



## **Avaliação do desempenho mecânico de tatames produzidos a partir da reciclagem de resíduos industriais de EVA**

**Carlos Eduardo Avelleda <sup>1</sup>, Ruth Marlene Campomanes Santana <sup>2</sup>**

<sup>1</sup>IFRS – Campus Farroupilha (carlos.avelleda@farroupilha.ifrs.edu.br)

<sup>2</sup>UFRGS – Laboratório de Polímeros (ruth.santana@ufrgs.br)

### **Resumo**

Como objetivo geral deste trabalho se tem a pesquisa a respeito da possibilidade do uso de um novo método de processamento com blendas de EVA virgem X recuperado na produção de artefatos já em uso pelo mercado, mas com uma técnica diferente daquelas adotadas até agora pela indústria, sem prejuízo para as características do material. Foram analisados os efeitos resultantes da adição de resíduos industriais de EVA sobre as propriedades mecânicas observadas no material de tatames. Trata-se de processamento de blendas poliméricas contendo EVA virgem com adição de diferentes proporções de EVA reprocessado por método de preparação diferenciado em relação aos processos atualmente utilizados, por não ter micronização, o que leva a uma considerável redução de custo. Por meio de ensaios de Compressão, Dureza e Densidade a conclusão deste trabalho visa comprovar a eficácia desta técnica na incorporação do material recuperado demonstrando também os efeitos do uso de diferentes proporções na blenda sobre dois tipos de resina de EVA.

Palavras-chave: EVA, Espumas, Reciclagem Mecânica.

Área Temática: Resíduos sólidos.

## **Evaluation of mechanical performance of tatami mats produced from the recycling of industrial waste from EVA**

### **Abstract**

*As a general objective of this work is the research concerning the possibility of using a new method of processing with blends of EVA Virgin X recovered in the production of artifacts already in use by the market, but with a technique different from those adopted so far by the industry, without prejudice to the characteristics of the material. We analyzed the effects resulting from the addition of EVA industrial waste on the mechanical properties observed in material of tatami mats. It is processing polymeric blends containing EVA Virgin with adding different proportions of EVA reprocessed by different preparation method in relation to processes currently used, for not having micronization, which leads to a considerable reduction of costs. Through Compression tests, hardness and density at conclusion of this work aims to prove the effectiveness of this technique in the incorporation of the recovered material demonstrating the effects of using different proportions in blend of two types of EVA resin.*

*Key words:* EVA, Foams, Mechanical Recycling.

*Theme Area:* Solid wastes.



## 1 Introdução

Os tatames são placas de espuma de borracha, isto é, EVA expandido, largamente utilizados em academias de ginástica ou artes marciais, prática de esportes em geral, play grounds, festas infantis ou qualquer atividade que necessite de ambientes com piso e/ou paredes com capacidade de amortecer choques, quedas e apoio do corpo em inúmeras posturas e posicionamentos.

O nome “tatame” em português provém da palavra tatami, em japonês, que significa "dobrado e empilhado", piso tradicional japonês, originalmente de palha de arroz, era o piso das áreas secas das residências, item de luxo quando a maioria das pessoas vivia em locais de chão batido. Atualmente, no Japão, quartos ainda são medidos por alguns em quantidade de tatames, cujo tamanho tradicional é 90 x 180 x 5 a 5,5 centímetros de espessura. Muitas casas modernas japonesas usam tatames, e pelo mundo afora também são usados por massagistas e médicos em geral em terapias de correção da coluna, na prática de ioga ou meditação, relaxamento e tratamentos anti-stress e até na decoração de ambientes, etc.

