

## **AVALIAÇÃO INTEGRADA DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL: UMA PROPOSTA DE METODOLOGIA**

**Bruno Milanez**

Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n, Campus Universitário, 36036-330, Juiz de Fora – MG  
E-mail: bruno.milanez@uff.edu.br

**Luciana Miyoko Massukado**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Planaltina  
E-mail: luciana.massukado@ifb.edu.br

**Jorge Hargrave**

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
E-mail: jorge.hargrave@ipea.gov.br

**Gustavo Luedemann**

Ministério de Ciência e Tecnologia  
E-mail: gustavo.luedemann@mct.gov.br

**Tássia Nunes Dias Pereira**

Universidade Federal de Juiz de Fora  
E-mail: tassia.nunes@engenharia.uff.edu.br

### **Resumo**

O principal objetivo do artigo é contribuir para a construção de uma metodologia de avaliação agregada da gestão de resíduos sólidos recicláveis no Brasil, bem como analisar a qualidade das informações estatísticas existentes sobre o assunto. A realização da pesquisa foi motivada pela carência de metodologias que integrem as diversas fontes de informação existentes, bem como pela discussão sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, uma vez que ela propõe a construção de meios de controle a fiscalização de sua implementação no âmbito nacional. Para tanto, a metodologia proposta integra dados de consumo aparente, geração de resíduos, reciclagem e disposição final para alumínio, aço, papel/papelão, plástico e vidro. Como resultado, o trabalho explicita algumas inconsistências nas diferentes bases de dados existentes no país. Ao mesmo tempo, ele sugere como estratégias para superar essas limitações: (1) o desenvolvimento de dados nacionais de composição gravimétrica; (2) a integração das bases de dados sobre matérias primas industriais e resíduos sólidos recicláveis e; (3) a criação de políticas que avaliem de forma integrada todo o ciclo de vida dos produtos.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos urbanos, coleta seletiva, reciclagem

### **Abstract**

This article aims at contributing to the development of a methodology for evaluating the solid waste policy in Brazil, as well as to the analysis of existing indicators. The research was proposed because of the absence of national methodologies that put together the various sources of information related to solid waste. Besides that, the new Solid Waste National Policy proposes the definition of instruments capable of monitoring its implementation and

performance. Therefore, this methodology evaluates simultaneously data of apparent consumption, waste production, recycling and final disposal of aluminium, steel, paper and cardboard, plastic and glass. As a result, the article makes explicit some inconsistencies between the existing databases. At the same time, it suggests three main strategies to overcome these limitations: (1) the development of data of waste composition at the national level; (2) the integration of the existing raw-material and solid waste database; and (3) the development integrated approaches to evaluate the products life cycle.

**Keywords:** Solid waste, curbside collection, recycling

## Introdução

A publicação da Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) cria uma série de desafios para a gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil. Uma delas diz respeito aos sistemas de monitoramento de desempenho, uma vez que a PNRS propõe a construção de meios de controle a fiscalização de sua implementação no âmbito nacional. Ao mesmo tempo, a PNRS propõe, entre seus objetivos, a implementação da Análise de Ciclo De Vida dos produtos, que orienta que as iniciativas de gestão não devem apenas se limitar ao estágio pós-consumo, mas também incorporar elementos da utilização de recursos naturais, sistemas produtivos e uso dos produtos.

Existem no país iniciativas de monitoramento da gestão dos RSU em nível nacional. Entre elas, podem ser citadas a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e o Sistema Nacional de Informação em Saneamento (SNIS), organizado pelo Ministério das Cidades. Além dessas, o governo ainda realiza algumas pesquisas específicas sobre o uso e reciclagem de alguns materiais, como o Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico e o Anuário Estatístico Setor de Transformação de Não-metálicos, ambos elaborados pelo Ministério de Minas e Energia.

Dentro desse contexto, este artigo tem como pergunta orientadora verificar até que ponto as pesquisas nacionais de uso de materiais e de gestão de RSU atenderiam às necessidades de informação criadas pela PNRS. A hipótese defendida é que estas pesquisas apresentam importantes limitações, que virão a dificultar uma visão do ciclo de vida dos produtos usados e descartados no país.

Tais limitações são devidas a diferentes aspectos. Em primeiro lugar, há diferenças metodológicas - incluindo variação das fontes de informação e dos métodos de agregação - que impedem uma comparação imediata entre esses dados e exigem um tratamento preliminar das informações. Em segundo lugar, as pesquisas específicas de resíduos se limitam à análise

da etapa pós-consumo, e as pesquisas do MME não consideram a origem dos resíduos reciclados, o que dificulta a integração entre esses dados. Por fim, independente da importância dada pela PNRS à reciclagem de materiais, nenhuma das pesquisas inclui em seus questionários informações sobre a composição gravimétrica dos resíduos coletados, dificultando a avaliação do potencial de reutilização e reciclagem dos distintos materiais em escala nacional.

Para apresentar essa análise, o artigo está estruturado de forma que, após esta introdução, são apresentados os objetivos principal e secundários da pesquisa. Em seguida, a seção de materiais e métodos descreve brevemente alguns conceitos que orientam a pesquisa, as principais fontes consultadas e a forma de tratamento dos dados. O capítulo de resultados e discussão primeiramente apresenta os principais indicadores de desempenho para cada uma das etapas da gestão dos RSU recicláveis (geração, coleta seletiva, reciclagem e disposição final) para, em seguida, reorganizar essa informação sob uma perspectiva setorial e debater o desempenho de cada um dos materiais analisados de forma separada (alumínio, aço, papel e papelão, plástico e vidro). Por fim, na conclusão, são apresentadas algumas recomendações de possíveis políticas públicas ou iniciativas que venham a ajudar na superação dos desafios identificados.

