



# Bayer MaterialScience

Comparativo entre expansores de baixo GWP em espuma de poliuretano para isolamento térmico.



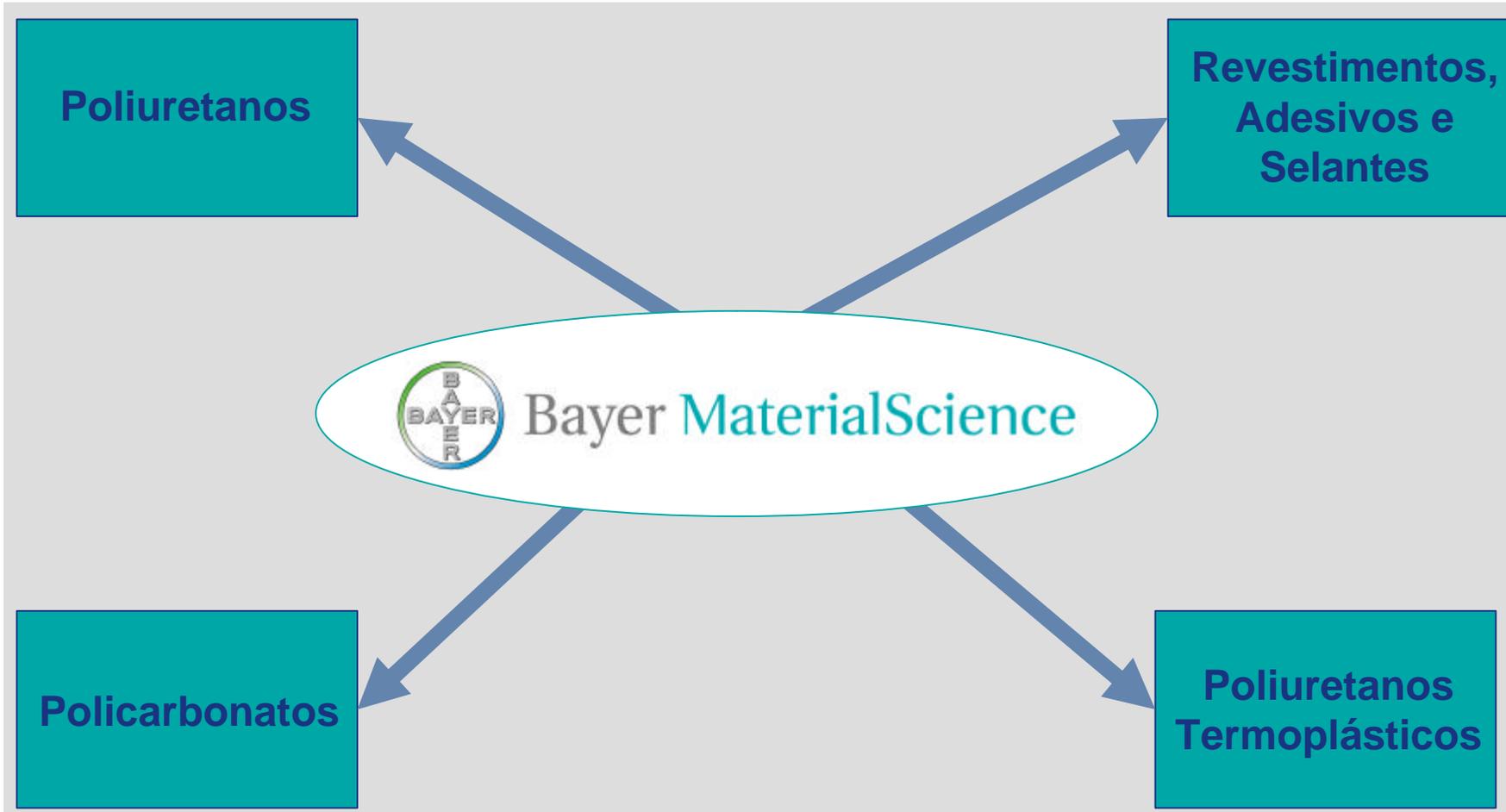
# Sobre a Bayer MaterialScience

---

- ✓ Presente nos cinco continentes
- ✓ 30 unidades de produção ao redor do mundo
- ✓ Mais de 15.400 funcionários no mundo e 591 na América Latina
- ✓ Iniciou suas atividades no Brasil em 1896
- ✓ 1958 – Parque fabril de polímeros e defensivos agrícolas em Belford Roxo - Baixada Fluminense (RJ)

