

# CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA - IV REGIÃO (SP)

---



## Minicursos 2011

### Introdução à Tecnologia da Borracha

Ministrante: Luiz Emiliani Junior  
Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas  
Modulus Ass. Técnica em Borracha  
Contatos: [luiz.modulus@uol.com.br](mailto:luiz.modulus@uol.com.br)

### Apoio



São Paulo, 03 de setembro de 2011



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## PROGRAMA

- **História da Borracha**
- **Propriedades Físicas da Borracha**
- **Elastômeros (Tipos, Propriedades e Aplicação)**
- **Demais Insumos de um Composto e suas Funções**
- **Mistura**
- **Vulcanização**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# HISTÓRIA DA BORRACHA

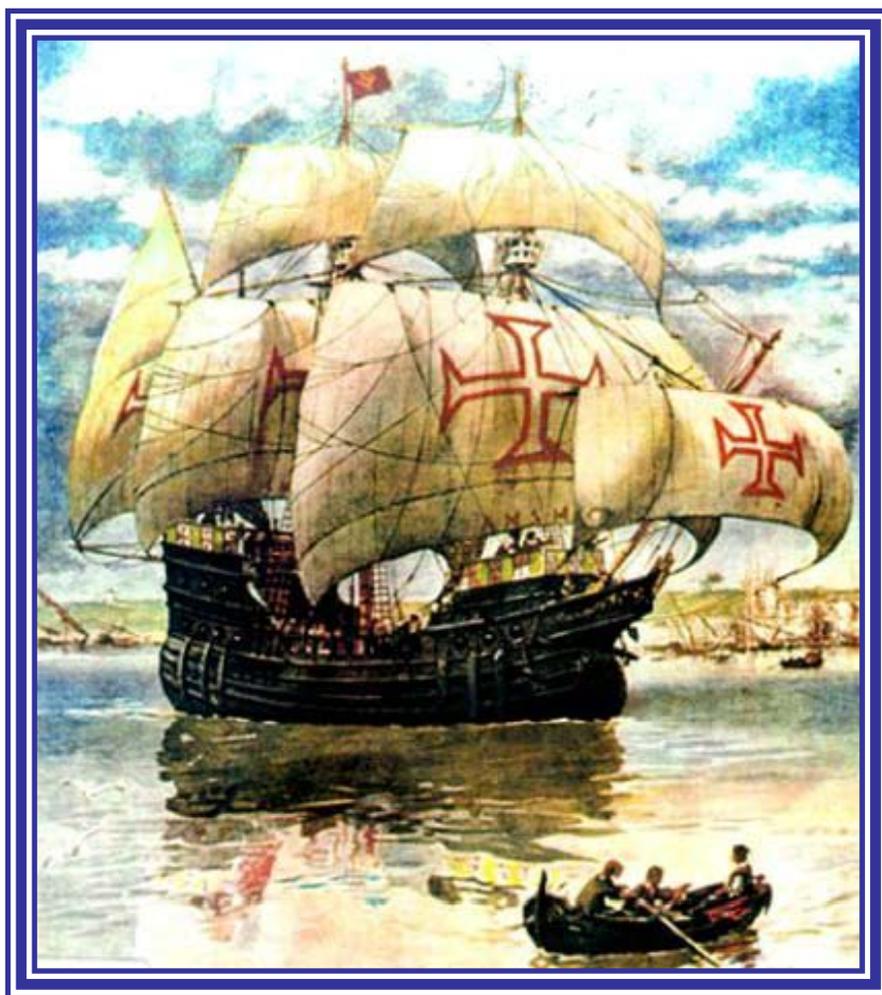


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# HISTÓRIA DA BORRACHA



**Descobertas**



**1500**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# HISTÓRIA DA BORRACHA



**HANCOCK**



**Mastigador**



**1815**

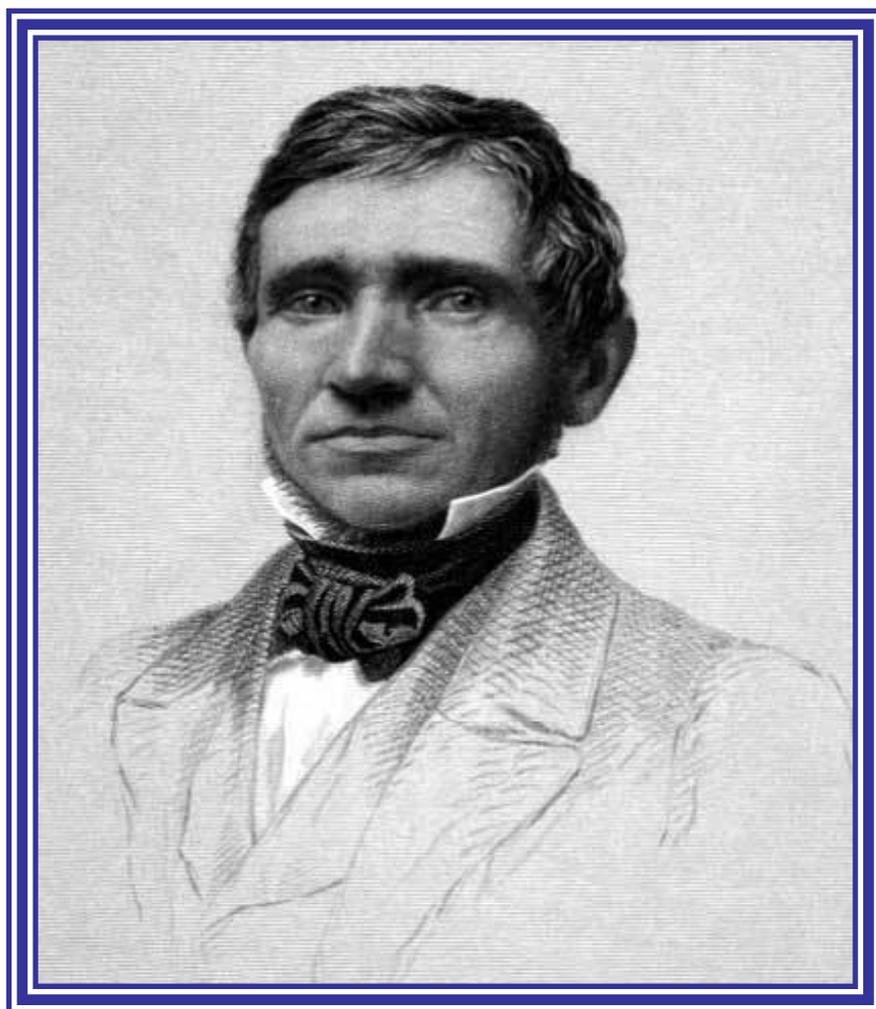


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# HISTÓRIA DA BORRACHA



**MACINTOCH**



**Capas impermeabilizantes**



**1815**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# DESCOBERTA DA VULCANIZAÇÃO

Condições de  
Temperatura : 140 °C

COMPOSIÇÃO	PHR		TEMPO
Borracha Natural	100		
Enxofre	8 → 3	→	5 horas
Óxido de Zinco	5	→	3 horas
Tiocarbanilida	<del>2</del>	→	1,5 hora
MBT	1	→	20 minutos

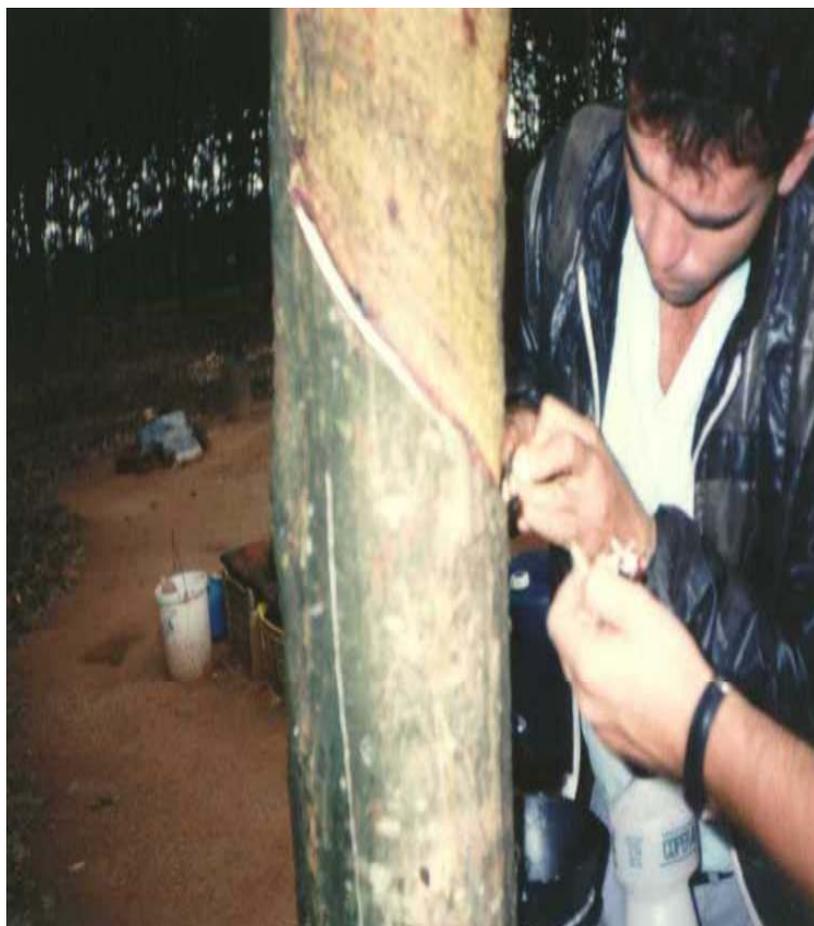


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# EXTRAÇÃO DO LÁTEX





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# EXTRAÇÃO DO LÁTEX





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BENEFICIAMENTO





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BENEFICIAMENTO





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BENEFICIAMENTO



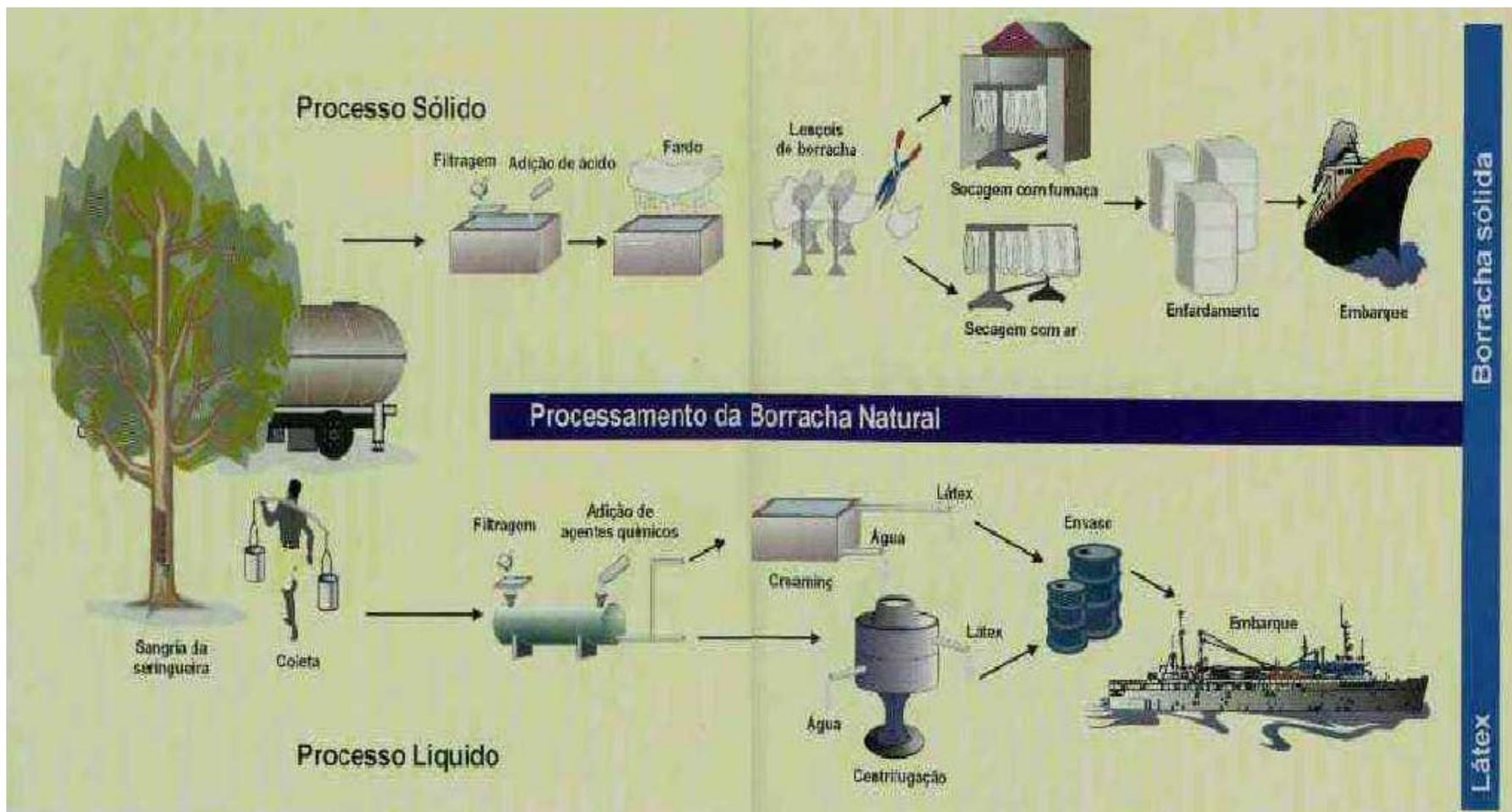


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROCESSAMENTO DA NR





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS

<b>NÃO VULCANIZADO</b> (PROCESSAMENTO)	<b>VULCANIZADO</b> (UTILIZAÇÃO)
<b>Plasticidade / Viscosidade (Viscosímetro Mooney)</b>	<b>Dureza</b>
<b>Cura pelo Reômetro</b>	<b>Tensão de Ruptura</b>
<b>Pegajosidade e Tack</b>	<b>Alongamento de Ruptura</b>
	<b>Módulo</b>
	<b>Deformação por Tração</b>
	<b>Resistência ao Rasgo</b>
	<b>Densidade</b>
	<b>Resiliência</b>
	<b>Histerese</b>
	<b>Resistência à Abrasão</b>
	<b>Deformação Permanente a Compressão</b>
	<b>Envelhecimento</b>
	<b>Baixa Temperatura</b>
	<b>Fadiga Dinâmica</b>



