

## **QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC), PNEUS E EMBALAGENS LONGA VIDA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA- RS<sup>1</sup>**

### *QUANTIFICATION OF CONSTRUCTION WASTE, TIRES AND CARTONS IN THE CITY OF SANTA MARIA-RS*

**Marielle Medeiros de Souza<sup>2</sup> e Neidi Kunkel<sup>3</sup>**

#### **RESUMO**

A sociedade é grande consumidora de recursos naturais e gera quantidades significativas de resíduos que precisam ser dispostos de maneira segura e sustentável. Assim, muitas pesquisas têm sido realizadas, visando o aproveitamento de resíduos na reciclagem, dentre estes, destaca-se a utilização de resíduos da construção e demolição na formação de agregados para construção civil, pneus inservíveis que prensados servem de dutos na canalização de esgotos, os chamados ecodutos e embalagens longa vida na fabricação de telhas ecológicas. Para isto, estudaram-se tais resíduos através de visitas técnicas, levantamentos fotográficos e entrevistas com questionários a órgãos públicos e privados para obtenção da quantificação, subsidiando dados na instalação de uma usina de reciclagem de resíduos orgânicos e inorgânicos no município de Santa Maria-RS. Os dados obtidos foram de grande relevância no contexto social-econômico da cidade e mostram que a reciclagem é o caminho para crescimento com incentivo a tecnologias e a logística reversa dos materiais.

**Palavras-chave:** Reciclagem, agregados, ecodutos, telhas ecológicas, sistemas de coleta.

#### **ABSTRACT**

*Society consumes a great deal of natural resources and generates significant amounts of waste that need to be disposed safely and in a sustainable way. So, many researches have been conducted in order to seek the recovery of waste with recycling, among these, stands the use of construction and demolition waste in the formation of aggregates for civil construction, used tires that can form pipe ducts for drainage, called "eco-ducts", and cartons for the manufacturing of green tiles. This recycling was studied through technical visits, photograph surveys and interviews with public and private agencies to obtain enough data for subsidizing the installation of a recycling plant for organic and inorganic waste in the city of Santa Maria-RS. The data gathered is of great relevance in the social-economic context of the city for it shows that recycling is the way to encourage growth with the use of technology and a reverse logistical of materials.*

**Keywords:** recycling, aggregates, "eco-ducts", green tiles, collection systems.

---

<sup>1</sup> Trabalho Final de Graduação - TFG.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental - UNIFRA. E-mail: mariellers@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Orientadora - UNIFRA. E-mail: neidi@unifra.br

## **INTRODUÇÃO**

Segundo dados da Fundação Estadual e Estatística – FEE, o município de Santa Maria possui 268.969 habitantes, consumidores e geradores dos mais diferentes e variados resíduos. A cidade enfrenta problemas de disposição irregular e desperdício de resíduos recicláveis tais como: pneus, resíduos da construção civil - RCC e a embalagem longa vida. A falta de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos que contemple a coleta e a reciclagem destes materiais acarreta na disposição junto a resíduos domiciliares, sendo os mesmos, que poderiam ser reaproveitados para elaboração de novos produtos obtendo-se assim uma logística reversa. A Central de Tratamento de Resíduos – CTRC popularmente chamado de aterro sanitário, recebe cerca de 160.924,7 Kg/dia e não possui um sistema de reaproveitamento e reciclagem dos mesmos, apenas tria os materiais como vidro, alumínio, embalagens de polietileno e envia a grandes cidades para o tratamento final. O município possui quatro associações de catadores licenciadas junto a Secretaria Municipal de Proteção Ambiental - SMPA que coletam os mesmos resíduos triados na CTRC, tais como: metal, papel, alumínio, embalagem longa vida, plástico e não possuem um sistema de reciclagem.

Diante desta situação, surge o estudo de quantificação dos resíduos para posteriormente servir de subsídio na instalação de uma usina de reciclagem de resíduos orgânicos e inorgânicos na cidade de Santa Maria, pois através deste trabalho, pode-se dimensionar unidades de acondicionamento, tratamento e disposição, planejar sistemas de coleta, determinar número de funcionários, frota e frequência de recolhimento, enfim, analisar a viabilidade do sistema desde a instalação até a operação de uma usina de reciclagem.

Resíduos como pneus e RCC são depositados irregularmente em terrenos clandestinos, na beira de arroios ou misturados nos contêineres de coleta domiciliar. Em 2009, a SMPA aprovou o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PIGRCC, no qual os geradores são os responsáveis pelo destino adequado dos resíduos da construção, em empresa licenciada, mas devido à ausência de fiscalização e a falta de conhecimento do plano por parte de alguns geradores, acaba por ser esquecido.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **RESÍDUOS SÓLIDOS**

Resíduos sólidos são os “restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Apresentam-se geralmente sob estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido” (SEMA, 2006b, p.1), “materiais heterogêneos (inertes, minerais e orgânicos) resultante das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser parcialmente utilizados, gerando, entre

outros aspectos, proteção à saúde pública e economia de recursos naturais” (LIMA, 2003, p.32).

Existem várias formas possíveis de se classificar os resíduos sólidos (SEMA, 2006c, p.1):

- a) por sua natureza física: seco e molhado;
- b) por sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica;
- c) pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes.

Constituído de substâncias (LIMA, 2003, p.32):

Facilmente degradáveis (FD): restos de comida, sobras de cozinha, folhas, capim, cascas de frutas, animais mortos e excrementos:

Moderadamente degradáveis (MD): papel, papelão e outros produtos celulósicos:

Difícilmente degradáveis (DD): trapo, couro, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico;

Não degradáveis (ND): metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terra, areia, cerâmica.

“Sua composição varia de comunidade para comunidade, de acordo com os hábitos e costumes da população, número de habitantes do local, poder aquisitivo, variações sazonais, clima, desenvolvimento, nível educacional, variando ainda para a mesma comunidade com as estações do ano” (LIMA, 2003, p.32).

Quanto a sua origem são classificados em (LIMA, 2003, p.32):

- Domiciliar;
- Comercial;
- Industrial;
- Serviços de saúde;
- Portos, aeroportos, terminais ferroviários e terminais rodoviários;
- Agrícola;
- Construção civil;
- Limpeza pública (logradouros, praias, feiras, eventos, etc.);
- Abatedouro de aves;
- Matadouro;
- Estábulo;
- Serviços congêneres.

