razões, em geral, os estudos recentes adotam limites correspondentes ao território de determinada região administrativa, algo que, como já mencionado, corresponderia, no Brasil, ao município.

A análise microlocal, provavelmente é preterida em função da carência de dados, visto que em poucas regiões essa escala apresenta gestão própria e, conseqüentemente, dados estatísticos. Provavelmente, no Brasil, análises nessa escala sofreriam com esse tipo de barreira.

O recorte meso e macro local permitem uma caracterização abrangente; entretanto, como discutido, não serão sensíveis para identificar, com maior detalhe, dinâmicas ocorrentes em áreas específicas, internas ao sistema em estudo.

#### 3.9.1.3 Atividade ou processo de tomada de decisão ao qual oferece suporte

Como mencionado anteriormente, a maior parte das pesquisas encontradas na literatura acerca da AFM, na vertente AFTM, é voltada à caracterização do metabolismo da economia. Assim, encontram-se indicações de potenciais de usos dos resultados, como base para políticas públicas econômicas, tais como aquelas identificadas por Machado e Fenzl (2000): políticas monetárias, de investimentos e em relação ao mercado.

Já, as pesquisas setoriais na área de concentração da Ecologia Industrial apontam, predominantemente, usos em setores específicos de gestão de recursos e de resíduos (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

Para o contexto local tem sido reconhecido o variado potencial de usos dos resultados de pesquisas em AFM, tendo em vista a riqueza de informações geradas a partir delas. Entretanto, embora essas investigações sejam consideradas um passo imprescindível (FEMIA; MOLL, 2005; KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010), poucos exemplos de aplicações concretas são encontrados na literatura e, dificilmente diferenciam aplicações para as diferentes atividades de tomada de decisão no contexto local.

#### *- suporte à gestão municipal*

Os resultados aplicados à **gestão municipal** parecem ser os mais evidentes, considerando que uma variedade de fluxos está diretamente relacionada à infraestrutura e aos procedimentos cotidianos de administração do presente. Entre eles, destacam-se os fluxos



de resíduos sólidos urbanos, de resíduos de construção e de demolição, de água e de esgoto. Observa-se que as responsabilidades da gestão municipal são, em muitas regiões, pelo menos no Brasil, distribuídas entre secretarias que tratam com funções municipais específicas e que, frequentemente, também são responsáveis pelo planejamento de ações futuras. Nesse caso, provavelmente, cada órgão estaria interessado em resultados de fluxos bastante específicos, sendo mais informativos resultados detalhados, do que altamente agregados<sup>37</sup>.

Como restrição à ação, aparentemente, essas secretarias estão condicionadas a outros órgãos e a políticas municipais específicas, para a viabilização de investimentos em qualificação de seus processos ou execução de novas obras de infraestrutura, como redes e plantas de tratamentos de esgoto e espaços de triagem e destinação de resíduos recicláveis.

*-suporte ao planejamento nas escalas nacional e regional*

Quanto à aplicação no **planejamento territorial e urbano**, cada escala de ação, envolverá potenciais distintos. Nas **escalas nacional e regional** de planejamento, os resultados agregados sob forma de indicadores permitem monitorar e comparar municípios entre si, identificando condutas mais sustentáveis (DOUGLAS 1998 apud HUANG; HSU, 2003), bem como monitorar e comparar indicadores locais com indicadores regionais e nacionais (FEMIA; MOLL, 2005). Os resultados dessas análises permitiriam caracterizar e estabelecer políticas específicas para grupos de municípios. Esse tipo de análise também permite compreender, em maior detalhe, as funções de diferentes perfis de municípios, ou de cada município, especificamente, na rede regional e/ou nacional, no que se refere ao suprimento e ao consumo de recursos. Essas informações permitiriam aprofundar análises realizadas na última publicação sobre a rede urbana brasileira, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008), o qual identificou as distâncias percorridas pelos brasileiros, das diferentes regiões, para obterem acesso a certos bens de consumo e aos diferentes serviços urbanos.

Na **escala local de planejamento** se verifica possibilidades variadas de aplicação dos resultados da AFM. Segundo Hendriks (2000), as AFM são particularmente úteis na formulação de políticas, pois caracterizam o sistema, como um todo.

---

<sup>37</sup> Embora, ao se coletar dados para o estudo exploratório, junto à Corsan de Feliz, observou-se que os técnicos lidavam quase que exclusivamente com dados específicos e, ao agregarem informações para repasse à presente autora, ficaram surpresos com as crescentes perdas de água, as quais supunham estarem reduzindo, em função das melhorias na rede e no aumento das medições.

- *contribuição a relatórios de diagnósticos ambientais*

Uma das alternativas de aplicação da AFM é **integrá-la aos relatórios de diagnósticos ambientais**, como Relatórios do Estado do Ambiente (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010), provendo medidas da sustentabilidade do município, que sirvam de suporte ao desenvolvimento de planos e políticas locais. Hendriks et al. (2000,) afirmam que os resultados da AFM podem evidenciar prioridades políticas não alinhadas com ameaças ambientais potenciais ou com o alcance da sustentabilidade a longo prazo. Nesse sentido, a AFM, na vertente AFTM, parece particularmente promissora, quando associada à **Agenda 21 local**. Três são os estudos de caso encontrados na literatura, que conduziram suas AFM dentro do processo de elaboração da Agenda 21 local ou de planos estratégicos semelhantes. Um deles é o projeto ANAFLUMPA (Análise dos fluxos de materiais de Palermo), do qual várias corporações locais participaram, incluindo a municipalidade<sup>38</sup> de Palermo e a Agência de Proteção Ambiental Regional (FEMIA; FALCITELLI, 2009). Outros são os desenvolvidos pelos municípios de Genebra (ERKMAN, 2006 apud FEMIA; MOLL, 2005) e pela cidade de Viena (HENDRIKS et al., 2000). No caso de Londres, a AFM foi conduzida como parte de um programa nacional do Reino Unido sobre sustentabilidade no uso de recursos.

- *suporte ao planejamento na escala local*

Resultados da AFM também podem ser usados no planejamento local, para investigar efeitos de futuras mudanças nos fluxos municipais, resultantes de diferentes políticas ou alterações tecnológicas (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010). Para isso, podem-se usar (a) técnicas de elaboração de cenários, a partir de tendências observadas em AFMs, ao longo de séries temporais, ou (b) modelos matemáticos dinâmicos (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

Quanto às opções de modelos para a AFM, na escala local, verifica-se que, embora apontada como um campo promissor (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010) e objeto de investigação por pesquisas recentes (DEILMANN, 2009; EUROPEAN COMMUNITY'S SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME, 2010; FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY - HELLAS INSTITUTE OF APPLIED AND COMPUTATIONAL

---

<sup>38</sup> O termo *municipality* é usado pelos autores.

MATHEMATICS REGIONAL ANALYSIS DIVISION, 2010; QUINN, 2007), não foram encontrados modelos finalizados para fluxos de materiais, na vertente AFTM<sup>39</sup>.

Quanto aos potenciais de desenvolvimento, segundo Deilmann (2009), se espacializada, a abordagem de AFM oferecerá benefícios potencialmente maiores ao planejamento local, visto que, nessa escala, a visualização de dados em forma de mapas é predominante entre os profissionais atuantes. Hoje, essa análise concentra-se em questões de uso do solo e de alocação de funções. Para o autor, planejadores territoriais e, particularmente, urbanos ignoram os fluxos e estoques de materiais e de energia relacionados e desencadeados pelos processos e funções do território ou pelos padrões do ambiente construído, tais como: tipologia das edificações, sistemas de infraestrutura e uso do solo (DEILMANN, 2009).

Ainda segundo Deilmann (2009), a AFM também pode ser incluída no debate da influência da forma da cidade para a sustentabilidade, a qual, por muito tempo, deu-se a partir de tentativas de identificação de "soluções ideais". Nos últimos anos, os esforços partiram para tentativas de criação de instrumentos que permitam identificar caminhos de se maximizar os benefícios à população local e reduzir suas pressões sobre o ambiente regional e global. Nesse sentido, a AFM parece capaz de identificar, apenas, as pressões. Ainda assim, permite que abandone modelos e soluções prescritivas ou padronizadas e se avalie, efetivamente, soluções originais, adaptadas às características particulares de cada local.

*- aplicação em projetos*

No que se refere à aplicação do conceito de metabolismo ao **projeto**, segundo Kennedy, Pincetl e Bunje (2010), esse é um contexto relativamente novo de desenvolvimento. Por essa razão, a presente autora não encontrou pesquisas nessa área e, tão pouco, algum método consolidado. Há referência, em Kennedy, Pincetl e Bunje (2010), ao uso da AFM no desenvolvimento de um projeto, desenvolvido por um grupo de estudantes do curso de arquitetura do MIT, para a reconstrução de New Orleans (QUINN, 2007).

Particularmente quanto aos recursos demandados e aos resíduos gerados pela construção civil, os quais correspondem a uma parte expressiva do total de fluxos urbanos, segundo Deilmann (2009), projetos urbanos na escala microlocal desempenham um papel determinante, visto que as tipologias, técnicas construtivas e materiais empregados envolverão diferentes classes e magnitudes de fluxos. Além disso, as características dessas construções também serão determinantes de uma série de fluxos futuros.

---

<sup>39</sup> Para análise dos fluxos substâncias específicas, Kennedy, Pincetl e Bunje (2010) mencionam a existência de dois modelos (SIMBOX e STAN).

Ainda que não haja um método específico de AFM voltado ao suporte ao projeto urbano, avalia-se que tal alternativa poderia despertar interesse de certos grupos de usuários, os quais atuam na escala microlocal e hoje fazem uso de métodos baseados em listas de checagem, a exemplo do *LEED for Neighborhood Development*. Esses usuários podem ser, tanto empreendedores e projetistas locais, quanto a própria administração municipal, que adota procedimentos de avaliação para induzir posturas ambientalmente mais amigáveis nos empreendimentos da esfera privada.

- *suporte ao projeto de sistemas técnicos específicos*

Quanto ao suporte ao **projeto de sistemas técnicos específicos**, Kennedy, Pincetl e Bunje (2010) apresentam, como exemplo, o uso da abordagem de metabolismo, no projeto da infra-estrutura de um novo bairro em Toronto, por um grupo de estudantes de engenharia civil. Quando públicos, projetos de sistemas técnicos, provavelmente, estarão associados às secretarias municipais específicas e também demandarão resultados de fluxos específicos detalhados.

#### 3.9.1.4 Atores sociais envolvidos e demais partes interessadas

Cada método de avaliação é desenvolvido a partir de premissas que refletem os objetivos do grupo de atores ou da instituição, aos quais ele busca servir. Dentro do contexto local, diversos atores sociais terão prioridades e motivações distintas para lidar com diferentes problemas e variáveis (*INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE ARCHITECTS (IFLA); AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS (AILA), 2010*). As avaliações, supostamente, deveriam considerar, além dos atores, as demais partes interessadas (*stakeholders*), afetadas em seus resultados.

A gama de atores e de interessados inclui os **governos nacional, regional e local**, os **empreendedores e profissionais de projeto** e a **comunidade local**, os quais, frequentemente, apresentam interesses muito distintos e, não raro, conflituosos.

A partir das discussões, no item anterior, acerca das atividades às quais o estágio atual de desenvolvimento das pesquisas em AFM na escala local pode dar suporte, conclui-se que sua aplicação se apresentaria da seguinte maneira, para os atores sociais envolvidos em tomadas de decisões de desenvolvimento local:

- a) os métodos das pesquisas desenvolvidas na última década em AFM na vertente AFTM, e, particularmente, daqueles baseados no método Eurostat, os quais analisam apenas fluxos que atravessam o sistema, fornecem resultados que podem, de forma mais direta, ser relacionados às questões abrangentes de funcionamento e sustentabilidade ambiental. Dessa forma,

seriam particularmente úteis a **profissionais envolvidos no planejamento** a partir das escalas maiores, como as **escalas meso e macrolocal, regional e nacional**. Por essa razão, os únicos casos de condução de AFM, a partir de demandas reais, são aqueles desenvolvidos dentro do processo de elaboração da Agenda 21 local ou de planos estratégicos;

- b) para **planejadores das escalas meso e macrolocal**, familiarizados com informações espacializadas, provavelmente seriam mais úteis e atraentes os desenvolvimentos da AFM que considerassem heterogeneidades no tecido e na forma urbana. Para tanto, seriam necessários métodos de AFM que analisassem fluxos e estoques dentro do sistema e os associassem a outras variáveis, tais como densidade e uso solo, tradicionalmente analisadas no planejamento territorial e, particularmente, no urbano;
- c) resultados de AFM, na vertente AFTM, podem ressaltar questões aparentemente ocultas, negligenciadas por profissionais responsáveis por **setores específicos da gestão municipal**. Entretanto, provavelmente, para a identificação de causas e soluções, seriam necessárias análises de forma desagregada. A mesma consideração vale para projetos de sistemas técnicos urbanos específicos;
- d) não se encontraram métodos de aplicação da AFM, como **suporte aos empreendedores e profissionais do projeto espacial** e, particularmente, do urbano. Entretanto, como discutido no item anterior, parece haver potenciais para tais desenvolvimentos.

No que se refere ao uso dos resultados da AFM, como instrumentos informativos à população local, Hendriks et al. (2000) afirmam ser de fácil comunicação, particularmente quando acompanhados de gráficos e diagramas. Segundo o autor, a objetividade dos resultados e sua base teórica sobre conceitos relativamente difundidos, também favorecem, tanto discussões interdisciplinares, quanto a **participação dos cidadãos em processos de planejamento e gestão**.

Instrumentos informativos e de participação, tais como fóruns cidadão (*citizen forums*), audiências públicas e, mesmo, painéis de especialistas (*expert panels*) avançam para além da simples informação, oferecendo oportunidade, maior ou menor, para que a população seja ouvida. Por essas razões, segundo Souza (2010a), governos permeáveis a genuínas parcerias e à delegação de poder, não podem prescindir do uso de instrumentos informativos.

Um exemplo de processo de planejamento participativo ancorado pela AFM é o apresentado por Hendriks et al. (2000), para uma rede de municípios em uma região da Suíça, a qual, em 1998, conduziu uma pesquisa interdisciplinar denominada SYNOIKOS. Objetivou-se a elaboração de planos de gestão de alguns recursos considerados fundamentais à região, levando em consideração aspectos sociais, ambientais, econômicos e culturais. Na época, a região era voltada para a agricultura e plantio florestal e, frente à crescente demanda por

papel e madeira para a construção, um dos ramos da pesquisa conduziu ao desenvolvimento da AFM da madeira.

A partir dos resultados e de sua associação com pesquisas incluindo outras dimensões da sustentabilidade, um grupo de arquitetos, planejadores, economistas e outros pesquisadores investigaram cenários para 2050. Iniciou-se, então, um processo participativo de discussão de metas para 2050 e de reestruturação dos cenários até então prováveis. Aproximadamente sessenta representantes da região, incluindo políticos, empreendedores, representantes governamentais e de organizações não governamentais participaram de oficinas, moderadas por políticos locais e por membros do grupo de pesquisa.

#### 3.9.1.5 Usuários

É importante distinguir que, usualmente, há dois tipos de usuários. Os primeiros são aqueles já mencionados como atores, para quem os resultados da avaliação são direcionados. Os segundos são aqueles que implementam o método e passam a desempenhar um papel de assessores ou assistentes da avaliação. Em alguns casos, os usuários acima podem ser a mesma pessoa. Essa situação se observa quando o método é desenvolvido pelo próprio grupo usuário.

A extensa quantidade de dados, obtidos de diferentes fontes, a exigência de conhecimento de técnicas para agrupamento e processamento, parecem indicar que, dificilmente, um ator social sozinho e isoladamente, será o condutor de uma AFM. No mínimo, ele requererá alguma capacitação. Nos estudos de caso encontrados na literatura, em que, de fato, havia uma demanda real, por parte de um governo local, geralmente as AFM são conduzidas ou apoiadas por pesquisadores ou grupos de pesquisas, que desempenham um papel semelhante ao de assessores.

Soma-se a essa dificuldade o fato de não haver nenhum método consolidado específico para a escala local, fazendo com que cada estudo encontre seus próprios meios de conduzi-lo. Ainda que haja tentativas de adaptar para contextos meso e macro local o método padronizado Eurostat (2001), não há uma publicação que ofereça, explicitamente, procedimentos e orientações sobre acesso a fontes de informações e conversão de dados.

#### 3.9.1.6 Ferramentas de suporte

Pelo que se constata, até o momento, não existem ferramentas de suporte para AFM, na vertente *Bulk Materials Flows Analysis*. Segundo Brunner e Rechtberger (2004), o mercado de softwares tem muitas aplicações projetadas para simular processos físicos. Existem,

ainda, alguns programas específicos para a Análise dos fluxos de materiais e substâncias específicos (KENNEDY; PINCETL; BUNJE, 2010).

Em situações em que os cálculos a serem realizados sejam relativamente simples, o guia prático de Brunner e Rechtberger (2004) indica a possibilidade de se usar o software Microsoft Excel. Segundo os autores, a familiaridade e a disponibilidade para muitos usuários são os benefícios de se usar esse programa. Adicionalmente, o Excel também permite que se gere apresentações gráficas para os resultados.

#### 3.9.1.7 Adaptabilidade

Adaptabilidade se refere à possibilidade de aplicação dos métodos em diferentes contextos geográficos e em diferentes atividades relacionadas ao desenvolvimento local. Verifica-se que é possível a adaptação da AFM a diferentes contextos geográficos, conforme observado pelo número de pesquisas apresentadas na Figura 9 (página 91). A maior restrição parece ser a disponibilidade de dados, que é diferente em cada região do mundo ou até dentro de um mesmo país. Essas variações exigiram, em muitos estudos de caso, detalhamentos metodológicos específicos, no que se refere às formas de processamento, conversão e estimativa, de forma a suprir lacunas nas informações existentes. Quanto ao contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte, o estudo exploratório, demonstrou ser particularmente difícil a obtenção de dados de importação e exportação de mercadorias. A única fonte de dados direta (dados locais) encontrada foram os registros das Notas Fiscais eletrônicas (NF-e), armazenadas pela Secretaria da Fazenda. Características específicas desse banco de dados exigiu um tratamento específico, diferente dos estudos prévios.

### 3.9.2 Critérios teóricos e metodológicos

#### 3.9.2.1 Bases teóricas e conceitos analíticos de suporte

Qualquer avaliação de sustentabilidade, segundo Ravetz (2000), depende de uma estrutura de referência. Para que os critérios avaliados e resultados apresentados sejam informativos e inteligíveis aos usuários, alguns métodos adotam modelos analíticos, que os relacionem, de alguma maneira, aos impactos ambientais e/ou entre si. Cabe ressaltar, como aponta IEA ANNEX 31 (2004c), que o uso de modelos analíticos para a interpretação resultados não é uma decisão neutra, e irá influenciar na interpretação dos agentes sociais envolvidos.

A abordagem de sistemas, na qual a AFM está explicitamente embasada, é julgada como promissora para a avaliação ambiental na escala local, segundo as pesquisas Sue-Mot e CATSS (HURLEY; HORNE, 2010; *INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE*

*ARCHITECTS (IFLA); AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS (AILA), 2010).*

Tal embasamento fornece uma estrutura de referência cientificamente consolidada, segundo a qual as diversas informações existentes para as escalas físico-administrativas locais podem ser organizadas e oferecer a compreensão das suas relações com o ambiente. Embora os métodos para a condução de AFM, por si só, não relacionem, diretamente, os diferentes fluxos materiais aos respectivos impactos finais, o embasamento na Teoria dos Sistemas remete a interpretação à existência desses vínculos.

Por essa razão, mesmo quando os resultados da AFM não sejam associados a métodos adicionais de interpretação de resultados, eles são inteligíveis e informativos a muitos usuários, mesmo àqueles sem muita familiaridade com a discussão ambiental. Logicamente, quanto maior o conhecimento do usuário, mais informações serão extraídas dos resultados da AFM.

Entretanto, enquanto são ressaltados os benefícios da abordagem de sistemas, o uso de conceitos físicos, da ecologia e da economia, é ponto de questionamento por parte dos pesquisadores e profissionais envolvidos com o planejamento e gestão territorial e, particularmente, urbana. Guillen (2004), por exemplo, argumenta que, embora o uso de conceitos das ciências ecológicas seja útil para se entender certos aspectos locais e urbanos, transferi-los radicalmente para a compreensão do funcionamento da sociedade pode ocasionar o sombreamento de outros grandes desafios para o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, Newman (1999), em seu artigo sobre o metabolismo de Sydney, salienta que os sistemas urbanos são muito mais do que um mecanismo de processamento de recursos e de produção de resíduos. O autor propõe o que chama de "modelo de metabolismo urbano estendido", sugerindo a ampliação do conceito, de forma a englobar também "saídas" relacionadas à habitabilidade e à vitalidade (*liveability*) das cidades.

A presente autora entende que, as considerações feitas no parágrafo acima, acerca das limitações da AFM aplicada a escala local e, particularmente, a contextos urbanos, são úteis para que se mantenha em mente que a abordagem de AFM e de metabolismo busca compreender um determinado recorte da realidade e não a sua totalidade. Entretanto, também se considera tal recorte essencial para o entendimento das relações entre o desenvolvimento local e ambiente.



### 3.9.2.2 Critérios de avaliação

O critério geral, ou seja, “aquilo que serve de base para comparação, julgamento ou apreciação” (“Critério”, 1999) da sustentabilidade ambiental de um assentamento humano, seja urbano ou rural, a partir da AFM, são, implicitamente, a magnitude, a origem e o destino dos fluxos de materiais e de energia associados às demandas das sociedades locais, geridas e condicionadas por decisões do Estado local. Presume-se a existência de uma correlação entre fluxos materiais e muitos danos, os quais são, frequentemente, difíceis de se capturar; e espera-se que, ao se reduzir as entradas e saídas de materiais, também decresçam os impactos negativos sobre diversos ambientes e ciclos biogeofísicos do planeta.

Comparativamente aos critérios adotados pelos métodos de avaliação, analisados por BEQUEST, PETUS, Sue-Mot, CATSS e SBE, faz-se as seguintes considerações:

- a) o foco em fluxos dá indicativos de pressões e possibilita a identificação da origem dos impactos; entretanto, tal foco não é o mais adequado ao se pretender diagnosticar o estado do ambiente em dado momento, o que pode ser mais diretamente medido por medidas obtidas por indicadores, como, os de qualidade da água, do ar e outros;
- b) em relação àqueles critérios que se propõem a medir fluxos, presentes em métodos baseados em listas de checagem ou em conjuntos de indicadores, a AFM apresenta duas vantagens principais: a) a de ser mais precisa, pois mede fluxos diretamente, ao invés de usar medidas indiretas; b) a de ser mais abrangente, visto que busca incluir a totalidade dos fluxos, ao invés de medir fluxos específicos, geralmente selecionados a partir de julgamentos de valor. A abrangência no número de fluxos analisados torna a avaliação mais demandante em termos de tempo; entretanto, permite que importantes questões, possivelmente negligenciadas, sejam identificadas;
- c) o foco em fluxos permite que se considerem potenciais impactos ambientais, manifestos em escalas espaciais além da local, os quais são negligenciados por muitos métodos de avaliação ambiental. A abordagem de múltipla-escala é considerada, por Barles (2005), uma das principais distinções e, segundo a autora, ainda existem poucos estudos deste tipo. Segundo Huang e Hsu (2003), a AFM aplicada à avaliação de cidades se contrapõe a iniciativas de aparente “esverdeamento das cidades”, que usam o apelo ambiental apenas para atração de investimentos (*City Marketing*);
- d) pode-se dizer, em contraposição à afirmação de Huang e Hsu (2003), que a abordagem de metabolismo ou de AFM, embora abrangente quanto ao número de fluxos de materiais e energia medidos, apresenta dificuldades para medir certas pressões ambientais, como aquelas decorrentes da destruição e da fragmentação das áreas verdes, da redução da permeabilidade do solo, entre outras. Tais critérios são encontrados em outros métodos de avaliação, como listas de checagem e conjuntos de indicadores. Esses métodos, geralmente, tentam abarcar diversos tipos de

impactos, medidos através de alguns poucos critérios julgados representativos;

Conclui-se que métodos de avaliação de sustentabilidade ambiental na escala local, baseados em Análise de Fluxos Materiais, iriam ao encontro da tendência dos métodos de avaliação ambiental, em geral, de se tornarem cada vez mais quantitativos, evitando a prescrição de soluções. Considera-se, também, que eles seriam independentes e complementares a métodos que avaliem outros tipos de pressões ambientais, dificilmente capturados através de fluxos materiais.

Como limitações, ressaltam-se dois aspectos. O primeiro é relacionado ao fato da AFM, como aplicada até o presente momento, não fazer distinção quanto à origem e ao destino dos fluxos de importação e exportação. Assim, implicitamente, assume que os reflexos ambientais serão iguais, ao se transportar materiais de e para diferentes localidades, com variadas distâncias. Esse pressuposto não pode ser considerado verdadeiro, ao se considerar as demandas de combustíveis e de redes de infraestrutura para esse transporte de cargas. Assim, seria desejável que, além da magnitude, em massa, também fossem caracterizados a origem e o destino dos fluxos de materiais e de energia associados às demandas das sociedades locais.

A outra limitação, já discutida no item 3.4.6 (página74), está relacionada ao fato de diferentes fluxos de materiais apresentarão diferentes impactos para a mesma massa movimentada. Nas palavras de Niza (2007, p. 59) *“em termos de impacto, um quilograma de ferro não é equivalente a um quilograma de mercúrio”*. Entretanto, como descrito anteriormente, embora existam iniciativas nesse sentido, ainda não há procedimentos padronizados ou amplamente aceitos para conexão dos fluxos aos seus potenciais impactos.

Cabe, ainda, discutir alguns conceitos, originários da biologia, da física e da economia, largamente citados como critérios, no debate acerca da sustentabilidade ambiental na escala local. Para essa finalidade, a tradução desses conceitos ainda apresenta dificuldades e controvérsias, as quais serão discutidas nos parágrafos seguintes.

#### - *Capacidade de suporte*

O conceito de **capacidade de suporte** se refere ao limite de pressão suportado pelos corpos receptores ou fornecedores, presentes no ambiente externo ao sistema (CURWELL; DEAKIN; SYMES, 2007). Um sistema sustentável, nessa lógica, seria aquele que restringe a utilização de recursos e a liberação de resíduos a quantidades e características que não

extrapolem esses limites. Entretanto, a capacidade de suporte não pode ser precisamente estimada, pelos mesmos motivos apresentados quanto à dificuldade de se estimar impactos ambientais finais. Portanto, embora conceitualmente aceita, o conceito de capacidade de suporte apresenta restrições para aplicação em tomadas de decisões (HAMMER et al., 2003).

#### - *Resiliência*

O conceito de capacidade de suporte induz ao de **resiliência** e que tem sido largamente utilizado na discussão urbana, inclusive, na esfera administrativa. Como visto no capítulo anterior, há uma eminente preocupação, por parte de uma série de governos locais, na adaptação de suas estruturas frente às estimadas mudanças climáticas. Entretanto, questiona-se se uma entidade local resiliente será, necessariamente, sustentável, visto que sua resiliência pode ser obtida à custa de impactos negativos em outros sistemas.

#### - *Externalidades*

Esse tipo de transferência de custos ambientais tem sido chamado de **externalidade**<sup>40</sup> e traz à discussão da sustentabilidade uma questão de escala. Como se observa, ao longo da evolução dos assentamentos humanos e, particularmente, das cidades, não há, necessariamente, uma convergência entre a sustentabilidade local e a sustentabilidade global.

#### - *Autosuficiência*

As noções de capacidade de suporte e de externalidade induzem à proposição de que um sistema sustentável, como um município ou uma cidade, seriam aqueles que não transferem seus impactos. Ou seja, caracteriza-se por sua **autosuficiência**. Hammer et al. (2003) traduzem essa visão ao indicar que a **região** corresponderia à escala sustentável para o suprimento das necessidades básicas uma população. Esse pressuposto é complementado pela orientação ao atendimento da demanda de bens e serviços dentro da própria região. Os autores apontam o aumento da independência e da estabilidade do sistema, como co-benefícios relacionados a essa abordagem.

---

<sup>40</sup> Externalidade é um conceito oriundo da economia, expresso por Pigou (1932 apud AZAMBUJA, 2011) da seguinte forma: “é caracterizada pela diferença entre o custo pago pelo agente privado que produz um bem e o custo (ou benefício) para a sociedade, como um todo. Esta diferença significa que parte do custo (ou, inversamente, do benefício) de produção do bem não foi pago (ou, inversamente, recebido) pelo agente privado, mas pela sociedade, como um todo.”

Entretanto, ainda que os autores considerem evidente que, para certos bens e serviços, o suprimento regional poderá ser ambiental ou economicamente ineficiente ou simplesmente impossível, a autonomia, como medida exclusiva da sustentabilidade ambiental, tem sido questionada por alguns autores.

O primeiro aspecto de questionamento é aquele apontado por Acselrad (1999) e que se refere às assimetrias espaciais entre a distribuição populacional e de disponibilidade de recursos. Países ou municípios densamente povoados e/ou localizados em regiões pobres em termos de recursos, provavelmente, aceitarão com dificuldade a ideia de, em relação a outros países, possam ter padrões inferiores de consumo ou que sejam obrigados a atingir níveis maiores de eficiência.

O segundo aspecto de questionamento diz respeito às condições sob as quais se dá a autosuficiência. Poderia ser considerado ambientalmente sustentável um município ou país autosuficiente à custa de sérios danos ao seu ambiente interno ou com baixa eficiência? Ramos (2001) cita, como exemplo dessa relação da população com o uso de recursos, o próprio Brasil, que supre 92,3% da sua demanda a partir de fontes internas, mas desperdiça metade do montante total extraído.

#### *- Eficiência*

Como se percebe, Ramos (2001), assim como diversos outros autores e o próprio método Eurostat (2001), considera, ainda, a **eficiência** como um critério fundamental para a avaliação dos resultados de AFM. Tal critério, assim como aqueles relacionados aos conceitos apresentados, também não pode ser tomado isoladamente. Um exemplo é o caso da AFM realizada para Palermo (FEMIA; FALCITELLI, 2009), em uma série temporal de 10 anos. Verifica-se que, nesse período, a região aumentou significativamente a eficiência da relação entre entrada e saída de materiais. Entretanto, no mesmo intervalo de tempo, as entradas e as saídas totais do sistema aumentaram ainda mais, de forma que, em valores totais, as pressões ambientais são maiores do que anteriormente.

Conclui-se que, nenhum desses critérios, sozinho, pode ser adotado para avaliação da sustentabilidade de uma entidade local; entretanto, eles dão indicativos das escalas espaciais em que se manifestam as pressões ambientais geradas a partir delas, permitindo que se considere a sustentabilidade ambiental desde uma perspectiva local à perspectiva global.

### 3.9.2.3 Capacidade evolutiva

Visto que a AFM é aplicada a diferentes contextos, com métodos variados, há uma evidente flexibilidade na sua estrutura. Essa flexibilidade permite que, à medida que a qualidade dos dados disponíveis e a compreensão sobre as redes de causas e efeitos ambientais evolua, venham a se substituir procedimentos de cálculo e sofisticar mecanismos de interpretação de resultados, sem se alterar os princípios básicos de algum método proposto. Assim, será possível comparar resultados no tempo, ainda que resultados mais antigos estejam associados a maiores níveis de imprecisão.

Há, ainda, outros sentidos, em que a evolução dos estudos de AFM e de metabolismo urbano é possível. São exemplos aqueles que buscam explorar a abordagem a partir de análises especializadas e a partir da associação, mais direta, de fluxos a certas tipologias e variáveis urbanas (DEILMANN, 2009; GARCÍA et al., 2009; OLAZABAL et al., 2009). Parecem estar sendo desenvolvidas uma série de iniciativas, nesse sentido, pelos projetos BRIDGE (*FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY - HELLAS INSTITUTE OF APPLIED AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS REGIONAL ANALYSIS DIVISION*, 2010) e SUME (*EUROPEAN COMMUNITY'S SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME*, 2010).

### 3.9.2.4 Horizonte temporal da avaliação (fronteiras temporais)

Observa-se, nas pesquisas apresentadas, que o esforço por um detalhamento metodológico crescente, aliado à concomitante dificuldade na aquisição de dados para a escala local, tem conduzido ao foco estático temporalmente. A maior parte dos estudos caracteriza a totalidade dos fluxos ocorrentes ao longo de um ano. Há algumas exceções a essa norma (HUANG; HSU, 2003; SCHULZ, 2007), geralmente em forma de séries temporais, para um conjunto de anos. Nesses estudos, os conjuntos de dados tendem a ser simplificados ou é estabelecido um recorte menor para a pesquisa. O estudo de Singapura é o mais extenso, para o qual Schulz (2007) realiza o estudo para um período de 41 anos.

A relevância desse tipo de estudo é ainda maior para cidades em processo de grandes modificações no seu perfil, como Singapura, cuja urbanização ocorreu rapidamente nas últimas décadas. Além disso, provavelmente esse estudo tenha sido possível devido às suas características excepcionais quanto à disponibilidade de dados. Singapura é uma cidade-estado, o que faz com que as suas fronteiras sejam coincidentes com as fronteiras nacionais.

Segundo Abou-Abdo (2011), mesmo com simplificações, estudos em séries temporais são capazes de prover informações sobre tendências a longo prazo, o que não ocorre em estudos estáticos. Supõe-se que estudos em séries temporais tendam a ser preteridos, pelo fato de demandarem ainda mais esforços de coleta de dados, o que já tem sido apontado como demandante, mesmo em AFM estáticas.

#### 3.9.2.5 Entrada de dados: tipos e origens

Segundo Decker et al. (2000), dados estatísticos, que forneçam informações sobre aspectos ambientais, são abundantes, embora difusos e, frequentemente, levantados para finalidades outras, que não para a gestão e planejamento municipal. Nesse sentido, a dispersão, a variedade de formatos em que os dados se encontram, bem como sua agregação em valores nacionais, são apontadas, pelos estudos de caso apresentados no item 3.7, como uma das maiores barreiras para condução de AFM na escala local. Os estudos ajustam seus métodos - variedade de fluxos considerados, horizontes temporais, procedimentos de cálculo e formas de apresentação de resultados - aos dados disponíveis. O estudo de Londres, por exemplo, embora desenvolvido por diversos grupos de pesquisa e representantes da municipalidade e de instituições estatísticas, optou por caracterizar, apenas, grandes fluxos, como materiais de construção e materiais e produtos indicados pela Agência Ambiental Europeia como resíduos prioritários.

Questões relativas às diferenças de padrões de armazenamento de dados, nos diversos países e regiões, parece ser, também, motivo para adoção de métodos diferentes para cada pesquisa. Mesmo os métodos baseados no guia Eurostat (2001), cinco deles realizados no próprio continente europeu, adotam diferentes procedimentos e simplificações, bem como exploram diferentes detalhamentos, em função dos dados estatísticos disponíveis em cada país e região. No levantamento de dados exploratório, da presente pesquisa, já se identificou que a transferência direta do método Eurostat (2001) para realidades brasileira, embora positiva, do ponto de vista da comparabilidade, exige adaptações ainda mais significativas.

#### 3.9.2.6 Apresentação e interpretação dos resultados

Conforme reforçado por diversos autores (BRUNNER; RECHBERGER, 2004; FEMIA; MOLL, 2005; HENDRIKS et al., 2000), a Análise de Fluxos Materiais, isoladamente, não é considerada um método de avaliação. A razão disso é que, segundo Brunner e Rechberger (2004), enquanto os resultados da AFM são valores objetivos, sua interpretação e a avaliação é um processo subjetivo, baseado em valores morais, sociais e políticos.

Entretanto, pode-se argumentar que, mesmo sem métodos adicionais, os resultados da AFM são interpretáveis, justamente porque a abordagem está relacionada a uma série de conceitos que, conforme discutido, dão significado aos seus resultados. O princípio elementar, subentendido nas AFM, é que fluxos antropogênicos remetem a impactos ambientais. Assim, a simples observação da magnitude de fluxos desencadeados por um sistema já dá indicativos da extensão dos seus impactos. Se comparado com resultados de outro sistema, ou associando-se os resultados de um mesmo sistema de diferentes formas, de modo a se obter indicadores, ainda muitas novas interpretações serão possíveis.

Assim, apesar do reforço efetuado por pesquisadores reconhecidos no tema, de que a AFM não é um método ou uma abordagem para avaliação, frequentemente os mesmos autores assim a descrevem: “Análise de Fluxos Materiais é uma avaliação sistemática de fluxos e estoques de materiais, dentro de um sistema definido no espaço e no tempo” (BRUNNER; RECHBERGER, 2004).

Parece haver certa contradição ou incerteza na definição sobre o que vem a ser uma avaliação. Mas, pelo discutido acima, parece, a presente autora, que a AFM conduz a avaliações. Entretanto, a abordagem realmente apresenta distinções, em relação a outras formas de avaliação. A principal delas **é não se propor, em geral, à categorização de desempenho, através de procedimentos de normalização, agregação e pesagem**, visto que esses procedimentos tornam inúteis os esforços que se façam para precisar os cálculos.

Entretanto, métodos como o Eurostat (2001) e outros adaptados à escala local (BARLES, 2009; BROWNE; O'REGAN; MOLES, 2009; FEMIA; FALCITELLI, 2009; HAMMER; GILJUM; WINKLER, 2006; NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009), ao agregarem os resultados em indicadores, mesmo sem necessidade de realizarem conversões de unidades, permitem categorização, a partir de comparações com outros referenciais.

Diferentes níveis de desagregação são possíveis, dependendo da proposta do método, e permitirão diferentes análises e interpretações. Indicadores de Requerimentos Totais e de Saídas Totais correspondem à forma mais agregada de apresentação dos resultados.

Resultados com alta agregação, apresentados sob a forma de diagramas de balanços (diagramas Sankey), como o apresentado na Figura 14, para o estudo de Lisboa, permitem visualização rápida do grau de dependência e de conexão do município com o ambiente externo. Além disso, são úteis para a identificação dos materiais destacados, em massa. Se usados gráficos para a representação de séries temporais, como o apresentado na Figura

15, podem-se observar tendências de longo prazo e monitorar o atendimento a metas estabelecidas por planos locais, quando houverem.

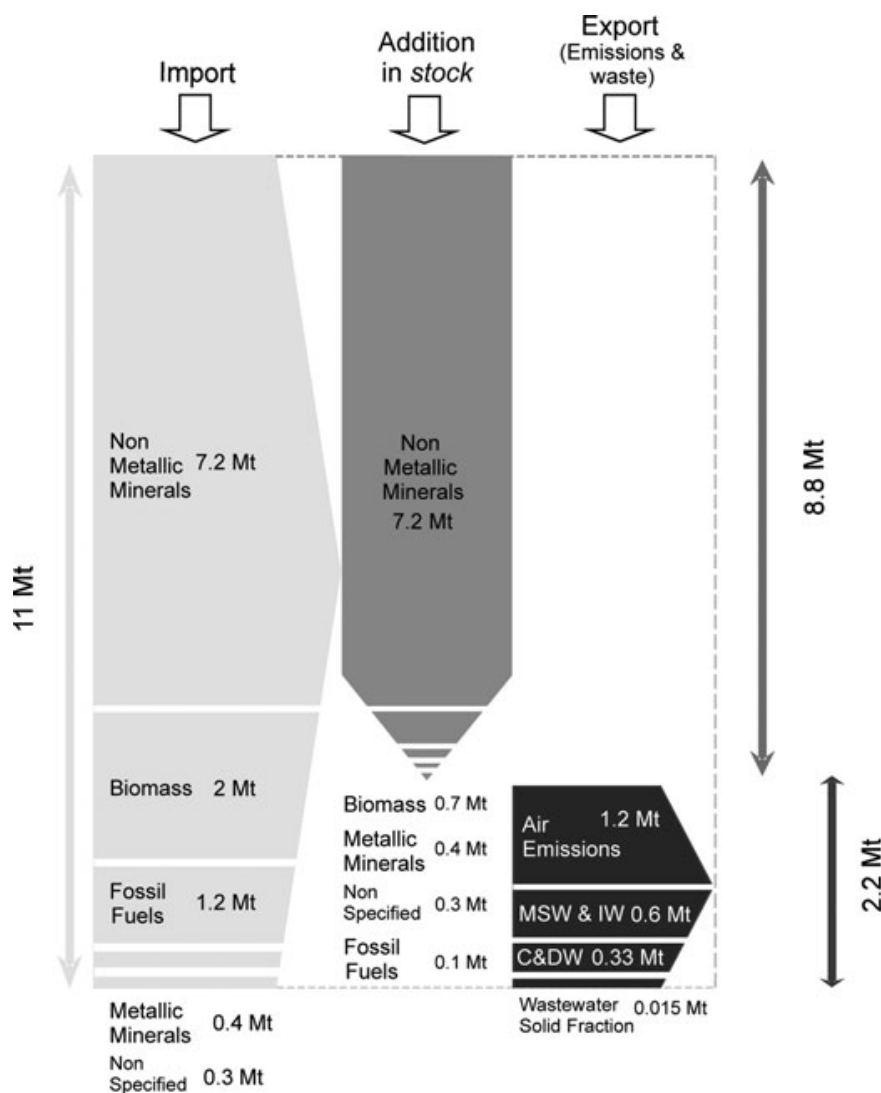


Figura 14: Balanço de materiais de Lisboa, para o ano de 2004 (fonte: NIZA; ROSADO; FERRÃO, 2009).

Para Kennedy *et al.* (2007), a contradição da reprodução de métodos usados na escala nacional, a exemplo de Eurostat (2001), na escala local, é que a contabilidade, por si só, é discutivelmente extensa e, ao mesmo tempo, agregada demais para que contribua para a compreensão dos processos motrizes no nível local.

Realmente, como discutido, ao se pretender dar suporte a certas atividades de planejamento e projeto, as quais envolvem o estudo de alternativas, a possibilidade de desagregação de resultados finais em valores intermediários é um atributo importante.



Nesse sentido, a própria forma de classificação de fluxos também permitirá diferentes interpretações.

Além disso, a utilidade das formas de apresentação de resultados, discutidas até agora, consideram usuários, em algum grau, familiarizados com a abordagem ou com discussões ambientais, em geral. Esse, provavelmente, é o perfil dos usuários da maior parte das pesquisas de AFM de nações.

Embora Hendriks et al. (2000) afirmem que os resultados da AFM sejam de fácil comunicação, devido à objetividade dos resultados e à sua base teórica sobre conceitos relativamente bem difundidos, questiona-se se, para atores sociais não capacitados no tema, os resultados não serão pouco informativos a respeito das pressões ambientais a eles relacionados. Essa reflexão considera as críticas de que métodos oriundos da ecologia industrial apresentam uma ótica estritamente quantitativa e tecnológica e ignoram as partes interessadas nos processos de desenvolvimento (BARLES, 2010).

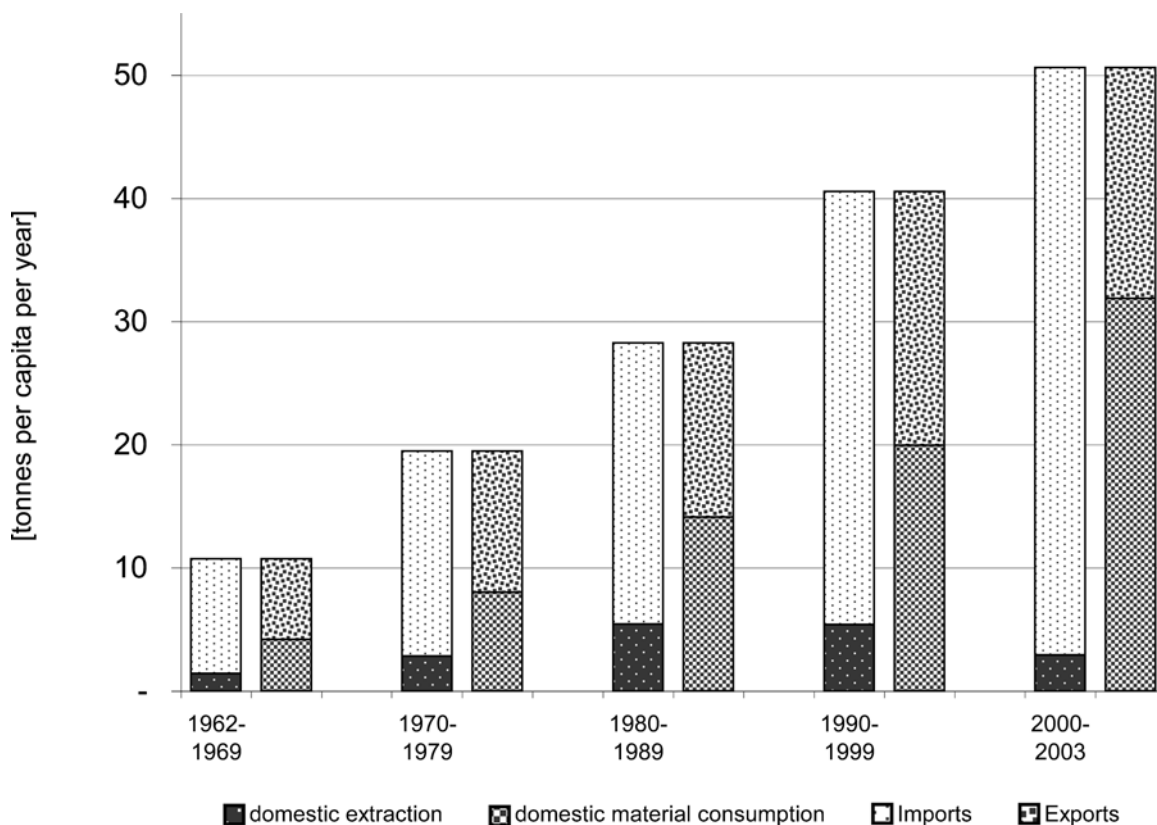


Figura 15: Evolução das entradas e saídas de Singapura, em série temporal de 41 anos (fonte: SCHULZ, 2007).

Por fim, salienta-se que não se encontrou discussões acerca da facilidade de interpretação dos resultados, a partir das formas de apresentação propostas por métodos desenvolvidos

para a escala local. Tendo em vista que, no planejamento e gestão dessa escala, existe uma tendência ainda mais incisiva à abertura para a participação da sociedade, métodos de avaliação e de suporte à tomada de decisão deveriam considerar diversas partes interessadas e não apenas usuários diretos. Nesse sentido, talvez pudessem ser desenvolvidos dispositivos auxiliares, que ajudassem na visualização das conexões entre fluxos materiais e seus potenciais impactos.

#### 3.9.2.7 Transparência

Entre os aspectos críticos relativos à transparência dos métodos de avaliação, destacam-se os procedimentos de pesagem e o uso de ferramentas computacionais de suporte, com banco de dados e procedimentos de cálculos internos, que funcionem como uma “caixa preta”. É improvável que esses conflitos sejam observados em AFM na escala local, visto que procedimentos que envolvam pesagens dificilmente serão realizados e que, a curto prazo, os cálculos para a estimativa dos dados locais precisam ser realizados quase que caso a caso.

Contudo, permanece o desafio de informar aos usuários quanto aos pressupostos e incertezas envolvidos nos procedimentos específicos. Existem incertezas relacionadas à precisão e qualidade dos dados de entrada, aos bancos de dados e aos modelos de cálculo. Considerando-se a variedade de fluxos estimados e de procedimentos de cálculo realizados há dificuldade de se apresentar, de forma sintética, todas as opções adotadas nos estudos.

### 3.10 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA APLICAÇÃO DA AFM PARA A AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NA ESCALA LOCAL

As análises desenvolvidas na seção 3.9 permite que se façam algumas considerações acerca do uso dos resultados da Análise dos fluxos de materiais para a avaliação de sustentabilidade ambiental na escala local.

Observa-se, que, comparativamente aos métodos de avaliação ambiental na escala local, a AFM não fornece medidas de estresse do ambiente, mas é excelente na identificação de cargas ambientais (primeiras interferências no ambiente, nas cadeias de causa e efeito) e suas forças motrizes. Entretanto, ao se pretender estimar impactos ambientais potenciais associados a essas cargas, a AFM exige métodos auxiliares. Observa-se, na literatura, que ainda não há procedimentos ou um método padrão consolidado para esse fim.

Métodos de avaliação difundidos, como a Análise do Ciclo de Vida - ACV, podem ser associados, utilizando-se bases de dados e softwares típicos de ACV. Entretanto, essa alternativa foi descartada na presente pesquisa. Uma das razões foi o fato de não haver bancos de dados com resultados de ACV disponíveis no Brasil e considerar-se que informações estrangeiras, provavelmente, não seriam representativas da realidade nacional. As diferenças entre países, no que concerne às tecnologias produtivas, à matriz energética e a outros fatores, são determinantes de desempenhos ambientais muito distintos para produtos similares. Pondera-se, ainda, que, para a realidade brasileira, a solução não estaria apenas relacionada à criação de bancos de dados genéricos, de setores como um todo. A heterogeneidade de processos produtivos se reflete na geração de cargas ambientais muito diferentes para produtos semelhantes, mesmo dentro do território nacional.

Quanto ao uso dos métodos por atores responsáveis pela tomada de decisão na escala local, a maior parte dos métodos de avaliação ambiental difundida e adotada, no contexto prático, é desenvolvida com o objetivo de ser de fácil aplicação. Para tanto, são projetados para atores e atividades de desenvolvimento territoriais e urbanas específicas e direcionadas à busca de soluções. Nos métodos baseados em AFM, ao contrário, ainda se observa a falta de dispositivos para traduzir os resultados em sugestões aplicáveis. Soma-se a isto também o desafio de tornar a AFM mais atraente aos atores sociais envolvidos com as áreas de desenvolvimento territorial e, particularmente, de desenvolvimento urbano. Uma das alternativas, talvez, fosse o desenvolvimento de formas de apresentação de resultados que demonstrassem, tão especificamente quanto possível, a origem e o destino dos fluxos de grupos de materiais, inserindo, de fato, o município no seu ambiente de entorno. Esta alternativa é distinta da tradicional, onde a representação é realizada através de diagramas adaptados da escala nacional, os quais consideram ambientes externos abstratos. A espacialização dos fluxos de materiais e a caracterização das distâncias percorridas são passos importantes para o desenvolvimento futuro da AFM na escala local.

## **4 DETALHAMENTO METODOLÓGICO PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ**

O presente capítulo descreve o detalhamento metodológico proposto e aplicado ao município de Feliz, RS. Adotaram-se a abordagem geral e as categorias de fluxos proposta pelo Guia Eurostat. Conforme apresentado no capítulo anterior, essa parece ser uma tendência também dos métodos desenvolvidos para a análise dos fluxos de materiais na escala local. A opção por adotar os procedimentos gerais do Guia Eurostat resulta do fato dessa publicação prover bases consolidadas e reconhecidas, além de possibilitar a comparação com estudos prévios.

Entretanto, desenvolveu-se um detalhamento metodológico próprio para o contexto do município estudado, visto que o Guia Eurostat é desenvolvido para a escala nacional e que as adaptações do método para escala local, realizadas pelos estudos anteriores não se adequam às condições encontradas no contexto nacional.

