

Science For A Better Life

O Poliuretano e a Economia de Energia

A Busca por Materiais cada vez mais Eficientes

Novembro de 2012 – Fernanda Porto – Painel Isolamento Térmico



Uma grande invenção.

Bayer MaterialScience



Agenda

- Desafios da Industria de Refrigeração
- Novas Tecnologias para Espumas de Poliuretano
- As Perspectivas para o Futuro



Uma grande invenção.



Indústria de Refrigeração

Introdução

- Refrigeradores são responsáveis por uma porção significativa no consumo de energia das casas
- Aumentar a eficiência energética dos refrigeradores é um dos grandes desafios para a indústria de refrigeração
- Legislação e aumento da conscientização ambiental são os grandes motivadores para a inovação e desenvolvimento de novas tecnologias
- Materiais com baixos coeficientes de condutibilidade térmica são a chave para a redução do consumo de energia
- Na Europa, a melhor classificação de eficiência energética de um refrigerador somente é atingida utilizando-se tecnologias de alto custo (componentes eletromecânicos e painéis de vácuo)

Fabricantes de refrigeradores precisam de materiais cada vez mais isolantes e com baixos custos a fim de atender as necessidades dos consumidores finais

Indústria de Refrigeração

Necessidades dos Clientes e Consumidores



Fabricantes de refrigeradores demandam melhoria na capacidade de isolamento a baixo custo/unidade.

- Baixa condutibilidade térmica para atingir os altos níveis de eficiência energética
- Excelente desempenho na desmoldagem para manter alta produtividade
- Boa fluidez para assegurar a processabilidade e o preenchimento dos produtos
- Manter o uso dos equipamentos disponíveis com as tecnologias de processamento de Poliuretano já estabelecidas