A Associação Brasileira de Normas técnicas – ABNT nº 10.004 de 2004 fixa “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição” (ABNT, 2004).

Conforme dados da SMPA de Santa Maria-RS, a cidade em 2009 teve a geração de 600g de resíduos por habitante a cada dia, estes valores vem aumentando no decorrer dos anos o que comprova o consumo das pessoas e o aumento da quantidade de resíduos coletados diariamente no município. Na tabela 1, têm-se os dados desde os anos de 2004 a 2009 com a coleta doméstica, e per capita no decorrer dos anos.

**Tabela 1** - Quantidade de resíduos domiciliares coletados e geração per capita nos anos de 2004 a 2009 no município de Santa Maria - RS.

Anos	População urbana (hab)	Coleta doméstica média (kg/mês)	Coleta doméstica (kg/dia)	Per capita (Kg/hab.dia)
2004	254.706	4.177.806,3	139.260,2	0,55
2005	257.565	4.306.796,8	143.559,9	0,56
2006	260.461	4.607.520,6	153.584,0	0,59
2007	263.403	4.517.057,8	150.568,6	0,57
2008	266.209	4.454.747,1	148.491,6	0,56
2009	268.969	4.827.741,2	160.924,7	0,60

Os resíduos sólidos são classificados em três categorias segundo a ABNT – NBR 10004 de 31 de maio de 2004:

- a) Resíduos Classe I - perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou constem nos anexos A e B da referida norma;
- b) Resíduos Classe II – não inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B, podendo ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- c) Resíduos Classe II B – inertes: são aqueles que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

## RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

D’Almeida e Vilhena (2000, p.179) identificam o entulho formado durante uma construção em dois tipos de resíduos:

- Resíduos (fragmentos) de elementos pré-moldados, como materiais cerâmicos, blocos de concreto, demolições localizadas, etc.
- Resíduos (restos) de materiais elaborados em obra, como concretos e argamassas, que contêm cimento, cal, areia e brita.

Segundo Kunkel (2009), os resíduos da construção e demolição são:

provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos tais como: tijolos, blocos de cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc... comumente chamados de entulhos de obras ou caliça.

Para a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA, do Estado do Paraná o entulho é o

conjunto de fragmentos ou restos da construção civil e, que provém de reformas, ou demolição de estruturas tais como prédios, residências, pontes entre outras construções da engenharia civil (SEMA, 2006a).

## CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

A resolução do CONAMA nº348, de 16 de agosto de 2004, classifica os resíduos da construção civil (CONAMA, 2002b).

**Classe A** – São resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros), argamassa e concreto;
- c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, entre outros), produzidos nos canteiros de obras.

A resolução CONAMA nº307, de acordo com as classificações dos RCD, estabelece a destinação para os resíduos (tabela 1), como também estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (CONAMA, 2002a). De acordo com o quadro 1, somente será reciclado o resíduo Classe A, o restante deve ser encaminhado conforme as normas técnicas de cada classe.

CLASSE	RESÍDUOS	DESTINAÇÃO
A	Componentes cerâmicos, argamassas, concretos, solos, etc..	Reutilizar ou reciclar como agregados ou encaminhar a Aterros de Resíduos de Construção

**Quadro 1** - Classe dos resíduos e destinação. Fonte: CONAMA (2002).

## DISPOSIÇÃO IRREGULAR

Disposição irregular é “o resultado da deposição de resíduos gerados por pequenas obras e reformas realizadas pela população mais carente, que não dispõem de recursos financeiros para contratar empresas de transporte” (GAEDE, 2008, p.23). Também segundo Gaede (2008, p. 23) existe outro termo para a disposição inadequada, o “bota-fora clandestino” cujo conceito “é uma área procedente da deposição irregular de resíduos executada, principalmente, por empresas privadas de transporte de RCD, que utilizam grandes áreas sem licenças ambientais ou com consentimento tácito, ou explícito, das administrações locais”. Nas figuras 1 (a) e (b) são mostradas áreas sem licença ambiental do município para disposição irregular de pneus e RCD respectivamente, onde diariamente são depositados, grande números de pneus e pesos de entulho.



(a) Disposição Irregular Pneu

(b) Disposição irregular RCC

**Figura 1** - Disposição inadequada de resíduos sólidos (a) Pneus e de (b) Resíduos de construção civil.

### A reciclagem

além de proporcionar melhorias significativas do ponto de vista ambiental (diminuindo a quantidade de aterros, preservando os recursos naturais, impedindo a contaminação de novas áreas, etc.), é uma alternativa de gerenciamento de resíduos, pois introduz no mercado um novo material com grande potencialidade de uso (BATTISTELLE, 2006, p. 3)

gera novos produtos, além da economia na aquisição da matéria-prima substituindo materiais convencionais.

A “principal forma de reciclagem de RCC consiste na moagem do resíduo e sua posterior utilização na confecção de concretos, argamassas ou na execução de bases de pavimentação”, e a aplicação do material reciclado depende das características e propriedades dos RCC, os que contêm “grande quantidades de resíduos pétreos, que, ao atenderem especificações relacionadas à granulometria, resistência dos grãos, teor de impurezas, e outros, tornam-se similares aos agregados de fontes naturais, substituindo-os com sucesso e menor custo” (KUNKEL, 2009, p. 20).

Na figura 2 tem-se o fluxograma que ilustra os resíduos encontrados nas caçambas por Kunkel (2009), com suas respectivas classificações, auxiliando na discriminação no momento da reciclagem e as destinações corretas de cada resíduo gerado.