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## VULCANIZAÇÃO

**NÃO VULCANIZADO** → **VULCANIZADO**

**Fraco**



**Forte**

**Plástico**



**Elástico**

**Solúvel**



**Insolúvel**

**Pegajoso**



**Não Pegajoso**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# REÔMETRO

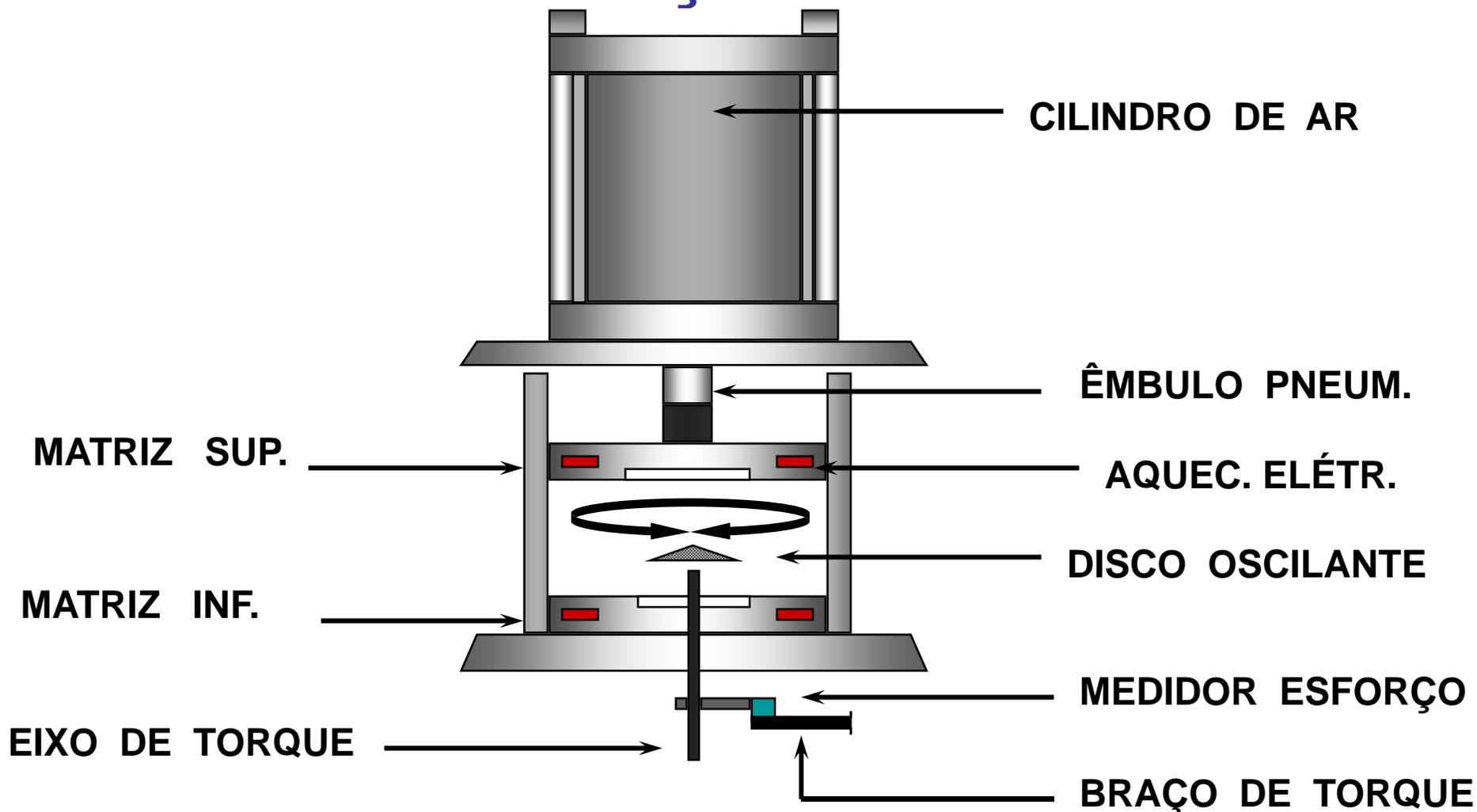


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



### OPERAÇÃO GERAL





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# REÔMETRO



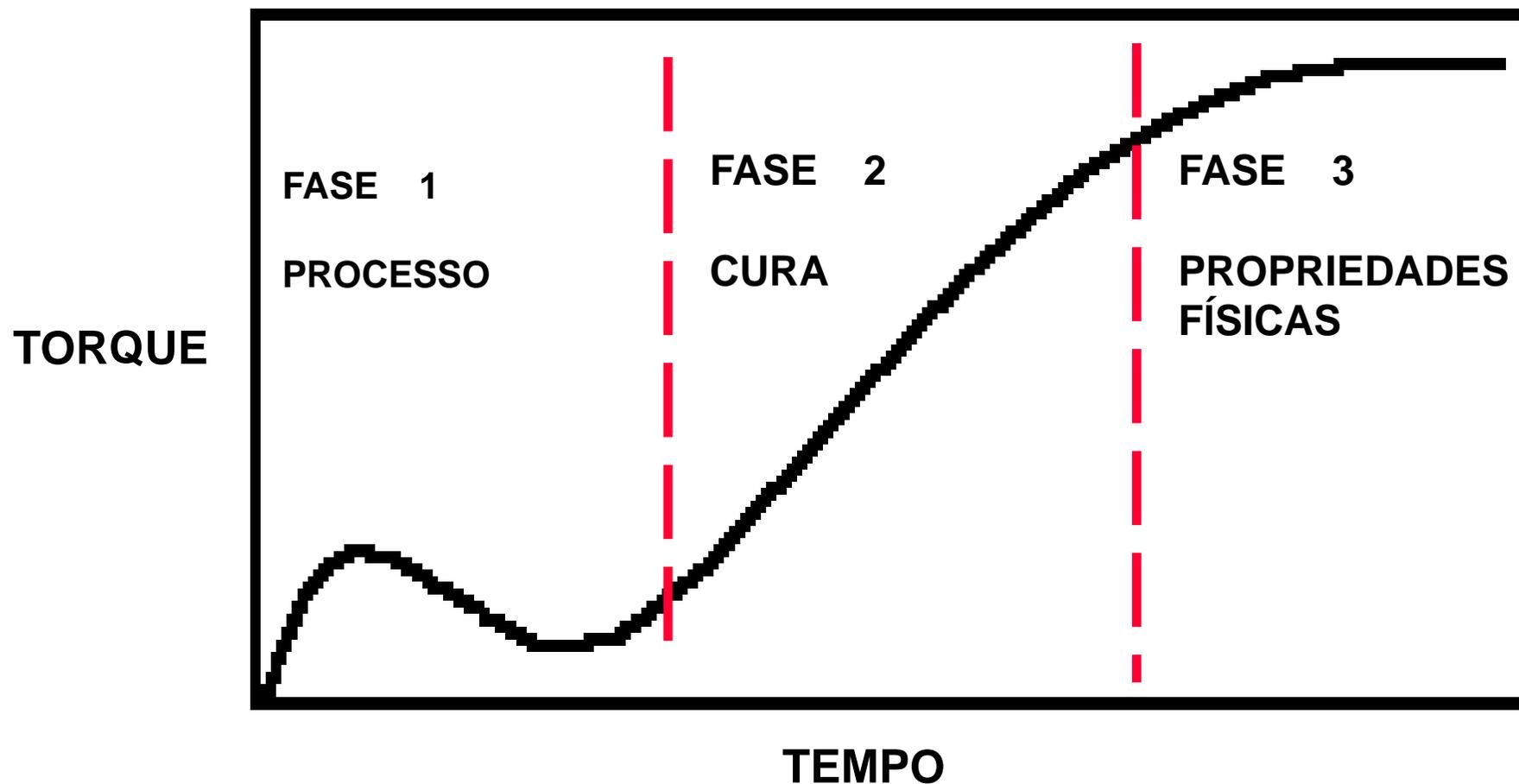


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# GRÁFICO REOMÉTRICO





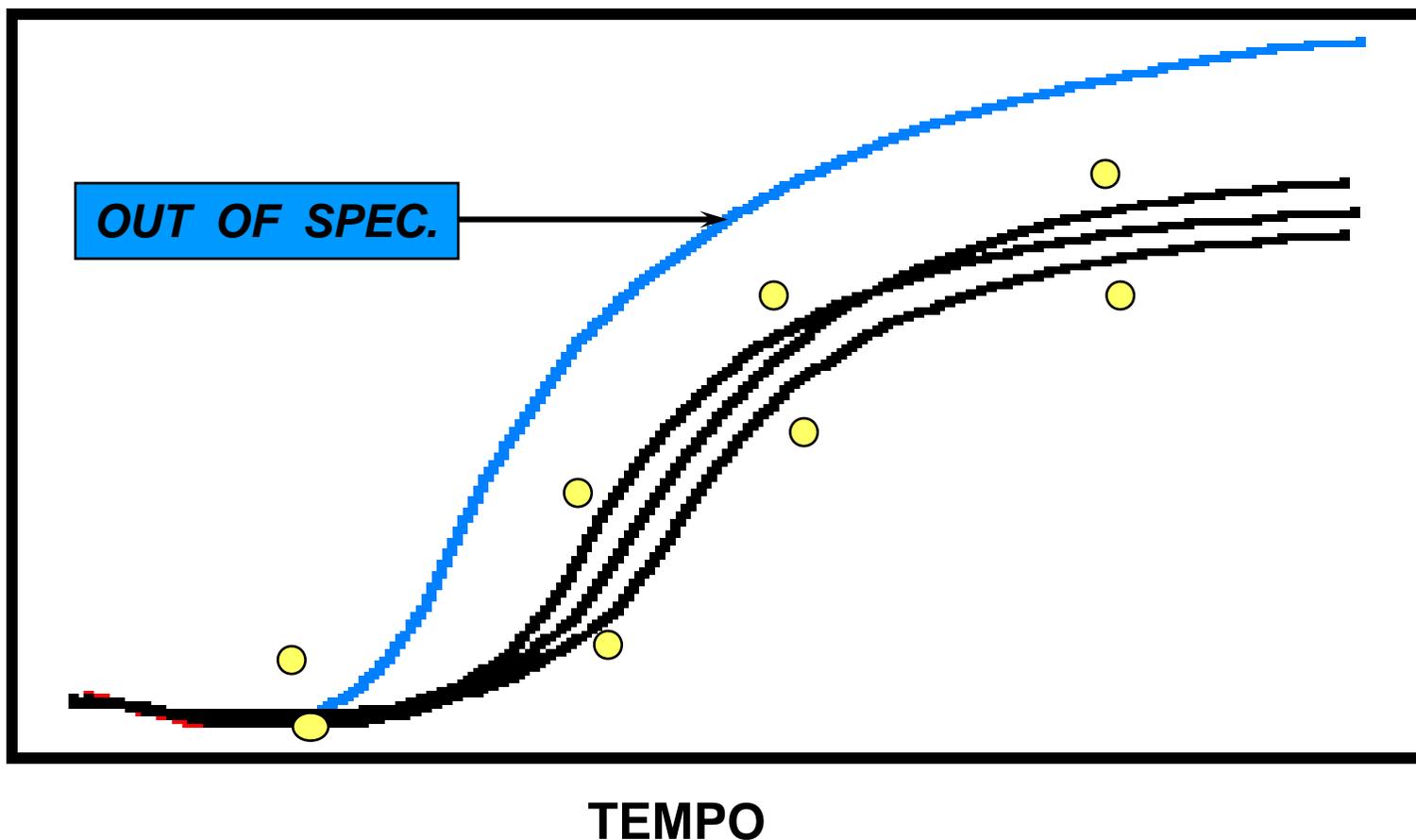
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO

TORQUE





MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## REOMETRIA

**“USO DO REÔMETRO, PARA PESQUISA E  
DESENVOLVIMENTO DE NOVOS COMPOSTOS  
E PARA ESTABELEECER O CONTROLE DE  
QUALIDADE NA PRODUÇÃO”**

