

## **INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAULIM E $\text{CaCO}_3$ NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS ESPUMAS DE AMIDO.**

L.G. Carr (1\*); P.Ponce (2); D.F. Parra (2); A .B. Lugão (2); P.M.Buchler (1)

\*Rua Paulo Prado, 131, Jaçanã, São Paulo, SP, CEP 02257-050 –  
laura.carr@poli.usp.

(1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Dep. de Engenharia química

(2) Inst. de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Centro de Química e Meio Ambiente

### **RESUMO**

*O amido pode ser utilizado para obter embalagens, pois é renovável, biodegradável, tem baixo custo e possui a propriedade de formar espuma. As propriedades mecânicas das espumas podem ser melhoradas utilizando compósitos de amido e cargas. Este projeto tem por objetivo investigar a influência de diferentes tipos de cargas inorgânicas (caulim e  $\text{CaCO}_3$ ) em diferentes quantidades (0%, 5%, 10%, 20% e 30%) nas propriedades de reforço da espuma de amido. As espumas foram obtidas através do processo de termoexpansão de uma massa de amido, água e carga. A adição das cargas diminuiu a resistência à compressão e a flexibilidade das espumas conforme a quantidade de carga adicionada, quanto maior a carga, menor os resultados das propriedades mecânicas e maior a gramatura das espumas. Tais comportamentos ocorreram nos dois tipos de cargas. Isso indica que não houve uma boa adesão entre as cargas e o amido, provocando a fragilização do material.*

Palavras-chave: embalagem biodegradável, espuma de amido, caulim,  $\text{CaCO}_3$ , propriedades mecânicas.

### **INTRODUÇÃO**

Há um crescimento evidente na geração de resíduos gerados nas últimas décadas, principalmente nos países em desenvolvimento.

A disposição do resíduo sólido urbano apresenta problemas relacionados à instalação adequada dos mesmos, ao espaço físico ocupado pelos rejeitos e à proliferação de doenças para a população que mora próxima a esses resíduos e sobrevive da comercialização dos mesmos. Nos países desenvolvidos estes problemas estão mais relacionados ao espaço físico para alocação de rejeitos.

No Brasil são despejados de 240 a 300 mil toneladas diárias de resíduo urbano no meio ambiente, dos quais cerca de 30% são embalagens.

A matéria prima para produção da maior parte das embalagens são compostos orgânicos considerados não-biodegradáveis, ou seja, materiais cujas bactérias decompositoras não são capazes de degradar, por esse motivo, esses materiais ao serem descartados aumentam o volume de resíduo nos aterros.

Outro problema ambiental relacionado às embalagens tradicionais é que sua matéria prima é proveniente de uma fonte não renovável (o petróleo).

Na busca de alternativas mais ecológicas e economicamente viáveis, procuramos uma forma de substituir tais compostos por materiais que não agredem o meio ambiente, e os produtos agrícolas são umas boas opções de matéria prima, pois são biodegradáveis e renováveis,

Dentre os produtos desse segmento, o amido recebe especial atenção, pois é um polímero natural, de alta disponibilidade e que possui a propriedade de formar filmes e espumas quando gelatinizado e seco, dependendo do processo utilizado (FANG, HANNA, 2001; LORCKS, 1998).

O presente estudo diz respeito a uma espuma feita de amido na qual uma formulação composta basicamente de água e amido é expandida em alta temperatura para a produção de espumas em forma de embalagens. As espumas possuem superfície externa lisa e rígida e internamente possui alvéolos uniformes e com aberturas pequenas.

São inúmeras as vantagens da utilização dessas embalagens quando comparada aos outros tipos de embalagens não-biodegradáveis, dentre elas destacam-se:

- processo de fabricação das embalagens envolvendo somente a utilização de substâncias atóxicas;
- diminuição dos custos de produção;
- utilização de matéria-prima proveniente de fontes renováveis.

- embalagens com alta biodegradabilidade, levando cerca de 20 dias para se degradarem, sem deixar resíduos.

Apesar de todas as vantagens, as espumas ainda apresentam propriedades mecânicas um pouco inferiores às embalagens convencionais. Para obter essas características desejadas (aumento da resistência mecânica e à água) podemos modificar o material já existente, através da incorporação de um outro componente, formando um compósito. Entende-se como compósito uma mistura física de dois ou mais materiais, combinados para formar um novo material com propriedades diferentes dos componentes puros. Geralmente, os materiais compósitos são formados pela matriz, fase contínua e de maior fração volumétrica da mistura, e pela fase dispersa. Para compósitos poliméricos, a matriz é constituída de um material polimérico e a fase dispersa é formada por um componente denominada carga.

