

Influência da granulometria do resíduo de embalagens Longa Vida na preparação de placas *Drywall*

Influence of granulometry of waste from Long-Life packaging in the preparation of drywall boards

Thauani de Almeida Santos¹, Beatriz Tamanaga², Alessandro Augusto Rogick Athiê³, Emília Satoshi Miyamaru⁴

¹ Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Senac

² Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Senac

³ Professor e Pesquisador do Centro Universitário Senac

⁴ Professora e Pesquisadora do Centro Universitário Senac

{Thauani, Beatriz, Alessandro, Emília}

thauanisantos@hotmail.com, tamanaga_bia@hotmail.com, alessandro.aathie@sp.senac.br, emilia.smseo@sp.senac.br

Resumo: Embalagens do tipo Longa Vida têm difícil e custoso processo de reciclagem, uma vez que possuem papel, plástico e alumínio em sua composição. Em vista disso, este estudo visou otimizar o desenvolvimento de uma pesquisa iniciada em 2015 melhorando as características granulométricas de resíduo Longa Vida na composição de placas de gesso do tipo *drywall*. Para isso, foram confeccionados corpos de prova em escala laboratorial com variações granulométricas de 4, 9, 14, 28 Malhas Tyler, além de um corpo de prova com o resíduo do fundo da peneira (do processo de separação granulométrica) afim de avaliar, a partir de testes, o desempenho dos corpos de prova que apresente melhores resultados de acordo com os requisitos estabelecidos pelas normas vigentes para confecção de placas de gesso. Verificou-se que cerca de 85% em massa da granulometria do resíduo bruto ficou retido na peneira de 9 e 14 Malhas Tyler e estas granulometrias apresentaram melhores desempenhos quanto a determinação das características geométricas dos corpos de prova, determinação da densidade superficial de massa, determinação da resistência à compressão, determinação da absorção de água e determinação quanto a resistência à chama quando comparados com os trabalhos anteriores e com amostras de corpos de prova *drywall Standard*.

Palavras-chave: Embalagens Longa Vida; Granulometria; Drywall.

Abstract: Long Life Packaging has a difficult and expensive recycling process, since it has paper, plastic and aluminum in its composition. Therefore, this study aimed to optimize the development of a research begun in 2015 improving the granulometry characteristics of Long Life Residue in the composition of drywall gypsum boards. For this purpose, small-scale specimens with 4, 9, 14, 28 Meshes Tyler were made, as well as specimens with the bottom of the sieve (from the particle size separation process) in order to evaluate, by tests, the performance of the specimens that presents better results in accordance with the requirements established by the current norms for production of gypsum boards (ABNT NBR). About 85% of the mass of the crude residue was retained in the 9 and 14 Meshes Tyler and these granulometries presented better performances in determination of the geometric characteristics of the specimens, determination of the mass density, determination of the resistance to compression, determination of water absorption and determination of flame resistance, when compared with previous research and samples of standard drywall specimens.

Key words: Long Life Packaging; Granulometry; Drywall.

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 12 no 1, Junho de 2017, São Paulo: Centro Universitário
Senac ISSN 1980-0894

© 2017 todos os direitos reservados - reprodução total ou parcial permitida, desde que citada a fonte

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>
E-mail: interfacehs@sp.senac.br

1. Introdução

Os resíduos sólidos, desde os orgânicos a restos tecnológicos, estão presentes em todos os estágios das atividades humanas. Por consequência, ocorre sua variação tanto em termos de composição quanto volumétricos. Os resíduos vêm sendo tratados como um problema para a sociedade desde a revolução industrial, período em que o conforto e o bem-estar humano intensificaram o uso de materiais descartáveis (RIBEIRO; MORELLI, 2009).

Com o desenvolvimento das cidades e o adensamento urbano em escala mundial, as discussões ambientais relacionadas aos resíduos tornaram-se cada vez mais presentes nas decisões públicas, evidenciando a necessidade de incremento de políticas que atendessem não só a melhoria ambiental como a saúde humana (PEDROSA; NISHIWAKI, 2014). Soma-se o uso do termo desenvolvimento sustentável, que se tornou de extrema importância para a garantia de uma população que possa suprir suas necessidades e também garantir recursos para gerações futuras (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1991).

Conforme a NBR 10.004/2004, define-se resíduos sólidos “materiais sólidos e semi-sólidos resultantes das atividades da comunidade industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços de varrição. (...)”. Dentre diferentes resíduos, destacam-se as embalagens, que, apesar de terem uma função fundamental na conservação de alimentos e insumos, são um dos principais fatores dessa problemática visto sua relação direta com o crescimento da população (ABRE, s.d.).

De acordo com Barros (2012), a geração de resíduos sólidos, sobretudo materiais como embalagens, é inevitável. Por esta razão um conceito importante é que todo produto tenha o máximo de redução de geração de resíduos sólidos ainda em sua etapa produtiva. Quando não suficiente, os resíduos devem ser reutilizados e reciclados objetivando garantir o encaminhamento mínimo dos mesmos para aterros sanitários. Worrell e Vesilind (2012) indicam que este conceito também é conhecido como quatro R's: redução, reuso, reciclagem e recuperação.

Neste âmbito, a lei nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010) define reciclagem como “processos de transformação dos Resíduos Sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (...)”. Hoje esta atividade vem se difundindo no setor de embalagens, inclusive no caso de embalagens cartonadas multicamadas, como as embalagens Longa Vida.