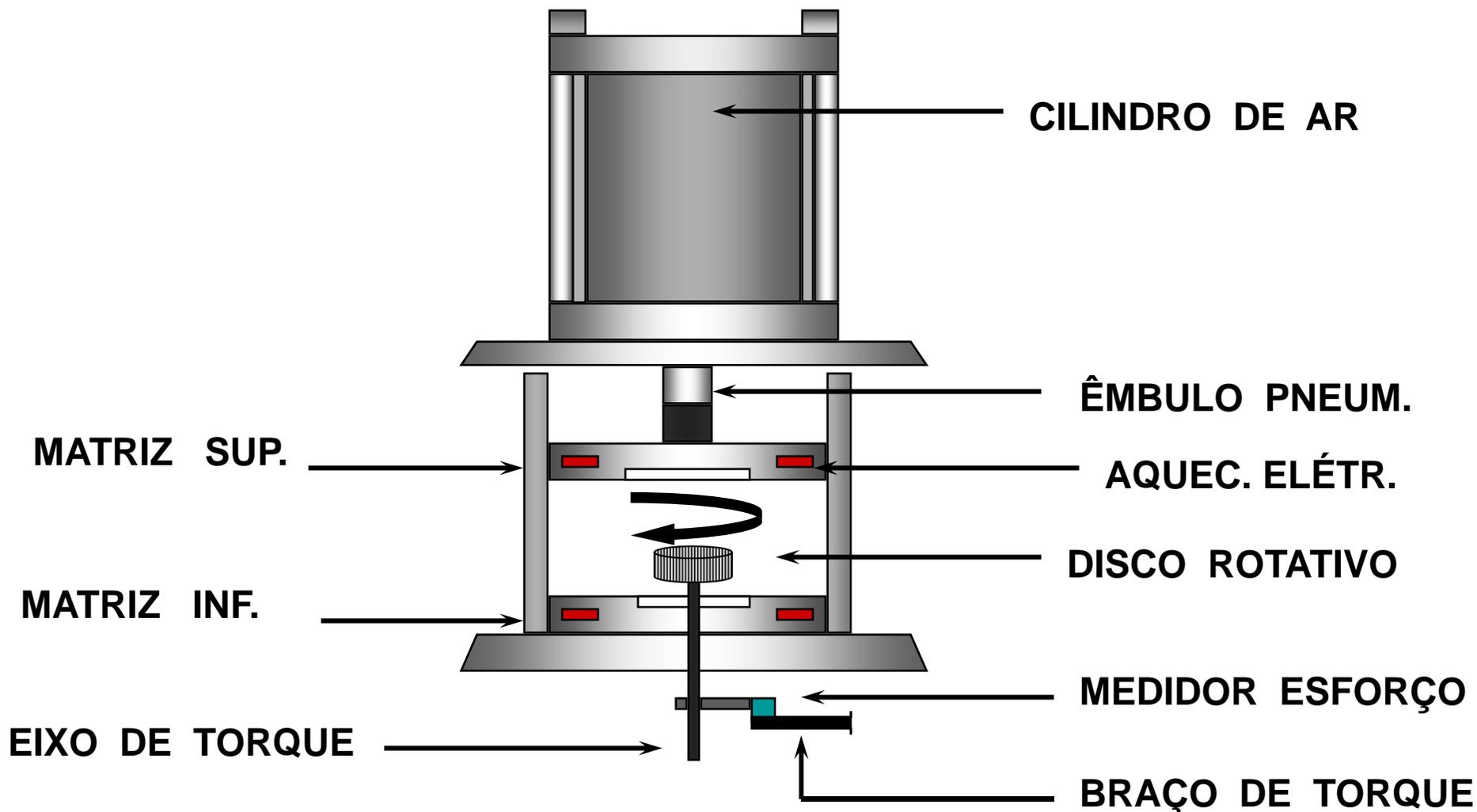


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VISCOSÍMETRO MOONEY





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VISCOSÍMETRO MOONEY





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA





MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

**Dureza**

**Tensão de Ruptura**

**Alongamento de Ruptura**

**Módulo**

**Deformação por Tração**

**Resistência ao Rasgo**

**Densidade**

**Resiliência**

**Histerese**

**Resistência à Abrasão**

**DPC**

**Envelhecimento Térmico**

**Baixa Temperatura**

**Resistência ao Ozona**

**Resistência Química**

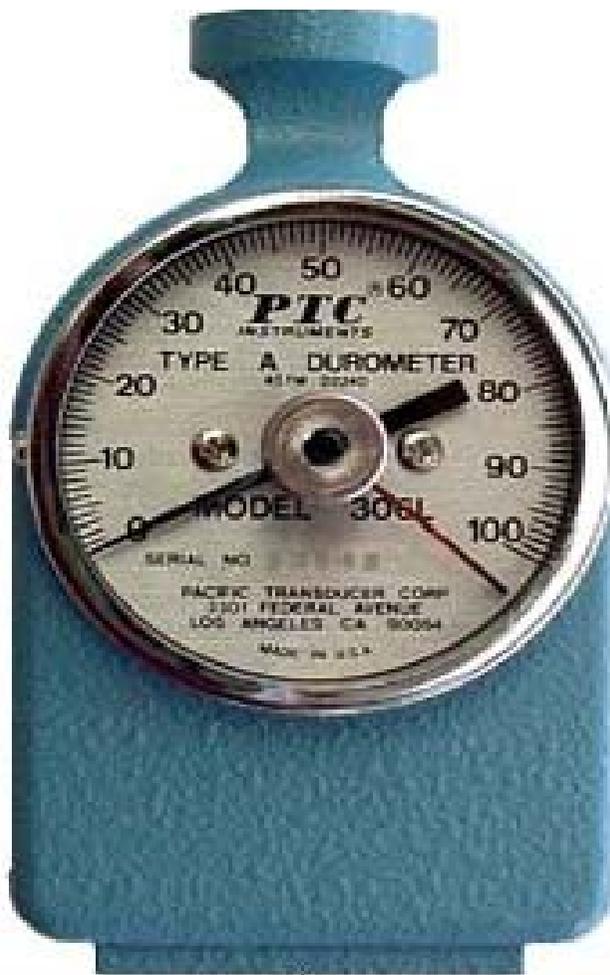


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# DURÔMETRO





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## DUREZA

É a resistência oposta à força de penetração de um pino de ponta esférica sob uma carga constante. Este valor é convertido em graus de dureza na escala Shore A, Shore D, ou IRHD. O Durômetro de escala Shore A é utilizado para composição até 90 pontos e Shore D acima disto. O IRHD é utilizado mais em pesquisas. (ASTM D 2240 e DIN 1415). Sendo o Durômetro um dos equipamentos mais acessíveis quanto a custo, dentre os outros para ensaios físicos, devemos fazer dele o melhor proveito para que com ele possamos ter mais um apoio na busca do Controle de Qualidade.



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# DINAMÔMETRO





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## TENSÃO DE RUPTURA

É a força por unidade de área da secção original do corpo de prova, necessária para rompê-lo, sendo sua unidade de medida PSI, Kgf/cm<sup>2</sup> ou MPa (Norma ASTM D 412).

- MPa x 10,21 = Kgf/cm<sup>2</sup>
- Kgf/cm<sup>2</sup> x 14,22 = PSI

## ALONGAMENTO

É a deformação do corpo de prova sob um determinado esforço, cuja medida é realizada pelo afastamento de 2 traços de referência, marcados no corpo de prova (25,4 mm) e dado em % da distância inicial. Geralmente o alongamento considerado é o do momento de Ruptura. (Norma ASTM D 412).



## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## MÓDULO

É a força por unidade de área da secção original do corpo de prova, necessário para distendê-lo a um determinado Alongamento. Sua unidade é  $\text{Kgf/cm}^2$  ou MPa. O Alongamento deve ser especificado no resultado.

Exemplo  $60 \text{ Kgf / cm}^2$  ou  $5,8 \text{ MPa}$  a  $300 \%$  (Norma ASTM D 412).

## DEFORMAÇÃO POR TRAÇÃO

É a extensão residual após o corpo de prova ter sido estirado a uma determinada percentagem e deixado retrair numa maneira especificada. O resultado é dado em % do comprimento original. (Norma ASTM D 412).



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## RESISTÊNCIA AO RASGO

É a resistência do composto à Força de Rasgamento. Geralmente ela é proporcional a Tensão de Ruptura (Norma ASTM D 624). É expressa em Kgf/cm ou N/mm.



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESILIÔMETRO





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## RESILIÊNCIA

É a relação entre a energia liberada na recuperação de uma dada deformação e a energia necessária para produzir a deformação. É expressa em % (DIN 53.512).

## HISTERESE

É a energia perdida quando da deformação acima, ou seja, 100% à menos que a % da Resiliência (DIN 53.512).

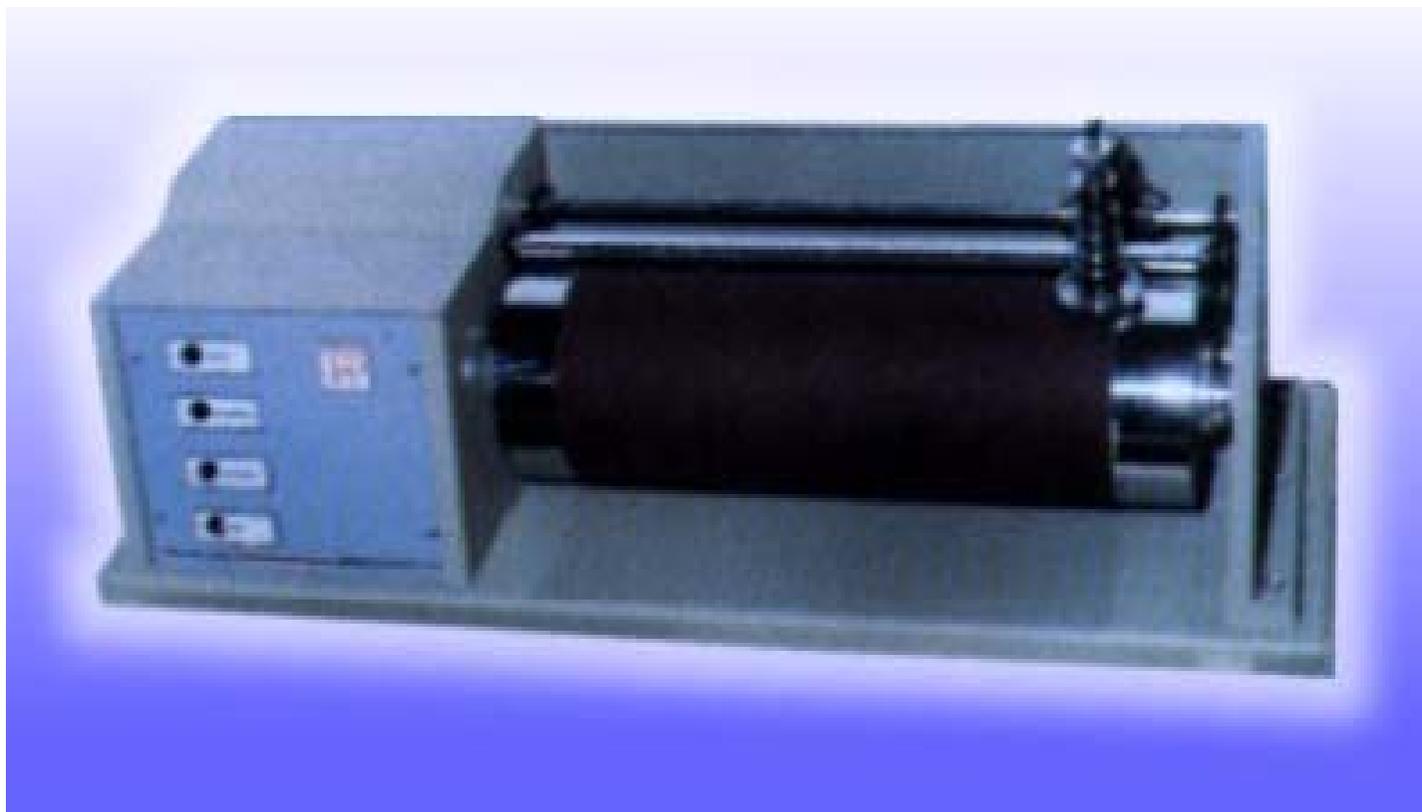


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ABRASÍMETRO





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## RESISTÊNCIA À ABRASÃO

**Característica apresentada pelas composições de borracha em oferecer resistência ao desgaste por friccionamento em serviço. Não existe correlação entre os testes realizados em Laboratório e o que realmente acontece em serviço. O desgaste é dado em % de perda de peso do corpo de prova (DIN 53.516).**



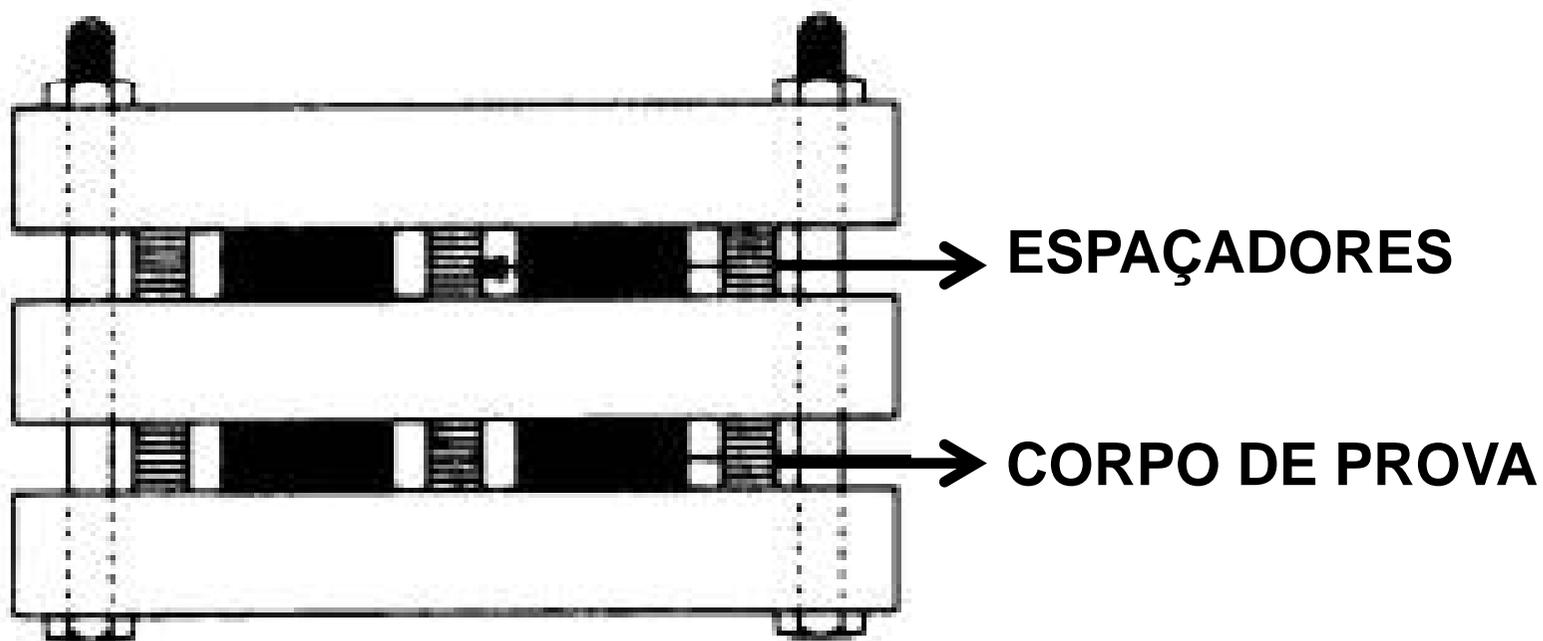
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# DPC – Compression Set

**CARGA APLICADA**  
**CALIBRADA PARA 25% DE DEFLEXÃO**





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## D.P.C. (COMPRESSION SET)

**É a deformação residual apresentada pelo corpo de prova utilizado, após removida a carga de compressão. (Norma ASTM D 395 - Método A ou B). É dada em % .**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ENVELHECIMENTO - ESTUFA





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## ENVELHECIMENTO

É a suscetibilidade das composições de borracha a se deteriorarem quando expostas aos efeitos ambientais. A avaliação é realizada pela variação das Propriedades Físicas dos corpos de prova, após submetidos a testes a diversos Tempos e Temperaturas.