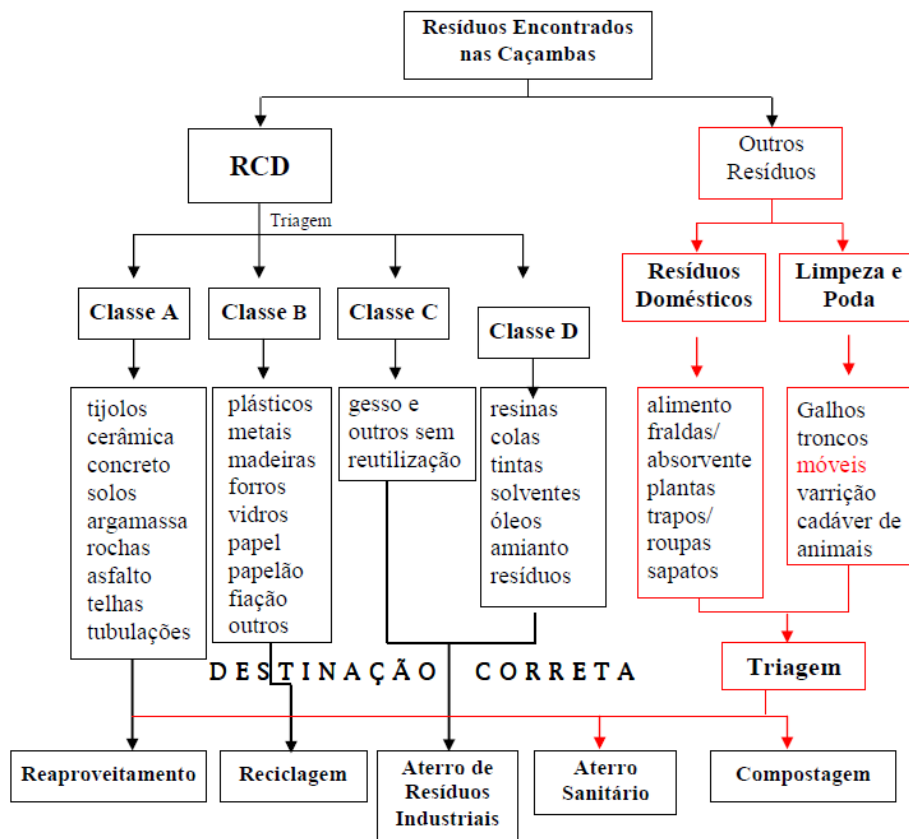


Figura 2 - Ilustração dos resíduos encontrados em caçambas e a destinação correta.

Fonte: Kunkel (2009).

## PNEUS INSERVÍVEIS

A resolução CONAMA nº416/09, em seu artigo 2º define os diferentes tipos de pneus (CONAMA, 2009):

I - PNEU OU PNEUMÁTICO: Componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montados em uma roda de veículo e contendo fluido(s) sobre pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo;

II - PNEU NOVO: Pneu, de qualquer origem, não usado, nem foi submetido a qualquer tipo de reforma e não apresenta sinais de envelhecimento nem deteriorações;

III - PNEU USADO: Que foi submetido a qualquer tipo de uso e/ou desgaste, englobando os pneus reformados e os inservíveis;

IV - PNEU REFORMADO: Pneu usado que foi submetido a processo de reutilização da carcaça com o fim específico de aumentar sua vida útil, como:

- a) Recapagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem;
- b) Recauchutagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua

banda de rodagem e dos ombros;

- c) Remoldagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos.

V - PNEU INSERVÍVEL: Pneu usado que apresente dados irreparáveis em sua estrutura e não se prestando mais à rodagem ou à reforma.

“Há limites no número de recauchutagem que um pneu suporta se afetar seu desempenho. Assim sendo, mais cedo ou mais tarde, os pneus são considerados inservíveis e descartados” (D’ALMEIDA; VILHENA, p. 193, 2000).

A legislação obriga os fabricantes a recolherem os pneus que não podem mais rodar, mas na prática isto não ocorre, pois são queimados, depositados em sangas, a minoria recapados e por fim depositados a céu aberto, propensos à disseminação de doenças.

Existe um processo onde os pneus são prensados e formam dutos (Figura 3) para canalização em saneamento de esgoto, dutos reciclados, os “ecodutos”, com auxílio de “uma prensa onde 7 pneus de carros transformam um tubo de 1m de comprimento em apenas 10 minutos, um tubo de concreto do mesmo tamanho demora 21 dias para ficar pronto, os pneus são trançados e presos uns aos outros”. A resistência é semelhante a um concreto com vantagem de 75% mais barato (CAETANO, 2008).



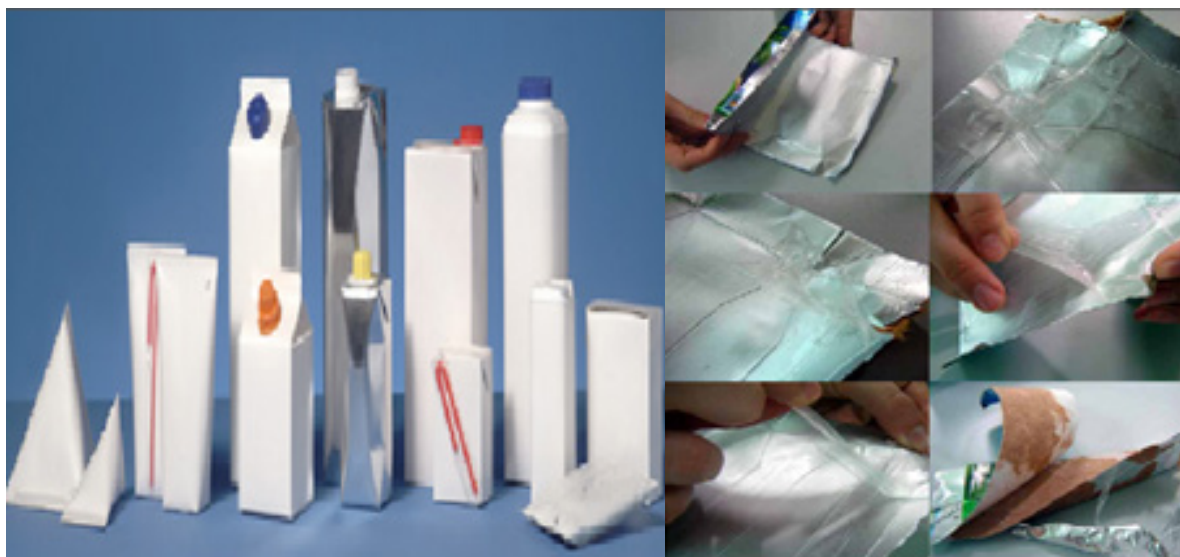
**Figura 3** - Eccoduto sendo instalado para canalização de esgoto.