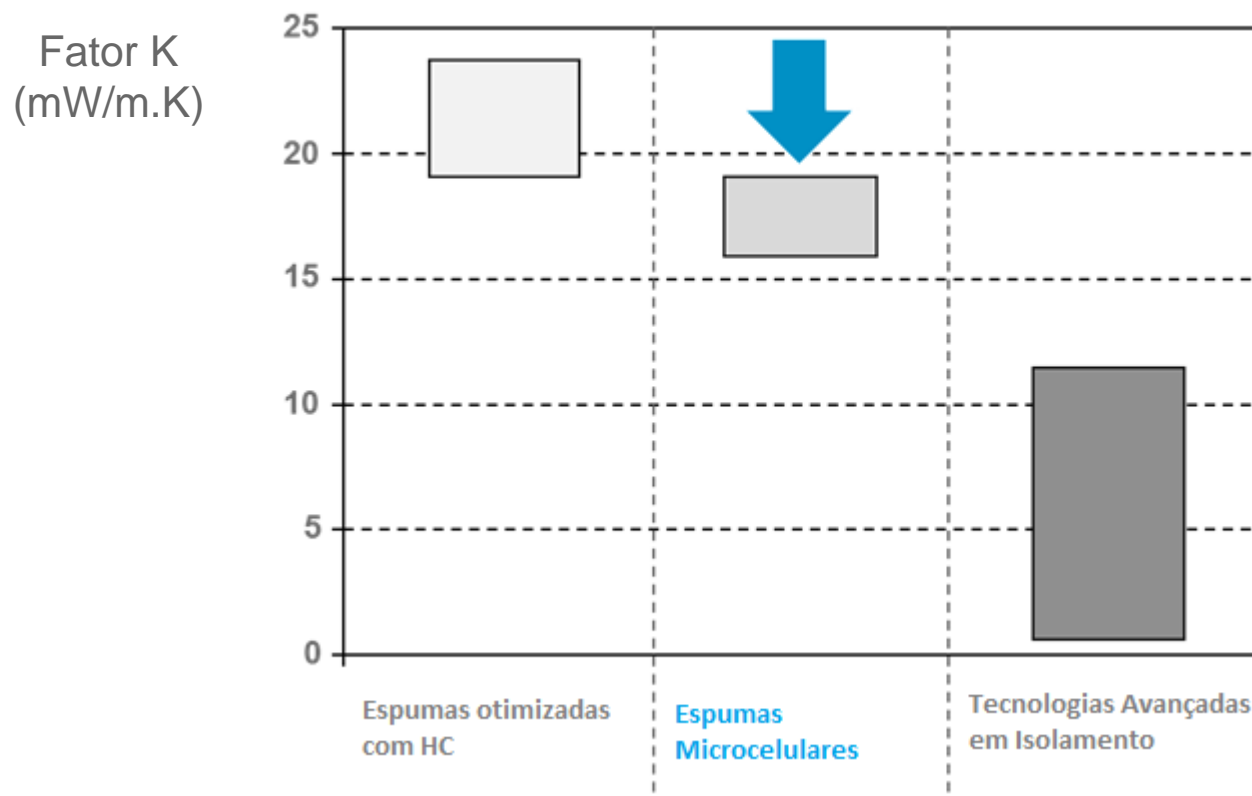


Fornecedores de Poliuretano

Soluções Inovadoras para a Indústria



Tecnologias existentes



Uma grande invenção.

Espumas de Poliuretano

Fatores da Condutividade Térmica da Espuma

Equação de Condutibilidade segundo Glicksman:

$$\lambda_{\text{espuma}} = \lambda_{\text{gas (dentro da célula)}} + \lambda_{\text{matriz (PUR)}} + \lambda_{\text{radiação}}$$

- $\lambda_{\text{gas (dentro da célula)}}$ é a média ponderada dos valores dos gases presentes dentro da estrutura celular da espuma
- $\lambda_{\text{PUR matrix}}$ depende da condutividade térmica do polímero e da fração de polímero em volume (Densidade) presente na espuma
- $\lambda_{\text{radiação}}$ é dependente do tamanho e da distribuição celular. Para espumas de baixa densidade, a proporção do $\lambda_{\text{radiação}}$ pode ser entre 15% e 27%

Espumas de Poliuretano

Fatores da Condutividade Térmica da Espuma

$$\lambda_{\text{radiação}} = \frac{\text{Constante (Temp)}^3 \cdot \text{Diâmetro celular}}{(\text{Densidade da espuma})^{1/2}}$$

- Quanto menor o tamanho da célula, menor o $\lambda_{\text{radiação}}$
- Quanto maior a densidade da espuma menor o $\lambda_{\text{radiação}}$
- Porém, partindo-se que a densidade sempre é a menor possível, próxima a 30-31 Kg/m³ no núcleo, se diminuirmos o tamanho da célula, a participação do $\lambda_{\text{radiação}}$ diminuirá.