A principal distinção do detalhamento metodológico proposto em relação aos das pesquisas existentes consiste nos procedimentos desenvolvidos para a estimativa dos fluxos de importações e exportações nacionais. Nas páginas seguintes são descritos todos os processos desenvolvidos para obtenção e tratamento dos dados. Cada item, a seguir, apresenta o detalhamento de uma das principais categorias de fluxos.

Contou-se, como fontes para triangulação das evidências, as próprias estimativas internas, confrontando-se fluxos de entradas e de saídas. Assim, fontes de dados adotadas em um primeiro momento, foram substituídas, em alguns casos, ao se investigar o contexto do município mais a fundo e ao se observar que não apresentavam correspondências no conjunto dos fluxos.

Não se consideraram entradas de água e ar, embora também não se tenha excluído o conteúdo de água da maior parte dos materiais de entrada e de saída. Calcularam-se em base seca, apenas, as saídas dos efluentes domésticos e dos dejetos animais, visto que são constituídos, em grande parte, por água não computada nas entradas. Como resultado, não haveria correspondência entre entradas e saídas.

Também não se computou o consumo de energia elétrica, conforme orientações do Eurostat (2001). Poder-se-ia contabilizar os fluxos de materiais demandados para a produção dessa energia. Entretanto, a presente autora optou por não computá-los por entender que esses fluxos correspondem a fluxos indiretos, os quais também não foram estimados nesta pesquisa.

## 4.1 EXTRAÇÃO DOMÉSTICA

A categoria de fluxos de extração doméstica está subdividida em três grupos: combustíveis fósseis, minerais e biomassa. No município adotado como estudo de caso, não há extração de combustíveis fósseis e, por essa razão, não se criou um item específico para sua descrição. Cabe informar que esta informação foi obtida através da Agência Nacional do Petróleo – ANP (2012), por meio do canal de relacionamento público, via *website* da instituição. Essa foi a única fonte de dados encontrada com informações acerca da extração de combustíveis fósseis desagregadas ao nível municipal.

Entretanto, não se investigou as possíveis restrições relacionadas à confidencialidade dessas informações, caso se pretenda aplicar o estudo em municípios que apresentem extração de fontes fósseis.

### 4.1.1 Extração de biomassa

Informações acerca da extração de biomassa, em geral, foram as mais acessíveis, visto que não demandaram, para a sua obtenção, contato pessoal (presencial, telefônico ou por e-mail) com nenhuma instituição. Todas as pesquisas consultadas são produzidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. A base de dados é disponibilizada no endereço eletrônico do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA<sup>41</sup> e, a partir dela, pode-se elaborar tabelas com diferentes combinações de dados. A estimativa da extração total de biomassa foi realizada a partir da adição das estimativas realizadas para cada uma das subcategorias de fluxos, descritas nos itens a seguir.

#### 4.1.1.1 Biomassa da agricultura

Conforme referido no capítulo de método, na seção referente ao estudo exploratório, duas fontes de dados foram identificadas, ambas contendo pesquisas realizadas pelo IBGE: Censo Agropecuário, ano base 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E

---

<sup>41</sup> [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)

ESTATÍSTICA - IBGE, 2007), e Produção Agrícola Municipal – PAM, ano base 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012c).

A principal fonte de dados utilizada para estimativa da extração de biomassa da agricultura foi o Censo Agropecuário, ano base 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007). Essa pesquisa teve sua última realização no ano de 2006. Embora não corresponda ao ano específico em análise, ela foi preferida em relação à publicação Produção Agrícola Municipal – PAM, ano base 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012c) pelo fato de englobar a totalidade da produção do município e se basear em um método, provavelmente, mais preciso, que conta com entrevistas diretas com os responsáveis pelos estabelecimentos agropecuários, ao invés de estimativas realizadas por agentes do município (os métodos da PAM e do Censo Agropecuário foram descritos na tabela apresentada no item 2.2.1.4).

Realizou-se uma comparação produto a produto, confrontando-se os valores de produção apresentados pelo Censo Agropecuário, ano base 2006, e pela PAM, ano base 2011, e identificaram-se variações significativas para alguns produtos. Em geral, os valores estimados pela PAM (2011) são superiores aos valores levantados pelo Censo Agropecuário. Essa diferença, talvez, se deva ao aumento da produção ocorrente no intervalo de cinco anos, correspondente à diferença temporal entre as duas pesquisas. Mas, também pode estar associada a distorções na estimativa apresentada pela PAM, visto que, analisando-se os valores anuais de produção publicados neste intervalo de tempo, as estimativas são constantes para a maior parte dos produtos. Cabe ressaltar, também, que, embora a PAM apresente, em geral, valores mais altos para produtos individuais, o IBGE apresenta como valor total uma estimativa mais alta, já que engloba mais produtos. Para o caso de Feliz/RS, a PAM engloba 26 produtos, enquanto o Censo Agropecuário, 56.

Assim, como referido anteriormente, devido à amplitude dos produtos considerados e à previsão de os métodos serem mais confiáveis, a principal fonte de dados adotada foi Censo Agropecuário (2006). Entretanto, para alguns produtos foram adotados os valores publicados pela pesquisa PAM. Esse é o caso dos cultivos desenvolvidos por três ou menos informantes (produtores agropecuários), para os quais o Censo Agropecuário omite os valores de produção, por questões de sigilo. O caso desses produtos, para os quais há produção municipal, mas os valores não podem ser divulgados, eles são representados com a letra X e correspondem a 21 produtos. Desses, apenas 3 são englobados pela PAM, o que implica em uma provável subestimativa dos valores de produção do município, ainda que, provavelmente, não tenham significativa expressão na produção global do município, sendo

predominantemente cultivados para consumo próprio. Essa afirmação é decorrente da observação de que 16 dos 19 produtos com informações não identificadas correspondem à categoria horticultura e, segundo informações do próprio Censo Agropecuário, são produtos não comercializados.

Após coleta dos dados, eles foram agrupados por categorias. As informações de produção agrícola disponíveis no censo agropecuário apresentam uma estrutura dividida nas seguintes categorias: **lavoura permanente com menos de cinquenta pés, lavoura permanente com mais de cinquenta pés, lavoura temporária e horticultura.**

Para as três últimas categorias, as informações já se encontravam em unidades de massa. Entretanto, para a **categoria lavoura permanente com menos de cinquenta pés** só existe informações sobre o valor da produção, em unidades monetárias (Reais). Para conversão desses produtos em unidades de massa, calculou-se o peso médio por quilo de cada produto, a partir das informações extraídas da categoria **lavoura permanente com mais de cinquenta pés**, a qual apresenta os mesmos produtos que os da categoria com menos de cinquenta pés.

Destaca-se que as categorias discriminadas pelo Censo Agropecuário distinguem-se daquela proposta pelo Guia Eurostat. Para padronização e possíveis comparações com outros estudos, os produtos foram reorganizados nas categorias, subcategorias e itens propostos pelo Eurostat. Essa organização também demandou adaptações, visto que as variedades cultivadas no Brasil em muito se distinguem das europeias. Novos itens foram incluídos e a estrutura final, já com as informações para o município de Feliz pode ser conferida no apêndice A.

A Eurostat também inclui, na categoria extração de biomassa da agricultura, as subcategorias **biomassa da agricultura como um sub-produto da colheita e biomassa de pastagens animais para fins agrícolas.** Não foram localizadas informações sobre subprodutos da colheita. Mas, a área de pastagem é informada pelo Censo Agropecuário. Para conversão da área de pastagem em unidades de massa seca, conforme sugerido por Eurostat, buscou-se valores médios representativos da produção de campos naturais na região sul do Brasil. Segundo Araldi (2003), os campos naturais utilizados em pastoreio constituem a principal fonte de alimentação dos rebanhos ovinos e bovinos no Rio Grande do Sul. Ainda de acordo com a autora, características como clima e solo interferem decisivamente nos valores de produção de pastagens de diferentes regiões. Por essa razão, preferiram-se os valores sugeridos pelo ***Eurostat Economy-Wide Material Flow***

**Accounts Compilation Guide** (EUROSTAT, 2009) ou o adotado por Tanimoto (2010), na análise dos fluxos de materiais do Brasil.

Adotaram-se, como referências para conversão, os valores de potenciais de produção identificados nas pesquisas realizadas por Maraschin (1998 apud ARALDI, 2003). Os resultados indicam produtividades situadas entre 2500 e 5000 kg de massa seca por hectare (MS/ha). Adotou-se o valor superior, ao se realizar uma comparação com a estimativa de demanda alimentar do rebanho bovino de Feliz e ao se consultar o técnico da Emater do município, o qual considera o valor total estimado na presente pesquisa ainda um pouco baixo. Ainda assim, esse valor é inferior ao adotado por Tanimoto (2010), que corresponde à 6000 kg MS/ha.

Em síntese, os procedimentos para tratamento dos dados referentes à extração de biomassa da agricultura envolveram:

- a) substituição dos valores ocultos pelo Censo Agropecuário por valores publicados pela PAM;
- b) conversões dos valores monetários apresentados para os produtos da categoria **lavoura permanente com menos de cinquenta pés** em unidades de massa;
- c) conversão da área de pastagens em toneladas de massa seca;
- d) agrupamento e organização dos dados, de acordo com a estrutura proposta pelo Guia Eurostat.

#### 4.1.1.2 Biomassa da silvicultura

Assim como para os produtos de biomassa da agricultura, duas fontes de dados foram identificadas, ambas, pesquisas realizadas pelo IBGE: Censo Agropecuário, ano base 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007), e Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVs, ano base 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012d).

Os dados fornecidos pelo Censo Agropecuário foram aqueles adotados em um primeiro momento, pelas questões de confiabilidade comentadas no item anterior. Entretanto, para silvicultura e extração vegetal o número de produtos cobertos pelas duas pesquisas é o mesmo, no caso de Feliz. Para os únicos produtos três produtos relatados – lenha, madeira em toras e casca de acácia -, o Censo Agropecuário apresenta valores extremamente baixos, se comparados com a pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura -



PEVs para o ano de 2011. A produção de lenha extraída e cultivada, por exemplo, varia de 780 toneladas, de acordo com a primeira referência, a 6.014,58 toneladas, de acordo com a segunda.

Em uma etapa posterior, ao se realizar os cálculos de importação e exportação e se analisar o conjunto dos fluxos do município, verificou-se que as importações de lenha são irrisórias e que as demandas de consumo interno e de exportações são compatíveis com os valores estimados pela PEV, ano base 2011, do que pelo Censo Agropecuário, ano base 2006. Por essa razão, os dados finais utilizados foram os dados da pesquisa PEV. A conversão de volume para massa usou como referência o Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011 (BRASIL, 2012)

#### 4.1.1.3 Biomassa da pesca e da caça

Não se identificaram fontes de dados para caça ou pesca em rios e lagos naturais. Considera-se a possibilidade de existirem, visto que o município conta ainda com áreas com cobertura vegetal com pouca interferência antrópica e com fontes de água naturais. Entretanto, estima-se que, caso existam, são para consumo próprio e não sejam significativos. Essa suposição decorre das seguintes observações: a) há restrições legais à caça de animais silvestres; b) a principal fonte hídrica do município é o rio Caí, com altos níveis de contaminação (SAMUEL, 2011) e; c) não há registros de comercialização de peixes ou de animais silvestres nos cálculos dos fluxos de exportação do município.

Há informações sobre aquicultura no Censo Agropecuário, ano base 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007). Entretanto, esses valores foram desconsiderados, uma vez que, segundo Tanimoto (2010), a pesca proveniente da aquicultura no contexto nacional utiliza ração como alimento. Essa afirmação parece coerente, ao se confrontar com os valores estimados de importações de ração de peixe no município de Feliz. A massa estimada de ração importada é significativamente superior à produção de peixes, relatada pelo Censo Agropecuário. Seguindo orientações do Guia Eurostat (2001), que sugere considerarem-se, apenas, os recursos primários (ou antecedentes), desconsiderou-se a produção da aquicultura. Conceitualmente, por ser derivada de produtos não originários do sistema antrópico, no caso a ração, não pode ser considerada extração e implicaria em contabilização dupla (ração + peixes), nos fluxos de entradas.

#### 4.1.1.4 Biomassa de outras atividades

Os fluxos de Biomassa de outras atividades incluem mel, cogumelos, bagas, ervas e outros produtos não incluídos nas categorias anteriores. A produção de alguns desses itens são relatados no Censo Agropecuário (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007) e seus valores foram adotados, visto que esta foi a única fonte de informações encontrada para esta categoria de produtos.

#### 4.1.2 Extração de minerais

Encontrou-se uma única fonte de informações para fluxos de extração mineral, com dados detalhados para o nível municipal. Essa fonte é o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Entretanto, ressalta-se que esse departamento não dispõe de nenhuma publicação com informações nesse nível de detalhamento. Assim, a obtenção dos dados foi realizada mediante contato direto com técnico<sup>42</sup> da instituição. O DNPM/RS conta com um sistema digital interno de armazenamento dos Relatórios Anuais de Lavras – RALs. É possível realizar-se pesquisas, a partir de diferentes filtros, entre eles, por município. Entretanto, o sistema não fornece como resultado os valores agregados de produção municipal. O resultado é a relação das licenças de extração conferidas no município, referenciada por seu número de registro no DNPM e razão social do explorador da mina. Assim, a presente autora teve que consultar cada um dos 35 relatórios encontrados, para obtenção dos valores totais.

Cabe ressaltar, que o relatório apresenta uma estrutura padrão, em tabelas, que podem ser exportadas para formato Excel. Nele encontram-se registros, em unidades de massa, por mina explorada. Há informações acerca da extração mensal e anual, estoque de anos anteriores, destino da produção e, inclusive, consumo de insumos na mina (predominantemente, informações sobre combustíveis).

Em posse das planilhas em formato Excel, com informações de cada mina, realizou-se a síntese das informações, por meio de uma planilha agregada, que discrimina o tipo de minério, quantidade extraída, destino e uso/aplicação do minério extraído. A estrutura final da tabela elaborada pode ser analisada no apêndice B, já com os valores obtidos para o caso estudado.

---

<sup>42</sup> O contato foi Roberto Ferrari Borba, do DNPM/RS.

## 4.2 IMPORTAÇÕES E EXPORTAÇÕES NACIONAIS

Como descrito na introdução do presente capítulo os fluxos de importações e exportações nacionais foram os que demandaram mais esforços de obtenção. Nos estudos prévios, encontrados na literatura, as principais fontes de informação são órgãos vinculados ao transporte de cargas ou à indústria. Esses estudos concentram-se no continente europeu. Entretanto, como demonstrado na tabela síntese dos resultados do estudo exploratório (seção 2.2.1.4), estabeleceu-se contato com oito órgãos e todos negaram possuir informações quantitativas sobre transporte de mercadorias a nível municipal.

Na inexistência de dados ao nível municipal, conforme apresentado no Capítulo 3, alguns estudos usaram dados nacionais para a estimativa dos fluxos locais. Um exemplo extremo é a pesquisa desenvolvida para Montevideú (MIMBACAS, 2012), na qual a autora usa exclusivamente dados nacionais para estimar o consumo municipal. A restrição dessa alternativa é que, no caso de Montevideú é que, a partir dos procedimentos propostos, só foi possível estimar o indicador DMC (*Domestic Material Consumption*). Além disso, como é necessário estimar as parcelas de fluxos municipais, a partir dos nacionais, torna-se necessário identificar fatores que representem essa proporção. Em um país pequeno, como o Uruguai, no qual a maior parte da população e da produção nacional concentra-se na própria região de Montevideú, esses fatores são relativamente mais simples de se identificar do que em um país de dimensões continentais, com dinâmicas regionais tão diferenciadas, como o Brasil.

Assim, descartou-se a opção de trabalhar-se com dados nacionais e partiu-se para a última fonte de dados identificada: as Notas Fiscais eletrônicas (NF-e), armazenadas pela Secretaria da Fazenda do Rio Grande do Sul – SEFAZ/RS. Essa secretaria, por lidar com informações fiscais é restritiva quanto ao repasse de informações. Assim, não há bancos de dados disponíveis para uso público, houve necessidade de contato pessoal com a Secretaria da Fazenda. Foram realizadas inúmeras tentativas de solicitação, por diversos meios e departamentos, da SEFAZ/RS. Por fim, só se obteve a resposta de aceite de liberação dos dados, após carta dirigida diretamente ao Secretário da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul e assinada pela presente autora, seu orientador e pelo coordenador do Programa de Pós-graduação. Esse processo levou três meses e, depois do aceite, mais

quatro meses foram necessários para que agente designada<sup>43</sup> conseguisse filtrar os dados referentes ao município de Feliz.

Os resultados da filtragem foram exportados para quatro arquivos formato Excel e entregues à presente autora. Foram divididos em quatro arquivos, pois ultrapassavam a quantidade de dados suportada por um único arquivo. Esses foram os dados brutos com os quais se trabalhou. Uma amostra dessa planilha é exibida na Figura 16. **Cada linha corresponde a uma mercadoria ou a um conjunto de uma mesma mercadoria declarada em uma Nota Fiscal Eletrônica - NF-e. Essas mercadorias correspondem aos fluxos de materiais importados e exportados do município**, em seu estado de máxima desagregação. As informações constantes nas colunas, fundamentais para a interpretação da origem e destino das mercadorias e para a conversão em unidades de massa, são descritas abaixo:

- a) **Primeira e segunda colunas:** apresentam o mês e o ano, respectivamente, de emissão da NF-e. Essas colunas, no caso em estudo, são secundárias, visto que se trabalha com um único ano e a análise mensal não faz parte dos objetivos da presente pesquisa;
- b) **Terceira e quinta colunas:** apresentam a Unidade da Federação – UF (Estado), respectivamente, emitente e destinatário da NF-e. Nas notas originais, as UFs específicas são preenchidas, sendo possível identificar a origem e destino específicos da mercadoria. Entretanto, por questões de sigilo fiscal, as planilhas fornecidas pela SEFAZ/RS apresentam simplificações. Ou seja, as colunas apresentam, apenas, dois preenchimentos: RS e OUF. Ou seja, elas indicam se a nota foi emitida de, ou destinada para o Estado do Rio Grande do Sul - RS ou Outras Unidades da Federação (outros Estados). Assim, todas as notas são emitidas de, ou destinadas para o RS, pois essa é a UF à qual Feliz pertence. Entretanto, a UF do outro estabelecimento envolvido na transação não é especificada, a menos que seja o próprio RS. Ou seja, as notas podem ser, ainda, emitidas do RS para o RS, nos casos em que estabelecimentos de Feliz realizam transações com estabelecimentos localizados em outras cidades do RS.
- c) **Quarta e sexta colunas:** apresentam o município, respectivamente, emitente e destinatário da NF-e. Nas notas originais, os municípios específicos são preenchidos. Entretanto, simplificação semelhante à realizada para as UFs é realizada para os municípios, por questões de sigilo fiscal. Nas planilhas fornecidas pela SEFAZ/RS, as colunas apresentam, apenas, dois preenchimentos: Feliz e outras cidades. Da mesma forma que apresentado na alínea b, todas as notas serão emitidas de, ou destinadas para o município de Feliz ou, ainda, emitidas de Feliz para Feliz;
- d) **Sétima coluna:** apresenta o código da mercadoria, segundo a Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM. É um código padrão, de oito dígitos, no qual cada dígito, à direita do número, indica um nível de especificação distinto.

---

<sup>43</sup> A agente foi Letícia Lagemann, Agente Fiscal do Tesouro do Estado. Seção de Política Tributária e Desenvolvimento. Divisão de Estudos Econômicos

Entretanto, como o preenchimento é realizado pelo emitente da NF-e, nem sempre os códigos foram preenchidos com o maior nível de detalhamento;

- e) **Oitava coluna:** apresenta a descrição da mercadoria envolvida na transação, conforme preenchida pelo estabelecimento emitente da NF-e;
- f) **Nona e décima colunas:** apresenta, respectivamente, a unidade de comercialização e a quantidade comercializada da mercadoria. Cada mercadoria deveria ser comercializada, e a respectiva NF-e preenchida, de acordo com a unidade de medida estatística correspondente ao NCM, em que a mercadoria se enquadra. Entretanto, observa-se uma variedade de unidades de comercialização preenchidas, em diferentes notas, para mesma mercadoria;
- g) **Décima primeira coluna:** apresenta o Código Fiscal de Operações e Prestações - CFOP. Trata-se de um código numérico que identifica a natureza de circulação da mercadoria ou da prestação de serviço de transportes.

Pela descrição do conteúdo das colunas, percebe-se que os dados originais se encontravam extremamente desagregados e, em sua maior parte, em unidades de comercialização que não a unidade de massa. Os procedimentos propostos visaram, então, solucionar essas questões. Nesse sentido, cabe destacar a importância dos códigos NCM e CFOP para o detalhamento metodológico proposto.

No que se refere ao NCM, como seria impossível realizar o agrupamento das mercadorias, para a conversão das quantidades comercializadas para unidades de massa, através da descrição das mercadorias, sem padrão de preenchimento, utilizou-se o código NCM como referência para esses procedimentos.

Mês	Ano	Emitente (RS/OUF)	Emitente (Feliz/Outs Cidades)	Destinatário (RS/OUF)	Destinatário (Feliz/Outs Cidades)	NCM	Descrição	Unidade	Quantidade	CFOP
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7019000	ABOBORA DE TRONCO KG	KG	72	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7069000	BETERRABA KG	KG	400	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	8101000	MORANGUINHO BDA UN	UN	300	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7096000	PIMENTA VERMELHA KG	KG	6,6	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7096000	PIMENTAO VERDE KG	KG	200	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7020000	TOMATE ITALIANO KG	KG	300	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	7089000	VAGEM KG	KG	100	1102
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	84212300	PH2870B Elemento Filtrante do Oleo Lub	PC	24	5405
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	84212300	PH4558 Filtro Blindado Oleo Lub.	PC	12	5405
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	84212300	PH4701 Elemento Filtrante do Oleo Lub	PC	24	5405
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85272190	AUTO RADIO USB/SD/MP3	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85094020	BATEDEIRA 5VELOC	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	84186931	BEBEDOURO BIVOLT	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	87120010	BICICLETA ARO 26/18M	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85167100	CAFETEIRA ELETRICA 30X GRAN CA	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85258029	CAMERA FOTOG DIGITAL 14MP	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85171231	CELULAR EX245 DESBLOQUEADO	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85235200	CHIP 51 ATIVADO	UN	2	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85235200	CHIP 51 BLISTER ATIVADO	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	94042100	COLCHAO 78X188X14 D23	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	85164000	FERRO A VAPOR	UN	1	5409
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	40169300	RETENTOR RODA DIANTEIRA 02484BGE	PC	2	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	87089990	PORCA CABECOTE MOTOR 0401014571	PC	5	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	87089990	PORCA PRISIONEIRO MOTOR 0401014572	PC	4	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	73181500	ARRUELA ALUMINIO 10mm 04631014	PC	2	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	73181500	ARRUELA ALUMINIO 10mm 04631014	PC	2	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	73182400	CONTRAPINO 1 1 16X1CP	PC	2	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	73182100	ARRUELA LISA 1 4AL	PC	6	5405
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25210000	CALCARIO FILLER C +/- 50KG	SC	1	5102
1	2011	RS	FELIZ	RS	FELIZ	22030000	CERVEJA SKOL 600ML	UN	12	1202
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	31059090	Fertilizante 12 00 12 (NKALCIO 14) +14,8%Ca	TNE	4,5	5101
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	84183000	FREEZER 477L HORIZ.	UN	1	5409
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	96170010	GARRAFA TERMICA 1,8L	UN	2	5409
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	23023010	FARELO DE TRIGO 25 KG	SC	20	1202
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	23021000	MILHO MOIDO 50KG	SC	20	1202

Figura 16: Amostra das planilhas disponibilizadas pela SEFAZ-RS.

A **Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM** é um sistema de classificação de mercadorias, adotado, desde janeiro de 1995, pelos países integrantes do MERCOSUL. O sistema tem por base o Sistema Harmonizado, que é o método internacional de classificação de mercadorias, baseado em uma estrutura de códigos e respectivas descrições. Assim, dos oito dígitos que compõem a NCM, os seis primeiros são formados pelo Sistema Harmonizado, enquanto o sétimo e oitavo dígitos correspondem a desdobramentos específicos atribuídos no âmbito do MERCOSUL (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2012b).

A sistemática de classificação dos códigos NCM obedece à estrutura apresentada na primeira coluna da Figura 17. A segunda coluna traz um exemplo dos níveis de detalhamento de um código, enquanto a terceira coluna exibe a descrição correspondente.

Seção	I	à	ANIMAIS VIVOS E PRODUTOS DO REINO ANIMAL
Capítulo	01	à	Animais vivos
Posição	0104	à	Animais vivos das espécies ovina e caprina
Subposição	0104.10	à	Ovinos
Item	0104.10.1	à	Reprodutores de raça pura
Subitem	0104.10.11	à	Prenhe ou com cria ao pé

Figura 17: Estrutura do NCM e exemplos de classificação de produtos.

Outro código fundamental para o detalhamento metodológico proposto é **Código Fiscal de**

**Operações e Prestações - CFOP**. É composto de quadro dígitos, sendo que o primeiro indica o sentido da NF-e (saída ou entrada). Os códigos que se iniciam com os números 1, 2 e 3 referem-se às **entradas** de mercadorias e bens e da aquisição de serviços, enquanto dos códigos que se iniciam com os números 5, 6 e 7 referem-se às **saídas** de mercadorias, bens ou prestação de serviços. Em geral, são emitidas notas de saídas (5, 6 e 7), mas quando o produtor da mercadoria não é pessoa física, a nota deve ser emitida pelo destinatário da mercadoria, usando os códigos de entrada. A Agente Fiscal do Tesouro do Estado, Letícia Lagemann, apresenta uma situação concreta de uso dos códigos, visivelmente aplicável ao contexto de Feliz<sup>44</sup> (LAGEMANN, 2012):

Quando uma empresa vende e emite uma nota, irá usar os códigos 5, 6 e 7. Quando receber de alguma outra empresa notas dos códigos 5, 6 e 7 (a outra empresa é que emitiu a nota de saída), irá lançar em seu livro contábil entradas com os códigos 1, 2 ou 3. Como a maioria das empresas é obrigada a lançar, tanto as entradas e as saídas em seus livros contábeis, sempre que elas estiverem recebendo alguma

<sup>44</sup> Informações obtidas, através de e-mail, em correspondência com a Agente Fiscal do Tesouro do Estado, Letícia Lagemann.

mercadoria desacompanhada de nota fiscal (ex. de produtor rural), é ela que vai ter que emitir uma nota com o código 1, 2 ou 3. Porém, o normal é receber uma nota de código 5, 6 ou 7 e apenas lançar no livro contábil com código 1, 2 ou 3, sem ter que fazer outra nota. Os produtores rurais não lançam notas devido a toda essa questão de precariedade administrativa em que vivem. É um benefício que o estado dá. Assim as empresas maiores que compram dos produtores é que são obrigadas a emitir as notas para existir alguma forma de controle, pois possuem melhor estrutura e capacidade para fazer isso.

Além do sentido da NF-e, o primeiro dígito também indica se a operação se desenvolve dentro do mesmo Estado ou se ela envolve diferentes Estados ou diferentes Países. Códigos 1 e 5 indicam operações dentro mesmo estado, códigos 2 e 6 indicam operações interestaduais e códigos 3 e 7, operações de comércio exterior.

Assim, associando-se o primeiro dígito do CFOP, na NF-e, com as informações constantes nas colunas de dois a seis, é possível identificar se a mercadoria corresponde a uma entrada ou a uma saída de Feliz. Tome-se, como exemplo, a primeira linha: uma nota de entrada (código iniciado com dígito 1) foi emitida por um estabelecimento localizado em outro município do RS para um estabelecimento situado em Feliz. Assim, essa mercadoria corresponde a um fluxo de saída de Feliz, ainda que a nota seja uma nota de entrada. Julgando-se pelo NCM e pela descrição da mercadoria, provavelmente o fornecedor e destinatário da NF-e é um produtor rural e, por essa razão, não emitiu uma nota de saída (código iniciado com dígito 5).

Os três outros dígitos do CFOP reportam-se a operações muito diversas, especificadas em 26 páginas do Decreto N.º 37.699, de 26 de agosto de 1997, conhecido como Regulamento do ICMS (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DA FAZENDA, 1997). Por essa razão, não serão descritas aqui.

Apresentadas as principais informações constantes nas NF-e e nas planilhas fornecidas pela SEFAZ/RS, passa-se para a descrição dos procedimentos adotados.

Visto que os dados originais se encontravam extremamente desagregados e em padrões bastante diferentes daqueles requeridos pela AFM, uma sequência longa de procedimentos foi necessária para conversão dos dados brutos em uma base de dados homogênea, com valores em unidades de massa, que pudesse ser usada como fonte de evidências dos fluxos de importação e exportação dentro do Brasil. A Figura 18, exhibe uma síntese da sequência de etapas e procedimentos desenvolvidos entre a aquisição de dados brutos e a saída da base de dados usada como fonte de evidências dos fluxos de importação e exportação, ocorrentes dentro do território nacional.



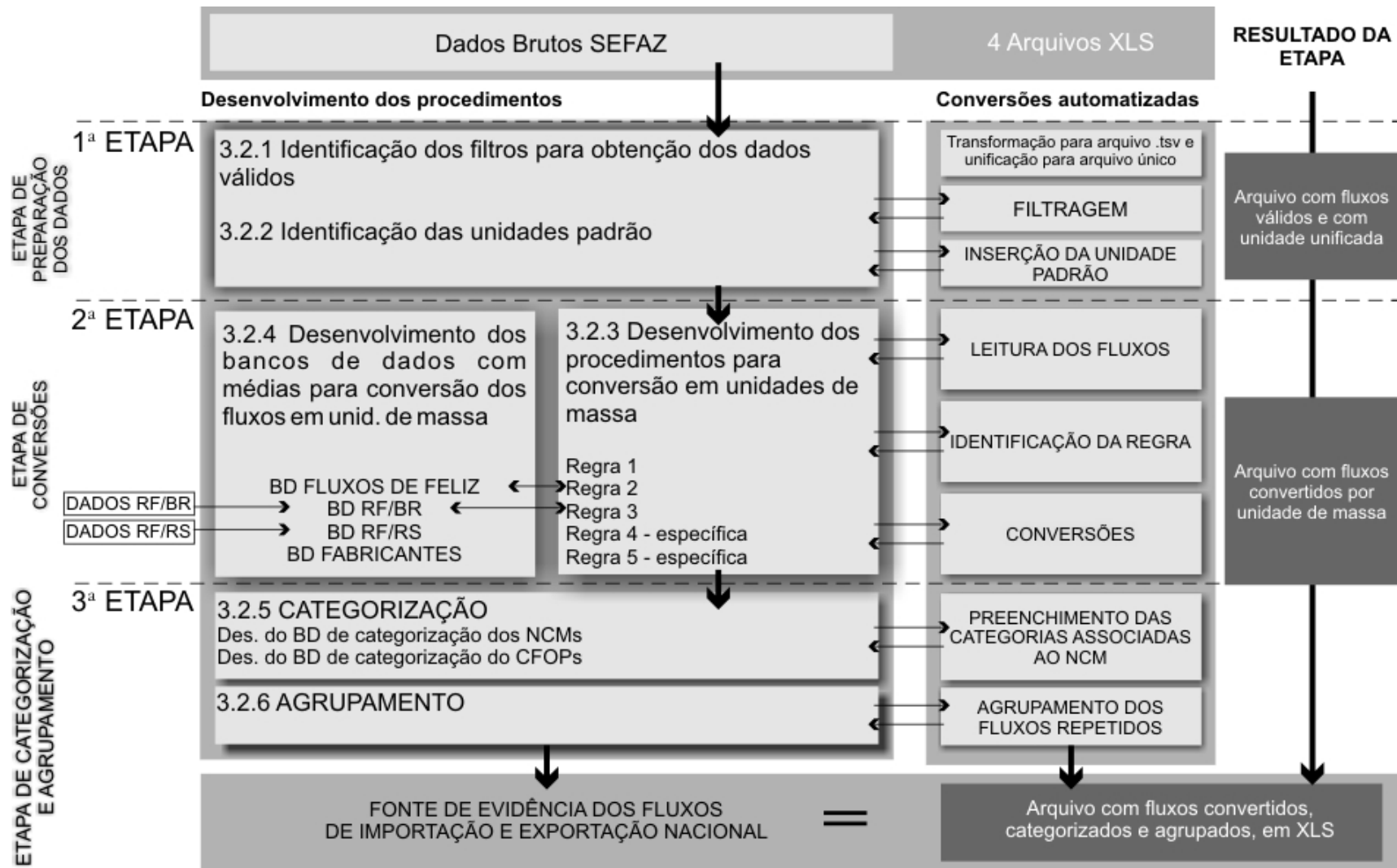


Figura 18: Delineamento das etapas e procedimentos desenvolvidos para conversão dos dados brutos na base de dados, usada como fonte de evidências.

Devido ao volume de dados tratados (1.955.641 linhas/produtos comercializados, 6.351 códigos NCMs), os processos foram assistidos por operações automatizadas, a partir de programações desenvolvidas especificamente para essa pesquisa. Para o desenvolvimento das programações contou-se com a colaboração de um programador.

O desenvolvimento dos procedimentos para tratamento dos dados foi realizado, exclusivamente, pela presente autora. Observando a Figura 18, esses procedimentos estão representados pela sequência de etapas descritos na coluna denominada **desenvolvimento dos procedimentos**, os quais são detalhadamente apresentados, nos itens a seguir. Para facilitar a associação, na Figura 18, cada passo está numerado de acordo com número da seção em que está descrito.

Ainda na mesma figura, na coluna denominada **conversões automatizadas**, estão demarcadas as etapas de aplicação dos procedimentos desenvolvidos para os dados brutos relativos ao município de Feliz. Essa aplicação foi realizada por meio das operações automatizadas mencionadas.

Na sequência de passos desenvolvidos, identifica-se três grandes etapas representadas, na figura, horizontalmente. Na **primeira etapa** realizou-se a preparação dos dados brutos, excluindo-se linhas que não correspondem a fluxos de mercadorias e padronizando-se a anotação das unidades de medida. Na **segunda etapa**, realizou-se a conversão dos dados brutos cujas unidades de medida não correspondessem a toneladas. A **terceira etapa** envolveu a categorização e o agrupamento dos dados. Ou seja, atribuíram-se significados aos fluxos, associando-os às categorias estabelecidas.

Cabe salientar, que o desenvolvimento dos procedimentos e as aplicações não se desenvolveram de forma tão linear como apresentado na figura. Entre a segunda e a terceira etapa, especificamente, houve dezenove ciclos de desenvolvimento dos procedimentos, aplicação no banco de dados bruto e refinamento dos procedimentos. Nas páginas a seguir são descritos os procedimentos em suas versões mais refinadas.

#### **4.2.1 Identificação dos filtros para obtenção dos dados válidos**

As planilhas fornecidas pela SEFAZ/RS apresentavam, originalmente, linhas inválidas, que precisaram ser filtradas (removidas) para que se obtivesse uma base de dados válida. Para tanto, quatro tipos de filtros foram realizados.

O **primeiro filtro** se deve ao fato da base de dados bruta apresentar informações de todas as operações fiscais em que empresas de Feliz estejam envolvidas. Significa dizer, que

operações entre duas empresas do município estão incluídas. Entretanto, esses fluxos são fluxos internos no município, não representados na vertente de AFM que se pretendeu aplicar. O filtro foi realizado com base nas informações descritas nas colunas 4 e 5. Todas as linhas cujo emitente e o destinatário fossem, ambos, de Feliz, foram descartadas.

A necessidade do **segundo filtro** decorre do fato de que, para certos códigos de CFOP, a o sentido da NF-e não corresponde ao sentido do caminho físico do produto. É o caso ocorrente quando o adquirente de um produto requer que este seja entregue a uma terceira parte. Caracteriza as assim chamadas **operações triangulares**, que envolvem três ou até mais estabelecimentos. O esquema abaixo ilustra tal ocorrência (Figura 19):

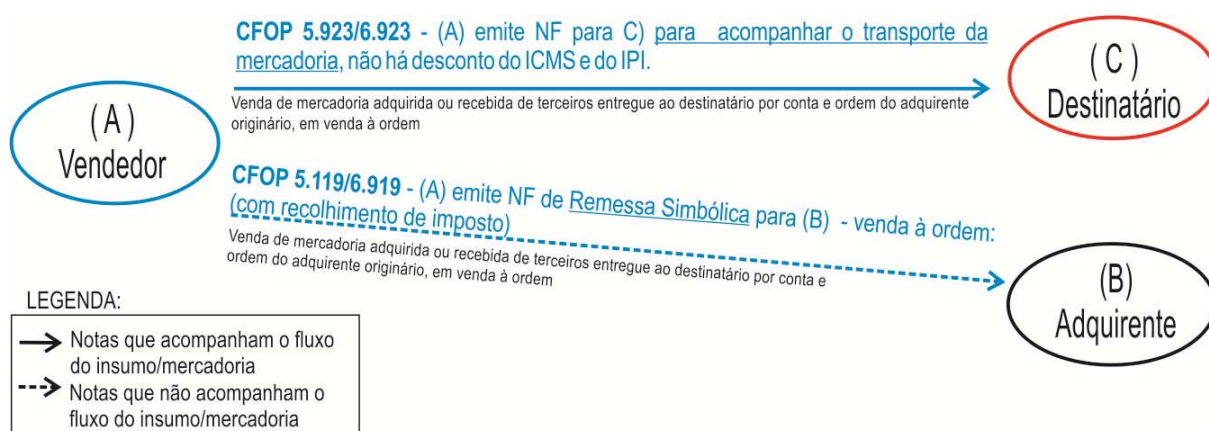


Figura 19: Representação de uma transação de venda à ordem.

As linhas azuis correspondem ao sentido da NF-e emitida, acima da linha estão descritos os respectivos CFOPs das transações. Esta é uma transação de venda à ordem, na qual o adquirente da mercadoria (A) solicita ao vendedor (B) que a entregue ao destinatário (C). Então, (A) emite uma nota de remessa simbólica para (B), com desconto de imposto e uma nota para (C), para acompanhar a mercadoria, sem desconto de imposto. Os códigos das NF-e terão dígito inicial 5, se os estabelecimentos pertencerem ao mesmo Estado e, dígito inicial 6, se pertencerem a Estados diferentes.

Percebe-se que, no caso exposto, duas notas são emitidas, mas há o deslocamento de uma única mercadoria. Considerar ambas as notas implicaria em dupla contabilização. Por essa razão, analisaram-se, caso a caso, todos os CFOPs e excluíram-se as notas cujo “caminho” não correspondesse ao da mercadoria em si. No caso acima, as notas excluídas foram as de código 5.119 e 6.919. Existem transações ainda mais complexas, como os casos de industrialização por encomenda. Essas transações são ilustradas no apêndice C.

O filtro por CFOPs também envolveu a exclusão daquelas notas correspondentes a transações internacionais, visto que essas informações foram substituídas pelos dados diretos, já em unidades de massa, obtidos através do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, conforme descrito no item 4.3, adiante.

O apêndice D apresenta a lista de CFOPs excluídos, por grupos, em função da razão da exclusão.

O **terceiro filtro** se deve a questões práticas, de conversão. Como será descrito na seção 4.2.4, os códigos NCM serviram de base para a conversão, em unidades de peso, de parte significativa das mercadorias, apresentadas nas linhas das planilhas fornecidas pela SEFAZ/RS. Entretanto, verificou-se que, em certas NF-e, o código preenchido era inexistente ou incompleto.

Para identificação desses NCMs, comparou-se cada código preenchido nas NFs-e com os códigos existentes no sistema NCM. Aquelas notas fiscais contendo códigos, completos, mas que não correspondiam a nenhum código padrão no sistema NCM foram excluídas.

No caso de NCMs com preenchimento incompleto (menos de oito dígitos) o tratamento ocorreu de forma diferente: verificou-se se o código preenchido corresponderia a um código válido; o que ocorreria caso fosse completado com um zero à esquerda ou com zeros à direita. A primeira linha da Figura 16 (página 150), por exemplo, é um código incompleto, mas adicionando-se um zero à esquerda, verifica-se que se torna um NCM válido, no seu detalhamento máximo (oito dígitos). Em outros casos não foi possível obter o mesmo nível de detalhamento. Alguns NCMs preenchidos continham, apenas, um ou dois dígitos, sendo, então, associados, apenas, ao capítulo ao qual pertenciam.

Dos 6.351 códigos NCMs existentes nos dados fornecidos pela SEFAZ/RS, 520 estavam incompletos e passaram pelo procedimento descrito acima. Desses, 409 foram completados e, portanto, foram tornados válidos. Outros códigos 111, depois de adicionados zeros, continuaram sem corresponder a nenhum NCM válido e foram, assim, excluídos.

Ao todo, foram filtradas 60.539 linhas, que corresponderam a 3,44% do total de linhas válidas (ou seja, das linhas restantes, depois de aplicados os dois filtros anteriores). Assim, assume-se uma subestimativa dos valores finais, em função das linhas que foram eliminadas, por impossibilidade de conversão e de alteração manual, caso a caso.

O **quarto filtro** foi realizado nas linhas cuja coluna “quantidade” apresentava-se sem preenchimento. Por essa razão foram excluídas 333 linhas, das quais 326, a julgar-se pela

descrição, correspondiam a notas de ajustes de impostos. As outras 7 linhas, aparentemente, correspondiam a mercadorias, mas também foram excluídas por impossibilidade de convertê-las em unidades de massa.

Como resultado dos quatro filtros aplicados, obteve-se um banco de dados válido, ou seja, sem fluxos internos (linhas correspondentes a notas de Feliz para Feliz), sem fluxos duplicados (linhas que correspondem a notas de remessa simbólica, para fins de imposto), sem linhas com NCMs inválidos (que não correspondem aos existentes no sistema NCM) e sem linhas com quantidades nulas. Convencionou-se chamar o banco de dados, produto dessa etapa, de BD – Feliz Válido. Passou-se, então, para os procedimentos de identificação das unidades padrão de comercialização dos produtos.

#### **4.2.2 Identificação das unidades padrão**

Como mencionado, mercadorias com mesmo NCM aparecem, nas NF-e, preenchidas com variadas unidades de comercialização, diferentes da unidade padrão. Caso todas as notas tivessem sido preenchidas de acordo com a unidade padrão, haveria 5.023 conversões a serem feitas, o que corresponde ao número de NCMs válidos do banco de dados. Assim, a variedade das unidades de comercialização encontradas nas notas, aumentou o número de conversões a serem realizadas.

Além disso, outra dificuldade se impôs: a unidade de comercialização não é preenchida por extenso, e sim através de símbolos, os quais não seguiram nenhuma padronização. Em alguns casos as unidades, eram, inclusive, difíceis de identificar.

Assim, um passo fundamental foi à identificação do significado dos símbolos preenchidos e sua padronização. Gerou-se uma lista com todos os símbolos preenchidos na coluna **unidade de comercialização** e a cada unidade foi vinculado o correspondente significado. Como resultado, criou-se no banco de dados, uma nova coluna, a direita da coluna unidade, denominada unidade padrão, a qual foi preenchida com a descrição da unidade por extenso.

Alguns símbolos, como PC, para algumas mercadorias significavam “pacote”, enquanto para outras, “peça”. Nesses casos, o preenchimento incluía ambas as descrições, separadas por uma barra, como pode ser visto na amostra exposta na Figura 26.

Finalizado esse processo, o resultado foram arquivos Excel com os fluxos válidos e unidades identificadas e com redação homogeneizada. Passou-se, então, para o desenvolvimento dos processos de conversão dos valores da coluna quantidade para unidades de massa.

### **4.2.3 Desenvolvimento dos procedimentos para conversão em unidades de massa**

Ao se analisar as possibilidades de conversão das mercadorias da base de dados em unidades de massa, identificaram-se três alternativas distintas, dependendo do preenchimento das colunas unidade padrão e descrição. As três alternativas foram adotadas e cada uma delas envolveu procedimentos distintos. Cada mercadoria (correspondente a uma linha na tabela), dependendo do preenchimento das colunas mencionadas, se enquadrou em uma “regra” de conversão diferente, por essa razão, convencionou-se chamar essas alternativas de regra 1, regra 2 e regra 3. Para cada regra, criaram-se também sub-regras, detalhamentos e subdetalhamentos, as quais são sintetizadas na Figura 20, acompanhadas de exemplos.

Cabe ressaltar que as regras seguem uma hierarquia, que corresponde à sua numeração. Níveis maiores de precisão obtidos com a regra 1 e menores com a regra 3. Outras duas regras foram criadas para casos muito específicos, que se observaram apresentar um grande número de linhas no BD – Feliz Válido. Essas regras foram denominadas Regra 4 - Específica e Regra 5 - Específica.

Os procedimentos envolvidos em cada uma das regras são descritos nos itens a seguir.

Prioridade	Regra	Sub Regra	Detalhamento	Sub Detalhamento	Descrição	Exemplos	Cálculo da massa
1	1				Para NCMs com Unidade de massa na coluna unidade		Utilizar a massa na quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
2	2				Para NCMs com Unidade de massa na coluna descrição		
3	2	1	1		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA <SEM OUTROS NÚMEROS NA DESCRIÇÃO>	A/FRESCA LOCAO HID PERF DES CPO 200g ABACAXI SCHRAMM RODELAS 400G	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
4	2	1	2		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA - Repetição do NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	BOLIN BOLAO CHICLE SORTIDO 330 GR - 330gr	Utilizar apenas um peso na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
5	2	3	6	A	NÚMERO_UN'PC'DP¹_X_NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_(¹FD CX DP.¹/¹ C¹ NÚMERO)¹	ACUCAR COLOMBO CRISTAL 15X2KG - FD C/15 UM ESPONJA ACO BOM BRIL ECO 14X60G FD/10	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pelas quantidades na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
6	2	3	6	B	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_X_NÚMERO_UN'PC'DP¹_(¹FD CX DP.¹/¹ C¹ NÚMERO)¹	MARGARINA PRIMOR FORNOeFOGAO 100GX4UN CX/20	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
7	2	3	1		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _C/ ES_NÚMERO CX _/ _NÚMERO	CHOCOLATE BATON GAROTO BRANCO 16G C/30 CX/32 CHA FRITZ&FRIDA CAMOMILA 10G ES/5 CX/6	
8	2	5			C/  CX.¹_C.¹/¹ FD.¹/¹ DP/ _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA <sem conter a palavra grátis>	FILE DE VIOLA PCT 500G ( 10UND X 500) CX 5KG SO CAIXA FECHAD BATB09 BATATA PALITO BAT 14PT CX 9,8KG FILE DE PESCADA BAND. 500G( 12UND X 500G ) CX6KG SO CAIXA	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
9	2	3	2	A	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _C/  CX.¹_C.¹/¹ FD.¹/¹ DP/ _NÚMERO	PREGO GERDAU 19X39 1KG CX/20 PEDIGREE CARNE E VEGETAIS 1kg Cx C/10	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
10	2	3	2	B	C/  CX.¹_C.¹/¹ FD.¹/¹ DP/ _NÚMERO _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	GERMANI CHOCOLATE cx/20 pt 350g CX C/12 PT 400 GR DOCE MORANGO	
11	2	2	1	A	NÚMERO_UN'PC'DP¹_X/ _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_(¹X_NÚMERO_UN'PC'DP¹)¹	REFEICAO BRANCO 50UNID/450GR(X12)	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pelas quantidades na descrição, multiplicar pela coluna quantidade, cuidando para ver se é grama, quilo ou tonelada
12	2	2	1	B	NÚMERO_UN'PC'DP¹_X_NÚMERO_UN'PC'DP¹_X¹_NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	CLUB SOCIAL ORIGINAL 01PC X6UNX26GR	
13	2	2	1	C	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_NÚMERO_UN'PC'DP¹_X_NÚMERO_UN'PC'DP¹	AGUA OXIG.ADV CREMOSA 30V.90GR 24X1	
14	2	2	1	D	NÚMERO_UN'PC'DP¹_( _NÚMERO_X_NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _)	CHARGE Chocolate 12(30x40g) XW	
15	2	2	1	E	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ _NÚMERO _ _NÚMERO	PAO DE QUEIJO 70 GR I - 14 UNIDPCT - 20 PCTCX	
16	2	2	1	F	NÚMERO_UN'PC'DP¹_/ _NÚMERO_UN'PC'DP¹_/ _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	REF LIMA LIMA0 ZERO 8/15/8G	
17	2	2	2	A	(¹_NÚMERO_UN'UND'PC¹)_X_NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	OURO BRANCO 01PC X1kg ARROZ T.1 AGULHA ( 30 )x 1 Kg - FD	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
18	2	2	2	B	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_X_(¹_NÚMERO_UN'UND'PC¹)_¹	CATETER INTRAVENOSO 22G X 1,00 ANGIOCATH BD	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
19	2	2	2	C	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA_(¹_X_NÚMERO_UN'UND'PC¹)_¹	CONFEITO GRANULADO 1KG (X06)	
20	2	2	2	D	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ _NÚMERO	CORACAO DE FRANGO FRANGOSUL 1KG PCT - 16 PCTCX	
21	2	7	1		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _C/ _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	CLORO GRANULADO HTH 11KG C/1KG GRATIS	Somar as massas na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
22	2	7	2		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	ACUCARLITO 2 KG (15/30KG)	Utilizar a massa na descrição maior, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
23	2	2	3	A	FD CX _NÚMERO_/ _NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	ALPISTE 12/500 gr AVEIA FL F PRENSADA FD 12/500g	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
24	2	2	3	B	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _/ _NÚMERO	MARG, BECEL S/SAL 500G/12 UN CX	

Observação: O número um sobrescrito (¹) indica que o símbolo, algarismo ou espaço é facultativo, na descrição da mercadoria, para que a programação a reconheça como correspondente a regra descrita.