## ENVELHECIMENTO TÉRMICO

Pode ser dividido em 4 tipos:

- a) Em estufa com ar circulante (Norma ASTM D 573);
- b) Método de tubo de ensaio (Norma ASTM D 865);
- c) Bombas de oxigênio sob pressão;
- d) Bombas de ar sob pressão.



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PROPRIEDADES FÍSICAS DO MATERIAL VULCANIZADO

## RESISTÊNCIA QUÍMICA / IMERSÃO EM FLUÍDOS

Em qualquer que seja a aplicação, o composto estará sujeito a contato com Óleo, Graxa, Solventes, Água, etc. A Norma ASTM D 471 descreve os métodos de teste para determinar a resistência dos compostos elastoméricos em presença de Calor e Carburantes.

Determinação efetuada neste ensaio :

- a) Variação em Peso (%);
- b) Variação da Dureza (Pontos);
- c) Variação de Tensão de Ruptura (%);
- d) Variação de Módulo (%);
- e) Variação de Alongamento de Ruptura (%);
- f) Variação de Volume (%);

Resultados expressos em % sobre o original, exceto a Dureza.

Exemplo : A absorção de umidade é altamente crítica em produtos de isolamento elétrica; esta propriedade é determinada pela imersão do corpo de prova em água destilada por determinado Tempo e Temperatura, e calculado seu aumento em peso.



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# FORMULAÇÃO BÁSICA

**Elastômero**

**Ativadores**

**Peptizantes**

**Retardantes**

**Antioxidantes**

**Antiozonantes**

**Cargas**

**Plastificantes**

**Auxiliar de Processo**

**Dissecantes**

**Aceleradores**

**Agentes de Cura**

**Esponjantes**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## ELASTÔMEROS

### **Não Resistente à Óleo**

**Borracha Natural (NR)**

**Poli (Estireno-Butadieno) (SBR)**

**Polibutadieno (BR)**

**Poli (Etileno-Propileno-Dieno) (EPDM)**

**Poli (Isobutileno Isopreno) (IIR)**

### **Resistente à Óleo**

**Poli (Acrilonitria Butadieno) (NBR)**

**Policloropreno (Neoprene) (CR)**

**Siliconas (MQ)**

**Borrachas Fluoradas (CFM)**

**Polietilenoclorossulfonado (CSM)**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## TABELA

# COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ENTRE ALGUMAS BORRACHAS

(Veja anexo 01)

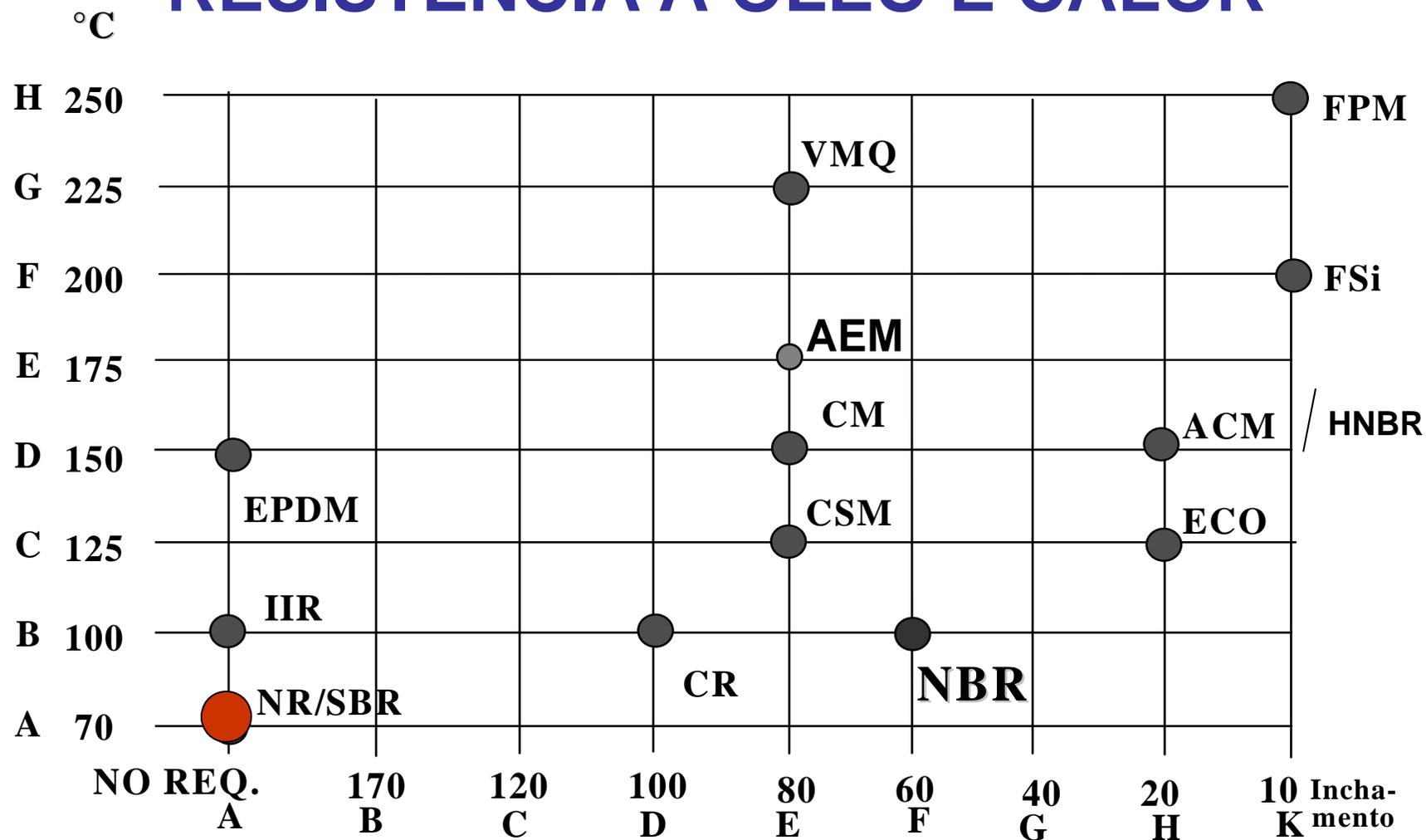


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR





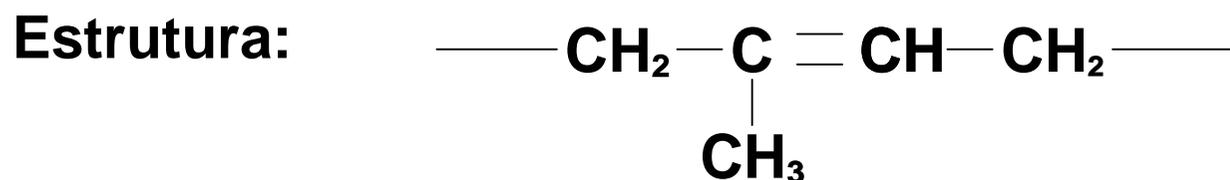
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BORRACHA NATURAL (NR)

**Natureza Química: Poliisopreno**



**Propriedades:**

- Excelente Resistência Dinâmica
- Excelente Adesividade
- Baixa Resistência ao Calor e Ozona
- Boa Resistência ao Frio
- Boa Resistência à Abrasão

**Aplicação:**

- Pneus
- Coxins
- Buchas
- Batentes
- Uso Geral



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BORRACHA NATURAL (NR)

## Principais Tipos e Suas Características:

TIPO	SMR-5	SMR-L	RSS-1	RSS-3	SMR-5	SMR-10	SMR-20	SMR-GP
Composição	Látex		Thin Pale Crepe		Folha	Material de Campo (Coagulo)		Blend
Sujidade	0.02	0.02			0.08	0.08	0.16	0.16 %
Cinzas	0.50	0.50			0.75	0.75	1.00	0.75 %
Nitrogênio	0.60	0.60			0.60	0.60	0.60	0.60 %
Volatéis	0.80	0.80			0.80	0.80	0.80	0.80 %
Plast. inicial PO		35	EXAME VISUAL		30	30	30	
P.R.I.	60	60			60	50	40	50 %
M2 -Visc. Mooney	60 (+5-5)							
Cores Lovibond indiv max varia max		6.0 2.0						

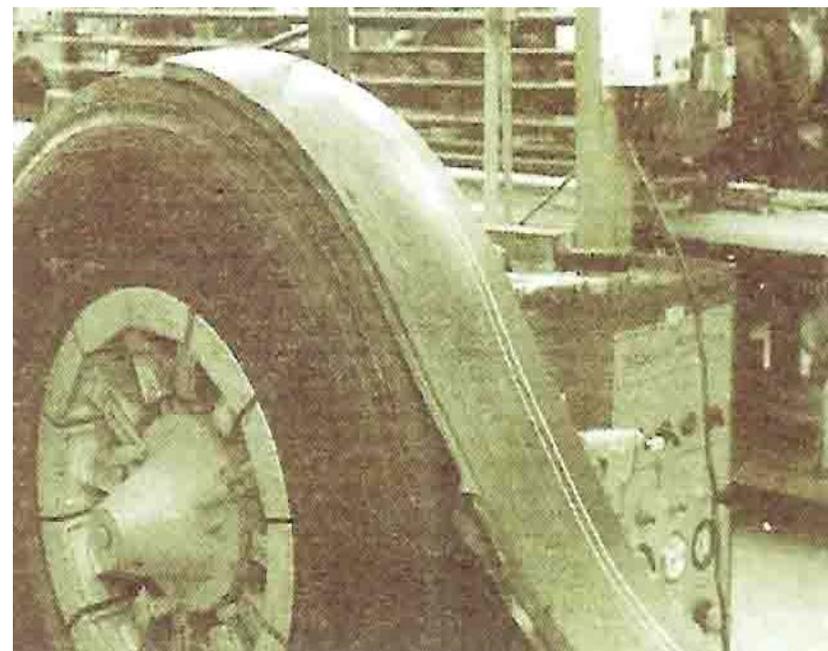
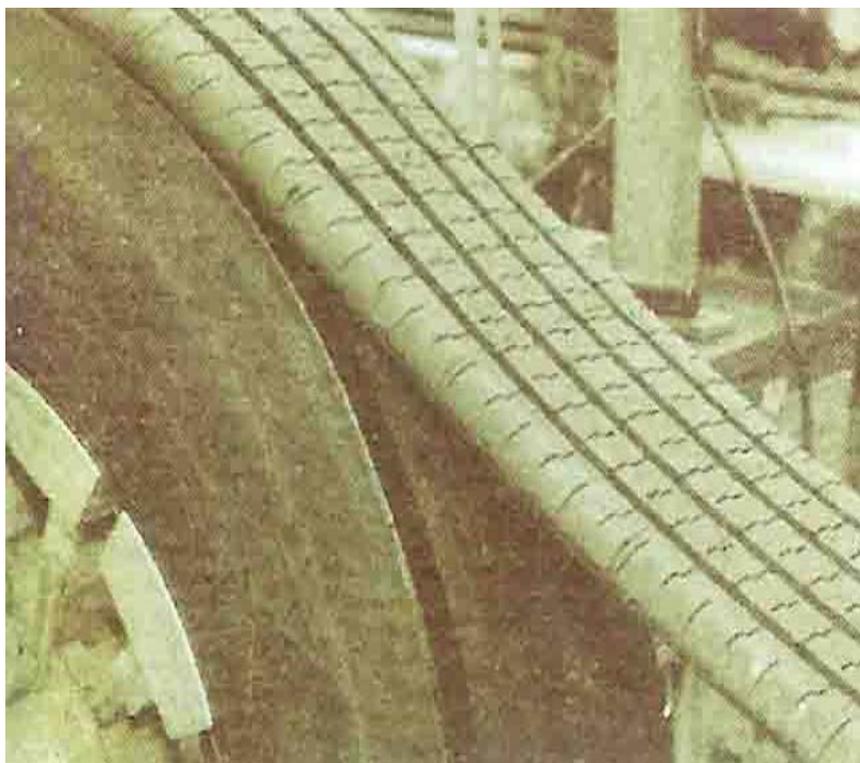


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BORRACHA NATURAL (NR)