Fonte: Caetano (2008).

## EMBALAGENS LONGA VIDA

A embalagem Longa Vida, também chamada de Cartonada ou Multicamadas, é “composta de várias camadas de papel, polietileno de baixa densidade e alumínio. Esses materiais em camadas criam uma barreira que impede a entrada de luz, ar, água, microorganismos e odores externos e, ao mesmo tempo, preserva o aroma dos alimentos dentro da embalagem” (CEMPRE, p. 1, 2009). Na figura 1 (a) e (b) têm-se os exemplos de embalagens utilizadas no comércio e, quando abertas, as camadas dos diferentes materiais.





(a) Embalagem longa vida

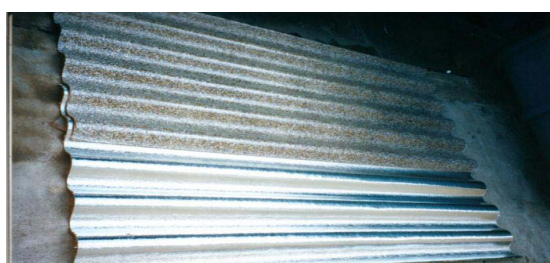
(b) Camadas da embalagem

**Figura 4** - Ilustração da embalagem longa vida e camadas da embalagem quando abertas.

Fonte: (a) Monteiro (2009) e (b) Sema (2006).

Na embalagem longa vida, sua principal matéria prima é o papel, “produzido a partir de florestas certificadas pelo Forest Stewardship Council- FSC” (TETRAPAK, 2009, p. 1), o alumínio e o plástico.

A embalagem longa vida não possui legislação específica para reciclagem, nem normas técnicas para embasamento. As telhas ecológicas são alternativas de reciclagem, a vantagem do sistema é o benefício ambiental, pois retira esse material dos aterros sanitários e lixões. No ambiente, as embalagens “levam em torno de 100 anos para se decompor, em função do plástico (20% da composição) e alumínio (5%)” (DIMENSTEIN, 2004, p. 1). Para produção de 10 mil telhas ecológicas por mês “consume-se 120 toneladas de embalagens longa-vida” (DIMENSTEIN, 2004 , p. 1). “Fabricada por meio de um processo que usa pressão e calor, a telha ecológica tem o mesmo formato das de amianto, mas, segundo Cunha, apresenta inúmeras vantagens entre elas: 50% mais leve, não propaga chamas e não esquenta tanto o ambiente, além de ser impermeável” (DIMENSTEIN, 2004 , p. 1 , p. 1). Na figura 5, tem-se exemplo de telha ecológica prensada e ondulada produzida a partir de resíduos de embalagens longa vida.



**Figura 5** - Telha ecológica.

Fonte: Cerqueira (2003).

Segundo a empresa Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente - Engeplas especializada em reciclagem de embalagens longa vida, a telha ecológica suporta o peso de 150 Kg, exemplificado na figura 6. Pode ser empregada para isolamento acústico e térmico, como também em regiões com

tempestades e queda de granizos.



(a) Telha ecológica

(b) Suporte da telha ecológica

**Figura 6** - Ilustração da leveza da telha ecológica e o suporte a pesos elevados.

Fonte: ENGEPLAS (2010).

A telha é 100% reciclável (ENGEPLAS, 2010), seu processo de transformação não gera nenhum tipo de efluente ou poluente atmosférico, pois não ocorre qualquer queima em sua fabricação, além de poder ser reciclada várias vezes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho foi realizado no município de Santa Maria-RS, no período de julho de 2009 a junho de 2010.

O presente estudo foi classificado como uma pesquisa de campo que, de acordo com Fachin (2001, p.133) “se detém na observação do contexto no qual é detectado um fato social (problema)”, em outras palavras “é a que se realiza com o fato social situado em seu contexto natural, ou seja, em seu campo ou habitat, sem nenhuma alteração imposta pelo pesquisador” (FACHIN, 2001, p. 133).

## VISITAS TÉCNICAS

Foram realizadas visitas técnicas nas empresas responsáveis pelo serviço de coleta e transporte do RCC, borracharias, empresas de comércio de pneus inservíveis para analisar a situação do mercado local, visitas às maiores redes alimentícias do município com cadastro de licenciamento na SMPA e visitas a central de tratamento de resíduos, “aterro sanitário do município”.

## LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

O levantamento fotográfico foi realizado para identificar e registrar alguns pontos de disposição irregulares dos resíduos.

## QUESTIONÁRIO

A técnica relativa ao pesquisador e ao pesquisado será com coleta de dados por meio de questionário com entrevistas aos responsáveis pelos estabelecimentos que segundo Fachin (2001, p. 150), tem a “vantagem por ser um instrumento de coleta de informações relativamente, acessível”, e pode ser aplicado “concomitantemente a grupos de pessoas e em áreas geográficas extensas, ou em mais de uma área, quando o estudo for comparativo” (FACHIN, 2001, p. 133). Após coletados, os dados são inseridos em planilha Excel para formulação de gráficos e tabelas posteriormente analisadas.

## QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Para quantificar os RCC, foi aplicado um questionário junto às empresas transportadoras de entulho, cadastradas junto à Prefeitura Municipal de Santa Maria - PMSM, onde se analisa a quantidade de RCC, transportada. Estes dados foram coletados no período de abril a setembro de 2009.

Conforme Neto (Apud BATTISTELLE, 2006, p. 7) pôde-se calcular a massa total em toneladas por mês. Na equação (1), tem-se:

$$V = N \times C \times c \quad V = N \times C \times c \quad (1)$$

Sendo: V= Volume (toneladas/mês); N= nº de caçambas em média/ dia; C= capacidade média das caçambas (m<sup>3</sup>); c= massa específica do entulho (toneladas/m<sup>3</sup>).