Prioridade	Regra	Sub Regra	Detalhamento	Sub Detalhamento	Descrição	Exemplos	Cálculo da massa
28	2	3	3	A	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ (¹_ NÚMERO _ PC SC EMBALAGEM UN UND.¹ UNID.¹ _)¹	TODDYNHO CHOC. 200G (27 UNID A CX) PASTEL FOLHADO CONG.100g (pct 10un)	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
29	2	3	3	B	(¹_ NÚMERO _ PC SC UN UND.¹ UNID.¹ _)¹ _ NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	HBR003 HAMBURGUER ... INST 36PC 90G	
30	2	3	3	C	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ ( PC SC EMBALAGEM UN UND.¹ UNID.¹ NÚMERO _)	FORTISOLV LIMPADOR LTA 12KG (EMBALAGEM:18)	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
31	2	3	4	A	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ (_X_NÚMERO)	CAFE PO IGUACU SACHET 50GR UNID(X24)	
32	2	3	4	B	(_X_NÚMERO) _ NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	CAFE PO IGUACU SACHET UNID(X24) 50GR	Utilizar a massa na descrição, multiplicar pela quantidade na descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
33	2	3	5		NÚMERO_UNIDADE DE MASSA _ DZ ES 12	SAB. 150GR ALOE E OLIVA - DZ/12 TEMP. PIMENTA REINO MOIDA FRITZeFRIDA 26G ES/12	Utilizar a massa na descrição, multiplicar por 12 (dúzia), multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
34	2	6			<OUTROS NÚMEROS NA DESCRIÇÃO> NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	CA60 GERDAU 4,2mm D12m DOBRADO 53.1KG	Considerar a massa na descrição como massa total.
35	2	4		A	NÚMERO_UNIDADE DE MASSA <OUTROS NÚMEROS NA DESCRIÇÃO>	CASCA DE OVO BRANCO A4 180G 50 FLS STRAIK GEL MATA BARATAS 10 g - 7898180570221 *	Considerar apenas a massa da descrição. Quando tem 2 pesos, considerar só o maior. Multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
36	2	4		B	<OUTROS NÚMEROS NA DESCRIÇÃO> NÚMERO_UNIDADE DE MASSA	N.SUN BLOQ FACIAL LIGHT F F50 50GR**	
37	4				GLP_(13 20 45) <apenas para o NCM 27111910>	GÁS GLP P13	Considerar o número como a massa em KG. Multiplicar pela coluna quantidade.
38	5				Unidade de massa em KG na descrição, não acompanhado de número.	Milho Verde Kg	Utilizar a unidade de massa da descrição, multiplicar pela coluna quantidade e converter para toneladas, se a unidade for grama ou quilo.
	3				<b>Para NCMs sem Unidade de massa nas colunas descrição ou unidade (conversão por médias).</b>		
40	3	1			NCM completo com massa média no banco de conversão		Multiplicar a massa média do NCM do banco de conversão pela coluna quantidade.  Multiplicar a massa média do NCM substituto para conversão do banco de conversão pela coluna quantidade.
41	3	2			NCM incompleto (zeros no final) com massa média no banco de conversão		
42	3	3	1		NCM com o último dígito alterado com massa média no banco de conversão		
43	3	3	2		NCM com os 2 últimos dígitos alterados com massa média no banco de conversão		
44	3	3	3		NCM com os 3 últimos dígitos alterados com massa média no banco de conversão		
45	3	3	4		NCM com os 4 últimos dígitos alterados com massa média no banco de conversão		
46	3	3	5		NCM com os 5 últimos dígitos alterados com massa média no banco de conversão		
47	3	3	6		NCM com os 6 últimos dígitos alterados com massa média no banco de conversão		

Observação: O número um sobrescrito (¹) indica que o símbolo, algarismo ou espaço é facultativo, na descrição da mercadoria, para que a programação a reconheça como correspondente a regra descrita.

Figura 20: Síntese das regras, subregras e detalhamentos para conversão dos fluxos de materiais em unidades de massa.



#### 4.2.3.1 Regra 1

Foi aplicada a todas as mercadorias (linhas) que apresentavam alguma unidade de massa na coluna **unidade**. O único procedimento envolvido foi a conversão das quantidades registradas em gramas ou quilos para toneladas, de forma a, posteriormente, facilitar a agregação e análise dos resultados.

#### 4.2.3.2 Regra 2

Foi aplicada a todas as mercadorias (linhas) que apresentavam alguma unidade de massa na coluna **descrição**. Exemplos são as duas últimas linhas da Figura 16. Esses casos, entretanto, são os mais simples, nos quais há, apenas, uma unidade de peso na descrição. Eles tem prioridade dentro da hierarquia da regra 2, e, portanto, se enquadram também na subregra 1.

Os procedimentos para sua conversão envolvem a multiplicação do valor apresentado na descrição, convertido para toneladas, pelo valor da coluna quantidade. No exemplo acima (última linha), teríamos 20 (sacos) X 0,025 (toneladas de farelo de milho). A regra 2 foi dividida em 6 subregras, cada uma com diferentes subdivisões. Totalizam 31 variações dessa regra, em função dos padrões de preenchimento identificados nas NFs-e. Essas variações, bem como os procedimentos específicos para as conversões estão sintetizados na Figura 20. Quatorze ciclos de aplicação e de aprimoramento foram desenvolvidos, até chegar-se aos padrões definidos.

#### 4.2.3.3 Regra 3

Foi aplicada a todas as mercadorias (linhas) que **não apresentavam unidade de massa, nem na coluna unidade, nem na coluna descrição**. Essas mercadorias foram, então, convertidas através da massa média identificada para cada NCM, em cada unidade de comercialização. Essa conversão, assim como as demais, foi realizada através de procedimentos automatizados. Geraram-se quatro bancos de dados com médias para conversão, nomeados BDs-Conversão, os quais foram gerados a partir de fontes diferentes. Essas fontes, bem como os procedimentos para geração dos BDs-Conversão, estão descritos na seção seguinte. A utilização dos bancos de dados seguiu uma ordem, na qual foi priorizada a utilização daqueles elaborados a partir das fontes mais específicas.

Os procedimentos gerais para conversão envolveram os seguintes passos: a) identificação da massa média da mercadoria, em algum dos bancos de dados para conversão, a partir do NCM e da unidade comercializada e; b) multiplicação da massa média pela quantidade registrada na coluna quantidade.

O caso geral, cujo procedimento é descrito acima, pertence à regra 3, subregra 3.1. Entretanto, para alguns NCMs, em algumas unidades de comercialização, não foi possível localizar-se a massa média para conversão em nenhum banco de dados. Nessas situações, adotou-se a mesma média do código mais próximo, segundo a estrutura do sistema NCM. A Figura 21 ilustra a identificação do NCM mais próximo e a numeração das subregras. É apresentado um recorte da Estrutura do NCM. No exemplo, busca-se uma média para o NCM 2104.10.11, como ela não está disponível em nenhum BD-Conversão, busca-se a média para algum dos NCM que se diferenciem do original pelo último dígito (2ª opção). Caso também não haja média para esse(s) NCM(s), busca-se a média para algum dos NCM que se diferenciem do original pelos últimos dois dígitos (3ª opção). Prossegue-se com a busca a partir dos dígitos finais até, no limite, substituir-se pela massa média dos produtos do capítulo.

	NCM	Descrição
6ª opção (regra 3.3.6) →	<b>21</b>	<b>Preparações alimentícias diversas (capítulo)</b>
	<b>21.03</b>	<b>Preparações para molhos e molhos preparados; condimentos e temperos compostos; farinha de mostarda e mostarda preparada.</b>
	2103.10	-Molho de soja
5ª opção (regra 3.3.5) →	<u>2103.10.10</u>	Em embalagens imediatas de conteúdo inferior ou igual a 1kg
	<b>21.04</b>	<b>Preparações para caldos e sopas; caldos e sopas preparados; preparações alimentícias compostas homogeneizadas.</b>
	2104.10	-Preparações para caldos e sopas; caldos e sopas preparados
	2104.10.1	Preparações para caldos e sopas
NCM a ser convertido →	2104.10.11	Em embalagens imediatas de conteúdo inferior ou igual a 1kg
2ª opção (regra 3.3.1) →	<u>2104.10.19</u>	Outras
	2104.10.2	Caldos e sopas preparados
3ª opções (regra 3.3.2) →	<u>2104.10.21</u>	Em embalagens imediatas de conteúdo inferior ou igual a 1kg
	<u>2104.10.29</u>	Outros
4ª opção (regra 3.3.4) → (não há opção de regra 3.3.3, para o NCM a ser convertido)	<u>2104.20.00</u>	-Preparações alimentícias compostas homogeneizadas

Figura 21: Exemplo de identificação das subregras da regra 3 (figura elaborada a partir de recortes da estrutura NCM)

Cinco ciclos de aplicação e de refinamento foram desenvolvidos até obter-se os padrões definidos.

#### 4.2.3.4 Regra 4 – específica

Essa regra foi aplicada **exclusivamente para o NCM 2711.19.10**, que corresponde à Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). A capacidade do botijão (em quilos) estava indicada na maior parte das descrições, sem ser acompanhada por uma unidade de massa. Por essa razão, a conversão automática não as identificou com as condições de aplicação da regra 2. A coluna unidade, nesses casos, correspondia à unidade. Assim, os passos dessa regra

específica foram os seguintes: a) identificação do número na descrição; b) conversão para toneladas e; c) multiplicação pela quantidade registrada na coluna quantidade.

#### 4.2.3.5 Regra 5 - específica

Esta regra foi aplicada, apenas, para **os NCM dos capítulos 1 a 11 e 15 a 25**, para os casos em que **a unidade de comercialização registrada encontrava-se em outras unidades que não massa**, onde a descrição do produto indicava que a anotação da coluna quantidade correspondia à massa total comercializada. Os passos dessa regra específica foram semelhantes ao da regra 1: a) identificação da unidade de massa na descrição; b) identificação da quantidade comercializada, na coluna de mesmo nome; c) conversão para toneladas.

#### 4.2.4 Geração dos bancos de dados com médias para conversão dos fluxos em unidades de massa

Conforme mencionado, os casos que se encaixavam na regra 3 foram convertidos a partir das massas médias de cada NCM, em cada unidade de comercialização. Para tanto, quatro BDs-Conversão foram gerados, a partir de quatro diferentes fontes de dados.

##### 4.2.4.1 Banco de dados BD - Fluxos de Feliz

**O primeiro, nomeado BD - Fluxos de Feliz**, foi gerado a partir dos fluxos do próprio banco de dados de Feliz, depois de convertidos os casos enquadrados na regra 2. Considere-se o exemplo na Figura 22, que apresenta uma amostra dos resultados obtidos, depois da conversão pela regra 2, para o NCM 2302.10.00. Esse NCM foi comercializado em duas unidades diferentes: saco e pacote. A massa média para esse e demais NCMs é calculada da seguinte forma: a) soma dos valores da coluna massa total, para um NCM, em uma unidade de comercialização e; b) divisão pelo valor da soma dos valores da coluna quantidade.

Mês	NCM	Descrição	Unidade	Unidade padrão	Quantidade	CFOP	Regra	Massa (kg)	Massa (t)	Massa média (quilo)
6	23021000	Milho moído 2kg	PC	Pacote	1	5101	2.1.1	2,00	0,002	2,00
8	23021000	Milho moído 2kg	PC	Pacote	1	5101	2.1.1	2,00	0,002	2,00
11	23021000	Milho 5 kg	PC	Pacote	6	5102	2.1.1	30,00	0,03	5,00
9	23021000	Milho moído 25kg	SC	Saco	170	5152	2.1.1	4.250	4,25	25,00
11	23021000	Milho moído 50kg	SC	Saco	630	5152	2.1.1	31.500	31,50	50,00
12	23021000	Milho moído 25kg	SC	Saco	130	5152	2.1.1	3.250	3,25	25,00

Figura 22: Amostra dos resultados obtidos, depois da conversão pela regra 2, para o NCM 2302.10.00

#### 4.2.4.2 Banco de dados BD - RF/RS

O **segundo banco de dados** com médias para conversão, foi **nomeado BD - RF/RS**, pois teve origem nos dados fornecidos para Receita Federal do Rio Grande do Sul – RF/RS<sup>45</sup>. São dados das importações para o RS, no ano de 2011.

Os registros da Receita Federal apresentam a estrutura ilustrada na Figura 23. Nela estão expostas, apenas, as colunas importantes para o cálculo e para a compreensão do leitor do presente trabalho. Nota-se que, nos registros, são informados a massa bruta da carga (coluna I) e o a massa líquida da carga (coluna H). A segunda foi adotada para o cálculo das massas médias, visto que a massa bruta inclui paletes e outras embalagens brutas, usadas para fins de transporte.

Percebe-se, também, que são informadas a unidade de comercialização e a unidade de medida estatística do produto (colunas E e F), o que possibilitou o cálculo da média ponderada em duas unidades, quando nenhuma delas correspondia à unidade de peso. Essa dupla possibilidade implicou em duplo cálculo:

- h) **Cálculo da massa média ponderada, a partir da unidade estatística:** a) divisão da soma dos valores da coluna K (PESO LIQ MERC IMP) – de um mesmo NCM e de uma mesma unidade - pela soma de valores na coluna I (QTDE EST MERC IMP) – de um mesmo NCM e de uma mesma unidade; b) conversão dos resultados para toneladas, visto que o “peso” líquido é registrado em quilos. Caso haja mais de uma mercadoria (linha na planilha) dentro da mesma adição (ver coluna A da Figura 23), o procedimento será um pouco diferenciado:
  - i. As somas dos valores das colunas K e I devem computar a massa da adição apenas uma vez. Observe-se que ela é anotada repetidamente nas linhas de cada produto (Figura 23);
- i) **Cálculo da massa média ponderada, a partir da unidade comercializada:** a) divisão da soma dos valores da coluna K (PESO LIQ MERC IMP) – de um mesmo NCM e de uma mesma unidade - pela soma de valores na coluna H (QTDE COMERC PROD IMP) – de um mesmo NCM e de uma mesma unidade; b) conversão dos resultados para toneladas, visto que o “peso” líquido é registrado em quilos. Caso haja mais de uma mercadoria (linha na planilha) dentro da mesma adição (ver coluna A ), o procedimento será diferenciado, da mesma forma demonstrada na alínea a:
  - i. As somas dos valores das colunas K e H devem computar a massa da adição apenas uma vez. Observe-se que ela é anotada repetidamente nas linhas de cada produto (Figura 23);

---

<sup>45</sup> Os dados foram reunidos e fornecidos por Danielle A. da Silveira Wilhelms, Auditora Fiscal de Receita Federal do Brasil, Seção de Fiscalização Aduaneira – Safia/IRF – Porto Alegre.

O cálculo das médias a partir dos dados de importação permite que sejam realizadas a partir de um grande número de mercadorias, o que, considerou-se, as tornariam mais representativas dos NCMs. Para controle, criaram-se, no BD - RF/RS, três colunas adicionais, que permitiram a visualização do número total de mercadorias, do número de linhas e do número de adições, a partir dos quais se calculou cada média. O formato resultante do BD-RF-RS é apresentado na Figura 24.

#### 4.2.4.3 Banco de dados BD - RF/BR

Originalmente, pretendia-se utilizar exclusivamente médias geradas a partir dos dados da Receita Federal do Rio Grande do Sul. Entretanto, como a reunião dos dados, por parte da auditora da Receita Federal/RS que colaborou com o presente trabalho, acabou por demandar um tempo muito superior ao estimado originalmente, optou-se por criar um terceiro banco de dados, a partir dos dados de importação e exportação nacional, disponíveis do *site* da Receita Federal do Brasil<sup>46</sup>. Por essa razão, o **terceiro banco de dados**, com médias para conversão, foi **nomeado BD – RF/BR. Os dados originais** apresentavam formato similar aos da Receita Federal do Rio Grande do Sul e o cálculo das médias foi realizado com base nos mesmos procedimentos adotados no BD-RF-RS.

#### 4.2.4.4 Banco de dados BD - Fabricantes

O **quarto banco de dados, nomeado BD-Fabricantes**, foi criado, manualmente, e o dados foram obtidos a partir de pesquisas em sites, ou por telefone, com fabricantes dos diversos produtos. Esse banco de dados apresenta médias para um número de NCMs significativamente menor do que os demais, visto que as pesquisas foram realizadas, apenas, para aqueles cuja quantidade comercializada destacava-se, entre as demais, no BD – Feliz Válido.

Por fim, como resultado da aplicação dos procedimentos descritos nesta seção e na seção 4.2.3, obteve-se um banco de dados, com os fluxos válidos, ocorrentes em Feliz, no ano de 2011, já convertidos para toneladas. Convencionou-se chamar este produto de BD – Feliz Convertido. A etapa seguinte destinou-se, então, ao desenvolvimento dos procedimentos de categorização dos fluxos já convertidos.

---

<sup>46</sup> <http://www.receita.fazenda.gov.br/Historico/Aduana/ProdutosNCM/2011/ImportProdSensiveis.htm>

<i>Coluna A</i>	<i>Coluna B</i>	<i>Coluna C</i>	<i>Coluna D</i>	<i>Coluna E</i>	<i>Coluna F</i>	<i>Coluna G</i>	<i>Coluna H</i>	<i>Coluna I</i>	<i>Coluna J</i>	<i>Col. K</i>
NUM ADICAO	COD SUBITEM NCM	SUBITEM NCM	DESCRICAO PROD IMP	UNID COMERC PROD IMP	UNID MEDIDA EST	QTDE COMERC PROD IMP	QTDE EST MERC IMP	PESO BRUTO CARGA IMP	PESO LIQ MERC IMP	QTDE PROD IMP
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	120,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	120,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	120,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	60,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	30,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	ENFEITE DE CABELO	DUZIA	Quilograma líquido	30,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	PIRANHA	DUZIA	Quilograma líquido	300,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	PIRANHA	DUZIA	Quilograma líquido	160,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124612353007	96159000	Outros artefatos p/penteados e suas partes	PIRANHA	DUZIA	Quilograma líquido	300,00000	650	11.260,00000	650,20000	1
1124611632016	96151100	Pentes travessas etc borracha endur. plast.	PRENDEDOR DE PLASTICO P/ CABELO	CAIXAS	Quilograma líquido	5,00000	68	16.781,30000	68,00000	1

Figura 23: Estrutura dos registros fornecidos pela Receita Federal/RS.

NCM	DESCRIÇÃO NCM	T/ UNIDADE	PESO MÉDIO LÍQUIDO	MÉDIA DE QUANTOS ITENS	MÉDIA DE QUANTAS LINHAS	MÉDIA DE QUANTAS ADIÇÕES
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	PACOTE	0,000198	785.323,00	291	94
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	CARTELA	0,000090	687.309,00	268	55
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	UNIDADE	0,000036	6.328.609,00	2642	381
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	DEZENA	0,002072	250,00	1	1
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	SACO	0,000084	340.556,00	73	16
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	DÚZIA	0,000146	5.285.219,00	2882	670
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	CAIXA	0,005452	113.164,00	5781	399
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	PAR	0,000037	45.400,00	6	4
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	MILHEIRO	0,004234	8.197,25	43	10
96159000	Outs.artef.p/penteados e suas	CONJUNTO	0,000044	1.157.784,00	203	73

Figura 24: Amostra do banco de dados para conversão BD-RF-RS.

#### 4.2.5 Categorização

Esta etapa teve como objetivo organizar os fluxos do BD – Feliz Convertido em categorias que pudessem ser facilmente agrupadas. Até esta etapa, não era possível identificar, diretamente, por exemplo, os fluxos totais de entradas e de saídas. Algumas categorias foram, então, estabelecidas, usando-se como referência os CFOPs, enquanto outras, os códigos NCMs.

Os CFOPs permitiram identificar as categorias descritas abaixo.

- a) **Sentido do fluxo:** essa categoria divide-se em entradas e saídas. Como descrito anteriormente, no item 4.2, o sentido do fluxo de uma mercadoria (identificando se entrou ou saiu de Feliz), só pode ser caracterizado se for associado o primeiro dígito do CFOP, na NF-e, com as informações do emitente e do destinatário;
- b) **Origem ou Destino do Fluxo:** essa categoria apresenta quatro ramificações, que indicam se o fluxo ocorreu de outro município do RS para Feliz, de um município de outra UF para Feliz, de Feliz para outro município do RS ou de Feliz para um município de outra UF. Essa informação pode ser obtida observando-se o primeiro dígito CFOP e as informações do emitente e do destinatário;
- c) **Tipo de Entrada ou de Saída:** a identificação das ramificações dessa categoria, embora também dependa das informações do emitente e do destinatário, são, predominantemente, associadas ao tipo de operação descrita pelo código CFOP. O código 1.101, por exemplo, corresponde a: Entradas para industrialização ou produção rural. Esta categoria não foi, diretamente, usada para elaboração dos resultados numéricos, apresentados no capítulo seguinte. Entretanto, seus desmembramentos foram bastante úteis para que se compreendesse a relação entre fluxos, ao se realizar as análises. A categoria apresenta, também, para alguns CFOPs, uma sub categoria e um detalhamento.

Para operacionalizar as categorizações acima, criou-se uma planilha Excel, cujo topo das cinco primeiras colunas corresponde ao município emitente, à UF emitente, ao município destinatário e ao CFOP. As linhas foram preenchidas com todas as combinações possíveis, entre essas cinco colunas, resultando em 357 linhas. No topo das colunas seguintes, anotaram-se as categorias e, nas linhas, o correspondente enquadramento, segundo os critérios descritos nas alíneas acima.

O último processo foi de associação de cada linha do BD – Feliz Convertido aos seus enquadramentos, dentro de cada categoria, comparando-se as três primeiras colunas. Com isso, o BD – Feliz Convertido recebeu novas colunas, à direita das categorias pré-existentes.

Já os códigos NCM proporcionaram a criação das seguintes categorias:

- d) **Nível de processamento:** cada NCM foi associado ao nível de processamento da mercadoria por ele representada. As ramificações possíveis são: produto final, produto semiacabado, matéria-prima ou material bruto e outros produtos não enquadrados. A associação dos NCMs ao nível de processamento foi realizada com base na proposta publicada no Anexo 4, do Guia Eurostat (2001). O Anexo está organizado de acordo com estrutura geral do Sistema Harmonizado internacional (HS) e os detalhes da *Combined Nomenclature* – CN, da União Europeia. Embora o NCM apresente algumas distinções do CN, a maior parte dos códigos são correspondentes;
- e) **Composição e detalhamento da composição:** a composição de cada NCM pode ser de biomassa, mineral, combustível fóssil ou não enquadrado. Os detalhes da composição mineral são: minerais metálicos e não metálicos. Essa associação também se baseou no Anexo 4 do Guia Eurostat (2001). Entretanto, também foi criado um detalhamento da composição biomassa, incluindo: Vegetal da Agricultura, Vegetal da Silvicultura, Animal da Piscicultura e Animal da Pesca;
- f) **Classes especiais:** a criação dessa categoria visou facilitar a identificação de certos tipos de fluxos, que não se encontram agrupados em uma única seção, capítulo ou posição NCM. É o caso dos resíduos e desperdícios (que são encontrados em diversos capítulos NCM), dos fertilizantes e corretivos para o solo, dos materiais usados nas atividades de construção;
- g) **Divisões NCM:** esta categoria objetivou associar diretamente cada NCM às posições, aos capítulos e às seções superiores. Utilizou-se o próprio sistema NCM como referência para as associações.

A operacionalização das categorizações acima também foi realizada por meio da criação de uma planilha Excel, cuja primeira coluna corresponde a todos os códigos NCM existentes no BD – Feliz Convertido. No topo das colunas seguintes, anotaram-se as categorias criadas e, nas linhas, o correspondente enquadramento, segundo os critérios descritos nas alíneas acima. O procedimento final foi a associação de cada linha do BD – Feliz Convertido aos seus enquadramentos, dentro de cada categoria, comparando-se as três primeiras colunas. Com isso, o BD – Feliz Convertido recebeu novas colunas, à direita das categorias relacionadas ao CFOP.

Como resultado dos procedimentos descritos nesta seção, obteve-se um banco de dados, com os fluxos válidos, ocorrentes em Feliz, no ano de 2011, já convertidos para toneladas e organizados dentro das categorias apresentadas acima.

#### 4.2.6 Agrupamento

O último procedimento foi desenvolvido com o agrupamento dos fluxos já categorizados na etapa anterior. Agruparam-se todas as linhas da planilha cujas colunas fossem



rigorosamente iguais, à exceção da coluna quantidade. A seguir, somaram-se os valores das colunas quantidades agrupadas.

Como resultado, obteve-se um banco de dados com menos linhas que o obtido na etapa anterior. Esse banco de dados foi convertido, novamente, para Excel e resultou em uma única planilha de 799.884 linhas por 33 colunas, cuja amostra é apresentada na Figura 26. Convencionou-se chamar este produto de BD – Feliz Categorizado e Agrupado. A partir dele, chegaram-se aos resultados apresentados no capítulo seguinte.

O percentual de utilização das cinco regras de conversão descritas, na seção anterior é apresentado na Figura 25.

<b>Regra</b>	<b>Número de linhas convertidas</b>	<b>Percentual de linhas convertidas</b>
Regra 1	27.854	3,48%
Regras 2	130.004	16,25%
Regras 3.1 e 3.2	615.413	76,94%
Regras 3.3	26.077	3,26%
Regras 4	55	0,01%
Regras 5	480	0,06%

Figura 25: Percentual de utilização de cada regra de conversão, no BD Feliz Categorizado e Agrupado.

Informações do arquivo original da SEFAZ

Massa total da mercadoria (conversão pela regra indicada)

Regra e sub-regra usadas para conversão

Massa média de uma unidade de produto

Banco de dados usado para conversão (apenas para as regras 3)

NCM substituto (apenas para as regras 3.3.1 à 3.3.6)

Descrição da Transação, segundo CFOP

Categorias criadas a partir do CFOP: Sentido do fluxo da mercadoria e tipo de transação

Código correspondente à classificação das importações e exportações, segundo anexo 4, do Guia Eurostat (2001).

Categorias criadas a partir do NCM: Seções, capítulos e grupos ao qual o código da mercadoria pertence

Identificação da Unidade

Categorias criadas a partir do NCM: Composição Material

Mês	Ano	Emitente (RS/OUF)	Emitente (Feliz/Outras Cidades)	Destinatário (RS/OUF)	Destinatário (Feliz/Outras Cidades)	NCM	Descrição	Unidade	Unidade Padrão	Quantidade	CFOP	Regra	Massa (QUILO)	Massa (TONELADAS)	Média (QUILO)	BD Conversão	Convertido	NCM Conversão	Descrição CFOP	Entrada/Saída	Origem/Destino	Tipo de Entrada/Saída	Detalhamento	Subdetalhamento	Código Eurostat	Nível de processamento	Composição principal	Detalhamento da composição	Classes especiais	Seção NCM	Capítulo/Grupo NCM	Detalhamento
10	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	1051110	PINTO PESCOCO PELADO MACHO 10 DIAS	U	UNIDADE	371,00	5102	3.1	19,82	0,02	0,03	F, RS1	SIM		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.4.2.2.5	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária		I - ANIMAIS VIVOS E PRODUTOS DO REINO ANIMAL	Animais vivos	Aves
7	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	1059400	FRANGO VIVO	KG	QUILOGRAMA	27.051,50	5451	1	27.051,50	27,05	1,00		NAO		Remessa de animal e de insumo para estabelecimento produtor	Entrada	Do RS	Entradas para industrialização ou produção rural	Sistema de integração de animais e insumos para produção rural		1.2.4.2.2.5	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária		I - ANIMAIS VIVOS E PRODUTOS DO REINO ANIMAL	Animais vivos	Aves
8	2011	RS	FELIZ	RS	Outras cidades	2012020	CARNE BOVINA KG	KG	QUILOGRAMA	118,80	5409	1	118,80	0,12	1,00		NAO		Transferência de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros em operação com mercadoria sujeita ao regime de substituição tributária	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Transferência para outro estabelecimento da mesma empresa		1.2.4.2.2.7	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária	Alimento	I - ANIMAIS VIVOS E PRODUTOS DO REINO ANIMAL	Carnes e miudezas, comestíveis	Carne bovina
11	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	4061000	QUEJEO RICOTA FRESCA NONNA NITA	KG	QUILOGRAMA	4,59	5102	1	4,59	0,00	1,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.4.2.2.22	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária	Alimento	I - ANIMAIS VIVOS E PRODUTOS DO REINO ANIMAL	Leite e laticínios; ovos de aves/natural; produtos comestíveis de origem animal	Queijos e requeijão
7	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	7020000	TOMATINHO CEREJA KG	KG	QUILOGRAMA	98,40	1102	1	98,40	0,10	1,00		NAO		Compra para comercialização	Saída	Para RS	Saídas para comercialização	Vendas não especificadas		1.2.1.3.1.2	Matéria-prima/material bruto	Biomassa	Vegetal/Agricultura	Alimento	II - PRODUTOS DO REINO VEGETAL	Produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, comestíveis	Tomates, frescos ou refrigerados.
6	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	14049090	CASCA VERDE DE ACACIA NEGRA	T	TONELADA	24,70	1101	1	24.700,00	24,70	1.000,00		NAO		Compra para industrialização ou produção rural	Saída	Para RS	Saídas para industrialização ou produção rural	Saídas não especificadas		1.2.1.3.1.35	Matéria-prima/material bruto	Biomassa	Vegetal/Silvicultura		X - MADEIRA, CARVÃO VEGETAL, CORTIÇA E ETC.	Madeira, carvão vegetal e obras de madeira	Casca de acácia
3	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	16010000	LINGUIÇA TOSCANA 1 KG	KG	QUILOGRAMA	16,20	5401	1	16,20	0,02	1,00		NAO		Venda de produção do estabelecimento em operação com produto sujeito ao regime de substituição tributária, na condição de contribuinte substituído	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.4.2.2.27	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária	Alimento	IV - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES	Preparações de carne, de peixes e outros animais aquáticos	Enchidos e produtos semelhantes, de carne
7	2011	RS	FELIZ	RS	Outras cidades	19019090	BEIJINHO PIA 400G	UN	UNIDADE	5,00	5910	2.1.1	2,00	0,00	0,40		NAO		Remessa em bonificação, doação ou brinde	Saída	Para RS	Bonificação, doação ou brinde			1.2.4.2.1.16	Outro produto	Biomassa	Vegetal/Agricultura	Alimento	IV - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES	Preparações à base de cereais, farinhas, amidos, féculas ou leite; produtos de pasteleria	Outros
8	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	23011090	FARINHA DE VISCERAS	KG	QUILOGRAMA	110.876,00	5151	1	110.876,00	110,88	1,00		NAO		Transferência de produção do estabelecimento	Entrada	Do RS	Transferências vindas de outro estabelecimento da mesma empresa			1.2.4.2.4.9	Outro produto	Biomassa	Animal/Pecuária	Resíduos/desperdícios	IV - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES	Resíduos e desperdícios das indústrias alimentares; alimentos preparados para animais	Farinhas, pós e "pellets", de carnes impróprios para alimentação humana
3	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	23021000	MILHO MOIDO 50KG	SC	SACO	560,00	5152	2.1.1	28.000,00	28,00	50,00		NAO		Transferência de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Transferências vindas de outro estabelecimento da mesma empresa			1.2.4.2.1.38	Outro produto	Biomassa	Vegetal/Agricultura	Resíduos/desperdícios	II - PRODUTOS DO REINO VEGETAL	Cereais	Milho
12	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	23025000	Casca de Soja	kg	QUILOGRAMA	36.350,00	5102	1	36.350,00	36,35	1,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.4.2.1.38	Outro produto	Biomassa	Vegetal/Agricultura	Resíduos/desperdícios	IV - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES	Resíduos e desperdícios das indústrias alimentares; alimentos preparados para animais	Faróis e outros resíduos da moagem ou de outros tratamentos de cereais ou de leguminosas
1	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	25010011	SAL MARINHO 1KG x 12	FD	FARDO	2,00	5102	2.2.2	24,00	0,02	12,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.1.2.2.1	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Alimento	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Sal marinho/ de mesa
10	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25010090	SAL MOIDO 25KG	SC	SACO	150,00	5102	2.1.1	3.750,00	3,75	25,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.1	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico		V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Sal marinho/ de mesa
12	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25059000	AREIA MEDIA	M3	METRO CÚBICO	4,00	5102	3.1	6.800,00	6,80	1.700,00	Fabricantes	SIM		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.5	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Material de construção	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Areias naturais
1	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25083000	ARGILA	M3	METRO CÚBICO	160,00	1949	3.1	337.599,98	337,60	2.110,00	Fabricantes	SIM		Outra entrada de mercadoria ou prestação de serviço não especificada	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.1.2.2.8	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Material de construção	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Argilas
8	2011	RS	FELIZ	RS	Outras cidades	25171000	BRITA N.01 AVULSA	M3	METRO CÚBICO	9,00	5102	3.1	15.300,00	15,30	1.700,00	Fabricantes	SIM		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.17	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Material de construção	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Calhaus, cascalho, pedras britadas, dos tipos geralmente usados em concreto ou para empedramento de estradas
7	2011	RS	FELIZ	RS	Outras cidades	25210000	CALCÁRIO TIPO B 50 KG	SC	SACO	8,00	5102	2.1.1	400,00	0,40	50,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.21	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Fertilizante e corretivos do solo	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Calcário
10	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25221000	CALCÁRIO CALCÍTICO 50 KG SOLO BRANCO	SC	SACO	29,00	5102	2.1.1	1.450,00	1,45	50,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.22	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Fertilizante e corretivos do solo	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Cal
11	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	25302000	Sulfato de Magnésio (Marca: EPSO TOP Produzido por: K+S Kali GmbH Origem: Alemanha) Fertilizante	TO	TONELADA	1,00	5101	1	1.000,00	1,00	1.000,00		NAO		Venda de produção do estabelecimento	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.1.2.2.28	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Fertilizante e corretivos do solo	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Sulfatos de magnésio naturais
5	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25309090	SAIBRO	M3	METRO CÚBICO	2.802,00	5102	3.1	4.455.180,09	4.455,18	1.590,00	Fabricantes	SIM		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.28	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico	Material de construção	V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Areias naturais
10	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	25309090	CALCÁRIO CONCHAS CYSY 50KG	UN	UNIDADE	15,00	5102	2.1.1	750,00	0,75	50,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.1.2.2.28	Matéria-prima/material bruto	Mineral	Não metálico		V - PRODUTOS MINERAIS	Sal; enxofre; terras e pedras; gesso, cal e cimento	Outros
8	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	27101992	OLEO TRANSMISSAO	L	LITRO	12,00	5656	3.1	10,32	0,01	0,88	F, RS1	SIM		Venda de combustível ou lubrificante adquirido ou recebido de terceiros destinado a consumidor ou usuário final	Entrada	Do RS	Entradas para consumo final	Compra Combustível ou lubrificante			1.2.2.1.6	Produto semimanufaturado	Combustíveis fósseis		V - PRODUTOS MINERAIS	Combustíveis minerais, óleos minerais e etc.	Óleos e combustíveis
12	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	28000000	HIPOCLORITO DE SODIO	KG	QUILOGRAMA	48.884,00	5557	1	48.884,00	48,88	1,00		NAO		Transferência de material de uso ou consumo	Entrada	Do RS	Entradas para consumo no estabelecimento			1.2.4.1.1	Outro produto	Não especificado		VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Produtos químicos inorgânicos e etc.	Não especificado	
10	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	31020000	DREI TUN 1 LT	UN	UNIDADE	2,00	1202	3.2	2,00	0,00	1,00	LUXOS	SIM	1021010	Devolução de venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Devoluções	De produto comercializado			1.2.4.3.4	Outro produto n e c	Não especificado	Fertilizante e corretivos do solo	VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Fertilizantes	Fertilizantes nitrogenados
5	2011	RS	Outras Cidades	RS	FELIZ	31021010	ADUBO UREA 45.00.00 SC 50KG	SC	SACO	2,00	5102	2.4.8	100,00	0,10	50,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.4.3.4	Outro produto n e c	Não especificado	Fertilizante e corretivos do solo	VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Fertilizantes	Fertilizantes nitrogenados	
11	2011	RS	FELIZ	RS	Outras Cidades	31031010	SUPERFOS.SIMPLES 18% 50KG	SC	SACO	36,00	5102	2.4.8	1.800,00	1,80	50,00		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Saídas de produtos comercializados, não produzidos	Vendas não especificadas		1.2.2.2.2.3	Produto semimanufaturado	Mineral	Não metálico	Fertilizante e corretivos do solo	VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Fertilizantes	Fertilizantes fosfatados
7	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	33079000	TALCO P/PES SORT 120G*	UN	UNIDADE	2,00	5405	2.1.1	0,24	0,00	0,12		NAO		Venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros em operação com mercadoria sujeita ao regime de substituição tributária, na condição de contribuinte substituído	Entrada	Do RS	Outras entradas n. e.			1.2.4.3.8	Outro produto n e c	Não especificado		VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Óleos essenciais, perfumaria, cosméticos e etc.	Preparações para barbear	
7	2011	RS	Outras cidades	RS	FELIZ	36050000	FOSFORO BEIJA FLOR 20X10UN	DP	DISPLAY CARTELA	3,00	1202	3.1	0,15	0,00	0,05	Fabricantes	SIM		Devolução de venda de mercadoria adquirida ou recebida de terceiros	Saída	Para RS	Devoluções	De produto comercializado			1.2.4.1.2	Outro produto	Não especificado		VI - PRODUTOS DAS INDÚSTRIAS QUÍMICAS OU CONEXAS	Pólvoras e explosivos, artigos de proteção e etc.	Fósforos

Figura 26: Amostra do BD - Feliz Categorizado e Agrupado, fonte de evidências dos fluxos de importação e exportação.

### 4.3 IMPORTAÇÕES E EXPORTAÇÕES INTERNACIONAIS

Os dados brutos, disponibilizados pela Receita Federal e usados para estimativa das importações de e exportações para outros municípios brasileiros, também incluíam NFs-e de transações internacionais. Entretanto, essas informações foram substituídas pelas obtidas através do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2012a). Esses dados já se encontravam agregados, segundo o sistema NCM, e em unidades de massa. A única desvantagem da agregação é que não é homogênea. Enquanto algumas mercadorias são detalhadas no menor nível (8 dígitos), outras estão agrupadas de acordo com a sua Posição (4 dígitos).

Os únicos procedimentos envolvidos no tratamento desses dados foram os mesmos processos de categorização, aplicados aos dados de importação e exportação nacional, descritos na seção 4.2.5.

### 4.4 EMISSÕES E RESÍDUOS

Os fluxos de importações e exportações, descritos nos itens acima, incluem certos resíduos e desperdícios que apresentam valor. Entretanto, as emissões e resíduos que se destinam à natureza precisaram ser estimados à parte. Não se encontrou uma base de dados única para todos os tipos de resíduos potencialmente gerados em Feliz. Assim, identificaram-se as principais categorias e buscaram-se as potenciais fontes de informação.

#### 4.4.1 Resíduos sólidos urbanos

Para efeitos da Lei Nº 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, resíduos sólidos urbanos são aqueles originários das atividades domésticas, em residências urbanas, e das atividades de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana. O recolhimento, transporte e destinação desses resíduos é de responsabilidade das prefeituras municipais.

No município de Feliz, os serviços de coleta e transporte, são realizados por uma empresa terceirizada, que faz, também, o recolhimento dos resíduos recicláveis da área rural. Assim, os dados foram fornecidos, por correio eletrônico, pela empresa, a qual também é proprietária de um centro de triagem no município vizinho (ECOCLAR, 2012). Esses dados já se encontravam em unidades de massa e decompostos nas parcelas de produtos

encaminhados para reciclagem. Nessa mensagem, a empresa também informou que todo resíduo recolhido em Feliz é levado ao centro de triagem no município de Tupandi. A parcela reciclável é encaminhada às empresas compradoras e a parcela não reciclável é encaminhada a um aterro sanitário privado, no Município de Minas do Leão.

O único procedimento aplicado aos dados fornecidos foi à associação à sua composição principal.

#### **4.4.2 Resíduos de construção civil**

A estimativa das quantidades geradas e do destino dos resíduos de construção civil – RCC foi obtida a partir da pesquisa **Indicadores de Sustentabilidade como Ferramenta de Apoio para a Gestão Pública de Resíduos de Construção civil em Municípios de Pequeno Porte**, desenvolvida por Gehrke (2012), e que adotou, como um de seus estudos de caso, o Município de Feliz.

A autora ressalva que a classificação e quantificação de resíduo recolhido são dificultadas, uma vez que os RCC são recolhidos junto com outros resíduos dispostos nas vias públicas, sem um controle das cargas. Portanto, nesse estudo, a quantificação dos RCC gerados foi realizada a partir de uma taxa de geração média brasileira de 0,51 ton/hab.ano. Ainda, segundo a autora, o destino do RCC é um terreno baldio, de uma antiga área de extração de argila, em uma estrada vicinal do município. Esse terreno não possui licença para receber qualquer tipo de resíduo.

A composição dos RCC foi considerada: 28,26%, argamassa; 26,33%, cerâmica; 15,18%, concreto e 30,23%, outros, conforme estimada por Leite (2001 apud LOVATO, 2007).

#### **4.4.3 Resíduos industriais**

Segundo o artigo oitavo, da Lei Estadual de Resíduos Sólidos 9921/93, regulamentada pelo Decreto 38356/98 (RIO GRANDE DO SUL, 1998), a coleta, o transporte, o tratamento, o processamento e a destinação final dos resíduos sólidos de estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços, inclusive os de saúde, são de responsabilidade da fonte geradora.

No que tange aos resíduos industriais, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, do Rio Grande do Sul, possui o procedimento de exigir um plano de gerenciamento de resíduos para atividades industriais de médio e grande porte, desde o final da década de 90, quando se regulamentou o decreto mencionado no parágrafo anterior. As indústrias licenciadas pela FEPAM também devem encaminhar, trimestralmente, relatórios de geração

de resíduos, em meio digital. Essas informações foram repassadas pelo engenheiro Renato das Chagas e Silva, Chefe do Departamento de Controle da FEPAM (SILVA, 2012)

Cabe reforçar que a FEPAM só licencia e recebe relatórios de geração de resíduos de atividades industriais de médio e grande porte. O artigo 69, da Lei nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, determina que, a partir dessa data (RIO GRANDE DO SUL, 2000, p. 15): *“Caberá aos municípios o licenciamento ambiental dos empreendimentos e atividades consideradas como de impacto local, bem como aquelas que lhe forem delegadas pelo Estado por instrumento legal ou convênio”.*

Uma lista de tipologias dos empreendimentos ou atividades classifica aquelas consideradas como de impacto local, proposta pela FEPAM e aprovada pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL. CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, 2005).

Assim, as informações acerca dos resíduos industriais foram obtidas através da FEPAM, para as atividades industriais de médio e grande porte (SILVA, 2012), e através do Departamento de Meio Ambiente – DEMA, da Prefeitura Municipal de Feliz, para as atividades de impacto local (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE, 2012).

A FEPAM disponibilizou dados informatizados, enquanto a DEMA, disponibilizou cópias digitais dos relatórios de geração de resíduo, recebidos no ano de 2011. Os relatórios entregues apresentam informações quanto a: a) tipo de resíduo gerado (descrição e código), b) quantidade de resíduo gerada (para cada tipo); c) razão social do gerador; d) razão social e descrição do destino; e) município e UF de destino.

Os resíduos apresentados podem ser reunidos, segundo seus códigos, que correspondem a uma adaptação da NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004), incluindo um número a mais, para especificar melhor os resíduos ao contexto do Rio Grande do Sul (SILVA, 2012).

Assim, as informações fornecidas são bastante detalhadas, sendo possível identificar precisamente a origem e destino do resíduo. Entretanto, as quantidades apresentam-se em diferentes unidades de medidas. Foi, então, necessário convertê-las para unidades de massa. Para tanto, identificaram-se médias para conversão de cada código de resíduo, através de revisão bibliográfica e de contato com empresas de gestão de resíduos sólidos. Elaborou-se um quadro síntese, apresentado no apêndice E. No apêndice F, estão apresentadas as referências adotadas.

Analisando-se a relação de indústrias cadastradas no município e a relação de geradores, nos relatórios fornecidos pela FEPAM e pela DEMA, observou-se que faltavam declarações de algumas indústrias. Isso ocorre por dois motivos: a) nem todas as indústrias são obrigadas a entregar relatórios; essa determinação é estabelecida na licença ambiental e; b) algumas indústrias não as entregaram, mesmo com a licença condicionada à entrega dos relatórios (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE, 2013). Para estimativa da parcela de resíduos industriais não declarados, esta foi calculada proporcionalmente ao faturamento das empresas, no mesmo ano.

Também foi necessário aferir se os resíduos com valor de mercado, nos relatórios entregues à FEPAM e à DEMA, poderiam estar registrados também nas NF-e de exportação. Para tanto, destacou-se dos relatórios, os resíduos cujo destino indicasse o encaminhamento para a reciclagem em outro estabelecimento. Confrontaram-se as informações, por tipo de resíduo, e, subtraiu-se a quantidade sobreposta.

#### **4.4.4 Resíduos de saúde**

A destinação dos resíduos de saúde é de responsabilidade da fonte geradora (RIO GRANDE DO SUL, 1998). No município de Feliz, a coleta, o transporte e o destino final dos resíduos dos serviços de saúde são realizados por uma empresa terceirizada. Os dados foram obtidos por meio de contato, por correio eletrônico, com a empresa (ECOAPOIO, 2012). O formato original registrava as quantidades totais, discriminadas por classe, segundo a Resolução nº 5 do CONAMA (BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 1993), em unidades de volume. As quantidades foram convertidas para unidades de massa, considerando a densidade aparente dos resíduos como equivalente a  $150 \text{ kg/m}^3$ , conforme estimado por Silva e Hoppe (2005), a partir de um diagnóstico realizado no Rio Grande do Sul.

#### **4.4.5 Fluxos dissipados**

Os fluxos dissipados dividem-se, segundo o Guia Eurostat (2001), em fluxos perdidos e fluxos de produtos de uso dissipativo. Ao primeiro grupo correspondem fluxos perdidos por abração (ex: desgaste de pneus), acidentes com produtos químicos, perdas na distribuição (ex: gás natural) e erosão e corrosão de infraestrutura. Esse grupo, entretanto, não foi considerado, por falta de referências locais para a realização das estimativas.

Ao segundo grupo correspondem os fertilizantes orgânicos, os fertilizantes minerais, os pesticidas, as sementes, os dejetos animais e o lodo de esgoto. Adicionou-se a categoria corretivos de solos e incluíram-se, na categoria pesticidas, os inseticidas, rodenticidas,

fungicidas, herbicidas, inibidores de germinação e reguladores de crescimento para plantas, desinfetantes e produtos semelhantes.

Foram estimados todos os fluxos sugeridos, a exceção dos fertilizantes orgânicos produzidos na área rural do município, a partir da compostagem de resíduos da agricultura. Não se identificaram meios de realizar essa estimativa.

Os fluxos dissipados a partir do uso de fertilizantes minerais, pesticidas e sementes foram estimados a partir da diferença entre as importações e exportações dessas mercadorias, segundo informações contidas no BD – Feliz Categorizado e Agrupado. Da mesma forma foram estimados os fertilizantes orgânicos não produzidos no município e a serragem, resíduo de estabelecimentos madeireiros ou moveleiros, importados para uso na agricultura.

Lodo de esgoto e dejetos animais foram estimados a parte, conforme descrito nos itens seguintes.

#### 4.4.5.1 Efluentes domésticos (parte sólida)

Dos efluentes domésticos foi considerada, apenas, a parte sólida, conforme sugerido pelo Guia Eurostat (2001). A estimativa foi realizada com base no intervalo de valores de contribuição de esgotos (g/per capita.dia), identificado por Ercole (2003). Adotou-se o valor intermediário (195 g/per capita.dia). Para a estimativa anual, e multiplicou-se por 365 dias e pela população do município no ano considerado.

Embora não se configure uma recomendação específica do Guia Eurostat (2001), estimou-se, a parte, neste item, a saída de líquidos correspondente às bebidas que entraram em Feliz, no ano de 2011. Caso essas saídas não fossem consideradas, não haveria correspondência entre entradas e saídas.

#### 4.4.5.2 Dejetos animais

Fazem parte desses fluxos a matéria orgânica excretada pelos animais e, no caso dos frangos, os resíduos que compõem a cama de aviário. A cama de aviário, também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, é o material constituído pelas dejeções e penas de galináceos, restos de rações e pelo material orgânico absorvente da umidade usado sobre o piso do galpão (serragem, maravalha, palhas, cascas e etc) (HAHN, 2004).

Não existem fontes de registro sobre a quantidade desses resíduos gerada em Feliz. Assim, eles foram estimados com base: a) na geração, por espécie, b) na quantidade de animais

criados em Feliz em 2011 e c) no período de tempo que cada espécie permaneceu no município.

A geração de dejetos por espécie e o tempo em que cada espécie permaneceu em Feliz foi estimada a partir de publicações, da área de agronomia. Priorizaram-se pesquisas que representassem as raças e os padrões de criação, ocorrentes no Rio Grande do Sul ou na região sul. As referências mais importantes para esse fim foram as publicações técnicas da Embrapa Pecuária Sul<sup>47</sup>. Embrapa é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A quantidade de animais criados em 2011 foi estimada, a partir das exportações de animais prontos para abate, obtidas através das informações contidas no BD – Feliz Categorizado e Agrupado. Para alguns animais, com tempo de vida superior a um ano e com ciclos de produção não tão rígidos temporalmente, como os bovinos (de 24 a 36 meses), utilizaram-se, também informações sobre o efetivo dos rebanhos, em 31/12/2011, da Pesquisa Pecuária Municipal – PPM (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012e). Assim, a estimativa da quantidade de dejetos considerou: a) que os rebanhos registrados em Feliz em 31/12/2011 correspondem aos animais remanescentes, que permanecerem no município todo o ano para serem abatidos em anos posteriores; e b) que os animais exportados para abate permaneceram no município de janeiro até o mês em que foram exportados, segundo informações contidas no BD – Feliz Categorizado e Agrupado.

As páginas do apêndice G apresentam as estimativas de dejetos produzidas por cada espécie e as fontes de dados utilizadas na estimativa da geração de dejetos. Nesse apêndice, também são expostas informações complementares, como consumo de ração por espécie, as quais foram usadas para confrontarem-se as entradas com as saídas (exportações e resíduos) para a agroindústria, estimadas a partir do BD – Feliz Categorizado e Agrupado. Esses fluxos mostraram-se significativos e complexos de se compreender, no caso de Feliz, e, por essa razão, estimativas paralelas de importações e exportações de rações e outros insumos foram desenvolvidas.

#### **4.4.6 Emissões aéreas (CO<sub>2</sub> decorrente da combustão)**

As emissões aéreas, idealmente, incluiriam aquelas decorrentes da combustão, dos processos industriais e da respiração humana e do estoque vivo. Além disso, abrangeriam diversas emissões poluentes (EUROSTAT, 2001). No presente pesquisa, entretanto, foi possível estimar, apenas, as emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes da combustão.

---

<sup>47</sup> Fonte: <http://www.cppsul.embrapa.br/>



Essa estimativa envolveu, primeiramente, a identificação da quantidade de combustível consumido no município, a qual foi determinada a partir das informações contidas no BD – Feliz Categorizado e Agrupado. Essa fonte de dados foi preferida, em relação aos dados de consumo de combustíveis, fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo - ANP, pois são mais completos, à medida que incluem: a) vendas, realizadas em outros municípios, a estabelecimentos localizados em Feliz e; b) vendas realizadas, em Feliz, para estabelecimentos de outros municípios.

Ressalta-se, entretanto, que se confrontaram os dados fornecidos pela ANP com os dados obtidos no BD – Feliz Categorizado e Agrupado. Verificou-se que a soma das entradas, cujos CFOPs, correspondem à **Venda para a comercialização** (tendo como emitente outros municípios e destinatário Feliz), estão precisamente iguais ou próximas aos valores fornecidos pela ANP. Essas transações são aquelas em que estabelecimentos de Feliz efetuam compras para revenda, como postos de gasolina e de GLP.

O que a ANP não é capaz de captar são as vendas realizadas por esses estabelecimentos a consumidores de fora de Feliz (exportação). Os dados do BD – Feliz Categorizado e Agrupado conseguem estimar essas exportações, a partir das NF-e com CFOP correspondente à **Venda ao usuário final**, tendo como emitente o município de Feliz e destinatário outros municípios.

