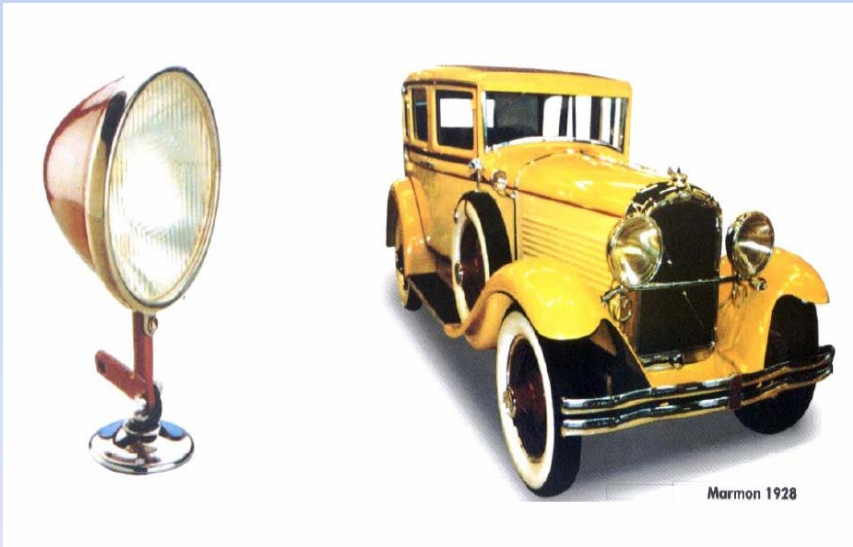
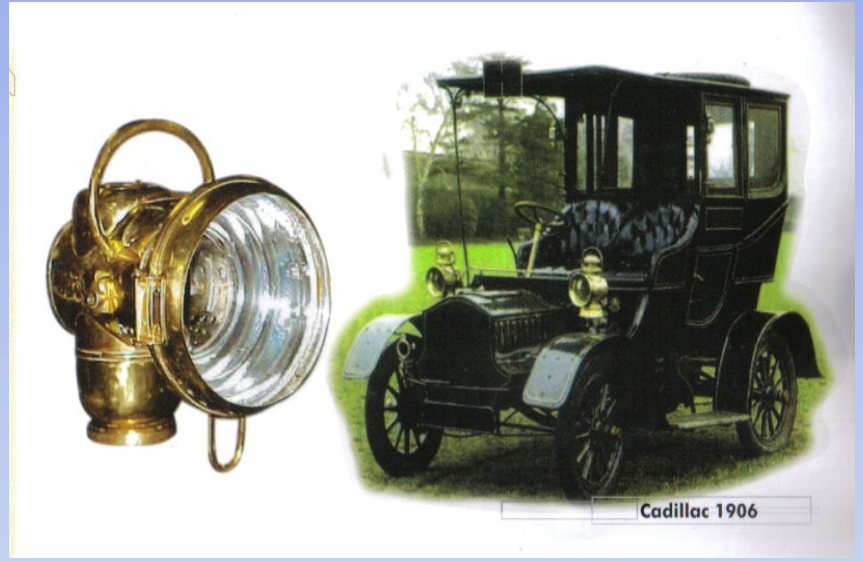
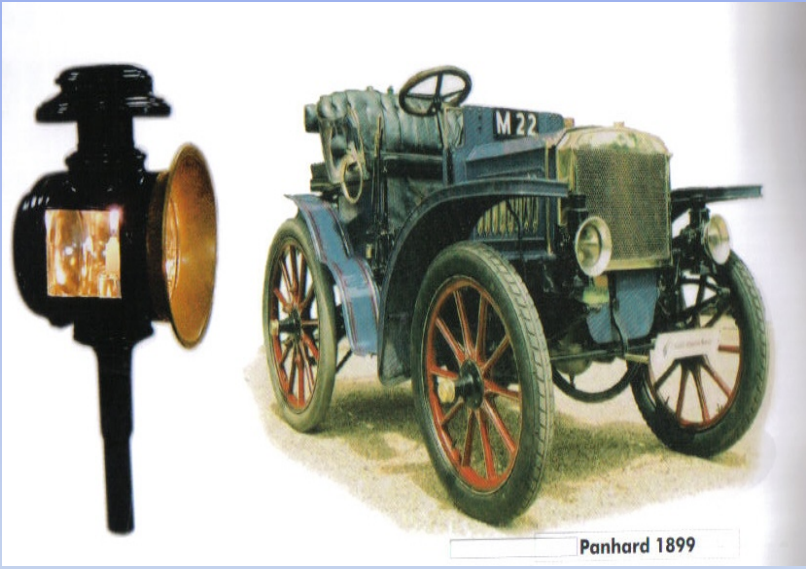


# **Estudo da incorporação de um compósito termofixo nas propriedades do PVC**

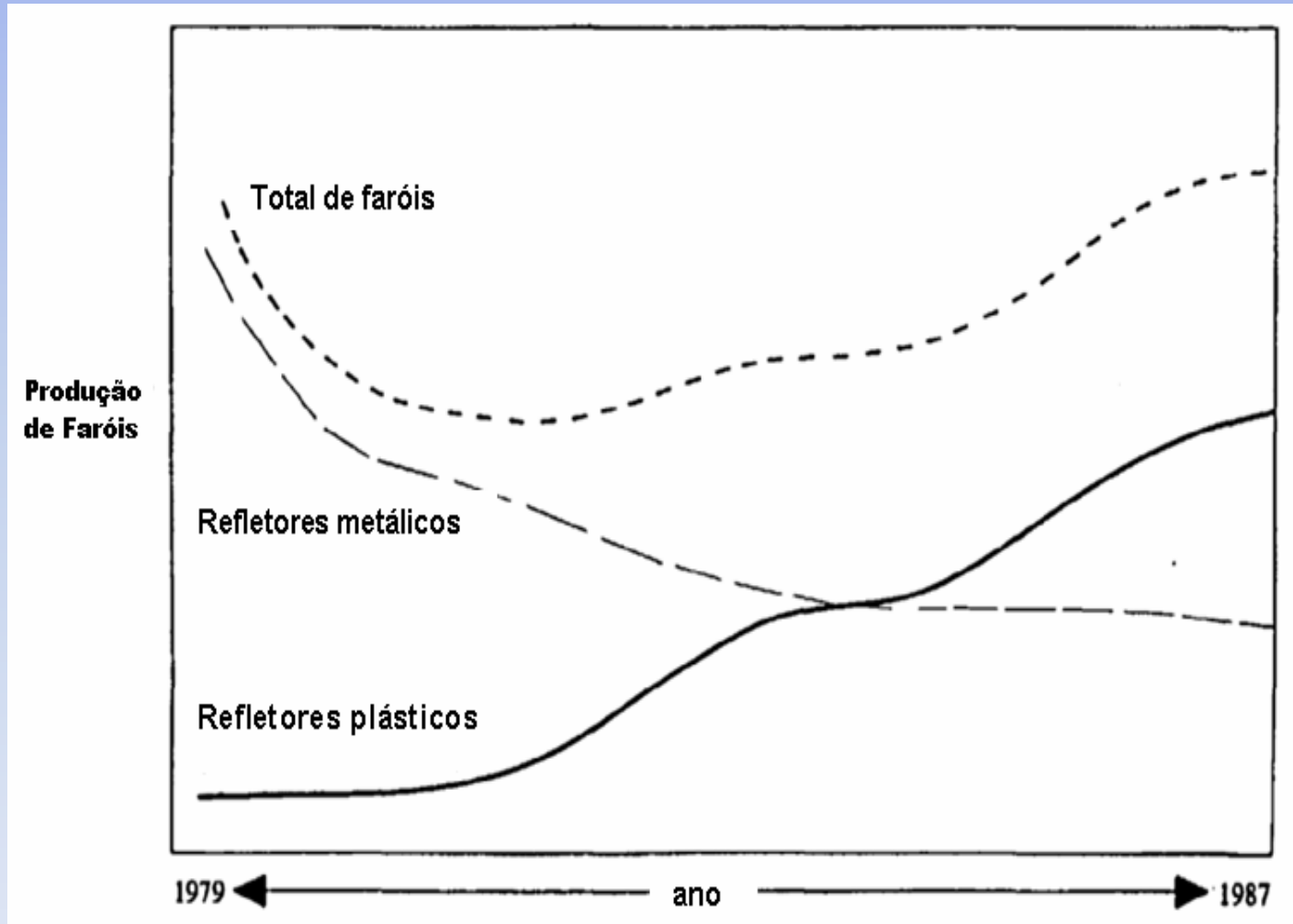
# Iluminação automotiva

- Sinalizar partes traseiras, frontal e lateral do veículo
- Proporcionar segurança indicando a presença, posição tamanho, direção e intenções do condutor
- Fontes de luz: lâmpadas incandescentes e lâmpadas a LED – *light emission diode*