Figura 1-a: Tatame em artes marciais



Figura 1-b: Tatame na ginástica



Nos tempos atuais, para maior praticidade, se utiliza tatames sintéticos, produzidos em EVA, em alguns casos com características especiais como encaixe perfeito entre placas, película texturizada e/ou siliconizada na superfície ou mesmo face auto-adesiva permitindo uma melhor fixação, inclusive em paredes. Um detalhe que merece destaque é o fato de que cada aplicação exige um valor definido de rigidez, principalmente no caso das academias para treino de artes marciais japonesas, como aikido e karatê, por exemplo, onde as placas devem possuir uma rigidez específica para cada tipo de arte, assim como um excelente efeito memória (resposta ao impacto recebido), características que podem ser controladas por variáveis do processo produtivo, entre as quais a resistência à compressão, a consequente deformação permanente e a densidade das placas, que constituem o foco deste trabalho, conforme observado mais adiante.

O EVA (copolímero de Etileno Acetato de Vinila) tem grande aplicação na indústria, sobretudo forma expandida, caso dos tatames, em produção já a partir da década de 50, mas encontrando significativo crescimento na sua utilização durante as últimas décadas, principalmente na indústria do calçado e na área automobilística. Basicamente, o material é submetido à ação de um gás, provocando assim a sua expansão que tem como consequência imediata a redução da sua densidade mediante a formação de microcélulas no seu interior. Como principais vantagens do EVA expandido destacam-se características de maciez, flexibilidade e baixo peso, aliadas a um custo compensador e durabilidade satisfatória, o que explica a sua crescente presença em projetos das mais variadas áreas. Controlar esta expansão é uma tarefa complexa, exigindo acentuado desenvolvimento nos recursos tecnológicos para otimização dos fatores determinantes das características requeridas no produto final, determinadas principalmente pela cristalinidade assumida pelo material em função do seu processamento e aditivação recebida [Azevedo et al., 2009]. As maiores dificuldades no



processamento residem na instabilidade dimensional e heterogeneidades das peças, o que decorre de falta de uniformidade na expansão provocada pela ação do gás e mistura deficiente refletindo-se na dispersão dos componentes do material.

Paralelamente, do ponto de vista ambiental, tem-se a questão do reaproveitamento dos resíduos gerados [SAKAI, 1991]. Muito embora a produção de tatames não seja a atividade que mais contribui para a geração de resíduos de EVA expandido, justifica-se a idéia do reaproveitamento deste material defendida neste trabalho pelo fato de que a sociedade adota, a cada dia, técnicas mais aprimoradas no tratamento de resíduos em geral e a tendência, neste sentido, é a de que materiais com longo período de decomposição, como o EVA, deixem de ter seus resíduos destinados aos aterros sanitários. O EVA não é biodegradável, acumulando-se ao longo dos anos no ambiente, com tempo de decomposição estimado em 150 anos. E ainda, considerando-se que o volume gerado de EVA expandido é muito grande, compromete-se de forma acentuada as áreas adotadas para aterros sanitários com o seu descarte [Costa et al., 2003]. Pesquisas ambientais mostram ainda que, de todo o resíduo produzido na região, apenas cerca de 3% são reaproveitados, o que indica a necessidade imediata de se aprimorar suas técnicas de reciclagem.

## 2 Fundamentação teórica

Atualmente a principal aplicação dos compostos de EVA está na produção do material celular ou expandido. A formulação de qualquer composto elastomérico compreende, além da resina base ou elastômero propriamente dito, um conjunto de aditivos selecionados de acordo com as aplicações finais do composto e seu processamento ou ainda a adição de cargas, cuja função principal em um material é a redução de custo, podendo, entretanto, esta se dar com o objetivo de alterar determinadas características do artefato, gerando vantagens como melhor estabilidade dimensional e menor contração no resfriamento ou desvantagens como, por exemplo, menor resistência ao impacto e maior facilidade para propagação de trincas [MANO & MENDES, 2009]. A proposta deste trabalho é a adição de material recuperado como carga, visto não haver possibilidade de nova reticulação deste.

Materiais plásticos celulares são aqueles com acentuada redução na densidade em relação ao polímero de origem devido à existência de grande quantidade de células (espaços vazios) dispostas no interior de sua massa. Trata-se de materiais bifásicos, onde uma fase é constituída por polímero (ou elastômero) e a outra por gás, dividida em células que podem estar interligadas (célula aberta) ou isoladas entre si (células fechadas) [FERRANTE, 2002]. Materiais celulares e microcelulares obtidos a partir de olefinas, elastômeros, ou blendas têm suas características analisadas com frequência por pesquisadores na busca de aperfeiçoamentos de suas propriedades físicas ou mecânicas visando atender às expectativas do mercado [Gruenwald, Geza, 1992].