# Bayer MaterialScience

## Unidades de Negócios



# Diferenças entre expansores líquidos e gasosos

---

- Expansores gasosos
  - Baixo peso molecular
  - Expansão instantânea (Froth)
  - Estabilidade dimensional em baixas temperaturas
- Expansores líquidos
  - Não geram pressões significativas
  - Permitem longos tempos de creme
  - Menores perdas por evaporação na espumação
  - Permitem mistura por agitação manual

# Comparativo entre expansores gasosos

<b>Material</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Estrutura</b>	<b>1,1,1,2-tetrafluoroetano</b>	<b>trans-1,3,3,3-tetrafluoropropano</b>
<b>Peso Molecular</b>	<b>102</b>	<b>114</b>
<b>Ponto de ebulição, °C</b>	<b>-26</b>	<b>-19</b>
<b>Pressão de vapor 20°C, atm</b>	<b>4,76</b>	<b>4,15</b>
<b>GWP</b>	<b>1430</b>	<b>6</b>

# Comparativo entre expansores líquidos

<b>Material</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Estrutura</b>	<b>1,1,1,3,3-penta fluoropropano</b>	<b>Não revelada</b>
<b>Peso Molecular</b>	<b>134</b>	<b>&lt; 134</b>
<b>Ponto de ebulição °C</b>	<b>15</b>	<b>15 - 32</b>
<b>Pressão de Vapor a 20°C atm</b>	<b>1,22</b>	<b>0,61 – 1,22</b>
<b>GWP</b>	<b>1030</b>	<b>&lt;15</b>

# Sistemas de espuma avaliados

<b>Expansor</b>	<b>Nível de uso</b>	<b>Aplicação típica</b>
<b>Gasoso</b>	<b>Baixo</b>	<b>Painéis descontínuos</b>
<b>Gasoso</b>	<b>Alto</b>	<b>Refrigeradores</b>
<b>Líquido</b>	<b>Baixo</b>	<b>Painéis descontínuos</b>
<b>Líquido</b>	<b>Alto</b>	<b>Refrigeradores</b>
<b>Líquido</b>	<b>Alto (sem água)</b>	<b>Refrigeradores</b>

# Expansores gasosos em baixo nível de uso: Formulação

<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Poliol e Aditivos</b>	<b>87,0</b>	<b>85,8</b>
<b>Água</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>
<b>HFC 134a</b>	<b>11,0</b>	<b>-</b>
<b>HFO 1234ze(E)</b>	<b>-</b>	<b><u>12,2</u></b>
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Isocianato</b>	<b>102</b>	<b>101</b>

# Expansores gasosos em baixo nível de uso: Resultados em Máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Tempo de Gel, s</b>	<b>133</b>	<b>146</b>
<b>Densidade livre, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>27,7</b>	<b>27,9</b>
<b>Densidade mín, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>35,9</b>	<b>37,0</b>
<b>Densidade molde, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>36,8</b>	<b>38,6</b>
<b>Overpack, %</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

# Expansores gasosos em baixo nível de uso: Propriedades físicas em espuma de máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Densidade de núcleo, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>33,5</b>	<b>35,2</b>
<b>Fator K, 2 °C mW/m.K</b>	<b>20,34</b>	<b>20,05</b>
<b>Fator K, 24 °C mW/m.K</b>	<b>23,22</b>	<b>22,93</b>
<b>Tensão Compres 10%, kPa</b>	<b>110</b>	<b>110</b>
<b>Celulas fechadas, %</b>	<b>86</b>	<b>87</b>
<b>Diâmetro celular, microns</b>	<b>198</b>	<b>182</b>

# Comparação expansores gasosos em baixo nível de uso

---

Comparado com HFC 134a, HFO 1234ze(E) mostra:

- Tempo de gel mais longo
- Densidades ligeiramente maiores
- Fator K ligeiramente menor
- Tensão de compressão idêntica
- Teor de células fechadas equivalente
- Menor tamanho celular

Espuma com baixo teor de HFO 1234ze(E) apresenta performance equivalente ao HFC 134a.