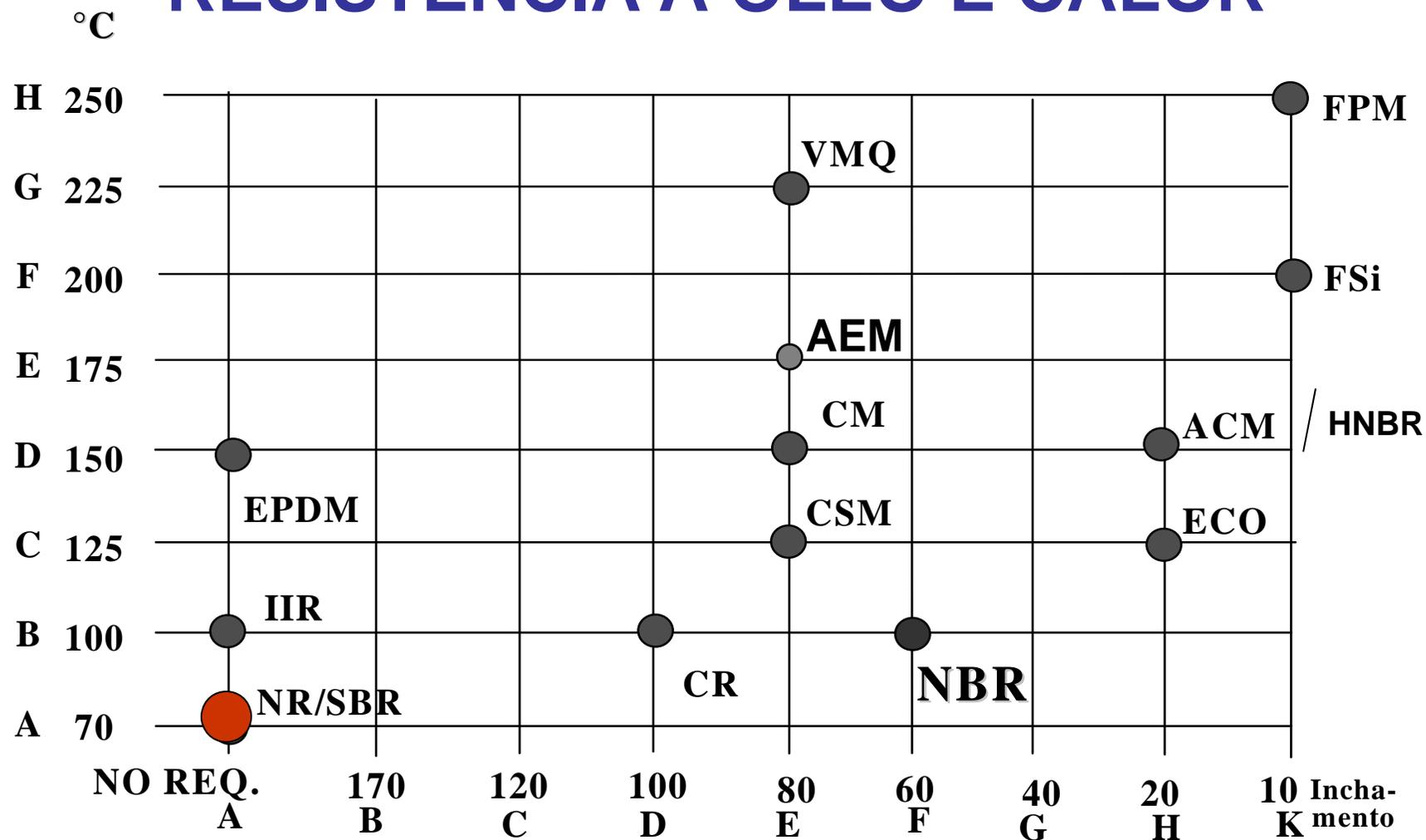


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR



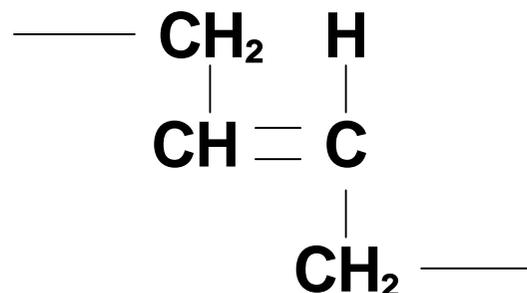


MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA

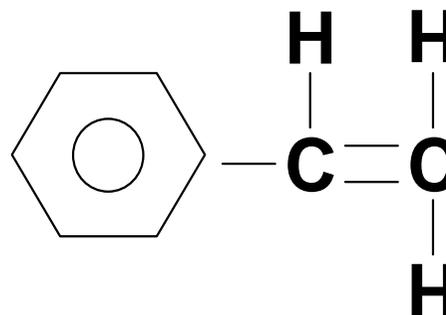


## POLI (ESTIRENO BUTADIENO) - (SBR)

**Estrutura Butadieno:**



**Estrutura Estireno:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI (ESTIRENO BUTADIENO) - (SBR)

<b>TIPOS</b>	<b>ML (1+4 a 100 °C)</b>	<b>ÓLEO</b>	<b>ANTIOXIDANTE</b>
<b>SBR 1500</b>	<b>52</b>		<b>Manchante</b>
<b>SBR 1502 (CL/TL)</b>	<b>52</b>		<b>Não Manchante</b>
<b>SBR 1507 (CL/TL)</b>	<b>35</b>		<b>Não Manchante</b>
<b>SBR 1712</b>	<b>55</b>	<b>37.5</b>	<b>Manchante</b>
<b>SBR 1778</b>	<b>55</b>	<b>37.5</b>	<b>Não Manchante</b>



## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# **POLI (ESTIRENO BUTADIENO) - (SBR)**

### **Aplicação:**

- **Calçados (Solado, Viras para Tênis, Sandálias, etc.)**
- **Perfil (Guarnição, Trafilados em Geral).**
- **Pneu (Camel Back, Laterais, Carcaças, Protetores, etc.)**
- **Auto Peças (Suportes, Buchas, Coxins, etc.)**
- **Anéis para Tubos de PVC, entre outras aplicações.**

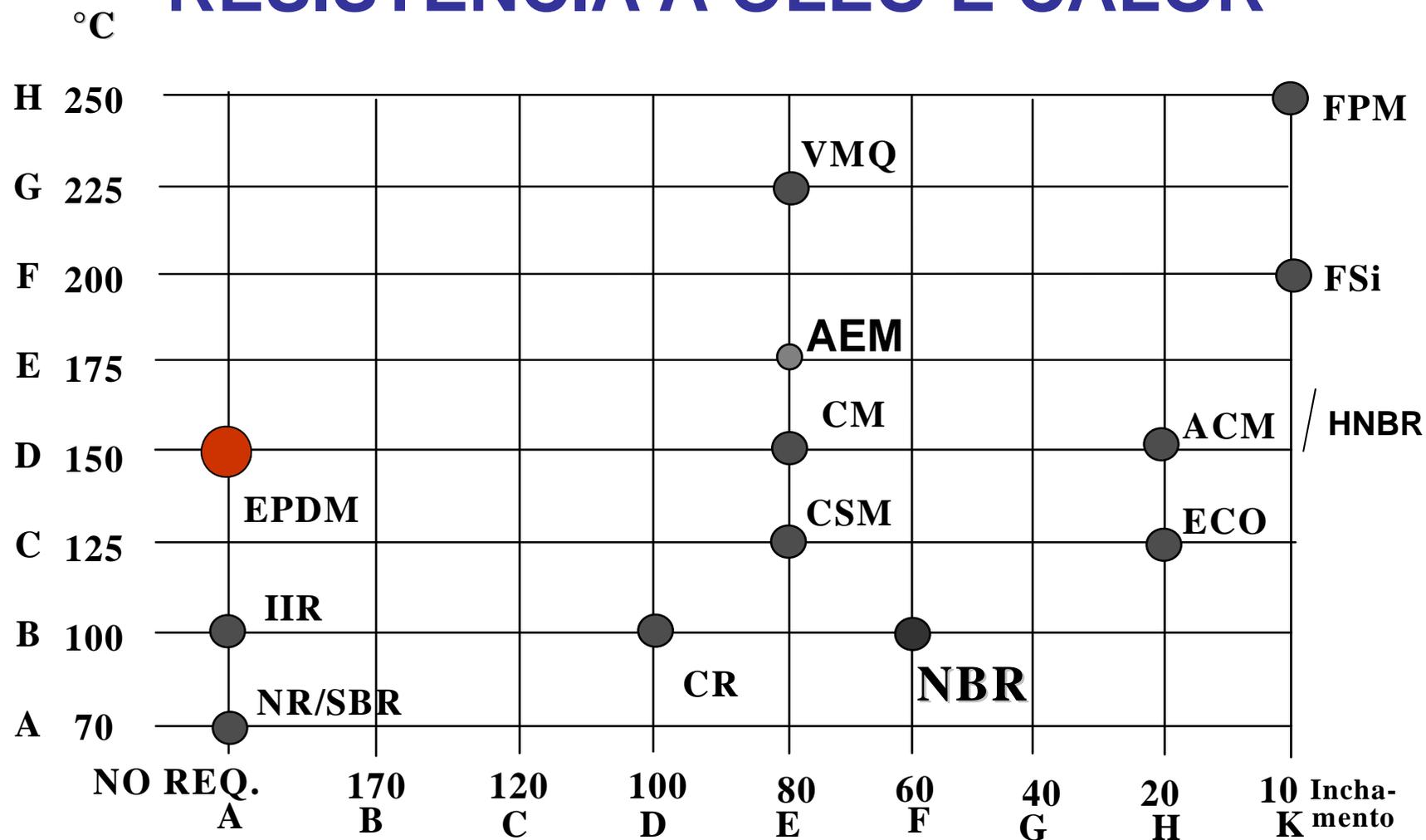


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR



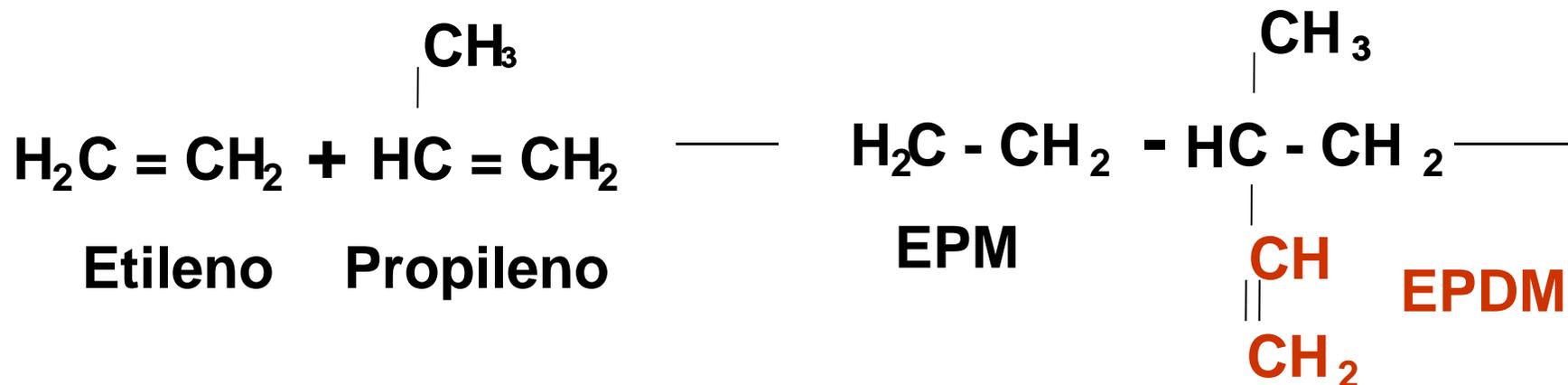


MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLIETILENO PROPILENO DIENO (EPDM)

Estrutura:





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLIETILENO PROPILENO DIENO (EPDM)

### Características:

- Resistência ao Tempo e  $O_3$
- Resistência Térmica
- Boa D.P.C
- Flexibilidade à Baixas Temperaturas
- Resistência Química
- Baixo Peso Específico
- Excelentes Propriedades Elétricas

### Aplicação:

- Perfis Automotivos e Industriais
- Correias Transportadoras
- Mantas Impermeabilizantes
- Mangueiras
- Isolamento de Fios e Cabos
- Anéis e Juntas de Vedação
- Protetor de Câmara
- Modificador de Impacto para TR