# História dos refletores



## Transição do metal para o plástico na fabricação de refletores



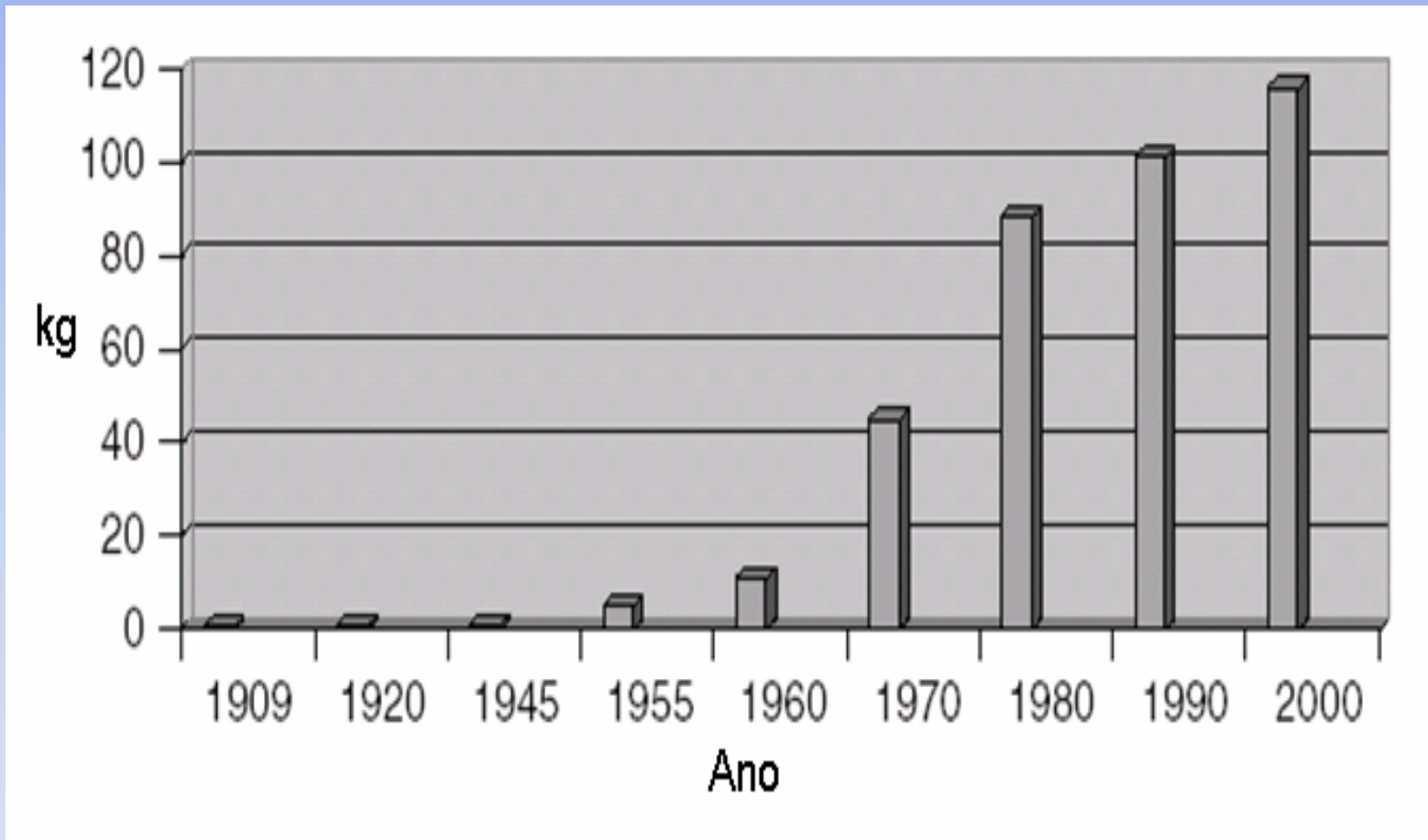
[Monk,1985]

# Refletor em BMC



Fonte: Sabic,2009

## Uso de polímeros em automóveis



[Andrady,2003]



## Reciclagem de materiais usados no automóvel

- Europa – até 2015 todos os plásticos usados no automóvel devem ser reciclados
- CERTA- Centro de Referência Técnica Automotiva – visa a disciplinar a atividade de reciclagem de materiais usados nos automóveis

# Preparo do BMC

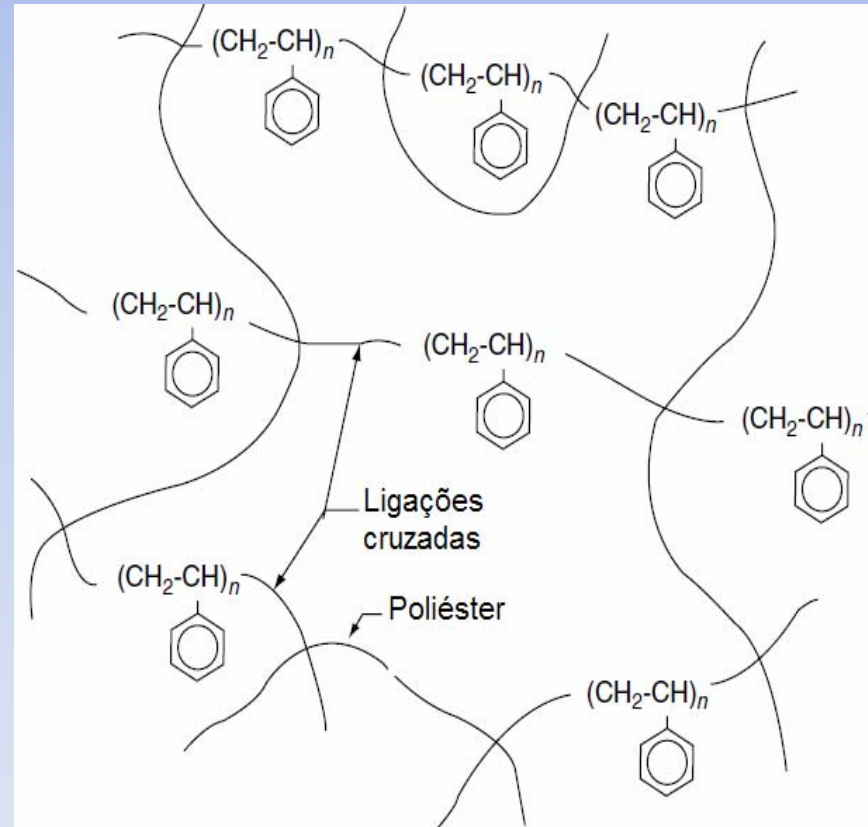
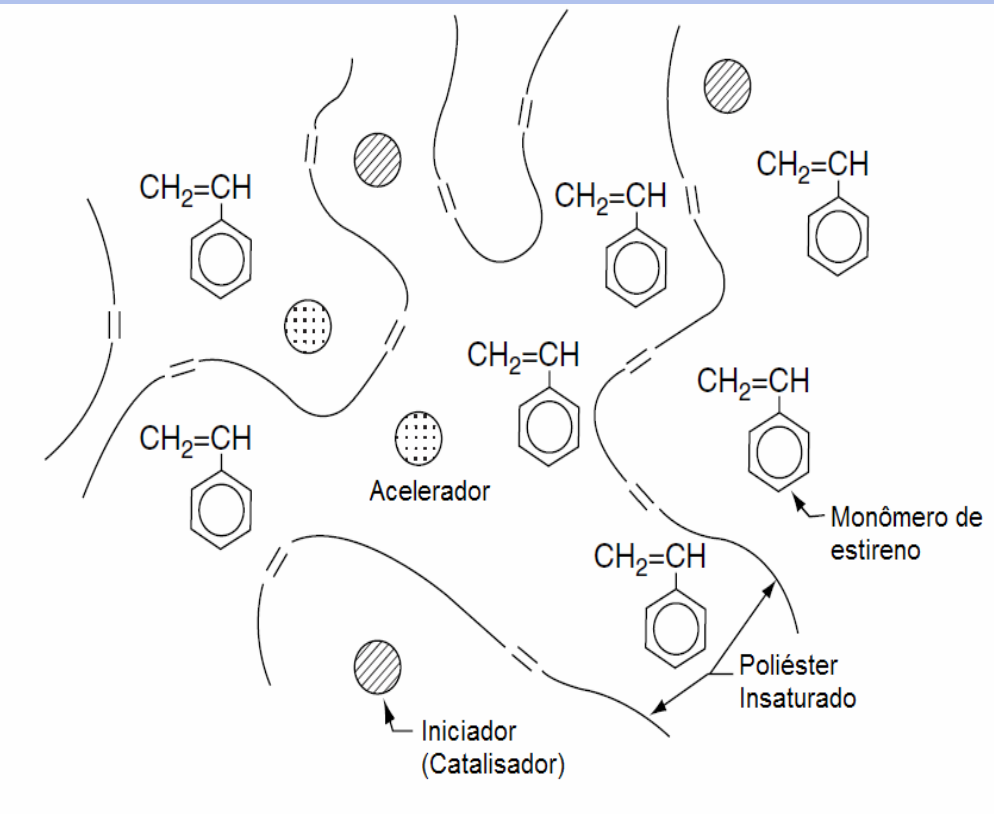