As embalagens do tipo Longa Vida têm como função o envase e proteção de alimentos, por isso há a necessidade de sobreposições de camadas de materiais com diferentes características em sua estrutura. São definidas como compósitos, isto é, embalagem composta por diferentes tipos de materiais. Sua composição é de papel (75% da massa total), polietileno (20% da massa total) e alumínio (5% da massa total) (BORGES, 2007).

A nomenclatura “Longa Vida” explica-se ao fato de a embalagem ser capaz de conservar alimentos sem necessidade de refrigeração por uma longa quantidade de tempo, (cerca de 180 dias), de forma geral, esses alimentos ficam livres de microrganismos e bactérias (CUNHA, 2011; TETRA PAK, 2013), isto porque cada material possui uma função nesse processo: o papel dá o suporte mecânico e possibilita a impressão da embalagem; o polietileno é importante para impedir a umidade e o contato do alumínio com o alimento; e o alumínio impede a passagem de luz e oxigênio para dentro da embalagem (CUNHA, 2011; ZORTEA, 2001).

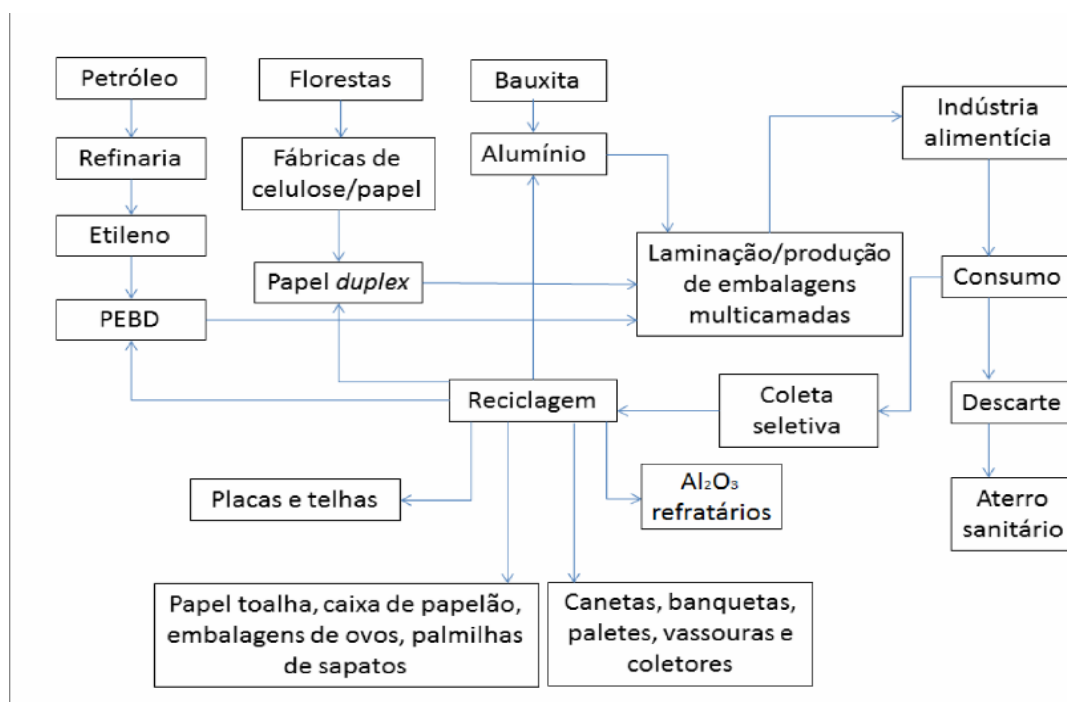
Por conta das características citadas, a reciclagem deste tipo de embalagem pode ser complexa e necessitar de tecnologias caras que desagreguem os diferentes materiais de sua composição. De acordo com o IBGE (2015), apenas 30% dessas embalagens foram recicladas em 2013.

Com a maior preocupação ambiental, estudos e métodos que pudessem avaliar os possíveis impactos associados a determinado produto manufaturado e posteriormente descartado foram cada vez mais desenvolvidos no intuito de compreensão e mitigação dos impactos ambientais (NBR 14040, 2009).

No Brasil, a NBR 14040 dá a estrutura geral e princípios para estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de um produto. Um estudo de ACV analisa um produto desde sua origem, isto é, matéria – prima, até sua disposição final, verificando os aspectos e potenciais impactos ambientais do produto produzido (NBR 14040, 2009). Um dos benefícios da ACV é a respeito da tomada de decisão da indústria, que pode optar pelo aperfeiçoamento do modo de produção de seus produtos. A Tetra Pak, apesar de não ser a única responsável pelas diferentes formas de reciclagem de suas embalagens, contribui e desenvolve melhoras em seus produtos para facilitar a reciclagem, além de desenvolver equipamentos de reciclagem para o material Longa Vida (NBR 14044, 2009; TETRA PAK, s.d.).

De acordo com Nascimento *et al* (2007), o fato de as embalagens Tetra Pak serem compósitos torna difícil a proposta de um ciclo de vida com baixos impactos, uma vez que é necessário a reciclagem de matérias com características distintas. Ainda assim, os autores consideram a atividade viável uma vez que apresentam menores custos de produção em relação à matéria-prima. A figura 1 representa o ciclo de vida de um material Longa Vida.

Figura 1. Ciclo de vida de embalagens Longa Vida



Fonte: NASCIMENTO *et al*, 2007.

Atualmente, a maioria das reciclagens que ocorrem em embalagens cartonadas é para o aproveitamento individual de cada um dos seus componentes. Primeiramente é separado o papel, esse processo ocorre em um *hidrapulper*, equipamento muito utilizado em produtoras de papel. O *hidrapulper* hidrata as fibras celulósicas com água e as agita, o papel se transforma em massa e separa-se do plástico e alumínio. Essa massa é secada e levada para as próximas etapas de produção (CUNHA, 2011).