## Objetivos

O objetivo principal do artigo é avaliar até que ponto as pesquisas nacionais sobre uso de materiais e gestão de resíduos são consistentes entre si e coerentes com as necessidades de informação criadas pela PNRS. Para tanto, são propostos os seguintes objetivos específicos:

Propor uma metodologia de avaliação integrada da gestão de RSU recicláveis no Brasil, a partir das pesquisas nacionais existentes para uso de materiais e gestão de resíduos sólidos;

Avaliar a qualidade e a consistência das informações nestas pesquisas;

Aplicar a metodologia proposta de forma a estimar a quantidade de materiais recicláveis presentes nos RSU, a quantidade reciclada, e quantidade de material reciclável ainda disposta em aterros e lixões.

## **Materiais e métodos**

O artigo foca na discussão nos resíduos recicláveis, tendo sido escolhidos alumínio, aço, papel/papelão, plástico e vidro. Dependendo da disponibilidade dos dados, foram levantados alguns pontos associados às embalagens produzidas e recicladas que utilizam esses materiais, devido à sua crescente importância nos RSU.

Para tanto, o trabalho foi elaborado a partir de diferentes fontes secundárias de informação. A pesquisa foi desenvolvida, principalmente, utilizando dados e informações da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), tendo sido utilizado para tanto o Banco Multidimensional Estatístico (BME), sistema disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para consulta a dados desagregados. Essas informações foram complementadas pelo Sistema Nacional de Informação em Saneamento (SNIS). Além destes, foram também utilizados relatórios da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), publicações de diferentes órgãos setoriais, como Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) e Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), bem como do Ministério de Minas e Energia (MME). Com relação à composição gravimétrica, procurou-se trabalhar com um amplo painel de estudos de caso, que abrangessem dados de municípios de diferentes tamanhos e regiões do país (IPEA, 2011).

Nas análises quantitativas, para manter a consistência temporal, o ano de 2008 foi definido como referência do estudo. Porém, a opção pelo uso de fontes diversas gerou uma série de desafios, particularmente relativos à sua compatibilização. Uma das dificuldades encontradas deveu-se a inconsistências internas da PNSB, uma vez que em alguns casos, as respostas dadas por instituições responsáveis pela coleta eram diferentes daquelas fornecidas pelas entidades de disposição final. Além disso, em situações em que a PNSB não fornecia os dados necessários, lançou-se mão de realizar as análises a partir das amostras adotadas pelo SNIS. Outra limitação identificada deveu-se às diferenças nas abordagens adotadas pelos órgãos do governo no levantamento de dados; assim, nem sempre as informações produzidas pelo MME, focadas na etapa da produção, eram facilmente comparáveis com

aquelas geradas pelo Ministério das Cidades ou pelo IBGE, voltadas para o saneamento.

## **Resultados e discussão**

### **Aspectos conceituais**

A gestão de resíduos sólidos vem se consolidando no Brasil como uma importante área de pesquisa. Como gestão de resíduos entendem-se as iniciativas e ações adotadas pelo poder público, em suas diferentes esferas, de forma a reduzir a produção de resíduos nas fontes geradoras, estimular o seu reaproveitamento, viabilizar a sua reciclagem e ainda garantir a sua disposição final adequada (JACOBI; BESEN, 2011).

De forma geral, os trabalhos produzidos sobre o tema podem ser separados em dois grupos. Por um lado, existe uma parte importante dessa produção que adota uma perspectiva local e discute as iniciativas municipais no gerenciamento dos RSU (JACOBI; BESEN, 2011; MELO; SAUTTER; JANISSEK, 2009; PIMENTEIRA et al., 2005). Ao mesmo tempo, há outro grupo de pesquisas que busca entender a questão dos resíduos sólidos a partir do ponto de vista nacional. Nesse sentido, há trabalhos que partem de uma análise institucional e se propõem a debater as propostas de políticas e programas adotados pelo governo federal (CAMPOS, 2009; MAGALHÃES, 2009; NASCIMENTO NETO; MOREIRA, 2010). Ainda sob a perspectiva nacional, existem pesquisas que buscam avaliar o grau de sucesso e os desafios das iniciativas federais. Este grupo, na maior parte das vezes, assume uma visão setorial para debater alguns resíduos especiais, como pilhas e baterias (MANTUANO et al., 2011; MILANEZ; BÜHRS, 2009) ou pneus (CIMINO; ZANTA, 2005; MILANEZ; BÜHRS, 2009).

O presente trabalho se aproxima mais deste último grupo de pesquisas. Porém ele se diferencia por diferentes fatores. Primeiramente, ao invés de avaliar o resultado das políticas, ele se propõe a estudar os sistemas de monitoramento das políticas para gestão de RSU. Dessa forma, mais do que uma análise de política, o trabalho se aproxima de uma meta-análise (PARSONS, 1995). Em segundo lugar, enquanto muitas das pesquisas existentes focam na gestão pós-consumo dos materiais, esta análise se aproxima das análises de ciclo de vida e adota o paradigma proposto pela Política Integrada de Produtos (PIP).