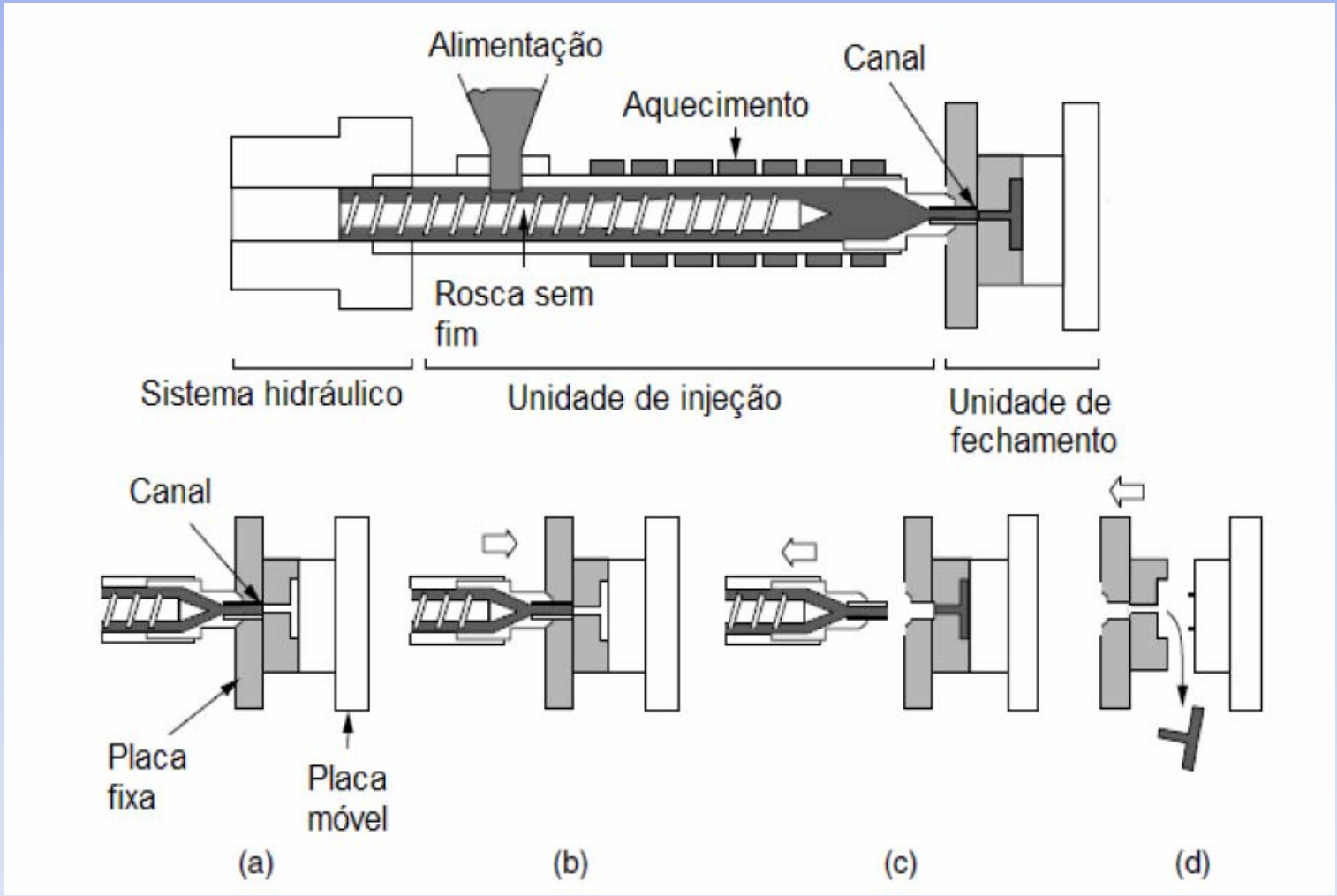
# BMC

| <b>Componente da formulação</b>     | <b>Parte por peso</b> |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Poliéster insaturado (60% estireno) | 60                    |
| Poli (vinil acetato) (40% estireno) | 40                    |
| Carbonato de cálcio                 | 150                   |
| Dióxido de titânio                  | 3                     |
| Óxido de magnésio                   | 3,8                   |
| Perbenzoato de butila terciário     | 1,25                  |
| Fibra de vidro 25mm                 | 77                    |
| Octoato de cobalto                  | 0,1                   |
| Parabenzoquinona                    | 100 ppm               |