O alumínio e o polietileno são reciclados por três diferentes formas, de acordo com Cunha (2011). Pode ser vendida em forma de fardos para transformação em placas e telhas. Pode também ser utilizada para formação de compósito peletizado por extrusão, formando uma matéria prima utilizada por indústrias de transformação de plásticos. Outra possibilidade pode ser a tecnologia de transformação por plasma térmico, que é um gás aquecido em temperatura alta capaz de separar o polietileno do alumínio. Ao fim desse processo, o polietileno é transformado em parafina e o alumínio volta ao seu estado quase puro e é transformado em lingotes, com 98,5% de pureza. Ambos são vendidos para indústrias que utilizem esses materiais em suas produções.

Ainda assim, considera-se poucas as alternativas de reciclagem deste material visto sua representação no consumo da sociedade. Neste sentido, a proposta de reciclagem deste projeto é verificar a viabilidade da utilização das embalagens Longa Vida para a produção de revestimentos *drywall* e forros de gesso extrusado, incorporando-as trituradas na composição das placas de gesso.

Neste sentido, este estudo é continuidade de um projeto iniciado em 2015, que teve como objeto de pesquisa a reciclagem de embalagens Longa Vida utilizadas para o envase e proteção de alimentos. Visando adequar as características granulométricas e de quantidade das embalagens Longa Vida trituradas na composição de corpos de prova do tipo *Drywall*, diferenciou-se o resíduo triturado em diferentes faixas granulométricas para confecção e análise do desempenho de corpos de prova em ensaios quanto a densidade superficial de massa, absorção de água, resistência a compressão e resistência à chama, requeridos pelas normas ABNT NBR 14715-1:2010 e ABNT NBR 14715-2:2010.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência de diferentes faixas granulométricas bem como a quantidade de resíduos de embalagens Longa Vida nas propriedades das placas (*drywall*).

As vantagens na utilização de placas *Drywall* na construção civil estão na qualidade e alta produtividade em obras, isto porque a montagem de uma estrutura *Drywall* é rápida favorecendo o cronograma físico-financeiro. Além disso, possuem ótimo isolamento térmico e acústico que pode ainda ser otimizado com o uso de matérias outros materiais em sua composição.

2. Materiais e Métodos

A primeira etapa do desenvolvimento da presente pesquisa consistiu no levantamento de dados secundários utilizando materiais como livros, dissertações, teses, anais, relatórios técnicos, normas técnicas e legislações, a fim de aprimorar e acompanhar as discussões realizadas no presente trabalho.

O procedimento para obtenção dos dados primários foi dividido em cinco etapas, sendo a primeira a obtenção, preparo e estocagem das embalagens Longa Vida, coletadas a partir de doações de voluntários que as utilizam no consumo doméstico. Todas as embalagens tinham uma de suas extremidades abertas para higienização e secagem em temperatura ambiente.

A segunda etapa foi a trituração das embalagens no Laboratório de Design Industrial (DI) do Centro Universitário SENAC – Campus Santo Amaro utilizando um moinho de facas da marca RONE modelo RA 1553, nesta etapa todas as embalagens trituradas foram acondicionadas em sacos plásticos para encaminhamento ao laboratório.

Na terceira etapa, o material triturado foi encaminhado ao laboratório de Química do SENAC com o intuito de realizar a classificação granulométrica. Para essa etapa, foi

realizado o tamisamento utilizando três vibradores de peneira da marca Soloteste, (figura 2).

Figura 2. Vibradores de peneiras utilizadas para classificação granulométrica.



As peneiras padronizadas escolhidas foram baseadas na série Tyler, com abertura livre de 4 (4,75 mm), 9 (2 mm), 14 (1,15 mm) e 28 (600 μ m) Malhas Tyler, além do fundo. A cada ciclo do vibrador de peneiras foi depositado cerca de 35 gramas do resíduo em um tempo de tamisamento de 20 minutos e a uma frequência de vibração de 60 Hz. O material separado foi armazenado em sacos plásticos, identificados de acordo com as granulometrias, para posterior confecção dos corpos de prova.

Nesta fase, além da separação das faixas granulométricas, foi elaborado um estudo das frações granulométricas resultante durante a separação por ciclo. Para cada batelada de operação de separação, ocorreu com a alimentação de uma quantidade conhecida de resíduo nas peneiras (35 g) e a pesagem de cada quantia retida nas mesmas após os 20 minutos de vibração dos agitadores.

Na quarta etapa iniciou-se o processo de confecção dos corpos de prova, atendendo aos padrões estabelecidos pela ABNT NBR 14715-1. Foi necessário a utilização de uma matriz de alumínio (figura 3), além dos insumos necessários para confecção dos corpos de prova, sendo o gesso, a água e o resíduo Longa Vida.

Figura 3. Matriz utilizada para confecção dos corpos de prova



A matriz para confecção dos corpos de prova foi desenvolvida em 2015 pelo grupo de pesquisa, atendendo os padrões estabelecidos pela ABNT NBR 14715-1: Chapas de Gesso para *Drywall* – Parte I: Requisitos. Consiste em um material de alumínio que origina um corpo de prova com dimensões de aproximadamente 125 x 125 x 12,5 milímetros (ALTIERI, 2015).