A PIP foi concebida originalmente pela Comissão das Comunidades Europeias com o objetivo de “reduzir os impactos ambientais dos produtos ao longo de seu ciclo de vida” (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2001, p. 5). Entre outras coisas, esta

**Tabela 1 - Consumo aparente de materiais e embalagens no Brasil (mil t)**

Materiais	Consumo aparente de materiais				Consumo aparente de embalagens			
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
Alumínio	833	893	985	1.127	256	275	303	347
Aço	19.852	20.250	24.990	27.192	936	873	891	886
Papel/papelão	7.328	7.702	8.099	8.755	3.535	3.595	3.808	4.154
Plástico	4.174	4.483	4.987	5.391	605	650	723	782
Vidro	2.482	2.533	2.372	2.411	939	961	1.063	1.041

Fonte: Elaborado a partir de ABAL (2011), ABIPLAST (2010), ABIQUIM (2008), ABRELPE (2010), BRACELPA (2010), MME (2010 a, 2010 b)

proposta almeja aumentar a eficiência de recursos e reduzir os impactos ambientais do consumo de bens e serviços (BERKHOUT; SMITH, 1999), tendo como uma de suas principais estratégias a inovação tecnológica (REHFELD; RENNINGS; ZIEGLER, 2007).

Estudos a partir da PIP já foram propostos para avaliar políticas brasileiras, todavia eles ainda são incipientes e limitados (OMETTO; GUELERE FILHO; SOUZA, 2006). Nesse sentido, esta pesquisa se propõe a contribuir com este campo, expandindo o conhecimento sobre as potencialidades do paradigma das PIP na avaliação de políticas públicas no Brasil. Para tanto, no decorrer desta seção é feita a avaliação da consistência sobre os indicadores existentes para produção, consumo, reciclagem e descarte final de um grupo de materiais específicos.

## A visão dos RSU por etapas da gestão

### A geração

A primeira etapa da gestão de resíduos sólidos diz respeito à geração dos mesmos. A análise aqui adotada parte de dois parâmetros: o consumo aparente de materiais potencialmente recicláveis e o das respectivas embalagens<sup>1</sup>. Existem limitações para se fazer inferências precisas a partir destes dados, pois o consumo aparente registra apenas o comércio internacional dos materiais enquanto matéria prima. Dessa forma, nestas estatísticas não estão incluídas a exportação e a importação de papelão, plástico, metais e alumínio na forma de embalagem de produtos (por exemplo, o vidro que constitui uma garrafa de cerveja) nem como produto final (o papel do qual é feito um livro). Apesar dessas limitações esse indicador é o que vem sendo utilizado com maior frequência pela literatura especializada, tendo assim sido mantido (cf. ABRELPE, 2010).

<sup>1</sup> Consumo aparente de um material = produção doméstica + importações – exportações

Uma segunda limitação diz respeito ao uso das embalagens como principal indicador da participação dos diferentes materiais nos RSU. Bens duráveis – eletrodomésticos, automóveis e utensílios domésticos – também são descartados e, posteriormente, reciclados; porém não são incluídos nesta análise. Esta exclusão deve-se ao fato de tais materiais terem uma vida útil longa, tornando mais difícil a associação do ano do seu consumo, com o momento do seu descarte.

Apesar dessas limitações, propõe-se que o uso de tais indicadores permite análises e inferências importantes e eles constituem a melhor *proxy* possível para o assunto, tendo em vista os dados disponíveis. A Tabela 1 apresenta as estimativas do tamanho do mercado dos materiais estudados, bem como de suas embalagens para o período 2005-2008. A partir dessa informação, por exemplo, identifica-se que o consumo aparente do alumínio tem crescido de forma contínua nos últimos anos, sendo as embalagens responsáveis por aproximadamente 30% desse consumo.

No caso do aço, o consumo aparente também vem crescendo de forma significativa; todavia, para este material o setor de embalagens têm uma importância relativa menor do que no caso do alumínio. Dessa forma, a quantidade de aço e sucata ferrosa encontrada nos resíduos se deve menos à presença de embalagens e mais a outros bens. Apesar da pequena participação das embalagens para o setor siderúrgico, as embalagens de aço ainda correspondem em massa a mais do que o dobro das de alumínio. Isto provavelmente se deve à maior densidade do ferro e à maior gama de produtos que ainda utilizam latas de aço. Todavia, diferente do alumínio, a quantidade consumida de embalagens de aço mostrou uma redução no consumo durante o período analisado, talvez pela própria substituição desse material.

O papel/papelão se diferencia dos materiais descritos acima pelo fato de grande parte de seus produtos O papel/papelão se diferencia dos materiais descritos acima pelo fato de grande parte de seus produtos tam-

bém terem um ciclo de vida curto e acabarem sendo descartados juntamente com os RSU, como é o caso de jornais, revistas e uma grande parte do papel de imprimir e escrever. Todavia, para manter a consistência com os demais setores e devido à dificuldade de se estimar o quanto dos outros segmentos da indústria de papel seria descartado, apenas o segmento de embalagens foi analisado. Os dados apresentados mostram a importância das embalagens para o setor de papel/papelão, uma vez que elas representam quase 50% do consumo aparente destes. Ao mesmo tempo, o papel e, principalmente, o papelão, têm um uso bastante elevado entre as embalagens, uma vez que o consumo desse material é significativamente maior do que o consumo de embalagens fabricadas com os outros materiais.

Os dados de geração de resíduos de plástico consistem em informações bastante complexas, devido à diversidade de polímeros existentes, cada um com usos específicos e importância diferenciada nos RSU. Essa complexidade se torna um dos principais desafios para a recuperação do plástico, uma vez que a reciclagem desses resíduos misturados somente é usada para a fabricação de produtos de menor valor agregado. Embora o consumo de embalagens de plástico seja da mesma ordem de grandeza do aço, considerando sua baixa densidade pode-se inferir que o volume de resíduos de embalagens plásticas seja bastante superior ao volume das embalagens de aço.