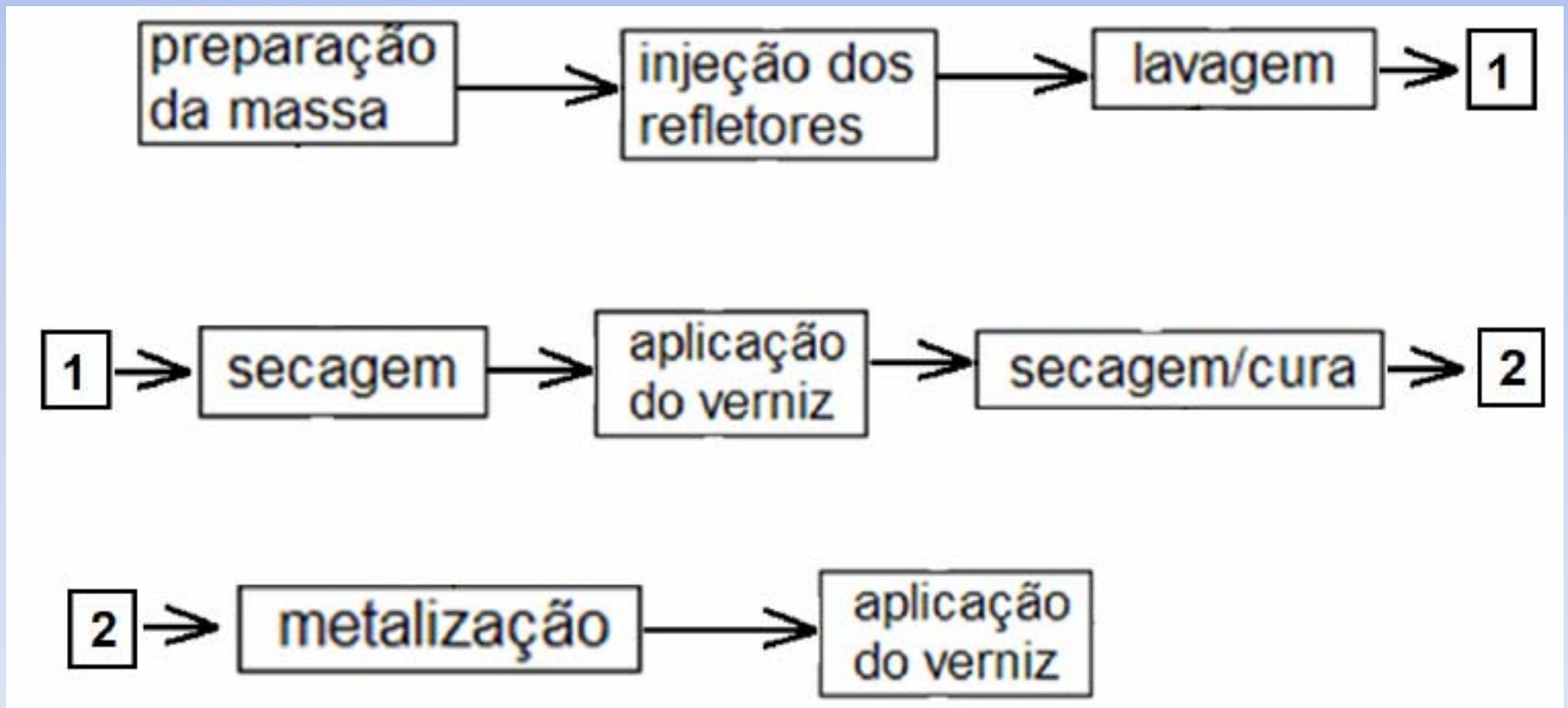
# Poliéster insaturado



# Processo de injeção



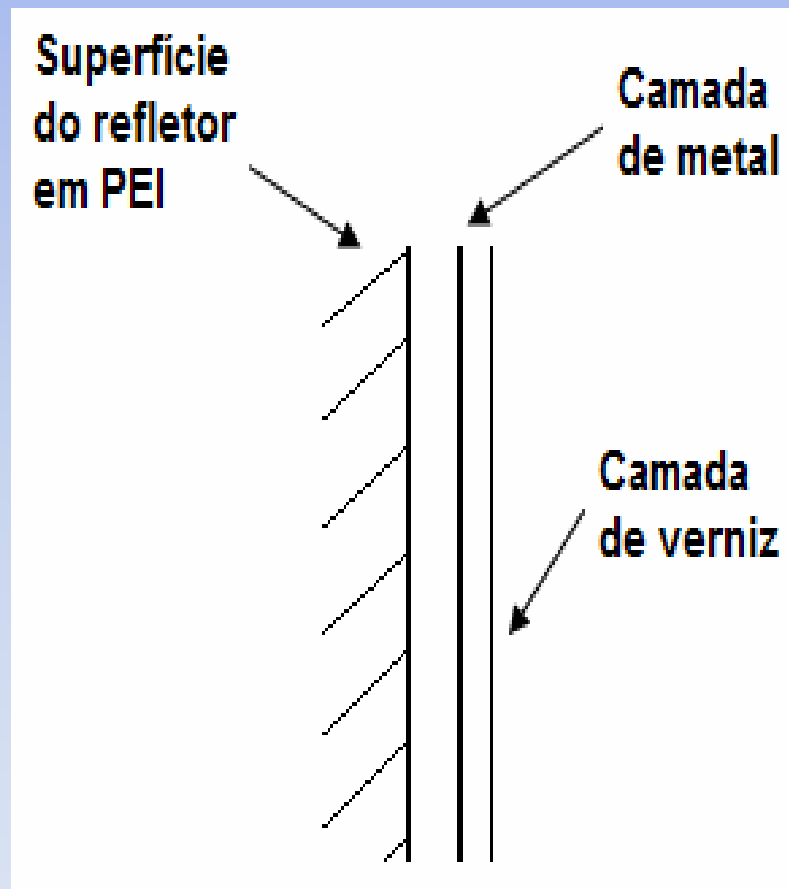
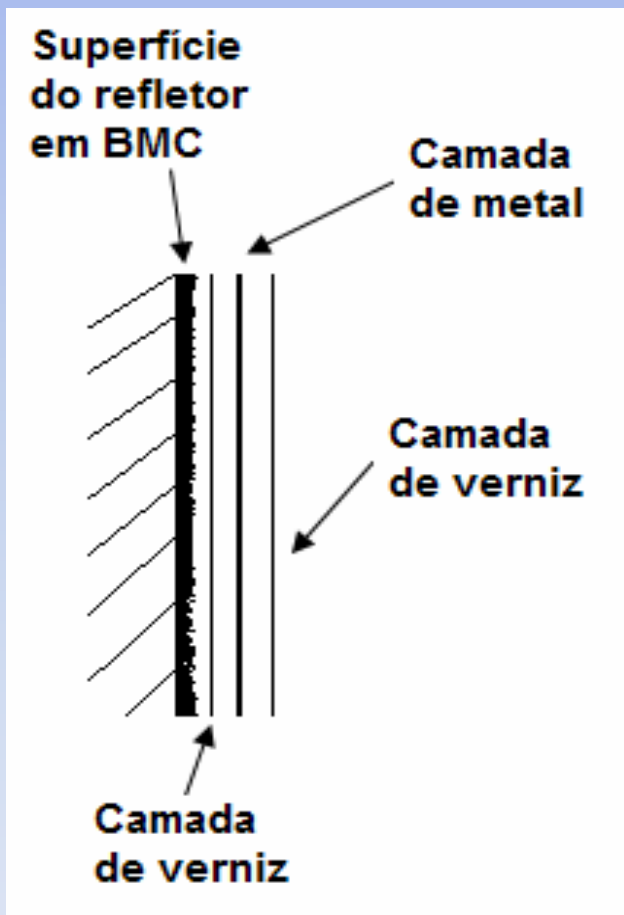
## Fabricação dos refletores - BMC



# Metalização



# Metalização de refletores em BMC e em PEI





# Comparativo de custo de materiais usados em refletores

| <b>Avaliação do Custo da Peça Acabada</b> |                    |             |             |             |              |
|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>Propriedades Avaliadas</b>             |                    | <b>BMC</b>  | <b>PEI</b>  | <b>PES</b>  | <b>LCP</b>   |
| Densidade                                 | g.cm <sup>-3</sup> | 2,00        | 1,27        | 1,37        | 1,81         |
| Rejeição                                  | %                  | 1,50        | 5,00        | 5,00        | 8,00         |
| Preço                                     | R\$/kg             | 4,86        | 22,00       | 22,00       | 24,00        |
| Máquina - Custo/h                         | R\$/h              | 270,00      | 150,00      | 150,00      | 150,00       |
| Tempo de ciclo                            | s                  | 60,00       | 48,00       | 45,00       | 40,00        |
| Peças Aprovadas/h                         | un/h               | 104,00      | 138,00      | 150,00      | 160,00       |
| Custo da moldagem/h                       | R\$                | 1,44        | 1,29        | 1,29        | 1,29         |
| Custo da metalização/h                    | R\$                | 0,65        | 0,65        | 0,65        | 0,65         |
| Custo do Verniz Base/h                    | R\$                | 0,12        | 0,00        | 0,00        | 0,00         |
| Rejeição no Envernizamento                | %                  | 6,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00         |
| Rejeição na Metalização                   | %                  | 5,00        | 3,00        | 3,00        | 3,00         |
| Limpeza do Molde                          | R\$                | 0,10        | 0,00        | 0,00        | 0,00         |
| Peças Produzidas/h.                       | un/h               | 60,00       | 75,00       | 80,00       | 90,00        |
| Peso da Peça                              | kg                 | 0,358       | 0,227       | 0,245       | 0,324        |
| <b>Custo por Peça</b>                     | <b>R\$</b>         | <b>6,92</b> | <b>8,59</b> | <b>8,97</b> | <b>11,45</b> |

