



## Desenvolvimento de uma Correlação para Identificação da Potencial de Geração de Resíduos Sólidos, Líquidos e Gasosos da Atividade Doméstica

### 1. Introdução.

A produção de resíduos, nas formas sólida, líquida e gasosa, sendo os mesmos lançados na litosfera, hidrosfera e atmosfera, muitas vezes em grandes quantidades, não permite a recuperação dos ecossistemas, com danos aos seus componentes, inclusive ao homem (Mota, 2006). Isto, como consequência do crescimento urbano desordenado, aliado à industrialização crescente e à decorrente elevação dos patamares de consumo, tem provocado o aumento da geração de resíduos, impondo grandes demandas no que tange ao tratamento e à disposição final, tanto pela quantidade, quanto pelas características dos resíduos gerados (Guerra e Cunha, 2006). Por outro lado, a falta de tratamento e/ou disposição adequada dos diversos tipos de resíduos, seja pela limitação da tecnologia convencional ou pela falta de sistemas alternativos, contribuem para a potencialização da problemática ambiental resultante da crescente geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos provenientes de diversas fontes. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE, em 2000, das 230 mil toneladas de resíduos geradas por ano no Brasil, cerca de 22% são destinadas a vazadouros a céu aberto (lixões) e a maioria, em torno de 75%, destina-se a aterros sanitários. Apesar da maior parte destes resíduos ser disposta em aterros, o número de lixões é elevado, correspondendo a mais do que o dobro do número de aterros. Segundo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, em 2004 o estado produzia diariamente 20 mil toneladas de resíduos de todas as origens. No Paraná, dos 399 municípios, 147 ainda possuem lixões a céu aberto (Brembatti, 2005) e, na maioria dos outros, a disposição final dos resíduos sólidos é feita em

Comilo Freddy Mendoza Morejon<sup>1</sup>,  
Simony Camila Fabris<sup>2</sup>, Angelo Loufer<sup>3</sup>

### Resumo:

Em função das várias alternativas de utilização/aproveitamento dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos provenientes de diversas fontes, são necessários métodos que permitam qualificar e quantificar os resíduos gerados pelas diferentes atividades. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo geral o diagnóstico relacionado com a capacidade de geração/produção de resíduos oriundos da atividade doméstica. Especificamente, objetiva-se a identificação das correlações existentes entre o consumo e os resíduos resultantes. O método utilizado para a realização do trabalho teve como base a identificação de variáveis e parâmetros inerentes a matérias-primas, insumos e resíduos da atividade doméstica (elemento de análise). Assim, por meio do desenvolvimento de questionários, coleta de dados para monitoramento/diagnóstico, desenvolvimento de um banco de dados e tratamento dos dados, foi possível, primeiro, a especificação do perfil comum de consumo e, logo, a forma de processamento comum dos materiais e sua relação comum com os resíduos resultantes desse processo. Tudo isso resultou numa correlação (apresentada na forma de um esquema) que permite estabelecer de forma detalhada a relação existente entre o consumo e os correspondentes resíduos resultantes da atividade doméstica. Esse resultado deve permitir identificar, de forma qualitativa e quantitativa, o potencial de geração de resíduos resultantes da atividade doméstica de diferentes locais.

**Palavras-chave:** Correlação, Gestão ambiental, Resíduo doméstico.

<sup>1</sup>Professor da graduação e do mestrado do curso de Engenharia Química.

<sup>2</sup>Acadêmica do curso de Engenharia Química (BOLSISTA DO PROGRAMA DE IC-PIBIC/JUNIOESTE/Fundação Araucária).