A quantificação do número de pneus inservíveis descartados mensalmente na cidade de Santa Maria foi obtida por meio de um levantamento em borracharias, locais de comércio de pneus e outros estabelecimentos do ramo de pneumáticos como postos de combustíveis, utilizando a metodologia de entrevistas com aplicação de questionário para amostra de uma determinada população.

Conforme Carneiro (2010), na equação (2) pode-se obter um Intervalo de Confiabilidade (IC) para pneus em que:

$$IC = \text{Média} \pm e \quad (2)$$

O erro segundo Carneiro (2010) é calculado conforme equação (3):

$$e = \pm \sqrt{\frac{N-n}{N}} \cdot \frac{\sqrt{[(s)^2]}}{n} \cdot t \quad (3)$$

Sendo: e = erro; N= tamanho da população; n= tamanho da amostra; s= desvio padrão; t =tabela de t (Anexo III), O  $\alpha=0,025$  pois se tem 95% (IC) mais usado na prática.

Com a média de pneus, juntamente com o erro, obtem-se o Intervalo de Confiabilidade.

A quantificação de embalagens longa vida foi feita da seguinte maneira: primeiramente, foi realizada uma pesquisa das maiores redes alimentícias cadastradas na SMPA, que segundo a atividade são consideradas maiores as que possuem maior área. Após, nessas empresas, foi feito um cadastro das marcas de embalagens existentes no ramo tetra-pak, para posteriormente, contato via e-mail, telefone ou visitas às empresas para subsidiar dados de quantidade de material, enviado à cidade, que tornam-se resíduos futuros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão divididos em três partes: os Resíduos de Construção Civil (RCC), pneus e embalagens longa vida, para clareza dos dados.

### QUANTIFICAÇÃO DE RCC

Por meio das visitas a SMPA, secretarias do município e departamentos do meio ambiente, constatou-se que existem na cidade 3 empresas licenciadas que trabalham com transporte de entulho. Os dados foram fornecidos somente por duas empresas.

Na tabela 2, tem-se o número de caminhões coletores, bem como sua capacidade.

**Tabela 2** - Número de Caminhões coletores e números de containeres, com suas capacidades para coleta de RCC nas empresas que prestam serviço de coleta.

EMPRESAS DE COLETA	Número de caminhões coletores	Número de “containeres” das empresas		
		3 m <sup>3</sup>	3,5 m <sup>3</sup>	4,5 m <sup>3</sup>
EMPRESA 1	1	30	-	-
EMPRESA 2	1	-	10	40
<b>TOTAL</b>		30	10	40

Segundo Neto (apud BATTISTELLE, 2006, p. 7), o cálculo aproximado de quantificação, com base nas entrevistas, baseia-se nas médias de saídas das caçambas, conforme mostrado na tabela 3.

Na tabela 4, é mostrada a soma total de resíduos das duas empresas com respectivas médias e desvio padrão para todos os meses analisados, pode-se observar que a geração de resíduo no mês de abril foi considerado maior, isto deve-se ao fato de que, segundo as empresas, em épocas de verão geram grande números de entulho das obras e caso tivesse sido feito uma análise nos meses anteriores este fato poderia ter sido comprovado.

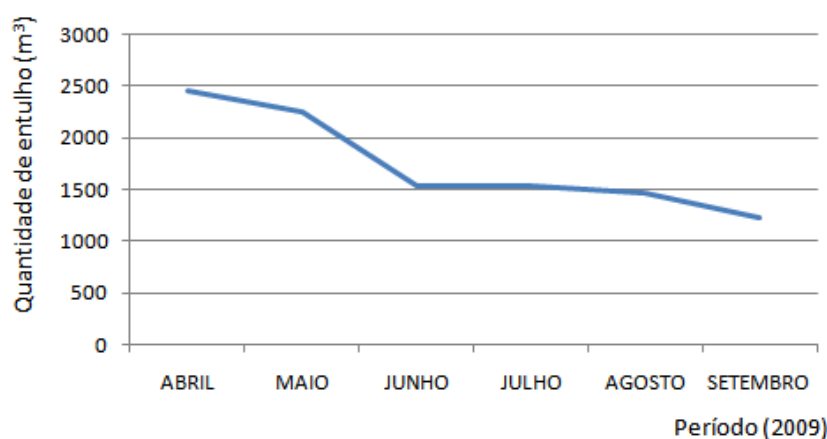
**Tabela 3** - Número de saída das caçambas nos meses abril a setembro de 2009 e total de um semestre.

Empresas de coleta	Meses do ano	Número de saída das caçambas das empresas			Total (m³)
		3 m³	3.5 m³	4.5 m³	
Empresa 1	abril	300	-	-	900
	maio	283	-	-	849
	junho	247	-	-	741
	julho	209	-	-	627
	agosto	190	-	-	570
	setembro	150	-	-	450
					Total
Empresa 2	abril	-	110	260	1555
	maio	-	100	234	1403
	junho	-	60	130	795
	julho	-	67	148	900,5
	agosto	-	65	150	902,5
	setembro	-	62	124	775
				Total	6331
Total gerado pelas empresas					10.468

**Tabela 4** - Quantidade de resíduos coletado pelas empresas no período de abril a setembro de 2009, média e desvio padrão.

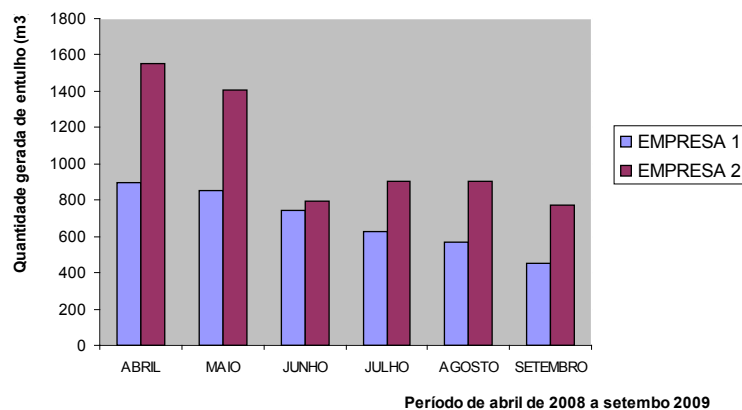
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Empresa 1	900	849	741	627	570	450
Empresa 2	1555	1403	795	900,5	902,5	775
Soma total	2455	2252	1536	1527,5	1472,5	1225
Média	1227,5	1126	768	763,75	736,25	612,5
Desvio padrão	463,2	391,7	38,2	193,4	235,1	229,8

Na figura 7, tem-se a variação da quantidade de entulho no período coletado de abril a setembro. Observou-se uma queda de resíduos, caso fossem coletados no período de um ano poderia gerar uma curva mais precisa.