Da mesma forma, a ANP não consegue capturar as vendas realizadas em outros municípios, para estabelecimentos de Feliz. É possível estimar essas importações através das NF-e com CFOP correspondente à **Venda ao usuário final**, tendo como emitente outros municípios e destinatário o município de Feliz.

Identificaram-se os seguintes combustíveis fósseis consumidos em Feliz: óleo Diesel, gasolina tipo C, GLP, óleo combustível e querosene iluminante. Entre os combustíveis de biomassa identificaram-se: álcool hidratado, carvão vegetal, lenha, resíduos de pinus e de eucalipto e serragem. Os três últimos têm, provavelmente, como principal destino as indústrias cerâmicas do município. Ressalta-se que a quantidade de serragem considerada queimada não corresponde à totalidade consumida no município. Através de entrevista com o agrônomo Joel Pagnoncelli - técnico da EMATER de Feliz, identificou-se que as indústrias cerâmicas locais utilizam, para queima, lenha e resíduos de madeira em geral, inclusive serragem (PAGNONCELLI, 2013). Entretanto, também se verificou que parte da serragem é destinada a produção rural. Para a estimativa de cada uma das parcelas destinada à queima, calculou-se, primeiramente, a quantidade de argila potencialmente queimada pela lenha e pelos resíduos de pinus e de eucalipto consumidos. Então, calculou-se a quantidade

de serragem necessária para queimar o restante da argila consumida em Feliz. O consumo de combustível por tonelada de argila queimada tomou como referência os valores propostos por Alencar (2004).

Em um primeiro cálculo, os resíduos de madeira e a serragem não foram considerados como fontes de emissões. Em UMA etapa posterior, em que os resultados foram analisados com a ajuda do técnico da Emater do município, contatou-se a necessidade de incluí-los.

A partir do consumo de combustíveis do município, as estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> foram realizadas de duas maneiras e seus resultados confrontados. A primeira estimativa seguiu os passos indicados pela abordagem de referência (volume 2, capítulo 6) do *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006)*. As conversões de unidades de medida foram realizadas reportando-se ao Balanço Energético Nacional, ano base 2011 (BRASIL, 2012). Informações sobre o conteúdo de carbono dos combustíveis foram extraídas de fontes nacionais, sempre que encontradas. Caso contrário, adotaram-se os valores proposto pelo próprio guia.

Como, a partir da primeira estimativa não seria possível derivar as entradas de oxigênio e saídas de água, para completude do balanço, partiu-se para uma segunda estimativa, a partir do cálculo estequiométrico das reações. O maior desafio foi encontrar equações que realmente representasse cada combustível, diante da variabilidade dos componentes das fórmulas. Assim, localizaram-se equações prováveis e compararam-se esses resultados de emissões de CO<sub>2</sub> com os obtidos na estimativa anterior. A maior variação encontrada foi de 8%, para a lenha. Para os demais combustíveis, foram inferiores a 5%. Adotaram-se os valores estimados por cálculo estequiométrico.

#### 4.5 ENTRADAS E SAÍDAS PARA FINS DE BALANÇO

Estes fluxos, denominados pelo Guia Eurostat (2001) como *Memorandum items for balancing*, são incluídos para que se obtenha correspondência entre as entradas e as saídas.

Os itens de entrada incluem: O<sub>2</sub> para a combustão, O<sub>2</sub> para a respiração, nitrogênio para as emissões derivadas da combustão e ar para outros processos industriais. Já, os itens de saída, englobam: vapor de água emitido a partir da combustão; evaporação de água, a partir de produtos; respiração dos seres humanos e animais (CO<sub>2</sub> e vapor d'água). Destes,

estimaram-se, apenas, as entradas de  $O_2$  e as saídas de vapor de água, decorrentes dos processos de combustão, a partir do cálculo estequiométrico das reações.

#### 4.6 ADIÇÕES AO ESTOQUE

Em princípio, as adições líquidas de materiais ao estoque do município, representadas pelo indicador NAS, podem ser derivadas da diferença entre as entradas e as saídas. Entretanto, o Guia Eurostat (2001) ressalva que as estimativas dos fluxos de entradas e saídas estão sujeitas a diversas incertezas: inconsistência dos dados, propriedades dos materiais (principalmente conteúdo de água), riscos de dupla contagem e de fluxos não considerados. Além disso, segundo a publicação, um número agregado não é útil, se desacompanhado de informações quanto aos principais componentes e às atividades responsáveis.

Assim, é recomendada a estimativa de adição líquida ao estoque em separado, a partir das informações específicas de adições brutas e remoções do estoque. Ainda, sugere-se estabelecerem-se as contabilidades em separado para as seguintes categorias: a) infraestrutura e edificações e b) maquinário e outros bens duráveis.

O Guia Eurostat (2001) apresenta algumas propostas para estimativa da adição líquida ao estoque. Entre as propostas, foi observada as estimativas que se baseiam nas características dos fluxos de entrada. Essa proposição é na linha daquela adotada por Niza (2007), que se fundamenta no tempo de residência dos materiais, ou seja, na velocidade com que os fluxos de entrada atravessam o sistema social e econômico. Por esse método é possível, também, estimar a geração de resíduos ao longo dos anos.

Testou-se essa possibilidade, no caso de Feliz, e verificou-se ser muito imprecisa para um município cujas entradas, em grande parte, se destinam à indústria. Citando-se um exemplo: serras e outras peças, que compõem ferramentas agrícolas, são materiais potencialmente adicionados ao estoque do município. Observaram-se valores significativos de entrada desses materiais. Analisando-se a relação de empresas cadastradas, identifica-se uma indústria de ferramentas, que, provavelmente adquire essas peças para agregá-las ao produto final. Ao se considerar o tempo de residência desses materiais pela sua durabilidade, haverá uma sobre estimativa do estoque. Isso ocorre porque mercadorias duráveis são importadas e exportadas do município. Da mesma forma, mercadorias não duráveis, como alimentos, também saem como exportação e não, apenas, como resíduos. Assim, as importações não podem ser usadas, exclusivamente, para estimarem-se as

adições ao estoque e a geração de resíduos. Testaram-se adaptações desse método, os quais, ainda assim, mostraram-se pouco informativas.

Outra sugestão, do Guia Eurostat (2001), para a estimativa de adições ao estoque de edificações e infraestrutura, propõe a realização de estimativas brutas, a partir do que é denominado de *supply-use framework*. Nesta concepção, parte-se do princípio que alguns produtos, como areia e brita serão usadas, basicamente, para construção e que seu consumo pode ser estimado a partir da soma das importações com a produção doméstica, excluindo-se exportações. Assim, esta proposta, exige uma etapa intermediária de estimativa de produção, que não seria necessária nessa vertente da AFM. Além disso, a proposta envolve, apenas, materiais destinados à construção.

Por fim, na presente pesquisa não se realizaram estimativas de produção (à exceção de peças cerâmicas e rações para animais da indústria agropecuária, que são duas das mais significativas), mas adotaram-se procedimentos, que, de certa forma, envolvem a análise bruta de fluxos internos ao sistema, os quais a presente autora assume serem incertos e serem impossíveis de realizar para um município de porte maior. Essa análise envolveu todas as mercadorias, por posição NCM.

Inicialmente, elaboraram-se três planilhas, uma para cada composição (combustíveis fósseis, minerais e biomassa). Em cada planilha, foram incluídas, nas linhas, as posições NCM (4 dígitos). Nas colunas, registraram-se os valores de: a) extração; b) importação; c) exportação. Com isso, tornou-se possível esboçar relações entre entradas e saídas, apoiando-se na lista de empresas cadastradas no município e seus respectivos CAEs – Códigos de Atividade Econômica. Esses códigos são compostos de 9 (nove) algarismos, sendo que o primeiro é definido com base na atividade econômica a que pertença o produto. Os demais algarismos, para os setores extrativos, industriais e de comércio atacadista serão definidos a partir da posição e suposição da NBM/SH-NCM em que o produto estiver classificado (ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DA FAZENDA; DEPARTAMENTO DA RECEITA PÚBLICA ESTADUAL, 2009). Assim, é possível associar grupos de estabelecimentos a grupos de produtos exportados, comparando-se CAE e NCM.

As categorias de CFOPs criadas anteriormente, na categorização dos fluxos de importação, foram úteis para essa identificação, principalmente aqueles correspondentes a Entradas para industrialização ou produção rural, Entradas para consumo final e Entradas para comercialização. Com frequência, também se consultaram as descrições das mercadorias individuais, na planilha geral BD – Convertido.

Em um passo seguinte, agruparam-se as posições NCM, que teriam, provavelmente, o mesmo destino ou tipo de uso; a partir de então, confrontaram-se os valores de entradas e de saídas. Por exemplo, para a entrada de mercadorias da posição 3915 - Resíduos de plásticos, não há saídas correspondentes. Tão pouco há algum aterro localizado em Feliz. Constatou-se que seriam destinadas a uma indústria de reciclagem de plásticos, que produz embalagens em filmes, em outras formas planas. Observa-se que, para as entradas de resíduos plásticos, parece haver razoável correspondência com os valores de saídas de filmes plásticos para embalagens. Para filmes plásticos, há muito mais saídas do que entradas.

Por fim, destacaram-se os grupos de materiais que seriam estocáveis, dando particular atenção às categorias sugeridas pela Eurostat. Alguns materiais, como as serras e peças mencionadas acima, não foram consideradas como estocáveis, quando o CFOP não permitia identificar a parcela de destino ao consumidor final. Assim, essa forma de estimativa não permite fechar o balanço com exatidão. Há uma tendência de subestimativa. Mas, para a maior parte dos materiais, essa proposta indica onde, provavelmente, o estoque está localizado; com maior precisão, para o caso de um município com este perfil, do que o método de estimativa, que considera exclusivamente as entradas. A presente autora reconhece, entretanto, que os procedimentos adotados só foram possíveis, pelo fato de o município avaliado apresentar um número pequeno de grupos de empresas, se comparado com um município com maior diversidade de produção.

Como contribuição adicional, os procedimentos desenvolvidos nesta etapa permitiriam aferir as possíveis falhas nas estimativas realizadas nos passos anteriores. Isto ocorre porque são verificadas correspondências entre saídas e entradas, não, apenas, a partir dos valores globais, mas por posição de produtos. Como resultado, foi possível realizar refinamentos na caracterização dos fluxos, conforme será discutido no item seguinte.

#### 4.7 FECHAMENTO DO BALANÇO

Para fechamento do balanço, o total de entradas deveria corresponder à soma do total de saídas, com a adição líquida ao estoque. Assim, ao se estimar o NAS, por meios que não a subtração das saídas das entradas, realiza-se, uma verificação bruta das estimativas desenvolvidas nas etapas anteriores.

Como mencionado no item anterior, os procedimentos adotados para a estimativa da adição ao estoque não priorizaram o fechamento do balanço, mas a identificação dos materiais

estocados, em si, e uma avaliação mais refinada dos resultados obtidos a partir dos procedimentos adotados nas etapas anteriores. Nesta avaliação, verificaram-se algumas não correspondências, que poderiam passar despercebidas em uma estimativa global de estoques.

Toma-se como exemplo os fluxos do setor de cerâmica vermelha, que é significativo no município. As entradas de argila, somadas às entradas de produtos cerâmicos, correspondiam, em quantidade direta, à soma das saídas de argila e produtos cerâmicos. Entretanto, ao se estimar a produção interna de produtos cerâmicos, verificou-se que as entradas de argila, por importação e extração, estimadas inicialmente, seriam insuficientes. Confrontou-se, então, a lista de empresas cerâmicas com os Relatórios Anuais de Lavras – RALs individuais. Observou-se que quatro empresas não possuíam lavras no município. Solicitaram-se, então, os RALs dessas empresas e identificou-se que duas delas possuíam lavras em municípios vizinhos, importando argila. Outras duas, de porte menor, embora possuíssem licença ambiental na DEMA, não apresentaram os RALs ao DNPM. Assim, faltariam informações de duas empresas, cujo faturamento, somado, representa 7% do total do setor cerâmico no ano em estudo. Para correção, superestimou a quantidade de argila extraída no município, proporcionalmente a esse percentual.

Para conferência, comparou-se a quantidade de peças potencialmente produzidas pela argila extraída, com a quantidade de peças produzidas em Feliz e vendidas para outros municípios, segundo as NF-es. Para estimativa da produção de peças, a partir da argila consumida, considerou-se um valor de conversão de 455,69 peças/tonelada de argila. Esse valor de conversão considera que: a) em média, cada peça possui 1,975kg, constituída exclusivamente de argila seca e, b) a argila extraída no município possui cerca de 10% de água, a qual evapora durante a queima das peças<sup>48</sup>. A quantidade de peças produzidas e vendidas foi estimada através das transações desses produtos, a partir dos códigos CFOPs correspondentes à saída de produção do estabelecimento. A diferença encontrada na comparação foi de 0,14%; ou seja, muito pequena.

Caso semelhante foi observado na exportação de alimentos, que, na contabilização inicial, correspondia a cerca de um terço das entradas. Em entrevista com o técnico da EMATER do município (PAGNONCELLI, 2013), identificou-se que as exportações estariam subestimadas, visto que a comercialização entre os produtores rurais e a Central de

---

<sup>48</sup> Segundo representante do Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul - SINDICER/RS, o teor de água na argila pode variar entre 10% e 20%, nas diferentes jazidas do RS. Entretanto, os valores superiores são encontrados em argilas de regiões de banhado (GERMANO, 2013).

Abastecimento do Rio Grande do Sul – CEASA/RS é realizada, legalmente, por meio dos talões dos produtores rurais. Ou seja, as NF-e não cobrem essas transações e, segundo estimativas da EMATER, a CEASA/RS é o principal destino individual dos produtos agrícolas produzidos no município. Para complementar as informações de exportação, obteve-se os dados, diretamente, através de contato com a CEASA/RS, que possui registros mensais, produto a produto. Assume-se, entretanto, que ainda haja uma parcela de exportações, da agricultura, não captadas no presente trabalho, comercializadas informalmente pelos produtores.

Outro setor que demandou análises mais aprofundadas foi o setor pecuário, particularmente, devido à complexidade dos fluxos dos Sistemas de Integração<sup>49</sup>. Identificaram-se distinções significativas entre os fluxos totais de entradas e de saídas de mercadorias, sendo que este setor é responsável por fluxos significativos no município, conforme será apresentado no capítulo de resultados. Para esse setor, unicamente, desenvolveu-se um diagrama de fluxos internos, elaborado a partir de análises detalhadas do BD – Feliz Categorizado e Agrupado e de estimativas de insumos demandados, para cada classe de animal, individualmente. Esse diagrama é apresentado na Figura 31: Diagrama de fluxos de entradas e saídas do setor pecuário do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas. Antecipa-se, entretanto, que, para esse setor, não foi possível estabelecer-se correspondência entre entradas e saídas de materiais, tendo em vista a energia convertida e dissipada através do metabolismo animal, que não pode ser representada em termos de fluxos de massa.

Por fim, uma análise global do balanço de materiais, depois de efetuados os ajustes mencionados acima, permite concluir que os procedimentos desenvolvidos nas etapas descritas nesse capítulo conduziram a resultados que parecem bastante plausíveis. Do total dos fluxos de entrada, apenas, 4,9% dos fluxos não tiveram seu destino identificado. Esse percentual é ainda menor (0,43%), ao se considerar que ele engloba a parcela correspondente ao dissipado pelo metabolismo animal, conforme mencionado acima.

No capítulo seguinte, apresentam-se, os resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz, obtidos a partir dos procedimentos descritos neste capítulo. Na seção a seguir, é exposta, também, uma discussão acerca das contribuições dos

---

<sup>49</sup> Os sistemas de integração consistem em sistemas, nos quais, a criação dos animais e o abate e desmembramento em produtos é realizado por estabelecimentos diferentes, seguindo a lógica industrial de transferências de etapas intermediárias do processo produtivo. Os estabelecimentos rurais, chamados produtores ou integrados, realizam a criação de animais, para posterior abate e desmembramento pela indústria integradora. Em geral, a indústria fornece todos os insumos, inclusive os animais de entrada, e compra toda a produção. Cabe ao integrado, apenas, o engorde dos animais, no prazo e de acordo com as práticas estabelecidas.

procedimentos do detalhamento metodológico proposto, bem como das limitações e dos aspectos a serem mais desenvolvidos.

#### 4.8 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO DETALHAMENTO METODOLÓGICO PROPOSTO

A reflexão acerca dos resultados obtidos com o detalhamento metodológico desenvolvido, expostos nas seções anteriores, permitiu identificar que o mesmo foi eficaz no fechamento do balanço material do município adotado como estudo de caso.

Através da comparação com os métodos desenvolvidos por pesquisas prévias, verifica-se também que ele traz contribuições e inovações em relação às experiências anteriores. As principais diferenças dizem respeito à caracterização dos fluxos de importações e de exportações, para os quais se utilizaram informações extraídas de Notas Fiscais eletrônicas – NF-e, fonte de dados completamente distinta daquelas referidas na literatura prévia. Uma das vantagens dessa opção é a possibilidade de agregação dos resultados em diversos níveis de análise e, no futuro, de identificação precisa da origem e do destino dos fluxos de materiais. Para tanto seria necessária liberação dessas informações pela Secretaria da Fazenda, o que não se obteve no presente trabalho.

**No que se refere à qualidade dos dados**, considera-se uma vantagem do método proposto a utilização, quase que exclusiva, de **dados primários locais**, ao invés do uso de *proxies* ou de frações de valores nacionais. Além disso, neste estudo, os dados primários utilizados são todos, originalmente, obtidos em **unidades físicas**. Quando se encontravam em unidades físicas que não massa, foram convertidos a partir das massas médias, por NCM. O uso exclusivo de dados físicos e de fatores de conversão também baseados em valores físicos foram considerados, no presente trabalho, mais confiáveis do que extrapolações feitas a partir de valores monetários de comércio. As razões dessa preferência são devidas ao fato de que o custo e o preço das mercadorias registradas por organismos de controle fiscal, frequentemente, incluem a parte correspondente ao transporte e também, em alguns casos, ao seguro. Além disso, preço e custo variam significativamente entre regiões e ao longo do tempo, sem relação específica com o conteúdo material do produto.

**No que se refere ao escopo de aplicação**, pressupõem-se a possível replicabilidade para outros municípios de pequeno porte do Rio Grande do Sul, com, relativamente, poucos esforços. A reprodução em municípios maiores ou regiões metropolitanas precisaria ser



testada para verificação de seus efeitos. Da mesma forma, ao se pretender aplicar a municípios de outras Unidades da Federação, será necessário verificar a disponibilidade de dados. Embora as organizações consultadas na presente pesquisa estejam presentes em outras UFs, é possível que haja diferenças regionais na organização e armazenamento de informações.

**Quanto à facilidade de reprodução**, embora o desenvolvimento realizado no presente trabalho tenha sido bastante demandante, a maior parte das atividades não precisaria ser reproduzida para aplicação em outros municípios. Uma vez que se desenvolveu uma linguagem de programação para conversão automatizada das informações extraídas das NF-e, as informações brutas de importação e exportação para outros municípios poderiam ser obtidas quase que automaticamente, necessitando observar, apenas, o possível aprimoramento de alguns parâmetros, principalmente aqueles relacionados às regras de conversão baseadas nas descrições de mercadorias (regras 2).

A geração de um banco de dados com massas médias de mercadorias, segundo a estrutura NCM, em seu maior nível de detalhamento (oito dígitos) é uma pequena contribuição do presente trabalho, que pode reduzir esforços de pesquisas futuras, mesmo em outros países. Embora a estrutura NCM seja válida, apenas, para os países do MERCOSUL, seus maiores níveis de organização são baseados no Sistema Harmonizado Internacional.

**Entre as desvantagens do detalhamento metodológico** proposto, merece destaque o fato de as NF-e ainda não serem exigidas para a totalidade das empresas brasileiras, embora essa seja uma tendência em longo prazo. A NF-e foi implantada em 2010 e, no ano de 2011, ainda se eximiam da obrigatoriedade de uso, certos grupos de empresas, em função do ramo ou faturamento anual. As condições as quais a obrigatoriedade de emissão de NF-e se aplicam estão descritas no art. 8º, Livro II do Regulamento do ICMS (Decreto 37.699/97). Normalmente o que acontece é que as empresas industriais e atacadistas são obrigadas a emitir NF-e (que normalmente vendem mais para varejistas e menos para consumidor final), e as empresas puramente varejistas não são obrigadas (que normalmente vendem apenas para os consumidores finais), com algumas exceções. Em alguns casos, independentemente do ramo de atividade, tamanho de empresa e operação, todas as empresas são obrigadas a emitir NF-e. É o caso das vendas interestaduais, vendas para o exterior e vendas para a administração pública<sup>50</sup>.

---

<sup>50</sup> Informações obtidas, através de e-mail, em correspondência com a Agente Fiscal do Tesouro do Estado, Letícia Lagemann.

De imediato, se assume que pode haver uma subestimativa dos fluxos materiais do município caracterizado, segundo o detalhamento metodológico proposto. Enquanto para alguns setores, como para o de combustíveis, os resultados se mostraram bastante precisos ao se comparar com outras fontes de dados (ANP, neste caso). Para outros, como fluxos da agropecuária, parece haver maiores imprecisões.

Da mesma forma, enquanto se pressupõem que fluxos interestaduais e internacionais estejam completamente abrangidos, fluxos de materiais dentro do RS podem estar subestimados.

Outra desvantagem do método são as restrições de acesso aos dados das NF-e, em função do sigilo fiscal, o que demandaria, novamente, solicitações formais à Secretaria da Fazenda do Estado do RS ou de outras UFs, ao se pretender reproduzir o estudo.

Em síntese, ainda que se considere que o detalhamento metodológico proposto apresente impressões e possibilidades de aprimoramento, pondera-se que os resultados fornecidos são bastante satisfatórios, com alto nível de detalhamento e, em contrapartida, com possibilidade de agregação. Adicionalmente, ele é replicável no contexto para o qual foi desenvolvido e apresenta alguns avanços em relação às experiências prévias.

## **5 CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, RS**

O presente capítulo apresenta os resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz-RS. Inicialmente, no item 5.1, expõem-se as características gerais de Feliz, as quais permitiram identificá-lo como um caso típico dos municípios brasileiros de pequeno porte, conforme definido na seção 2.2.1.2 (p. 41). Esta apresentação, realizada preliminarmente, também tem a finalidade de fornecer condições, ao leitor do trabalho, de contextualizar os resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz, descritos nas seções seguintes. No item 5.2, expõe-se os resultados dos fluxos de materiais do município de Feliz, por categoria de fluxo. A seguir, analisam-se os fluxos globais do município (item 5.3) e comparam-se os indicadores derivados da AFM, com os caracterizados por pesquisas prévias (item 5.4). Por fim, realiza-se uma discussão com conclusões gerais sobre o capítulo (item 5.5).

### **5.1 FELIZ IDENTIFICADO COMO UM CASO TÍPICO ENTRE OS MUNICÍPIOS BRASILEIROS DE PEQUENO PORTE**

O município de Feliz, no Estado do Rio Grande do Sul, está situado entre os seus dois principais polos econômicos: a região metropolitana de Porto Alegre (80 km) e a região serrana do Estado (45 km de Caxias do Sul). A cidade possui fácil acesso e ligação com as principais rodovias estaduais e federais, como RS 122, RS 240, BR 116 (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013). Segundo a Região de Influência das Cidades (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008), o município está mais diretamente ligado à Caxias do Sul, e sua cidade caracteriza-se como um centro urbano de alcance, apenas, local.

O município de Feliz se localiza no Vale do rio Caí, encosta inferior do Nordeste, no limiar da Serra Gaúcha. A sede do município se situa, em quase sua totalidade, à margem direita do rio Caí e é cortada pela rodovia RS 452, estrada que liga a RS 122 à BR 116. (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013).

Feliz limita-se, ao norte, com Alto Feliz; ao sul, com São Sebastião do Caí e São José do Hortêncio; a leste, com Nova Petrópolis e Linha Nova e, a oeste, com Bom Princípio, conforme pode ser demonstrado na Figura 27. O relevo é caracterizado por vales, morros e planícies. À medida que se avança para o norte, os montes e morros se acentuam. Os de maior extensão e altitude são: Morro das Batatas e Morro Seidel. A planície que margeia o rio Caí se destaca pela grande fertilidade do solo, característica também das planícies ao longo dos seus arroios (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2007). Possui uma área total de 95,372 km<sup>2</sup> (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013), e a divisão de áreas, entre urbanas e rurais, também é ilustrada na Figura 27.

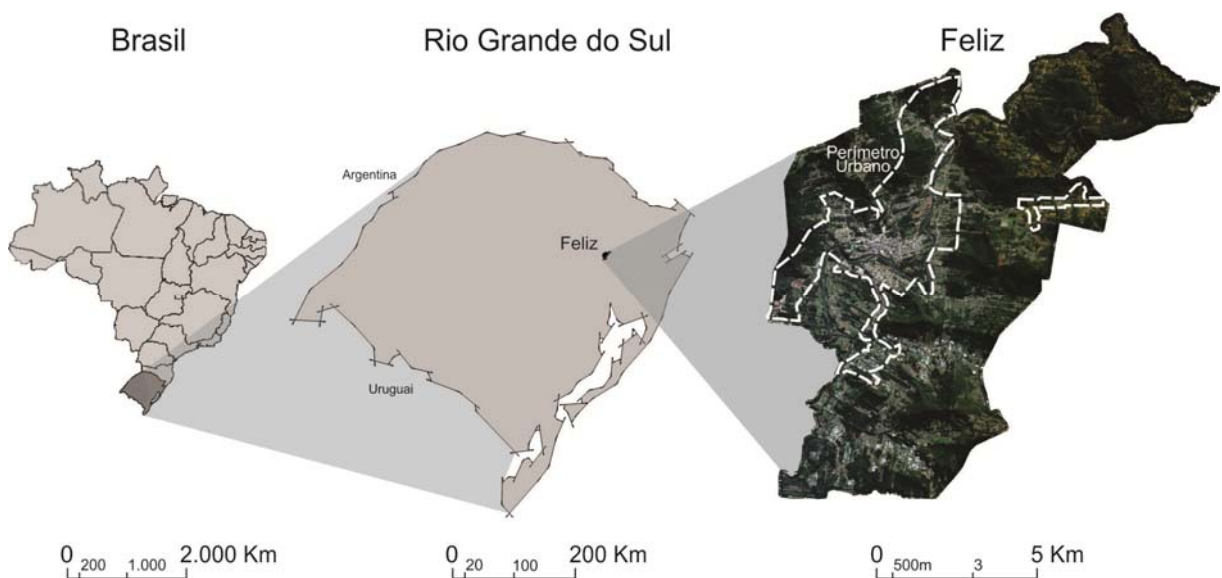


Figura 27: localização do município de Feliz no (a) Brasil e (b) no Rio Grande do Sul e (c) limites municipais e perímetros urbanos do município (em linha pontilhada).

Na escala microlocal, Feliz é formada por sete bairros: Centro, Bela Vista, Canto do Rio, Matiel, Picão, Vale do Hermes e Vila Rica. Conta, também, com doze localidades: Arroio Feliz, Bananal, Bom Fim, Coqueiral, Escadinhas, Linha Temerária, Morro das Batatas, Nova Caxias, Picada Cará, Roncador, São Roque e Vale do Lobo (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2007).

No que se refere à população e à economia, o município de Feliz, nas duas últimas décadas, enfrentou desafios similares aos dos demais municípios brasileiros de pequeno porte: com uma economia essencialmente voltada à agricultura, foi marcada pelo vertiginoso declínio populacional, até, praticamente, metade da última década do século passado (Figura 28). A partir de então, experimentou o apogeu de grandes fábricas, principalmente calçadistas e de cerveja, e um crescimento em sua população (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013). Nesse período, especificamente em 1998, Feliz figurou como a primeira

colocada no ranking dos municípios brasileiros com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), de acordo com relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas - ONU (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013).

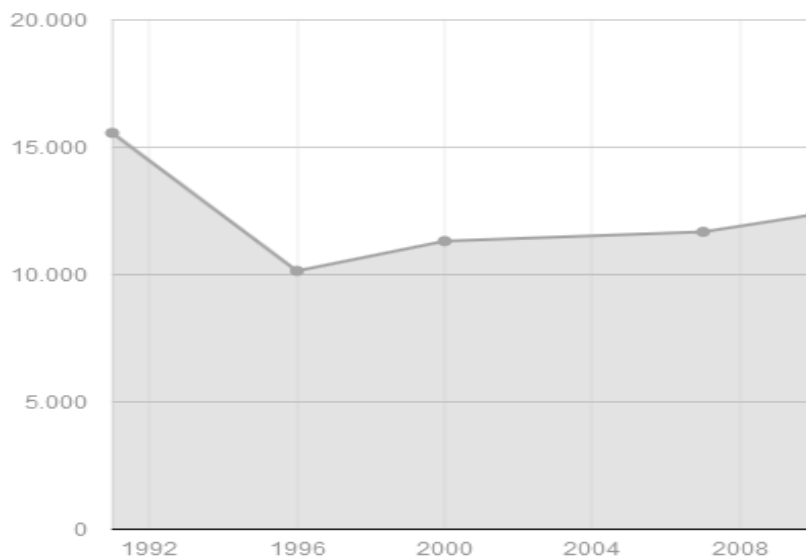


Figura 28: Variação populacional do município de Feliz, entre 1990 e 2010 (Fonte: IBGE, 2013).

A colocação, que, pela primeira vez, inseriu um município brasileiro no grupo dos países com alto Índice de Desenvolvimento Humano, ocupando o 62º lugar no ranking mundial, trouxe projeção à Feliz, em escala nacional.

Segundo Veiga (2002), essa foi umas das revelações que mais surpreenderam os repórteres que cobriam o lançamento do Relatório do Desenvolvimento Humano de 1998. Surpresa que aumentou ainda mais quando se deram conta de que mais sete municípios brasileiros com características semelhantes estavam entre os primeiros colocados. A surpresa se tornou espanto quando perceberam que o mesmo tipo de município – desconhecido, com forte predomínio da agricultura familiar e localizado em dois estados (Rio Grande do Sul e Santa Catarina) - ocupava metade das cinquenta melhores colocações.

Na análise de Veiga (2002), o traço mais marcante da diversificação dessas economias locais, e que permitiu o alcance de altos IDHs, é o de possibilitar à parte dos membros das famílias agrícolas aumentar a renda domiciliar, trabalhando em empresas dos setores secundário e terciário, sem ficar desocupada em seus períodos de retração.

Entretanto, em seguida, Feliz vivenciou os percalços econômicos decorrentes dos fechamentos, simultâneos, de plantas que grandes indústrias mantinham no município. Porém, logo após, passou a ocorrer o estabelecimento de outras empresas. Esse contexto de instabilidade econômica, que marca o passado recente do município, é uma das grandes preocupações das últimas administrações municipais, que pode ser verificada na afirmação constante na página de *internet* do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013): *“Enfim, talvez nenhum outro aspecto da cidade tenha sofrido tantas mudanças e reflita a capacidade de reação e superação de dificuldades. Afinal de contas, Feliz está, no limiar da virada da primeira década deste século, dando fortes sinais de recuperação econômica”*.

Como decorrência, desde 2005, são concedidos incentivos fiscais e/ou financeiros decisivos para a instalação ou ampliação de várias empresas em Feliz. De forma que a economia felizense é embasada pelos setores primário, secundário e terciário, nas proporções destacadas abaixo – ano base 2011 (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013):

- 34,31% - Indústria
- 33,36% - Agricultura
- 32,33% - Comércio e Serviços

Destacam-se indústrias do setor metal-mecânico, de plásticos e calçadista (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013). Entre as empresas cadastradas no município, em 2011, o maior faturamento foi o do setor metal-mecânico (incluindo atividades de produção de automóveis e suas partes) e de supermercados, como pode ser visto na tabela 1.

Entre as atividades do setor primário, destacam-se o cultivo de hortigranjeiros, a avicultura e a suinocultura. Morango, figo, goiaba e amora-preta, entre outras olerícolas, são alguns dos principais produtos agrícolas. No que se refere à agropecuária, também se observa, em Feliz, uma característica típica de municípios de pequeno porte: a terceirização de parte das atividades do processo produtivo da agropecuária.

Tabela 1: Grupos de empresas cadastradas na Secretaria Municipal da Fazenda de Feliz, no ano de 2011, agrupadas por setor de atividade (Fonte própria, dados originais).

Setor de Atividade	Número de estabelecimentos	Faturamento (%)
<b>Extração</b>	<b>2</b>	<b>0,07%</b>
Minerais não-metálicos	2	0,07%
<b>Transformação</b>	<b>58</b>	<b>47,43%</b>
Metalurgia	18	27,98%
Automóveis	4	11,63%
Plásticos e suas obras	0	5,36%
Cerâmica	12	1,51%
Móveis e esquadrias de madeira	10	0,57%
Alimentos	14	0,38%
Confecção	4	0,05%
Outros	19	4,34%
<b>Beneficiamento</b>	<b>20</b>	<b>2,48%</b>
Calçados	12	2,20%
Alimentos	3	0,23%
Confecção	3	0,03%
Reciclagem	1	0,02%
Metalurgia	1	0,00%
<b>Atacadista</b>	<b>10</b>	<b>2,70%</b>
Produtos de origem animal	2	1,64%
Outros	7	1,05%
Produtos de origem vegetal	1	0,00%
<b>Varejista</b>	<b>273</b>	<b>37,94%</b>
Supermercados e afins	26	10,28%
Postos de combustíveis e revendedores de gás	9	6,47%
Móveis	10	3,79%
Agropecuária	5	3,79%
Vestuário	43	2,57%
Construção	16	1,57%
Outros	33	1,70%
Veículos	34	1,64%
Equipamentos elétricos	26	1,51%
Farmácias	8	1,24%
Restaurantes e afins	41	0,96%
Açougues e padarias	6	0,74%
Máquinas e equipamentos	3	0,84%
Floriculturas	5	0,08%
Materiais de escritório e afins	8	0,76%
<b>Serviços</b>	<b>47</b>	<b>4,99%</b>
Transportes	46	4,98%
Outros	1	0,01%
<b>TOTAL</b>	<b>410</b>	<b>95,61%</b>

Observação: 107 empresas apresentaram faturamento nulo no banco de dados obtido para o ano de 2011.

A terceirização é particularmente observada na produção da avicultura, suinocultura e de gado leiteiro. Os dados fornecidos pela Inspeção Veterinária e Zootécnica do município,

para o presente trabalho, indicam que a totalidade dos frangos de corte e a maior parte dos suínos registrados, nos anos de 2008 e 2009, já faziam parte do tipo de produção chamado ciclo integrado, o qual consiste no engorde dos animais, por donos de pequenas propriedades, para posterior abate e comercialização por indústrias, que fornecem ração, assistência técnico-veterinária e adquirem toda a produção. Segundo o Censo Agropecuário de 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007), Feliz contava com 703 estabelecimentos agropecuários de agricultura familiar, correspondente a uma área de 4536 ha, e 54 estabelecimentos não familiares, com área correspondente a 454 ha. A Secretaria da Agricultura da Prefeitura Municipal de Feliz apresenta dados que ampliam um pouco o número de propriedades rurais e sua área. Segundo ela, o setor primário é representado por mais de 720 propriedades rurais, com uma área total de 4.850 ha (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2013).

No que se refere à população atual, observa-se, nos últimos anos, uma estabilidade com leve ascensão. Dados do último Censo Demográfico indicam que, em 2010, a população do município correspondia a 12.359 habitantes; 9.416 (76,19%) residentes na área urbana e 2.943 (23,81%) residentes na área rural (IBGE, 2011). Segundo a Fundação de Economia e Estatística do RS, a estimativa populacional para o ano seguinte, 2011, adotado como referência no presente trabalho, correspondeu a 12.421 habitantes,

No que se refere aos reflexos ambientais das atividades produtivas e das formas de ocupação territorial do município, o Plano Ambiental de Feliz, realizado em 2007, já destacava os seguintes impactos ambientais decorrentes (PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ, 2007):

- a) Olarias e saibreiras: extração de argila e areia. Consequentes alterações na paisagem e danos a ecossistemas;
- b) Indústrias: emissões atmosféricas, de resíduos sólidos e de resíduos líquidos. As consequências são: contaminação do ar, do solo e dos cursos d'água. A ocupação de áreas irregulares, danificando a mata ciliar é outra informação destacada;
- c) Agroindústria: uso e mau gerenciamento de embalagens de agrotóxicos. Tem como consequência contaminação direta humana, contaminação do solo, dos cursos d'água e do ar;
- d) Suinocultura e aviários: emissões atmosféricas e emissões de efluentes, decorrentes do mau gerenciamento dos sistemas de tratamento de resíduos de origem animal;
- e) Atividades urbanas: inúmeras; destacam-se as emissões de esgoto cloacal e de resíduos sólidos urbanos, bem como as ocupações de áreas de proteção ambiental.



Cabe destacar, ainda, que o Rio Caí foi classificado como o oitavo rio brasileiro mais contaminado, segundo IBGE (2010a). Os principais responsáveis apontados são as indústrias de alto potencial poluidor, principalmente dos ramos de metalurgia e metal-mecânica, localizadas nos diversos municípios da Serra gaúcha.

Apresentadas as características gerais do município, expõem-se a seguir, os resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município.

## 5.2 RESULTADOS DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, POR CATEGORIA DE FLUXO

O detalhamento metodológico, exposto no capítulo anterior, possibilitou a caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz, no ano de 2011. A seguir, são expostos os resultados de cada categoria de fluxos, individualmente, para, na seção seguinte realizar-se as análises globais.

### 5.2.1 Extração doméstica

A extração doméstica de Feliz totalizou 101.250,97 toneladas, das quais, 79,82% correspondem a minerais não metálicos e 20,18%, a biomassa. Não há registros de exploração de combustíveis fósseis. Os principais constituintes de ambas as categorias são apresentados nos itens a seguir.

#### 5.2.1.1 Extração mineral

Os resultados da extração doméstica de minerais do município de Feliz são expostos na Tabela 2. Das 80.821,27 toneladas extraídas, 61,8% correspondem à argila, 31,5%, ao saibro, 5,9%, às rochas de arenito e 0,8%, ao cascalho.

A totalidade da produção de argila tem como destino a indústria de peças de cerâmica vermelha para a construção civil. A extração é realizada por onze empresas, em quatorze minas. Somam-se os valores incluídos por estimativa, correspondentes à extração de duas cerâmicas que não apresentaram RAL. Entre as empresas extrativas, todas são indústrias cerâmicas, que extraem argila para consumo próprio, à exceção de uma, que extrai exclusivamente para venda. Do total, 35,7% da produção é exportada para municípios vizinhos, por duas empresas que possuem minas em Feliz e indústrias em outras localidades. O inverso ocorre com uma indústria implantada em Feliz, que possui mina em município vizinho. Essa extração foi computada como importação.

Tabela 2: Extração doméstica (usada) de minerais, por categoria, em toneladas.

Categorias	Massa (t)	Área (Ha)	Consumo por setor		Destino	
			Massa	Setor	Feliz	Outro
I.1.2 Minerais totais	80.821,27		80.821,27		63.692,39	17.128,88
I.1.2.1 Minerais metálicos	-	-	-		-	-
I.1.2.2 Minerais industriais	-	-	-		-	-
I.1.2.3 Minerais de construção	80.821,27		80.821,27		63.692,39	17.128,88
Argila	49.916,57	28,0	49.916,57	Indústria Cerâmica	33.248,37	16.668,20
			1.396,00	Aterro	935,32	460,68
Saibro	25.455,67		24.059,67	Estradas	24.059,67	-
Rochas ( <i>apenas arenito</i> )	4.772,60		4.772,60	Construção Civil	4.772,60	-
Cascalho	676,43		676,43	Estradas	676,43	-

O segundo mineral mais extraído no município, o saibro, é explorado em cinco minas, pela Prefeitura Municipal de Feliz, e tem como principal destino a construção e a recuperação de estradas. Uma parcela menor é extraída, em uma única mina, por empresa privada para aplicação em aterros.

O cascalho é explorado em sua totalidade pela Prefeitura Municipal de Feliz (duas minas) e, assim como o saibro, também tem como destino a construção e a recuperação de estradas. Já, o arenito é extraído por empresa privada e destinado à construção civil.

A partir das informações apresentadas, verifica-se que 61,8% dos minerais extraídos em Feliz são destinados à indústria e convertidos em materiais cerâmicos, enquanto 38,2% são destinados à construção civil ou aterro. Da parcela extraída não exportada, 52,2% é destinada à indústria e 47,8% é estocado no município, em aterros, estradas e edificações.

#### 5.2.1.2 Extração de biomassa

Os resultados da extração doméstica de biomassa do município de Feliz, por categoria, são expostos na Tabela 3. O detalhamento dos produtos é apresentado no apêndice A. Observa-se que, das 20.429,70 toneladas extraídas, 67,6% são produtos da agricultura, enquanto 32,2% são produtos da silvicultura. Uma parcela irrisória corresponde à categoria **biomassa de outras atividades**, na qual predomina a extração de mel.

Entre os produtos **da biomassa da agricultura**, 6.961,04 são destinados à alimentação animal, enquanto 6.847,52 tem como finalidade a alimentação humana. Entre os vegetais para alimentação animal, destacam-se, na Tabela 3, a categoria pastagens correspondente a 2.500 (35,9%) toneladas, e as forragens, parcela da categoria outras culturas, correspondente a 3.846,04 toneladas (55,3%). Milho em grão completa as demais 614

toneladas (8,8%). Segundo o Censo Agropecuário (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007), 96,3% dessa produção é consumida no próprio estabelecimento produtor.

Entre os produtos para a alimentação humana, predominam as categorias vegetais (47,7%) e frutas (35,4%). A categoria vegetais é composta por diversos produtos hortícolas e da lavoura temporária, entre os quais os de maior produção são pepino, alface, pimentão, tomate e repolho. Entretanto, a produção de nenhum deles se destaca quantitativamente em relação aos demais. Já na categoria frutas, a produção de morango, sozinha, corresponde a 1.723 toneladas, 71% do total. Uma parcela dessa produção (743,12 t) é comercializada com a CEASA. Para a parcela restante não foi possível identificar o destino preciso.

Tabela 3: Extração doméstica (usada) de biomassa (colheita), por categoria, em toneladas.

Categorias	Massa (toneladas)
<b>I.1.3 Biomassa total</b>	<b>20.429,70</b>
<b>I.1.3.1 Biomassa da agricultura</b>	<b>13.808,56</b>
<b>I.1.3.1.1 biomassa da agricultura por estatísticas de colheita</b>	<b>11.308,56</b>
I.1.3.1.1.1 Cereais	630,00
I.1.3.1.1.2 Raízes e tubérculos	969,00
I.1.3.1.1.3 Legumes	22,00
I.1.3.1.1.4 Oleaginosas	3,00
I.1.3.1.1.5 Vegetais, incluindo melões	3.266,00
I.1.3.1.1.6 Frutas, exceto melões	2.426,52
I.1.3.1.1.7 <i>Treenuts</i>	-
I.1.3.1.1.8 Culturas produtoras de fibras	-
I.1.3.1.1.9 Outras culturas	3.992,04
<b>I.1.3.1.2 Biomassa da agricultura como sub-produto da colheita</b>	<b>-</b>
<b>I.1.3.1.3 Biomassa de pastagens de animais para fins agrícolas</b>	<b>2.500,00</b>
<b>I.1.3.2 Biomassa da silvicultura</b>	<b>6.617,62</b>
<b>I.1.3.2.1 Madeira (PEV, 2011)</b>	<b>131,04</b>
<b>I.1.3.2.2 As matérias-primas que não sejam madeira (PEV, 2011)</b>	<b>6.486,58</b>
<b>I.1.3.3 Biomassa da pesca</b>	<b>-</b>
I.1.3.3.1 Pescados de peixes marinhos	-
I.1.3.3.2 Pescados de águas interiores (de água doce)	-
I.1.3.3.3 Outros (mamíferos aquáticos e outros)	-
<b>I.1.3.4. Biomassa da caça</b>	<b>-</b>
<b>I.1.3.5. Biomassa de outras atividades (mel, cogumelos, ervas etc)</b>	<b>3,51</b>

A categoria biomassa da silvicultura é composta, apenas, de três produtos, entre os quais predomina a lenha, representando 90,9% do total (6.014,58 t). Estima-se, que o consumidor principal desse produto seja a indústria cerâmica, para queima. Entre os demais produtos estão a casca de acácia negra e a madeira em toras, usadas para diversos fins, compondo, respectivamente, 7,1% (472 t) e (131,04 t) do total.

## 5.2.2 Importações e Exportações

A Figura 29 apresenta os fluxos de importações e exportações, por seção da estrutura NCM. As importações totalizam 246.202,35 toneladas, enquanto as exportações, 186.732,60 toneladas.

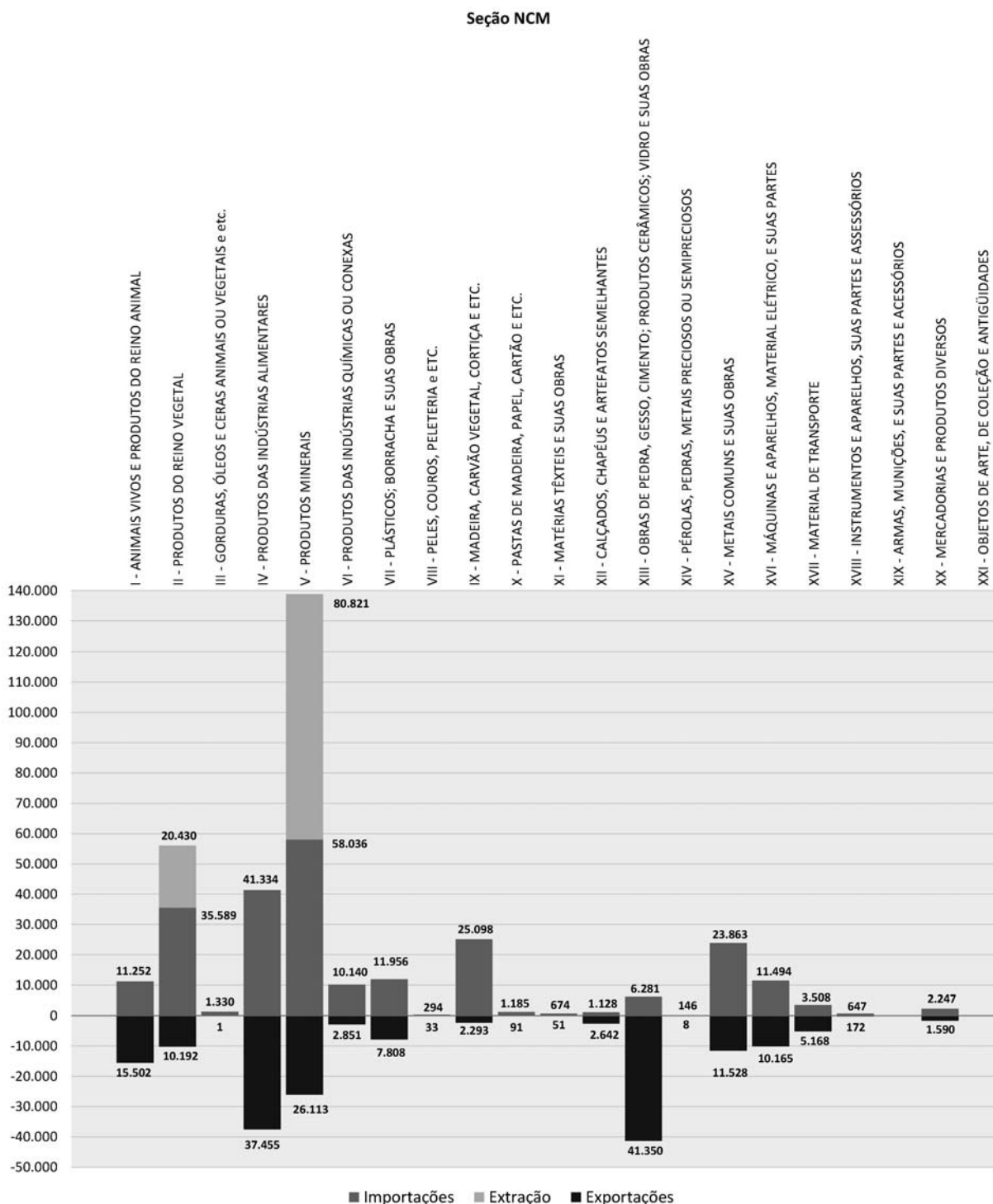


Figura 29: Extração, importação e exportação, no município de Feliz, por Seção NCM, em toneladas.

Resíduos e desperdícios exportados como produtos para a reutilização ou reciclagem totalizam 11.719,43 toneladas. Foram contabilizados no total de exportações, porém não estão representados na figura 29, devido à dificuldade de desmembrá-los de acordo com as seções NCM.

Na figura, as barras em cor cinza escuro representam as exportações e aquelas em cor cinza intermediário, as importações. Inclui-se, também, a representação dos fluxos de extração, em cinza claro, para permitir a visualização do conjunto das mercadorias que entram e saem do município. Acima do eixo estabelecido como zero, apresentam-se as entradas e, abaixo, as saídas.

#### 5.2.2.1 Principais mercadorias importadas, por seção NCM

Como se pode observar, na Tabela 4, a seção V - Produtos minerais, destaca-se ao lado das entradas. Os materiais da extração predominam, mas, ainda assim, essa seção se sobressai entre as importações. Entre as 58.035,58 toneladas importadas, os materiais diretamente destinados a construção civil ou à indústria de materiais de construção representam 77,6% (45.044,87 t), entre os quais predominam as areias naturais, seguido pelas argilas e pedras britadas. Óleos e combustíveis, incluindo gás GLP, compõem 18,9% e outros materiais diversos os restantes 3,5%.

Tabela 4: Principais componentes da seção V - Produtos minerais, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção V - Produtos minerais</b>	<b>58.035,58</b>
Produtos minerais destinados à construção civil ou à indústria de materiais de construção	45.044,87
Areias naturais	20.927,61
Argilas	8.461,16
Calhaus, cascalho, pedras britadas, dos tipos geralmente usados em concreto ou para empedramento de estradas	8.173,16
Cimento	5.040,94
Gesso	1.296,36
Outros	1.145,64
Combustíveis minerais, óleos minerais e etc.	10.982,01
Óleo diesel	5.366,40
Gasolina	3.594,25
GLP	1.343,91
Óleo Combustível	491,85
Outros	185,6
Outros	2.008,70

Entre os óleos e combustíveis, sobressai-se o consumo de óleo diesel, destinado principalmente ao transporte rodoviário (82,5%), com parcelas menores consumidas pelo setor agropecuário (13%), industrial (2,3%) e outros setores (2,2%). Segue, em ordem de representatividade, o consumo de gasolina, destinado ao transporte rodoviário, principalmente de automóveis. O gás GLP é demandado pelo setor residencial (79,6%), industrial (10,5%), público (5,26%) e comercial (4,4%). O óleo combustível tem como destino único o setor industrial<sup>51</sup>. Os combustíveis deixam o sistema sob a forma de emissões aéreas, enquanto os demais óleos, principalmente de motores, deixam-no de forma dissipada.