<sup>3</sup>Acadêmica do curso de Mestrado em Engenharia Química.

aterros sanitários, onde pouco do que é depositado é reaproveitado. O sistema de reciclagem por coleta seletiva também é utilizado, mas a falta de conscientização da população e, principalmente, a falta de informação (Morejon et al., 2003), faz com que parte desses resíduos, que deveriam estar inclusos na separação e coleta, preferencialmente na origem, sejam misturados com outros resíduos orgânicos e inorgânicos, resultando em misturas altamente complexas de difícil separação. Por outro lado, a falta de ferramentas que permitam quantificar/qualificar o potencial de geração desses resíduos limita as ações de gestão otimizada desses resíduos. Desta forma, justifica-se o estudo/proposição de métodos que permitam essa quantificação. Entre as aplicações desse método de quantificação, tem-se: a) Por meio de uma extrapolação, seria possível a identificação do potencial de resíduos resultantes da atividade doméstica de diferentes locais (bairros, cidades, municípios, estados etc.); b) Por meio de uma análise e comparação entre o potencial de geração (obtido com base no método) e os tipos e quantidades de resíduos resultantes da coleta seletiva correspondente a cada local analisado, seria possível estabelecer a eficiência da coleta seletiva; c) Da mesma forma, este método pode servir de base para identificar o valor comercial/industrial (explícito/implícito) dos resíduos previamente caracterizados; d) Do ponto de vista tecnológico, esse potencial (determinado por meio do método), pode vir a justificar ou não a necessidade de implementação/proposição de métodos, processos e tecnologias preferencialmente não convencionais, visando à agregação de valor aos resíduos gerados pela atividade doméstica; e) Finalmente, esse potencial de geração de resíduos (determinado com base no método) pode auxiliar na especificação da capacidade do mercado fornecedor de resíduos e sua correlação com o tamanho dos possíveis processos de tratamento, reciclagem e industrialização, que poderão ser implementados nos locais em questão. Assim, justificase a importância do método que permita quantificar o potencial de geração de resíduos de origem doméstica, objeto do presente trabalho.

### 1.1 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é contribuir com uma ferramenta (método) que auxilie na gestão

otimizada dos resíduos, cuja consequência direta e indireta será a minimização da problemática ambiental, econômica e social de uma determinada região. Em termos específicos, pretende-se desenvolver um método que permita, por meio de uma correlação, identificar o potencial de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos oriundos da atividade doméstica.

## 2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento da ferramenta (método) que auxilie no cálculo do potencial de geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos provenientes da atividade doméstica de forma discriminada, foram definidas, dentro do elemento de estudo (residências), as características das famílias que serviram de referência, resultando em famílias de cinco integrantes com perfil de consumo médio. Posteriormente, foram identificados as variáveis e os parâmetros relacionados com o perfil comum de consumo, forma de processamento comum e sua relação comum com a geração de resíduos. Desta forma, identificaram-se várias fontes comuns de geração de resíduos, ao interior de uma residência. Especificamente, e pela possibilidade de encontrar esses elementos comuns, neste trabalho, foram contemplados os resíduos provenientes dos processos de transformação que acontecem na cozinha (durante o preparo, consumo e limpeza das principais refeições diárias), os resíduos gerados no banheiro (chuveiro e vaso sanitário) e os resíduos gerados na lavanderia.

As famílias foram monitoradas diariamente em diferentes cenários, correspondentes aos principais períodos do dia, semana e ano; tudo para identificar as características do consumo e sua relação com o respectivo potencial de geração dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

Assim, os resíduos sólidos correspondentes às famílias analisadas foram qualificados e depois quantificados considerando os diferentes produtos que são consumidos mensalmente, os quais foram divididos em embalagens, restos no preparo e restos após o consumo. As embalagens foram classificadas em enlatados, isopor, PET, polímeros, papelão, tetrapac e vidros. Os restos de alimentos durante o preparo foram classificados em frutas, verduras, legumes, carnes e ovos. Os restos de alimentos após o consumo, não fo-

ram qualificados, isto porque esse tipo de resíduo já teria seu valor comercial implícito como resíduo orgânico.

Para a determinação do potencial de geração de resíduos líquidos, foram considerados como fontes o resíduo resultante das frituras (óleo de frituras), os efluentes que são gerados na pia (resultantes dos processos de preparo, consumo e limpeza correspondentes às principais refeições), o efluente gerado no banheiro (chuveiro e vaso sanitário) e o efluente gerado na lavanderia.

Para a caracterização do resíduo gasoso, foram considerados os resíduos resultantes da combustão do GLP, sendo o  $\text{CO}_2$  o mais importante a ser analisado.