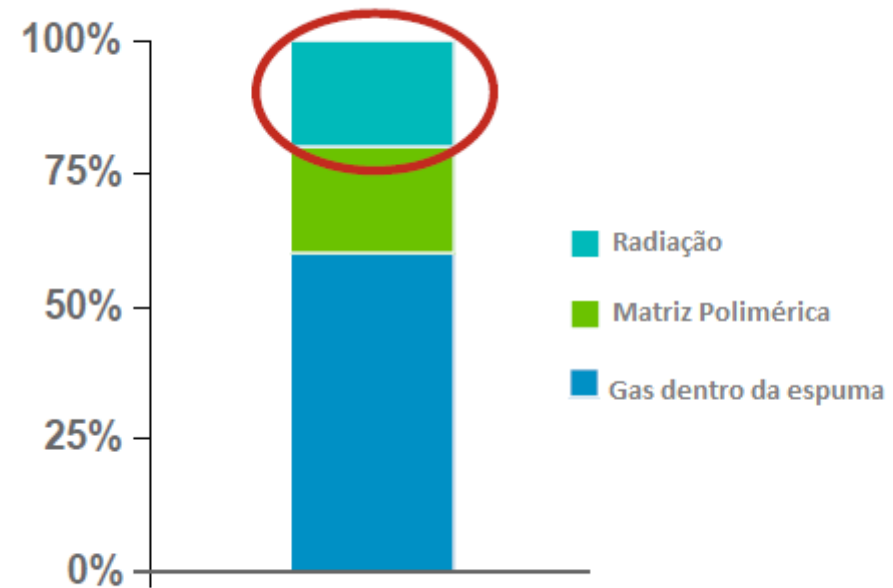


Espumas de Poliuretano

Diversas estratégias podem ser usadas para reduzir o Fator k

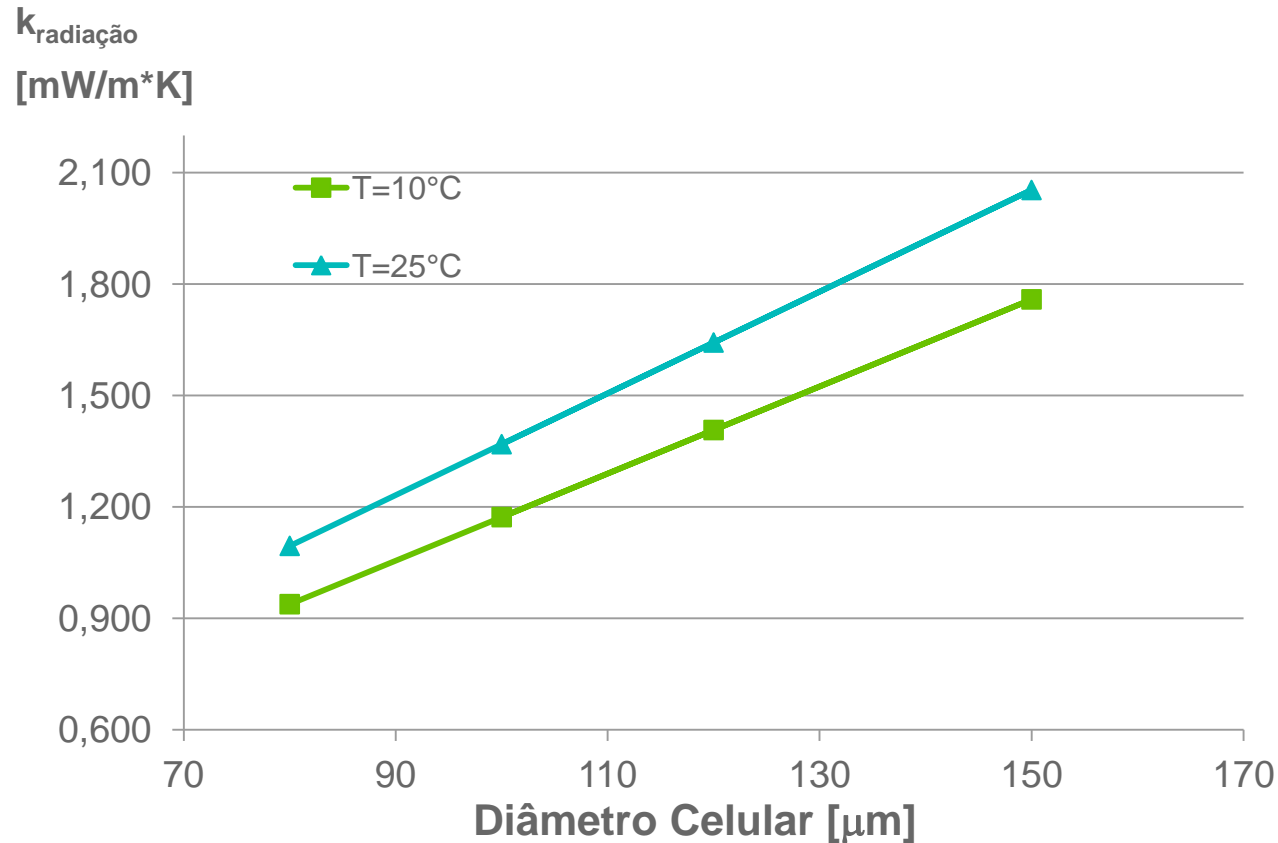
Redução do tamanho da célula é um fator chave para reduzir o fator K da espuma

- Polióis otimizados
- Alta reatividade
- Pacotes de aditivos especializados
- Otimização da composição dos gases nas células



Espumas de Poliuretano

Desafios



Espumas contendo células finas podem ser obtidas:

- Usando-se sistemas com alta reatividade
- Escolhendo-se os componentes corretos

Espumas de Poliuretano

Desafios



- Equilíbrio entre tamanho de célula, densidade da espuma e estabilidade dimensional
- Equilíbrio entre reatividade do sistema, fluidez e performance de desmoldagem
- Sistemas mais rápidos requerem tecnologias de processamento adequadas



Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas



Resultados de estudos em espumas manuais:

Pacote de catálise ajustado



| | Referência | A |
|---|------------|-----|
| Tempo de Gel [s] | 65 | 55 |
| Alura final [cm] ^{a)} | 112 | 110 |
| Pós-expansão [mm] ^{b)} | 0,6 | 2,2 |
| λ @23°C [mW m ⁻¹ K ⁻¹] | 22,0 | 21 |

a) Determinado em tubo de fluidez vertical; b) avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas de teste foram espumadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldados após 5 min;

Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas



Resultados de estudos em espumas manuais:

Componentes
modificados



| | Referência | A | B |
|---|------------|------|------|
| Tempo de Gel [s] | 65 | 55 | 65 |
| Alura final [cm] ^{a)} | 112 | 110 | 114 |
| Pós-expansão [mm] ^{b)} | 0,6 | 2,2 | 0,9 |
| λ @23°C [mW m ⁻¹ K ⁻¹] | 22,0 | 21,0 | 21,3 |

a) Determinado em tubo de fluidez vertical; b) avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas de teste foram espumadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldados após 5 min;

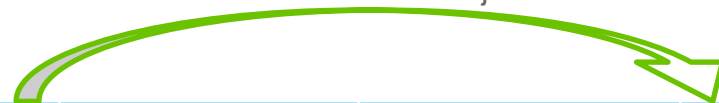
Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas

Resultados de estudos em espumas manuais:

Componetes modificados

Pacote de Catálise ajustado



| | Referência | A | B | Espumas Microcelulares |
|---|------------|------|------|------------------------|
| Tempo de Gel [s] | 65 | 55 | 65 | 40 |
| Alura final [cm] ^{a)} | 112 | 113 | 114 | 115 |
| Pós-expansão [mm] ^{b)} | 0,6 | 2,2 | 0,9 | 0,4 |
| λ @23°C [mW m ⁻¹ K ⁻¹] | 22,0 | 21,0 | 21,3 | 20,5 |

a) Determinado em tubo de fluidez vertical; b) avaliando-se utilizando um molde de 70x40x9 cm em posição vertical a temperatura de 45°C. Placas de teste foram espumadas com 10% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldados após 5 min;