O segundo maior grupo de importações é correspondente à seção IV - produtos das indústrias alimentares, na qual predominam, com 84,0%, os fluxos destinados à alimentação animal. Desses, 17.604,77 toneladas são preparações utilizadas na alimentação de animais (rações) e outras 17.122,58 toneladas são resíduos e desperdícios das indústrias alimentares. Entre os desperdícios, sobressaem-se as tortas e outros resíduos da extração do óleo de soja e farinhas de carne, destinados à fabricação de rações.

O consumo restante da seção IV (16%) é de produtos para alimentação humana, entre os quais predominam as bebidas e os produtos à base de amidos féculas, listados na Tabela 5. Todos os produtos desta seção e da anterior são importados de outras cidades brasileiras, predominando aquelas oriundas do Rio Grande do Sul.

Tabela 5: Principais componentes da seção IV - Produtos das indústrias alimentares, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção IV - Produtos das indústrias alimentares; bebidas, líquidos alcoólicos e vinagres; tabaco e seus sucedâneos manufaturados</b>	<b>41.333,93</b>
Produtos das indústrias alimentares destinados à alimentação animal	34.727,35
Preparações utilizadas na alimentação de animais	17.604,77
Tortas e outros resíduos da extração do óleo de soja	10.536,08
Farinhas, pós e “pellets”, de carnes impróprios para alimentação humana	3.652,49
Farelos e resíduos da moagem ou de outros tratamentos de cereais ou de leguminosas	2.813,45
Outros	120,56
Produtos das indústrias alimentares destinados à alimentação humana	6.606,58
Águas, com adições (refrigerantes e assemelhados)	2.107,80
Cervejas de malte	1.225,62
Produtos de padaria, pastelaria ou da indústria de bolachas e biscoitos	497,03
Chocolate e outras preparações	316,26
Massas	315,50
Açúcares de cana ou de beterraba	280,03
Outros	1.864,34

<sup>51</sup> Estimativa realizada a partir dos percentuais de consumo nacionais.

A terceira seção de NCM com maior expressão entre as importações é a de número II - Produtos de origem vegetal, cuja decomposição é apresentada na Tabela 6. O milho em grão, sozinho, representa 89,3% dessa composição e é destinado, em sua maior parte à produção de rações. Esta é a principal mercadoria importada no ano de 2011, representando 12,9% das importações globais.

Parcelas menores, na seção II, são produtos vegetais destinados à alimentação humana (8,2%), e plantas vivas e sementes destinadas à agricultura (2,2%). O único produto importado de fora do Brasil são mudas de morango, que correspondem a 240,17 toneladas.

Tabela 6: Principais componentes da Seção II - Produtos de origem vegetal, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção II - Produtos do reino vegetal</b>	<b>35.588,94</b>
Produtos de origem vegetal destinados à produção de rações	31.860,31
Milho em grão	31.781,21
Outros	79,11
Produtos de origem vegetal destinados à alimentação humana	2.930,87
Produtos da indústria de moagem (farinha de trigo, grãos de cereais, amidos e féculas)	1.154,18
Produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, comestíveis	648,24
Cereais (arroz, aveia e outros)	368,96
Sementes e frutos oleaginosos	333,62
Frutas; cascas de cítricos e de melões	311,83
Outros	281,82
Produtos para a agricultura	796,21
Plantas vivas	665,21
Sementes	131,00
Outros	1,55

A seção IX - Madeira, carvão vegetal e obras de madeira; cortiça e suas obras, obras de espartaria ou cestaria, são o quarto grupo de maior expressão. Serragem e resíduos de madeira correspondem a 53,6% do grupo e, estima-se que sejam destinados à queima em indústrias cerâmicas e à agroindústria, tanto para a cama de aviário, quanto para fertilização do solo. A madeira serrada corresponde a outros 36,2%, mas seu destino não pode ser identificado com segurança. Estima-se que seja convertida em produtos de carpintaria e marcenaria para construções. Os demais produtos estão descritos Tabela 7, abaixo. Esta seção não apresenta importações internacionais.

Tabela 7: Principais componentes da Seção IX - Madeira, carvão vegetal e obras de madeira; cortiça, obras de espartaria ou cestaria, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção IX - Madeira, carvão vegetal e obras de madeira; cortiça e suas obras, obras de espartaria ou cestaria</b>	<b>25.097,73</b>
<b>Resíduos de madeira</b>	<b>13.457,30</b>
Serragem e resíduos de madeira	13.457,30
<b>Produtos de madeira</b>	<b>11.640,43</b>
Madeira serrada	9.097,55
Produtos de madeira em geral	1.564,13
Marcenaria ou de carpintaria para construções,	606,31
Painéis OSB, MDF, compensados e laminados	302,85
Outros	69,86

Entre as mercadorias da seção XV - Metais comuns e suas obras, estima-se que os produtos destinados ao setor da indústria representem 62,5% (14.923,96 t). Uma variedade de produtos é utilizada como insumo, dos quais se destacam os produtos laminados planos, de ferro ou aço não ligado, os desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço e as partes de ferramentas (Tabela 8). Vinte e oito indústrias de transformação e de beneficiamento, cujos Códigos de Atividade Econômica - CAE(RS) correspondem à produção de obras de metais comuns, representam 39,63% do faturamento do total de empresas cadastradas no município e são o provável destino dessas importações. Há, inclusive, entre elas, uma indústria de reciclagem de aço.

Tabela 8: Principais componentes da seção XV - metais comuns e suas obras, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XV, metais comuns e suas obras</b>	<b>23.863,40</b>
<b>Ferro e aço</b>	<b>17.879,85</b>
Barras e fio-máquina de ferro ou aço não ligado	8.295,12
Produtos laminados planos, de ferro ou aço não ligado	3.786,54
Desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço	3.637,58
Outros	2.160,61
<b>Obras de ferro e aço</b>	<b>3.281,94</b>
Outras obras	949,30
Construções e suas partes	689,89
Elementos de vias férreas, de ferro fundido, ferro ou aço	661,65
Outros tubos e perfis ociosos	549,97
Outras	431,13
<b>Ferramentas e suas partes (240,96 é importação internacional)</b>	<b>1.209,73</b>
<b>Outros</b>	<b>1.491,88</b>

Os produtos da construção civil representam outros 37,0% (8.830,29 t), dos quais 8.001,62 toneladas são entradas das posições NCM, descritas como barras ou fio-máquina de ferro ou aço não ligado.



Da seção VII - Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, estima-se que 74,5% (9.807,22 t) seja demandado por uma única indústria de transformação de obras de plástico, entre os quais se sobressaem as entradas de resíduos e desperdícios de plásticos (Tabela 9).

Tabela 9: Principais componentes da seção VII – Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção VII – Plásticos e suas obras; borracha e suas obras</b>	<b>11.956,37</b>
<b>Plásticos e suas obras</b>	<b>11.340,61</b>
Resíduos de plástico - outros	8.639,83
Artigos de transporte ou de embalagem	461,99
Chapas, folhas, tiras, fitas, películas e outras formas planas	354,08
Polímeros - formas primárias	352,87
Outros	25,00
<b>Borracha artificial e sintética e produtos</b>	<b>615,76</b>

A seção XVI é composta, segundo a estrutura NCM, por uma variedade de máquinas e aparelhos (Tabela 10). Nas importações realizadas por Feliz, no ano de 2011, observa-se a predominância de máquinas, aparelhos e instrumentos para fins agrícolas, seguidas por máquinas industriais. Há registros de quatro empresas de comércio varejista desse tipo de equipamento. Embora as importações de máquinas agrícolas sejam significativamente maiores do que as demais importações da seção XVI, como se verá adiante, as exportações são quase equivalentes às entradas, em termos de massa. Dessa forma, o estoque de máquinas e equipamentos industriais será superior ao de máquinas agrícolas.

Tabela 10: Principais componentes da seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes; aparelhos de gravação ou reprodução de som e etc.</b>	<b>11.494,36</b>
<b>Máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos, e suas partes</b>	<b>10.939,01</b>
Máquinas, aparelhos e instrumentos agrícolas	8.304,10
Máquinas, aparelhos e instrumentos industriais	1.990,34
Outros	106,31
<b>Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes;</b>	<b>455,35</b>

A oitava maior seção de importações corresponde à de número I - Animais vivos e produtos do reino animal (Tabela 11). Nesse grupo, os produtos para a pecuária representam 64,2% do total. Os resíduos animais, como peles, penas e vísceras de aves são utilizados como insumos para a produção de rações e, juntos, representam 6.324,66 toneladas importadas. A indústria de aves e suínos se retroalimenta com seus próprios resíduos, conforme informação obtida em entrevista com técnico da EMATER do município (PAGNONCELLI,

2013). Animais vivos, predominantemente, pintos e leitões, são as únicas entradas de animais vivos e representam, em massa, um percentual pequeno das importações.

Leite e laticínios também tem expressão na massa das importações (29,7%). Estas entradas são, tanto destinadas ao consumo interno, quanto a um supermercado de cooperativa de laticínios que possui entreposto em Feliz. Assim, parte significativa do leite importado irá, aparentemente, “atravessar” o município, compondo também os fluxos de exportações, conforme se discutirá no item a seguir.

Tabela 11: Principais componentes da seção I - Animais vivos e produtos do reino animal, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção I - Animais vivos e produtos do reino animal</b>	<b>11.251,93</b>
<b>Outros produtos de origem animal</b>	<b>6.328,64</b>
Peles e outras partes de aves	4.994,37
Produtos não especificados nem compreendidos em outras posições	1.246,71
Outros	87,56
<b>Leite e laticínios; ovos; mel natural; produtos comestíveis de origem animal</b>	<b>3.404,65</b>
Leite	2.558,37
logurtes e leites fermentados, leite e creme de leite e queijos	779,95
Outros	66,33
<b>Animais vivos</b>	<b>895,90</b>
Aves	561,00
Suínos	332,35
Outros	2,55
<b>Carnes e miudezas, comestíveis</b>	<b>610,46</b>
<b>Outros</b>	<b>12,28</b>

A seção VI - produtos das indústrias químicas ou conexas, é o nono grupo de maior representatividade Tabela 12. Nele, os fertilizantes representam 54,4% das entradas, os quais, assim como a maior parte dos pesticidas, têm como destino a agricultura.

Tabela 12: Principais componentes da seção VI – Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção VI - Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas</b>	<b>10.139,61</b>
Aubos (Fertilizantes)	5.510,80
Inseticidas, rodenticidas, fungicidas, herbicidas, inibidores de germinação e etc	422,86
Mástique de vidraceiro, mastiques utilizados em alvenaria, argamassas e etc.	462,30
Extratos tanantes e tintoriais; pigmentos; tintas etc.	659,71

As mercadorias das nove seções apresentadas, acima, juntas, representam 92,9% das importações. As outras doze demais seções NCM somam 17.440,08 toneladas, 7,1% do total importado. Os produtos de maior expressão nessas seções são representados na Tabela 13. Estão apresentadas, na tabela, apenas, os produtos das quatro maiores seções.

Tabela 13: Principais componentes das seções III, X, XII, XX, nas importações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XX - Mercadorias e produtos diversos</b>	<b>2.246,31</b>
Outros móveis e suas partes.	1.377,01
Construções pré-fabricadas.	499,59
Outros	369,71
<b>Seção III - Gorduras, óleos e ceras animais ou vegetais e etc.</b>	<b>1.330,24</b>
Gorduras animais	1.182,24
Outros	148,00
<b>Seção X - Pastas de madeira, papel, cartão e etc.</b>	<b>1.185,28</b>
Papel e cartão e suas obras	695,87
Papel ou cartão para reciclar	409,12
Outros	80,29
<b>Seção XII - Calçados, chapéus e artefatos semelhantes</b>	<b>1.128,03</b>
Partes de calçados	786,16
Calçados	294,25
Outros	47,62
<b>Seção XI - Matérias têxteis e suas obras</b>	<b>673,57</b>
<b>Seção XVIII - Instrumentos e aparelhos, suas partes e acessórios</b>	<b>629,81</b>
<b>Seção VIII - Peles, couros, peleteria e etc.</b>	<b>294,13</b>
<b>Seção XIV - Pérolas, pedras, metais preciosos ou semipreciosos</b>	<b>146,38</b>
<b>Seção XIX - Armas, munições, e suas partes e acessórios</b>	<b>0,10</b>
<b>Seção XXI - Objetos de arte, de coleção e antiguidades</b>	<b>0,09</b>

Das importações discutidas até aqui, uma parcela equivalente a 12,2% são resíduos de processos importados pelo município (Tabela 14). Muitos são significativos, nas seções NCM apresentadas acima, e, portanto, o setor de demanda já foi apresentado. Mas, cabe ressaltar alguns aspectos do conjunto: quando somados, sobressaem-se os resíduos destinados a produção de rações (preparações utilizadas na alimentação de animais), com valor equivalente a 15.570,46 toneladas. Seguem, em participação, no total, os resíduos de madeira, de plásticos e de ferro e aço.

Tabela 14: Resíduos importados, pelo município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas.

<b>Resíduos e desperdícios importados</b>	<b>42.128,92</b>
Serragem, cascas e retalhos; cavacos e maravalha	13.457,30
Tortas e outros resíduos da extração do óleo de soja <sup>1</sup>	10.536,08
Resíduos de plástico – vários	8.962,57
Desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço	3.637,59
Farelos e resíduos da moagem ou de outros tratamentos de cereais ou de leguminosas <sup>1</sup>	2.813,45
Farinhas, pós e “pellets”, de carnes impróprios para alimentação humana <sup>1</sup>	2.100,43
Papel ou cartão para reciclar	410,12
Subprodutos vegetais utilizados na alimentação de animais <sup>1</sup>	120,50
Outros	90,88

<sup>1</sup> Insumos destinados à produção de preparações utilizadas na alimentação de animais.

### 5.2.2.2 Principais mercadorias exportadas, por seção NCM

Observa-se, a partir da análise de mercadorias individuais, que os fluxos de exportações apresentam uma variedade menor do que os fluxos de importações. Cinco mercadorias - peças cerâmicas, preparações utilizados na alimentação de animais, argila, aves e saibro - compõem 60,4% das exportações.

A seção mais significativa é a XIII - Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes; produtos cerâmicos; vidro e suas obras (Tabela 15). Nesse grupo se enquadram as peças cerâmicas produzidas a partir da argila extraída e importada pelas indústrias do município. Tijolos, telhas e, em menor proporção, outras peças compõem, juntos, 90,9% das exportações dessa seção. São também as mercadorias mais significativas, em termos de massa, entre as exportações globais, representando 20,1% do total. Em consumo de recursos, o setor cerâmico demanda 12,0% dos fluxos de entrada (importação + extração) e, em faturamento, representa, apenas, 1,51% do total faturado pelas empresas do município.

Obras de cimento e concreto, em sua maior parte produzidas por duas indústrias locais, representam outros 8,9% da seção XIII, em termos de massa exportada.

Tabela 15: Principais componentes da seção XIII - Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes; produtos cerâmicos; vidro e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XIII - Obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes; produtos cerâmicos; vidro e suas obras.</b>	<b>41.349,73</b>
<b>Produtos cerâmicos</b>	<b>37.660,67</b>
Tijolos para construção, tijoleiras, tapa-vigas e etc	23.537,12
Telhas, elementos de chaminés, condutores de fumaça e etc	14.058,37
Outros	65,16
<b>Obras de pedra, gesso, cimento e etc.</b>	<b>3.671,03</b>
Obras de cimento, de concreto ou de pedra artificial, mesmo armadas	3.645,91
Outros	25,13
<b>Vidro e suas obras</b>	<b>18,03</b>

Os produtos das indústrias alimentares, seção IV, são o segundo grupo mais significativo. Preparações utilizadas na alimentação de animais correspondem a 96,9% da seção e 19,4% dos fluxos totais exportados. Outros produtos para a alimentação humana completam a massa restante da seção (Tabela 16).

Tabela 16: Principais componentes da seção IV - Produtos das indústrias alimentares, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção IV - Produtos das indústrias alimentares</b>	<b>37.455,45</b>
Preparações utilizadas na alimentação de animais	36.292,88
Produtos de padaria, pastelaria ou da indústria de bolachas e biscoitos	676,38
Outros	486,19

Das exportações de produtos minerais, seção V, destacam-se os materiais brutos argila e saibro. Das 26.113,59 toneladas exportadas, 17.128,88 são de produtos extraídos no município, segundo registros das RALs. Argila, isoladamente, é o principal produto dessa seção (63,8%), em termos de massa, e o terceiro entre as exportações globais (8,9%). Saibro é o segundo mais significativo, na seção (32,4%), e o quinto, nos fluxos globais (4,5%). Uma variedade de resíduos minerais industriais encaminhados para a reciclagem também são significativos, mas, sobre eles, discutir-se-á ao final deste item.

Tabela 17: Principais componentes da seção V - Produtos minerais, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção V - Produtos minerais</b>	<b>26.113,59</b>
Argila (extração exportada)	16.668,2
Saibro (460,68 extraído + 8.005,65 importado)	8.466,33
Outros	979,06

As obras de metais comuns exportadas, seção XV, correspondem ao quarto maior conjunto de exportações (Tabela 18). Além disso, esses produtos representam 99,3% das exportações internacionais. Destacam-se as obras de ferro e aço destinadas ao comércio internacional (não são discriminados os produtos específicos). O segundo grupo de maior massa é o das ferramentas, o qual apresenta uma pequena parcela exportada para o exterior. Desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço também são significativos, sobre os quais também se discutirá ao final desta seção.

Tabela 18: Principais componentes da seção XV - Metais comuns e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XV - Metais comuns e suas obras</b>	<b>11.528,61</b>
<b>Obras de ferro ou aço</b>	<b>9.106,81</b>
Outras obras de ferro ou aço (exportação para outros países)	6.119,72
Ferramentas e suas partes (132,72 toneladas são destinadas à exportação para outros países)	1.976,03
Barras de ferro ou aço não ligado	1.011,06
<b>Outros</b>	<b>2.411,80</b>

Na seção I - Animais vivos e produtos do reino animal, as saídas de frangos vivos para abate na indústria integradora, representam 67,0% da massa exportada da categoria

(Tabela 19). Essa é também a quarta mercadoria mais significativa, em massa, no conjunto das exportações, a qual representa 5,5% do total. Suínos e bovinos vivos, para abate, também são representativos nas saídas.

Tabela 19: Principais componentes da seção I - Animais vivos e produtos do reino animal, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção I - Animais vivos e produtos do reino animal (toneladas)</b>	<b>15.501,74</b>
<b>Animais vivos</b>	<b>12.782,41</b>
Aves	10.382,24
Suínos	1.341,23
Bovinos	1.058,71
Outros	0,23
<b>Leite e laticínios; ovos de aves; mel natural; produtos comestíveis de origem animal</b>	<b>2.212,90</b>
Leite	1.913,18
logurtes e leites fermentados, leite e creme de leite e queijos	259,51
Outros	40,21
Outros	506,43

Leite também é um produto significativo entre as exportações. Do total exportado, 781,50 toneladas são saídas de leite do produtor para a industrialização. O restante é comercializado, segundo descrições nas NF-es, como leite homogeneizado e leite longa vida. Esses fluxos são, em sua maior parte, provavelmente, gerados pela cooperativa de laticínios já mencionada. Não se encontrou registros formais, mas, com contribuições do técnico da Emater do município (PAGNONCELLI, 2013), conclui-se que há indícios de que a sede da cooperativa de Feliz funciona como um entreposto que armazena e/ou distribui o leite homogeneizado em fábrica localizada em um município vizinho.

Entre os produtos do reino vegetal, seção II, as exportações dividem-se, praticamente meio a meio, entre as saídas para a CEASA e para outros estabelecimentos, mediante nota fiscal (Tabela 20). Observa-se que a totalidade das exportações para a CEASA são alimentos para consumo humano, enquanto as exportações com NF-e incluem também plantas, sementes e milho em grão para a alimentação animal. Destes, a parcela correspondente a alimentos para humanos é 3.406,27 toneladas e, a julgar pelos CFOPs das transações, são, na maior parte, produtos vendidos por produtores rurais a estabelecimentos comerciais.

Tabela 20: Principais componentes da Seção II - Produtos do reino vegetal, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção II - Produtos do reino vegetal</b>	<b>10.191,81</b>
<b>Produtos comercializados com NF-e</b>	<b>5.179,74</b>
Milho em grão	1.303,28
Produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, comestíveis	1.823,51
Frutas; cascas de cítricos e de melões	1.160,94
Outros	892,01
<b>Produtos vendidos à Ceasa</b>	<b>5.012,07</b>
Produtos hortícolas, plantas, raízes e tubérculos, comestíveis	3.366,26
Frutas; cascas de cítricos e de melões	1.643,02
Outros	2,79

Entre as mercadorias da seção XVI, destacam-se as exportações de máquinas agrícolas (Tabela 21). Esses fluxos, que correspondem à totalidade daqueles da posição Aparelhos mecânicos para projetar, dispersar ou pulverizar líquidos ou pós, apenas, atravessam a economia de Feliz. 39,5% desses produtos são exportados para outras Unidades da Federação. O segundo maior grupo de máquinas exportadas corresponde a partes de motores elétricos.

Tabela 21: Principais componentes da seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes; aparelhos de gravação ou reprodução de som e etc., nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XVI - Máquinas e aparelhos, material elétrico, e suas partes; aparelhos de gravação ou reprodução de som e etc.</b>	<b>10.165,41</b>
<b>Máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos, e suas partes</b>	<b>9.028,81</b>
Aparelhos mecânicos para projetar, dispersar ou pulverizar líquidos ou pós	8.021,23
Máquinas para processamento de minérios e semelhantes (betoneiras, etc.)	582,39
Outros	425,19
<b>Máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes;</b>	<b>1.136,61</b>
Partes para máquinas das posições 85.01 ou 85.02.	1.131,65
Outros	4,96

As exportações de produtos plásticos, seção VII, se concentram em produtos de embalagem em formas planas (95,4%), produzidos por uma indústria de reciclagem de plásticos, que participa com 5,36% do faturamento das empresas do município. Desperdícios e resíduos plásticos também são significativos, mas também serão apresentados ao final desta seção.

Tabela 22: Principais componentes da seção VII - Plásticos e suas obras; borracha e suas obras, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção VII - Plásticos e suas obras; borracha e suas obras</b>	<b>7.807,89</b>
Chapas, folhas, tiras, fitas, películas e outras formas planas	7.449,40
Outros	358,49

Os materiais de transporte exportados, seção XVII, agrupam-se em chassis e veículos de transporte de passageiros. Quatro indústrias de transformação, em Feliz, foram, provavelmente, produtoras dessas mercadorias e representam, juntas, 11,63% do faturamento das empresas de Feliz (Tabela 23).

Tabela 23: Principais componentes da seção XVII - Material de transporte, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção XVII - Material de transporte</b>	<b>5.167,63</b>
Chassis com motor para os veículos automóveis	2.938,84
Automóveis - Ônibus	1.531,16
Outros	697,63

As mercadorias das nove seções apresentadas, acima, juntas, representam 88,5% das exportações. As outras doze demais seções NCM somam 9.733 toneladas, 5,2% do total importado. Os principais produtos dessas seções são expostos na Tabela 24. Destacam-se os fertilizantes, provavelmente vendidos aos municípios do entorno, por duas agropecuárias estabelecidas em Feliz. Calçados e partes de calçados são beneficiados por seis ateliês e indústrias de costuras de calçados.

Tabela 24: Principais componentes das seções VI e XII, nas exportações de Feliz, em toneladas.

<b>Seção VI - Produtos das indústrias químicas ou das indústrias conexas</b>	<b>2.851,12</b>
Fertilizantes	2.274,46
Outros	576,66
<b>Seção XII - Calçados, chapéus e artefatos semelhantes, guarda-chuvas e etc.</b>	<b>2.641,86</b>
Partes de calçados	1.685,32
Calçados	944,05
Outros	12,49

Além das exportações, discutidas até aqui, uma parcela equivalente a 6,3% são resíduos encaminhados para reciclagem, caracterizando-se como insumos para outros processos (Tabela 25). Entre eles, os mais expressivos são os desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço, correspondentes a 6.157,09 toneladas. Os registros da FEPAM indicam que uma parte desses resíduos (1.546,32 t) são oriundos do setor industrial. Desses, 92,6% tem como destino uma empresa no município de Caxias do Sul. Entretanto, a maior parte exportada foi identificada através das notas fiscais, em transações com diversos CFOPs, o que impossibilita a identificação precisa do setor de origem e do destino. Há registros de saídas da produção local, de saídas para comercialização e de saídas para a industrialização. Assim, pressupõe-se que parte dos resíduos seja gerada por processos



industriais e outra parte, resultante dos processos de uma empresa recicladora de resíduos de ferro ou aço.

Cabe lembrar ao leitor, como mencionado no capítulo de detalhamento metodológico, que se assumiu que a parte sobreposta dos resíduos exportados nas NF-e estariam duplicados e, por isso, foram descontadas, ao se elaborar os resultados apresentados nessa seção.

Insumos utilizados na fabricação de rações (Farelos e outros resíduos da moagem ou de outros tratamentos de cereais e Tortas e outros resíduos da extração do óleo de soja) são o segundo maior grupo de resíduos exportados, totalizando 1.624,61 toneladas. Os demais estão discriminados na Tabela 25.

Quanto à periculosidade dos resíduos exportados para reciclagem, entre os resíduos industriais, 307,78 toneladas é classe I (perigosos). Nesse grupo sobressaem-se os óleos e os solventes encaminhados para recuperação. Para os resíduos exportados com NF-e, não foi possível realizar essa discriminação.

Tabela 25: Resíduos exportados para reciclagem, em toneladas.

<b>Resíduos e desperdícios exportados (para reutilização ou reciclagem)</b>	<b>11.719,43</b>
<b>Industriais (encaminhados para reciclagem)</b>	<b>3.465,43</b>
Desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço	1.546,32
Resíduo sólido de ETE com substâncias não tóxicas	701,19
Outros	1.217,92
<b>Urbanos (coleta municipal encaminhados reciclagem)</b>	<b>667,33</b>
Plásticos (mistos)	333,67
Papel e cartão	289,18
Metais e vidro	44,49
<b>Outros resíduos exportados com NF-e</b>	<b>7.586,67</b>
Desperdícios e resíduos de ferro fundido, ferro ou aço	4.610,77
Farelos e outros resíduos da moagem ou de outros tratamentos de cereais	1.057,92
Tortas e outros resíduos da extração do óleo de soja	566,69
Papel ou cartão para reciclar	462,08
Serragem, cascas e retalhos; cavacos e maravalha	444,51
Outros	444,70

Do total de resíduos e desperdícios gerados no município de Feliz, no ano em consideração, 13,1% foram encaminhados para reciclagem fora do município (descritos na figura acima). Outros 0,4% foram reciclados dentro do município e o restante, 86,5%, são resíduos e emissões para a natureza, apresentadas na seção seguinte.

### 5.2.3 Saídas para a natureza

As saídas para a natureza, no ano de 2011, totalizam 77.122,99 toneladas, as quais representam 29,23% das saídas diretas<sup>52</sup> de materiais do município de Feliz. Os resultados, por destino e tipo de saídas, estão apresentados na Tabela 26. Destacam-se as emissões de CO<sub>2</sub>, correspondentes a pouco mais da metade das saídas para a natureza. No presente trabalho, elas foram incluídas no grupo de emissões à natureza local, pois, por serem resultantes de combustão no município, o ambiente local é seu destino imediato. Entretanto, reconhece-se que os efeitos e impactos ambientais, especialmente de gases de efeito estufa, não são geograficamente limitados.

Entre os resíduos cujos destinos foram possíveis de se identificar, ainda que se desconsiderem as emissões aéreas, o grupo de saídas para a natureza local (15.299,75 t) é muito superior, em massa, àquele de saídas para a natureza exterior. Destacam-se os resíduos de construção civil, dispostos em um terreno, no município, sem licença ambiental para esses fins. Também sobressaem os fluxos de fertilizantes (adubos) dissipados.

Entre os resíduos exportados para a natureza exterior, os resíduos urbanos encaminhados para o aterro sanitário do município de Minas do Leão representam 50,3% do grupo. Os resíduos encaminhados para aterros industriais representam outros 33,4%, com destinos diversos. O restante é resíduo industrial e de saúde, enviados para queima.

Do total de resíduos urbanos de coleta municipal, 70,0% são resíduos de composição diversa, não reciclados, enquanto 30,0% são aqueles vendidos para a reciclagem, discriminados na seção anterior.

Considerando-se os resíduos industriais exclusivamente, estima-se que, 61,2% do total gerado no ano de 2011, tenham sido encaminhados para reciclagem ou reuso (ver discriminação na seção anterior) e outros 20,8% (1.289,27 t) sejam emissões para a natureza, cujos destinos estão discriminados nos três primeiros grupos da Tabela 26. Para os outros 18%, por incompletude ou mau preenchimento dos relatórios de geração de resíduos, não foi possível identificar o encaminhamento dado ou o local para onde foram dirigidos. Esses resíduos foram incluídos nos último grupo da Tabela 26.

---

<sup>52</sup> As saídas diretas de materiais não incluem as saídas para balanço (vapor decorrente da combustão).

Tabela 26: Resíduos e emissões geradas no município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas.

<b>Saídas para a natureza</b>	<b>77.122,99</b>
<b>Para a natureza local</b>	<b>54.153,79</b>
<b>Para o ar</b>	<b>38.854,04</b>
Emissões de CO2 devido a combustão	38.854,04
<i>Combustão de biomassa</i>	<i>5.414,50</i>
<i>Combustão de derivados do petróleo</i>	<i>33.439,54</i>
<b>Depositados em aterros</b>	<b>6.344,40</b>
De construção e demolição	6.344,40
<b>Emissões para água e solo</b>	<b>4.069,32</b>
Efluentes domésticos (parte sólida)	885,42
Eliminação de bebidas	3.183,90
<b>Dissipados</b>	<b>4.886,04</b>
Fertilizantes e herbicidas etc.	4.295,10
<i>Fertilizantes e corretivos do solo</i>	<i>3.872,24</i>
<i>Herbicidas, fungicidas etc.</i>	<i>422,86</i>
Sementes	442,34
Industriais (encaminhados para agricultura)	20,59
Turfa para uso na agricultura	0,17
Óleos para motores	127,83
<b>Para a natureza exterior</b>	<b>3.064,53</b>
<b>Para o ar</b>	<b>499,25</b>
Industriais (encaminhados para queima)	154,25
De saúde	345,00
<b>Depositados em aterros</b>	<b>2.565,28</b>
Urbanos com coleta municipal	1.541,70
Industriais (encaminhados para aterro)	1.023,58
<b>Emissões para água e solo</b>	<b>-</b>
<b>Dissipados</b>	<b>-</b>
<b>Para a natureza (destino não identificado)</b>	<b>18.792,88</b>
<b>Para o ar</b>	<b>60,80</b>
Industriais (encaminhados para queima)	60,80
<b>Depositados em aterros</b>	<b>4,12</b>
Industriais (encaminhados para aterro)	4,12
<b>Emissões para água e solo</b>	<b>-</b>
<b>Dissipados</b>	<b>18.727,96</b>
Industriais (encaminhados para agricultura)	25,92
Resíduos/fertilizantes da produção pecuária	11.872,77
<i>Resíduos de cama de aviário</i>	<i>7.840,65</i>
<i>Dejetos de suínos</i>	<i>1.340,79</i>
<i>Dejetos de bovinos de corte</i>	<i>1.753,45</i>
<i>Dejetos de bovinos de leite</i>	<i>514,49</i>
<i>Dejetos de galinhas poedeiras</i>	<i>386,57</i>
<i>Dejetos de outros animais da zona rural</i>	<i>36,82</i>
Resíduos de serragem com destino não identificado	6.829,27
<b>Outros resíduos industriais sem especificação</b>	<b>1.111,79</b>

Os resíduos e emissões cujos destinos não puderam ser identificados, ao todo, equivalem a 34,7% das saídas para a natureza. Entre eles, despontam os dejetos da produção pecuária e, em particular, os resíduos de cama de aviário<sup>53</sup>, os quais, isoladamente, foram o grupo mais representativo, entre os resíduos sólidos totais. Serragem encaminhada para a agricultura também é expressiva no conjunto.

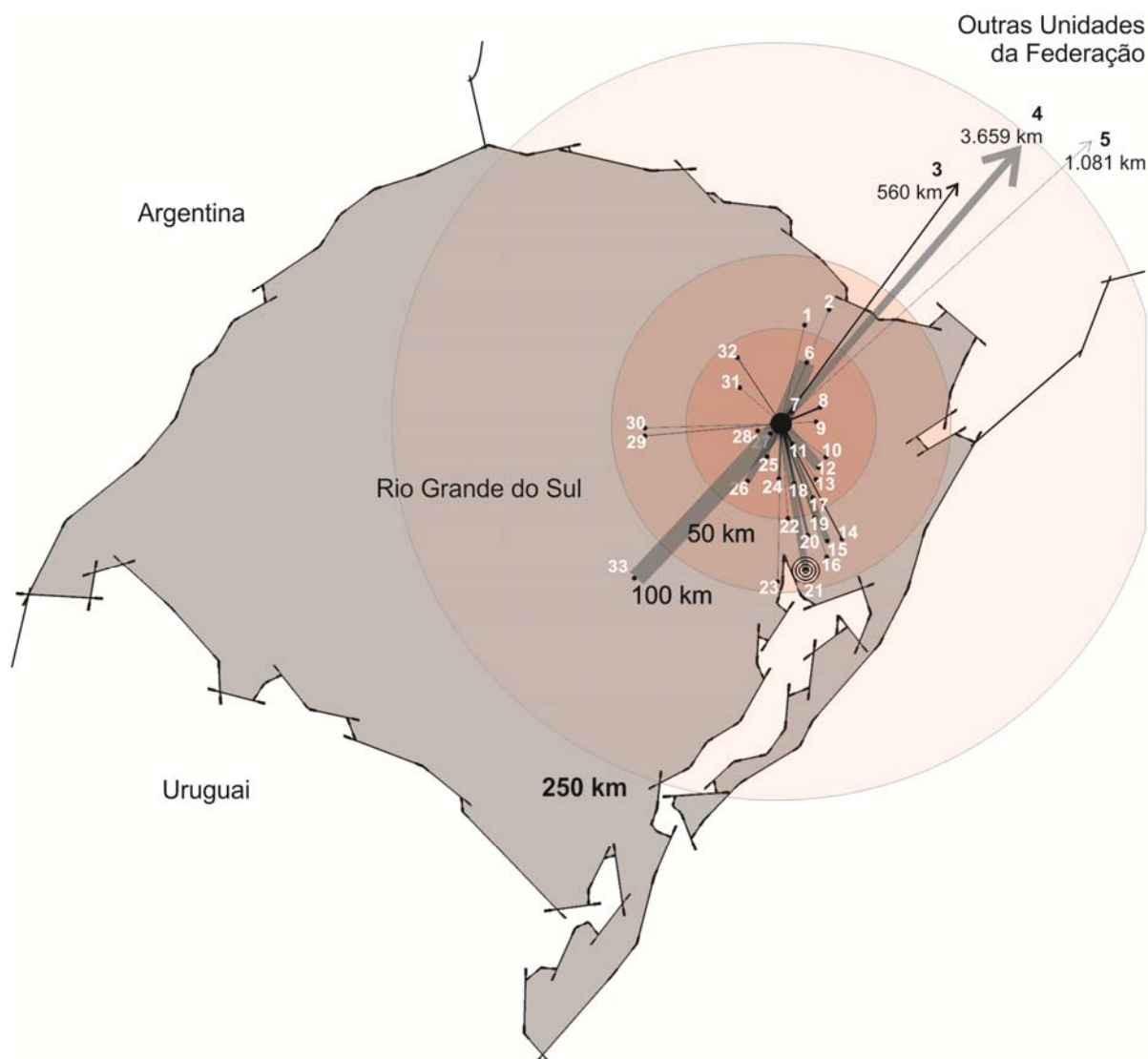
Tratando-se isoladamente dos resíduos exportados, a Figura 30 demonstra que 33 municípios diferentes são destino final desses resíduos. O círculo preto representa o município de Feliz, enquanto as linhas radiais representam os destinos dos resíduos. Essas linhas apresentam espessura proporcional à massa de resíduos exportada.

Entre os receptores de maiores massas de resíduos são os municípios de Minas do Leão e de Caxias do Sul, ambos no estado do Rio Grande do Sul. O aterro sanitário de Minas do Leão que recebeu, no ano de 2011, 1.782,14 toneladas de resíduos sólidos domésticos oriundos de Feliz. Já o município de Caxias do Sul recebeu resíduos industriais de ferro e aço para a reciclagem. Apenas uma parcela pequena dos resíduos é exportada para outras Unidades da Federação.

Apresentadas as entradas e as saídas, expõe-se, no item seguinte, a estimativa de adições ao estoque.

---

<sup>53</sup> A cama de aviário, também conhecida como cama de frangos ou esterco de aviário, é o material constituído pelas dejeções e penas de galináceos, restos de rações e pelo material orgânico absorvente da umidade usado sobre o piso do galpão (HAHN, 2004). Esse material pode ser maravalha, serragem, palhas ou cascas.



**Legenda do destino e quantidade dos resíduos (toneladas):**

1. Flores da Cunha: 0,27	12. Estancia Velha: 535,55	23. Guaíba: 0,03
2. São Marcos: 4,60	13. Novo Hamburgo: 19,30	24. Capela de Santana: 54,34
3. Araquari (SC): 49,23	14. Gravataí: 33,85	25. São Sebastião do Cai: 1,84
4. Guararapés (PE): 162,58	15. Cachoeirinha: 120,84	26. Montenegro: 365,99
5. Cabreúva (SP): 1,03	16. Alvorada: 0,58	27. Bom Princípio: 0,08
6. Caxias do Sul: 1.331,86	17. São Leopoldo: 3,60	28. Tupandi: 7,35
7. Vale Real: 5,48	18. Portão: 0,20	29. Estrela: 27,16
8. Nova Petrópolis: 30,02	19. Sapucaia do Sul: 0,04	30. Lajeado: 0,02
9. Picada Café: 0,19	20. Canoas: 39,26	31. Carlos Barbosa: 0,03
10. Dois Irmãos: 9,0	21. Porto Alegre: 123,48	32. Bento Gonçalves: 10,65
11. São José do Hortêncio: 2,0	22. Nova Santa Rita: 0,25	33. Minas do Leão: 1.782,14

Figura 30: Destino dos resíduos exportados.

#### 5.2.4 Adição ao estoque

A partir dos procedimentos descritos na seção 4.6, determinou-se a adição bruta ao estoque, conforme apresentado na Tabela 27. Os minerais de construção constituem 77,2% do total estocado. Saibro e areia, juntas, representam 42,7% dos materiais adicionados ao estoque.

Segundo Eurostat (2001), edificações e infraestrutura, usualmente, representam 90% do estoque físico total e das alterações no estoque nos países. Máquinas assumem a segunda posição. No presente estudo, para o município, os percentuais de materiais de construção civil identificados são menores, em função da relevância que outras classes de materiais também assumem no ano considerado. O estoque vivo, por exemplo, nos casos relatados por Eurostat (2001), é considerado irrisório se comparado com outros bens duráveis, visto que se altera pouco ao longo do tempo. No caso de Feliz, a adição de vegetais e de animais vivos se aproxima, em massa, dos valores de adição de máquinas e artigos de uso doméstico. Ainda que não se tenha realizado a AFM para uma série temporal, é possível observar, pelos registros anuais da Inspeção Veterinária e Zoobotânica de Feliz (2010) e dados da Pesquisa Pecuária Municipal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2012e), que o estoque vivo animal apresenta uma dinâmica intensa e variações ao longo dos anos. O estoque animal, computado na Tabela 27, representa o rebanho de bovinos, remanescente em 31 de dezembro de 2011. Suínos e frangos de corte, que apresentam, ciclos inferiores a um ano não foram incluídos na contabilização.

O grupo de móveis e artefatos de uso doméstico<sup>54</sup> de durabilidade superior a um ano é comparável, em massa, ao grupo das máquinas, equipamentos instrumentos. O consumo doméstico será ainda mais significativo ao se considerar que o grupo das máquinas incluiu equipamentos e eletrodomésticos de uso residencial. Conjectura-se se essa representatividade não estaria relacionada ao aumento do poder aquisitivo do brasileiro na última década. Segundo a Federação do Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (2012), devido ao avanço da tecnologia e a valorização do real, houve a redução significativa nos preços de eletrodomésticos e produtos em geral e, concomitantemente, maior facilidade no acesso ao crédito e aumento no poder de compra da população, o que possibilitou tornar bens considerados de elite em bens populares.

---

<sup>54</sup> Doméstico, neste parágrafo, refere-se a consumo familiar ou do setor residencial.

Tabela 27: Adição ao estoque do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas.

<b>Adição ao estoque</b>	<b>78.312,50</b>
<b>Materiais de construção civil</b>	<b>61.889,91</b>
<b>Produtos de biomassa</b>	<b>494,91</b>
Madeira - marcenaria ou de carpintaria para construções	494,91
<b>Produtos minerais</b>	<b>60.489,87</b>
Saibro	16.989,34
Areias naturais	16.425,11
Pedras britadas para concretos	7.182,45
Ferro e aço - barras	6.753,41
Pedras	4.293,05
Cimento	4.015,71
Outros	4.830,80
<b>Produtos predominantemente de combustíveis fósseis</b>	<b>143,09</b>
Tubos e seus acessórios	89,34
Forros e revestimentos	23,18
Asfaltos e misturas betuminosas	30,57
<b>Produtos não enquadrados</b>	<b>762,05</b>
Massas, argamassas e aditivos para concretos e argamassas	702,55
Outros	59,49
<b>Máquinas, equipamentos e instrumentos</b>	<b>1.762,68</b>
<b>Produtos predominantemente de minerais</b>	<b>1.297,91</b>
Veículos	796,05
Máquinas (inclusive eletrodomésticos)	321,51
Aparelhos eletroeletrônicos	180,36
<b>Produtos não enquadrados</b>	<b>464,77</b>
Instrumentos e aparelhos	464,77
<b>Móveis e artefatos duráveis de uso doméstico</b>	<b>1.764,27</b>
<b>Produtos de biomassa</b>	<b>775,89</b>
Móveis de madeira, vime ou ratã	693,02
Outros produtos (predominantemente artefatos têxteis domésticos)	82,87
<b>Produtos predominantemente de minerais</b>	<b>29,98</b>
Artefatos de uso doméstico	29,98
<b>Produtos predominantemente de combustíveis fósseis</b>	<b>15,17</b>
Vestuário de fibras sintéticas e artigos de uso doméstico	15,17
<b>Produtos não enquadrados</b>	<b>943,23</b>
Artefatos uso doméstico	414,37
Móveis	311,44
Tecidos	134,09
Vestuário	83,33
<b>Outros produtos</b>	<b>11.416,41</b>
<b>Produtos de biomassa</b>	<b>11.093,04</b>
Madeira serrada (e bruta)	9.115,60
Madeira - painéis	1.486,81
Produtos de papel estocáveis	490,64
<b>Produtos predominantemente de combustíveis fósseis</b>	<b>270,57</b>

Lonas em geral e filmes agropecuários	124,73
Produtos plásticos diversos	145,85
<b>Produtos não enquadrados</b>	<b>52,80</b>
Produtos diversos	52,80
<b>Animais e vegetais vivos</b>	<b>1.479,22</b>
Animais vivos - rebanho bovino adicionado	1.240,31
Plantas vivas adicionadas	238,91

Produtos diversos de biomassa constituem o segundo maior grupo de produtos estocados. Madeira serrada e painéis de fibras ou de lâminas de madeira são os principais componentes e foram incluídos como estoque, pois se estima que a maior parte seja convertida em móveis e obras de marcenaria e carpintaria para construções. Há registros de cinco indústrias de móveis e dez marcenarias estabelecidas em Feliz. Adotou-se essa estimativa, que é bastante imprecisa, pois não se identificou nenhuma maneira de estimar a produção local, como realizado para os produtos cerâmicos. Obviamente, existe, ainda, a possibilidade de que parte dos produtos seja exportada a outros municípios. Mas, também não foi possível distinguir, pelos CFOPs, a parcela de móveis e produtos de marcenaria exportada, proveniente da produção local, e a parcela exportada, proveniente, apenas, da comercialização. Assim, simplificou-se a estimativa, descontando-se as saídas de móveis de madeira e de produtos de marcenaria e de carpintaria das entradas do mesmo produto. Por essa razão, o estoque dessas obras está, provavelmente, subestimado na Tabela 27, mas seria complementado por parte do estoque de madeira serrada e de painéis de fibras ou lâminas de madeira.

Assume-se, também, que o estoque de madeira serrada e de painéis esteja sobrestimado por duas razões. A primeira, devido ao fato de que parte significativa dos produtos madeireiros são perdidos no desdobro em peças menores. A segunda, devido ao fato de parte da madeira serrada ser, potencialmente, destinada a formas de concreto, que são perdidas depois do uso. Essas estimativas poderiam ser aperfeiçoadas.

Como forma de aferição bruta dos resultados, comparou-se a estimativa de adição total ao estoque, realizada na presente pesquisa, com a opção simplificada de cálculo do indicador NAS, apresentada por Eurostat (2001). Subtraindo-se as saídas totais das entradas totais, chega-se ao NAS correspondente a 97.753,92 toneladas, sendo 19.441,42 toneladas maior do que o estoque estimado pelo método proposto. Essa massa corresponde a fluxos de entrada cujo destino não foi identificado; ou seja, não foram considerados materiais estocáveis, através da análise individual das mercadorias por posição NCM, e também não foram apreendidas pelos registros e estimativas de exportações de mercadorias e de resíduos.



A parcela com destino não identificado representa 4,9% da massa total das entradas. Embora a presente autora considere que essa diferença seja pouco significativa, realizou-se uma análise das diferenças por categorias, segundo a composição. Verificou-se que a maior diferença ocorre para os fluxos de biomassa. Realizou-se, então, uma análise detalhada do setor pecuário, no qual ocorrem as maiores diferenças entre fluxos de entrada e de saída. Esse exame é representado no diagrama da Figura 31.

Obviamente, o diagrama apresentado contém imprecisões. Trata-se de uma tentativa de representação simplificada da realidade, elaborada a partir das estimativas dos fluxos de entradas e de saídas, com conexões internas, também estimadas a partir das práticas dos sistemas de criação típicos do Rio Grande do Sul, ou do sul do Brasil. As estimativas e as pesquisas agropecuárias de referência estão apresentadas no apêndice G.

Mas, ainda que se tenha utilizado uma variedade de fontes para a estimativa dos valores individuais, constatou-se, nos resultados, uma surpreendente correspondência entre a entrada de insumos, estimada pelos métodos apresentados no capítulo anterior, e a demanda necessária para a criação dos animais vivos, nas quantidades exportadas. Essa correspondência sugere que os procedimentos adotados podem ser considerados válidos.

No que se refere à parcela de materiais cujo destino não foi identificado, observa-se que a diferença entre as entradas e as saídas do setor pecuário é 17.744,43 toneladas. Constatou-se que a diferença se dá, sobretudo, entre o consumo de alimentos para os animais e a saída de animais vivos e dejetos. Na pecuária de frangos de corte, por exemplo, cada cabeça abatida demanda, nas entradas, 4,62 kg de ração (conversão alimentar de 1,79) e 0,49 kg de serragem, além do pinto (0,05kg) e sem considerar medicamentos. Ao final do processo, em 40 dias, saem 2,62 kg de frango vivo e 2 kg de resíduos de cama de aviário. A diferença entre entradas e saídas é de 0,54 kg/cabeça, a qual se presume que seja dissipada na forma de calor, transpiração e outros fluxos relacionados ao metabolismo basal e muscular e animal. Esses fluxos estão representados em laranja na Figura 31. Seria possível estimá-los, mas demandaria esforços que foram considerados desnecessários para os objetivos do presente trabalho.

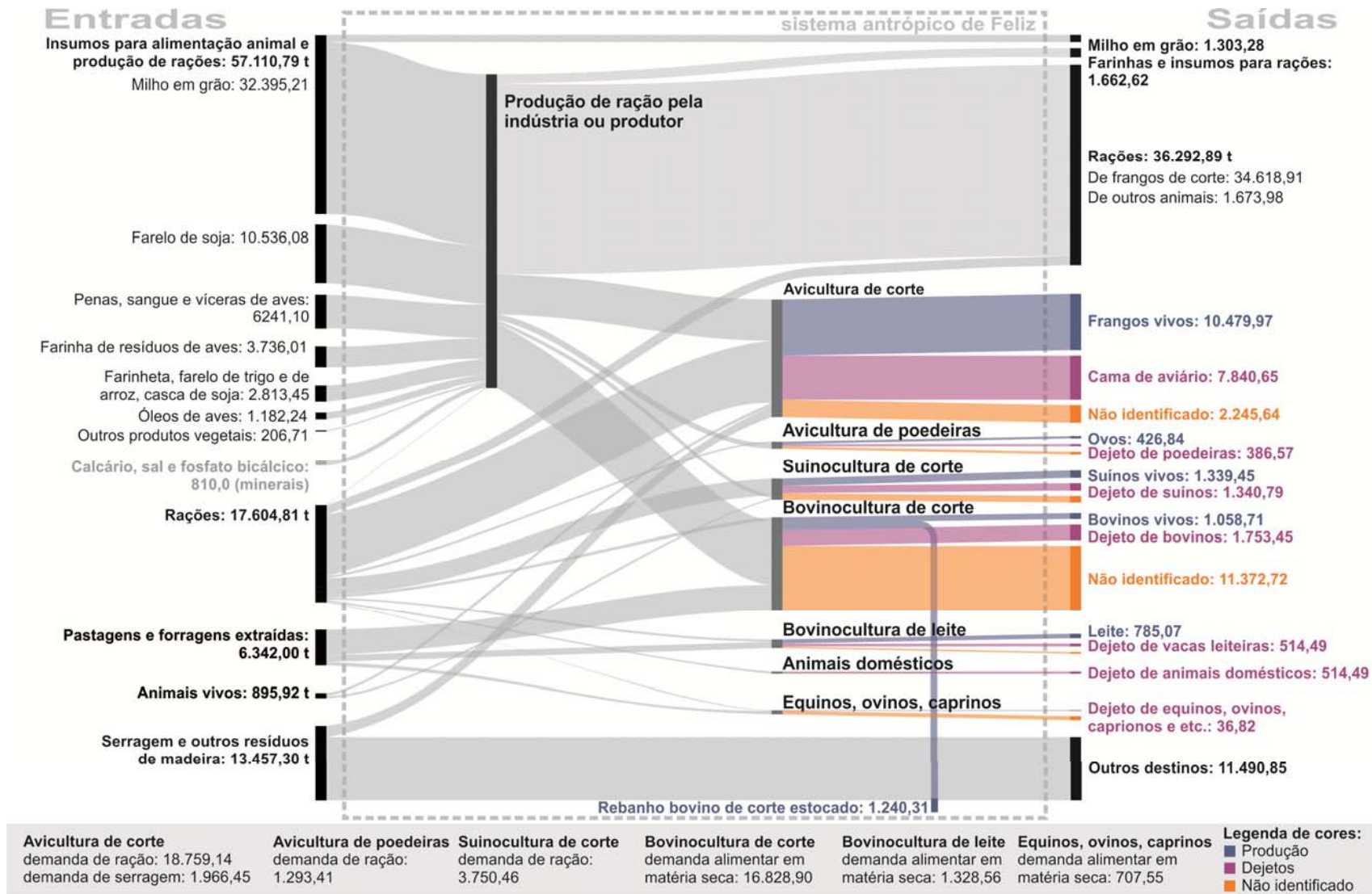


Figura 31: Diagrama de fluxos de entradas e saídas do setor pecuário do município de Feliz, no ano de 2011, em toneladas.