No caso do vidro, as embalagens são responsáveis por cerca de 40% do seu consumo. O vidro nos RSU possui algumas particularidades, em primeiro lugar, existem dificuldades técnicas para se reciclar vidros diferentes, como vidros de cores distintas ou vidro de embalagens juntamente com vidros planos. Além disso, há a possibilidade da reutilização das embalagens, seja pela própria indústria, como no caso do setor de bebidas, seja pelo mercado informal. Essas possibilidades também deveriam ser levadas em consideração em uma política de gestão de RSU.

### A coleta seletiva

Uma das principais estratégias para o encaminhamento de resíduos sólidos para a reciclagem é a criação de sistemas de coleta seletiva. Porém uma parte considerável da coleta de materiais recicláveis é feita por catadores de maneira informal e assim não é contabilizada nas estatísticas oficiais. Por esse motivo, os dados apresentados aqui devem ser considerados com cautela, uma vez que representariam o valor mínimo da quantidade de RSU encaminhados para a reciclagem.

Como a PNSB não apresenta informações sobre a quantidade de material coletado seletivamente, esses dados foram extrapolados utilizando a taxa de recuperação por habitante, estimada a partir das informações levantadas pelo SNIS, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Estimativa da quantidade de material recuperado por programas de coleta seletiva (2008)**

Fonte	Variável	Unidade	Municípios pequenos	Municípios médios	Municípios grandes	Brasil	
Amostra de municípios (SNIS)	Municípios	Número	36	87	8	-	
	População urbana	mil hab.	1.369	25.866	26.823	-	
	Quantidade de material recuperado (kg/hab.)	Metal		1,5	1,2	0,4	-
		Papel/papelão		4,8	5,3	1,5	-
		Plástico		2,9	3,0	1,1	-
Vidro			0,9	0,8	0,4	-	
Universo de municípios brasileiros (PNSB)	Municípios	Número	862	120	12	994	
	População urbana	mil hab.	14.951	31.309	31.449	77.709	
	Quantidade de material recuperado (mil t)	Metal		22	37	13	72
		Papel/papelão		72	167	48	286
		Plástico		44	92	34	170
Vidro			14	24	13	51	

Nota: Os municípios foram classificados de acordo com o tamanho da população: municípios pequenos com menos de 100 mil habitantes; municípios médios com população entre 100 mil e 1 milhão de habitantes; municípios grandes com mais de 1 milhão de habitantes.

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010) e MCIDADES (2010)

As estimativas de quantidade recuperada indicam que, em termos absolutos, papel/papelão é o material mais recuperado pelos programas oficiais de coleta seletiva, seguido de plásticos. Como o SNIS não classifica os metais em alumínio e aço, não foi possível estimar separadamente a quantidade desses materiais que é coletada seletivamente. O vidro, por sua vez, é o material cuja quantidade é coletada em menor quantidade. Os dados do SNIS indicam uma menor taxa de recuperação por habitante nos municípios com mais de um milhão de habitantes. Apesar de a pesquisa não avaliar esse comportamento, nossa hipótese é que essa característica pode estar associada ao fato de a coleta seletiva estar sendo feita apenas em partes desses municípios, bem como a uma atuação mais intensa de catadores nas cidades de grande porte.

## A reciclagem

Os dados apresentados foram obtidos a partir de relatórios divulgados pelas associações industriais dos diferentes setores. Uma das principais limitações dessas fontes deve-se ao fato de essas associações, com poucas exceções, não computarem separadamente a reciclagem do resíduo pré-consumo, aquele gerado nos processos produtivos, e os resíduos pós-consumo, decorrente do descarte após a utilização de um bem. O primeiro resíduo seria uma importante

ferramenta de análise de eficiência industrial e poderia ser utilizado como indicador de eficiência material das empresas. O segundo tipo de resíduo, por sua vez, é aquele que tem maior relevância para estudos na área de saneamento. Por causa da limitação no detalhamento da origem dos resíduos, os dados de reciclagem apresentados são referentes aos dois tipos de reciclagem conjuntamente.

No caso do alumínio, considerando dados da Tabela 1 e da Tabela 3, a proporção de reciclagem tem se mantido estável nos últimos anos, oscilando na faixa dos 37% do consumo aparente. O setor não divulga dados de reciclagem do total de embalagens, limitando-se às latas, o que dificulta uma avaliação da eficácia da reciclagem de embalagens de alumínio de forma geral.

Para o aço, os dados indicam uma participação muito limitada da reciclagem de embalagens no total reciclado. Isso se deve às características da indústria, que possui já uma estrutura mais consolidada para reciclagem de outros produtos. Uma parte considerável está baseada na reciclagem pré-consumo, utilizando resíduos internos às usinas siderúrgicas e resíduos gerados durante a produção de bens. No campo dos resíduos pós-consumo, também teriam importante participação os resíduos de obsolescência, como automóveis e eletrodomésticos em fim de vida útil, e os resíduos da construção civil (VASQUES, 2009).