Todos os aspectos anteriormente mencionados foram contemplados nas seguintes etapas: identificação de variáveis e parâmetros, desenvolvimento de um questionário, coleta de dados (pesquisa de campo), desenvolvimento de um banco de dados e sua correspondente implementação, tratamento dos dados e apresentação dos resultados na forma de tabelas, gráficos e esquemas. A aplicação desta metodologia propiciou a consolidação da ferramenta (método) que permitirá a quantificação (de forma discriminada) do potencial de geração de resíduos oriundos da atividade doméstica.

### 3. Resultados e Discussão

Depois da pesquisa de campo, do tratamento dos dados, da qualificação e quantificação dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos oriundos da atividade doméstica, os seguintes resultados foram verificados:

- *Resíduos sólidos.* Divididos em embalagens, restos no preparo e restos após o consumo.

A Figura 1 (em anexo) apresenta as porcentagens e os valores em t/mês correspondentes a cada um dos resíduos sólidos do tipo embalagens (enlatados, isopor, PET, polímeros, papelão, tetrapac e vidros). A soma dos resíduos sólidos gerados do tipo embalagens é igual a 3,4192 kg/mês (0,0034192 t/mês).

A Figura 2 (em anexo) apresenta os resultados correspondentes aos restos de alimentos durante o preparo, os quais foram divididos em frutas, verduras, legumes, carnes e ovos. A soma

dos resíduos sólidos gerados durante o preparo é 14,9655 kg/mês (0,0149655 t/mês).

Para os restos de alimentos após o consumo, a pesquisa de campo mostrou que 0,6 kg é a média de alimentos que uma pessoa consome por dia. Neste caso, foi considerado que 0,06 kg, ou seja, 10% do total de alimento consumido por uma pessoa em um dia, são os restos descartados após o consumo. Para as características da família analisada (cinco pessoas, com perfil de consumo médio) o valor mensal total de resíduo gerado é igual a 9 kg.

Assim, a Figura 3 (em anexo) apresenta os valores consolidados correspondentes ao potencial de geração de resíduos sólidos em toneladas/mês e as porcentagens correspondentes para as três principais contribuições consideradas (embalagens, restos no preparo e restos após o consumo).

Fazendo a soma de todos os resíduos sólidos gerados pela família de referência, obteve-se um valor total mensal de 0,0274 toneladas.

- *Resíduos líquidos.* Esse cálculo considerou as contribuições de RL gerado na cozinha (óleo queimado e efluente da pia), do banheiro (chuveiro e vaso) e da lavanderia. A família monitorada teve um consumo médio de 3 latas de óleo por mês, ou seja, 2,7 litros de óleo/mês. Desse total, 1,6 correspondem ao óleo de frituras, que após o tempo de reutilização, geram um volume de 1 litro de óleo "queimado" por mês. Constatou-se que esses volumes de óleo geralmente são descartados em locais inapropriados (pia e/ou lixo). A determinação do volume de efluente (resíduo líquido) gerado na pia foi realizada pelo somatório dos volumes parciais ao longo de um dia, cujo valor foi de 50 l/dia e depois multiplicado por trinta dias, resultando um volume médio de 1,5 m<sup>3</sup>/mês.

No caso do efluente gerado no banheiro, considerou-se o efluente resultante do banho (chuveiro) e o correspondente gerado pelo uso do sanitário. Assim, por meio da pesquisa realizada e dos dados disponíveis no site da Bosch, determinou-se que, no chuveiro elétrico de uma residência, há uma geração de 4,5 m<sup>3</sup> de resíduo líquido por mês. No caso do resíduo gerado pelo uso do sanitário, consideraram-se duas contribuições: a quantidade de água utilizada nas descargas e o correspondente resíduo fisiológico huma-

no. Para o cálculo da água, determinou-se a vazão média de cada descarga (obtida com base no site das válvulas de descarga Hydra), cujo resultado é 10,5 litros por cada descarga. Multiplicando esse valor pelo número médio de descargas (quatro por dia e por pessoa), resulta um consumo mensal de 6,3 m<sup>3</sup> de água. Para o cálculo da quantidade de resíduo fisiológico, considerou-se o peso médio dos componentes da família e as densidades dos dejetos humanos, resultando em 0,46 kg de fezes e 0,92 kg de urina por pessoa. Assim, o valor total do resíduo gerado pelo uso do sanitário é igual a 6,4964 m<sup>3</sup> por mês. No caso da lavanderia, consideraram-se duas lavagens por semana, ciclo de lavagem com três descargas de efluente (0,197 m<sup>3</sup> por descarga), resultando num valor de 4,75 m<sup>3</sup> de resíduo líquido mês.