**Figura 7** - Quantidade total de resíduos gerado na cidade de Santa Maria-RS com base em duas empresas de entulho nos meses de abril a setembro de 2009.

Na figura 8, representa-se a quantidade de entulho gerado na cidade no período de abril a setembro de 2009 com a comparação das duas empresas analisadas, pode-se analisar que os meses de maior quantidade situam-se entre abril e maio.



**Figura 8** - Comparação da quantidade de entulho gerado na cidade de Santa Maria-RS de duas empresas no período de abril a setembro de 2009.

Tendo como exemplo o mês abril de maior geração de entulho com a soma da quantidade das duas empresas (soma total =  $1555\text{m}^3/\text{mês} + 900\text{ m}^3/\text{mês} = 2455\text{ m}^3/\text{mês}$ ), do período de coleta de dados, com a utilização da equação 1 e considerando  $N \times C = 2455\text{ m}^3/\text{mês}$ ;  $c = 0,60\text{ toneladas}/\text{m}^3$ ;  $V = 2455\text{ m}^3/\text{mês} \times 0,60\text{ ton}/\text{m}^3$ ;  $V = 1473\text{ toneladas}/\text{mês}$ .

A população em 2009 é de 268.969 habitantes, segundo dados da Fundação Estadual de Estatística - FEE.

$$V = 1473\text{ ton}/\text{mês} / 268.969\text{ habitantes}$$

$V = 0,005476\text{ toneladas}/\text{mês.habitante}$  ou  $V = 49,1\text{ kg}/\text{mês.habitante}$  considerando somente duas empresas de aplicação do questionário.

John e Agopyan (2008, p. 1), de maneira geral, estabelecem que “a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar”, estimaram que em cidades brasileiras de médio e grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos, confirmando os dados obtidos.

Outras perguntas feitas em relação ao questionário:

Deposição dos Resíduos: Todas as empresas questionadas “informam”, que enviam para a empresa licenciada e nenhuma possui metodologia de reciclagem. O contêiner que não possui tampa é inserido na rua próximo ao meio-fio, às pessoas depositam nele grande quantidade de poda ou outros resíduos não sendo RCC. As empresas de coleta quando verificam grande quantidade de poda ou material que não seja RCC depositam em áreas clandestinas.

### Quantificação de Pneus

Para quantificação de pneus têm-se 21 empresas (borracharias) licenciadas junto a SMPA. Dessas, foram sorteadas 7 para amostra. Obteve-se a quantidade de todos os meses exemplificados na tabela 5, no intervalo de abril a outubro de 2009. A quantidade de pneus inservíveis considerando as 7 empresas da amostra foi de 105 pneus (média mensal).

**Tabela 5** - Quantidade de pneus inservíveis em 7 empresas da amostra, nos meses de abril a outubro de 2009, no município de Santa Maria-RS.

	Meses do ano (2009)						Média	Desvio padrão	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun			jul
Quantidade considerando amostra de 7 empresas	90	115	90	90	115	116	120	105	21,2

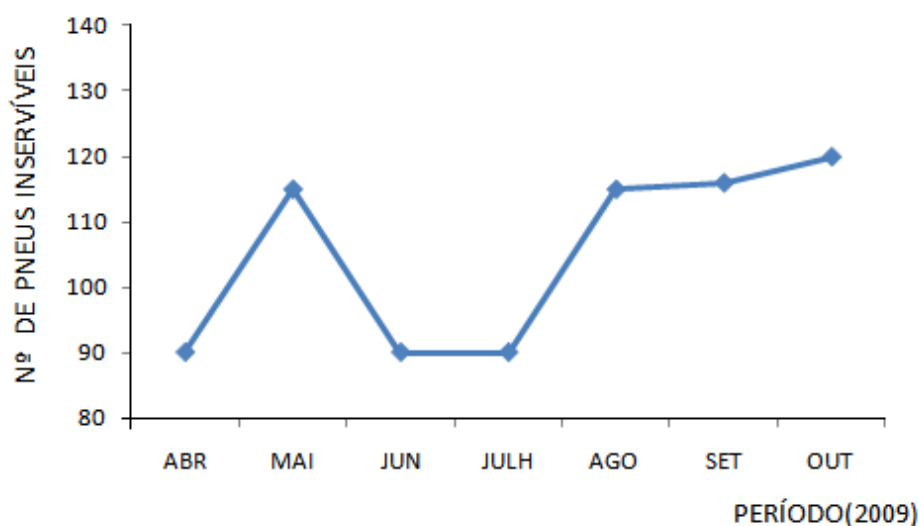
Considerando 21 borracharias, em específico 7 empresas da amostra, têm-se:

$$N= 21 \quad n= 7 \quad s= 21,2 \quad t= 2,969$$

Utilizando a equação (3) para encontrar o erro, obteve-se o valor de:  $e= 47$ ;

Sendo o intervalo de confiabilidade e Média mensal e o erro, obteve-se um Intervalo de Confiabilidade de:  $IC= 105 \pm 47$ ;  $IC= 152$  para mais ou para menos.

Analisando a figura 9, os meses de maior disposição de resíduos no período em que começa a estação de primavera no Estado do Rio Grande do Sul e a tendência das pessoas em viajar é maior.



**Figura 9** - Número de Pneus Inservíveis no período de abril a outubro de 2009 em amostra estatística do Município de Santa Maria - RS.