As proporções ideais obtidas pelo grupo de pesquisa foram de 230 gramas de gesso, 100 mililitros de água e 19 gramas de resíduo Longa Vida. Utilizando estas quantidades, foram confeccionados 90 corpos de prova, sendo 18 corpos de prova com granulometria de 4, 9, 14 e 28 Malhas Tyler, além de 18 corpos de prova utilizando o resíduo do fundo da peneira. Para efeitos de comparação confeccionou-se, também, 18 corpos de prova do resíduo sem separação granulométrica (corpos de prova controle) conforme o trabalho de Altieri (2015).

A quinta etapa foi a realização de cinco ensaios para caracterização dos corpos de prova conforme a norma ABNT NBR 14715-2:2010, sendo: determinação das características geométricas dos corpos de prova, determinação da densidade superficial de massa, determinação da resistência à compressão, determinação da absorção de água e determinação quanto a resistência à chamas. Todos os testes foram realizados em triplicata.

Para a determinação das características geométricas dos corpos de prova, foram medidas as duas extremidades de cada um, bem como a espessura, com a utilização de um paquímetro.

No ensaio para determinação da densidade superficial de massa, os corpos de prova foram submetidos a estufa, marca FANEM – 502, à 40 °C até atingirem massa constante, e suas massas determinadas utilizando uma balança analítica da marca Mettler Toledo – PB303-S (figura 4).

Figura 4. Processo para ensaio de determinação da massa dos corpos de prova



Com as informações geométricas previamente obtidas e os valores de massa dos corpos de prova, foi possível realizar o cálculo de densidade superficial de cada corpo de prova utilizando a equação 1, conforme a ABNT NBR 14715-2.

$$\delta = \frac{m}{A} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

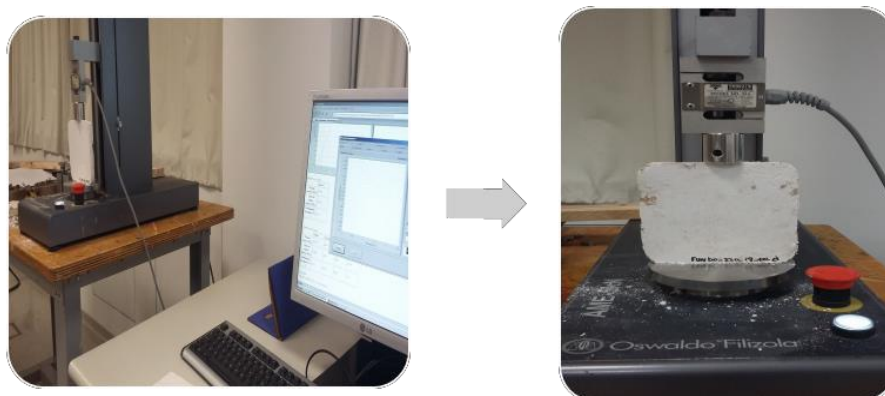
δ = Densidade superficial (kg/m²);

m = Massa dos corpos de prova (kg);

A = Área dos corpos de prova (m²).

O ensaio quanto a resistência a compressão foi realizado no laboratório de Conforto Ambiental do SENAC- Campus Santo Amaro. Para o teste, foi utilizado uma máquina de ensaio de tração e compressão marca Oswaldo Filizola – AME-5kN, operada utilizando o *software* DynaView Standard/Pro M versão 2.7.6, conectado a um transdutor de força – Oswaldo Filizola (figura 5).

Figura 5. Processo para determinação de resistência a compressão



Como apresentado na figura 5, o ensaio foi realizado com os corpos de prova posicionados verticalmente em relação ao compressor com velocidade de 5 mm/min. A força registrada nos ensaios foi a máxima carga aplicada antes dos corpos de prova atingirem o ponto de deformação, este ponto foi identificado durante os testes a partir do gráfico de tensão e deformação exibido pelo *software* Dynaview.

O ensaio dos corpos de prova quanto a absorção de água foi realizado no laboratório de Química do SENAC - Santo Amaro. Primeiramente foi obtido a massa inicial dos corpos de prova com a balança analítica marca Mettler Toledo – PB303-S à temperatura de (23 ± 2) °C e com massa estável (variação menor que 0,5%). Em seguida os corpos de prova foram submergidos em água, posicionados dentro dos recipientes de modo que não houvesse contato com a superfície de fundo ou entre os corpos de prova. Durante este ensaio foi necessário manter uma lâmina de água entre 2,5 e 3,5 centímetros acima dos corpos de prova. O procedimento é apresentado na figura 6.

Figura 6. Processo para determinação da absorção de água dos corpos de prova



Os corpos de prova permaneceram submergidos durante um período de (120 ± 2) minutos) e após, o excesso de água foi retirado e os corpos de prova submetidos a determinação de suas massas finais, utilizando a balança analítica Mettler Toledo – PB303-S. A determinação da absorção de água foi obtida utilizando a seguinte expressão:

$$a = \frac{mf - mi}{mi} * 100$$

Equação (2)

Sendo:

a = Absorção de água (%);

mf = massa final (g);

mi = massa inicial (g).

O ensaio quanto a resistência a chamas foi realizado no laboratório de química do SENAC - Santo Amaro, primeiramente, montou-se a estrutura para o ensaio, composta por um mini bico de Bunsen com registro para gás – marca Metalic – MET051 e um tripé de ferro zincado com aro trefilado.

A estrutura montada foi conectada ao sistema de gás e acendido a chama, mantida constante. A figura 7 apresenta a estrutura montada para o teste.