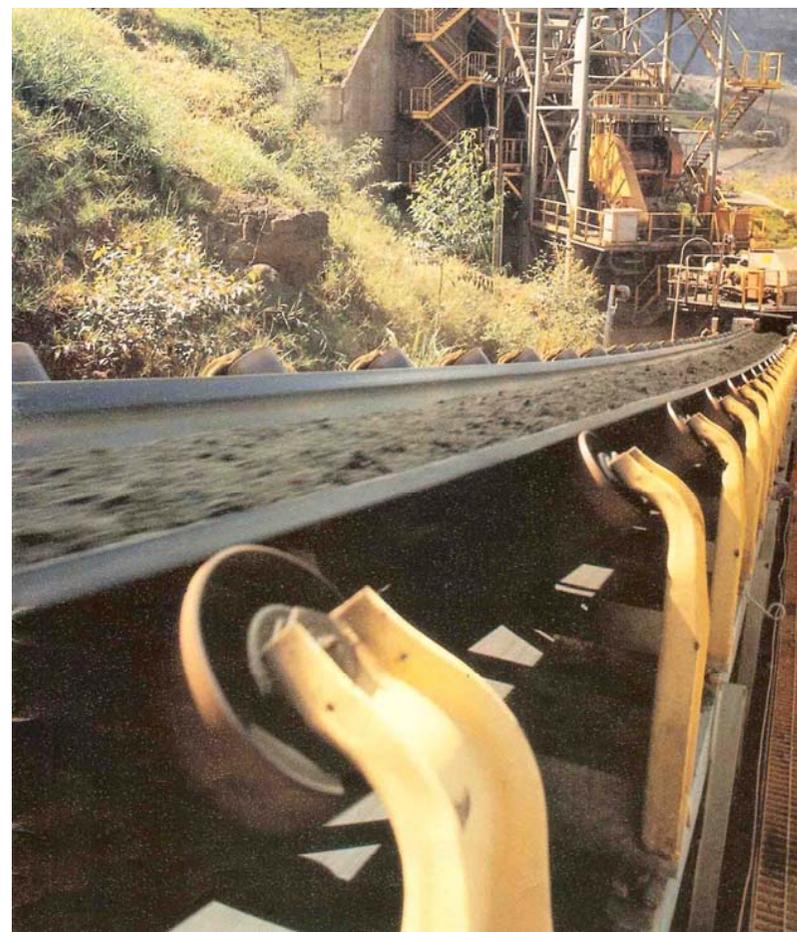
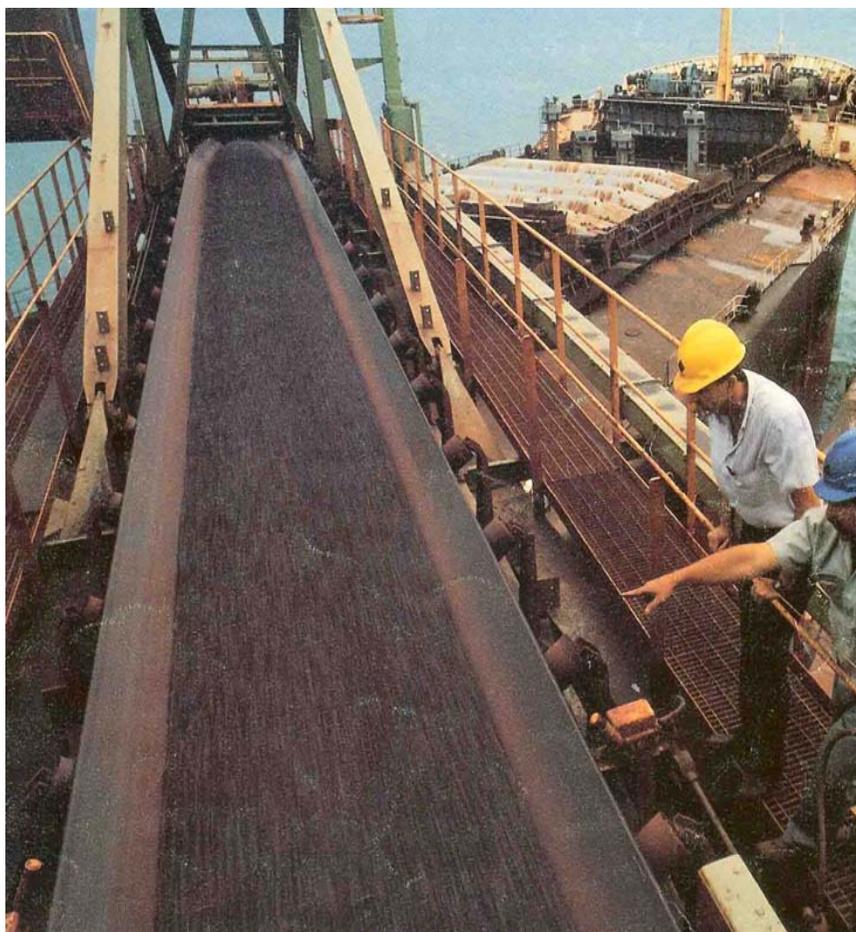


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLIETILENO PROPILENO DIENO (EPDM)



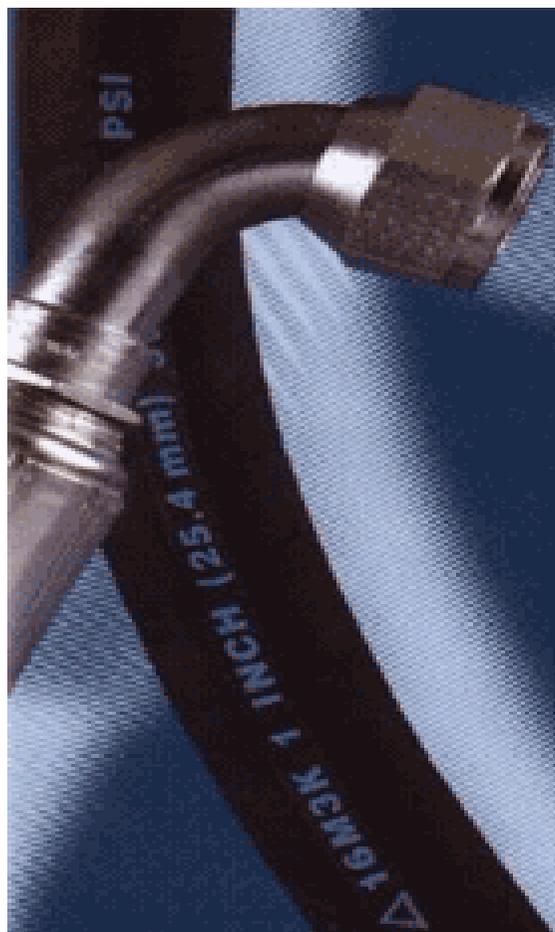


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLIETILENO PROPILENO DIENO (EPDM)



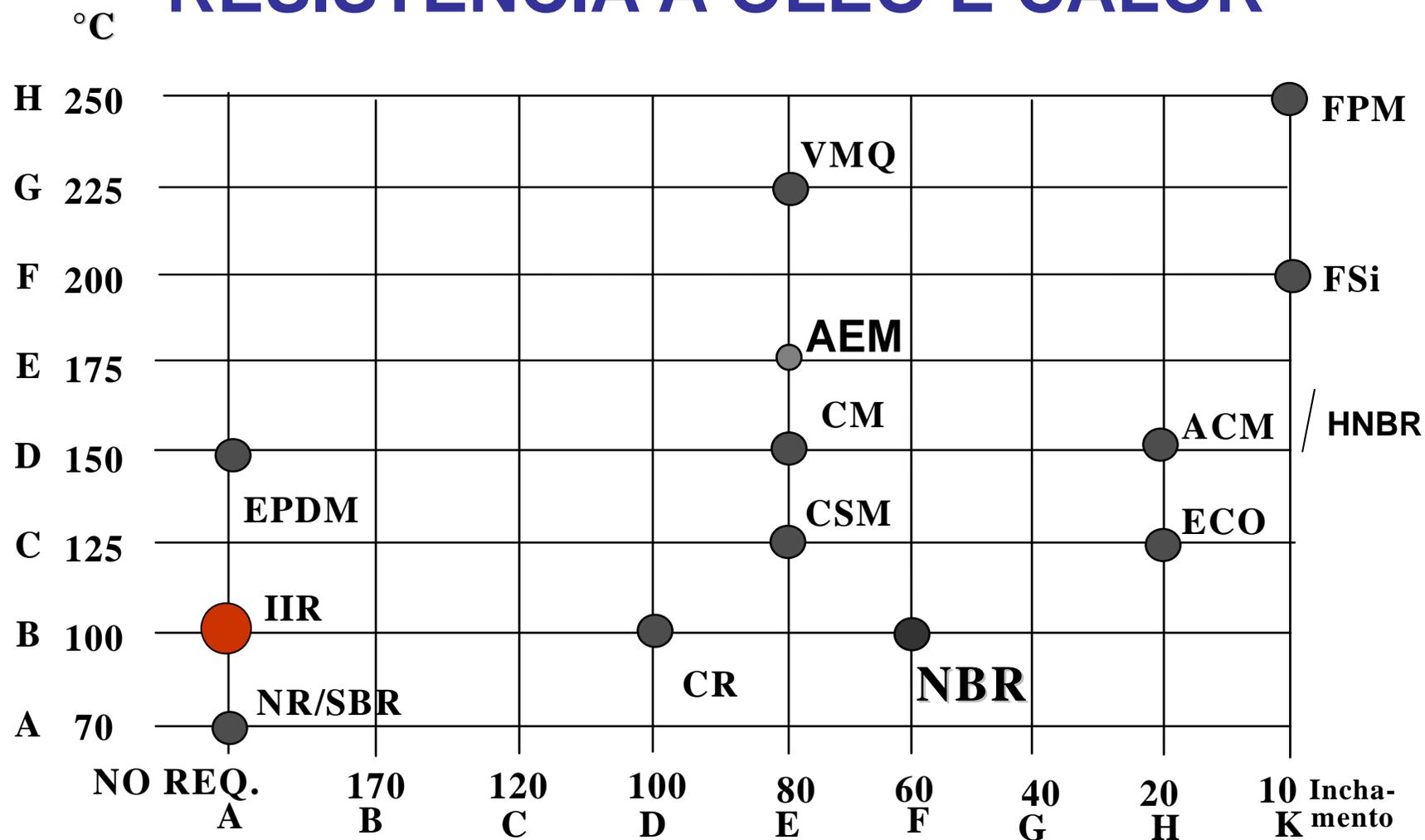


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR





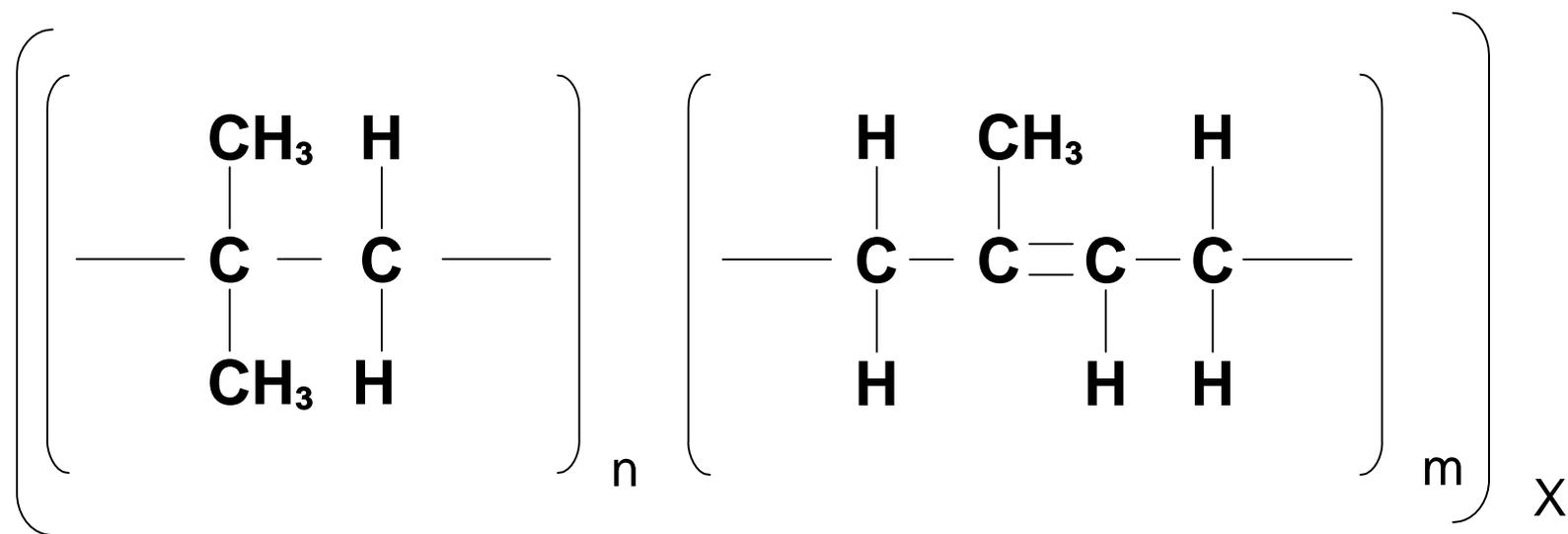
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI (ISOBUTILENO ISOPRENO) - (IIR)

Estrutura:



$$\frac{n}{m} = 50$$

$$\text{IIR} \quad n = 98 \\ m = 2$$

$$\text{NR} \quad n = 0 \\ m = 100$$



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI (ISOBUTILENO ISOPRENO) - (IIR)

## Características:

- Baixa Permeabilidade à Gás
- Estabilidade Térmica
- Resistência ao O<sub>3</sub> / Intempérie
- Absorção de Energia
- Resistência à Produtos Químicos
- Boa Resistência Elétrica

## Aplicação:

- Câmara de Ar
- Pneu sem Câmara
- Mangueiras Automotivas
- Gaxetas
- Correias Transportadoras
- Tire Curing-Bag
- Revestimento de Tanque
- Tampas



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## POLI (ISOBUTILENO ISOPRENO) - (IIR)

### PERDA DE AR NA CAMARA DURANTE TESTE DE RODAGEM

[Perda de Pressão (Psi)]

Pressão Original	1º Semana	2º Semana	1º Mês	
NR	28,0	4,0	8,0	16,0
IIR	28,0	0,5	1,0	2,0



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI (ISOBUTILENO ISOPRENO) - (IIR)