# Expansores gasosos em alto nível de uso: Formulação

<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Poliol e Aditivos</b>	<b>79,9</b>	<b>78,2</b>
<b>Água</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>
<b>HFC 134a</b>	<b>18,4</b>	<b>-</b>
<b>HFO 1234ze(E)</b>	<b>-</b>	<b><u>20,1</u></b>
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Isocianato</b>	<b>102</b>	<b>100</b>

# Expansores gasosos em alto nível de uso: Resultados em máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Tempo de gel, s</b>	<b>52</b>	<b>55</b>
<b>Densidade livre, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>24,5</b>	<b>24,7</b>
<b>Densidade mín., kg/m<sup>3</sup></b>	<b>30,8</b>	<b>32,5</b>
<b>Densidade molde, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>32,4</b>	<b>33,8</b>
<b>Overpack, %</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

# Expansores gasosos em baixo nível de uso : Propriedades físicas em espuma de máquina

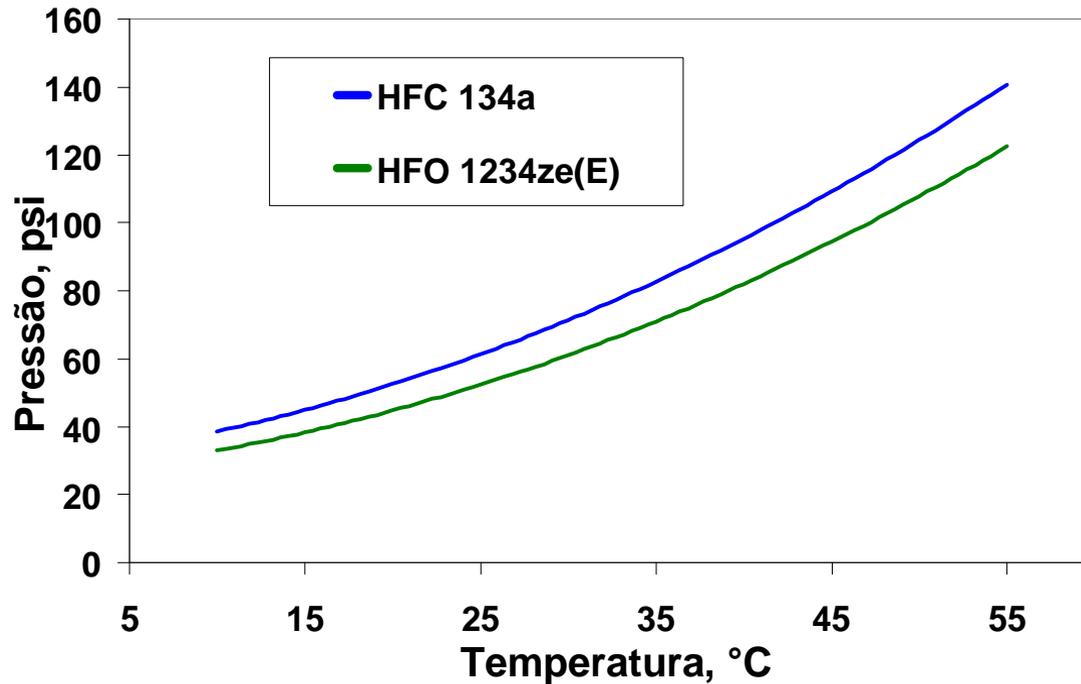
<b>Sistema</b>	<b>HFC 134a</b>	<b>HFO 1234ze(E)</b>
<b>Densidade de núcleo, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>28,7</b>	<b>29,6</b>
<b>Fator K 2 °C, mW/m.K</b>	<b>18,31</b>	<b>18,89</b>
<b>Fator K 24 °C, mW/m.K,</b>	<b>21,06</b>	<b>21,49</b>
<b>Tensão de compr. 10%, kPa</b>	<b>110</b>	<b>83</b>
<b>Celulas fechadas, %</b>	<b>89</b>	<b>87</b>