## QUANTIFICAÇÃO DE EMBALAGENS LONGA VIDA

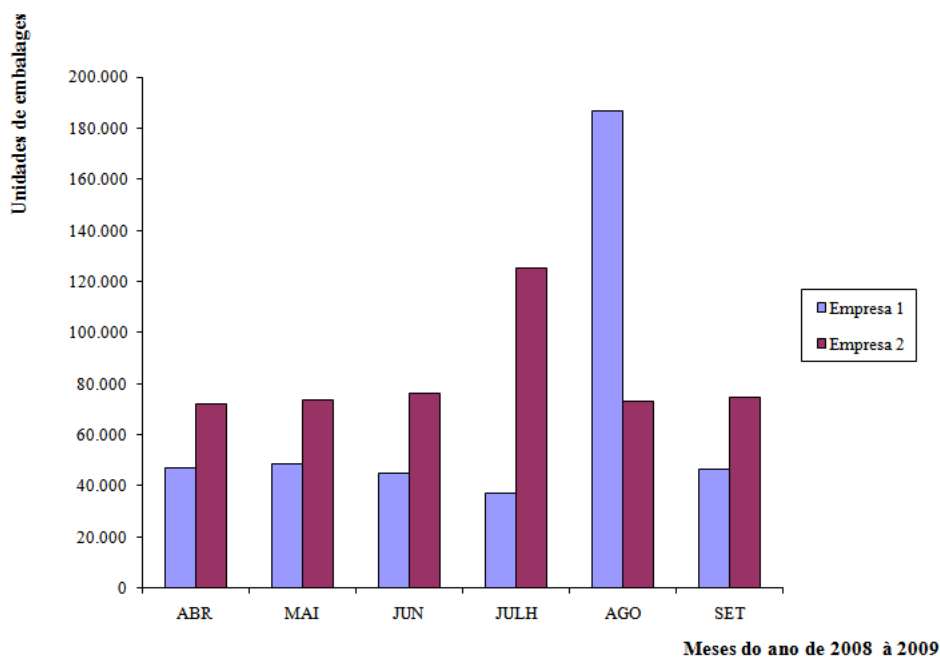
Analisando duas empresas da amostra, obteve-se os dados da tabela 6. A cidade recebe a média de 148.371 mil embalagens longa vida, levando-se como parâmetro, a média de 7 meses.

Esse valor representa a quantidade de resíduos de duas empresas, sendo que existem em torno de 43 estabelecimentos no setor alimentício trabalhando com embalagens tetra-pak, observou-se que o mês de agosto teve o maior valor de embalagens.

**Tabela 6** - Quantidade de embalagens longa vida enviadas a Santa Maria por duas empresas do ramo, nos meses de abril a outubro de 2009.

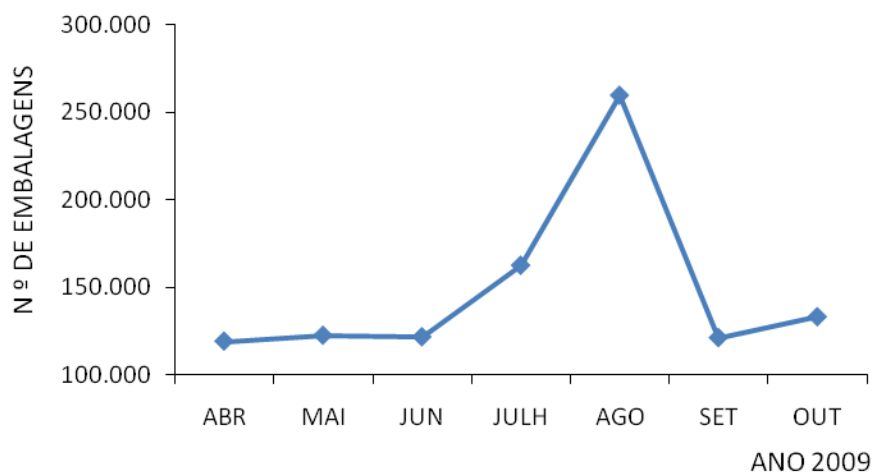
Período	Empresa 1	Empresa 2	Total	Média de cada mês
Abril	46.848	72.128	118.976	59.488
Mai	48.768	73.561	122.329	61.165
Junho	45.024	76.459	121.483	60.742
Julho	36.888	125.456	162.344	81.172
Agosto	186.684	72.857	259.541	129.771
Setembro	46.548	74.436	120.984	60.492
Outubro	57.584	75.355	132.939	66.470
Média	66.906	81.465	148.371	
Desvio padrão	7591,5	2281,8	9873,3	

Comparando as duas empresas (Figura 10) que forneceram os dados, observa-se que no mês de agosto, a empresa 1 possui grande quantidade de embalagens longa vida, no entanto, nos outros meses de venda em relação a empresa 2 é baixa. Isto se explica, pois a empresa 1 no mês de agosto programa-se para promoções de seus estoques e conseqüentemente a venda é maior.

**Figura 10** - Comparação de unidades vendidas nos meses de abril de 2008 à setembro de 2009.

Na figura 11, representa-se a quantidade de embalagens longa vida que chegam à cidade de Santa Maria e, posteriormente, viram resíduos. Em agosto, observa-se a grande quantidade de embalagens devido a época de férias em que o consumo aumenta e, no inverno, época em que as pessoas ficam mais tempo em casa e consumindo mais bebidas quentes. A média de embalagens das duas empresas foi de 148.371 embalagens.





**Figura 11** - Quantidade de embalagens longa vida enviadas para a cidade nos meses de abril a outubro de 2009.

Com os dados analisados, obteve-se a quantificação de 148.371 unidades por mês. Para fabricação de 10.000 telhas ecológicas, segundo Dimenstein (2004), é necessário 120.000 kg de embalagens, considerando que uma embalagem longa vida pesa 28,273 g (Figura 12) ou 0,028 Kg.

Tendo:  $0,028 \text{ Kg da embalagem unitária} \times 148.371 \text{ unidades geradas como resíduo} = 4.154.388 \text{ Kg}$ , podem ser produzidas então, 346 telhas por mês no município de Santa Maria-RS.



(a) Embalagem longa vida

(b) Embalagem longa vida pesada

**Figura 12** - Embalagem longa vida e peso da embalagem.

## LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Com o levantamento fotográfico, pode-se registrar alguns pontos de disposição irregular de resíduos no município como na BR-392 (Figura13) e BR-158. Locais esses localizados na beira da estrada e próximo de áreas habitadas.