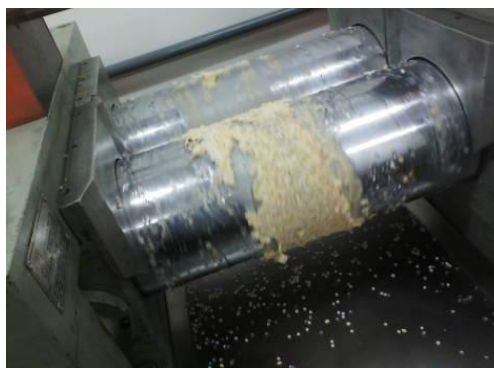
É sabido que as propriedades do EVA provem de sua cristalinidade e esta, por sua vez, depende do teor de acetato de vinila presente. No caso de espumas (EVA expandido) as dimensões das células e a densidade relativa destas no material celular dependem principalmente da pressão, da temperatura e do tempo no processamento, enquanto que a necessária homogeneidade deste material resulta de uma perfeita dispersão dos componentes durante a mistura [Michaeli et al., 1995]. E é justamente nesta etapa que reside a questão abordada por este trabalho, ou seja, a maneira como é realizada a adição do material reaproveitado ao material virgem, **sem a micronização atualmente adotada** e apresentando os resultados obtidos em ensaios de laboratório com diferentes proporções de mistura.



Figura 2-a: Aglutinado e micronizado



Figura 2-b: homogeneização na calandra



### 3 Materiais e equipamentos utilizados

Utilizou-se no processamento das amostras para a execução deste trabalho os copolímeros de etileno-acetato de vinila da Braskem HM2528 e HM150 aditivados com estearato de zinco, carbonato de cálcio, sílica e expansor.

Quanto aos equipamentos, no processamento usou-se um Aglutinador Premiata PRM30A (30 CV), uma Calandra para homogeneização MH e uma Prensa com aquecimento MH (8 ton e 300°C). Já em Laboratório usou-se um Durômetro analógico Bareiss e uma máquina EMIC modelo DL20000 para ensaios de tração.

Figura 3: Amostras obtidas após a prensagem térmica



### 4 Método

Inicialmente foram coletadas placas residuais de EVA junto a empresas da região. Estas placas foram aglutinadas, seguindo-se a adição do material então recuperado ao virgem, sendo este o ponto que diferencia o método aplicado, isto é, a maneira como é realizada a adição do material reaproveitado ao material virgem, não sendo utilizada a micronização dos resíduos, muito comum atualmente, sendo assim elaborada a blenda para produção de amostras que foram submetidas a ensaios de laboratório, apresentando-se aqui os resultados obtidos com dois tipos de resina de EVA, HM2528 e HM150 [Braskem, 2013], respectivamente 28 e 19% de acetato, em diferentes proporções de mistura, contendo 20%, 30% e 40% de reciclado apenas aglutinado. Além destas foram também produzidas amostras com 30% de reciclado micronizado, para comparação de resultados, comprovando-se a preservação das características do material aliada a uma significativa redução de custos pela eliminação da micronização.



Na caracterização foram adotados os seguintes procedimentos:

**Ensaio de resistência à compressão:** as amostras foram submetidas a ensaio em máquina EMIC gerando gráficos tensão x deformação (NBR 8910/2003).

**Ensaio de dureza:** 15 medições com cálculo da média e do desvio padrão. Escalas Shore A com valores entre 20 e 90 (NBR 7318/1982).

**Ensaio de deformação permanente por compressão térmica (Compression SET):** com deformação de 50% por 72 horas a 25° C para verificação da existência ou não de deformação permanente (NBR 8797/2003).