**Tabela 3 - Reciclagem de materiais e embalagens no Brasil (mil t)**

Material	Variável	2005	2006	2007	2008
Alumínio	Resíduo reciclado	301	370	340	412
	Embalagem reciclada (apenas latas)	128	139	161	166
Aço	Resíduo reciclado	8.125	8.544	8.853	9.405
	Embalagem reciclada	224	235	244	97
Papel/papelão	Resíduo reciclado	3.438	3.497	3.643	3.828
	Embalagem reciclada*	2.411	2.437	2.595	2.762
Plástico	Resíduo reciclado	860	914	962	N/D
	Embalagem reciclada	N/D	N/D	N/D	N/D
Vidro	Resíduo reciclado	N/D	N/D	N/D	N/D
	Embalagem reutilizada	188	192	213	208
	Embalagem reciclada	423	442	499	489

\* Estimada a partir das aparas recicladas de papel Kraft e de papelão ondulado

Fonte: Elaborado a partir de ABAL (2011), ABIPLAST (2010), ABIQUIM (2008), ABRELPE (2010), BRACELPA (2010), MME (2010 a), PLASTIVIDA (2005, 2008), VASQUES (2009)

A reciclagem de aparas de papel/papelão também é uma atividade bastante consolidada, seja pelo próprio sistema de retorno de resíduos de gráficas e empresas de embalagem, seja pela atuação dos catadores de material reciclável. Calculando o índice de reciclagem como sendo a quantidade de material reciclado dividida pelo consumo aparente, este seria o setor com maior taxa de recuperação de resíduos, embora isso se deva, conforme discutido anteriormente, à natureza dos produtos de papel que, em sua maioria, têm um ciclo de vida curto.

A avaliação da reciclagem de plásticos requer uma análise mais cuidadosa devido à diversidade de polímeros envolvidos. Como não há uma única organização por trás da indústria do plástico, os dados foram coletados em fontes diversas, a partir de pesquisas amostrais. Devido a essas dificuldades, não foi possível estimar um dado confiável para a taxa de reciclagem de embalagens. Segundo as fontes consultadas, o Tereftalado de Polietileno (PET) seria o segmento que vem obtendo melhor resultado com taxas de reciclagem pós-consumo da ordem de 60%, seguido pelo Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) com uma taxa da ordem de 20%; todos os outros polímeros apresentam taxas inferiores a 10% (ABIPLAST, 2010; PLASTIVIDA, 2005, 2008).

Com relação à reciclagem do vidro, somente foi possível localizar dados sobre a reciclagem de embalagens. Conforme mencionado anteriormente, o vidro é caracterizado pela possibilidade de reutilização, sendo estimado que cerca de 20% das embalagens sejam reutilizadas pela indústria. Além do reuso industrial, estimativas indicam que o reuso caseiro e informal seria responsável por 33% dos destinos destas embalagens (ABRELPE, 2010).

## A disposição final

Não foram identificados dados consolidados sobre a composição gravimétrica dos RSU que são encaminhados para a disposição final. Alternativamente, a participação percentual de cada tipo de RSU apresentada na Tabela 4 foi construída a partir da média simples de estudos de gravimetria de RSU realizados em 93 municípios e apresentados em trabalho prévio dos autores (IPEA, 2011). Para este estudo, procurou-se utilizar estudos de todas as regiões do Brasil, sendo assim distribuídos: 12 da região Norte, 19 do Nordeste, 21 do Sudeste, 34 do Sul e 7 do Centro Oeste. Como estratégia de garantir essa ampla amostra, optou-se por não fazer uma separação temporal dos estudos gravimétricos e foi considerado que a composição dos resíduos gerados não variou de forma significativa entre 1995 e 2008.

**Tabela 4 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos coletados no Brasil (2008)**

Materiais	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527
Metais	2,9	5.294
Aço	2,3	4.214
Alumínio	0,6	1.080
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997
Plástico total	13,5	24.848
Plástico filme	8,9	16.400
Plástico rígido	4,6	8.448
Vidro	2,4	4.389
Matéria orgânica	51,4	94.335
Outros	16,7	30.619
Total	100,0	183.482

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010) e IPEA (2011)

Para a construção dos totais (em t/dia) apresentados na tabela, optou-se por utilizar os dados de coleta e não de disposição final apresentados na edição de 2008 da PNSB. Esta decisão foi devida a uma inconsistência encontrada na pesquisa do IBGE: segundo a versão eletrônica deste relatório, no Brasil seriam coletados anualmente 183.488 t/dia de RSU e seriam dispostos 259.547 t/dia nas diversas modalidades (aterros sanitários, aterros controlados, lixões etc.). Uma análise do relatório, dos microdados e dos questionários sugeriu uma possível dupla contagem no caso dos RSU encaminhados para unidades de disposição ou tratamento. Além disso, o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2009 (ABRELPE, 2009), estima que teriam sido coletados no país 149,2 mil t/dia de resíduos em 2008, e uma extrapolação dos dados do SNIS para esse mesmo ano indica uma quantidade próxima de 165 mil t/dia (MCIDADES, 2010). Sendo assim, o valor apresentado pela coleta de resíduos pareceu mais consistente com outras fontes do que os dados de disposição final.

## A visão dos RSU por materiais

A seção anterior foi estruturada a partir da visão das etapas da gestão dos RSU com o objetivo de avaliar separadamente a qualidade dos indicadores disponíveis para cada uma dessas atividades. Apesar de didática, essa estrutura dificulta a avaliação do desempenho da gestão dos diferentes materiais recicláveis descartados. Como forma de contribuir para uma visão de acordo com os diferentes materiais, outra

organização é adotada nesta seção. Embora tenha se tentado manter a maior consistência possível, esses dados devem ser usados com cautela, pois resultam da combinação de indicadores de diferentes fontes, natureza e grau de precisão.