Na Figura 4 (em anexo) são apresentados os valores consolidados do potencial de geração de resíduos líquidos em m<sup>3</sup>/mês e as porcentagens correspondentes para as quatro principais contribuições consideradas (óleo de frituras, efluentes gerados na pia da cozinha e efluente gerado no banheiro e lavanderia).

Da mesma forma, pelo somatório, obteve-se o valor total de resíduos líquidos gerados por uma família de cinco pessoas (14,0964 m<sup>3</sup>/mês).

Em nível de complementação, com relação ao consumo de água residencial, considerou-se um volume total de 17,5 m<sup>3</sup>, dos quais 1,5 m<sup>3</sup> de água são consumidos na pia (no processo de preparação e limpeza dos alimentos) 4,5 m<sup>3</sup> são consumidos no chuveiro, 6,3 m<sup>3</sup> de água correspondem ao consumo pelo uso do sanitário, 4,75 m<sup>3</sup> na lavanderia e o restante é consumido pelas outras atividades realizadas numa residência, entre eles, limpeza de calçadas, jardinagem, ingestão direta/indireta etc. Esses resultados podem ser visualizados na Figura 5 (em anexo).

**-Resíduo gasoso.** Para a quantificação dos resíduos gasosos, primeiramente foi feita uma pesquisa para saber a quantidade média consumida por cada família. O resultado da pesquisa foi um botijão de 13 kg por mês para o perfil de família analisada. Calculou-se o número de mols de propano e de butano que contém 13 kg de GLP, através da massa inicial, fração mássica e peso molecular de cada composto. Considerando que o GLP seja composto somente de propano e butano e que a porcentagem mássica de cada

componente seja 50%, tem-se que o número de mols de propano ( $n_{\text{propano}}$ ) é igual a 147,4257 mols e do butano ( $n_{\text{butano}}$ ) 111,8376 mols. Estes valores foram calculados sabendo os pesos moleculares do propano e do butano (Perry, Chilton, 1980). Então, 13 kg de GLP têm 259,2633 mols.

Para o cálculo do volume de 13 kg de GLP à temperatura e pressão ambientes utilizou-se a Equação 1, equação do virial para misturas gasosas truncada no segundo termo (Smith, Van Ness, 1980):

$$Z = \frac{PV}{RT} = 1 + \frac{B}{V} \quad (1)$$

em que, Z – fator compressibilidade; P – pressão; V – volume; R – constante dos gases ideais; T – temperatura; B – coeficiente do virial.

Resolvendo esta equação, o volume de GLP à temperatura e pressão ambientes ( $V_{\text{GLP}}$ ) é igual a 6136,44 litros.

Sabendo o volume do GLP, e para efeitos de comprovação, pode-se calcular a densidade do GLP, cujo valor resultante é 2,1185 kg/m<sup>3</sup>, o que está próximo dos valores encontrados na literatura.

Por meio das reações de combustão balanceadas, e sabendo o número de mols de GLP utilizado, foi possível calcular as quantidades, em mols, de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O geradas. Assim, é possível calcular os volumes dos produtos da combustão por meio da equação do virial, de maneira similar ao cálculo do volume do GLP. Os cálculos mostram que o volume do dióxido de carbono gerado é igual a 21065,46 litros e o volume de vapor de água é 26476,39 litros. Sabendo que a densidade do CO<sub>2</sub> a 20°C e 1 atm é 1,977 kg/m<sup>3</sup>, e conhecendo-se o volume, calculou-se a massa de CO<sub>2</sub> que é gerada na atividade doméstica e o resultado obtido é 0,0391 toneladas de CO<sub>2</sub>/mês.