Espumas de Poliuretano

Resultados encontrados com espumas com células mais finas



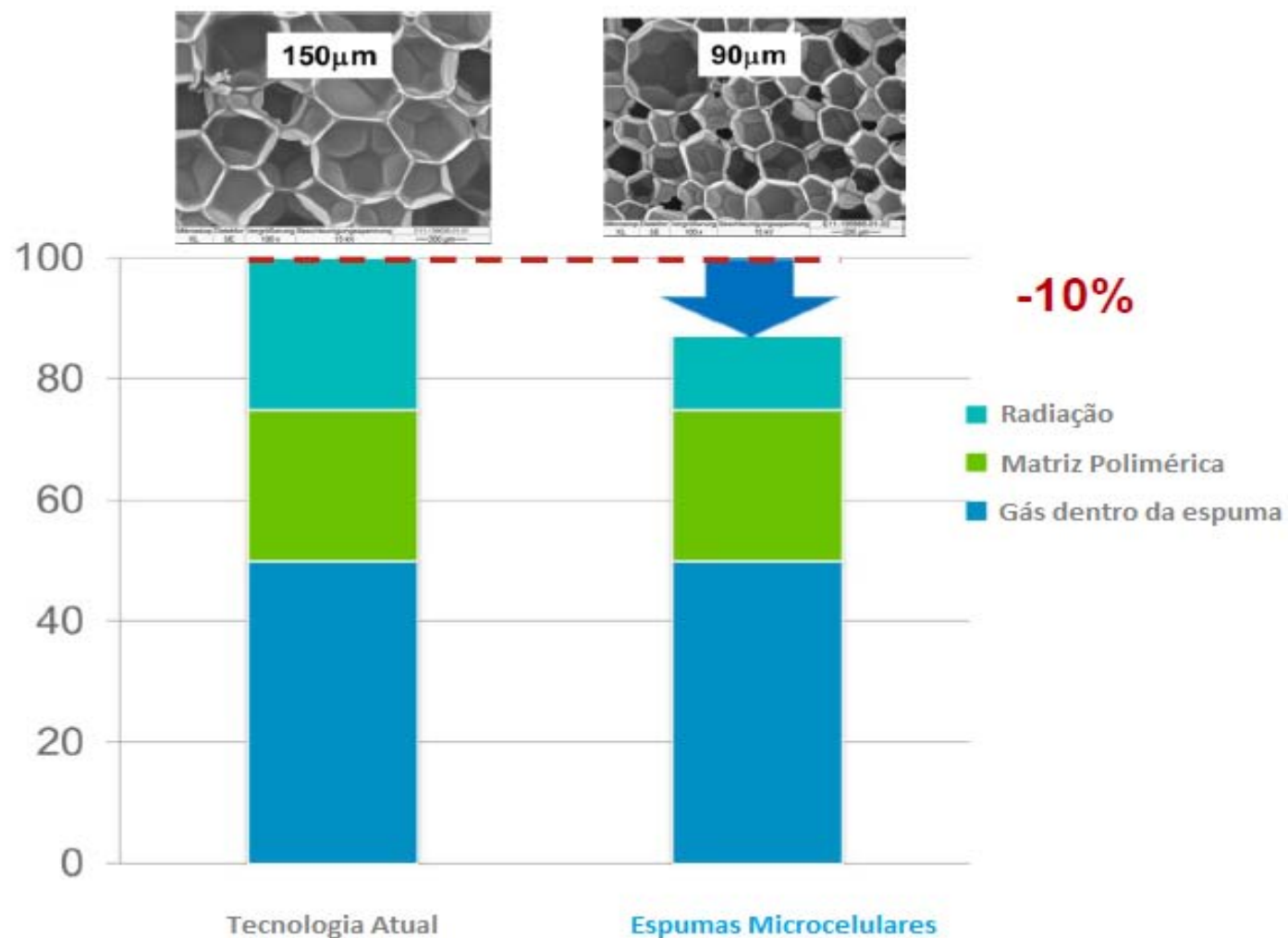
Resultados obtidos em máquina de alta pressão:

| | Referência | A | B | Espumas Microcelulares |
|--|-------------|------|------|------------------------|
| Tempo de Gel [s] | 40 | 30 | 40 | <30 |
| Índice de Fluides | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,35 |
| Densidade de Nucleo [kg/m ³] | 32,1 | 31,5 | 32 | 31,6 |
| Tensão de Compressão [kPa] | 154 | 159 | 170 | 155 |
| λ @10°C [mW/m ¹ K ⁻¹] | 20,0 - 20,5 | 19,1 | 19,5 | 18,0 - 18,5 |
| Pós-expansão [mm] ^{a)} | 3,0 | 3,5 | 1,5 | 2,5 |

a) Placas de teste foram espumadas com 15% de overpacking acima da densidade mínima de preenchimento e desmoldados após 5 min.