Para que possam exercer as funções reforçantes, é necessário que haja interação entre a carga e o polímero, ou seja, entre as fases matriz e a dispersa, que está relacionada com as propriedades químicas da carga, bem como as conformações moleculares e constituição química da matriz e, caso não seja perfeita, surgirão vazios na região de contato entre o polímero e a carga, provocando fragilização do material. A ocorrência ou não de interação entre os componentes de um compósito polimérico pode ser facilmente observada através de uma microscopia eletrônica de varredura.

O tamanho das partículas também é outro fator importante, pois define a área de contato com a matriz. Em geral a resistência aumenta com a diminuição do tamanho da partícula. É necessária também uma boa dispersão das partículas na matriz, de modo que as cargas não formem agregados, impedindo o envolvimento completo pela matriz, o que gera concentração de tensões e conseqüente redução nas propriedades mecânicas (RABELLO, 2000).

Este projeto tem por objetivo o desenvolvimento de uma embalagem biodegradável tipo espuma, obtida a partir de amido (fécula) de mandioca e utilizando o processo de termoexpansão. Foram testadas formulações com adição de caulim e  $\text{CaCO}_3$  como carga inorgânica para estudar a influência dessa carga na resistência mecânica das espumas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados na fabricação da espuma foram:

- Fécula de mandioca, fornecida por Fadel Ind e Com Ltda;
- Caulim fornecido por Labsynth;
- $\text{CaCO}_3$  fornecido por Minérios Ouro Branco.

Para a obtenção das espumas, todos os ingredientes (amido, água, carga) foram misturados por um agitador mecânico durante 5 minutos, aproximadamente, até completa homogeneização.

Pequenas porções da massa foram pesadas em uma balança semi-analítica e levadas ao molde pré-aquecido ( $\pm 205^\circ\text{C}$ ) para o processo de termoexpansão. Colocou-se a porção da massa na parte inferior do molde. Em seguida, fechou-se o molde com a parte superior. Dentro do molde, com o aumento da temperatura e presença de água na massa, ocorreu a gelatinização dos grânulos de amido. Com o aumento constante da temperatura, houve a evaporação da água e o vapor provocou a expansão da massa, fazendo com que toda a área do molde fosse preenchida. Após esse processo, a alta temperatura levou à solidificação do material e conseqüente obtenção da espuma. Esse processo durou aproximadamente 60 segundos e após esse tempo o molde foi aberto. A espuma obtida foi retirada manualmente do molde com cuidado, pois ainda apresentava-se frágil. Após a retirada do molde, as espumas foram empilhadas para o armazenamento de forma que houvesse a passagem de ar entre elas. As dimensões do molde eram 165 x 240 x 2 mm (abertura entre as plataformas).

Foram testadas formulações com adição de caulim e  $\text{CaCO}_3$  nas proporções de 5%, 10%, 20% e 30% e comparadas com a espuma sem carga.

As análises de resistência à compressão e flexibilidade das espumas foram feitas no Texturômetro Stable Micro Systems, modelo TA – TX2i com um *probe* cilíndrico de 36 mm de diâmetro e um apoio anular com 63 mm de diâmetro. As amostras foram preparadas cortando 2 tiras de cada espuma na medida de 4 x 10 cm. O procedimento de teste consiste em apoiar uma tira de cada vez sobre o a base do equipamento e iniciar o deslocamento do *probe* em velocidade constante, medindo-se a carga aplicada na tira. Obteve-se então um gráfico de força x distância. A resistência à compressão corresponde à força máxima (N) que a amostra resiste e a flexibilidade é a distância (mm) necessária para atingir a força máxima (SHOGREN et al, 1998).

A análise de densidade consiste na medida direta da área bandeja e sua pesagem, obtendo o resultado em  $\text{kg/m}^3$ . Foram analisadas seis amostras de cada formulação, 24 horas após sua produção.