Figura 7. Ensaio para determinação quanto a resistência a chama



Primeiramente, mediu-se a temperatura inicial dos corpos de prova, utilizando um termômetro digital com mira a laser marca Plana TC (modelo TIR-5000). Após, os corpos de prova foram posicionados de forma centralizada na estrutura montada e determinou-se as temperaturas do material a cada minuto, durante um intervalo de tempo de 5 minutos, utilizando um cronômetro progressivo digital – Western -1993.

Por fim, os resultados obtidos nos ensaios realizados foram comparados com a pesquisa desenvolvida pelo grupo no ano de 2015. Identificando os corpos de prova do Grupo M, como os confeccionados em 2015 sem separação granulométrica, Grupo T como os confeccionados no desenvolvimento desta pesquisa com separação granulométrica, e uma placa *Drywall* do tipo *Standard* (ST).

3. Resultados e discussão

O resultado da classificação granulométrica do resíduo triturado possibilitou a elaboração de um estudo das frações retidas em cada peneira durante o processo de tamisamento. Pode-se observar que cerca de 75% em massa do material fica retido na peneira de 9 Malha Tyler, enquanto cerca de 10% em massa ficou retido tanto na peneira de 4 Malha Tyler, quanto na de 14 Malha Tyler. Uma pequena fração do resíduo ficou retida na peneira de 28 Malha Tyler, assim como no fundo.

Em relação as caracterizações dos corpos de prova, as dimensões obtidas com a utilização do paquímetro foram em média de 12,4 centímetros, valor muito próximo ao estabelecido no objetivo inicial, no entanto, os valores de espessura dos corpos de prova foi superior ao esperado (14,28±0,52 mm), que era 12,5 milímetros.

Na tabela 1 são apresentadas as densidades superficiais de massa resultantes no ensaio.

Tabela 1. Densidade superficial dos corpos de prova

	Granulometria	Densidade Sup. média (kg/m²)	Desvio Padrão
Grupo T	4 Malha Tyler	16,28	±0,38
	9 Malha Tyler	15,14	±0,76
	14 Malha Tyler	16,33	±0,17
	28 Malha Tyler	16,75	±0,21
	Fundo	17,87	±0,97
	Controle	18,24	±0,51
Grupo M	Sem separação granulométrica	16,26	±0,06
Placa ST	Placa <i>Drywall</i>	9,81	±0,42

Nota:

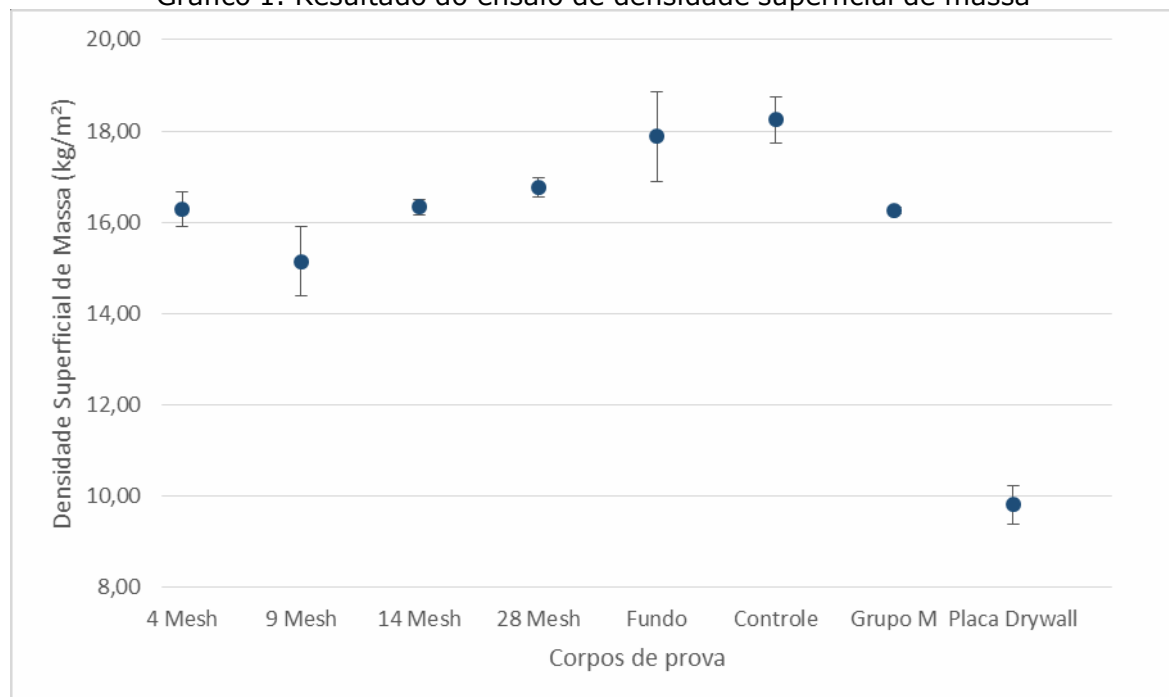
Grupo T = Corpos de prova confeccionados no presente trabalho.

Grupo M = Corpos de prova confeccionados em 2015 pela Altieri.

Grupo Placa ST = Corpos de prova *drywall* (SD) *Standard*.

Os resultados médios são apresentados no gráfico 1, representando também, os respectivos desvios padrões.