Espumas de Poliuretano

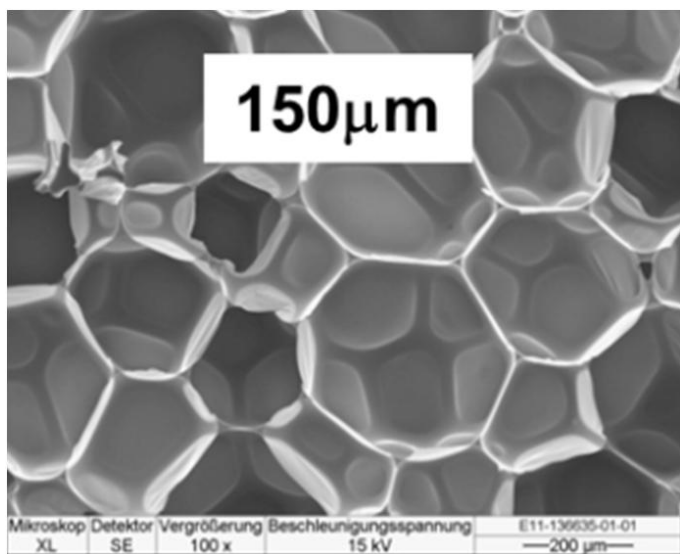
Fator k da espuma reduzido em até 10%



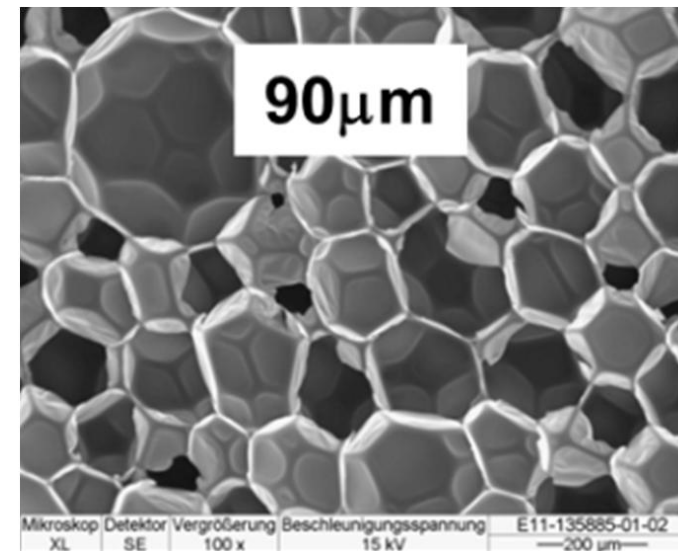

Uma grande invenção.

Espumas de Poliuretano

Redução do tamanho da célula é um fator chave para reduzir o fator K da espuma



- 40%



Uma grande invenção.



Espumas de Poliuretano

Células mais finas para reduzir consumo de energia

- Concebida **para atender a maioria das necessidades dos fabricantes de refrigeradores e dos seus consumidores finais** focando em uma melhor eficiência energética
- **Performance de isolamento térmico excelente** combinado com boas propriedades mecânicas e características de processamento
- Tamanho de célula reduzido em até 40%, fator k da espuma reduzido em até 10%
- Bom balanço entre performance, economia e produtividade
- Produz refrigeradores com boa eficiência energética **utilizando tecnologias de processamento estabelecidas**