Por meio destas análises, foi possível estabelecer as diferentes correlações entre os tipos e quantidades de produtos consumidos e os correspondentes tipos e quantidades de resíduos resultantes da atividade doméstica, os quais foram classificados em resíduos sólidos, líquidos e gasosos, cujos dados consolidados permitirão o cálculo do potencial de geração de resíduos provenientes da atividade doméstica. Essa ferramenta, correlação (método), é apresentada na forma de um esquema, conforme Figura 5 (em anexo).

Aparentemente, esses valores resultantes da correlação podem ser considerados insignificantes, porém, quando multiplicados pelo número de famílias correspondentes a uma cidade, um município, um estado ou um país (Morejon, et al. 2007), resultam em valores consideráveis, ao mesmo tempo e de forma diretamente proporcional em que se traduzem em crescentes problemas ambientais, sociais e econômicos. Da mesma forma, com o aumento desses resíduos, seja pelo aumento da população ou pela mudança dos hábitos alimentares, surgem também as dificuldades tanto na coleta quanto na disposição adequada desses resíduos. Desta forma, deve ser necessário buscar novas alternativas de coleta, tratamento, reciclagem, industrialização e/ou transformação desses resíduos em produtos de valor agregado. Para tanto, as correlações apresentadas neste trabalho deverão servir de base para o correto dimensionamento desses processos.

#### 4. Conclusões

O número de integrantes da família (cinco) deve reproduzir o comportamento médio das famílias em geral. A pesquisa demonstrou a existência de produtos comuns, os quais serviram de base para a análise qualitativa e quantitativa. O fato de terem sido utilizados sempre os menores valores permitirá reproduzir os menores valores possíveis da situação real. O conhecimento das relações existentes entre os perfis de consumo e sua correlação com a geração de resíduos deve auxiliar num correto diagnóstico relacionado com a capacidade de geração/produção de resíduos domésticos, bem como para um eficiente processo de gestão desses resíduos. As correlações resultantes devem reproduzir, com bastante aproximação, o potencial de geração de resíduos provenientes da atividade doméstica correspondente a diferentes locais. Isto se faz necessário para um correto planejamento e dimensionamento dos métodos e processos inerentes à reciclagem/tratamento/industrialização e/ou transformação dos resíduos em produtos de valor agregado, concretizando assim a transformação dos problemas ambientais em oportunidades de cunho inovador. Em nível de complementação, a pesquisa demonstrou que o maior consumo de água (37%) corresponde ao utilizado no sanitário.

#### 5. Referências bibliográficas

- BREMBATTI, K. Seis anos depois, lixões ainda são realidade em 147 cidades paranaenses. *Gazeta do Povo*, Paraná, 24 dez. 2005. Disponível em: <<http://www.degradavel.com.br/default.asp?i=10&a=0&c=388>>. Acesso em: 18 dez. 2006.
- Chuveiro a gás tem melhor custo-benefício. *Bosch – A Revista*, 2004. Disponível em: <[http://www.bosch.com.br/mundobosch/revista/topico\\_jul30\\_07\\_04.htm](http://www.bosch.com.br/mundobosch/revista/topico_jul30_07_04.htm)> Acesso em: 18 dez. 2006.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000*. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo\\_coletado/defaultlixo.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/defaultlixo.shtm). Acesso em: 20 de abril de 2007.
- MOTA, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- MOREJON, C. F. M.; ROCHA JR, W. E.; PIACENTI, C. A.; FARIA, S.; PALU, E.; TRIGUEIROS, D. E. G. Desenvolvimento regional por meio da agregação de valor a resíduos sólidos, líquidos e gasosos provenientes das mais diversas fontes. In: III COLÓQUIO ANUAL DE ENGENHARIA QUÍMICA 2003, 2003, Rio de Janeiro. A Engenharia Química do Século XXI. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2003.
- MOREJON, C. F. M.; FABRIS, S. C.; LAUFER, A. O. potencial dos resíduos da atividade doméstica do Brasil e sua relação com os créditos de carbono. In: II INTERNATIONAL BIOENERGY CONGRESS, 2, 2007, Curitiba-PR. *Anais...PORTHUS*, 2007, p.20-36.
- PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. *Manual de Engenharia Química*. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1980
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. E RECURSOS HÍDRICOS. Política de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná, 2004. Disponível em: <[http://www.pr.gov.br/meioambiente/prog\\_desperdicio\\_zero.shtml](http://www.pr.gov.br/meioambiente/prog_desperdicio_zero.shtml)>. Acesso em 01 dez. 2006
- SMITH, J.M.; VAN NESS, H.C. *Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1980.
- Verdades e mitos sobre sistemas de descarga. *Hydra*. Disponível em: <<http://www.valvulahydra.com.br/verdadesFrameset.asp>>. Acesso em: 01 dez. 2006.