Os gráficos apresentados nesta seção agrupam informações coletadas em fontes secundárias e outras estimadas neste trabalho. Eles têm como ponto de partida o consumo aparente dos materiais e descrevem quanto de cada material é encaminhado para cada destino. Em alguns gráficos é apresentada a variável “material não descartado”, que foi estimada como a diferença entre o consumo aparente e o somatório das demais frações. Esta variável corresponderia, em teoria, aos produtos que possuem um ciclo de vida mais longo, e que não seriam descartados no mesmo ano de seu consumo, por exemplo, produtos usados na construção civil ou na indústria automobilística. Os dados sobre material descartado foram estimados a partir da gravimetria apresentada na Tabela 4<sup>2</sup>. A não ser quando explicitado, todos os dados se referem ao ano de 2008.

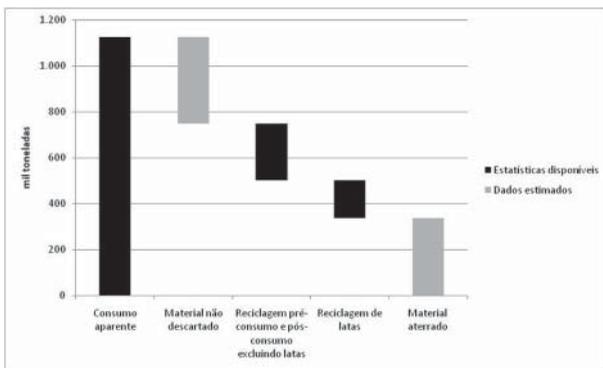


Figura 1 - Fluxo do alumínio (2008)

Fonte: Elaborado a partir de ABAL (2008), ABRELPE (2010), IBGE (2010) e MME (2010 a)

A Figura 1 aponta para a importância da reciclagem das latas de alumínio, que respondem por cerca de 40% de todo o alumínio reciclado no país. Esta participação está relacionada ao emprego das embalagens pelo setor alumínio. Apesar do cuidado com que o setor divulga as taxas de reciclagem de latas (estimada

<sup>2</sup> A PNSB apresenta os dados estimados em toneladas diárias. Esta informação precisou ser convertida para mil toneladas anuais para que fosse comparável aos demais indicadores. Para isso, considerou-se que os serviços de coleta ocorreriam nos municípios seis dias por semana (excluindo os domingos). Dessa forma, ao invés de se multiplicar a quantidade diária por 365 dias para se calcular a quantidade anual, adotou-se o valor de 312,9 como multiplicador.

em 91,6% em 2008), não foram identificados valores precisos para outros produtos, nem para a distinção entre reciclagem pré e pós-consumo.

A análise do aço, apresentada na Figura 2, mostra que uma maior quantidade do material está em uso pela sociedade, isso se deve principalmente ao papel que ele possui para as indústrias da construção civil e automobilística.

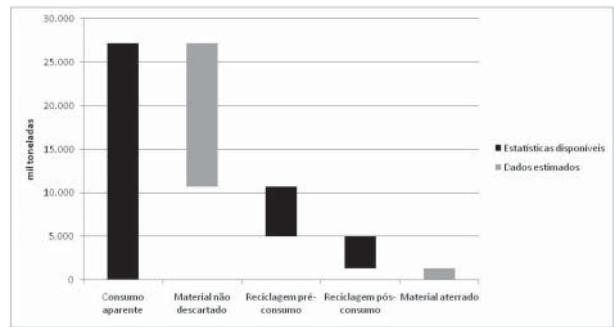


Figura 2 - Fluxo do aço (2008)

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010), MME (2010 a) e Vasques (2009)

No caso do aço, as estatísticas permitem identificar a importância da reciclagem pré-consumo. A participação do material aterrado é bastante baixa, talvez reflexo do volume dos artefatos de aço (por exemplo, geladeira, carros etc.) que são mais facilmente coletados pela rede de ferros velhos existente no país.

Os dados para os próximos materiais precisam ser considerados com cautela. As diferentes fontes de informação mostram certa inconsistência, sendo a soma das quantidades estimadas de material descartado e reciclado superior ao consumo aparente conforme calculado. Devido a essa inconsistência não se estimou a quantidade de material não descartado.

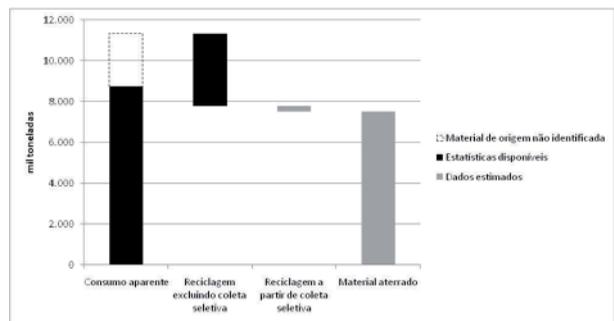


Figura 3 - Fluxo de papel e papelão (2008)

Fontes: Elaborado a partir de BRACELPA (2010), IBGE (2010), MCIDADES (2010)

As causas dessa inconsistência não são claras e devem ser aprofundadas em estudos mais detalhados. Elas podem ser associadas a possíveis erros na estimativa da quantidade de resíduos gerados no país, à variação na taxa de descarte de materiais de um ano para outro, ou a não inclusão do comércio internacional de produtos e embalagens nas estatísticas de consumo aparente. No caso do plástico e papel/papelão, outra possível explicação seria um alto grau de umidade e impurezas dos materiais avaliados nos estudos gravimétricos, que aumentariam o erro na estimativa da participação desses materiais nos RSU.