# Comparação expansores gasosos em alto nível de uso

---

- Comparado ao HFC 134a, HFO 1234ze(E) mostra:
  - Leve aumento no tempo de gel
  - Densidade de espuma mais elevada
  - Fator K mais elevado
  - Tensão de compressão reduzida
  - Células ligeiramente mais fechadas
- Espuma com alto teor de HFO 1234ze(E) apresenta performance inferior ao HFC 134a.

# Pressão de vapor em polióis misturados com agentes expansores gasosos



# Expansores Líquidos em baixo nível de uso: Formulação

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Poliol e Aditivos</b>	<b>87,9</b>	<b>87,9</b>
<b>Água</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>
<b>HFC 245fa</b>	<b>7,7</b>	<b>-</b>
<b>HBA-2</b>	<b>-</b>	<b><u>equimolar</u></b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>&lt; 100</b>
<b>Isocianato</b>	<b>155</b>	<b>155</b>

# Expansores Líquidos em baixo nível de uso: Resultados em máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Tempo de gel, s</b>	<b>34</b>	<b>38</b>
<b>Densidade livre, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>16,8</b>	<b>18,4</b>
<b>Densidade mín., kg/m<sup>3</sup></b>	<b>32,8</b>	<b>31,9</b>
<b>Densidade molde, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>34,8</b>	<b>33,6</b>
<b>Overpack, %</b>	<b>6</b>	<b>6</b>



# Expansores Líquidos em baixo nível de uso: Propriedades físicas em espuma de máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Densidade de núcleo, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>30,4</b>	<b>29,3</b>
<b>Fator K, 2 °C mW/m.K</b>	<b>19,65</b>	<b>19,65</b>
<b>Fator K, 24 °C mW/m.K</b>	<b>22,21</b>	<b>22,21</b>
<b>Tensão de compressão, kPa</b>	<b>186</b>	<b>172</b>
<b>Células fechadas, %</b>	<b>93</b>	<b>93</b>
<b>Diâmetro células, microns</b>	<b>119</b>	<b>135</b>

# Comparação expansores líquidos em baixo nível de uso

---

- Comparado ao HFC 245fa, HBA-2 mostra:
  - Leve aumento no tempo de gel
  - Densidade em painéis levemente reduzidas
  - Fator K idêntico
  - Tensão de compressão semelhante
  - Teor de células fechadas equivalente
  - Células com maior diâmetro
- Espuma com baixo teor de HBA-2 apresenta performance similar ao HFC 245fa.

# Expansores Líquidos em alto nível de uso: Formulação

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Poliol e Aditivos</b>	<b>75,7</b>	<b>75,7</b>
<b>Água</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>HFC 245fa</b>	<b>23,3</b>	<b>-</b>
<b>HBA-2</b>	<b>-</b>	<b><u>equimolar</u></b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>&lt; 100</b>
<b>Isocianato</b>	<b>98</b>	<b>98</b>

# Expansores Líquidos em alto nível de uso : Resultados em máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Tempo de gel, s</b>	<b>27</b>	<b>26</b>
<b>Densidade livre, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>20,7</b>	<b>20,2</b>
<b>Densidade mínima, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>31,1</b>	<b>30,1</b>
<b>Densidade molde, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>34,0</b>	<b>33,3</b>
<b>Overpack, %</b>	<b>9</b>	<b>11</b>