# Ensaaios realizados

- Calcinação
- Determinação da resistência à tração
- Determinação da calorimetria exploratória de varredura
- Determinação da temperatura de amolecimento Vicat
- Determinação da temperatura de deflexão térmica
- Ensaio de metalização
- Análise de termogravimetria

# RESULTADOS

- Calcinação (BMC)



a)



b)

amostra 1



(a)

amostra 2

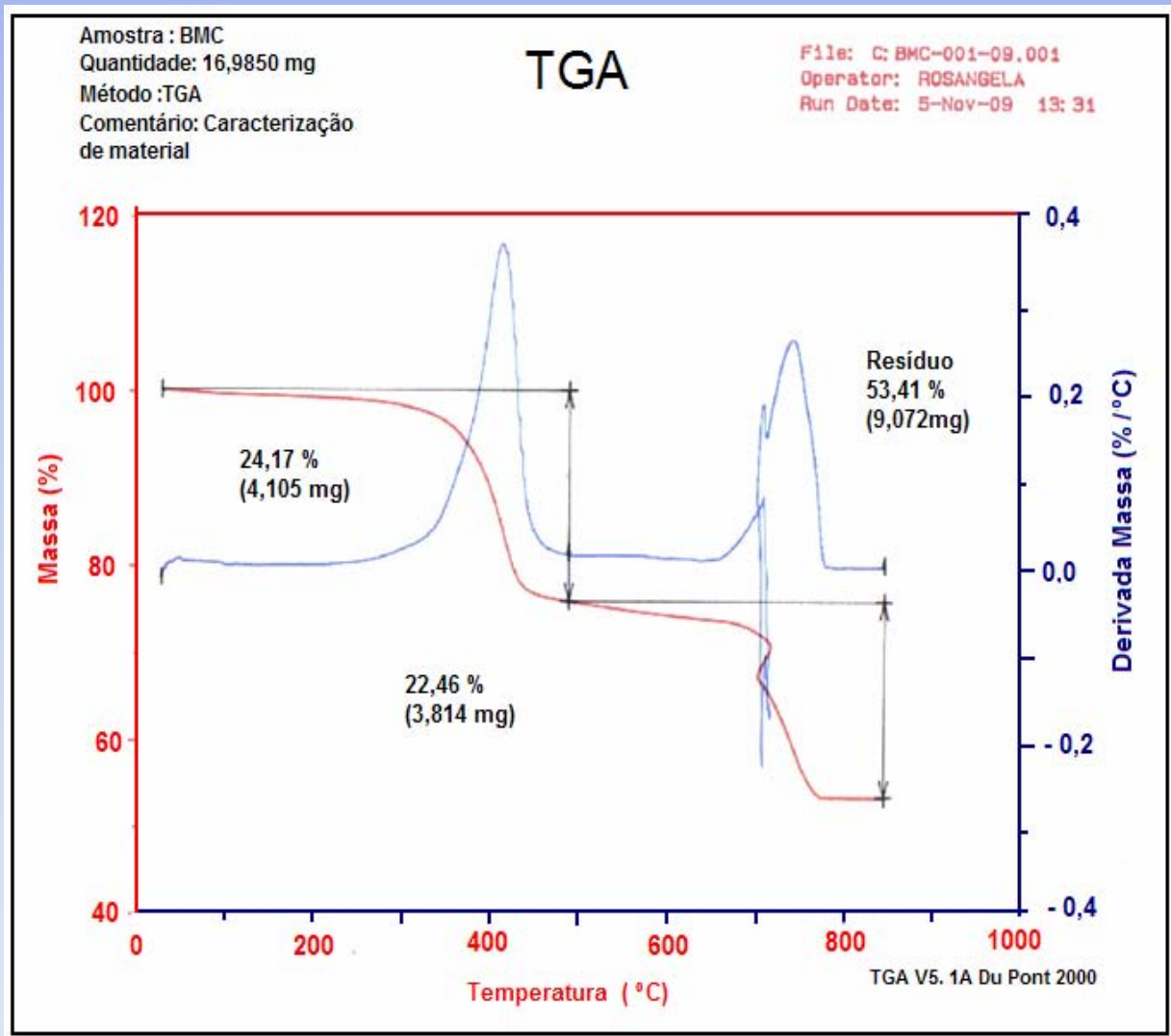


(b)

- Análise quantitativa por espectrometria de fluorescência de raios X  
 Análise dos resíduos de calcinação do BMC

| Ensaio                         | Resultados (%) | Ensaio                        | Resultados (%) |
|--------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|
| Perda ao fogo                  | 16,54          | MgO                           | 0,84           |
| SiO <sub>2</sub>               | 24,64          | Na <sub>2</sub> O             | 0,06           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,26           | K <sub>2</sub> O              | 0,03           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,08           | MnO                           | < 0,001        |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,26           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,12           |
| CaO                            | 51,11          | _____                         | _____          |

- Análise de termogravimetria - BMC





- Moagem dos resíduos
- Análise granulométrica por difração de raio X
- Análise por FTIR
- Incorporação no PVC e avaliação das seguintes propriedades:
  - determinação da resistência à tração
  - determinação da resistência ao impacto
  - determinação da temperatura de amolecimento Vicat
  - determinação dos pontos de gelificação, fusão e degradação

- Moagem dos resíduos



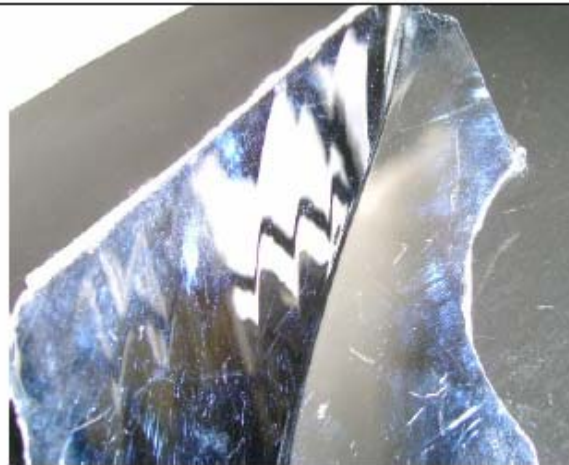
(a)



(b)



(c)



(d)

- Moagem dos resíduos



(a)



(b)



(c)

- Resíduos moído sendo peneirado



(a)