**Medição da densidade:** Foram realizadas medições de densidade absoluta, em  $\text{g/cm}^3$  (NBR 8537/2003).

## 5 Metodologia

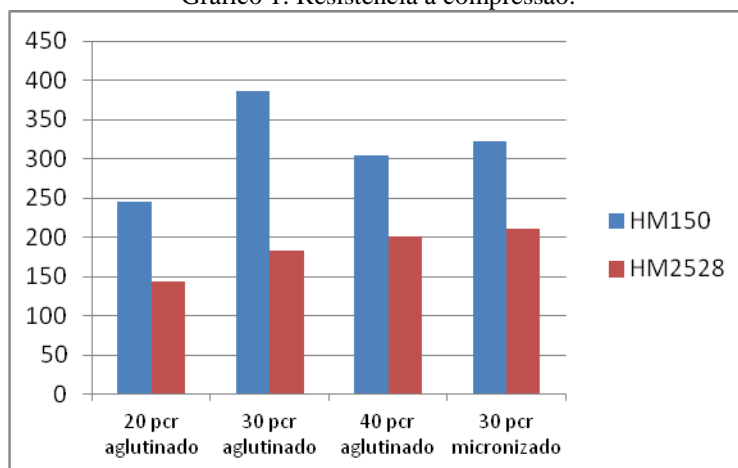
Como comentado anteriormente, o processo de expansão é provocado pela ação de um gás que diminui a densidade do material pela formação de microcélulas internas.

Utilizou-se resíduo industrial de EVA (EVAri) na forma de lâminas e placas coletadas, portanto, material pré-uso. Parte destas foi aglutinada e parte foi micronizada (Figura 2-a) para posterior adição como carga ao material virgem e aos aditivos, sendo a mistura então processada em uma calandra para melhor homogeneização (Figura 2-b) e, após, submetida a uma prensagem térmica em matriz, permanecendo a uma temperatura de aproximadamente 200° C por 12 minutos (Figura 3-a), dando origem às referidas amostras (Figura 3-b) com teores de reticulante igual a 1,2 pcr, de expensor igual a 2,9 pcr e de reciclado nas proporções de 20, 30, e 40 pcr, também tendo sido produzidas amostras com 30 pcr de reciclado micronizado. As amostras foram caracterizadas pelos ensaios de densidade absoluta, dureza na escala Shore A, Compression set e de Compressão (norma ASTM D 412-06 com 50% de deformação).

## 6 Resultados e discussão

Quanto à Resistência à Compressão foram observados os seguintes resultados em KPa com deformação de 50 %, onde as amostras de HM150 apresentaram valores superiores do que as de HM2528, sendo que com 30pcr de aglutinado se atingiu o máximo valor.

Gráfico 1: Resistência à compressão:

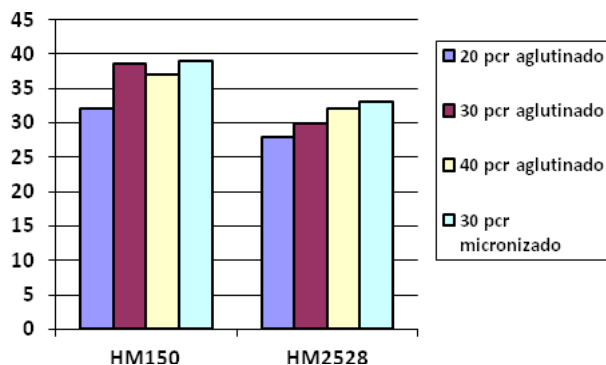






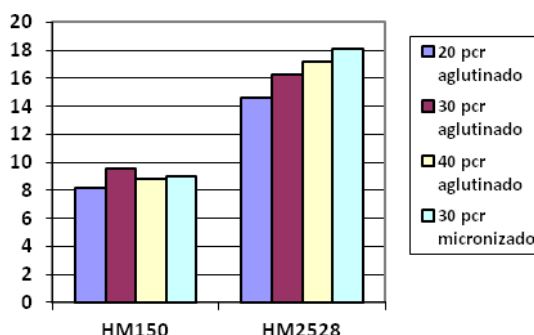
Quanto à dureza Shore A observa-se na Figura 2 que novamente as amostras de HM150 apresentaram durezas superiores às das amostras de HM2528.