Gráfico 1. Resultado do ensaio de densidade superficial de massa



De acordo com os requisitos da norma ABNT NBR 14715-1: Chapas de Gesso Para *Drywall* – Parte I: Requisitos, a densidade superficial deverá estar entre 8 kg/m² e 12 kg/m², com um desvio padrão entre os ensaios de até $\pm 0,5$ kg/m². Verificou-se que as densidades superficiais dos corpos de prova confeccionados com material Tetra Pak triturado de 9 e 14 Malha Tyler apresentaram menores valores, tendo os corpos de prova de 9 Malha Tyler apresentado resultados ainda melhores que os obtidos no trabalho da Altieri (2015), sem separação granulométrica. Ainda assim, os resultados apresentados no referente ensaio são de maior densidade superficial em relação as placas *Drywall*, ultrapassando o limite estabelecido na norma. Tais resultados se devem pelo processo de fabricação das placas do tipo *Drywall*, que, de acordo com de Luca¹, a pressão é realizada de forma uniforme e melhor distribuída sobre uma grande área, já a pressão realizada sobre a matriz, de tamanho inferior ao comercial, é feita de uma forma confinada alterando os valores de densidade.

No ensaio quanto a resistência a compressão verificou-se que todos os corpos de prova confeccionados apresentaram maior resistência a compressão tanto quanto aos corpos de prova confeccionados pela Altieri em 2015, quanto em relação a placa *Drywall* do tipo *Standard*. Os resultados são apresentados na tabela 2.

¹ de Luca: Professor Adriano Camargo de Luca, Coordenador do Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac.

Tabela 2. Resultado do ensaio de resistência à compressão

	Granulometria	Máximo de força aplicada (kgf)	Desvio Padrão
Grupo T	4 Malha Tyler	203,14	±4,87
	9 Malha Tyler	210,09	±19,60
	14 Malha Tyler	223,43	±5,71
	28 Malha Tyler	236,67	±10,57
	Fundo	222,20	±16,62
	Controle	225,03	±4,59
Grupo M	Sem separação granulométrica	114,97	±12,78
Placas ST	Placa <i>Drywall</i>	71,31	±16,38

Nota:

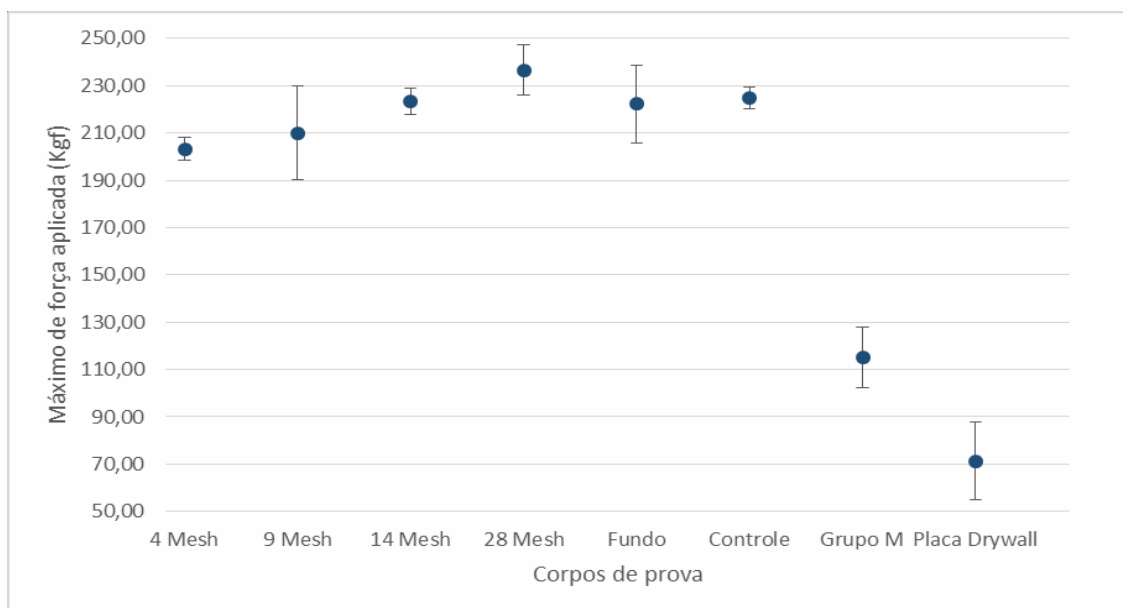
Grupo T = Corpos de prova confeccionados no presente trabalho.

Grupo M = Corpos de prova confeccionados em 2015 pela Altieri.

Grupo Placa ST = Corpos de prova *drywall* (SD) *Standard*.

No gráfico 2, é apresentado os resultados médios com os desvios padrões do ensaio de resistência a compressão realizados nos corpos de prova.

Gráfico 2. Resultado do ensaio de resistência a compressão



Todos os resultados obtidos no ensaio quanto a absorção de água para os corpos de prova confeccionadas apresentaram menor retenção de água que as placas *Drywall* e os ensaios realizados pela Altieri (2015), conforme apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de absorção de água dos corpos de prova

	Granulometria	Aumento da massa inicial (% massa)	Desvio Padrão
Grupo T	4 Malha Tyler	21,72	±0,20
	9 Malha Tyler	22,27	±0,76
	14 Malha Tyler	21,16	±0,27
	28 Malha Tyler	21,66	±0,49
	Fundo	20,45	±0,43
	Controle	18,22	±2,38
Grupo M	Sem separação granulométrica	23,31	±0,37
Placas SD	<i>Drywall</i>	53,92	±1,94

Nota:

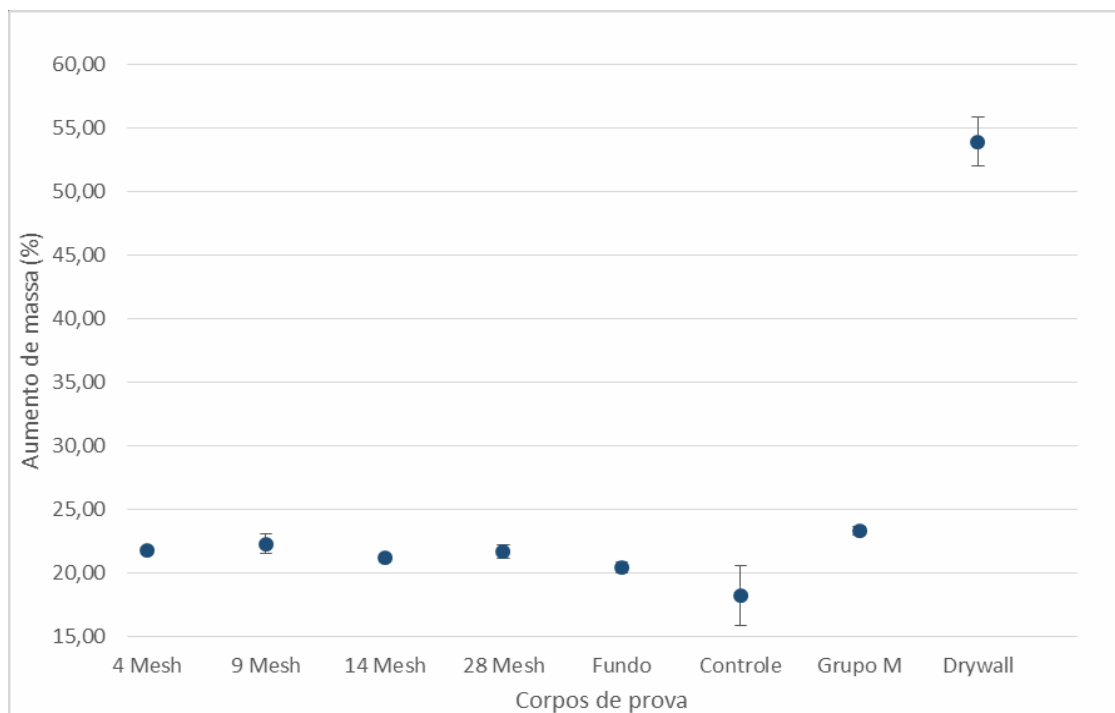
Grupo T = Corpos de prova confeccionados no presente trabalho.

Grupo M = Corpos de prova confeccionados em 2015 pela Altieri.

Grupo Placa ST = Corpos de prova *drywall* (SD) *Standard*.

No gráfico 3, é apresentado o percentual médio de aumento das massas dos corpos de prova quando submergidos em água.

Gráfico 3. Resultados do ensaio de absorção de água

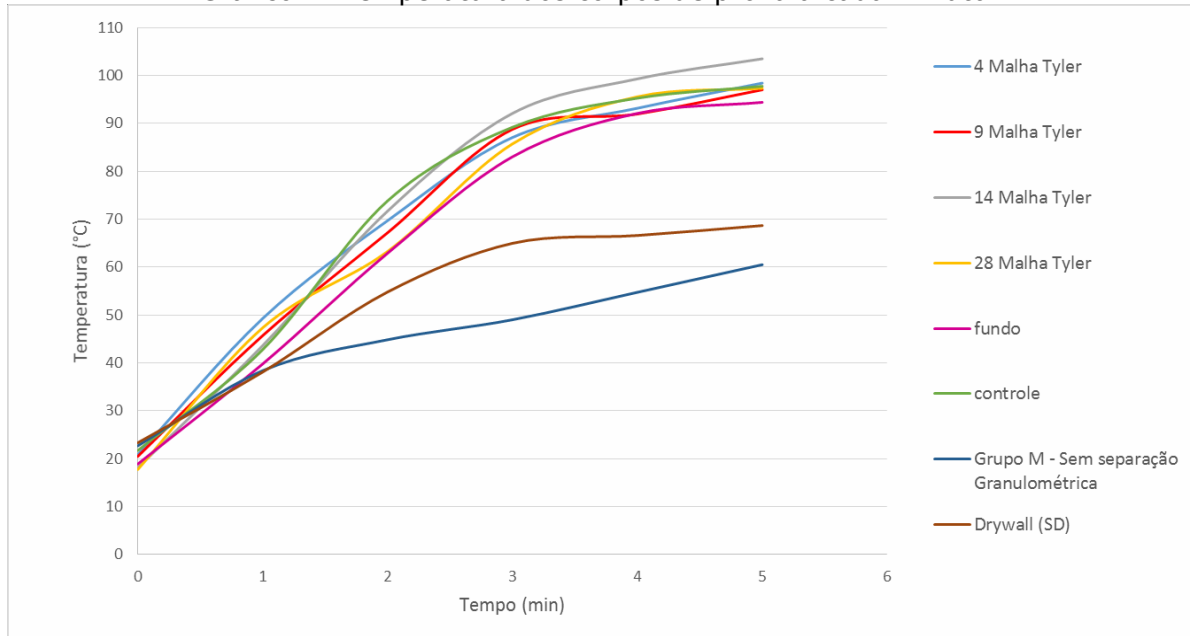


Cabe ressaltar que os requisitos estipulados na norma ABNT NBR 14715-1, determinam um limite de absorção de água apenas para chapas *Drywall* Resistentes a Umidade (RU). Na pesquisa desenvolvida, as comparações são feitas com placas do tipo Standard, as quais não precisam estar enquadradas nos requisitos desta norma, que determina que a placa tenha um limite máximo de absorção de 5% em massa.