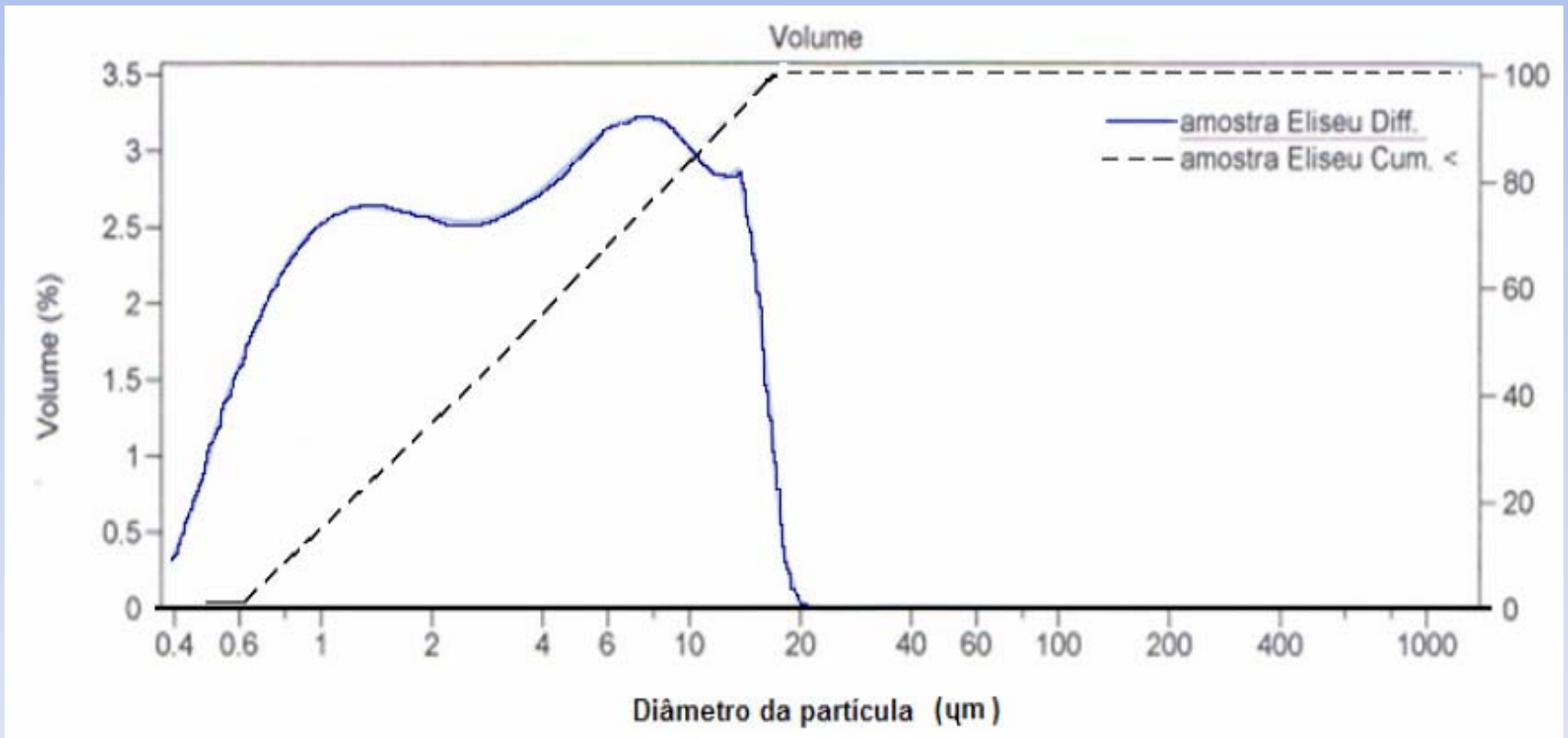


(b)

- Análise granulométrica por difração de raio X

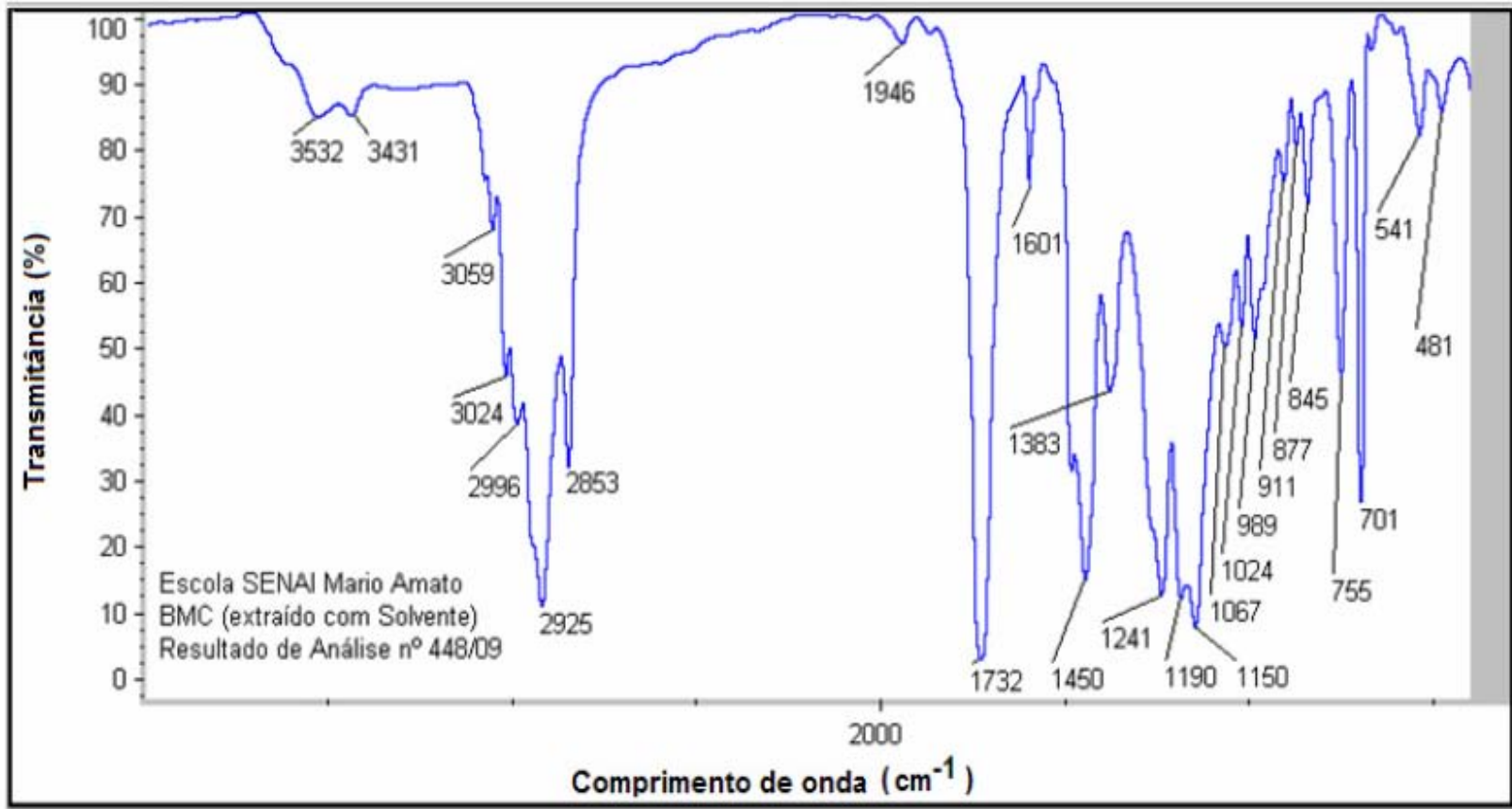


- Análise granulométrica por difração de raio X





- Análise por FTIR



## Incorporação do BMC ao PVC e avaliação das propriedades



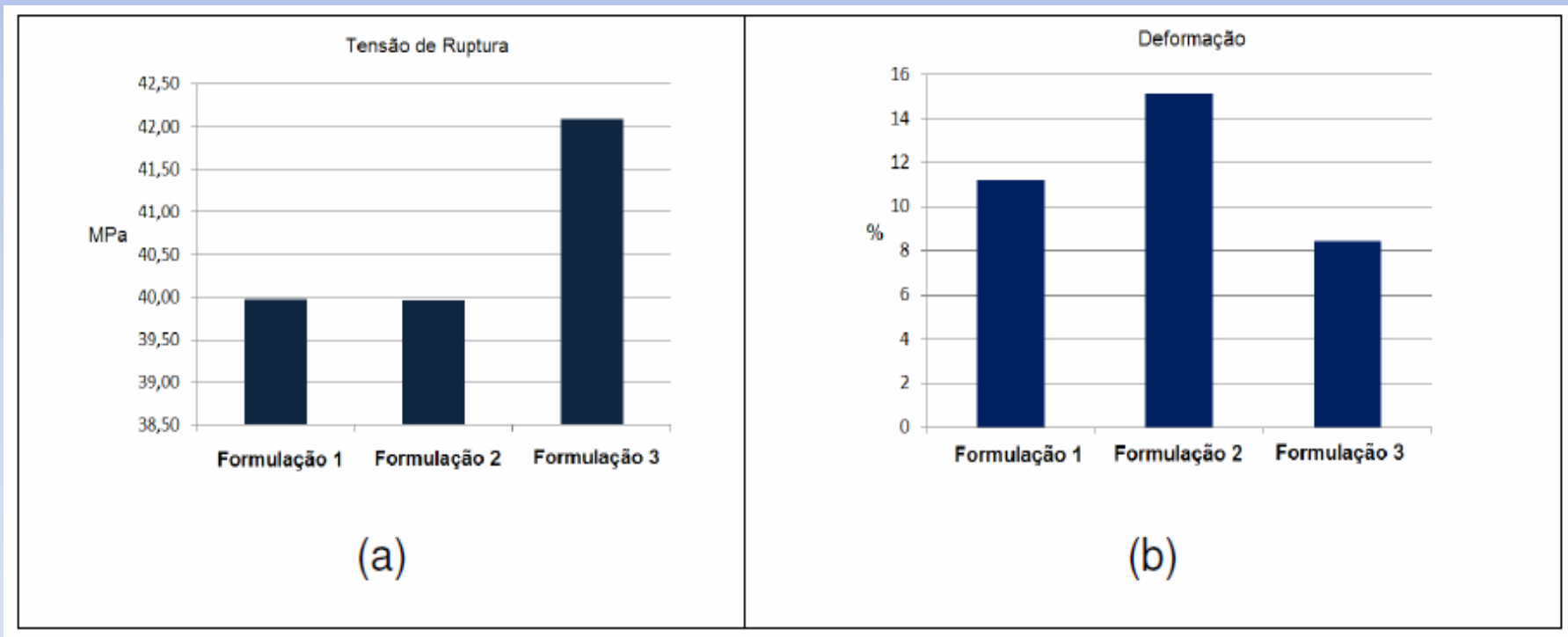
- Incorporação do PVC e avaliação das seguintes propriedades:

|                                  | Formulação<br>1 | Formulação<br>2 | Formulação<br>3 | Formulação<br>4 | Formulação<br>5 | Formulação<br>6 |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Resina<br>SP 700 HF              | 100             | 100             | 100             | 100             | 100             | 100             |
| Estabilizante<br>CZ 1820         | 2,5             | 2,5             | 2,5             | 2,5             | 2,5             | 2,5             |
| Modif. de Fluxo<br>Polaroid K120 | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 1,0             |
| CaCO <sub>3</sub><br>Barralev C  | 5,0             | -               | -               | 10,0            | -               | -               |
| BMC                              | -               | 5,0             | -               | -               | 10,0            | -               |
| BMC + metal                      | -               | -               | 5,0             | -               | -               | 10,0            |

- Ensaio realizado nas formulações de PVC com BMC:
  - determinação da resistência à tração
  - determinação da resistência ao impacto
  - determinação da temperatura de amolecimento Vicat
  - determinação dos pontos de gelificação, fusão e degradação

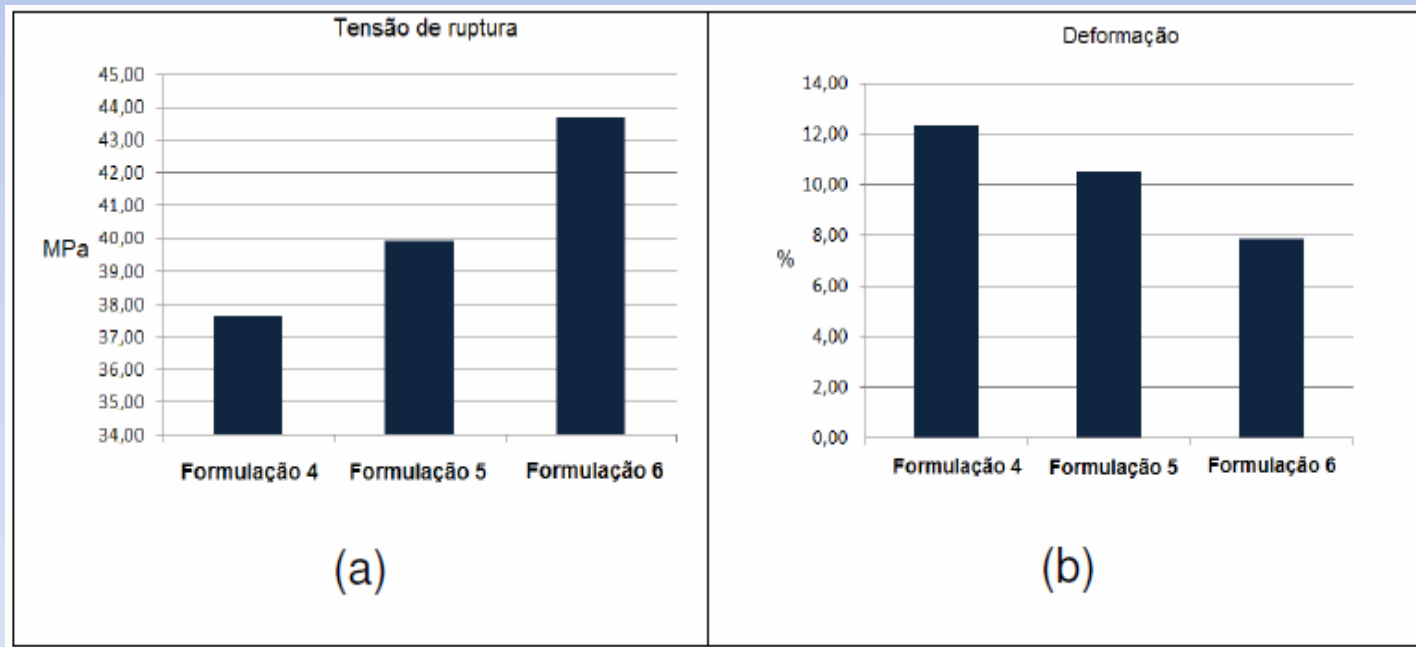
| Formulação                     | Propriedades avaliadas              |               |  |               |                                      |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------|--|---------------|--------------------------------------|
|                                | Resistência a tração na ruptura MPa | Desvio padrão | Resistência ao impacto Charpy $\text{kJ.m}^{-2}$ | Desvio padrão | Temperatura de amolecimento Vicat °C |
| 1 – PVC 5 PCR $\text{CaCO}_3$  | 39,98                               | 5,29          | 2,90   | 0,14          | 80,0                                 |
| 2 – PVC 5 PCR BMC              | 39,97                               | 1,42          | 2,83   | 0,13          | 82,0                                 |
| 3 – PVC 5 PCR BMC + metal      | 42,10                               | 3,37          | 2,99   | 0,23          | 82,1                                 |
| 4 – PVC 10 PCR $\text{CaCO}_3$ | 37,61                               | 3,12          | 3,12   | 0,28          | 81,0                                 |
| 5 – PVC 10 PCR BMC             | 39,94                               | 1,82          | 2,86   | 0,21          | 80,5                                 |
| 6 – PVC 10 PCR BMC + metal     | 43,66                               | 3,57          | 2,99   | 0,23          | 82,1                                 |

- PVC com 5 pcr de pó de  $\text{CaCO}_3$  e BMC
  - determinação da resistência à tração