# Expansores líquidos em alto nível de uso: Propriedades físicas em espuma de máquina

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Densidade de núcleo, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>30,3</b>	<b>30,6</b>
<b>Fator K, 2 °C mW/m.K</b>	<b>16,6</b>	<b>16,0</b>
<b>Fator K, 24 °C mW/m.K</b>	<b>18,7</b>	<b>18,2</b>
<b>Tensão de compr 10%, kPa</b>	<b>165</b>	<b>131</b>
<b>Células fechadas, %</b>	<b>93</b>	<b>94</b>
<b>Diâmetro celular, microns</b>	<b>105</b>	<b>126</b>

# Comparação expansores líquidos em alto nível de uso

---

- Comparado ao HFC 245fa, HBA-2 mostra:
  - Tempo de gel similar
  - Densidade de espuma levemente menor
  - Menor fator K
  - Tensão de compressão algo inferior
  - Células fechadas em teor similar
  - Maior diâmetro celular
- Espuma com alto teor de HBA-2 apresenta performance superior ao HFC 245fa.

# Expansores Líquidos em espuma de fator K reduzido: Formulação

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Poliol e Aditivos</b>	<b>78,6</b>	<b>78,6</b>
<b>Água</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>HFC 245fa</b>	<b>21,4</b>	<b>-</b>
<b>HBA-2</b>	<b>-</b>	<b><u>equimolar</u></b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>&lt; 100</b>
<b>Isocianato</b>	<b>83</b>	<b>83</b>

# Expansores Líquidos em espuma de fator K reduzido: Resultados em espuma manual

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Tempo de gel, s</b>	<b>30</b>	<b>35</b>
<b>Density livre, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>33,6</b>	<b>36,5</b>
<b>Densidade mínima, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>39,4</b>	<b>40,0</b>
<b>Densidade molde, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>41,3</b>	<b>42,4</b>
<b>Overpack, %</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

# Expansores Líquidos em espuma de fator K reduzido: Propriedades em espuma manual

<b>Sistema</b>	<b>HFC 245fa</b>	<b>HBA-2</b>
<b>Densidade de núcleo, kg/m<sup>3</sup></b>	<b>35,4</b>	<b>36,7</b>
<b>Fator K, 2 °C mW/m.K</b>	<b>16,2</b>	<b>15,7</b>
<b>Fator K, 24 °C mW/m.K</b>	<b>18,0</b>	<b>17,5</b>
<b>Células fechadas, %</b>	<b>91</b>	<b>91</b>
<b>Diâmetro celular, microns</b>	<b>90</b>	<b>113</b>

# Comparação de expansores líquidos em espuma de fator K reduzido

---

Comparado ao HFC 245fa, HBA-2 mostra:

- Tempo de gel maior
- Densidade moldada levemente maior
- Fator K menor
- Células fechadas em teor equivalente
- Células com maior diâmetro

Espuma de fator K reduzido expandida com HBA-2 apresenta performance superior ao HFC 245fa.

# Performance dos sistemas de espuma avaliados: Conclusões

<b>Expansor</b>	<b>Nível de uso</b>	<b>Aplicação típica</b>	<b>Baixo GWP <i>versus</i> HFC</b>
<b>Gasoso</b>	<b>Baixo</b>	<b>Painéis descontínuos</b>	<b>Similar</b>
<b>Gasoso</b>	<b>Alto</b>	<b>Refrigeradores</b>	<b>Inferior</b>
<b>Líquido</b>	<b>Baixo</b>	<b>Painéis descontínuos</b>	<b>Similar</b>
<b>Líquido</b>	<b>Alto</b>	<b>Refrigeradores</b>	<b>Superior</b>
<b>Líquido</b>	<b>Alto sem água</b>	<b>Refrigeradores</b>	<b>Superior</b>