As diferenças entre entradas e saídas tornam-se proporcionalmente maiores para animais de ciclos de engorde mais longos. Por essa razão, os bovinos, em massa e em número, representam muito menos saídas (e estoque) do que os frangos, mas a parcela não identificada correspondente é entre três e quatro vezes maior.

Considerando-se o número de cabeças “engordadas” em Feliz, no ano de 2011 (aproximadamente, 4 milhões de frangos, 12 mil suínos e 5 mil bovinos), as diferenças entre entradas e saídas tornam-se significativas. Constata-se, então, que das 19.441,42 toneladas ingressantes no município, sem destino identificado, 17.744,43 toneladas, provavelmente são dissipadas em processos relacionados ao metabolismo animal. Permanecem realmente desconhecidas 1.696,99 toneladas, 0,43% das entradas. Ainda que esse percentual seja pequeno, assume-se a probabilidade de haver diversas imprecisões e fluxos não captados nas estimativas de entradas, de saídas e de estoque realizadas no presente trabalho.

No que se refere às entradas, as informações obtidas através das NF-e, assim como as fontes de dados de extração mineral e vegetal podem ser incompletos ou mesmo mal registrados. Além disso, os processos de conversão para unidades de massa podem envolver, em maior ou menor grau, distorções da massa real dos produtos. Quanto à adição ao estoque, para alguns materiais, pode estar subestimado. Como apresentado no capítulo anterior, para aquelas mercadorias identificadas como, predominantemente, destinadas à indústria, mesmo que duráveis, não foi possível estimar a parcela destinada ao consumidor final. Não se descarta, ainda, a possibilidade de subestimativa de geração de resíduos, decorrente da imprecisão e incompletude das fontes de dados. Adicionalmente, os próprios valores de conversão de resíduos para unidades de massa contém imprecisões.

Apresentados os resultados da caracterização das categorias de fluxos individuais, na seção seguinte, desenvolvem-se análises globais dos resultados obtidos.

### 5.3 ANÁLISES GLOBAIS DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ

A Figura 32 apresenta o balanço de materiais de Feliz, no ano de 2011, segundo o modelo proposto por Eurostat (2001). Há uma pequena adaptação nos fluxos de saídas para a natureza, os quais foram subdivididos, em saídas para a natureza local e saídas para a natureza exterior.

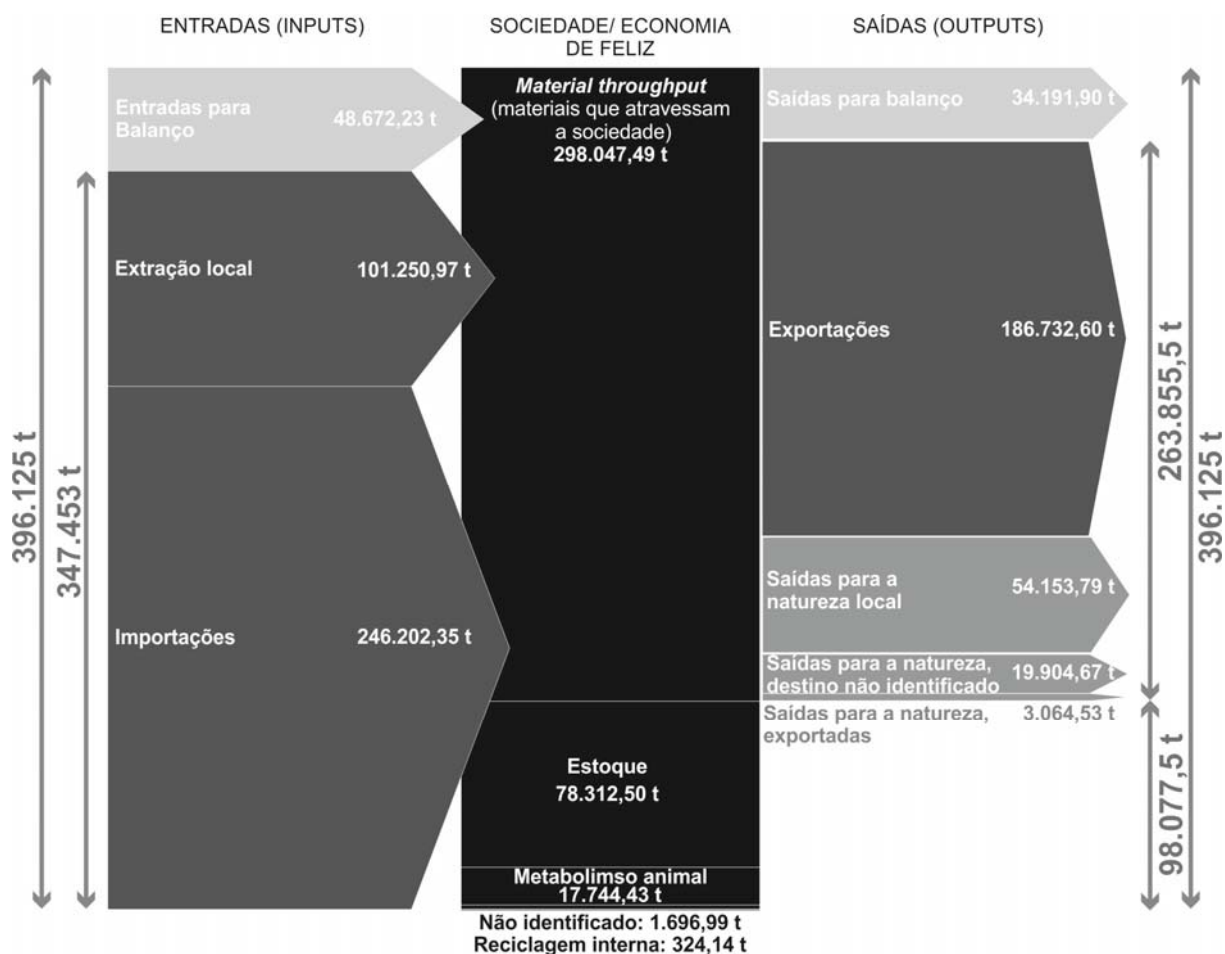


Figura 32: Balanço de materiais do município de Feliz, 2011, em toneladas.

As entradas de materiais para o município totalizam 347.453,32 toneladas, desconsiderando-se entradas para balanço. Dessas, 70,86% (246.202,35 t) são importações e 29,14% (101.250,97 t) são decorrentes da extração local. Incluindo-se o oxigênio para balanço dos processos de combustão, as entradas configuram 396.125,55 t. Desse valor total, 75,24% atravessam o sistema antrópico de Feliz, saindo na forma de exportações e resíduos; 19,76% ficam estocadas no município, como edificações, infraestrutura e bens duráveis; 0,1% são usados nos processos produtivos e reciclados internamente; 4,48% são dissipados no metabolismo dos animais da pecuária e 0,43% não foram identificadas. Dos fluxos que deixam o município de Feliz, 70,77% (186.732,60 t) correspondem a exportações e 29,23% (77.123,00 t), a saídas para a natureza (resíduos e emissões). Das saídas de emissões e de resíduos, 70,22% (54.153,79 t) tem como destino a natureza local e 3,97% (3.064,53 t), a natureza exterior ao município. Como já posto, não foi possível identificar a destinação dada a 25,81% (19.904,67 t) dos resíduos gerados. Ainda assim, os resíduos e

emissões com destinação interna são significativamente maiores que os resíduos transferidos.

Comparando-se entradas e saídas, verifica-se que as importações excedem em 31,8% as exportações. Essa constatação poderia surpreender, ao se pré-conceber Feliz como um município exportador, considerando-se que 34,31% e 33,36% da sua economia são embasadas, respectivamente, pelos setores primário e secundário. Esses resultados, entretanto, parecem coerentes ao se considerar que o setor produtivo, primário e secundário, requer mais entradas, em termos de conteúdo material, do que produz de saídas de bens e mercadorias. Barles (2009) fez uma constatação semelhante ao identificar que o DMC de Paris é inferior ao das regiões produtivas em que está circunscrita. Essa discussão será aprofundada ao se comparar os indicadores obtidos para o município de Feliz com os aqueles obtidos para o Brasil e para outras cidades, em pesquisas prévias.

Os resultados tornam-se mais compreensíveis ao se observar a Figura 33, a qual decompõe as entradas e saídas de mercadorias, de acordo com o nível de processamento. A figura apresenta a massa das mercadorias em três níveis de acabamento (materiais brutos, semi acabados e produtos finais), além de duas outras classes: produtos não enquadrados e resíduos e desperdícios de processos produtivos. Esta última classe não consta nas categorias propostas por Eurostat (2001). As mercadorias por ela englobadas estariam incluídas em alguma das classes de nível de processamento, em função do seu código, segundo o Sistema Harmonizado (HS). A separação é proposta no presente trabalho, pois parece, à presente autora, que esse destaque torna mais evidente um aspecto importante do metabolismo de um município. Adicionalmente, o valor total dos resíduos de entrada foi utilizado para o cálculo do  $DMC_{\text{corrigido}}$  do município de Feliz, como será apresentado na seção seguinte.

Analisando-se os fluxos de entradas e de saídas na Figura 33, observa-se que as categorias matéria-prima e resíduos e desperdícios predominam no lado esquerdo do gráfico, das entradas, enquanto os produtos não enquadrados e os produtos finais sobressaem entre as exportações. Observa-se que o município de Feliz exporta mais que o dobro de produtos finais do que importa. Adicionalmente, demanda cinco vezes mais material bruto do que exporta.

Só foi possível contabilizar embalagens em uma categoria específica, quando entraram ou saíram de Feliz como produtos (compra ou venda de embalagens). Nos casos de embalagens agregadas a produtos que embalam, não se identificou alternativa de

caracterizá-las separadamente. Entretanto, a presente autora assume que talvez embalagens não sejam insignificantes.

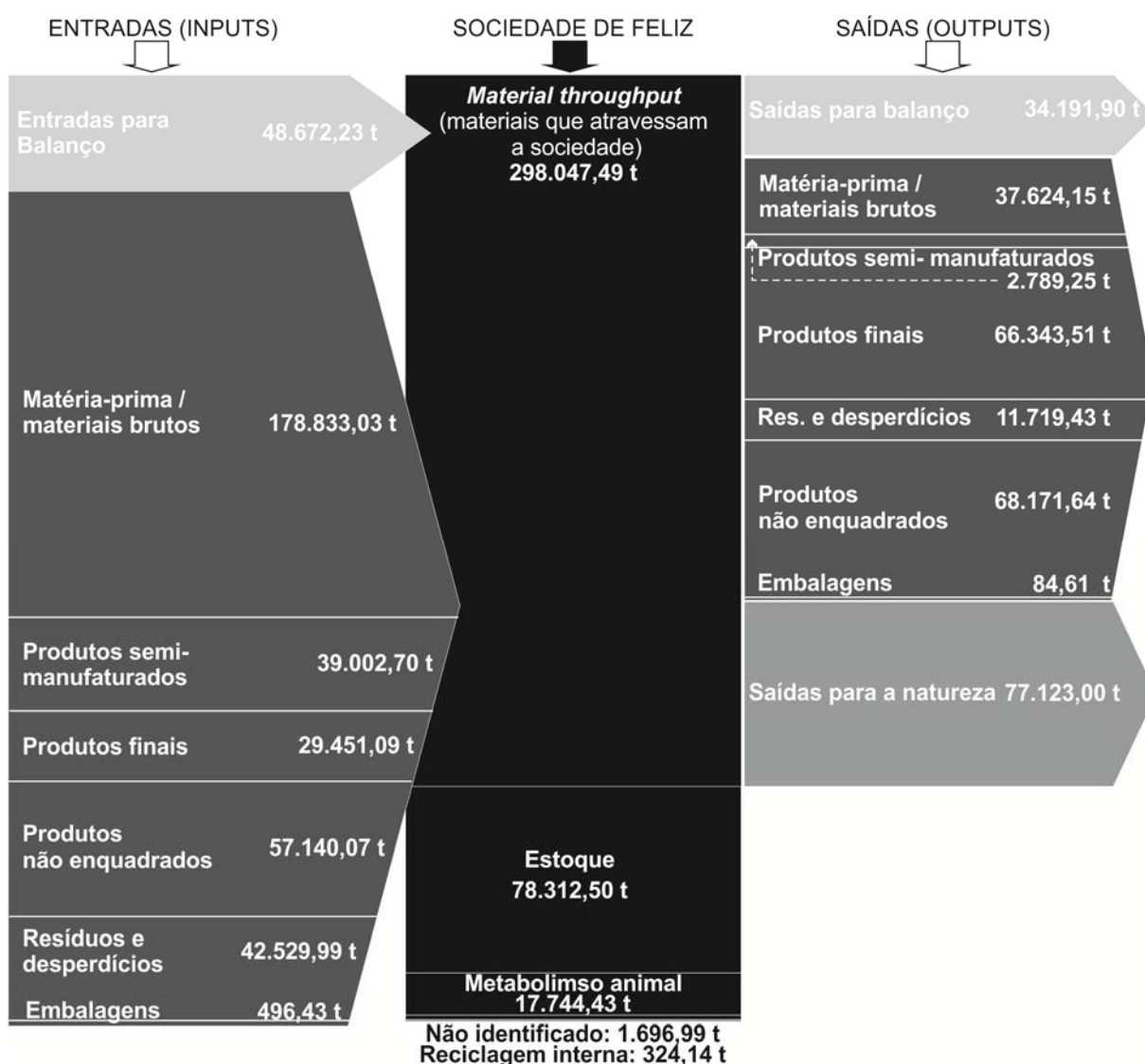


Figura 33: Fluxos de entrada e de saída do município de Feliz, em 2011, agrupados por nível de processamento, em toneladas.

Analisando-se, exclusivamente, as entradas (extração e importação somadas), têm-se que 51,4% são materiais brutos, 16,4%, materiais não enquadrados, 12,2%, resíduos e desperdícios da indústria, 11,2%, produtos semiacabados, 8,5%, produtos finais e 0,15% embalagens. As três categorias de maior representatividade têm como destino predominante os setores de atividade primária e secundária e incluem, entre os materiais mais significativos, argila extraída e importada (58.378,17 t), insumos para preparações utilizadas na alimentação de animais (57.920,79 t, dos quais, milho em grão soma 32.395,21 t), saibro extraído (25.455,67 t), areias naturais importadas (20.927,61 t) e preparações

utilizadas na alimentação de animais – rações (17.604,81 t). Juntos, esses cinco grupos de mercadorias representam pouco mais da metade das entradas (51,89% ou 180.287,05 t).

Nas exportações, os produtos não enquadrados e os produtos finais são os mais representativos, correspondendo a 36,5% e a 35,5%, respectivamente. Nessas categorias, os grupos de mercadorias de maior massa são: preparações utilizadas na alimentação de animais (36.292,89 t), tijolos e telhas cerâmicas (37.595,50 t), animais vivos para abate (12.782,18 t), máquinas agrícolas (8.021,23 t) e embalagens plásticas em formas planas (7.449,40 t). Os cinco grupos mencionados somam 102.237,15 toneladas, mais da metade das exportações (54,7%).

Materiais brutos, resíduos e desperdícios, produtos semiacabados e embalagens correspondem, em ordem, a 20,1%, 6,3%, 1,5%, 0,1% do restante dos fluxos exportados. Argila (16.668,2 t) e areia (8.472,96 t), materiais brutos, também se destacam entre as exportações.

Na Tabela 28 o consumo de materiais de entrada é distribuído por setores de atividades. Observa-se que o setor da indústria demanda a maior massa de recursos. Seguem, em demanda, os setores da construção civil e da pecuária, com valores muito próximos entre si. Cabe ressaltar, que, dos materiais consumidos pelo setor da construção, uma parcela é extraída no município e outras parcelas tem, possivelmente, origem no setor comercial e industrial de Feliz ou da região. Adicionalmente, observa-se que, dos materiais totais consumidos pelo setor da construção civil, a maior parte (37.183,2 t)<sup>55</sup> é destinada ao setor residencial, que edificou, no ano de 2011, 17.669,40 m<sup>2</sup> (Tabela 29). O consumo de saibro e cascalho para a manutenção de estradas foi o segundo destino mais significativo, demandando, no mínimo, 24.736,1 toneladas (parcela extraída no próprio município).

No que se refere à geração de resíduos e emissões, entre aqueles com origem identificada, o setor terciário é responsável pela maior parcela, particularmente devido às emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes da combustão de veículos de transporte individual e de gás liquefeito de petróleo (15.564,22 t). Considera-se que o setor terciário é aquele que melhor representa a parcela dos fluxos desencadeados pelo consumo residencial dos habitantes de Feliz.

O setor agropecuário corresponde ao segundo maior gerador de resíduos, particularmente devido aos dejetos animais (11.872,77 t). No setor da indústria, os resíduos sólidos e as emissões devido à combustão não apresentam grandes diferenças, correspondendo a 7.825,9 t e 6.190,63 t, respectivamente. Cabe lembrar que não foram estimadas as demais

---

<sup>55</sup> Estimativa realizada proporcionalmente à área construída.

emissões aéreas resultantes dos processos industriais e agropecuários, apenas aquelas associadas à combustão. A realização desses cálculos poderia aumentar a representatividade dos setores primário e secundário no conjunto, talvez ultrapassando o setor terciário.

Tabela 28: Entrada de materiais e resíduos e emissões do município de Feliz, no ano de 2011, por setor de atividade.

Setor de Atividade	Entrada de materiais		Resíduos e emissões devido à combustão <sup>1</sup>		Participação na arrecadação municipal <sup>2</sup> (R\$)
	(t)	(%)	(t)	(%)	
<b>Total</b>	<b>347.453,32</b>		<b>89.166,57</b>		
<b>Setor primário</b>	<b>90.591,33</b>	<b>31,9%</b>	<b>20.852,82</b>	<b>23,4%</b>	<b>33,4%</b>
Agricultura	28.262,49	8,2%	20.852,82	23,4%	33,4%
Pecuária	82.088,84	23,7%			
<b>Setor secundário</b>	<b>194.442,61</b>	<b>56,10%</b>	<b>20.360,93</b>	<b>22,8%</b>	<b>34,3%</b>
Indústria	112.515,92	32,5%	14.016,53	15,7%	34,3%
Construção civil	81.926,69	23,7%	6.344,40	7,1%	
<b>Setor terciário</b>	<b>27.215,65</b>	<b>7,9%</b>	<b>22.606,78</b>	<b>25,4%</b>	<b>32,3%</b>
Comércio, público, serviços e etc. <sup>4</sup>	27.215,65	7,9%	22.606,78	25,4%	32,3%
<b>Destino/origem não identificado</b>	<b>14.243,53</b>	<b>4,1%</b>	<b>25.346,04</b>	<b>28,4%</b>	<b>-</b>

<sup>1</sup> Inclui resíduos exportados para reciclagem e reciclagem interna.

<sup>2</sup> Fonte: Prefeitura Municipal de Feliz (2013).

<sup>3</sup> Estimativa proporcional a área construída em cada setor, a partir de informações fornecidas pelo setor de engenharia da Prefeitura Municipal de Feliz (2013).

<sup>4</sup> Resíduos e emissões do setor terciário incluem emissões decorrentes da combustão de gasolina e álcool por automóveis individuais.

Além de identificarem-se os setores de demanda de materiais, verificou-se, também, as principais origens e destinos geográficos dos fluxos desencadeados pelo município. A apresentação é realizada no item a seguir.

### 5.3.1 Origem e destino geográfico dos fluxos de materiais de Feliz

A Figura 34 decompõe os fluxos de importações e exportações por grupos quanto à sua origem e destino. O esquema apresenta cinco esferas, no qual a central corresponde ao sistema analisado, o sistema antropogênico de Feliz. Do interior para o exterior, a segunda esfera representa a natureza de Feliz, ou seja, os fluxos e estoques físicos e bióticos existentes, não decorrentes da ação humana. As esferas seguintes representam, respectivamente, o território rio-grandense, brasileiro e exterior. Para os três últimos níveis, não há distinção, na figura, entre o sistema antropogênico e a natureza. Entretanto, está implícito, que os fluxos de importações e exportações têm origem e destino em outras sociedades e economias, enquanto os resíduos direcionam-se à natureza.



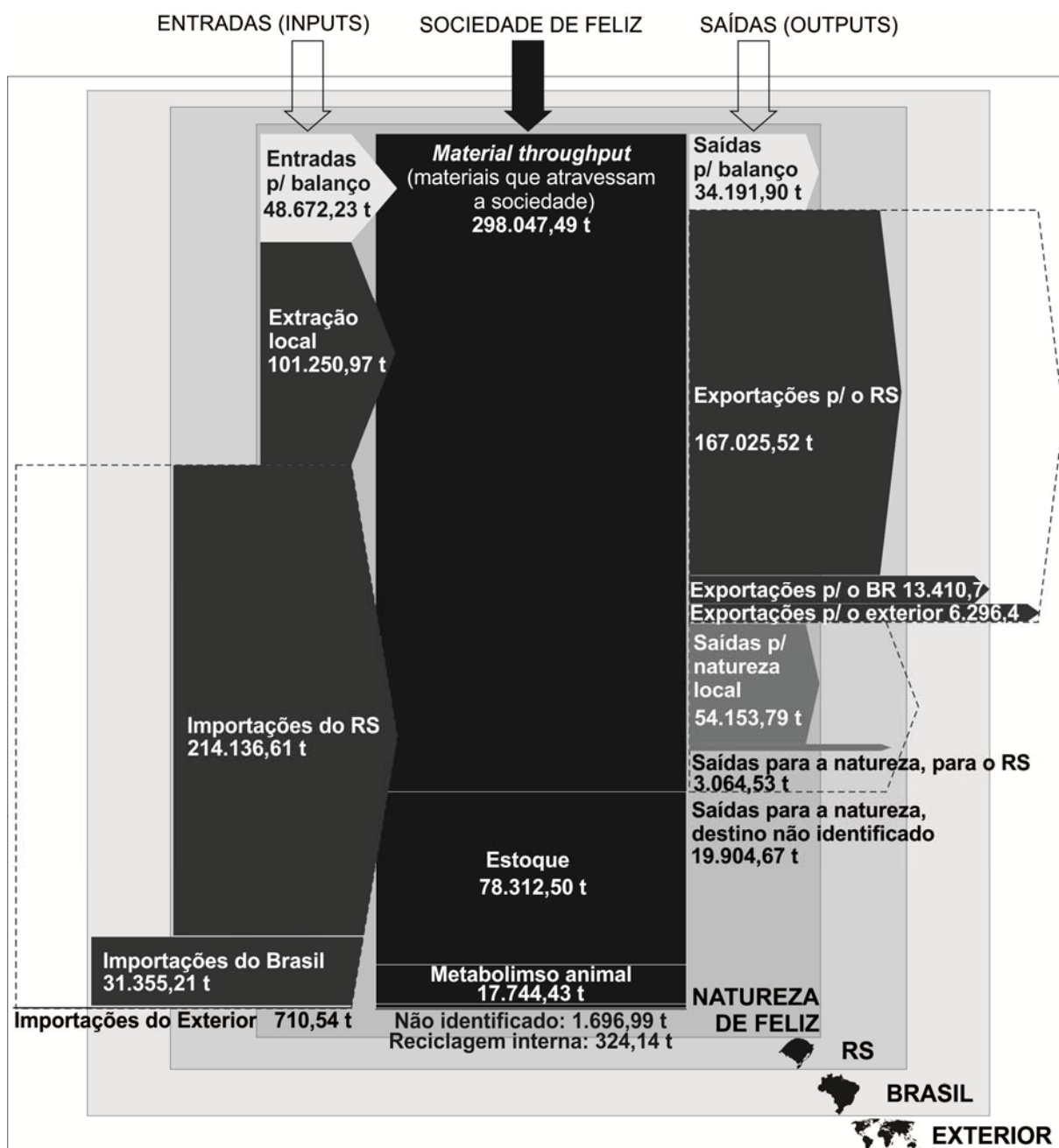


Figura 34: Fluxos de entrada e de saída do município de Feliz, em 2011, agrupados por origem e destino, em toneladas.

Cabe lembrar, que a fonte de dados para fluxos nacionais são as Notas Fiscais eletrônicas. As NF-e são registradas pelo estabelecimento emissor com o destinatário preciso, sendo possível identificar o caminho exato percorrido pela mercadoria. Entretanto, por motivos de sigilo fiscal, esse campo, nas notas disponibilizadas pela SEFAZ RS, apresentavam, apenas, quatro alternativas de preenchimento quanto à origem e ao destino das mercadorias: Feliz, outros municípios do RS, outras UF e outros países. A partir dessas

informações e das disponibilizadas pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, para fluxos internacionais de materiais, elaborou-se a figura anterior.

Conforme exposto, verifica-se que as transações realizadas pelo município envolvem, majoritariamente, outros municípios do Rio Grande do Sul. As importações do Estado representam 86,97% do total importado, enquanto, as do Brasil, 12,74% e as do exterior, apenas, 0,29%. Entre as mercadorias de importação internacional estão ferramentas e suas partes (240,96 t), plantas vivas - mudas de morango (240,17 t), máquinas industriais (106,8 t) e outras (122,61t).

Não são disponibilizadas informações sobre a origem e destino específicos de cada produto. O Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2012a) informa os principais países de destino e origem, apenas, em termos globais e em valores monetários (moeda norte-americana). Em termos monetários, em 2011, o município de Feliz importou do exterior, em mercadorias, o correspondente à US\$ 3.912.976. Entre os principais blocos econômicos, o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL) teve uma participação (monetária) de 50,63% nas importações, sendo exclusivas da Argentina. A Ásia (excluindo Oriente Médio) participou com outros 41,55%, predominando importações da China. A ALADI (exceto o MERCOSUL), União Europeia e Estados Unidos (inclusive Porto Rico) complementaram os 7,82% (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2012a).

Nas exportações, os fluxos de comércio internacional, embora ainda pequenos em relação ao total, assumem, tanto valores mássicos, quanto percentuais maiores, correspondendo, a 3,4%. Embora as importações globais do município sejam maiores, em massa, do que as exportações. No caso das transações internacionais ocorre o oposto: Feliz exporta para outros países 8,8 vezes mais, em massa, do que importa. Tomando-se como referência o depoimento do técnico da EMATER do município (PAGNONCELLI, 2013), admite-se, ainda, a possibilidade de que parte das 10.479,97 toneladas de frangos vivos, que deixam o município para serem abatidos em região vizinha seja, após o corte, encaminhada para o mercado externo. Nesse sentido, Tanimoto (2010, p. 96) afirma que o Brasil, no ano anterior, 2010, era o maior exportador de carne de frango, a qual é a *commodity* animal mais comercializada pelo país. Entre 1997 e 2005 as exportações nacionais de carne de frango quintuplicaram, subindo de 673 mil toneladas para 2,9 milhões de toneladas.

Entre os produtos diretamente destinados ao mercado externo, produtos de aço e ferro não especificados (provavelmente, equipamentos hidráulicos) representam a maior parte

(6.141,98 t), seguidas por ferramentas (132,72 t). Produtos de madeira, de papel e papelão, de plásticos e de borracha compõem a parcela restante (21,3 t). Apenas duas empresas, de Feliz, são responsáveis pela produção das mercadorias exportadas: uma de equipamentos hidráulicos e outra de ferramentas.

As exportações totalizaram US\$ 23.646.037, ou seja, seis vezes o valor monetário das importações. O principal bloco comprador internacional foi os Estados Unidos, com 80,21% da participação. A União Europeia (EU) teve participação em 10,42%. A Ásia (excluindo o Oriente Médio), ALADI (excluindo o MERCOSUL) e Canadá representam outros 7,86% (BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR, 2012a).

Conclui-se que Feliz contribui favoravelmente para a balança comercial brasileira. Entretanto, observa-se que a relação entre o valor monetário, por quilo de mercadoria movimentada, é maior nas importações (5,5 US\$/kg) do que nas exportações (3,7 US\$/kg). O que significa que o município reflete o padrão histórico do Brasil como um todo, reforçado pelo estudo de Tanimoto (2010), para o período entre 1997 e 2005, de importação de produtos com maior valor agregado do que os produtos exportados.

Já as exportações para outras Unidades da Federação, ao contrário das exportações internacionais, demonstraram valores menores, em massa, do que as importações correspondentes, tanto em termos absolutos, quanto em percentuais, correspondendo a 7,2% do total. O mesmo ocorre com as exportações para outros municípios do Rio Grande do Sul, as quais representam 89,4% das exportações totais.

Discutidos os principais destinos e origens geográficos dos fluxos do município de Feliz, apresenta-se, na seção seguinte, a composição desses materiais.

### **5.3.2 Composição dos fluxos de materiais do município de Feliz**

A Figura 35 apresenta uma síntese dos principais fluxos de entrada e de saída do município, por composição enquanto a Figura 36 apresenta um detalhamento da composição, por categoria de fluxos. Em termos globais, os produtos minerais representam metade da demanda material de Feliz (50,7% e 176.350,84 t). Minerais não metálicos compõem a maior parte (136.834,85 t). Minerais metálicos somam 39.515,99 toneladas.

Materiais renováveis (biomassa) correspondem 39,1% (135.886,74 t), enquanto combustíveis fósseis constituem, apenas, 6,3%. A parcela restante é de produtos não enquadrados (3,9%).

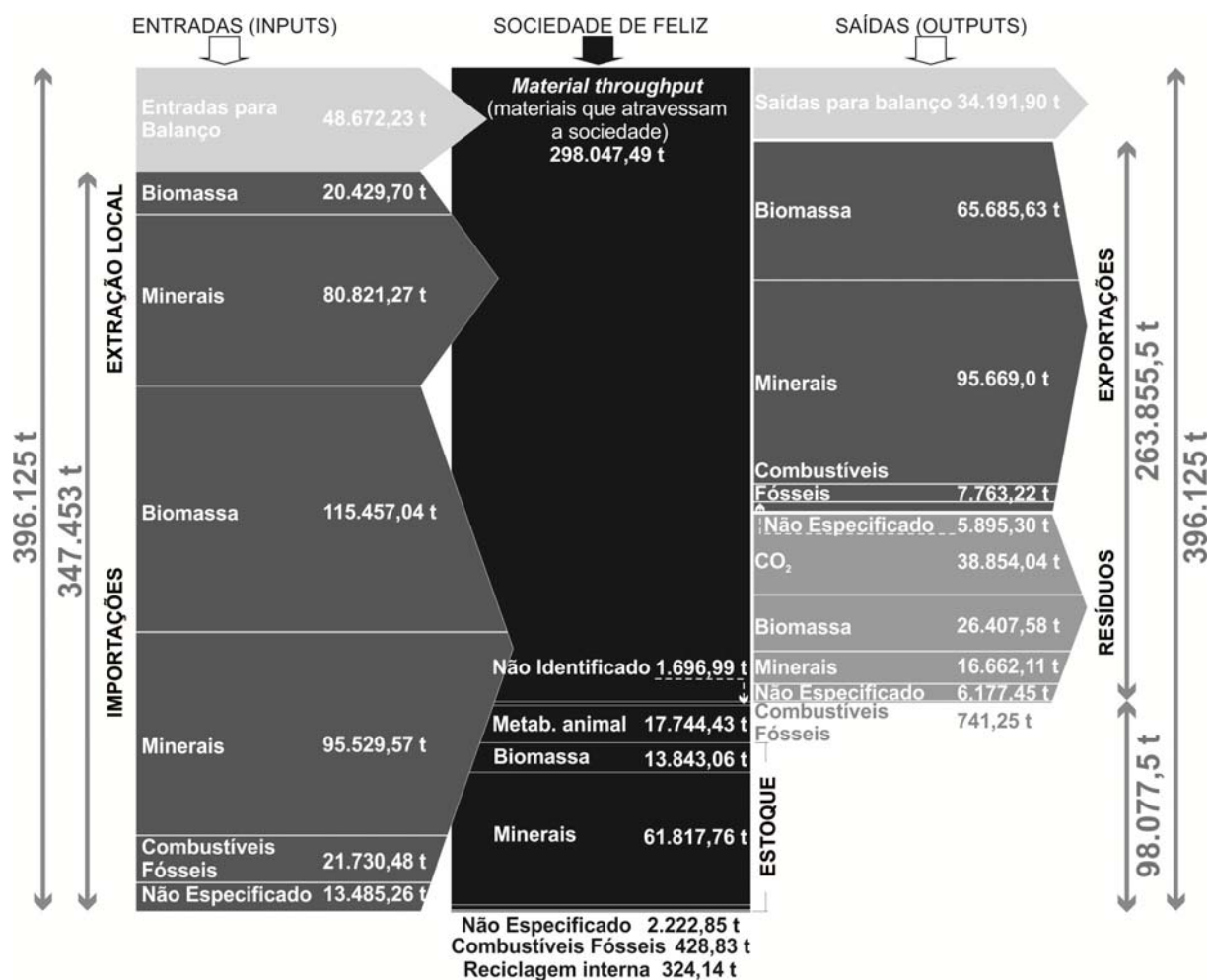


Figura 35: Fluxos de materiais do município de Feliz, no ano de 2011, por composição, em toneladas.

A alta fração de minerais nas demandas totais é decorrente das atividades industriais (92.622,73 t) e das atividades da construção civil (80.353,88 t). A elevada participação da indústria no consumo de minerais, em relação ao setor da construção civil, pode ser uma particularidade do município, por apresentar concentração de indústrias cerâmicas e do setor metal mecânico (ver Tabela 28).

No que se refere às demandas da construção civil, provavelmente os resultados encontrados neste estudo reflitam, a realidade nacional e gaúcha do setor, que, segundo Fochezatto e Ghinis (2011), tem seguido uma trajetória de crescimento exponencial, particularmente em termos de produção, nas duas últimas décadas. Entretanto, cabe observar que, a julgar pela área das construções aprovadas pelo Setor de Engenharia da Prefeitura Municipal de Feliz (2013), nos últimos sete anos, talvez, o ano de 2011 tenha sido um ano atípico.



Observa-se, pela Tabela 29, que a variação, ao longo do período não segue um padrão claro e que, as construções aprovadas em 2011, para o setor residencial, apresentam uma área construída significativamente superior às dos demais anos.

Tabela 29: Área construída e regularizações de obras, no município de Feliz, no período entre 2006 e 2012.

Setor	Área construída anual (m <sup>2</sup> )						
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Comercial e serviços	11.559	10.471	5.750	6.305	7.204	1.533	494
Industrial	376	1.574	8.549	330	803	2.017	6.621
Residencial	9.396	9.228	10.044	15.335	11.108	17.669	12.373
Misto (residencial e comercial)	-	-	-	-	1.385	5.957	5.348
<b>TOTAL</b>	<b>21.331</b>	<b>21.273</b>	<b>24.343</b>	<b>21.970</b>	<b>20.500</b>	<b>27.176</b>	<b>24.836</b>

Fonte: Prefeitura Municipal de Feliz, Setor de Engenharia (2013).

Quanto às entradas de materiais de biomassa, o setor da pecuária é responsável por 60% da demanda (81.953,52 t). Esse fator, provavelmente, explique a elevada proporção de materiais renováveis, nas entradas totais, se estabelecida uma comparação com os resultados obtidos em estudos prévios, da literatura. Essa demonstração será feita adiante.

Das 21.730,48 toneladas de materiais da composição combustíveis fósseis, metade das entradas (10.766,41 t) foram gases e líquidos usados para a combustão. Destes, o de óleo diesel foi o mais significativo (5.366,40 t), seguido pela gasolina (3.594,25 t). Estes dados demonstram o papel do setor de transporte no consumo de materiais de fonte fóssil, no município. Enquanto o óleo diesel, no Brasil, é, predominantemente, utilizado no transporte rodoviário, a gasolina é quase que exclusivamente consumida por veículos privados de passageiros (BRASIL, 2012).

Em dezembro de 2011, Feliz apresentava uma frota de 4.389 automóveis, enquanto, em 2001, essa frota representava 2.456 automóveis (BRASIL; MINISTÉRIO DAS CIDADES; DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN, 2011). Observa-se um crescimento de 78,7% em uma década, superior ao do Estado do Rio Grande do Sul, que foi de 56,7%. A população do município, no mesmo período apresentou um crescimento de apenas 9,1% (cálculo a partir de informações do IBGE Cidades).

Essas características refletem o fenômeno de aumento do poder aquisitivo da população brasileira, associado a incentivos fiscais para a produção nacional e, proporcionalmente, baixos investimentos em transportes públicos. Apresentados os principais resultados da caracterização dos fluxos de materiais do município de Feliz, nas seções seguintes são apresentados os indicadores calculados, segundo o padrão Eurostat (2001) e são realizadas comparações dos mesmos indicadores estimados para o Brasil, com base no ano de 2005.

INDICADORES DE fluxos de materiais de Feliz em relação aos caracterizados por pesquisas prévias

A tabela 30 apresenta, nas colunas destacadas, à esquerda, os indicadores derivados da AFM de Feliz, no ano de 2011, per capita e em termos absolutos. Nessa tabela, também são expostos, nas demais colunas, os resultados da AFM do Brasil, per capita, em três anos distintos. Os indicadores apresentados foram calculados, conforme proposto por Eurostat (2001) e apresentado na seção 3.5.5, página 80. Os indicadores TMR (*Total Material Requirement*) e TMC (*Total Material Consumption*), apresentados na AFM do Brasil, não puderam ser calculados, no presente trabalho, pois também não se estimaram os fluxos ocultos.

Ainda que haja diferenças temporais e metodológicas entre os estudos apresentados, é possível a realização de uma comparação relativa, considerando-se as tendências observadas nos anos para os quais foram estimados os indicadores brasileiros.

No que se refere aos indicadores de entrada, Feliz, em 2011, demandou uma entrada direta de materiais, DMI (*Direct Material Input*), per capita, correspondente ao dobro do que o país, no ano de 2005. Apesar do tempo transcorrido, a julgar pelo padrão de crescimento desse indicador, no contexto nacional, nos três anos avaliados, ele ainda seria inferior ao de Feliz no ano de 2011. Das entradas totais, no Brasil, 97% tem origem na extração interna (TANIMOTO, 2010), enquanto, no município de Feliz, a maior parcela (70,86%) tem origem nas importações de outros municípios, UFs e países. Essa constatação parece coerente ao se observar que o país como um todo tende a ser mais independente dos fluxos externos do que seus municípios isoladamente, visto que territórios pequenos, dificilmente, terão uma disponibilidade de recursos muito diversificada. Schulz (2007), observa que, nos estudos prévios, a dominação dos fluxos de comércio, excedendo a extração doméstica, também distingue os resultados das AFM de territórios locais das AFM nacionais.

A saída direta de materiais, DMO (*Direct Material Output*) de Feliz, em 2011, também foi superior à nacional, em 2005, embora sem o mesmo distanciamento obtido na comparação do DMI. Mas, ainda que as saídas, em Feliz, tenham sido maiores como um todo, os resíduos e emissões para a natureza, individualmente, corresponderam a menos da metade das correspondentes saídas brasileiras, per capita, nos anos avaliados.

Com base na análise dos indicadores DMI e DMO, conjuntamente, observa-se que os fluxos que atravessam o município são, proporcionalmente, maiores do que aqueles que atravessam o país. Essa constatação parece também estar relacionada ao fato do Brasil

como um todo ser mais independente dos fluxos externos do que seus municípios isoladamente. Mesmo sendo um município produtivo, Feliz, como outros municípios de pequeno porte, é especializado em certas atividades. Assim, supre outras regiões com uma variedade limitada de mercadorias e demanda, do exterior, uma diversidade muito maior de materiais para suprir suas demais necessidades, incluídos os insumos para a produção primária e secundária.

Tabela 30: Indicadores derivados da AFM de Feliz (2011) e do Brasil (1997, 2001 e 2005).

Indicador	Brasil <sup>(1)</sup>			Feliz	
	1997	2001	2005	2011	
	(t/cap)			(t/cap)	(t)
<i>DMI</i>	11,29	12,25	14,39	27,93	347.453
<i>TMR</i>	25,84	26,30	30,77	(2)	(2)
<i>DPO</i>	(2)	(2)	14,48 <sup>(3)</sup>	(4)	(4)
<i>LEPO</i>	(2)	(2)	14,48 <sup>(3)</sup>	6,2	77.123
<i>DMO</i>	(2)	(2)	16,45	21,21	263.856
<i>DMC</i>	10,14	10,83	12,42	12,92	160.721
<i>TMC</i>	19,85	20,04	23,17	(2)	(2)
<i>NAS</i>	(2)	(2)	9,41	6,28	78.073

Notas: <sup>(1)</sup> Fonte: Tanimoto (2010); <sup>(2)</sup> Os campos vazios significam fluxos não estimados; <sup>(3)</sup> No caso do Brasil LEPO seria equivalente a DPO; <sup>(4)</sup> DPO não foi estimado por haver uma parcela dos resíduos cujo destino, se local ou exterior, não pode ser identificado.

No que se refere ao consumo, os resultados dos indicadores *DMC (Direct Material Consumption)* para o Brasil e para Feliz, são muito próximos, na Tabela 30, o que sugere, ao se observar a progressão brasileira, que o consumo nacional seria ligeiramente superior ao do município no ano de 2011.

A distância entre *DMI* para o *DMC* também é informativa. Ela demonstra que, dos recursos diretos demandados pelo município, em 2011, 76% foi destinado ao consumo interno ou doméstico. No país, nos anos 1997, 2001 e 2005, o consumo interno demandava 90%, 88% e 86%, respectivamente, das entradas diretas.

A relação entre *DMIs* e *DMCs* nacional e municipal identificada no presente trabalho, na qual os valores municipais tendem a ser superiores ou iguais, é o oposto da relação encontrada por Barles (2009) para Paris, se comparada com a França. No estudo da realidade francesa, a autora constatou que o *DMI* e *DMC* per capita tende a aumentar, à medida que se amplia a região geográfica de análise. Esses resultados podem ser observados na Tabela 31, que compara o *DMC* de Feliz com os obtidos nas pesquisas prévias para nove cidades ou regiões metropolitanas. Também estão demonstrados, quando disponíveis, os *DMCs* dos países aos quais os municípios fazem parte. Observa-se que, o



consumo e a demanda direta de materiais identificados, em Paris, foram menores, por habitante, do que os estimados para as regiões circundantes e para o país como um todo.

Paris é uma cidade com pouca produção, ou seja, mais dependente, em comparação às regiões em que está circunscrita. Então, como demanda e consome menos recursos do que as demais regiões? Barles (2009) apresenta três proposições, cuja discussão pode contribuir com a análise dos resultados encontrados no presente trabalho. A primeira, e que parece convergir com os resultados obtidos na caracterização dos fluxos de materiais de Feliz, é que as atividades produtivas desencadeiam significativamente maiores entradas em termos de conteúdo material, do que produzem em termos de saídas de bens e de mercadorias. A parcela transformada em resíduos e em emissões permanece atribuída ao DMC da região produtora.

Tabela 31: Consumo de materiais no município de Feliz em relação ao casos prévios, caracterizados na literatura.

Localidade (abrangência territorial)	Ano	População (* 1000)	Área (Km <sup>2</sup> )	DMC <sub>corrigido</sub> (t/cap)	DMC (t/cap)
<b>Município de Feliz</b>	<b>2011</b>	<b>12,4</b>	<b>95,4</b>	<b>10,18</b>	<b>12,92</b>
Montevideu (região metropolitana) <sup>2</sup>	2009	3.241,0	530	( <sup>1</sup> )	<b>5,82</b>
	2002	( <sup>1</sup> )	530	( <sup>1</sup> )	<b>2,84</b>
Palermo (província) <sup>3</sup>	2005	1.198,6	4.990,0	( <sup>1</sup> )	<b>18,40</b>
Lisboa (sem região metropolitana) <sup>4</sup>	2004	560,0	83,8	( <sup>1</sup> )	<b>20,08</b>
Portugal	2004	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>15,66</b>
Paris <sup>5</sup>	2003	2.166,0	105,0	<b>5,00</b>	<b>2,20</b>
Grande Paris	2003	6.321,0	762,0	<b>4,60</b>	<b>3,00</b>
Região Île-de-France	2003	11.259,0	12.012,0	<b>7,10</b>	<b>7,10</b>
França	2003	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>13,2</b>
Limerick (centro) <sup>6</sup>	2002	( <sup>1</sup> )	3.092,0	( <sup>1</sup> )	<b>15,54</b>
Limerick (região metropolitana) <sup>7</sup>	2002	86,99	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>22,6</b>
Hamburgo (centro) <sup>8</sup>	2001	1.537,9	755,0	( <sup>1</sup> )	<b>8,20</b>
Hamburgo (área urbana) <sup>8</sup>	2001	3.264,0	8.616,0	( <sup>1</sup> )	<b>11,40</b>
Leipzig (Área urbana) <sup>8</sup>	2001	1.091,7	4.385,0	( <sup>1</sup> )	<b>25,30</b>
Viena (centro) <sup>8</sup>	2001	1.550,0	415,0	( <sup>1</sup> )	<b>5,00</b>
Viena (área urbana) <sup>8</sup>	2001	2.120,0	4.596,0	( <sup>1</sup> )	<b>8,80</b>
Grande Londres <sup>9</sup>	2000	7.400,0	1.750,0	( <sup>1</sup> )	<b>8,47</b>
Singapura (cidade-estado) <sup>10</sup>	2002	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>14,0</b>
	2000	4.002,0	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>53,8</b>
	1995	3.481,0	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>17,6</b>
	1965	1887,0	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	<b>3,3</b>

<sup>1</sup> Não informado;

Fontes: <sup>2</sup>Mimbacas (2012); <sup>3</sup>Femia e Falcitelli (2009); <sup>4</sup>Niza (2007); <sup>5</sup>Barles (2009); <sup>6,7</sup>Browne; O'Regan; Moles (2009); <sup>8</sup>Hammer et al (2006); <sup>9</sup>Best Foot Forward (2002); <sup>10</sup>Schulz (2007).

Analisando-se a Tabela 31, percebe-se que o município de Feliz apresenta o quinto maior DMC per capita, à frente de muitas capitais com irrisória produção primária e secundária. Sem a correção do indicador DMC (DMC corrigido) proposto por Barles (2009), que desconta das entradas os resíduos importados, a ordenação poderia ser diferente, reduzindo a distância entre os DMCs de municípios produtivos e consumidores. Entretanto, este cálculo foi realizado, apenas para Feliz e para Paris (quinta coluna da Tabela 31).

Ainda que haja significativa diferença temporal e metodológica entre os estudos, é possível observar que os quatro casos com maiores DMCs (Leipzig, Lisboa, Singapura e Limerick) correspondem a municípios com significativa atividade do setor da construção civil<sup>56</sup>. Consequentemente, os minerais de construção correspondem à parcela mais expressiva do consumo total dessas cidades.

Também se observa que o setor secundário apresenta uma significativa participação na economia de três dos quatro casos com maiores DMC. Apenas a cidade de Lisboa apresenta uma produção industrial residual. Em Leipzig, destacam-se as indústrias montadoras de veículos, bem como as empresas relacionadas à sua cadeia produtiva<sup>54</sup>. Em Singapura, as refinarias petroquímicas constituem o setor mais representativo no consumo global da cidade-estado (SCHULZ, 2007). Para o caso de Limerick, a pesquisa de Browne et al. (2009) não apresenta especificações dos setores mais representativos da indústria.

Dessas observações é possível constatar que, entre os casos apresentados, os setores da construção civil e industrial tendem a representar as maiores demandas materiais. O oposto também ocorre nos dois casos com menores DMC: Paris e Viena são centros urbanos com produção industrial insignificante e baixa taxa de atividade da construção civil. Não foi possível identificar as razões do relativamente baixo consumo de Montevideú.

Pela lógica discutida acima, há, realmente, indicativos de que as cidades produtivas tendem a apresentar DMCs superiores àquelas não produtivas ou focadas no setor terciário. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com essa proposição. Entretanto, uma particularidade do caso do município de Feliz, em relação aos demais, é a presença do setor primário. Em nenhum dos municípios já caracterizados na literatura ele é significativo. Os resultados encontrados no presente estudo demonstram que as demandas materiais diretas desse setor são equiparáveis às do setor secundário da economia do município. Assim, em

---

<sup>56</sup> As informações acerca das atividades da construção civil e do setor industrial são extraídas das publicações de Niza (2009), Schulz (2007) e Browne et al. (2009), para os casos de Lisboa, Singapura e Limerick, respectivamente. Informações sobre Leipzig foram extraídas do site da administração municipal: <http://www.leipzig.de/>.

Feliz, as demandas do setor da construção não são as mais significativas, como ocorre nos demais estudos de casos para os quais se estimaram altos DMC.

No setor primário, as atividades pecuárias parecem ser, proporcionalmente, muito mais demandantes de recursos do que as atividades agrícolas. O setor pecuário de Feliz, isoladamente, é responsável por um DMC *per capita* (2,28 t/cap) equivalente ao consumo, *per capita* de Paris, como um todo. A relação material entre entradas e exportações materiais é extremamente alta na produção pecuária. Para cada tonelada de frango vivo exportado são demandadas 1,97 toneladas de entradas materiais, permanecendo 0,97 toneladas computadas ao DMC do município produtor. No caso de animais maiores, com ciclo de engorde superior, como o gado de corte, cada tonelada viva exportada representa 5,6 toneladas adicionadas ao DMC do município produtor. Se os animais forem convertidos em carne e outros produtos dentro do mesmo município, o DMC do produtor equivalerá a cerca de 11,8 toneladas, para cada tonelada de mercadoria exportada. Ou seja, o DMC relacionado à produção de mercadorias de origem bovina é 11,8 vezes maior do que o DMC associado ao consumo do produto final.

Embora pareça ser uma ideia simples a de que cidades produtivas, pela lógica já discutida, apresentem DMCs superiores àquelas não produtivas, o presente estudo é o primeiro que efetivamente caracteriza um município com significativa produção primária *per capita* e, por conseguinte, traz evidências que corroboram essa suposição.

Da discussão apresentada nos parágrafos acima, deduz-se, que os indicadores DMI e DMC, quando analisados isoladamente induzem a um viés interpretativo ainda não muito bem resolvido pela comunidade científica voltada à AFM. A estimativa dos fluxos indiretos, conforme proposto por Eurostat (2001), visa reduzir esse viés, agregando ao município consumidor do produto final, através do indicador denominado *Total Material Consumption* (TMC), a parcela de materiais brutos demandados para a sua produção. Entretanto, pelo que se pode constatar, até o momento, fluxos indiretos ainda são capturados com dificuldade. Além disso, uma série de incertezas está relacionada à sua estimativa, sobretudo ao se adotar valores médios, a partir de bancos de dados. Salienta-se que não se encontraram estudos na escala local que os quantifiquem, sendo, então, impossível de avaliar os seus resultados.