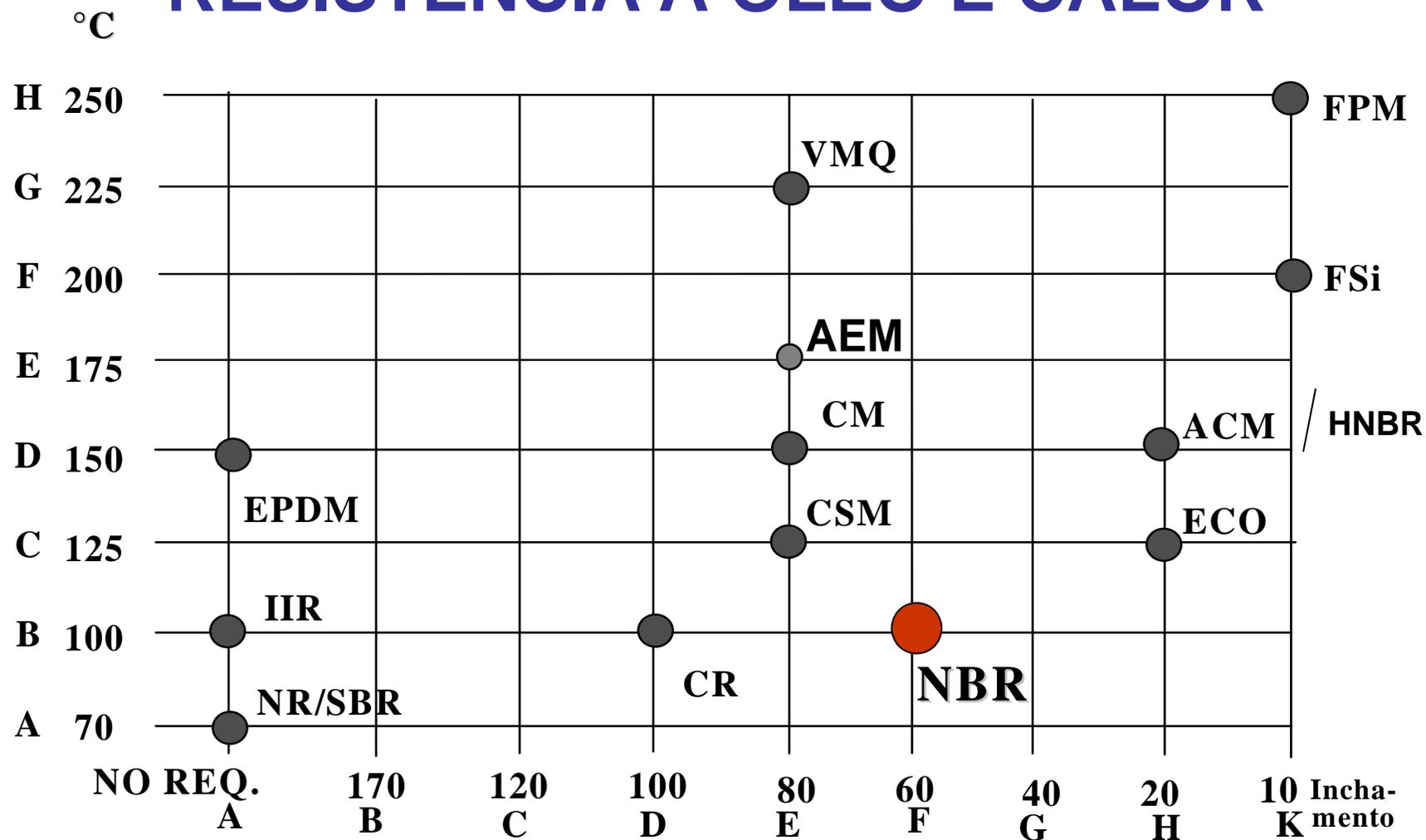


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR



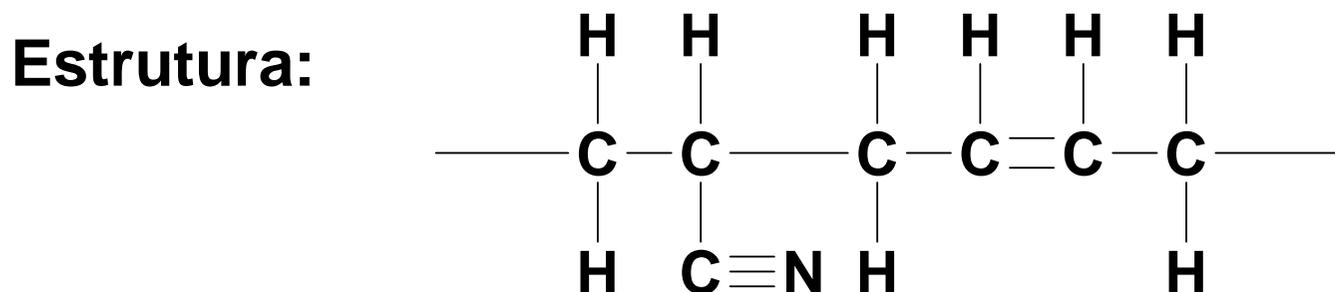


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI (ACRILONITRILA BUTADIENO) - (NBR)



## Características:

- Resistência à Óleo, Solventes e Combustíveis
- Baixa Permeabilidade à Gases
- Anti-Estática
- Resistência ao Calor
- Baixa Resistência ao Ozona e ao Choque
- Baixa Resistência ao Frio

## Aplicação:

- Mangueiras de Combustíveis e Gases
- Anéis, Gaxetas e Retentores
- Revestimento de Cilindro e Tanques
- Artefatos Têxteis

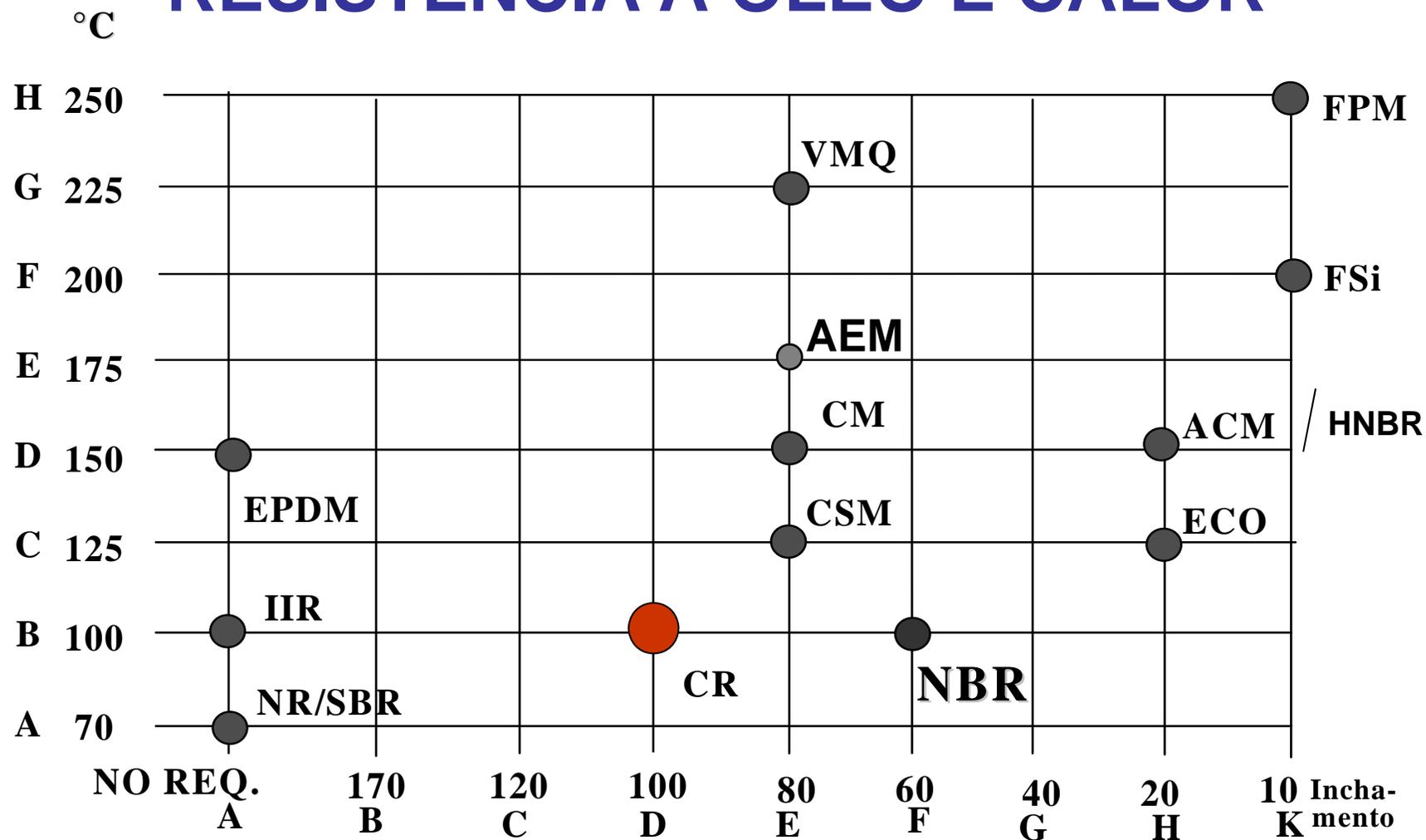


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR





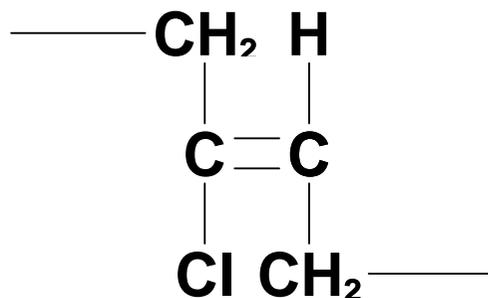
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLICLOROPRENE (CR) - NEOPRENE

## Estrutura:



## Características:

- Resistência à Óleos Minerais Moderada
- Resistência ao Ozona e Intempérie Moderada
- Resistência à Propagação de Chama
- Boa DPC
- Boa Adesividade

## Aplicação:

- Apoio de Pontes
- Fios e Cabos
- Cobertura para Mangueiras
- Correias (em “V”, Transportadora e de Transmissão)
- Linha Automotiva
- Resistência à Graxa



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLICLOROPRENE (CR) - NEOPRENE



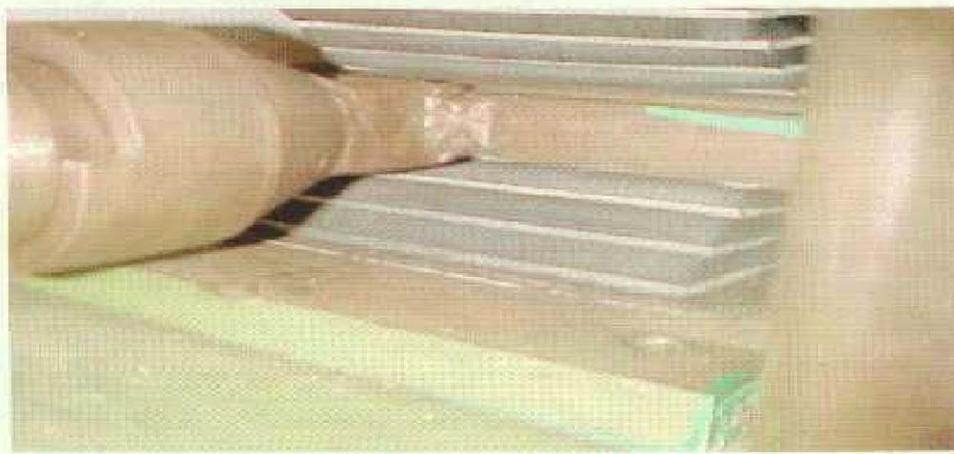
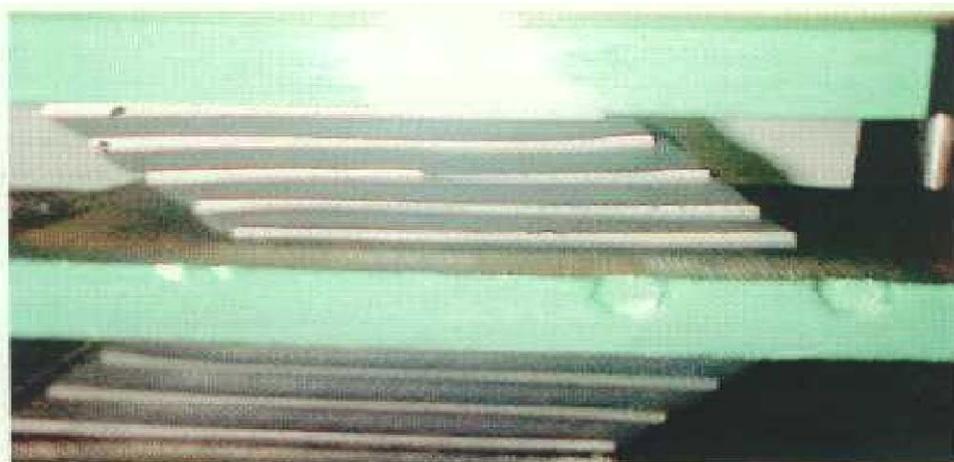


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLICLOROPRENE (CR) - NEOPRENE





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLICLOROPRENE (CR) - NEOPRENE