Na Figura 3, os dados para papel/papelão mostram que ainda existiria uma grande quantidade de material sendo aterrado. Além disso, eles sugerem que a participação dos programas oficiais para a reciclagem seria muito baixa, uma vez que a maior parte do material secundário seria resultante da reciclagem de aparas pré-consumo ou material obtido com a coleta informal<sup>3</sup>.

A análise do plástico, apresentada na Figura 4, mostra uma grande fração deste material sendo descartada em aterros, além de uma pequena taxa de reciclagem, tanto pré-consumo, quanto pós-consumo. Os dados também apontam para a importância da coleta informal, que teria uma contribuição equivalente àquela dos programas oficiais de coleta seletiva<sup>4</sup>.

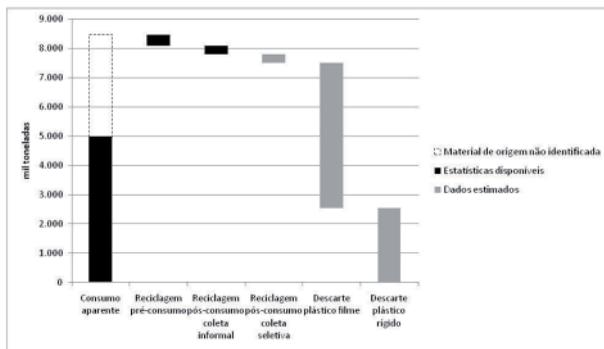


Figura 4 - Fluxo do plástico (2007-2008)

Fonte: Elaborado a partir de ABIPLAST (2010), IBGE (2010), MCIDADES (2010), PLASTIVIDA (2008)

<sup>3</sup> Não foi possível estimar a contribuição dos programas de coleta seletiva para a reciclagem de alumínio e de aço, pois o SNIS não apresenta os dados sobre metais de forma desagregada.

<sup>4</sup> Devido à indisponibilidade dos dados, as informações de consumo aparente e reciclagem são relativas ao ano de 2007 e os dados de disposição final dizem respeito a 2008. Apesar dessa imprecisão, parte-se do pressuposto de que a quantidade de resíduos coletados nos dois anos não tenha variado de forma a prejudicar a análise apresentada.

Finalmente, a Figura 5 apresenta os dados referentes ao vidro. As informações disponíveis apontam para a pequena contribuição dos programas de coleta seletiva e a importância de outras rotas para a reciclagem. Ao mesmo tempo, elas indicam a relevância da reutilização de embalagens no Brasil.

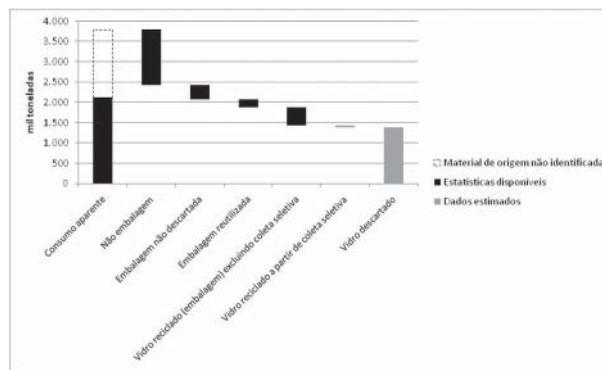


Figura 5 - Fluxo do vidro (2008)

Fonte: Elaborado a partir de IBGE (2010), MME (2010 b).

## Conclusões

Este trabalho teve como principal objetivo contribuir para a construção de uma metodologia de avaliação agregada da gestão de resíduos sólidos recicláveis no Brasil, bem como analisar a qualidade das informações estatísticas existentes sobre o assunto. Esta proposta tem como motivação colaborar para a construção de um sistema de monitoramento da gestão de RSU no país a partir das fontes secundárias existentes, como forma de apoiar a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Esta análise permitiu identificar pontos que merecem atenção dos tomadores de decisão com relação a possíveis instrumentos de monitoramento do desempenho da gestão de RSU. Em primeiro lugar, foi possível identificar a limitação dos dados sobre a composição gravimétrica dos RSU gerados no Brasil. Para esta pesquisa foram localizados estudos isolados de base local, mas um tratamento estatístico mais detalhado precisaria ser realizado para a construção de uma composição no nível nacional. Uma segunda questão diz respeito a inconsistências nas bases de dados existentes; essas inconsistências surgiram tanto a partir de avaliação das bases em si, quanto da confrontação de bases diferentes. Tais inconsistências sugerem que a questão do fluxo de materiais vem sendo tratada de forma fragmentada e que uma abordagem mais holística precisaria ser adotada para garantir a geração de dados mais coerentes e consistentes.

A primeira limitação identificada pela pesquisa diz respeito à inexistência de dados consolidados para a composição gravimétrica dos RSU no Brasil. Trabalhos futuros deverão não apenas complementar as informações existentes, quanto tratar estatisticamente tais informações, permitindo recortes temporais e regionais. Além disso, futuras pesquisas sobre geração de resíduos no Brasil deverão avaliar a composição dos RSU tanto no ponto de geração, quanto nos aterros, uma vez que as metodologias de cálculo de composição gravimétricas atuais acabam por desconsiderar os materiais coletados seletivamente, seja por programas oficiais, seja por catadores.

Em segundo lugar, foi possível identificar limitações nas bases de dados existentes. Algumas dessas inconsistências dizem respeito a limitações metodológicas, como desenho e preenchimento de questionários, e podem ser superadas com melhor treinamento e troca de informação com os respondentes. Por exemplo, informações sobre reciclagem coletadas junto a empresas deveriam considerar separadamente a reciclagem pré e pós-consumo. Ao mesmo tempo, a PNSB apresenta problemas com relação aos dados de geração e disposição final, que precisam ser esclarecidos em edições futuras da pesquisa.