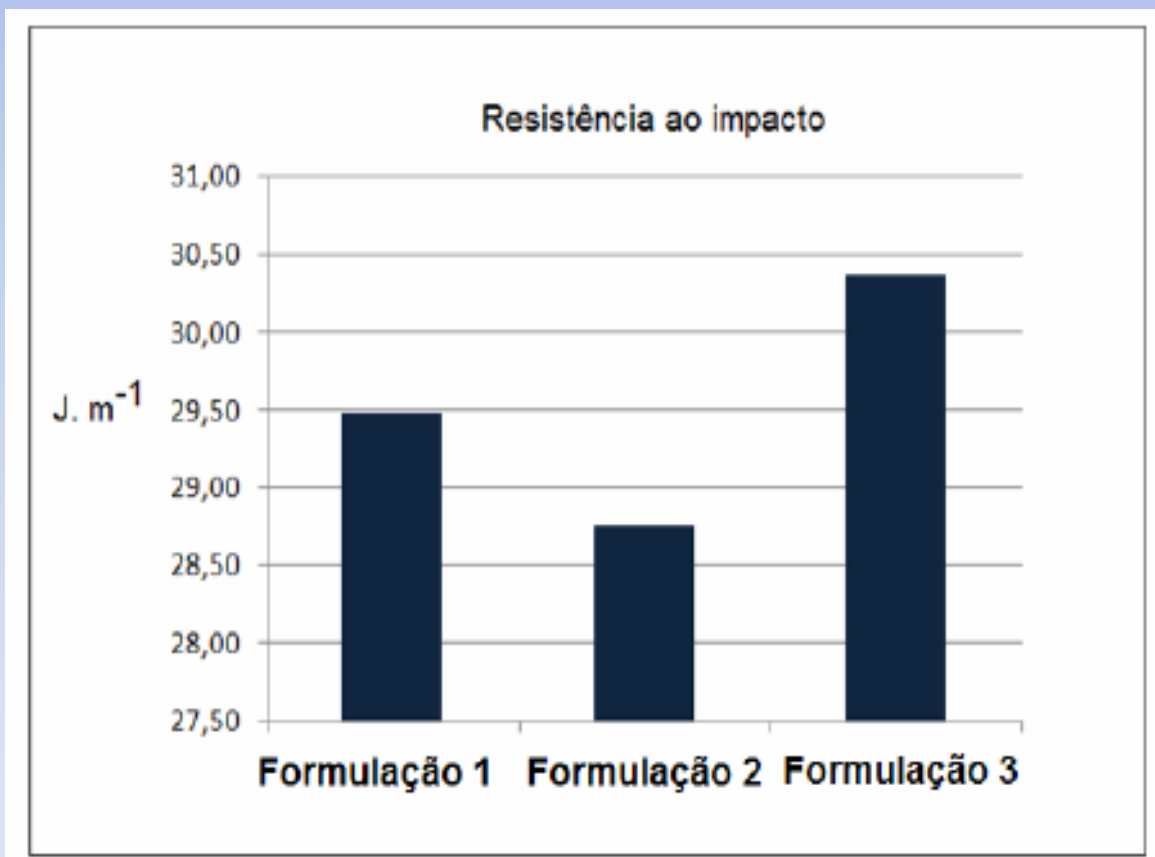




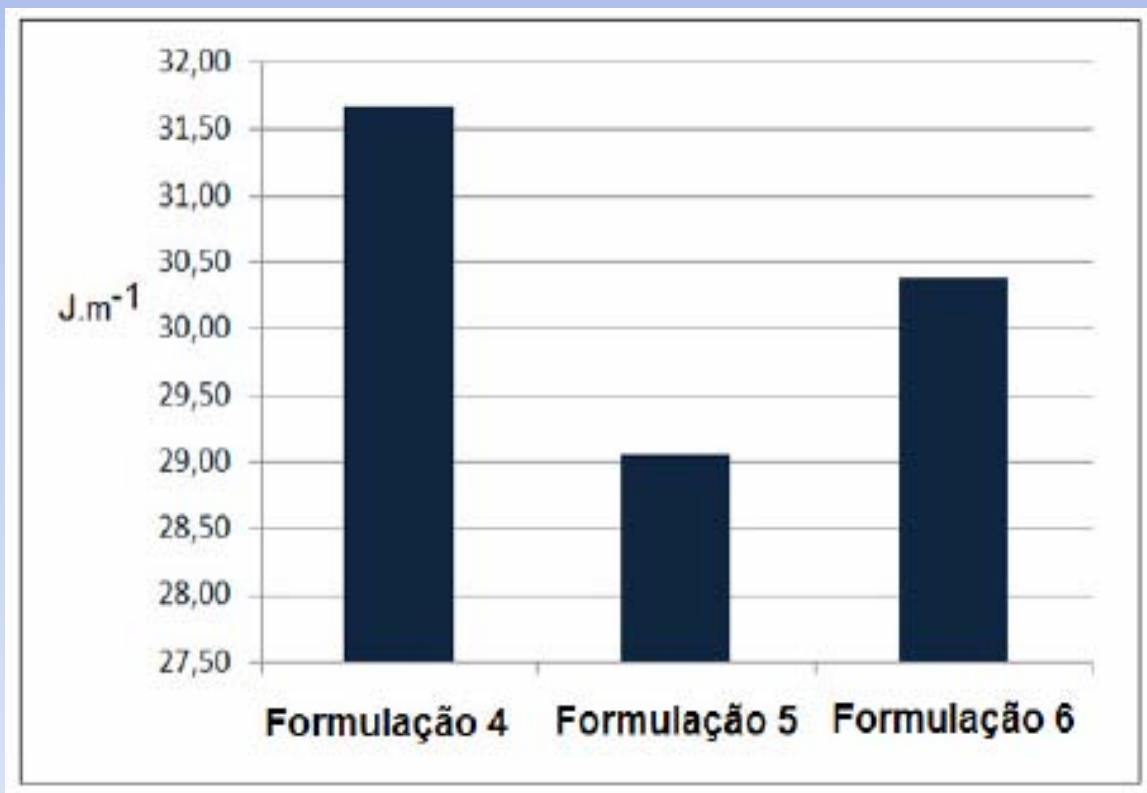
- PVC com 10 pcr de pó de  $\text{CaCO}_3$  e BMC  
 - determinação da resistência à tração



- PVC com 05 pcr de pó de  $\text{CaCO}_3$  e BMC  
- determinação da resistência ao impacto



- PVC com 10 pcr de pó de  $\text{CaCO}_3$  e BMC  
- determinação da resistência ao impacto



- PVC com pcr de pó de  $\text{CaCO}_3$  e BMC
  - determinação da temp. de amolecimento Vi

|   | Formulação 1                     |                  | Formulação 2         |                  | Formulação 3                    |                  |
|---|----------------------------------|------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
|   | PVC<br>05 PCR<br>$\text{CaCO}_3$ | Desvio<br>padrão | PVC<br>05 PCR<br>BMC | Desvio<br>padrão | PVC<br>05 PCR<br>BMC +<br>metal | Desvio<br>padrão |
| Temperatura<br>de<br>amolecimento<br>Vicat °C | 80,0                             | 0,6              | 82,0                 | 0,1              | 82,1                            | 0,2              |

|   | Formulação 4                     |                  | Formulação 5         |                  | Formulação 6                    |                  |
|---|----------------------------------|------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|------------------|
|   | PVC<br>10 PCR<br>$\text{CaCO}_3$ | Desvio<br>padrão | PVC<br>10 PCR<br>BMC | Desvio<br>padrão | PVC<br>10 PCR<br>BMC +<br>metal | Desvio<br>padrão |
| Temperatura<br>de<br>amolecimento<br>Vicat °C | 81,0                             | 0,1              | 80,5                 | 0,4              | 82,1                            | 0,2              |

- determinação dos pontos de gelificação

| <b>Ensaio de Gelificação</b> |                        |                             |                        |                         |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
|                              | <b>Tempo<br/>(min)</b> | <b>Temperatura<br/>(°C)</b> | <b>Torque<br/>(Nm)</b> | <b>Energia<br/>(kJ)</b> |
| Formulação 1                 | 2,15                   | 161                         | 5,59                   | 64,50                   |
| Formulação 2                 | 2,01                   | 162                         | 6,10                   | 66,10                   |
| Formulação 3                 | 0,98                   | 154                         | 8,09                   | 54,60                   |
| Formulação 4                 | 2,50                   | 162                         | 4,79                   | 59,80                   |
| Formulação 5                 | 2,68                   | 159                         | 6,36                   | 91,80                   |
| Formulação 6                 | 0,98                   | 162                         | 7,67                   | 51,20                   |

- determinação dos pontos de fusão

| <b>Ensaio de Fusão</b> |                        |                             |                        |                         |
|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
|                        | <b>Tempo<br/>(min)</b> | <b>Temperatura<br/>(°C)</b> | <b>Torque<br/>(Nm)</b> | <b>Energia<br/>(kJ)</b> |
| Formulação 1           | 3,64                   | 170                         | 22,10                  | 142,0                   |
| Formulação 2           | 3,27                   | 171                         | 22,40                  | 140,0                   |
| Formulação 3           | 2,43                   | 171                         | 21,60                  | 139,0                   |
| Formulação 4           | 3,89                   | 170                         | 21,70                  | 130,0                   |
| Formulação 5           | 4,16                   | 170                         | 22,40                  | 182,0                   |
| Formulação 6           | 2,60                   | 168                         | 22,00                  | 139,0                   |

Eliseu William de Souza

[docplastico116@sp.senai.br](mailto:docplastico116@sp.senai.br)

[eliseu.polimero@usp.br](mailto:eliseu.polimero@usp.br)

Obrigado !