# Efeito do tamanho celular na condutibilidade térmica (fator K) da espuma

---

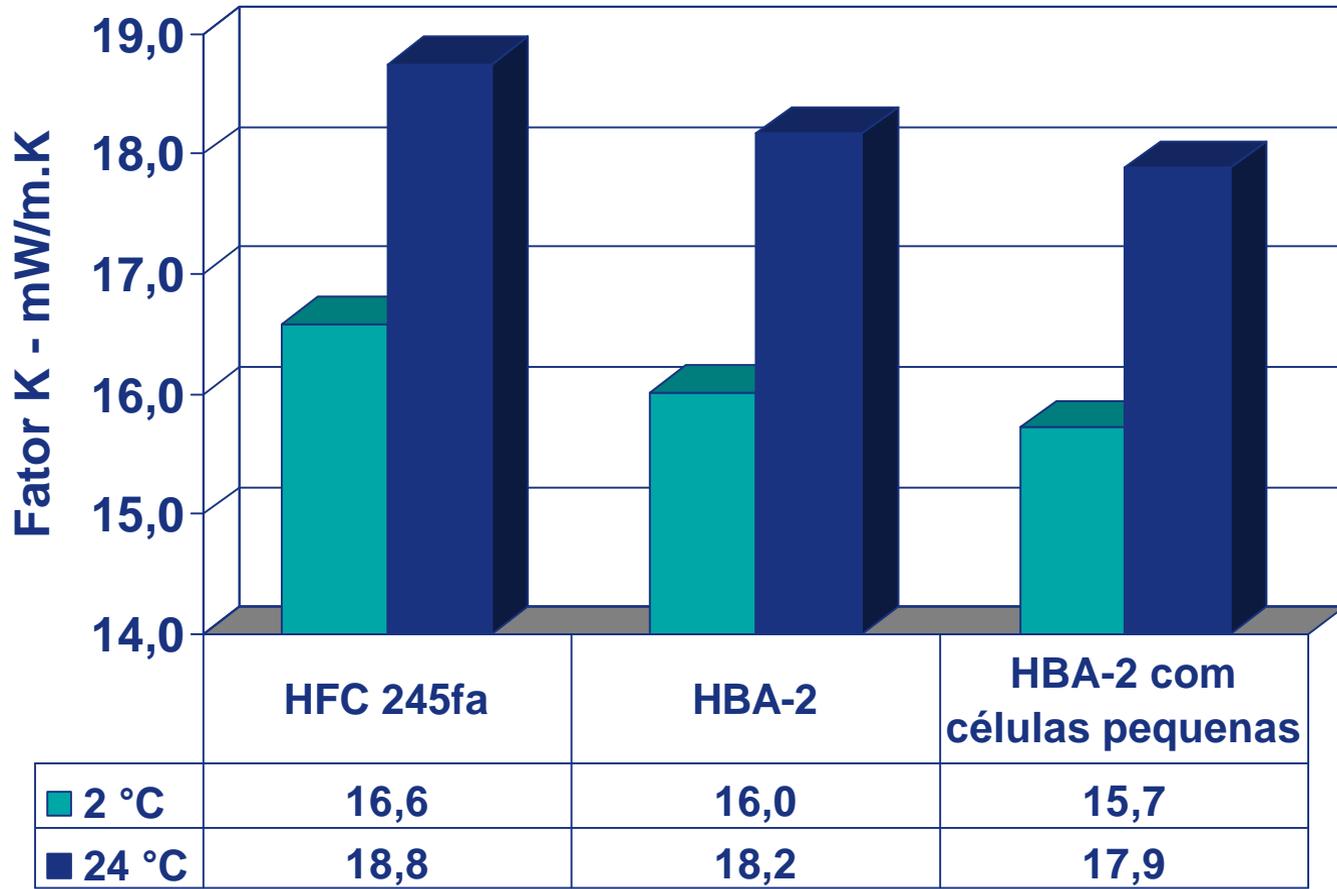
Em concentrações de uso altas ou baixas, HBA-2 apresentou melhor fator K que o HFC 245fa, porém com tamanho celular maior.

O que aconteceria se com o HBA-2 obtivéssemos o mesmo tamanho celular que com o HFC 245fa?