Por outro lado, foram também percebidas importantes inconsistências na confrontação das bases de dados produzidas por diferentes agências, limitação que necessita de uma atenção especial por parte destas. Essa incompatibilidade reflete uma possível separação na análise do ciclo de vida dos materiais, havendo uma cisão entre os órgãos que obtêm dados sobre o uso das matérias primas, como o Ministério de Minas e Energia, e as instituições que elaboram estatísticas sobre a disposição de resíduos e reciclagem, como IBGE e Ministério das Cidades. Diante dessa separação, recomenda-se que futuras políticas, programas e estatísticas sobre reciclagem passem a considerar todo o ciclo de vida dos produtos, ao invés de tratá-los de forma separada. Dessa forma, as pesquisas deveriam confrontar os dados obtidos juntos às empresas e aos municípios, antes de sua divulgação.

Para tanto, a definição de objetivos e metas, bem como a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, deveriam ser precedidos de um amplo debate com os atores responsáveis pela produção das estatísticas de forma a se buscar uma base oficial única de informação que permita, não apenas a formulação de políticas adequadas, mas também o monitoramento dos resultados.

## Referências Bibliográficas

- ABAL. **Relatório de Sustentabilidade da Indústria do Alumínio 2006/2007**. São Paulo: Associação Brasileira do Alumínio, 2008.
- ABAL. **Índice de reciclagem de latas de alumínio**. São Paulo: Associação Brasileira do Alumínio, 2011.
- ABIPLAST. **Perfil da indústria brasileira de transformação de material plástico**. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2010.
- ABIQUIM. **A indústria química brasileira em 2008**. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/>>.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2009**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2009.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2010.
- BERKHOUT, F.; SMITH, D. Products and the environment: an integrated approach to policy. **European Environment**, v. 9, n. 5, p. 174–185, 1999.
- BRACELPA. **Relatório anual 2009/2010**. São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 2010.
- BRASIL. 12.305. Lei 12.305/2010 - institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2 ago. 2010.
- CAMPOS, H. K. T. Gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto da Lei de Saneamento Básico. In: MINISTÉRIO DAS CIDADES, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (Ed.). **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas, para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. Livro II: Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília: Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2009. p. 305–318.
- CIMINO, M. A.; ZANTA, V. M. Gerenciamento de pneumáticos inservíveis (GPI): análise crítica de ações institucionais e tecnologias para minimização. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 299–306, dez. 2005.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Green paper on integrated product policy**. Disponível em: <[http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/gpr/2001/com2001\\_0068en01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/gpr/2001/com2001_0068en01.pdf)>.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
- IPEA. **Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos urbanos no Brasil - apoio técnico para a elaboração da proposta preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Volume 1: Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: Mimeo, 2011.

- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.
- MAGALHÃES, T. Manejo de resíduos sólidos: sustentabilidade e verdade orçamentária com participação popular. In: MINISTÉRIO DAS CIDADES, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (Ed.). **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas, para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. Livro III: Prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília: Programa de Modernização do Setor Saneamento, 2009. p. 520–528.
- MANTUANO, D. P. et al. Pilhas e baterias portáteis: legislação, processos de reciclagem e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 21, p. 1–13, 2011.
- MCIDADES. **SNIS Série Histórica 9**. Brasília: Secretaria Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério das Cidades, 2010.
- MELO, L. A.; SAUTTER, K. D.; JANISSEK, P. R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 551–558, 2009.
- MILANEZ, B.; BÜHRS, T. Capacidade ambiental e a emulação de políticas públicas: o caso da responsabilidade pós-consumo para resíduos de pilhas e baterias no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 33, p. 257–289, 2009.
- MILANEZ, B.; BÜHRS, T. Extended producer responsibility in Brazil: the case of tyre waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 6, p. 608–615, abr. 2009.
- MME. **Anuário estatístico setor de transformação de não-metálicos**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2010.
- MME. **Anuário estatístico do setor metalúrgico**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2010.
- NASCIMENTO NETO, P.; MOREIRA, T. A. Política nacional de resíduos sólidos - reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 15, p. 10–19, 2010.
- OMETTO, A. R.; GUELERE FILHO, A.; SOUZA, M. P. Implementation of life cycle thinking in Brazil's Environmental Policy. **Environmental Science & Policy**, v. 9, n. 6, p. 587–592, out. 2006.
- PARSONS, W. Meta analysis. In: **Public policy: an introduction to the theory and practice of policy analysis**. Cheltenham, UK & Northampton, MA, USA: Edward Elgar, 1995. p. 1–29.
- PIMENTEIRA, C. A. P. et al. Solid wastes integrated management in Rio de Janeiro: Input-output analysis. **Waste Management**, v. 25, n. 5, p. 539–553, 2005.
- PLASTIVIDA. **Reciclagem: pesquisa de mercado 2005**. São Paulo: Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos, 2005.
- PLASTIVIDA. **Monitoramento dos índices de reciclagem mecânica de plásticos no Brasil (IRmP)**. São Paulo: Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos, 2008.
- REHFELD, K.-M.; RENNINGS, K.; ZIEGLER, A. Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis. **Ecological Economics**, v. 61, n. 1, p. 91–100, 2007.
- VASQUES, A. C. **Relatório técnico 83: reciclagem de metais no país**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Ministério de Minas e Energia, 2009.