As espumas de fécula de mandioca foram observadas através de microscopia eletrônica de varredura nos aumentos de 17, 32, 100 e 200 vezes, utilizando um microscópio eletrônico de varredura da marca Philips, modelo XL-30, com fonte de elétrons, filamentos de tungstênio e detector de elétrons secundários e retro-espalhados. As amostras foram recobertas com uma fina camada de ouro por um metalizador da marca BAL-TEC, modelo SCD 005. Todas as amostras foram examinadas usando uma voltagem de aceleração de 20kV.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das espumas obtidas das formulações com diferentes concentrações de caulim e  $\text{CaCO}_3$  analisadas quanto a sua resistência mecânica, flexibilidade e gramatura, estão expressos nas Figuras 1, 2 e 3 respectivamente.

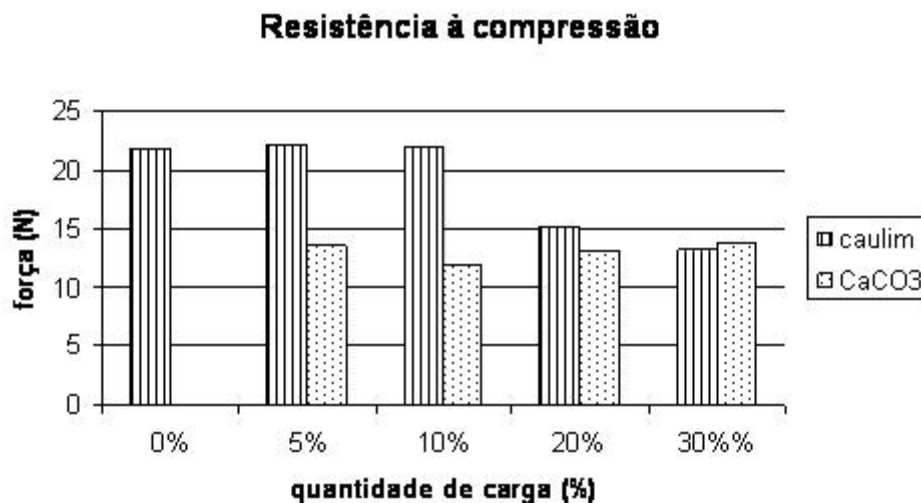


Figura 1: Resistência à compressão das espumas de amido com diferentes quantidades de carga.

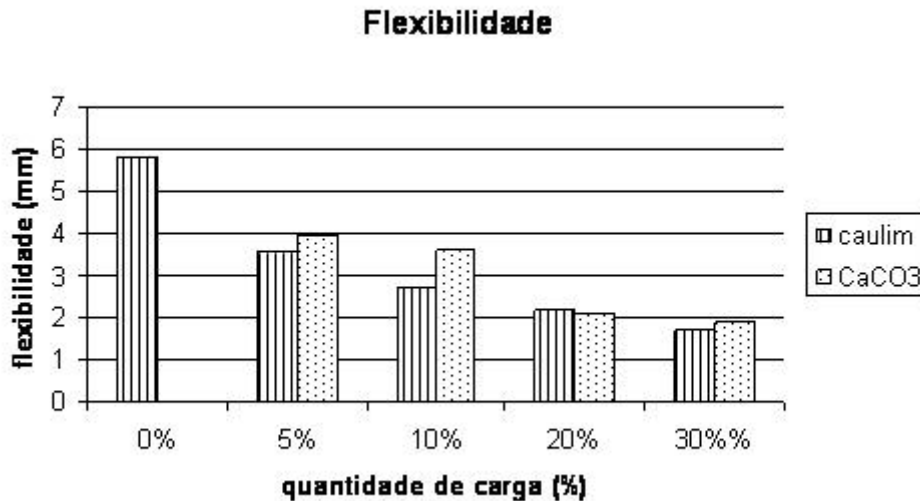


Figura 2: Flexibilidade das espumas de amido com diferentes quantidades de carga.