A discussão acerca da representatividade do indicador DMC, como medida de consumo de uma sociedade, não é nova; ela é indiretamente abordada em documentos que tratam a

gestão e o uso dos recursos naturais pelas economias nacionais da comunidade europeia<sup>57</sup>. Estudos de AFM nacionais, como o de Niza e Ferrão (NIZA; FERRAO, 2006), identificaram que, à medida que as economias tradicionais evoluem, as taxas de crescimento no setor de construção se atenuam e o setor de serviços se torna dominante. Analisando-se o perfil e o DMC dos municípios da Tabela 31, parece que, na escala local, essa constatação também é aplicável.

Entretanto, o estudo desenvolvido no presente trabalho e aquele desenvolvido por Tanimoto (2010) trazem evidências de que o modelo de desenvolvimento praticado pelo Brasil e por seus municípios de pequeno porte não caminha no mesmo sentido da tendência descrita por Niza e Ferrão (NIZA; FERRAO, 2006): as taxas de crescimento do setor da construção permanecem altas e a economia continua voltada aos setores primários e secundários.

A Comunidade Europeia parece reconhecer que, mesmo que as estatísticas europeias sobre o consumo de recursos mostrem números decrescentes, as cargas ambientais podem apenas ter sido deslocadas para países em desenvolvimento, onde a mão de obra é mais barata e as normas ambientais menos rigorosas (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA, 2005). No caso da realidade francesa, por exemplo, em todos os níveis de análise, os fluxos para a natureza excedem a exportações comerciais, segundo Barles (2009). É o oposto do que se observa nas caracterizações brasileiras.

Enquanto os municípios dos países desenvolvidos aspiram migrar para a economia de serviços, os municípios brasileiros e, particularmente, os de pequeno porte parecem permanecer concentrando esforços na atração de investimentos, favorecendo atividades vinculadas à produção secundária e primária.

Este quadro indica que, diferentemente do que ocorre nos países desenvolvidos, no Brasil, talvez seja ainda mais urgente abordar a questão do desenvolvimento sustentável e, particularmente do consumo de recursos, a partir dos pequenos municípios. Políticas públicas específicas e estudos para melhor compreensão dessa realidade são fundamentais para que se evite a depleção dos recursos naturais e dos ecossistemas, com menores níveis de interferência antrópica no território nacional.

Retomando-se a discussão acerca das comparações entre DMC obtidos para Feliz e em pesquisas prévias, cabe ressaltar que as atividades produtivas provavelmente não sejam a única força responsável pelo relativamente alto consumo verificado no presente trabalho.

---

<sup>57</sup> Um exemplo é a publicação *Sustainable use and management of natural resources* (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA, 2005).

Cabe, novamente, comparar-se os resultados obtidos na presente pesquisa com os estimados por Barles (2009), além de se avaliar os argumentos propostos apresentados pela autora. Segundo a ela, outra provável justificativa para a ocorrência de menores DMCs e DMIs em regiões menos produtivas, seria o fato de que as atividades de construção e o estoque adicionado sejam menos intensas em locais mais densamente construídos ou mais “saturados” de materiais. Transferindo essa discussão para o contexto brasileiro, verifica-se que essa hipótese não parece justificar a maior demanda material de Feliz em relação ao Brasil, pois as atividades do setor da construção civil não se limitam ou se concentram em municípios e regiões menos densamente construídos. As capitais brasileiras ainda dispõem de oferta de terrenos e presenciaram um aumento da produção da construção civil na última década (FOCHEZATTO; GHINIS, 2011).

Entretanto, há que se considerar, que o elevado DMI per capita de Feliz, em relação ao nacional, pode estar refletindo o fato de que o setor da construção, no Estado do Rio Grande do Sul, registrou, segundo a análise de Fochezatto e Ghinis (2011), uma taxa de crescimento anual média significativamente superior à nacional nas décadas de 1990 e 2000.

Em uma terceira hipótese para explicação da ocorrência de DMCs superiores em regiões mais produtivas, Barles (2009) especula relações entre a densificação urbana das diferentes regiões estudadas e o consumo de recursos. A autora sugere que a demanda de combustíveis fósseis e de materiais de construção pode ser maior nas regiões menos densas, em função das superiores redes de infraestrutura (viária e outras) e exigências de deslocamentos *per capita*. Essa é uma ideia já difundida e muito controversa na literatura acerca do planejamento urbano.

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, observa-se que o consumo de gasolina tipo C, no município de Feliz, foi de 288,9 kg/*per capita*, enquanto que o consumo médio nacional foi de 105,54kg/*per capita*<sup>58</sup>. Este consumo de combustível, provavelmente, é o que melhor representa as demandas do transporte individual no contexto nacional. Entretanto, ainda que o consumo de combustível de Feliz seja praticamente o triplo da média nacional, não é possível afirmar que ele esteja relacionado, parcial ou exclusivamente, aos padrões de uso do solo do município. Há grande possibilidade de que o consumo seja reflexo da precária disponibilidade de transporte público, sobretudo na área rural do município. Também pode haver influência de fatores culturais ou do poder aquisitivo da população,

---

<sup>58</sup> Consumo médio nacional estimado a partir dos dados de consumo total nacional, disponibilizados pelo Balanço Energético Nacional e pelo Censo Demográfico.

embora, o PIB (produto interno bruto) médio felizense (R\$ 19.274,50/ per capita), em 2010, tenha sido pouco superior ao nacional (R\$ 19.016/ *per capita*)<sup>59</sup>. Além disso, outros fatores como diversidade de usos parecem ter um impacto tão significativo quanto a densidade, nas demandas de deslocamentos.

Da mesma forma, ainda que o consumo de materiais de construção seja significativo, o conjunto da demanda por materiais de Feliz, uma parcela de, apenas, 7% (saibro e cascalho) dos fluxos de entrada pode ser, diretamente, atribuída à construção da infraestrutura urbana. Análises mais profundas, em um maior número de casos e cruzamentos com outros dados precisam ser desenvolvidos para que se estabeleçam relações seguras entre padrões de uso do solo e consumo de recursos.

Análises comparativas de fluxos específicos também poderiam ser desenvolvidas, mas poucos estudos apresentam resultados desmembrados. Fluxos de alimentos são apresentados para três estudos prévios, permitindo comparação. Seus resultados estão demonstrados nas três últimas colunas da Tabela 32. Grifados estão os valores correspondentes ao município de Feliz. Também estão incluídos os valores correspondentes ao consumo de alimentos de cinco capitais brasileiras, estimados pela Pesquisa de Orçamentos Familiares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010c). Novamente, cabe ressaltar as diferenças metodológicas entre as pesquisas, o que fragiliza as comparações. Entretanto, considerou-se particularmente útil, na presente pesquisa, confrontar-se as estimativas de consumo de alimentos, pois se considera que os fluxos da agricultura sejam os mais informais, portanto, mais sujeitos a subestimativas.

Tabela 32: Consumo de alimentos no município de Feliz, em relação ao casos prévios, caracterizados na literatura.

Consumo (kg/ano/cap.)	Feliz (2011)	Porto Alegre (2009)	Rio de Janeiro (2009)	São Paulo (2009)	Curitiba (2009)	Brasília (2009)	Montevidéu (2009)	Paris (2003)	Londres (2000)
Alimentos	386,75	340,18	289,83	309,45	352,51	377,38	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	452,17
Bebidas e infusões	255,94	50,41	25,99	36,85	44,40	36,09	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )	233,76
Consumo total	642,69	390,59	315,82	346,30	396,91	413,48	806,65	1.788,50	685,93

<sup>1</sup> Não informado;

Fontes: Informações de consumo das capitais brasileiras foram extraídas da Pesquisa de Orçamentos Familiares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010c). Informações acerca do consumo de Montevidéu, Paris e Londres foram obtidas de, respectivamente, Mimbacas (2012), Barles (2009) e Best Foot Foward (2002).

<sup>59</sup> Dados extraídos, respectivamente, do Censo Demográfico e do site IBGE Cidades

Os resultados da Tabela 32, demonstram que o consumo total de alimentos (incluindo bebidas) no município de Feliz é inferior ao dos casos prévios caracterizados na literatura. Entre eles, destaca-se o consumo de Paris, que, segundo Barles (2009), justifica-se pela demanda de turistas que visitam a cidade. No consumo de Londres, supõe-se que a visitação turística, além da comutação diária de trabalhadores seria responsável por um elevado consumo. Entretanto, a diferença em relação aos resultados obtidos para Feliz demonstra pouca diferença no consumo per capita. Em relação à Montevideu, não foi possível identificar características da cidade que justificassem a elevada demanda alimentar comparada com Feliz e Londres. Ocorre que Mimbacas (2012) comparou-a, apenas com Paris, e, assim, considerou o consumo de Montevideu baixo, atribuindo aos turistas da capital francesa, a margem de diferença.

Comparativamente às capitais brasileiras, o consumo de alimentos sólidos, isoladamente, do município de Feliz é ligeiramente mais alto. Consideram-se duas justificativas para esse consumo superior: a) a informalidade de parte da venda da produção agrícola, portanto não identificadas nas saídas capturadas através das NF-e e das vendas à CEASA; b) as perdas e desperdícios da produção, não comercializada.

Enquanto o consumo de alimentos é ligeiramente superior, o consumo de bebidas é significativamente maior. Essa diferença pode ser devida às diferenças entre os métodos empregados em cada pesquisa. Mas, também podem ter relação com hábitos culturais e com a realização de festas locais, onde a tônica é o consumo de cerveja, e que atraem um grande número de turistas. Analisando-se em detalhe, observa-se que a demanda de cerveja, em Feliz, corresponde a 34,8% do total. Para as outras cidades não há discriminação do consumo, o que impossibilita outras análises.

A comparação do consumo de alimentos poderia ser realizada para outros grupos de produtos, tendo em vista o nível de detalhamento dos resultados obtidos com o detalhamento metodológico desenvolvido no presente trabalho. Dessa observação, pode-se constatar que os resultados das AFM de municípios fornecem um gama de dados, interessantes para diversas áreas do conhecimento; não apenas, embora particularmente, para aquelas vinculadas ao desenvolvimento municipal. Há, ainda, possibilidade de relacionamento desses dados com outros e com outras ferramentas, dando origem a uma variedade ainda maior de possíveis análises e tópicos de investigação. No item a seguir, aprofunda-se essa discussão, em uma reflexão abrangente dos resultados obtidos.

## 5.4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DOS RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS DE MATERIAIS DO MUNICÍPIO DE FELIZ, SEUS POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS E POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Os resultados apresentados no presente capítulo demonstram algumas fragilidades e aspectos a serem mais bem desenvolvidos no detalhamento metodológico proposto no presente trabalho. Entretanto, o nível de detalhamento das informações obtidas também demonstra o potencial de exploração da AFM, no contexto nacional, como ferramenta de investigação e compreensão das relações físicas entre municípios, seu ambiente e demais territórios.

No presente trabalho, optou-se por não relacionar os resultados obtidos com ferramentas de avaliação ambiental, particularmente com ferramentas de Análise do Ciclo de Vida, face às limitações do estágio de desenvolvimento dessas ferramentas, especialmente no contexto nacional. Como discutido nas seções 3.9.2.2 e 3.10 (páginas 129 e 138) considera-se que a conversão dos resultados obtidos, no presente trabalho, em dados agregados a impactos ambientais finais, baseados em bancos de dados estrangeiros, seria cientificamente frágil e frustraria os esforços de se obter uma maior precisão na caracterização dos fluxos de materiais.

Além disso, a vinculação de qualquer causa a impactos ambientais finais ainda é muito incerta, considerando-se os atuais limites do conhecimento científico e a complexidade dos mecanismos ambientais decorrentes dos processos e atividades humanas. A partir dessa constatação, conclui-se que seria questionável buscar apontar uma resposta definitiva e absoluta quanto ao desempenho ambiental do município de Feliz.

Em contrapartida, julga-se que, por si só, os fluxos de materiais são indicativos de potenciais impactos, visto que, nos modelos de representação das cadeias de causa e efeito, são eles que originam as alterações no ambiente. Não se ignora, entretanto, que fluxos de diferentes materiais impliquem em impactos finais diversos.

Assim, pondera-se que, a abordagem da AFM ainda tem um grande potencial a se explorar, no sentido de vincular seus resultados a impactos ambientais potenciais e reais. Particularmente útil seria o seu relacionamento com informações de uso do solo ou com ferramentas de geoprocessamento, buscando conectar os fluxos de materiais às alterações na paisagem do município. Uma análise restrita e simplória demonstra que, apenas as



atividades da agricultura, em Feliz, são responsáveis por alterações diretas em uma área correspondente a 52,3% do território do município<sup>60</sup> - sem mencionar as alterações indiretas, relacionadas ao uso de pesticidas, fertilizantes e água. Análises mais aprofundadas de Feliz, em específico, poderiam ser realizadas cruzando-se as informações obtidas com aquelas geradas na dissertação de mestrado de Souza (2012), que produziu um mapa georeferenciado do uso do solo do município.

Visualiza-se, também, outra potencial associação com ferramentas de geoprocessamento, fornecendo uma hierarquização dos municípios quanto à sua demanda e fornecimento de materiais. Esta potencial exploração forneceria, de forma visual, um mapa de fluxos de uma região, unidade da Federação ou do país, como um todo. A apresentação dos resultados seria análoga ao mapa, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008) e apresentado na Figura 37, que representa a hierarquia da rede urbana brasileira, quanto à oferta de serviços urbanos e a centralidade empresarial e na gestão do território. Um teste manual equivalente foi realizado para as saídas de resíduos do município de Feliz, já demonstrado na Figura 30, página 213. Esse mapa traz, adicionalmente, a inclusão de espessuras de linhas diferenciadas, proporcionais à massa de fluxos movimentada.

Logicamente, essa potencial exploração é bastante pretensiosa, pois demandaria a aplicação da AFM, no mínimo, a municípios de uma região, como um todo, além da sua associação a ferramentas de geoprocessamento. Em uma conversa realizada em 2012, com o professor Heinrich Hasenack, com larga experiência no uso de ferramentas de geoprocessamento no Centro de Ecologia da UFRGS, a associação de bancos de dados de fluxos de materiais a um mapa das cidades brasileiras georeferenciadas seria uma tarefa viável.

O detalhamento metodológico desenvolvido no presente trabalho possibilitaria a geração de um banco de dados de alimentação desse mapa. A única restrição é que, embora os dados das NF-e contenham informações específicas, quanto à origem e ao destino dos fluxos, para o presente trabalho elas não foram fornecidas, por questões de sigilo fiscal. Haver-se-ia, então, de se adequar às restrições da Receita Federal.

A identificação específica das origens e dos destinos dos fluxos municipais também permitiria uma estimativa do consumo de combustíveis e das emissões decorrentes do

---

<sup>60</sup> Estimativa realizada com base nos dados de área de produção, informadas pelo Censo Agropecuário, ano base 2006 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2007).

transporte das mercadorias. Seria interessante a avaliação da representatividade desse consumo em relação à demanda de energia direta, estimada através da AFM.

Por fim, considera-se que, ainda que haja significativo potencial de desenvolvimento da AFM, os resultados obtidos no presente trabalho contribuem para a consolidação desta abordagem, como ferramenta para a compreensão das relações físicas entre municípios, seu ambiente e demais territórios.

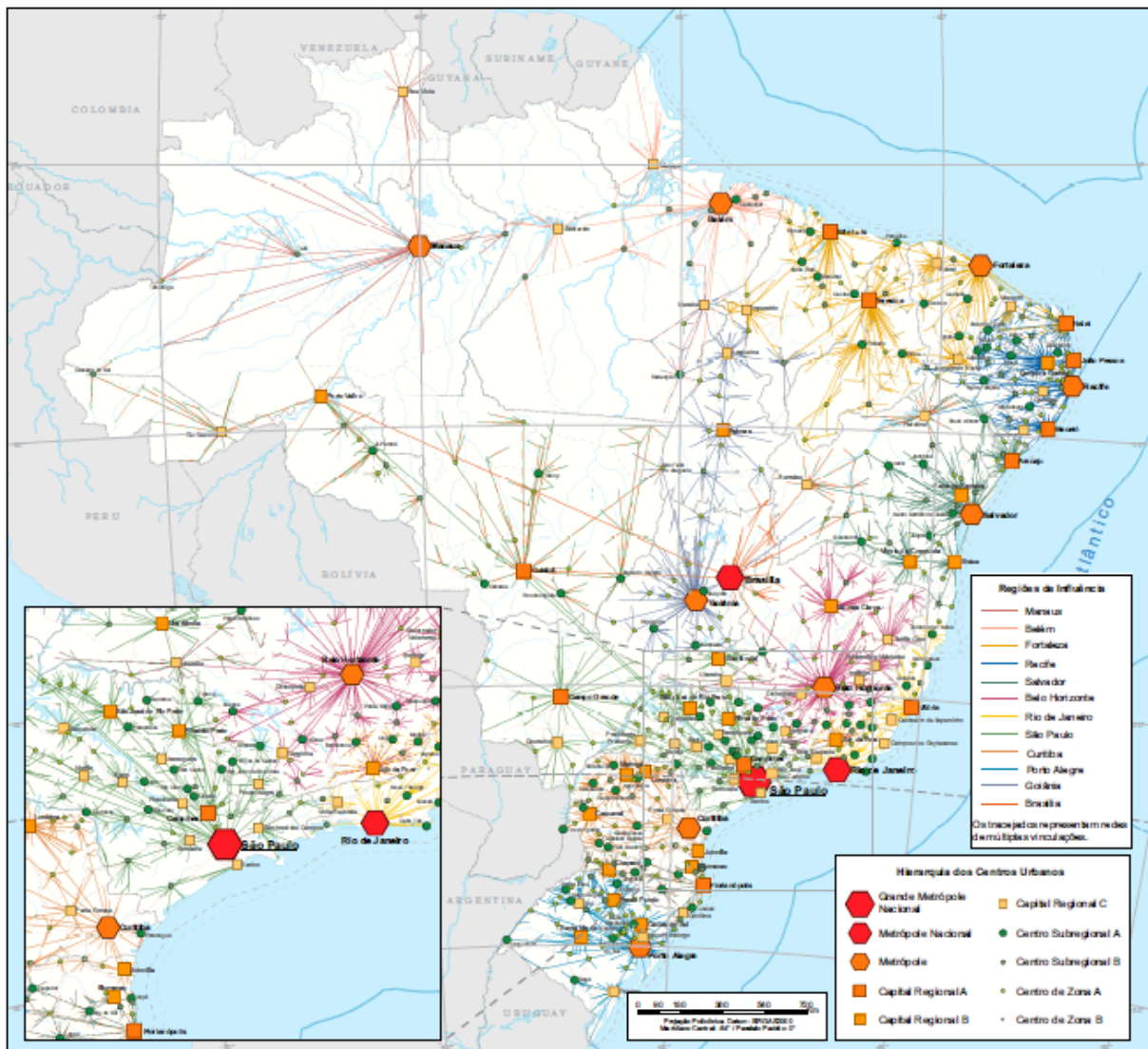


Figura 37: Mapa da rede urbana brasileira, em 2007. Fonte: IBGE (2008).

Os resultados tornam explícito, também, que os desenvolvimentos urbano e rural não podem ser compreendidos nem tratados isoladamente, no perfil do município estudado. São realidades com influências mútuas, tanto ambientais, como sociais e econômicas. A transferência das lógicas industriais para o setor primário é evidente no estudo de caso

desenvolvido, bem como a linearidade do percurso dos fluxos de materiais, vista como uma das incompatibilidades das formas de produção humana com os fluxos cíclicos naturais.

Também se especula que, ao se pretender avançar no sentido de promoverem-se sociedades, municípios e cidades mais sustentáveis, de que as realidades das metrópoles e dos pequenos municípios, no Brasil, devem ser tratadas conjuntamente. Principalmente ao se considerar as distâncias de transporte de produtos no território nacional, considerando a sua amplitude. Embora o estudo de Tanimoto (2010) demonstre que o país é pouco dependente de fluxos externos, verifica-se, no presente trabalho, que os fluxos internos, mesmo os dos municípios produtivos são significativos em termos de impactos.

Com estas considerações conclui-se a apresentação dos resultados obtidos no presente trabalho para, no capítulo seguinte, apresentar-se considerações finais acerca dos objetivos propostos inicialmente e das etapas de desenvolvimento para alcançá-los.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma análise geral dos resultados obtidos, das atividades desenvolvidas e do debate internacional acerca do tema desenvolvido na presente pesquisa sugere que sejam feitas considerações acerca dos objetivos estabelecidos inicialmente e do processo para atingi-los.

As primeiras questões a serem abordadas dizem respeito aos objetivos intermediários que tiveram que ser superados para o alcance do objetivo principal. O primeiro objetivo intermediário, passo inicial no desenvolvimento da pesquisa, foi **a identificação dos métodos existentes para caracterização de fluxos de materiais na escala local e análise das possibilidades de aplicação no contexto dos municípios brasileiros de pequeno porte**. A identificação foi realizada por meio da revisão bibliográfica e está apresentada nas seções de número 3.3 a 3.7. A análise resultante dessa revisão finaliza o capítulo 3, no item 3.8. Concluiu-se que os procedimentos metodológicos empregados e as prioridades nas pesquisas desenvolvidas em outros contextos, ainda sem consolidação, não seriam os mais efetivos para a captação e representação dos fluxos de materiais dos municípios brasileiros, em particular, daqueles de pequeno porte. Um detalhamento metodológico específico foi considerado necessário, particularmente, no que se refere à estimativa dos fluxos de importação e de exportação.

A partir dos resultados obtidos na primeira etapa, identificou-se a necessidade de estabelecimento de um segundo objetivo intermediário para a presente pesquisa: **o desenvolvimento de um detalhamento metodológico da Análise dos Fluxos de Materiais, para a caracterização dos fluxos de materiais de um município brasileiro de pequeno porte**. Considera-se que esse objetivo foi plenamente alcançado, superando-se as inúmeras barreiras encontradas ao longo do desenvolvimento dessa etapa, principalmente relacionadas à inexistência de referências de estudos prévios, no contexto nacional, e à indisponibilidade e à dificuldade de acesso a dados no país. Os procedimentos resultantes desse desenvolvimento estão expostos no capítulo 4 e seu teste foi realizado através da aplicação no estudo de caso do município de Feliz.

A reflexão acerca desses resultados e a comparação com os métodos desenvolvidos por pesquisas prévias, permitiram identificar que o detalhamento metodológico desenvolvido é

uma contribuição importante do presente trabalho, com inovações em relação aos métodos utilizados em pesquisas anteriores. As principais diferenças dizem respeito à caracterização dos fluxos de importações e exportações, para os quais se utilizaram informações extraídas de Notas Fiscais eletrônicas – NF-e, fonte de dados completamente distinta daquelas referidas na literatura prévia.

Entre as vantagens do método proposto, salienta-se a utilização, quase que exclusiva, de dados locais, ao invés do uso de *proxies* ou de frações de valores nacionais. Outra vantagem é a provável replicabilidade para outros municípios de pequeno porte, com, relativamente, poucos esforços. A reprodução em municípios maiores ou regiões metropolitanas precisaria ser testada para verificação de seus efeitos. Embora o desenvolvimento realizado no presente trabalho tenha sido bastante demandante, a maior parte das atividades não precisaria ser reproduzida para aplicação em outros municípios. Uma vez que se desenvolveu uma linguagem de programação para conversão automatizada das informações extraídas das NF-e, a obtenção das informações brutas de importação e exportação para outros municípios poderia ser obtida quase que automaticamente, necessitando observar, apenas, o possível aprimoramento de alguns parâmetros, principalmente aqueles relacionados às regras de conversão baseadas nas descrições de mercadorias.

A geração de um banco de dados com massas médias de mercadorias, segundo a estrutura NCM, em seu maior nível de detalhamento (oito dígitos) é outra pequena contribuição do presente trabalho, que pode reduzir esforços de pesquisas futuras, mesmo em outros países. Embora a estrutura NCM seja válida, apenas, para os países do MERCOSUL, seus maiores níveis de organização são baseados no Sistema Harmonizado Internacional.

Entre as desvantagens do detalhamento metodológico proposto merece destaque o fato de as NF-e ainda não serem exigidas para a totalidade das empresas brasileiras, embora essa seja uma tendência em longo prazo. De imediato, essa limitação implica em uma subestimativa dos fluxos materiais do município caracterizado. Outra desvantagem do método são as restrições de acesso aos dados das NF-e, em função do sigilo fiscal, o que demandaria, novamente, solicitações formais à Secretaria da Fazenda do Estado do RS ou de outras UFs, ao se pretender reproduzir o estudo.

Em síntese, ainda que se considere que o detalhamento metodológico proposto apresente impressões e possibilidades de aprimoramento, pondera-se que os resultados fornecidos são bastante satisfatórios, com alto nível de detalhamento e, em contrapartida, com

possibilidade de agregação. Adicionalmente, ele é replicável no contexto para o qual foi desenvolvido e apresenta alguns avanços em relação às experiências prévias.

O terceiro objetivo intermediário, e etapa seguinte da presente pesquisa, foi a **análise das limitações e oportunidades do uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental, no contexto de municípios brasileiros de pequeno porte**. A presente autora estava motivada, em um estágio preliminar da presente pesquisa, a relacionar os resultados da AFM aos potenciais impactos ambientais decorrentes dos fluxos de materiais caracterizados e à identificação das possíveis aplicações a atividades de planejamento e desenho urbano. Essas pretensões iniciais foram frustradas pela identificação da incipiência das pesquisas no tema, particularmente no Brasil, o que demandou a concentração de esforços na etapa de desenvolvimento do detalhamento metodológico e análise de seus resultados, restando pouco tempo para outros desenvolvimentos, considerando-se a restrição de prazos para a realização de uma tese de doutorado e os significativos esforços que demandaria.

Entretanto, ainda que não tenha sido aplicada, foi realizada uma exaustiva análise acerca das limitações e das oportunidades do uso da AFM, na avaliação de sustentabilidade ambiental na escala local. Sintetizada na seção 3.8, a discussão é estruturada a partir de critérios identificados na literatura acerca do tema avaliação ambiental de cidades, municípios, regiões metropolitanas e demais recortes espaciais locais. Essa é considerada, pela presente autora, outra contribuição secundária do presente trabalho: aproximar as ainda incipientes discussões e literatura acerca dos temas avaliação ambiental, oriunda dos núcleos de pesquisa vinculados ao planejamento e ao desenho urbano, e a Análise dos Fluxos de Materiais na escala local, desenvolvida por pesquisadores de variadas áreas do conhecimento.

Uma síntese das conclusões extraídas dessas análises é apresentada na seção de número 3.10. Cabe ressaltar, das conclusões obtidas, que, comparativamente aos métodos de avaliação ambiental na escala local, a AFM não fornece medidas de estresse do ambiente, mas é excelente na identificação de cargas ambientais (primeiras interferências no ambiente, nas cadeias de causa e efeito) e suas forças motrizes. Entretanto, ao se pretender estimar impactos ambientais potenciais associados a essas cargas, a AFM exige métodos auxiliares. Observa-se, na literatura, que ainda não há procedimentos ou um método padrão consolidado para esse fim.

Métodos de avaliação difundidos, como a Análise do Ciclo de Vida - ACV podem ser a associados, utilizando-se bases de dados e softwares típicos de ACV. Entretanto, essa

alternativa foi descartada na presente pesquisa. A razão fundamental foi o fato de não haver bancos de dados com resultados de ACV disponíveis no Brasil e considerar-se que informações estrangeiras, provavelmente, não seriam representativas da realidade nacional. A literatura acerca da ACV enfatiza as restrições de se transpor resultados de desempenho ambiental de produtos para outros contextos. As diferenças entre países, no que concerne às tecnologias produtivas, à matriz energética e a outros fatores, são determinantes de desempenhos ambientais muito distintos para produtos similares. Considera-se, ainda, que para a realidade brasileira, a solução não estaria apenas relacionada à criação de bancos de dados genéricos, de setores como um todo. A heterogeneidade de processos produtivos se reflete na geração de cargas ambientais muito diferentes para produtos semelhantes, mesmo dentro do território nacional.

Quanto ao uso dos métodos por atores responsáveis pela tomada de decisão na escala local, a maior parte dos métodos de avaliação ambiental difundida e adotada, no contexto prático, é desenvolvida com o objetivo de ser de fácil aplicação. Para tanto, são projetados para atores e atividades de desenvolvimento territorial e urbano metodologias específicas e direcionadas à busca de soluções. Nos métodos baseados em AFM, ao contrário, ainda se observa a falta de dispositivos para traduzir os resultados em sugestões aplicáveis. Soma-se a isto também o desafio de tornar a AFM mais atraente aos atores sociais envolvidos com as áreas de desenvolvimento territorial e, particularmente, de desenvolvimento urbano. Uma das alternativas, talvez, fosse o desenvolvimento de formas de apresentação de resultados que demonstrassem, tão especificamente quanto possível, a origem e o destino dos fluxos de grupos de materiais, inserindo, de fato, o município no seu ambiente de entorno. Esta alternativa é distinta da tradicional, adotada no presente trabalho, onde a representação é realizada através de diagramas adaptados da escala nacional, os quais consideram ambientes externos abstratos. A espacialização dos fluxos de materiais e a caracterização das distâncias percorridas são passos importantes para o desenvolvimento futuro da AFM na escala local.

Executadas as etapas anteriores, chegou-se ao objetivo central da presente pesquisa, a **caracterização dos fluxos de materiais associados ao metabolismo de um município brasileiro de pequeno porte**. Essa caracterização é considerada a principal contribuição original do presente trabalho, visto que é o primeiro estudo a revelar os fluxos de materiais de um município brasileiro e, também, o primeiro a caracterizar um município com significativa produção do setor primário. Características dos fluxos, como composição e nível de processamento, permitiram identificar aspectos típicos do metabolismo desse perfil

de município, em comparação com o daqueles até então investigados na literatura antecedente. Esses resultados estão descritos e são debatidos no capítulo 6.

Cabe reforçar, entretanto, que se obtiveram evidências que, tanto corroboram, quanto vão de encontro a certas proposições que começam a se difundir na literatura acerca da AFM local, mas ainda não comprovadas pelo restrito número de casos estudados até o momento e pelo fato de não se ter caracterizado, até então, nenhum município com características predominantemente produtivas. Os resultados do presente trabalho reforçam que municípios com significativa produção primária e secundária tendem a apresentar relativamente altos indicadores de entradas e de consumo de materiais, em comparação a municípios predominantemente consumidores.

Esses resultados reforçam a importância dos municípios de pequeno porte para a preservação dos recursos e ecossistemas do país. Fica explícito, também, que o desenvolvimento urbano e rural não podem ser compreendidos nem tratados isoladamente neste perfil de município. São realidades com influências mútuas, tanto ambientais, como sociais e econômicas. Também há evidências, ao se pretender avançar no sentido de promoverem-se sociedades mais sustentáveis, de que as realidades das metrópoles e dos pequenos municípios, no Brasil, não podem ser tratadas isoladamente, principalmente, ao considerar que os principais fluxos de materiais no país são internos e que o Brasil possui uma longa extensão territorial e um sistema de transporte de cargas apoiado em veículos rodoviários.

Apesar do nível de detalhamento dos resultados obtidos no presente trabalho, a autora lembra, entretanto, que a AFM do município de Feliz não englobou a totalidade dos fluxos de materiais. Uma parcela indeterminada das importações e exportações não foi captada devido a dois fatos: a) as NF-e não serem obrigatórias para todas as empresas gaúchas e; b) estimativas de fluxos de materiais resultantes de transações informais não serem disponíveis. Adicionalmente, não foram contabilizadas as emissões aéreas não decorrentes da queima de combustíveis.

Por fim, considera-se que o presente trabalho apresenta uma contribuição para a consolidação da AFM como abordagem para a compreensão das relações físicas entre municípios, seu ambiente e demais territórios. Conclui-se, também, que ainda há um longo caminho a ser percorrido, de forma a explorar seu potencial como ferramenta de suporte às atividades de planejamento, desenho e gestão urbana e ambiental. Todas as limitações encontradas nesta pesquisa, apontadas neste capítulo e no decorrer do trabalho, sugerem



diversos caminhos para prosseguimento do presente estudo em trabalhos futuros. Entre as opções de continuidade, as três seguintes são vistas como mais urgentes:

- a) caracterização dos fluxos de materiais de outros municípios brasileiros de pequeno porte, de metrópoles brasileiras e de municípios de outros perfis, buscando identificar padrões e, a partir deles, generalizações acerca da relação entre variáveis urbanas e fluxos de materiais;
- b) desenvolvimento de métodos que associem fluxos de materiais a potenciais impactos ambientais. Particular atenção deve ser dada à produção de resultados informativos, que deem suporte as atividades de planejamento, desenho e gestão municipal;
- c) associação dos resultados da AFM a outros dados e ferramentas. Identifica-se particular potencial para a associação de tais resultados com ferramentas de geoprocessamento, buscando prover informações espacializadas, as quais são tipicamente úteis aos profissionais vinculados às atividades de desenvolvimento urbano;

Finalmente, também se considera desejável o contínuo aprimoramento dos métodos para caracterização dos fluxos de materiais na escala local, com vistas a facilitar a sua replicabilidade e o desenvolvimento de séries temporais.

## REFERÊNCIAS

- ABIKO, A. Urban Engineering: Concepts and Challenges, In: PINA FILHO, A. C; PINA, A.C. **Methods and Techniques in Urban Engineering**. Rijeka: InTech, 2010. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/methods-and-techniques-in-urban-engineering/urban-engineering-concepts-and-challenges>>. Acesso em: 05 mar. 2011.
- ABOU-ABDO, T. et al. Dynamic modeling of Singapore's urban resource flows: Historical trends and sustainable scenario development. In: 2011 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST), 2011. Chicago. **Anais...** Chicago: IEEE, 2011.
- ACSELRAD, HENRI. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 79–89, maio 1999.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO - ANP. **Consumo de combustíveis, Feliz - RS**, 2012. Disponível em: <[sust\\_arq@ufrgs.br](mailto:sust_arq@ufrgs.br)>. Acesso em: 28 jan. 2010.
- ALBERTI, M. Measuring urban sustainability. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 16, n. 4-6, p. 381–424, 1996.
- ALENCAR, J. M. C. DE. **Combustíveis alternativos para indústria de cerâmica vermelha**. In: Encontro Nacional da Indústria de Cerâmica Vermelha, Maceió, 2004. **Anais...** Rio de Janeiro: ANICER - Associação Nacional da Indústria Cerâmica, 2004.
- ANTONUCCI, D. et al. UN-Habitat: 3 décadas de atuação. **Vitruvius**, v. 107, n. 01, abr. 2009.
- ARALDI, D. **Avaliação de pastagem natural e pastagem sobressemeada de segundo ano com espécies invernais com e sem o uso de glifosato**. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, jan. 2004.
- AYRES, R. U. Industrial metabolism and global change. **International Social Science Journal**, v. 41, n. 3, p. 363, 1989.
- AYRES, R. U. Eco-thermodynamics: economics and the second law. **Ecological Economics**, v. 26, n. 2, p. 189–209, ago. 1998.
- AZAMBUJA, JOSÉ ALBERTO. **Novo paradigma de sustentabilidade para a indústria da construção**. Qualificação de doutorado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- BACCINI, P. Understanding regional metabolism for a sustainable development of urban systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 3, n. 2, p. 108–111, 1 jun. 1996.
- BACCINI, P. A city's metabolism: Towards the sustainable development of urban systems. **Journal of Urban Technology**, v. 4, n. 2, p. 27, 1997.

BAI, X. Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 2, p. 1–6, Spring 2007.

BAI, X. Industrial Ecology and the Global Impacts of cities. [Editorial]. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 2, p. 1-6, jun. 2007.

BARLES, S. Urban Metabolism of Paris and Its Region. **Journal of Industrial Ecology**, v. 13, n. 6, p. 898–913, 2009.

BARLES, S. Society, energy and materials: The contribution of urban metabolism studies to sustainable urban development issues. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 53, n. 4, p. 439–455, 2010.

BEST FOOT FORWARD. **City limits: A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London**. Oxford, 2002. Disponível em: <[www.citylimitslondon.com/downloads/Complete%20report.pdf](http://www.citylimitslondon.com/downloads/Complete%20report.pdf)>. Acesso em: 05 mar. 2011.

BINDER, C. R.; VAN DER VOET, E.; ROSSELOT, K. S. Implementing the Results of Material Flow Analysis. **Journal of Industrial Ecology**, v. 13, n. 5, p. 643–649, out. 2009.

BORY, B.; SCHREMMER, C. **SUME - Sustainable Urban Metabolism for Europe**. In: REAL CORP 2009: CITIES 3.0 – Smart, Sustainable, Integrative Strategies, concepts and technologies for planning the urban future, Catalunha, Espanha, 2009. **Anais...** Wien, Áustria: CORP, 2009.

BRASIL. **Lei nº 5.172**, de 25 de Outubro de 1966 - Código Tributário Nacional. Brasília, 1966.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 10.257**, de 10 de Julho de 2001 - Estatuto da Cidade. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos**. Brasília: MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 12.305**, de 2 de Agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

\_\_\_\_\_. **Balço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012.

BRASIL; MINISTÉRIO DAS CIDADES; DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Frota de veículos, por tipo e com placa, segundo os Municípios da Federação - DEZ/2011**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 01, de 23 de Janeiro de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 fev. 1986. p. 2549.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 5, de 5 Agosto de 1993. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 ago. 1993. , Seção 1, p. 12996.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Balança comercial de Feliz (RS)**. 2012a. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sistema/balanca/>>. Acesso em: 29 set. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Nomenclatura Comum do MERCOSUL – NCM**. 2012b. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>>. Acesso em: 6 out. 2013.

BRASIL. RECEITA FEDERAL. **Classificação Nacional de Atividades Econômicas / CNAE**. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/pessoajuridica/cnaefiscal/cnaef.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

BROWNE, D.; O'REGAN, B.; MOLES, R. Assessment of total urban metabolism and metabolic inefficiency in an Irish city-region. **Waste Management**, v. 29, n. 10, p. 2765–2771, out. 2009.

BRUNNER, P. H. Reshaping Urban Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 2, p. 11–13, 2007.

BRUNNER, P.; RECHBERGER, H. Practical handbook of material flow analysis. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 9, n. 5, p. 337–338, 1 set. 2004.

BRUNTDLAND, G. H. **Our Common Future: The**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

CARLOS, A. F. A. Seria o Brasil “menos urbano do que se calcula?” **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 13, p. 179-187, 2003.

Chrysoulakis, N., Lopes, M., San José, R., Grimmond, C. S. B., Jones, M. B., Magliulo, V., ... Cartalis, C. (2013). **Sustainable urban metabolism as a link between bio-physical sciences and urban planning: The BRIDGE project**. *Landscape and Urban Planning*, 112, 100-117.

CONACCOUNT. **What is MFA?** Disponível em: <<http://www.conaccount.net/>>. Acesso em: 15 set. 2011.

COSTA, H. Desenvolvimento urbano sustentável: Uma Contradição de Termos? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 2, n. 2, p. 55–71, 1999.

**Crítério. Dicionário Aurélio Eletrônico 3.0**. Rio de Janeiro: Lexikon Informática, 1999.

CURWELL, S. R.; DEAKIN, M.; SYMES, M. **Sustainable Urban Development: The environmental assessment methods**. Oxford, UK: Taylor & Francis, 2007.

DANIELS, P. L.; MOORE, S. Approaches for Quantifying the Metabolism of Physical Economies: Part I: Methodological Overview. **Journal of Industrial Ecology**, v. 5, n. 4, p. 69–93, 1 out. 2001.

DEAKIN, M.; CURWELL, S.; LOMBARDI, P. Sustainable urban development: the framework and directory of assessment methods. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, v. 4, n. 2, p. 171–197, 2002.

DECKER, E. H. et al. Energy and material flow through the urban ecosystem. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 25, n. 1, p. 685–740, nov. 2000.

DEILMANN, C. Urban Metabolism and the Surface of the City. In: **Guiding Principles for Spatial Development in Germany**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. p. 1–16.

DUVIGNEAUD, P.; DENAEYER-DE SMET, S. L'écosystème urbain bruxellois. In: **Productivité en Belgique, Travaux de la Section Belge du Programme Biologique International**. Bruxelas: Éditions Duculot, 1977.

ECOAPOIO. **Dúvidas e dados para estudo - resíduos de saúde**, Disponível em: [ecoapio.epi@terra.com.br](mailto:ecoapio.epi@terra.com.br). Acesso em: 8 maio 2012.

ECOCLAR. **Resíduos sólidos urbanos de Feliz/RS - Ecoclar, 2010**. Disponível em: [junges@bomtempo.com.br](mailto:junges@bomtempo.com.br). Acesso em: 9 fev. 2010.

ERCOLE, L. A. DOS S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DA FAZENDA. **Decreto nº 37.699**, de 26 de Agosto de 1997. Regulamento do ICMS. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul. 17 ago. 1997.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DA FAZENDA; DEPARTAMENTO DA RECEITA PÚBLICA ESTADUAL. **ICMS - Manual de Rotinas**. 8. ed. Porto Alegre: Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul, 2009.

EUROPEAN COMMUNITIES. COMMUNITY RESEARCH. ENERGY, ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Practical Evaluation Tools for Urban Sustainability - PETUS**. Disponível em: <http://www.petus.eu.com/>. Acesso em: 13 jun. 2011.

EUROPEAN COMMUNITY'S SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME. **SUME**. Disponível em: <http://www.sume.at/abstract>. Acesso em: 10 abr. 2010.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA. **Sustainable use and management of natural resources. Report nº 9/2005**. Copenhagen: EEA, 2005. ISBN 92-9167-770-1.

EUROSTAT. **Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide**. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2001.

\_\_\_\_\_. **Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire - Version 01**. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2009.

\_\_\_\_\_. **Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA) - Compilation Guide 2012**. Luxembourg: Statistical Office of the European Union, 2013.

FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DE BENS, SERVIÇOS E TURISMO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **A evolução da classe média e o seu impacto no varejo. Diagnósticos e tendências**. São Paulo: Fischer, 2012.

FEMIA, A.; FALCITELLI, F. **The ANAFLUMPA Project: Economy-wide MFA at a local level - The caso of the Italian province of Palermo.** Book of Proceedings of ConAccount 2008. In: CONACCOUNT 2008. Urban metabolism: Measuring the ecological city. **Anais...** Praga: Charles University Environment Center, 2009.

FEMIA, A.; MOLL, S. **Use of MFA-related family of tools In environmental policy-making: Overview of possibilities, limitations and existing examples of application in practice.** Copenhagen: European Environment Agency, 2005.

FERNANDEZ, E. J. **Urban metabolism of ancient Caral, Peru.** In: 3º Holcim Forum – “Re-inventing Construction”, 2010, Cidade do México. Anais eletrônicos... Zurique, Suíça: Holcim Foundation for Sustainable Construction, 2010. Disponível em: <<http://www.holcimfoundation.org/Forum/mexico-2010/overview>>. Acesso em: 20 Março 2013.

FERREIRA, A. B. DE H. “**Caracterizar**”. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

FISCHER-KOWALSKI, M. Society’s Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 1, p. 61–78, 1998.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HÜTTLER, W. Society’s Metabolism. **Journal of Industrial Ecology**, v. 2, n. 4, p. 107–136, 1999.

FOCHEZATTO, A.; GHINIS, C. P. Determinantes do crescimento da construção civil no Brasil e no Rio Grande do Sul: evidências da análise de dados em painel. **Ensaio FEE**, v. 31, n. Fundação de Economia e Estatística -FEE, p. 648–678, jun. 2011.

FORMAN, R.; GODRON, M. **Landcape Ecology.** New York, NY: John Wiley & Sons, 1986.

FOUNDATION FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY; HELLAS INSTITUTE OF APPLIED AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS REGIONAL ANALYSIS DIVISION. **BRIDGE PROJECT.** The Bridge approach. Disponível em: <<http://www.bridge-fp7.eu/>>. Acesso em: 05 abr. 2010.

GARCÍA, G. et al. **A step forward in the evaluation of urban metabolism: Definition of urban typologies.** Book of Proceedings of ConAccount 2008. In: CONACCOUNT 2008. Urban metabolism: Measuring the ecological city. **Anais...** Praga: Charles University Environment Center, 2009.

GEHRKE, A. E. B. **Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública de resíduos da construção civil em municípios de pequeno porte.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

GERMANO, J. R. **Conteúdo de água da argila** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[germano@sefaz.rs.gov.br](mailto:germano@sefaz.rs.gov.br)> em 15 jul. 2013.

Nancy Golubiewski. Is There a Metabolism of an Urban Ecosystem? An Ecological Critique. Stocolmo: **AMBIO**, v.41, p. 751–764. DOI 10.1007/s13280-011-0232-7. 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GUILLEN, R. F. I. Ecologia urbana e desenvolvimento sustentável: natureza e artefato, fronteira evanescente. In: **Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades: estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 81–128.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

HAMMER, M. et al. Material flow analysis on the regional level: Questions, problems, solutions. **NEDS Working Paper**, v. 2, abr. 2003.

HAMMER, M.; GILJUM, S.; WINKLER, M. Die ökologische Nachhaltigkeit regionaler Metabolismen: Materialflussanalysen der Regionen Hamburg, Wien und Leipzig. [Ecological sustainability or regional metabolisms: Material flow analyses of the regions of Hamburg, Vienna and Leipzig]. **Natur und Kultur**, v. 7, n. 2, p. 62–78, 2006.

HANYA, T; AMBE, Y. A study on the metabolism of cities. In: **Science for a Better Environment**. Tokyo: HESC, Science Council of Japan, 1976.

HENDRIKS, C. et al. Material flow analysis: A tool to support environmental policy decision making. Case-studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. **Local Environment**, v. 5, n. 3, p. 311–328, 2000.

HORNER, M. **Client Report: Assessment of Sustainability Tools**. Glasgow, UK: Building Research Establishment Ltd, 2006.

HUANG, S.-L.; HSU, W.-L. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction. **Landscape and Urban Planning**, v. 63, n. 2, p. 61–74, 15 abr. 2003.

HURLEY, J.; HORNE, R. **Review and Analysis of Tools for the Implementation and Assessment of Sustainable Urban Development**. Melbourne, Australia: RMIT University, 2010.

IEA ANNEX 31 - ENERGY RELATED ENVIRONMENTAL IMPACT OF BUILDINGS. **Environmental Framework**. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>>. Acesso em: 1 ago. 2005.

\_\_\_\_\_. **Context and methods for tools designers**. 2004a. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>>. Acesso em: ago 2005.

\_\_\_\_\_. **Environmental framework**. 2004b. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>>. Acesso em: ago 2005.

\_\_\_\_\_. **LCA methods for building**. 2004c. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>>. Acesso em: ago 2005.

\_\_\_\_\_. **Type of tools**. 2004d. Disponível em: <<http://annex31.wiwi.unikarlsruhe.de/concepts.htm>>. Acesso em: ago 2005.

INSPETORIA VETERINÁRIA E ZOOBOTÂNICA DE FELIZ-RS. **Dados da pecuária de Feliz-RS**, 2010. Disponível em: <[ivz-feliz@seapa.rs.gov.br](mailto:ivz-feliz@seapa.rs.gov.br)>. Acesso em: 9 fev. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2007.

\_\_\_\_\_. **Regiões de influência das cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual\\_nocoos/indice.htm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/indice.htm). Acesso em: 12 fev. 2010 b.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010c.

\_\_\_\_\_. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012a.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: 2011**. 2012b. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/>. Acesso em: 12 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. **Produção agrícola municipal - PAM, Feliz - RS**. Banco de dados da FEE: Fundação de Economia e Estatística. 2012c. Disponível em: [http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp). Acesso em: 12 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. **Produção da extração vegetal e da silvicultura - PEV, Feliz - RS**. Banco de dados da FEE. 2012d. Disponível em: [http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp). Acesso em: 12 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. **Produção pecuária municipal - PPM, Feliz - RS**. Banco de dados da FEE. 2012e. Disponível em: [http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://www.fee.tche.br/feedados/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp). Acesso em: 12 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. **Feliz - RS**. 2013. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430810>. Acesso em: 10 jun. 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, 2006. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 15 Fev 2010.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT (IAIA). **O que é a Avaliação de Impacto?** International Association for Impact Assessment, 2009. Disponível em: [www.iaia.org](http://www.iaia.org). Acesso em: 9 ago. 2010.

INTERNATIONAL FEDERATION OF LANDSCAPE ARCHITECTS (IFLA); AUSTRALIAN INSTITUTE OF LANDSCAPE ARCHITECTS (AILA). **Climate Adaptation Tools for Sustainable Settlements (CATSS) Report**. Canberra, Austrália: Australian Institute of Landscape, 2010.



ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14.044.** Environmental Management – Life Cycle Assessment: Requirements and Guidelines. Londres: ISO, 2009.

KENNEDY, C.; CUDDIHY, J.; ENGEL-YAN, J. The Changing Metabolism of Cities. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 2, p. 43–59, 2007.

KENNEDY, C.; CODOBAN, N. Metabolism of Neighborhoods. **Journal of urban planning and development**, v. 134, n. 1, p. 21–31, mar. 2008.

KENNEDY, C.; PINCETL, S.; BUNJE, P. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. **Environmental Pollution**, Boston, EUA, v. 159, Sessão 8–9, p. 1965–1973, 2010.

LAGEMANN, L. **Dúvidas sobre CFOPs**, [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <LeticiaLa@sefaz.rs.gov.br> em 25 out. 2012.

LOVATO, P. **Verificação dos parâmetros de controle de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para utilização em concreto**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

MACHADO, J. **A sustentabilidade do desenvolvimento e a demanda material do sistema econômico**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)—Belém, Pará: Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, 2001.

MACHADO, J. A.; FENZL, N. A sustentabilidade do desenvolvimento e a demanda material da economia: o caso do Brasil comparado ao de países industrializados. **Novos Cadernos NAEA**, v. 155, p. 1–55, dez. 2000.

MIMBACAS, A. **Caracterização do consumo doméstico de materiais da cidade de Montevidéu mediante Análise de Fluxos de Materiais**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos**. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.

MUNFORD, L. **The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects**. New York: Harcourt, Brace & World, Inc. 1961.

NEWCOMBE, K.; KALMA, J. D.; JETSE D.; ASTON, A. R.; ALAN R. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. Stocolmo: **AMBIO**, v. 7, n. 1, p. 3-15, 1978.

NEWMAN, P. W. G. Sustainability and cities: extending the metabolism model. **Landscape and Urban Planning**, v. 44, n. 4, p. 219–226, 1 set. 1999.

NIZA, S. **Uma avaliação do metabolismo da economia portuguesa através da contabilidade de fluxos de materiais**. Tese (Doutorado em Engenharia do Ambiente) - Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, 2007.