**Abstract:**

Due to the several alternatives of utilization/exploitation of the solid, liquid and gaseous residues deriving from many sources, methods that allow quantification and qualification of the residues produced by the different activities are necessary. In this context, the general purpose of this paper is the diagnosis related to the capacity of generation/production of residues resultant from the domestic activity. The main purpose is to identify the correlations that exist among the consumption and the resultant residues. The method used aimed at identifying the variables and parameters inherent in the raw materials, supplies and residues of the domestic activity (element of analysis). Thus, through questionnaires, data collection for monitoring/diagnosis, development of a database and treatment of the data, it was possible to specify the common consumption profile and, then, the common way of processing the materials and its regular relation with the residues resultant from this process. Everything resulted in a correlation (presented as a scheme) that makes it possible to establish, in a detailed way, the relation that there is among the consumption and the corresponded residues resultant from the domestic activity. This result permits to identify (quantitatively and qualitatively) the potential of generation of residues resultant from the domestic activity in different sites.

**Keywords:** Correlation, Environmental Administration, Domestic Residue

## Anexos

FIGURA 1. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO TIPO EMBALAGENS

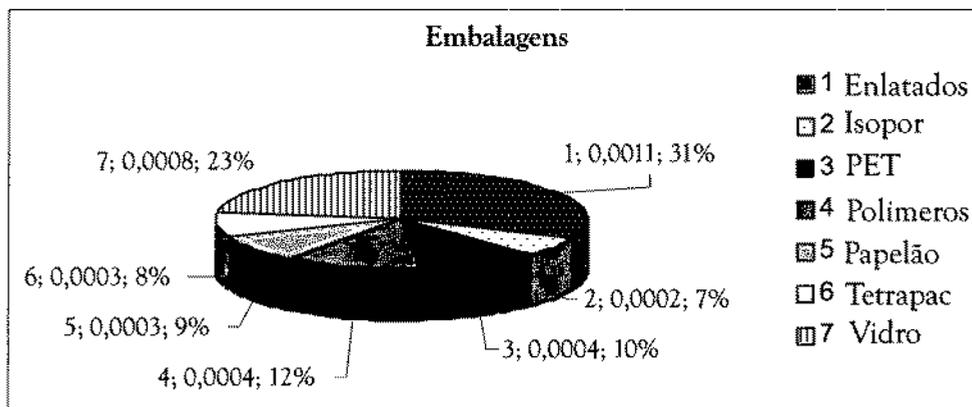


FIGURA 2. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO TIPO RESTOS NO PREPARO