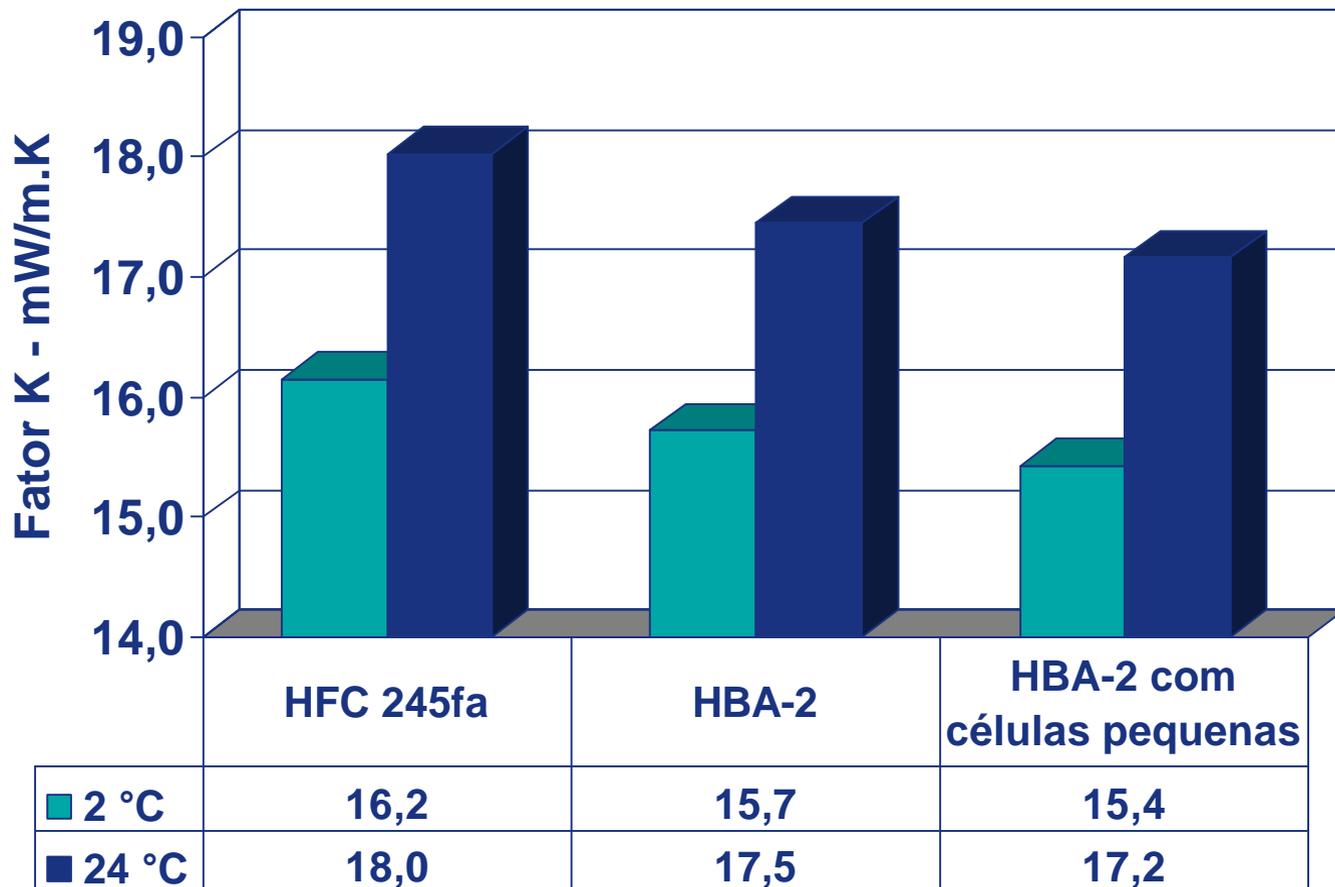
$$k_{\text{espuma}} = k_{\text{gás}} + k_{\text{sólido}} + k_{\text{radiação}}$$

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

# Efeito da redução do tamanho celular no fator K em espuma com alto nível de HBA-2



# Efeito da redução das células para espuma de Fator K reduzido com alto nível de HBA-2





Bayer MaterialScience

Obrigado pela sua atenção!

Steven Schilling

Tradução: Matias Schultz