NIZA, S.; FERRAO, P. A transitional economy's metabolism: The case of Portugal. **Resources, conservation, and recycling**, v. 46, n. 3, p. 265–280, 2006.

NIZA, S.; ROSADO, L.; FERRÃO, P. Urban Metabolism: Methodological advances in urban material flow accounting based on lisbon case study. **Journal of Industrial Ecology**, v. 13, n. 3, p. 384–405, 2009.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1988.

OLAZABAL, M. et al. **Urban system metabolism analysis: An approach for the definition of urban strategic actions**. Book of Proceedings of ConAccount 2008. In: CONACCOUNT 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city. **Anais...** Praga: Charles University Environment Center, 2009.

PAGNONCELLI, J. **Atividades agropecuárias do município de Feliz, RS**. [mensagem pessoal]. Disponível em: <agricultura@feliz.rs>.gov.br. Acesso em: 1 jul. 2013.

POMÁZI, I.; ELEMÉR SZABÓ. **Urban metabolism: The case of Budapest**. Book of Proceedings of ConAccount 2008. In: CONACCOUNT 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city. **Anais...** Praga: Charles University Environment Center, 2009.

PORTUGAL. INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Classificação Portuguesa das Atividades Económicas: Rev. 3**, Banco de dados do Instituto Nacional de Estatística, 2007. Disponível em: <<http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=caerev3&xpid=INE>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. **Plano Ambiental**. Feliz: Prefeitura Municipal de Feliz, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. **Prefeitura Municipal de Feliz**. Disponível em: <<http://www.feliz.rs.gov.br/municipio/economia/>>. Acesso em: 5 mar. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ; SETOR DE ENGENHARIA. **Informações sobre construções em Feliz**. [mensagem pessoal]. Disponível em: <engenharia@feliz.rs.gov.br>. Acesso em: 16 jul. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE. **Relatórios de geração de resíduos**, [Mensagem pessoal]. Disponível em: <mteuschel@feliz.rs.gov.br>. Acesso em: 17 fev. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FELIZ. DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE. **Informações sobre relatórios de geração de resíduos**. [mensagem pessoal]. Disponível em: <gchaves@feliz.rs.gov.br>. Acesso em: 22 fev. 2013.

QUINN, D. **Urban Metabolism: Ecologically Sensitive Construction for a Sustainable New Orleans**. In: 2º Holcim Forum – “Urban\_Trans\_Formation”, 2007, Shanghai, China. **Anais eletrônicos...** Zurique, Suíça: Holcim Foundation for Sustainable Construction, 2010. Disponível em: <<http://www.holcimfoundation.org/Forum/shanghai-2007/studentposters>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

RAMOS, N. K. **Sustentabilidade incógnita: Análise de fluxos materiais em três comunidades impactadas pela instituição da Floresta Nacional de Caxiuanã - PA**. Dissertação de Mestrado (Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Curso Internacional de Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento - PLADES) - Belém, Pará: Universidade Federal do Pará, 2001.

RAVETZ, J. Integrated assessment for sustainability appraisal in cities and regions. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 20, n. 1, p. 31–64, fev. 2000.

REIS, D. S. DOS. **O Rural e Urbano no Brasil**. Anais do XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS. **Anais...** Caxambú - MG - Brasil: Associação Brasileira de Estudos Populacionais - ABEP, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto N° 38.356**, de 01 de Abril de 1998. Aprova o Regulamento da Lei n° 9.921, de 27 de julho de 1993, que dispõe sobre a gestão dos resíduos sólidos no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1998.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n° 11.520**, de 03 de Agosto de 2000. Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONSEMA, N° 102, de 24 de maio de 2005**. Dispõe sobre os critérios para o exercício da competência do Licenciamento Ambiental Municipal, no âmbito do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. CONAMA, 2005.

RUEDA, S. P. **Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles**. In: Workshop Indicadores de Pegada Ecológica e Qualidade Ambiental Urbana, Catalunha, Espanha, 1999. Barcelona: Fundació Fòrum Ambiental, 1999.

SAHELY, H. R.; DUDDING, S.; KENNEDY, C. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 30, n. 2, p. 468–83, abr. 2003.

SAMUEL, P. R. DA S. **Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SANTOS, R. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SCHULZ, N. B. The Direct Material Inputs into Singapore's Development. **Journal of Industrial Ecology**, v. 11, n. 2, p. 117–131, abr. 2007.

SILVA, C. E. DA; HOPPE, A. E. Diagnóstico dos resíduos de serviços de saúde no interior do Rio Grande do Sul. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 146–151, jun. 2005.

SILVA, R. DAS C. **Reposta - informação sobre resíduos industriais**, [mensagem pessoal] Disponível em: <[www.fepam.rs.gov.br](http://www.fepam.rs.gov.br)>. Acesso em: 26 mar. 2012.

SILVA, S. **Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - São Carlos: Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2000.

SOUZA, D. T. P. DE. **Corredores verdes: uma abordagem para o seu planejamento em municípios brasileiros de pequeno porte**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

SOUZA, M. L. DE. **ABC do desenvolvimento urbano**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010a.

SOUZA, M. L. DE. **Mudar a cidade: uma introdução ao planejamento e à gestão urbanos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010b.

TANIMOTO, A. H. **A economia medida pela Análise de Fluxos de Massa (AFM): A desmaterialização da economia nos países desenvolvidos sustentada pelos recursos naturais dos países emergentes, a exemplo do Brasil**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Brasília: Universidade de Brasília, 2010.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21**. Rio de Janeiro: United Nations Conference on Environmental and Development - UNCED, 1992.

UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC & SOCIAL AFFAIRS. **Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies**. New York: United Nations, 3<sup>o</sup> ed. 2007.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME - UNEP. **Evaluation of environmental impacts in Life Cycle Assessment**. Paris, França: UNEP, 2003.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - UN-HABITAT. **The Habitat Agenda**. Istanbul: UN-HABITAT, 1996.

US ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Examining the Effects of Pollution on Ecosystems**. 1996. Disponível em: <[http://www.epa.gov/superfund/students/clas\\_act/haz-ed/act06.pdf](http://www.epa.gov/superfund/students/clas_act/haz-ed/act06.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2006.

VAČKÁŘ, D. **Urban metabolism, footprints, sustainability, and net primary production**. Book of Proceedings of ConAccount 2008. In: CONACCOUNT 2008. Urban metabolism: measuring the ecological city. **Anais...** Praga: Charles University Environment Center, 2009.

VAN DER VOET, E. et al. **Policy Review on Decoupling: Development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries. CML report 166**. Leiden, Holanda: European Community, 2005.

VARSHNEY, A.; GOODE, T.; POLLARD, P.; MOURITZ, M. **Local-area sustainability assessment system: a theoretical and operational overview**. Australia: Hassel, 2010.

VEIGA, J. E. DA. **Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula**. Campinas: Editores Associados, 2002.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa: The Case Study as a Research Mode. **Rev SOCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383–386, out. 2007.

WARREN-RHODES, K.; KOENIG, A. Escalating Trends in the Urban Metabolism of Hong Kong: 1971–1997. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 30, n. 7, p. 429–438, nov. 2001.

WOLMAN, A. The metabolism of cities. **Scientific American**, v. 213, p. 179–190, 1965.

WOODSIDE, A. **Case Study Research: Theory \_ Methods \_ Practice**. 1°. ed. Howard House, Wagon Lane, Bingley BD16 1WA, UK: Emerald Group Publishing Limited, 2010.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

ZHANG, Y.; YANG, Z.; YU, X. Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China). **Ecological Modelling**, v. 220, n. 13-14, p. 1690–1696, 17 jul. 2009.

ZHENFENG ZHOU. **Comprehensive Evaluation of Urban Material Metabolism Based on MFA-A Case Study of Chengyang District in Qingdao**. In: Management and Service Science (MASS) International Conference, 2010. **Anais...** Wuhan, China: Qingdao Agricultural University, 2010

**APÊNDICE A – FLUXOS DE EXTRAÇÃO DE BIOMASSA, NO MUNICÍPIO  
DE FELIZ, DE ACORDO COM A ESTRUTURA DO GUIA EUROSTAT  
ADAPTADA**

<b>Categorias</b>	<b>Massa (toneladas)</b>
<b>I.1.3 Biomassa total</b>	<b>20.429,70</b>
<b>I.1.3.1 Biomassa da agricultura</b>	<b>13.808,56</b>
<b>I.1.3.1.1 biomassa da agricultura por estatísticas de colheita</b>	<b>11.308,56</b>
I.1.3.1.1.1 Cereais	630,00
4 Milho (milho em grão)	614,00
7 Aveia	6,00
8 Arroz com casca	10,00
I.1.3.1.1.2 Raízes e tubérculos	969,00
1 Batata	146,00
2 batata doce	240,00
1 <i>Mandioca</i>	583,00
I.1.3.1.1.3 Legumes	22,00
1 Feijão	
1 Feijão, seco	22,00
I.1.3.1.1.4 Oleaginosas	3,00
1 Amendoim em casca	2,00
12 Soja	1,00
I.1.3.1.1.5 Vegetais, incluindo melões	3.266,00
3 Vagens	
2 Fava, Verde	130,00
2 Repolho	243,00
5 Cenoura	53,00
6 Couve-flor	160,00
7 Pimentão, pimenta	378,00
8 Pepino	506,00
9 Beringela	96,00
10 Alho	1,00
11 Milho Verde (milho)	329,00
13 Alface	508,00
14 Melão	
2 Melancia	1,00
3 Melão gaúcho	178,00
16 Cebola	
1 Cebolas	2,00
18 Abóbora, moranga e etc.	14,00
19 Espinafre	1,00
20 Tomates	350,00
21 Outros vegetais frescos	
1 <i>Abobrinha</i>	94,00
5 <i>Brócolis</i>	108,00
8 <i>Chuchu</i>	27,00
9 <i>Chicória</i>	19,00
10 <i>Couve</i>	9,00
12 <i>Quiabo</i>	7,00
13 <i>Rabanete</i>	31,00
14 <i>Rúcula</i>	21,00
I.1.3.1.1.6 Frutas, exceto melões	2.426,52
3 Abacate <sup>1</sup>	47,00
4 Banana	7,01
10 Figo	309,00
13 Uva	70,00
15 Limão e lima	35,03
16 Laranja	56,05
17 Pêssego e nectarina	18,00
19 Caqui <sup>1</sup>	16,00

20 Abacaxi	4,32
25 Morango	1.723,00
26 Tangerina, Mandarina, Bergamota	36,07
29 Outras frutas frescas	
1 <i>Amora (fruto)</i>	33,00
2 <i>Goiaba</i>	72,02
4 <i>Carambola</i>	0,00
5 <i>Fruta-de-conde</i>	0,00
6 <i>Manga</i>	0,00
7 <i>Mamão</i>	0,01
I.1.3.1.1.7 Treenuts	-
I.1.3.1.1.8 Culturas produtoras de fibras	-
I.1.3.1.1.9 Outras culturas	3.992,04
11 Milho para forragem e silagem (milho verde)	1.645,00
17 Sorgo para forragem e silagem	6,04
18 Beterraba	146,00
19 Cana de Açúcar	744,00
29 Outras plantas forrageiras	
1 <i>Forrageiras para corte</i>	153,00
2 <i>Cana forrageira</i>	1.298,00
<b>I.1.3.1.2 Biomassa da agricultura como sub-produto da colheita</b>	<b>-</b>
1 Resíduos vegetais utilizados como forragem	
2 Palha usada para fins econômicos	
<b>I.1.3.1.3 Biomassa de pastagens de animais para fins agrícolas</b>	<b>2.500,00</b>
1 Pastoreio em pastagens permanentes não colhidos	2.500,00
<b>I.1.3.2 Biomassa da silvicultura</b>	<b>6.617,62</b>
<b>I.1.3.2.1 Madeira (PEV, 2011)</b>	<b>131,04</b>
2 Madeira de não coníferas (toras)	131,04
<b>I.1.3.2.2 As matérias-primas que não sejam madeira (PEV, 2011)</b>	<b>6.486,58</b>
1 <i>Casca de acácia negra</i>	472,00
2 <i>Lenha</i>	6.014,58
<b>I.1.3.3 Biomassa da pesca</b>	<b>-</b>
I.1.3.3.1 Pescados de peixes marinhos	-
I.1.3.3.2 Pescados de águas interiores (de água doce)	-
I.1.3.3.3 Outros (mamíferos aquáticos e outros)	-
<b>I.1.3.4. Biomassa da caça</b>	<b>-</b>
<b>I.1.3.5. Biomassa de outras atividades (mel, cogumelos, ervas etc)</b>	<b>3,51</b>
1 <i>Mel</i>	3,49
2 <i>Cera de abelha</i>	0,03
3 <i>Folha de amora</i>	2,00



## **APÊNDICE B – EXTRAÇÃO MINERAL, NO MUNICÍPIO DE FELIZ**

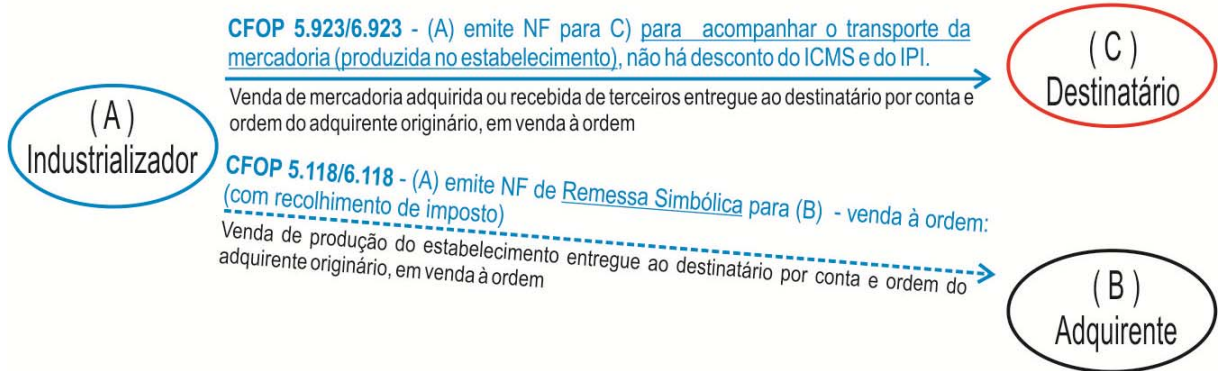
MINERAL	EMPRESA	MINA	DNPM	QUANTIDADE (T)	(%)	DESTINO	USO	%	TOTAL POR MINERAL
ÁGUA MINERAL	Água Mineral Fonte Feliz	Complexo Água Mineral Fonte Feliz	810.242/2001	<b>3.895,49</b>	<b>100,00</b>				3.895,49
ÁGUA MINERAL				1.537,94	39,48	CAXIAS DO SUL			
ÁGUA MINERAL				653,66	16,78	MONTENEGRO			
ÁGUA MINERAL				366,57	9,41	FARROUPILHA			
ÁGUA MINERAL				271,13	6,96	IVOTI			
ÁGUA MINERAL				1.066,20	27,37	DESCONHECIDO			
ARENITO	AUGUSTO ZWIRTES & CIA LTDA	Vale do Hermes	810.079/2006	<b>4.772,60</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção Civil	100,00	4.772,60
ARGILA	CERÂMICA ANDRES	Picada Cara 2,77HA	810.856/2008	<b>3.064,40</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	44.836,00
ARGILA		Arroio Feliz 3,00 HA	810.853/2008	<b>4.546,66</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	CERÂMICA BANANAL LTDA	Bananal 3,00HA	810.451/2009	<b>3.594,54</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	CERÂMICA BOENI LTDA	Linha Picada Cará	810.783/2008	<b>5.370,60</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	BOM SUCESSO		810.375/2009	<b>1.586,60</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA			810.449/1993	<b>4.098,60</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	CERÂMICA BUCHMANN	Arroio Feliz 5,82 HA	810.493/2008	<b>3.818,40</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	CERÂMICA IRMÃOS RAUBER		810.983/2011	<b>972,00</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção Civil	100,00	
ARGILA	CERÂMICA KASPARY LTDA	Bom Fim 6,00	810.216/1994	<b>2.495,20</b>	<b>100,00</b>	BOM PRINCÍPIO	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	CERÂMICA KASPARY LTDA	Bom Fim 5,00	810.269/2009	<b>2.409,00</b>	<b>100,00</b>	BOM PRINCÍPIO	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	JUACIR LUIZ DRIS ME	Juacir 2,4ha	810.895/2008	<b>1.148,00</b>	<b>100,00</b>	SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ	Construção Civil	100,00	
ARGILA	MAGNA KUHN WINTER & CIA LTDA	Magda Kuhn Winter	810.274/2001	<b>1.116,00</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção Civil	100,00	
ARGILA	CERÂMICA MELLO LTDA <sup>1</sup>	CERAMICA MELLO	810.380/2003	<b>1.815,00</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	cerâmica vermelha	100,00	
ARGILA	MG Terraplanagem Ltda	MG BOM FIM 01	810.094/2011	<b>5.308,00</b>	<b>100,00</b>		cerâmica vermelha	83,00	
ARGILA				3.290,96	62,00	PORTÃO			
ARGILA				1.380,08	26,00	TUPANDI			
ARGILA				636,96	12,00	BOM PRINCÍPIO			
ARGILA	MG Terraplanagem	MG BOM FIM 02	810.094/2011	<b>5.308,00</b>	<b>100,00</b>		cerâmica vermelha	83,00	

ARGILA	Ltda			3.290,96	62,00	PORTÃO			
ARGILA				1.380,08	26,00	TUPANDI			
ARGILA				636,96	12,00	BOM PRINCÍPIO			
SAIBRO	Kayser Terraplanagem Ltda	Keyser Terraplanagem	810.385/2010	<b>1.396,00</b>	<b>100,00</b>		Aterro	100	25.455,67
SAIBRO				935,32	67,00	FELIZ			
SAIBRO				460,68	33,00	CARLOS BARBOSA			
SAIBRO	Prefeitura Municipal de Feliz	Arroio Feliz	810.388/2007	<b>1.587,61</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	
SAIBRO		Bananal	810.784/2007	<b>7.622,11</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	
SAIBRO		Matiel	810.785/2007	<b>6.779,79</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	
SAIBRO		Roncador	10.786/2007	<b>4.365,67</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	
SAIBRO		Vale do Hermes	810.757/2009	<b>3.704,49</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	
CASCALHO	Prefeitura Municipal de Feliz	Picada Cará	810.958/2007	<b>0,12</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	676,43
CASCALHO		Ponte de Ferro	810.736/2009	<b>676,31</b>	<b>100,00</b>	FELIZ	Construção /Manutenção de Estradas	100	

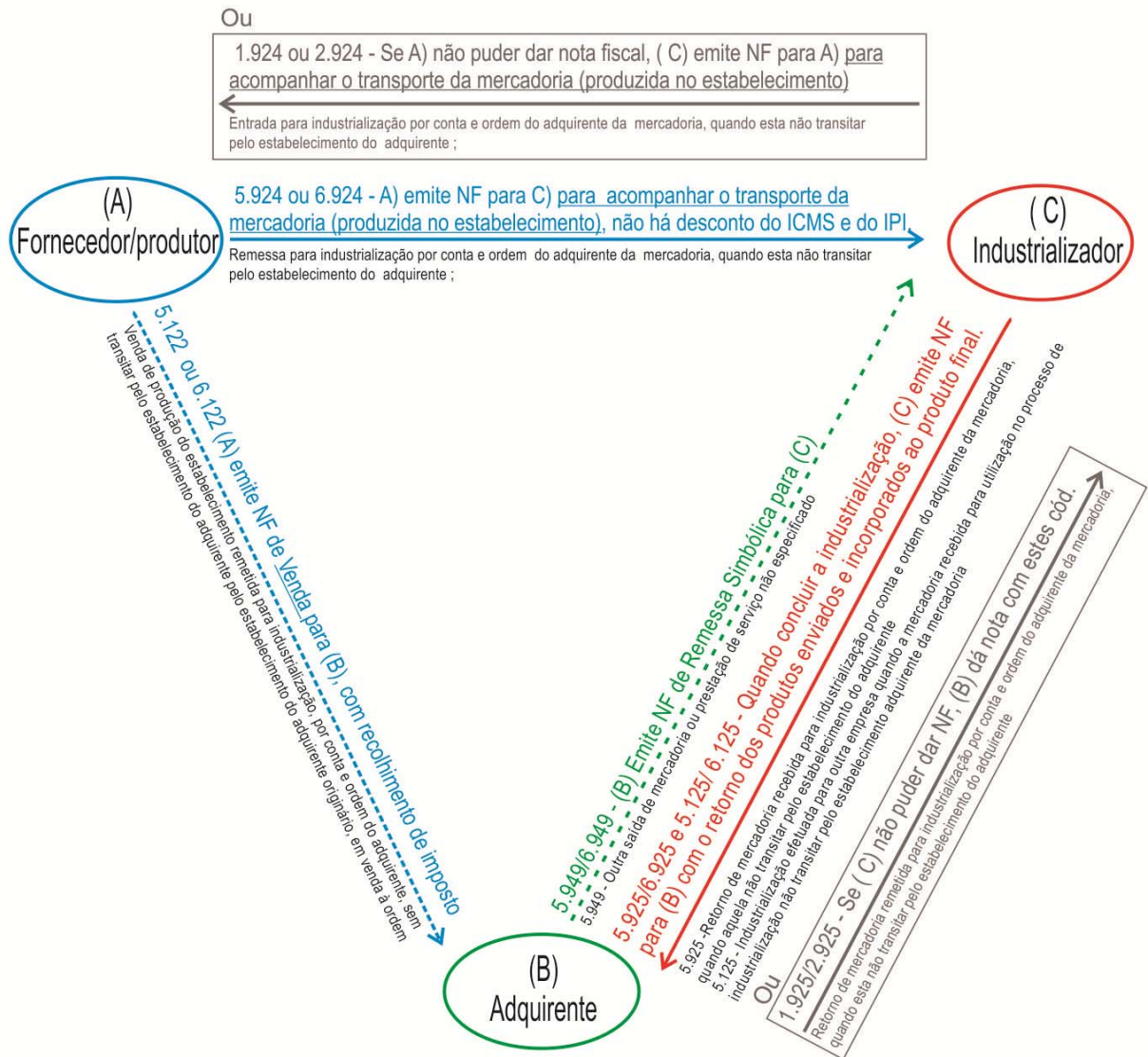
<sup>1</sup> Para a Cerâmica Mello a Mina é Bom Princípio

**APÊNDICE C – REPRESENTAÇÃO DAS TRANSAÇÕES TRIANGULARES,  
POR GRUPO DE CFOP**

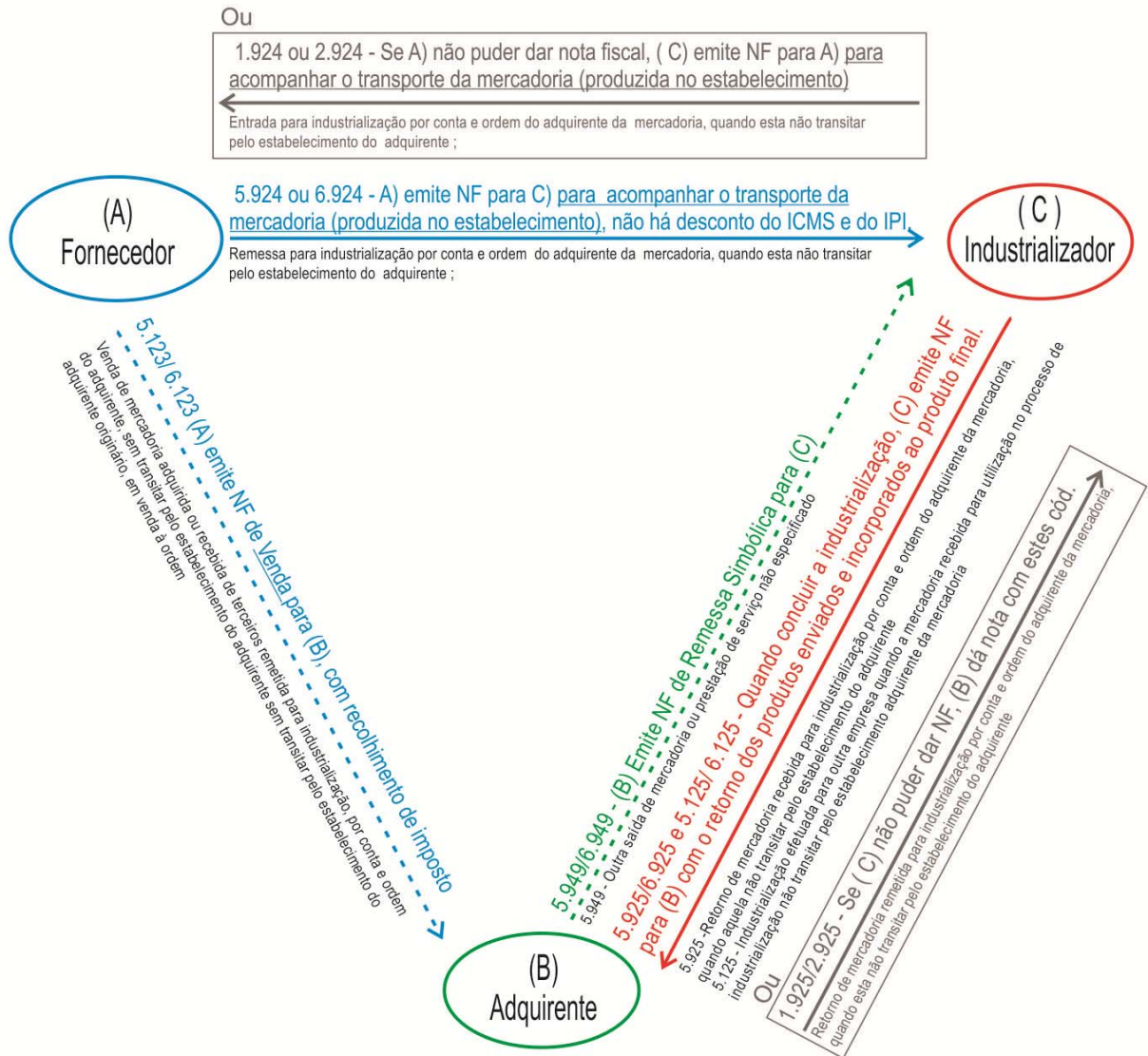
**Operação de Venda à ordem:**



**Operação de industrialização por encomenda, no caso de (A) ser produtor da mercadoria:**



**Operação de industrialização por encomenda, no caso de (A) comprar a mercadoria de terceiros:**



## **APÊNDICE D – CÓDIGOS CFOPS EXCLUÍDOS DO BANCO DE DADOS**

**CFOPs excluídos, pois são operações que envolvem, apenas, serviços e não produtos:** 1205; 5933; 6933.

**CFOPs excluídos, pois são operações que envolvem, apenas, venda de energia elétrica:** 5255.

**CFOPs excluídos, pois são notas de transferências e ressarcimentos de ICMS:** 1600; 1601; 1602; 1603; 1604; 1605; 5602; 5603; 6603.

**CFOPs excluídos, pois são notas também registradas em Equipamento Emissor de Cupom Fiscal:** 5929; 6929.

**Excluídos, pois operações, que implicam em fluxos em sentidos opostos em um pequeno espaço de tempo, de forma que o resultado será nulo. São exemplos: vasilhame e sacaria; mercadoria remetida para demonstração, feira ou reparo.** 1912 – 1916; 1920; 1921; 2912 – 2916; 2920; 2921; 5912 – 5916; 5920; 5921; 6912 – 6916; 6920; 6921; 3930.

**Excluídos, pois são CFOPs de emissão e retorno de mercadorias em consignação mercantil ou industrial, para os quais há um respectivo CFOP da venda de fato. Nesse caso, foram excluídas para não haver dupla contagem:** 1917; 1918 1919; 2917; 2918; 2919; 5917; 5918; 6919; 6917; 6918.

**Excluídos para não haver dupla contagem. São as mercadorias que saíram para venda fora da empresa, mas que não se conseguiu vender e então voltaram para a empresa. As vendas que de fato ocorreram estão lançadas nos CFOPs 5103 ou 5104:** 1904; 5904; 6904

**Excluídos para não haver dupla contagem. São as mercadorias que saíram para venda fora da empresa, mas que não se conseguiu vender e então voltaram para a empresa. As vendas que de fato ocorreram estão lançadas nos CFOPs 5401 ou 5402. Idem a situação anterior, mas são operações com produto sujeito ao regime de substituição tributária:** 1414; 5414; 5415; 1415.

**Excluído porque o preenchimento parece errado, de qualquer forma, só há um item:** 5109.



**Excluídos, pois são notas emitidas a título de faturamento de venda para entrega futura, haverá nota de venda correspondente, 5116 e 5117 e, conseqüentemente, dupla contagem: 5922; 6922.**

**Remessa e retorno para depósito, quando há venda, há uma nota comum. Nesse caso, foram excluídas para não haver dupla contagem 5905; 5906**

**Remessa para exportação. Há uma nota correspondente, específica para a venda para o exterior, 7101. Nesse caso, foram excluídas para não haver dupla contagem: 5501; 6501.**

**CFOPs excluídos, pois são notas de remessa simbólica, remetidas ao comprador pagam imposto, mas não acompanham o produto. Há uma nota específica para acompanhamento do produto, conforme especificado ao lado.**

**- Venda a ordem:**

5118 } Remessa da mercadoria: 5923 ou 6923  
5119 }  
5120

**- Industrialização por encomenda/industrialização triangular:**

5122 } Remessa para industrialização: 5.924 ou 6.924  
5123 }  
6118 } Remessa da mercadoria: 5923/6923  
6119 }  
6120  
6122 } Remessa para industrialização: 5.924 ou 6.924  
6123 }

**CFOPs de Importação e Exportação internacional.**

Todos os 3000

Todos os 7000

**APÊNDICE E – VALORES DE CONVERSÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS  
PARA UNIDADES DE MASSA**

CODIGO	UNIDADE	RESÍDUO	DENSIDADE/PESO	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO
A0020	metro cúbico (m³)	RESIDUO GERADO FORA PROCESSO INDUSTRIAL (EMBALAGENS, ESCRI)	0,45 kg/m³	Funresoli	lixo de escritório e sacarias
A0030	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE VARRICAO NAO PERIGOSO	0,65 kg/m³	Funresoli	varredura
A0050	metro cúbico (m³)	SUCATA DE METAIS NAO FERROSOS (LATAO, ETC)	53 kg/m³	SILVA, SANTOS, 2008	metal
A0051	p	RESÍDUOS METÁLICOS_TAMBORES	16,27 kg/m³	<a href="http://www.thecarycompany.com/containers/steel_drums">http://www.thecarycompany.com/containers/steel_drums</a> .	tambores metálicos
A0060	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE PAPEL, PAPELÃO	35,53 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	média
A0070	unidade	RESIDUO PLASTICO (BOMBONAS)	3,3945 kg	<a href="http://www.newsul.com.br/">http://www.newsul.com.br/</a>	bombonas
A0071	metro cúbico (m³)	RESIDUO PLASTICO (FILMES E PEQUENAS EMBALAGENS)	21,35 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	variável plástico
A0071	metro cúbico (m³)	RESIDUO PLASTICO (FILMES E PEQUENAS EMBALAGENS) Cones	21,35 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	variável plástico
A0081	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE EVA	227 kg/m³	SILVA, Marivaldo Wagner Sousa et al, 2009	resíduo de EVA
A0082	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE PU	1190 kg/m³	Rosa, D. S.; Guedes, C. G. F., 2003	resíduo de PU
A0084	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE FIBRA DE VIDRO	2400 kg/m³	SIL, A., GOMES, E.R., SOARES, M.R., FREDL, M.C., AL-QURESHI	fibra de vidro
A0090	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE MADEIRA (RESTOS DE EMBALAGENS, PALLETS, ETC)	498 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - madeira (misturada)
A0090	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE MADEIRA (RESTOS DE EMBALAGENS, PALLETS, ETC) SERRAGEM	350 kg/m³	<a href="http://www.opcaoverde.com.br/">http://www.opcaoverde.com.br/</a>	resíduos finos, gerado no ato de serrar, madeira
A0091	metro cúbico (m³)	SERRAGEM E CAVACOS DE MADEIRA	290 kg/m³	<a href="http://www.opcaoverde.com.br/">http://www.opcaoverde.com.br/</a>	média serragem e cavacos
A0091	metro cúbico (m³)	SERRAGEM E CAVACOS DE MADEIRA	290 kg/m³	<a href="http://www.opcaoverde.com.br/">http://www.opcaoverde.com.br/</a>	média serragem e cavacos
	metro cúbico (m³)	CAVACOS DE MADEIRA	230 kg/m³	<a href="http://www.opcaoverde.com.br/">http://www.opcaoverde.com.br/</a>	Cavacos-Descarte de madeira ( pallets, embalagens, etc. )
	metro cúbico (m³)	SERRAGEM	350 kg/m³	<a href="http://www.opcaoverde.com.br/">http://www.opcaoverde.com.br/</a>	resíduos finos, gerado no ato de serrar, madeira
A0100	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE MATERIAIS TEXTEIS (TECIDOS, PANOS NAO CONTAMINADO)	181 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - têxteis
A0111	metro cúbico (m³)	CINZAS DE CALDEIRA	801 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - cinzas
A0160	metro cúbico (m³)	AREIA DE FUNDICAO (NAO FENOLICA)	1156,4 kg/m³	PUGLIERO, Fernando et al - ?	
A0210	metro cúbico (m³)	RESIDUO SOLIDO DE ETE COM SUBSTANCIAS NAO TOXICAS	1065 kg/m³	SANTOS, Ailton Dias dos - 2005	lodo desidratado
A0990	metro cúbico (m³)	OUTROS RESIDUOS NAO PERIGOSOS	240 kg/m³	SILVA, SANTOS, 2008	outros
A0990	Tambores de 20L	OUTROS RESIDUOS NAO PERIGOSOS: CINZAS QUEIMA DOS FORNOS	801 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - cinzas
A0990	unidade	OUTROS RESIDUOS NAO PERIGOSOS: DISCOS USADOS	302g	<a href="http://www.starrett.com.br/discosdecorte/serras/corte/da-c115-14.html">http://www.starrett.com.br/discosdecorte/serras/corte/da-c115-14.html</a>	
A0990	metro cúbico (m³)	OUTROS RESIDUOS NAO PERIGOSOS: RESTOS DE CONCRETO	1540 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	construção e demolição - concreto
A0997	metro cúbico (m³)	SERRAGEM, FARELO E PO DE COURO ATANADO	0,55 kg/m³	Funresoli	pó de couro e borracha
D0040	litro	RESIDUO DE SERVICO DE SAUDE (MATERIAL INFECTADO, AGULHA, ETC)	150 kg/m³	SILVA, HOPPE, 2005	resíduos de serviço de saúde
D0050	metro cúbico (m³)	LODO PERIGOSO DE ETE	1065 kg/m³	SANTOS, Ailton Dias dos - 2005	lodo desidratado
D0091	metro cúbico (m³)	APARAS E RETALHOS DE COURO COM CROMO	0,7 kg/m³	Funresoli	aparas de couro ao cromo
D0096	metro cúbico (m³)	RESÍDUO SÓLIDO DE VARRIÇÃO CONTAMINADO	0,65 kg/m³	Funresoli	varredura
F0030	litro	OLEO LUBRIFICANTE USADO (CONTAMINADO)	0,949 kg/L	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - óleos, piche, asfalto
F0030	metro cúbico (m³)	OLEO LUBRIFICANTE USADO (CONTAMINADO)	949 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - óleos, piche, asfalto
F0031	metro cúbico (m³)	MATERIAL CONTAMINADO COM OLEO	0,55 kg/m³	Funresoli	média - latas de tinta e óleo e panos com óleo/ estopas e serragem com óleo
F0032	metro cúbico (m³)	OLEO DE CORTE E USINAGEM	949 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - óleos, piche, asfalto

F0042	metro cúbico (m³)	RESIDUO TEXTIL CONTAMINADO (PANOS, ESTOPAS, ETC)	181 kg/m³	Tchobanoglous et al, 1993 apud HAMADA, 2003	industrial - têxteis
F0042	unidade	RESIDUO TEXTIL CONTAMINADO (PANOS, ESTOPAS, ETC)	550g	SARAVIA et al	média
F0044	litro	SOLVENTES CONTAMINADOS	1,03 g/cm³	vários	
F0044	metro cúbico (m³)	SOLVENTES CONTAMINADOS	1,03 g/cm³	vários	
F0050	metro cúbico (m³)	OUTROS RESIDUOS PERIGOSOS DE PROCESSO	240 kg/m³	SILVA, SANTOS, 2008	outros
F0050	unidade	OUTROS RESIDUOS PERIGOSOS DE PROCESSO: LUVAS	10g	<a href="http://mercadolivre.com.br">http://mercadolivre.com.br</a>	
F0050	unidade	OUTROS RESIDUOS PERIGOSOS DE PROCESSO: PROTETOR AURICULAR E Ó	24g	<a href="http://mercadolivre.com.br">http://mercadolivre.com.br</a>	
K0072		ACUMULADORES DE ENERGIA (PILHAS E BATERIAS)			
K0106	unidade	LAMPADAS FLUORESCENTES (VAPOR DE MERCURIO OU SODIO)	0,36 Kg	<a href="http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/iii-062.pdf">http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/iii-062.pdf</a>	
K0212	metro cúbico (m³)	EMBALAGENS VAZIAS CONTAMINADAS	0,5 kg/m³	Funresoli	embalagens plásticas com produtos químicos/embalagens de insumos químicos
K0212	unidade	EMBALAGENS VAZIAS CONTAMINADAS	0,0789 kg	Castilhos Junio e Oliveira	
X005	unidade	LIXAS CLASSE II	40g	<a href="http://www.rntintas.com/tipos%20de%20lixas.html">http://www.rntintas.com/tipos%20de%20lixas.html</a>	
X014	metro cúbico (m³)	EQUIPAMENTOS DE PROTECAO INDIVIDUAL - EPI	21,35 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	variável plástico
X014	unidade	EQUIPAMENTOS DE PROTECAO INDIVIDUAL - EPI	0,017	<a href="http://mercadolivre.com.br">http://mercadolivre.com.br</a>	média de luva e óculos
X015	unidade	CARTUCHO DE IMPRESSORA	36,6764g	<a href="http://www.ink3000.com.br">http://www.ink3000.com.br</a>	
X020	metro cúbico (m³)	RESIDUO DE PAPEL E PAPELÃO CONTAMINADOS	35,53 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	média
X021	metro cúbico (m³)	AREIA DE FUNDICAO CLASSE I	1156,4 kg/m³	PUGLIERO, Fernando et al - ?	
X025	metro cúbico	RESIDUO DE PLASTICO CONTAMINADO	135 kg/m³	SILVA, SANTOS, 2008	plástico rígido
X026	metro cúbico (m³)	EQUIPAMENTOS DE PROTECAO INDIVIDUAL (EPI) CONTAMINADOS	21,35 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	variável plástico
X029	unidade	LIXAS CLASSE I (COM RESINA FENOLICA NA COMPOSICAO)	40g	<a href="http://www.solostocks.com.br">http://www.solostocks.com.br</a>	
X032	metro cúbico (m³)	PAPEL HIGIENICO	56,17 kg/m³	CARDOSO, Renatta Santos Serafim et al, ?	matéria orgânica composta basicamente de papel higiênico
X042	metro cúbico (m³)	LODO DE FOSSA SEPTICA E FILTRO ANAEROBIO	1065 kg/m³	SANTOS, Ailton Dias dos - 2005	lodo desidratado
X043	unidade	BOMBONAS CONTAMINADAS	3394,545454g		

**APÊNDICE F – REFERÊNCIAS PARA CONVERSÃO DOS RESÍDUOS  
INDUSTRIAIS EM UNIDADES DE MASSA**

TÍTULO	AUTOR	DATA	PERIÓDICO /REVISTA
III-170 - DIAGNOSTICO DOS RESIDUOS SOLIDOS DA CIDADE UNIVERSITÁRIA PROF. JOSÉ DA SILVEIRA NETO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA – BELÉM - PARÁ	Renatta Santos Serafim Cardoso Paulo Fernando Norat Carneiro Gabriel Hiromite Yoshino Roberto dos Santos Correa		ARTIGO - 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
Análise micromecânica dos compósitos com fibras curtas e partículas	Alexandre Casaril Eduardo Rovaris Gomes Marcos Roberto Soares Márcio Celso Fredel Hazim Ali Al-Qureshi	2007	Revista Matéria, v. 12, n. 2, pp. 408 – 419
III-067 - DIAGNOSTICO DO MANEJO DE PRODUTOS RESIDUARIOS DO USO DE AGROTÓXICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CUBATÃO DO SUL	Armando Borges de Castilhos Junior Flávio Batista de Oliveira		ARTIGO - 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental
Caracterização de Areia de Fundação para uso em Pavimentação	Rafael Batezini Paulo C. Pinto Vinicius Girardello Orlando Glasenapp Fernando Puglieri	2006	ARTIGO - XXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA - UNIII IF
Desenvolvimento de Processo de Reciclagem de Resíduos Industriais de Poliuretano e Caracterização dos Produtos Obtido:	Derval S. Rosa Cristina G. F. Guedes	2003	Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 13, nº 1, p. 64-71, 2003
ESTUDOS DAS POSSIBILIDADES DE RECICLAGEM DOS RESIDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO	AILTON DIAS DOS SANTOS	2003	DISSERTAÇÃO
RELATO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL EM FÁBRICA DE ESTOPAS	SARAVIA, Jhonny Armando Vaca DURANTE, Luciane Cleonice NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque LAMBERT, José Antônio		
DIAGNÓSTICO DOS RESIDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE NO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL	CARLOS ERNANDO DA SILVA ALESSANDRO EDUARDO HOPPE	Recebido: 29/11/04 Aceito: 08/03/05	Vol.10 - Nº 2 - abr-jun, 146-151
Desenvolvimento de materiais de baixo custo utilizando resíduos de EVA para aplicação no design de calçados	SILVA, Marivaldo Wagner Sousa CARVALHO, Laura Hecker FOOK, Marcus Vinicius Lia	2009	ARTIGO - IV CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN
DENSIDADE APARENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECÉM COLETADOS	Michele Chagas da SILVA Gemmelle Oliveira dos SANTOS		ARTIGO
RESÍDUOS SÓLIDOS Conceituação e Caracterização	Prof. Dr. Jorge Hamada	set/03	

## **APÊNDICE G – ESTIMATIVAS DOS FLUXOS DA PECUÁRIA**

<b>Saídas de frangos de corte (soma das notas fiscais) - total:</b>	3.859.988,55	total em unidades	(estimativa anual EMATER: 3.000.000
	10.113,17	Total em toneladas	animais/ano)
	<b>3.999.988,13</b>	<b>Total unidades incluindo mortalidade</b>	(Miele et al, 2010) mortalidade no Rs
	<b>10.479,97</b>	<b>Total toneladas incluindo mortalidade</b>	= 3,5%
<b>Peso final do frango no RS (Miele et al, 2010)</b>	2,626	(kg/ave)	
<b>Consumo de ração e conversão alimentar RS (Miele et al, 2010)</b>	<b>4,621</b>	<b>kg/ave</b>	<b>1,790</b>
<b>Consumo de ração total de Feliz</b>	<b>18.759,14</b>	toneladas	
<b>Densidade do alojamento (Miele et al, 2010)</b>	(kg final /m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	
Convencional	30,600		330.495,75
Climatizado pressão positiva	33,800		299.206,21
Climatizado pressão negativa	35,400		285.682,77
<b>Massa específica aparente da maravalha (toneladas/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,35</b>		
<b>Consumo de MARAVALHA para cama de aviário (Miele et al, 2010)</b>	(m <sup>3</sup> /mil m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup> de cama	<b>toneladas de cama (maravalha)</b>
Cama de aviário em ambiente Convencional	17,00		5.618,43
<b>Resíduo de cama de aviário</b>			<b>toneladas de resíduo de cama</b>
Fonte: (EMBRAPA) PALHARES, 2003 apud Mitchell Jr et al. (1991) - (kg/ave)	2,00		<b>7.999,98</b>

Tabela: Estimativas dos fluxos da avicultura de corte.

<b>Exportação de Ovos - Fonte: Ceasa</b>	<b>426,84</b>	<b>toneladas</b>
	8.536.800,00	ovos
	<b>32.214,34</b>	<b>galinhas</b>
<b>Consumo de ração</b>	<b>1.293,41</b>	<b>toneladas/ano - considerando 365 dias</b>
	0,0001	toneladas/dia - calculado?
Fonte: PELÍCIA, K., SILVA, H. W., 2012	0,00011	toneladas/dia
<b>Dejetos de poedeiras</b>	<b>386,57</b>	<b>toneladas/ano (matéria seca)</b>
Ávila - Embrapa (Circular técnica 16, de 1992) camas de aviário	0,0018	toneladas/ano/cabeça (matéria seca)

Tabela: Estimativas dos fluxos da avicultura de poedeiras.



Efetivos dos rebanhos em 31/12/2011 - Fonte: IBGE - Pesquisa Pecuária Municipal	2.680,00	total em cabeças			
<b>Saídas de bovinos de corte (soma das notas fiscais) - total:</b>	<b>2.287,61</b>	<b>total em unidades</b>			
	<b>1.058,71</b>	<b>total em toneladas</b>			
<b>Peso final do bovino no RS</b>	0,463	(t/bovino)			
<b>Tempo de duração</b>	<b>tempo (dias)</b>				
	<b>365,00</b>				
Demanda total para alimentação animal em matéria seca para rebanho que permanece	<b>12.194,00</b>	<b>toneladas</b>			
Demanda total para alimentação animal em matéria seca para animais exportados	<b>4.634,90</b>	<b>toneladas</b>			
Conversão alimentar Crescimento e Terminação (Fonte:)			<b>7,500</b>	kg MS/kg GDP	Ganho diário de peso vivo (GDP)
<b>Demanda para alimentação animal em matéria seca (Fonte: Tanimoto, 2010 apud IBGE, 2009 e MAPA, 2005)</b>	<b>4,55</b>	<b>ton/cabeça/ano</b>		específico para	bovinos de corte
<b>Demanda para alimentação animal em matéria seca - por mês</b>	<b>0,379166667</b>				
	<b>N° de cabeça</b>	<b>Meses de vida em Feliz</b>	<b>Demanda alimentação</b>	<b>Dias de vida em Feliz</b>	<b>Dejetos (matéria seca)</b>
janeiro	0	1	-	30,50	-
fevereiro	13	2	9,86	61,00	1.665,30
março	0	3	-	91,50	-
abril	4	4	6,07	122,00	1.024,80
maio	1840	5	3.488,33	152,50	589.260,00
junho	30	6	68,25	183,00	11.529,00
julho	32,2	7	85,46	213,50	14.436,87
agosto	29,15	8	88,42	244,00	14.936,46
setembro	43,3	9	147,76	274,50	24.960,29
outubro	99,3	10	376,51	305,00	63.601,65
novembro	35,4	11	147,65	335,50	24.941,07
dezembro	47,6	12	216,58	366,00	36.585,36
<b>Total</b>			<b>4.634,90</b>	<b>toneladas</b>	<b>782,94</b>
<b>Produção total de dejetos em Feliz (a partir do rebanho bovino que permanece)</b>	<b>2.054,22</b>	<b>toneladas</b>			
<b>Produção total de dejetos em Feliz (a partir das cabeças exportadas)</b>	<b>782,94</b>	<b>toneladas</b>			<b>2.837,16</b>
<b>Produção de dejetos em matéria seca - média/dia de vida calculado a partir de informações da Fepagro e da Embrapa</b>	<b>2,1</b>	<b>Kg/animal/dia</b>		<i>média da vida considerando efetivo dos rebanhos</i>	

Tabela: Estimativas dos fluxos da bovinocultura de corte.

Produção total de leite em Feliz em 2011 (segundo notas fiscais)	785,07 toneladas	Fonte: Diagnóstico da Pecuária de Leite Nacional - Contribuição para o Plano pecuário 2012.
Produção total de leite em Feliz em 2011 (segundo notas fiscais)	762.203,88 litros	
Produção	365,00 dias	
Produção de leite no RS em 2011	7,20 litros/dia	
Rendimento da vaca leiteira no RS	2.628,00 litros/ano	
Número de vacas	290,03	
<b>Produção total de dejetos em Feliz</b>	<b>514,49 toneladas</b>	
Tabela 01 - Produção diária de resíduos sólidos (LOVATTO, 2010, cap. 9, p.2)	12,50 Kg/animal/dia	<i>assumindo-se valores médios</i>
<b>Produção de fezes em matéria seca (MANSO, K.;FERREIRA, O., 2007)</b>	<b>4,86 Kg/animal/dia</b>	
<b>Conversão Alimentar do gado leiteiro no RS</b>	<b>1.328,56</b>	
Fonte: KIRCHOF, Breno. Alimentação da Vaca Leiteira. Pg 49		
Capacidade de consumo da vaca leiteira de 500KG (matéria seca)	15,00 kg	
Consumo de matéria seca volumosa (pasto)	9,55 Kg	
Consumo de matéria seca concentrada (ração)	5,45 Kg	
Capacidade de produção de leite	21,00 Kg leite	
Fonte: (Tabela 7)Aspectos da alimentação da vaca leiteira. UEM		
Consumo de matéria seca diário da vaca leiteira de 600kg	12,55 Kg	
Capacidade de produção de leite	11,65 Kg leite	

Tabela: Estimativas dos fluxos da bovinocultura de leite.

Saída de leitões	79,00	total em unidades	
Saídas de suínos (soma das notas fiscais) - total:	12.176,82	total em unidades	
	1.339,45	total em toneladas	(estimativa anual EMATER: 14.000 animais/ano)
	6.295,00	unidades =	692,45 toneladas
	647,00	toneladas =	5.881,82 unidades
Peso final do suíno no RS (EMATER/FELIZ)	0,110	(t/suíno)	
Conversão alimentar Crescimento e Terminação (Fonte: Embrapa, p. 9 e 10)			2,800 assumindo-se valores médios
Consumo de ração total de Feliz (estimada a partir das saídas de suínos)	3.750,46	toneladas	
Tempo de duração das fases dos suínos (Fonte: Embrapa, p. 9 e 10)		tempo (dias)	
Creche (entre 56 e 63 dias)		63	
Crescimento e Terminação (entre 133 e 154 dias)		91	
Produção total de dejetos em Feliz			<b>Produção total</b>
Sólidos totais dos dejetos (urina e esterco) de suínos (Fonte: Oliveira (EMBRAPA) apud ASA)	1,21	Kg/animal/dia (110kg)	1.340,79 toneladas
Produção total de dejetos em Feliz	8.310.678,41	(litros)	274,96 toneladas
Densidade - Fonte: (Miranda, 1999 - EMBRAPA)	1,02	ton/m <sup>3</sup>	assumindo-se valores médios
Massa Seca - Fonte: (Perdomo, 1999 - EMBRAPA)	3,25%		assumindo-se valores médios
Pelos cálculos (considerando o tempo da fase de terminação, a produção diária de dejetos, a densidade e a massa seca) tem-se a geração estimada de:			22,58 kg/suíno (massa seca)

Tabela: Estimativas dos fluxos da suinocultura.