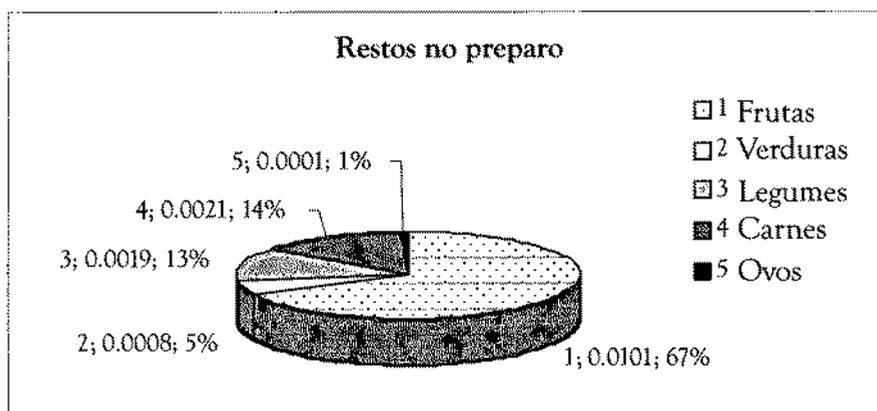


FIGURA 3. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

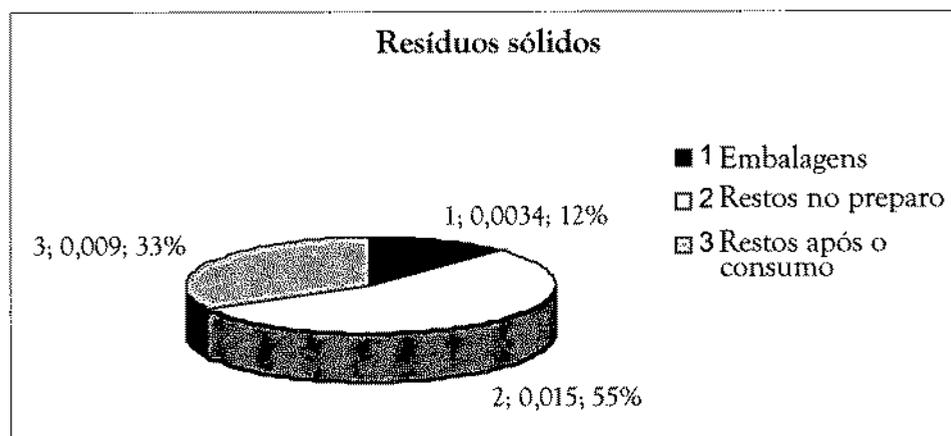
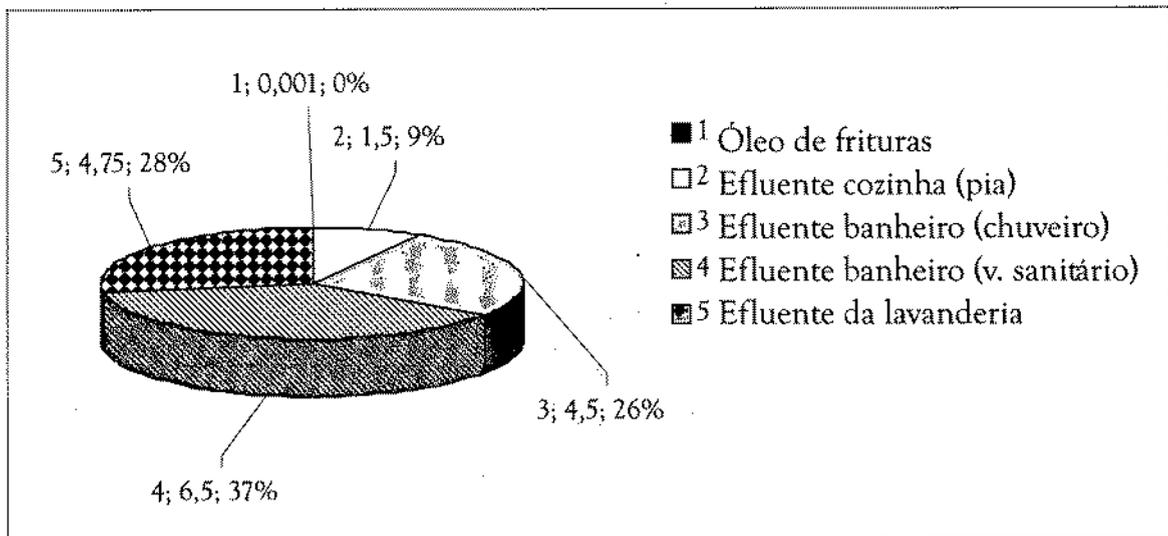
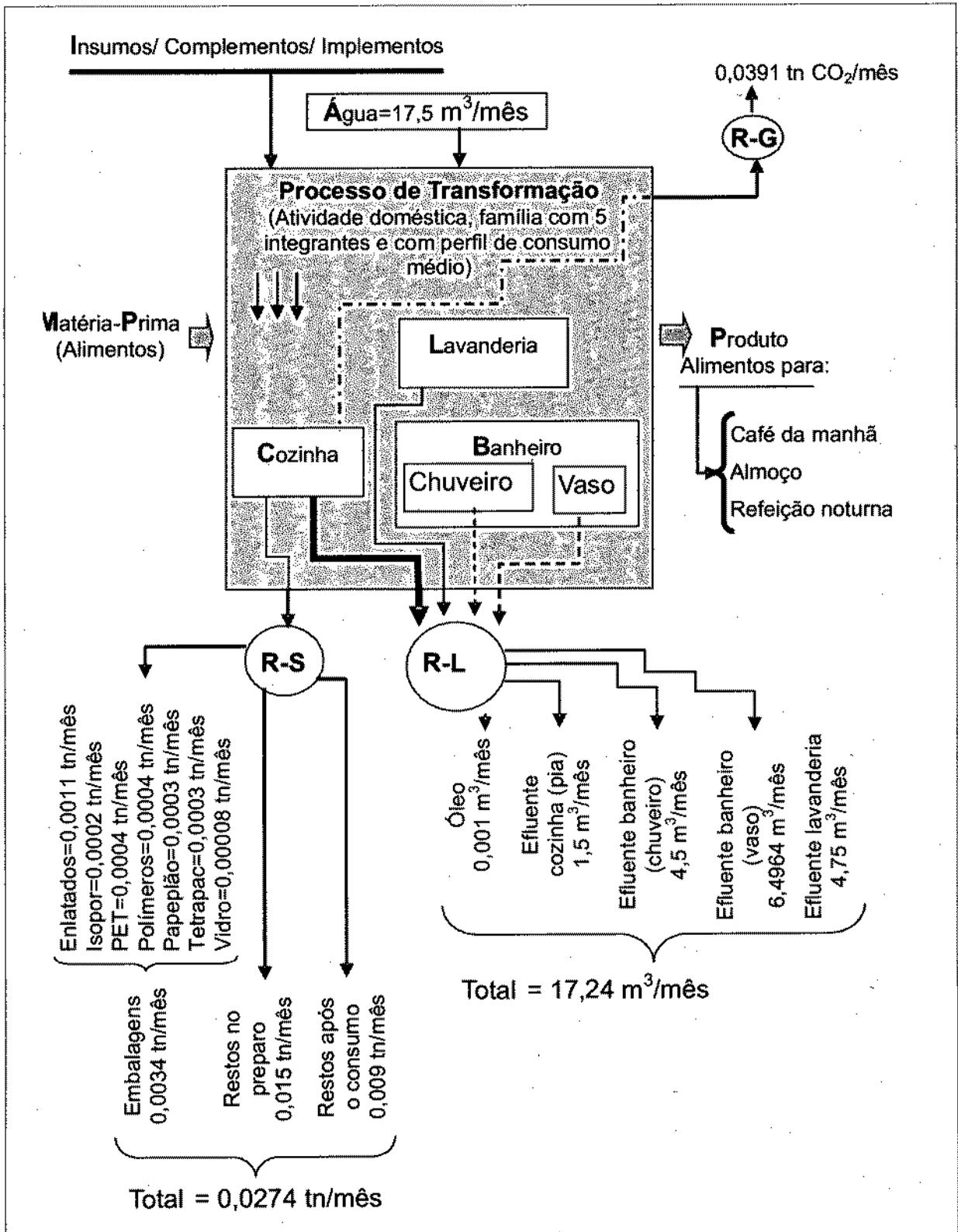


FIGURA 4. DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS RESÍDUOS LÍQUIDOS. FONTE: OS AUTORES



Fonte: Pesquisa de campo.

FIGURA 5. ESQUEMA DO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO QUE GERA RESÍDUOS SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASOSOS



Fonte: Resultados da Pesquisa.