Gráfico 2: Dureza



Quanto à Deformação Permanente por Compressão Térmica (compression set) observa-se na Figura 3 que as amostras de HM150 apresentaram menor deformação permanente do que as amostras de HM2528.

Gráfico 3: Resultados do ensaio de compression set



Quanto à densidade da amostra HM2528 não foram observadas alterações significativas nos valores medidos antes e após os Ensaios de Compressão mostrados na Figura 4-a, salvo nas amostras com maior teor de carga assim como com a carga micronizada. Na figura 4-b observa-se que as amostras HM150 após ensaio apresentaram densidades superiores do que a amostra HM2528.

Gráfico 4-a: Densidade do EVA HM2528

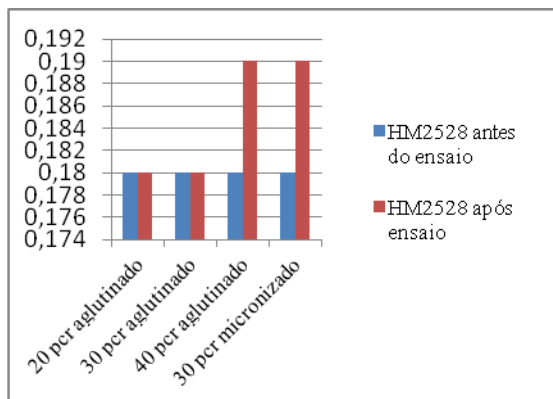
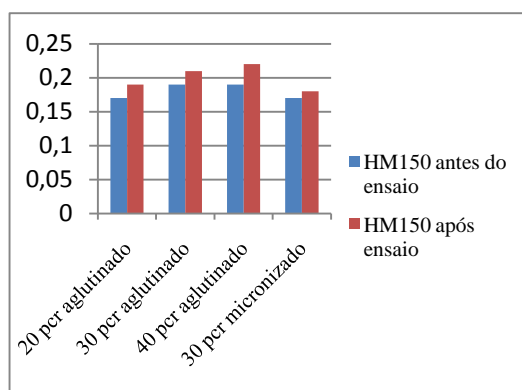


Gráfico 4-b: Densidade do HM150





Aqui são apresentadas imagens de microscopia ótica demonstrando a morfologia das amostras com aumento de 50 vezes:

Figura 4-a: HM150-20 pcr aglutinado

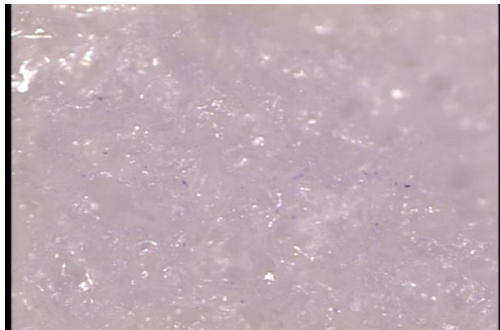


Figura 4-b: HM150-30 pcr aglutinado

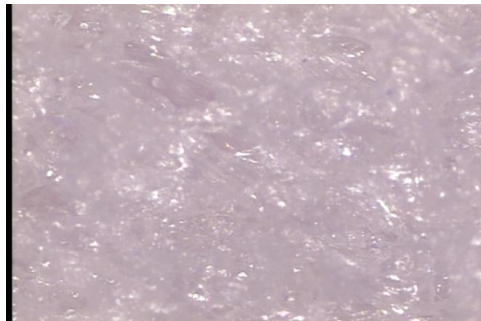


Figura 4-c: HM150-40 pcr aglutinado

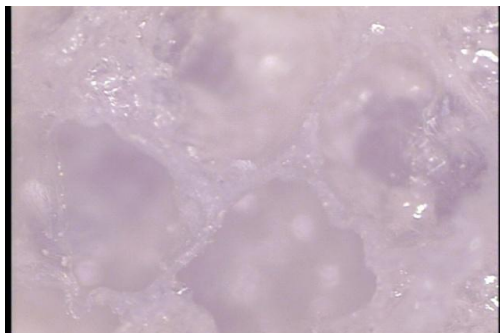


Figura 4-d: HM150-30 pcr micronizado



Figura 4-e: HM2528-20 pcr aglutinado



Figura 4-f: HM2528-30 pcr aglutinado



Figura 4-g: HM2528-40 pcr aglutinado

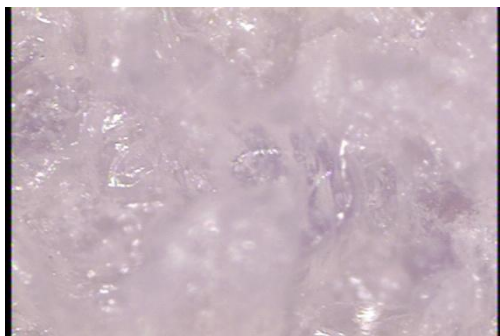
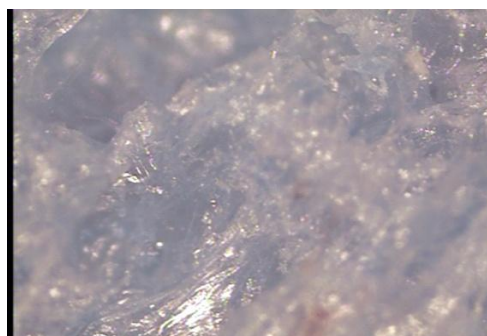


Figura 4-h: HM2528-30 pcr micronizado





## 7 Conclusão

Comprova-se que é possível a recuperação do EVA e seu reaproveitamento pelo processo sem micronização na produção de tatames, mantendo-se ou até melhorando as características encontradas com uma significativa redução nos custos do processamento.

Com base nos resultados apresentados neste trabalho conclui-se que, além de reutilizar um material muito pouco explorado neste sentido, é possível prever a influência dos teores de reciclado e interagir de forma eficaz sobre o comportamento mecânico de placas de EVA expandido.

Portanto, o controle do teor de reciclado é um recurso importante no processamento, visando o aperfeiçoamento de características do material que venham satisfazer às exigências do mercado em aplicações específicas, e este recurso assume importância ainda maior quando se confirma a sua eficácia na área da reciclagem, proporcionando novos horizontes ao contexto do reaproveitamento de resíduos sólidos e atendendo, desta forma, ao propósito maior que é a preservação do meio ambiente.

É prevista a continuação do trabalho objetivando o aumento dos teores de reciclado e estendendo-se a pesquisa a outros tipos de EVA.

## Referências

AZEVEDO J. B.; CHAVEZ M. A.; R. A. C. Junior; R. G. P. Oliveira; M. S. Rabello. **Propriedades físicas e mecânicas de espumas de EVA/EPDM**, Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.4.1 (2009)38-44, ISSN 1809-8797.

BRASKEN, **Polígrafo técnico: Resinas Brasken no segmento de calçados**, 2013.

COSTA, Helson M; VISCONTE, Leila L. Y; NUNES, Regina C.R; Aspectos históricos da vulcanização. **Polímeros: ciência e tecnologia**, V. 13 n. 2, p. 125-129, 2003.

FERRANTE, Maurizio; **Seleção de Materiais**. 2 ed. São Carlos; Editora EDUFSCar, 2002.286p.

GRUENWALD,Geza. **Plastics: How structure determines properties**. Munich, Vienna, New York, Barcelona. Hanser , 1992. 357p.

MANO, Eloísa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a polímeros**. 2ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2004.191p.

MICHAELI, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSEBÜRGER, Franz-Josef. **Tecnologia dos plásticos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher,1995.205p.

SAKAI, Renato H. **Placas expandidas em EVA para indústria calçadista**. Tecnicouro. Novo Hamburgo: V. 13 n. 6, p. 39-42, ago/set. 1991.