Os ensaios quanto a resistência à chama realizados pela Altieri em 2015 apresentaram menores amplitudes de temperaturas em relação aos ensaios realizados com os corpos de prova desta pesquisa. Ainda assim, os corpos de prova confeccionado em 2015 pelo apresentaram menor amplitude de temperatura no ensaio em relação as placas *Drywall Standard*.

No gráfico 1, é mostrado a temperatura média das placas expostas a chama a cada minuto.

Gráfico 1: Temperatura dos corpos de prova a cada minuto



Entre os corpos de prova confeccionados nesta pesquisa, o desempenho apresentou-se semelhante, destacando os confeccionados com o fundo da peneira e 9 Malha Tyler como os de menor amplitude de temperatura.

4. Conclusões

Com base nos ensaios realizados verificou-se que a influência da granulometria na composição dos corpos de prova não apresenta variações significativas no desempenho das mesmas em relação ao corpo de prova confeccionado sem separação granulométrica.

Durante a etapa de separação granulométrica notou-se que o tamanho das partículas trituradas no moinho de facas originava um material com granulometria a partir de 9 Malha Tyler, predominantemente.

Os corpos de prova confeccionadas com o material granulométrico de 9 e 14 Malhas Tyler foram as que apresentaram melhores valores de densidade superficial, inclusive em relação aos corpos de prova confeccionados sem a separação granulométrica, entretanto, com valores ainda insuficientes para atender os requisitos da norma ABNT NBR 14715 - 1.

Quanto aos ensaios de compressão, todos os corpos de prova confeccionados pelo grupo de pesquisa em 2016 apresentaram resultados muito superiores aos de 2015.

Todos corpos de prova confeccionados nesta pesquisa apresentaram melhores resultados em relação aos de Altieri (2015) no ensaio quanto a absorção de água, mas ainda insuficientes para classificar os corpos de prova como placas do tipo *Drywall* Resistente a Umidade (RU). Entretanto, melhores que em relação ao desempenho das placas *Drywall Standard*.

O ensaio quanto a resistência à chama resultou em maior amplitude em todos os corpos de prova produzidos neste trabalho quando comparados aos obtidos pela Altieri. Entretanto, os corpos de prova confeccionados pela Altieri (2015) apresentaram melhor desempenho comparados as placas do tipo *Drywall Standard*.

Considerando o desempenho dos corpos de prova em cada ensaio, os confeccionados com granulometria de 9 e 14 Malhas Tyler apresentaram melhores resultados de forma geral nos testes. Desta forma, a utilização de resíduo Longa Vida nas propriedades de placas do tipo *Drywall* pode ser uma alternativa para redução do encaminhamento deste material para aterros. Sendo necessário aprimorar sua composição e método de confecção para atender todas normas estabelecidas pela NBR 14715-1 e 14715-2. .

Referências

- ABNT. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. São Paulo, SP, 2004.
- _____. **NBR 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. São Paulo: ABNT, 2009.
- _____. **NBR 14715-1: Chapas de gesso para drywall**. Parte 1: Requisitos. São Paulo: ABNT, 2010.
- _____. **NBR 14715-2: Chapas de gesso para drywall**. Parte 2: Métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2010.
- ALTIERI, Mirella Dell Sasso. Obtenção e caracterização de placas de gesso (Drywall) por meio de reciclagem de embalagens Longa Vida. **XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, TECNOLÓGICA E ARTÍSTICA – SENAC**. São Paulo, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS - ABRE. **Embalagem**. s.d. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/apresentacao-do-setor/a-embalagem/>>. Acesso em 25 de out. de 2015.
- BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424p.
- BORGES, Daliana Gomes. **Aproveitamento de Embalagens Cartonadas em Compósitos de Polietileno de Baixa Densidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2007.
- BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências, 2010.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas. 1991. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-Futuro-Comum-Em-Portugues>>. Acesso em 26 de out. de 2015.
- CUNHA, Érica Cristina. **Placas Recicladas de Embalagem Longa Vida: Caracterização, design e propostas projetuais**. 2011. 120 folhas. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – EESC, Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE. 2015. 352 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em 22 de out. 2015.
- NASCIMENTO, Renata Mara de Moura, et al. **Embalagem Cartonada Longa Vida: Lixo ou Luxo?**. Química nova na escola. São Paulo, n.25, maio 2007.

PEDROSA, Débora dos Santos Ferreira; NISHIWAKI, Adriana Aparecida Megumi. Resíduos Sólidos: uma visão prospectiva a partir da análise histórica da gestão. **Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos (EPERSOL)- II**, Recife: EDUFRPE, 2014. 393 p. Disponível em: <http://www.mpggo.mp.br/portal/arquivos/2015/01/28/16_42_43_117_ebook_residuos_solidos_2014.pdf>. Acesso em 27 de out. de 2015.

RIBEIRO, Daniel Verás; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos: problemas ou oportunidade ?**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 158p.

TETRA PAK. **Relatório de Sustentabilidade 2012-2013**. São Paulo, 2013. 84 p.

_____. **Reciclagem**. Tetra Pak Ltda. s.d. Disponível em: <<http://www.tetrapak.com/br/sustainability/recycling>>. Acesso em 01 de nov. de 2015.

WORRELL, William A.; VESLIND P. AARNE. **Solid waste engineering**. Stamford: SI edition, 2012. 401p.

ZORTEA, R.B. **Viabilidade econômica e tecnológica para a reciclagem das embalagens cartonadas longa vida pós-consumo de Porto Alegre**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.