Espumas Microcelulares oferecem vantagens econômicas

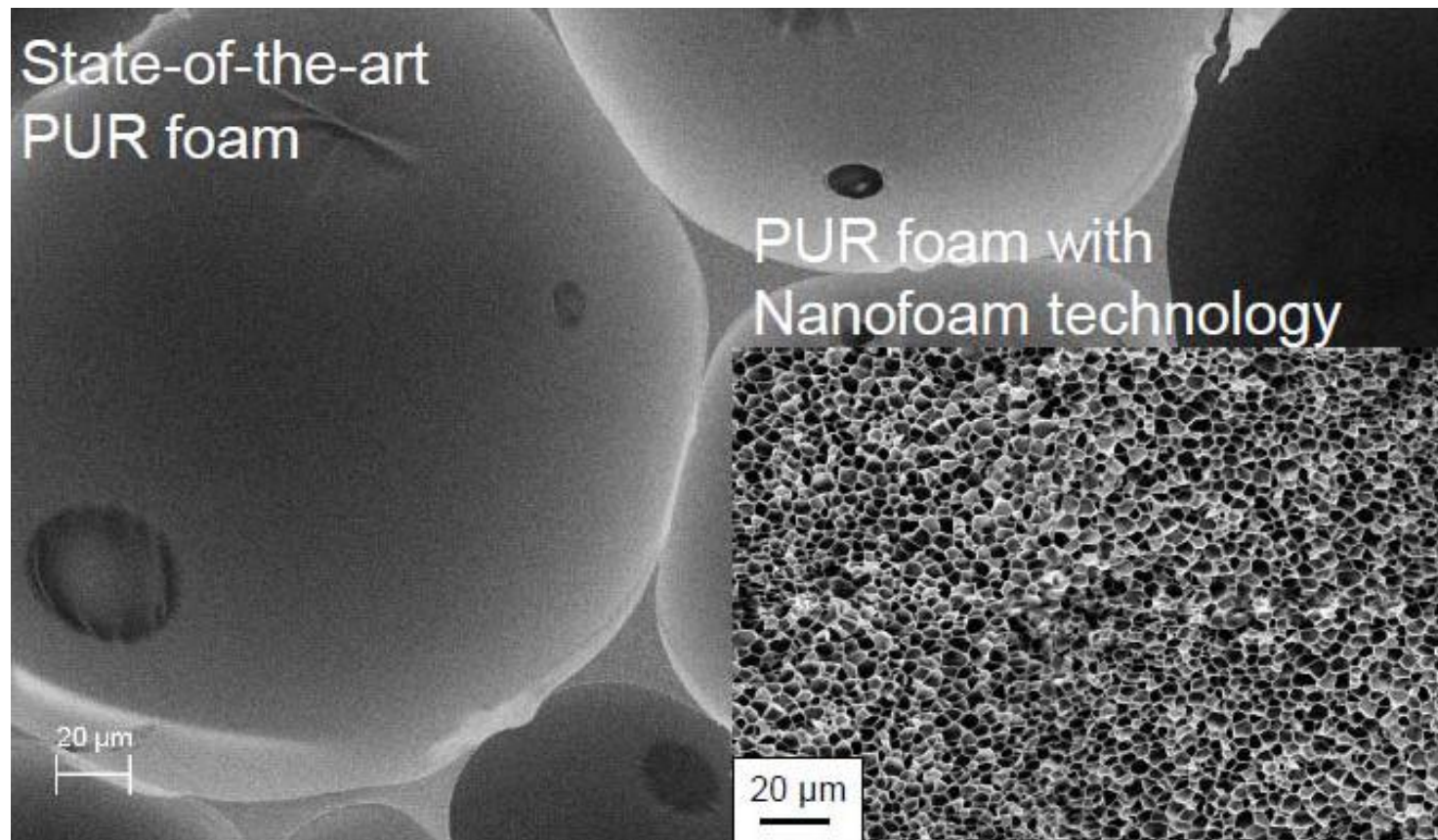
→ Redução de custo por unidade

Espumas de Poliuretano

O futuro



- Nanofoam



Uma grande invenção.

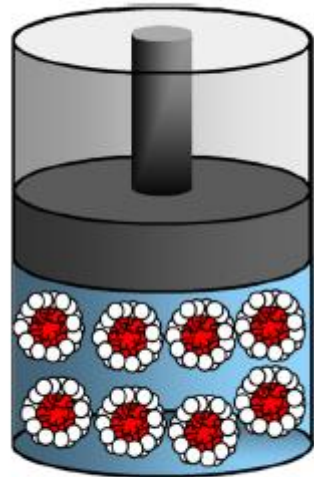
Espumas de Poliuretano

Nanofoam



- Conceito **POSME** - Princípio de Expansão Supercrítica de Emulsões

Microemulsão
Nanométrica do Agente
Expansor



$$p > p_c, T > T_c$$

Nanofoam



$$p = 1 \text{ bar}$$

Agente expansor sob condições supercríticas:

- ⇒ Sem barreiras de energia para vaporização
- ⇒ Sem fase de nucleação

CO₂ sob condições supercríticas:

- ⇒ $T_c = 31 \text{ }^\circ\text{C}$
- ⇒ $P_c = 74 \text{ bar}$

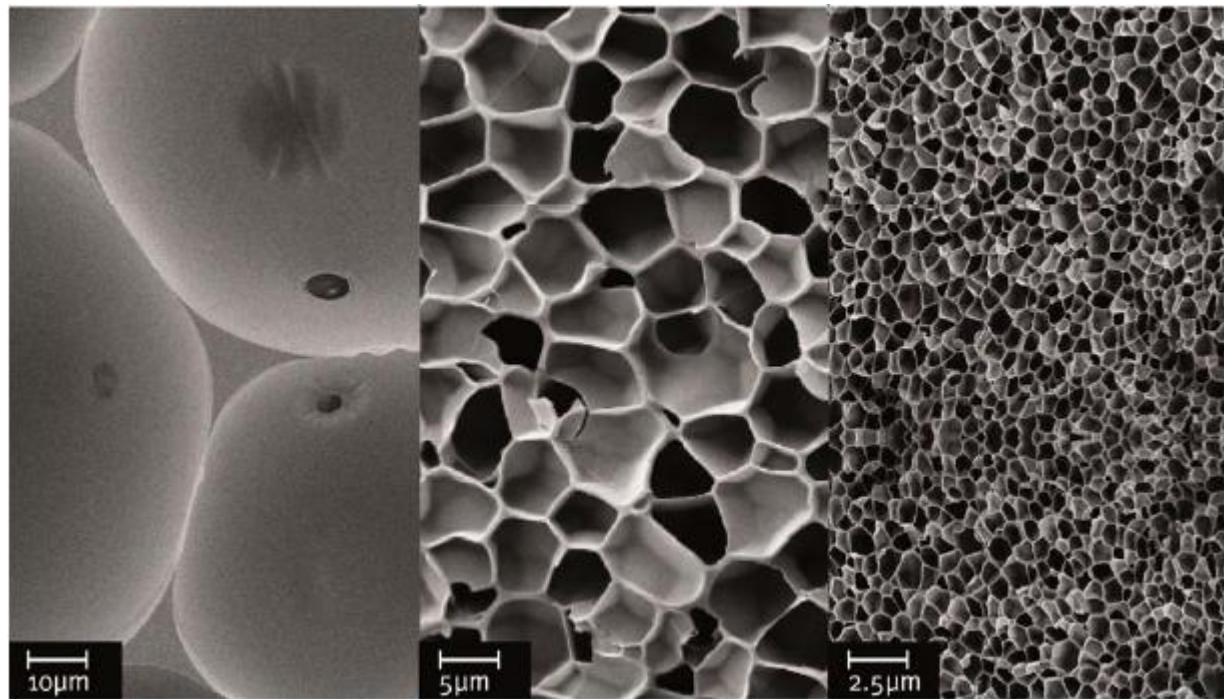
As microemulsões são estabilizadas termodinamicamente

Espumas de Poliuretano

Nanofoam



- Outlook



- Optimização das formulações
- Maior redução no tamanho das células
- Escala piloto de produção
- Mudanças necessárias para processamentos contínuos

Espumas de Poliuretano

O futuro



- Agentes Expansores de Baixo GWP (Global Warm Potencial – Potencial de Aquecimento Global)

| Material | Ciclopentano | AFA L1 (Arkema) | FEA 1100 (Dupont) | Solstice LBA (Honeywell) |
|------------------------------|--------------|------------------|-------------------|--------------------------|
| Estrutura | C_5H_5 | Não informada | $CF_3CH=CHCF_3$ | (E) $CF_3CH=CHCl$ |
| Peso Molecular | 65 | < 134 | 164 | 130,5 |
| Temperatura de Ebulição | 49 | 15 < AFA L1 < 30 | 33 | 19 |
| λ gas @ 25°C (mW/mK) | 12,6 | Não informado | 10,7 | Não informado |
| GWP (100 anos ITH) | 11 | < 15 | 9,7 | 7 |
| ODP | Não | Insignificante | Não | ~ 0 |



Espumas de Poliuretano

Resultados Preliminares com HBA-2 (Solstice HBA)

- Fator k reduzido significativamente quando comparado com espumas de CP (~ 10-15%)
- Densidades comparáveis a espumas com 245 fa
- Boas condições de processamento
- Boas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional em espumas de baixa densidade
- Toxicidade e estabilidade química precisam ser mais profundamente investigadas
- ODP a ser investigado



Espumas de Poliuretano

Resultados Preliminares com FEA-1100



- Fator k reduzido quando comparado com espumas de CP (~ 10%), comparáveis com boas espumas de 245fa
- Densidades comparáveis com com espumas de 245 fa
- Boas condições de processamento
- Boas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional em espumas de baixa densidades
- Performance ambiental muito favorável (zero ODP, baixo GWP)



Espumas de Poliuretano

Próximos Passos



- Estudos intensivos de Pesquisa e Desenvolvimento são necessários para avaliar os candidatos
- Necessidade de acesso as seguintes informações
 - Propriedades de HSE
 - Propriedades econômicas
 - Características das formulações e das propriedades finais
 - Compatibilidade com os substratos
 - Tendencias de decomposição química
 - Estudos de migração para alimentos



Science For A Better Life

Muito Obrigada!

Fernanda de Luca Porto
Laboratório de Poliuretanos
55 11 5694 5164
fernanda.porto@bayer.com



Uma grande invenção.

Bayer MaterialScience