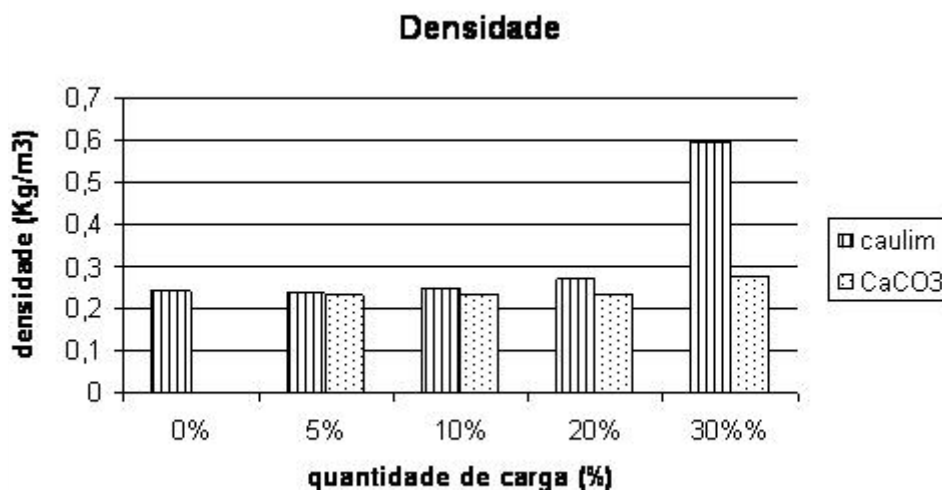


Figura 3: Densidade das espumas de amido com diferentes quantidades de carga.

A adição das cargas diminuiu a resistência à compressão e a flexibilidade das espumas conforme a quantidade de carga adicionada, quanto maior a carga, menor os resultados das propriedades mecânicas e maior a gramatura das espumas. Tais comportamentos ocorreram nos dois tipos de cargas. Isso indica que não houve uma boa adesão entre as cargas e o amido, provocando a fragilização do material. Espumas com CaCO<sub>3</sub> apresentaram menores valores de resistência comparada ao caulim, isso pode ter ocorrido devido o CaCO<sub>3</sub> possuir estrutura pontiaguda, que provoca rompimento dos alvéolos da espuma. Tais resultados estão de acordo com

Glenn, Orts e Nobes (2001) que estudaram o efeito de  $\text{CaCO}_3$  nas propriedades das espumas e observaram que houve aumento da gramatura e diminuição da resistência mecânica e flexibilidade das espumas. Porém Andersen e Hodson (1996) adicionaram  $\text{CaCO}_3$  nas formulações e as espumas apresentaram um aumento na resistência mecânica, assim como as espumas de amido comercializadas pela empresa americana EarthShell, da patente US 5.545.450 que fabrica uma embalagem biodegradável contendo alta concentração de carga inorgânica de  $\text{CaCO}_3$  (mínimo 50%) em uma matriz polimérica que pode ser amido, gelatina, etc e possui boa resistência mecânica.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam a microscopia eletrônica de varredura das espumas feitas sem carga inorgânica e das espumas feitas com caulim e  $\text{CaCO}_3$ , respectivamente.

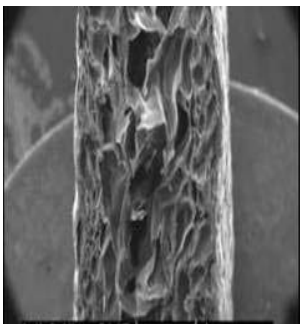


Figura 4: Microscopia eletrônica da espuma sem a adição de cargas inorgânicas.

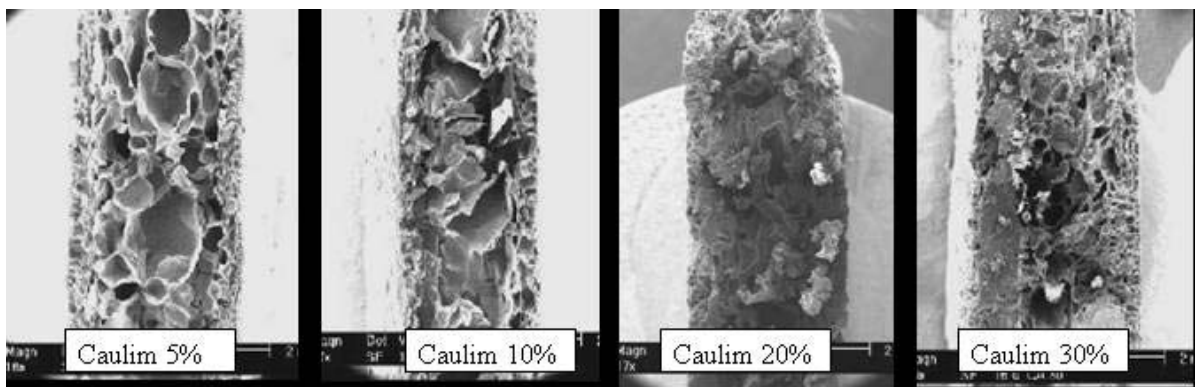


Figura 5: Microscopia eletrônica das espumas com adição de caulim.