**Figura 13** - Disposição irregular BR-392

Na figura 14, tem-se a imagem de disposição irregular de RCC na BR-158 no município de Santa Maria-RS.



**Figura 14** - Disposição irregular BR-158.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Segundo dados estabelecidos com duas empresas, a cidade gera 49,1kg/hab.mês de resíduo da construção civil e 17,95kg/hab.mês de resíduo domiciliar. Assim, observa-se que a geração de

resíduos da construção civil supera a geração de resíduos domiciliares por habitante. John e Agopyan (2008, p. 1), de maneira geral, estabelecem que “a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar”, também, estima que em cidades brasileiras de médio e grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos.

Na quantificação de pneus, obteve-se o valor para a amostra considerada de 7 empresas a quantidade de 105 pneus com intervalo de confiança de 47 unidades, quantidade essa é suficiente para formar em uma extensão de 15 metros de ecodutos.

Na quantificação de embalagens longa vida com duas empresas analisadas obteve-se a quantidade de 148.371 embalagens, suficiente para produzir 346 telhas ecológicas por mês.

A aplicação dos questionários foi um instrumento básico para a quantificação dos resíduos, os valores constatados são representativos para situação do município frente à falta de plano de gerenciamento dos resíduos. Quanto aos locais de despejos, clandestinos ou licenciados percebe-se que ainda há muito que fazer, pois ainda ocasionam degradação ambiental. Percebe-se a necessidade urgente da implantação de uma usina de reciclagem, para minimizar o impacto de disposição irregular nos casos de RCC, além de absorver o resíduo existente agregando valor a essas matérias primas pouco estudadas tal como a embalagem longa vida e o pneu.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos - Classificação**: NBR ISO 10.004. Rio de Janeiro, Maio. 2004. 71p.

BATTISTELLE, R. A. G. Estudo de caso: Quantificação de resíduos de construção e demolição gerados na cidade de Bauru/SP. XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – BAURU, SP, BRASIL. 2006. Disponível em: <[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/1050.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1050.pdf)>. Acesso em: set. 2009.

CAETANO, F. A. **Ecco tubo**. Tubo ecológico. Pneus inservíveis viram tubos para saneamento.2008. Disponível em:<<http://www.youtube.com/watch?v=RPMujNVJr7M>>. Acesso em: mar. 2009.

CARNEIRO, T.R.A. **Distribuição de t Student Inversa**. Formato pdf com 3 casa decimais para o valor de t. 2010. Disponível em:< <http://aulasmatematica.com.br/tabelasdeestatistica.php>>. Acesso em: jul. 2010.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Fichas técnicas**. Embalagens Cartonadas. 2009. Disponível em: <[http://www.cempre.org.br/fichas\\_tecnicas.php?lnk=ft\\_emp\\_longa\\_vida.php](http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_emp_longa_vida.php)>. Acesso em: set. 2009.

CERQUEIRA, M. H. **Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presentes nas embalagens longa vida**. Coletânea de artigos técnicos Tetra Pak, 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 05 de agosto de 1993**. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, Brasília, 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307 de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002a.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 348 de 17 de agosto de 2004**. Altera a Resolução CONAMA nº307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Brasília, 2002b.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 416 de 30 de setembro de 2009**. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua disposição ambientalmente adequada, e dá outras providências. Brasília, 2009.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DIMENSTEIN, G. **Telha ecológica melhora qualidade da construção**. 2004. Disponível em: <<http://aprendiz.uol.com.br/content/thekoreclo.mmp>>. Acesso: mar. 2010.

ENGEPLAS. **Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente**. 2010. Disponível em: <<http://www.engeplas.com.br/telhas3.html>>. Acesso em: abr. 2010.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FEE - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA. 2009. Disponível em: <[http://www.fee.com.br/sitefee/pt/content/resumo/pop\\_estado\\_mapa2\\_municipio.php?municipio=Santa+Maria&id=333](http://www.fee.com.br/sitefee/pt/content/resumo/pop_estado_mapa2_municipio.php?municipio=Santa+Maria&id=333)>. Acesso em: mar. 2010.

GAEDE, L. P. F. **Gestão dos resíduos da construção civil no município de Vitória-ES e normas existentes**. Monografia do Curso de especialização em Construção Civil Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008, 74p.

JONH, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da USP. Disponível em: <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/CETESB.pdf>>. Acesso em: jul. 2009.

KUNKEL, N. **Resíduos da Construção Civil, Aliados a Produção Mais Limpa**, Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009, 105p.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. João Pessoa. PB. ABES, 2003.

MONTEIRO, C. **Como funciona a reciclagem da embalagem longa vida**. 2009. Disponível em: <<http://images.google.com.br/imgres?imgurl=http://static.hsw.com.br/gif/reciclagemlonga-vida-2.jpg&imgrefurl=http://ambiente.hsw.uol.com.br/reciclagem-longa-vida>>. Acesso em: out. 2009.

SEMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Meio Ambiente-PR. **Meio Ambiente**. Kit Resíduos. Construção Civil. 2006a. Disponível em: < [http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meio\\_ambiente/kit\\_res\\_10\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meio_ambiente/kit_res_10_construcao_civil.pdf)>. Acesso em: Jul. 2006.

SEMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Meio Ambiente-PR. **Projeto desperdício zero**. Kit Resíduos. Embalagens longa vida. 2006b. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/kit\\_res\\_11\\_embalagem\\_longavida.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/kit_res_11_embalagem_longavida.pdf)>. Acesso em: jul. 2006.

SEMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Meio Ambiente-PR. **Projeto desperdício zero**. Kit Resíduos. Pneus. 2006b. Disponível em: < [http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/kit\\_res\\_8\\_pneus.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/kit_res_8_pneus.pdf)>. Acesso em: set. 2006.

TETRAPAK. **Protege o que é bom**. 2009. Disponível em:< [http://www.tetrapak.com/br/meio\\_ambiente/ciclo\\_de\\_vida\\_da\\_embalagem/Pages/ciclo\\_da\\_embalagem.aspx](http://www.tetrapak.com/br/meio_ambiente/ciclo_de_vida_da_embalagem/Pages/ciclo_da_embalagem.aspx). Acesso em: Out. 2009.