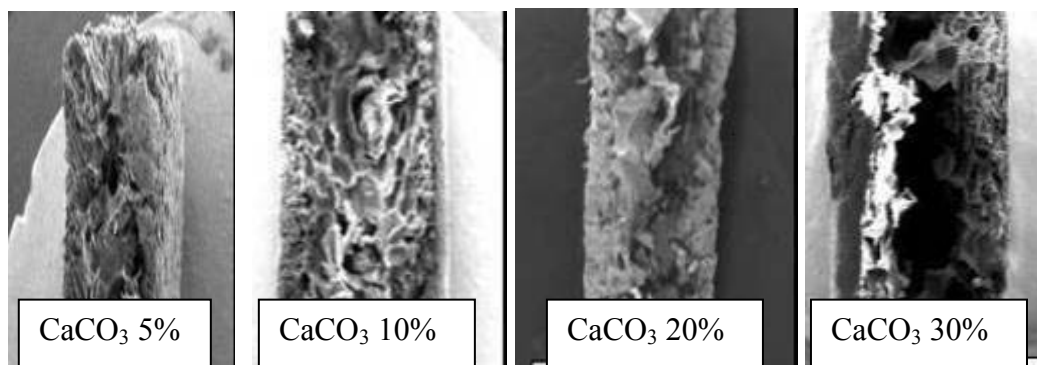


Figura 6: Microscopia eletrônica das espumas com adição de CaCO<sub>3</sub>

Através da microscopia eletrônica de varredura das espumas, verifica-se que há um acúmulo das cargas inorgânicas na superfície das espumas, principalmente naquelas com maior quantidade (30%), indicando que não houve interação entre a carga e o polímero. Nota-se também que as espumas sem a adição de cargas apresentam alvéolos mais fechados e uniformes, o que não ocorre com as espumas com carga.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que não houve uma boa adesão entre as cargas e o amido, pois a adição das cargas diminuiu a resistência à compressão e a flexibilidade das espumas conforme a quantidade de carga adicionada. Através da microscopia eletrônica de varredura, pode-se observar que há um acúmulo das cargas que não interagiram com o amido na superfície da espuma. Tais comportamentos ocorreram nos dois tipos de cargas.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, P.J.; HODSON, S.K. Molded articles having an inorganically filled organic polymer matrix. **US Patent N° 5.545.450**, 1996
- FANG, Q.; HANNA, M.. Characteristics of biodegradable Master-Bi starch base foams as affected by ingredient formulation, **Industrial Crops and Products**, V 13, p 219-227, 2001
- GLENN, G.M.; ORTS, W.J.; NOBES, G.A.R. Starch, fiber and CaCO<sub>3</sub> effects on the physical properties of foams made by a baking process, **Industrial Crops and Products**, v 14, p 201-212, 2001



LÖRCKS, J. Properties and applications of compostable starch-based plastic material. *Polymer Degradation and Stability*, V 59, p 245-249, 1998.

RABELLO, M. *Aditivação de polímeros*, São Paulo: Editora Artlibler, 242p, 2000

SHOGEN, R.L.; LAWTON, J.W.; DOANNE, W.M.; TIEFENBACHER, F.K. Structure and morphology of baked starch foams, *Polymer*, v 39, n25, p 6649-6655, 1998

## INFLUENCE OF KAOLIM AND CaCO<sub>3</sub> ADDITION ON STARCH FOAM MECHANICAL PROPERTIES

### ABSTRACT

Starch is an alternative of raw material packaging because it is biodegradable polymer with low cost and it is from renewable source. The starch is a natural polysaccharide that can be used to form resistant foam under wet and warm conditions. In this study, starch foam was obtained by thermo expansion process where cassava starch and water were processed to form a rigid structure by swelling, gelatinization and network formation. This foam has a dense outer skin and a less dense interior with large, mostly open cells. Inorganic filler (kaolim and CaCO<sub>3</sub>) was adding in different proportion (0%, 5%, 10%, 20% e 30%) to improve the mechanical properties of starch foam. The starch foams were characterized by mechanical properties (strength, flexibility, density). Foam with inorganic filler addition presented low strength and flexibility. This fact happens with both filler kind and indicates that there weren't interaction between starch and inorganic filler.

Key-words: biodegradable packagin, starch foam, kaolim, CaCO<sub>3</sub>, mechanical properties