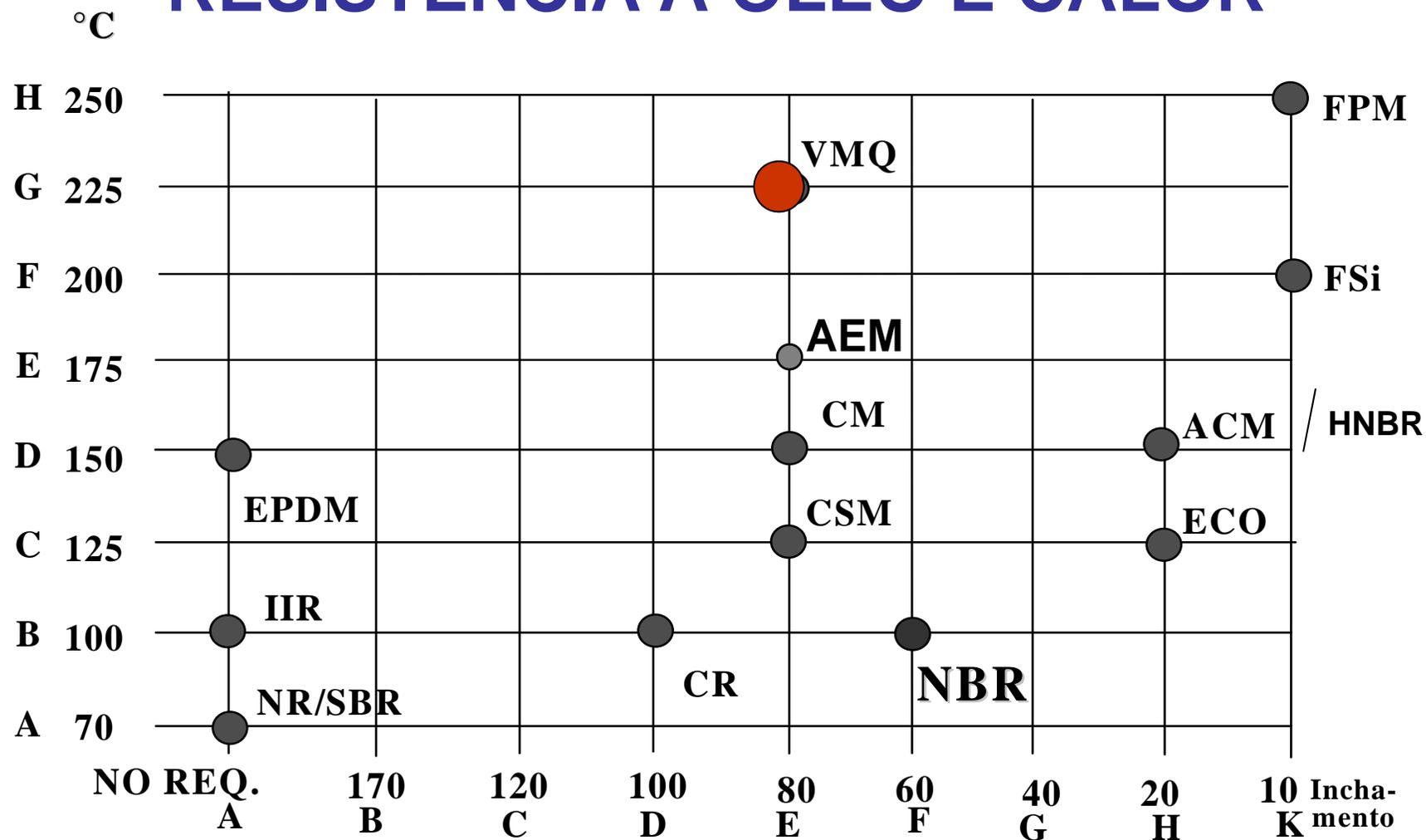


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR



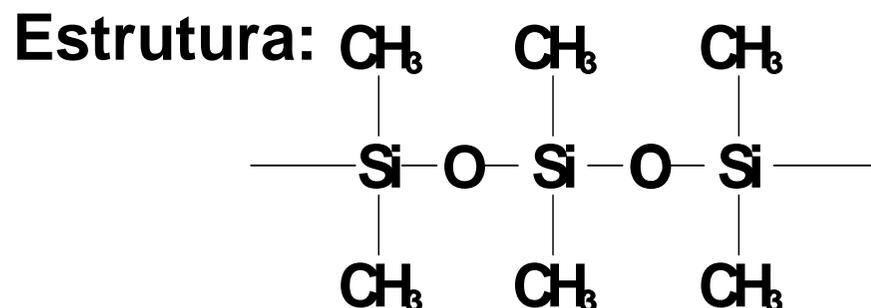


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI SILOXANOS (MQ) - SILICONE



## Aplicação:

- Isolamento de Fios de Aeronaves e Veículos Espaciais
- Cabos de Ignição - Tubo de Velas
- Aparelhos Eletrônicos, Farmacêuticos, Cirúrgicos

## Características:

- Resistência à Alta e Baixa Temperatura (-120°C à 200+ °C)
- DPC Superior a Todos os Elastômeros (- 80°C à 280 °C)
- Propriedades Físicas Modestas
- Excelentes Características de Isolamento
- Resistência ao Ozona e ao Tempo
- Propriedades Fisiológicas (Atóxico)

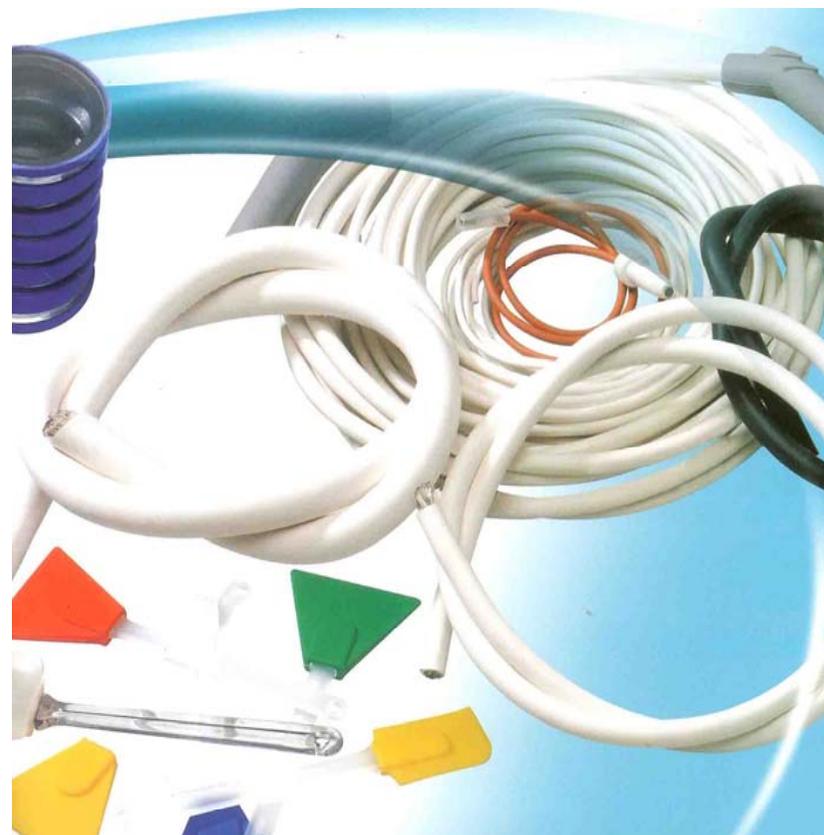


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# POLI SILOXANOS (MQ) - SILICONE



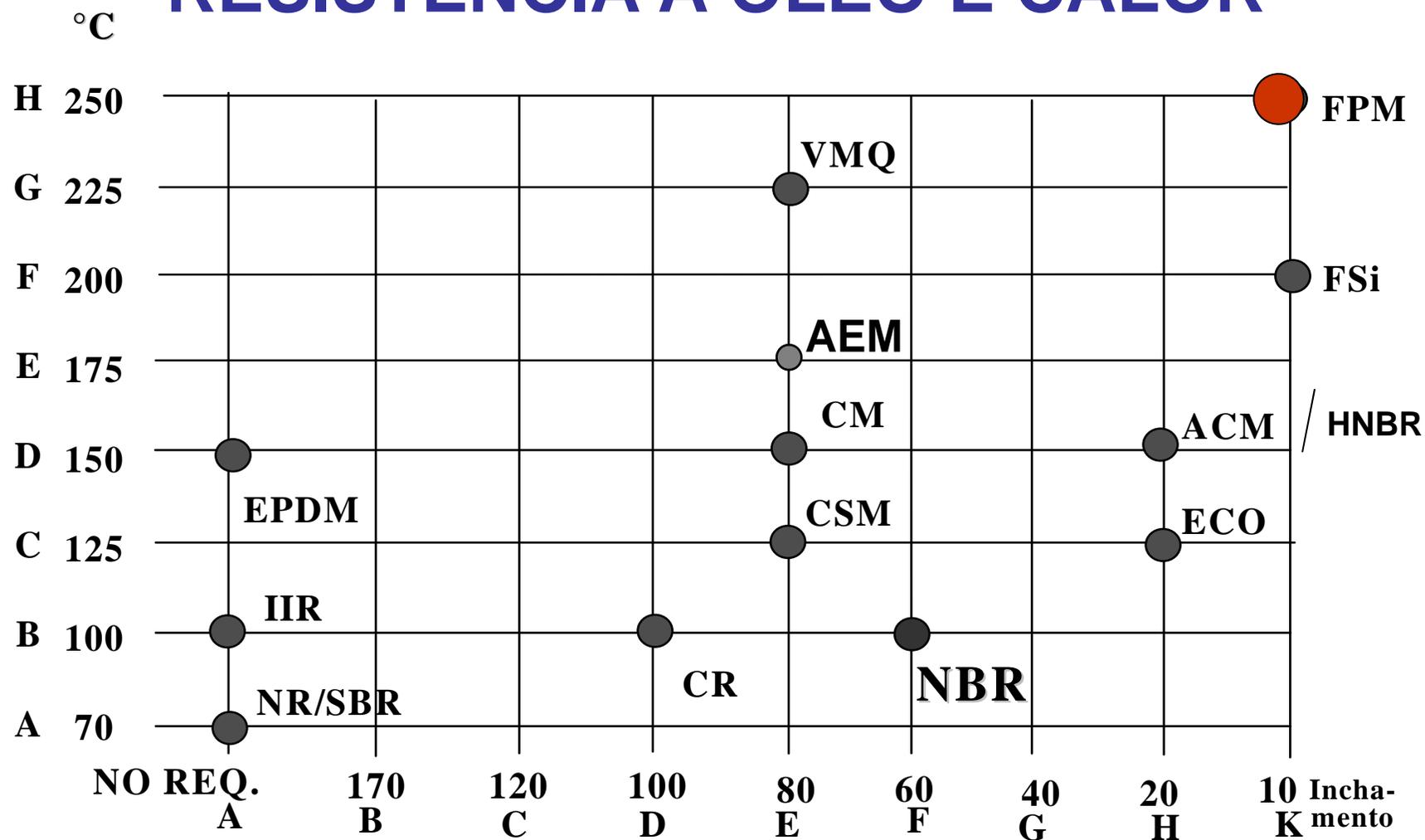


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RESISTÊNCIA À ÓLEO E CALOR







# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# FLUORELASTÔMERO



**Indústria Aeronáutica**



**Indústria Automotiva**



**Indústria Química**



**Indústria Petrolífera**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## FORMULAÇÃO BÁSICA

**Elastômero**

**Ativadores**

**Peptizantes**

**Retardantes**

**Antioxidantes**

**Antiozonantes**

**Cargas**

**Plastificantes**

**Auxiliar de Processo**

**Dissecantes**

**Aceleradores**

**Agentes de Cura**

**Esponjantes**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ATIVADORES

Ativadores → Aceleradores → Agentes de Cura → Vulcanização

- Mais Comum : Óxido de Zinco + Ácido Esteárico - →

Estearato de Zinco + Aceleradores - → Sal Complexo

Sal Complexo - → Enxofre → Vulcanização

- Outros Tipos : DEG, ATPEG 4000, TEA



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ÓXIDO DE ZINCO





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# RETARDANTES

- Retardam o Início da Vulcanização ( Scorch )
- Evitam a Pré-Vulcanização
- Santogard PVI (Ciclo Hexiltioftalamida)
- TMTD e MBTS para POLICLOROPRENO



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# AGENTES DE PROTEÇÃO

## Antioxidantes / Antiozonantes

- Retardam o Envelhecimento do Artefato.
- Quanto maior a insaturação maior a sensibilidade ao envelhecimento.

## CAUSAS

- $O_2$ ,  $O_3$ , calor intempérie, trabalho dinâmico, luz, sais de metais pesados, UV.



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# AGENTES DE PROTEÇÃO

## PRINCIPAIS TIPOS

- P-Fenileno Diamina (PPD)
- 1,2 Dihidroquinolina Polimerizada (TMQ)
- Fenol Estirenado
- Ceras Microcristalinas



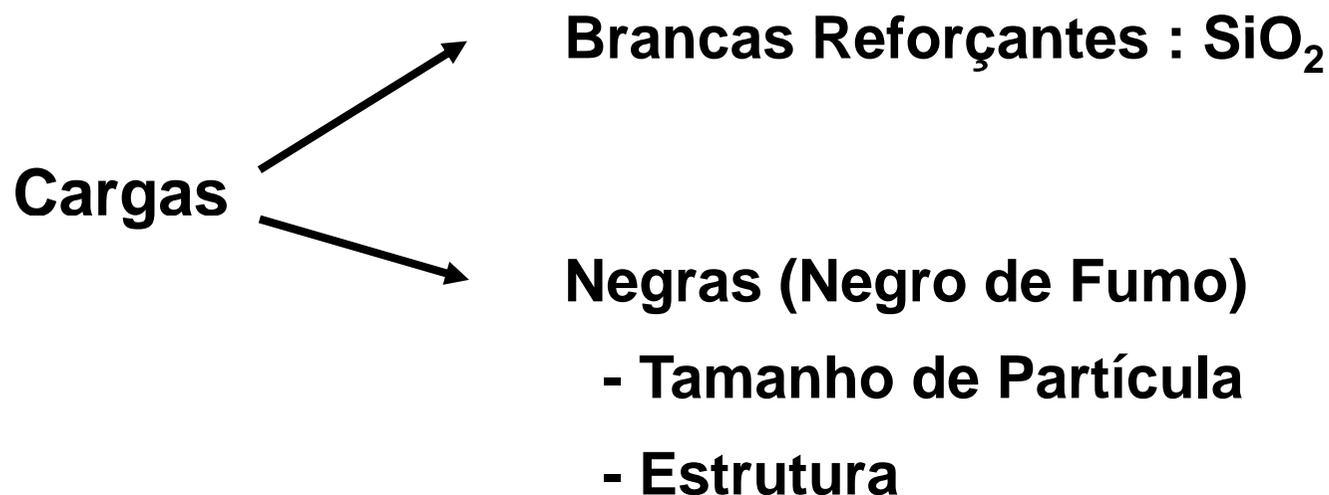
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## CARGAS

- **Função:**
  - Ajuste de Propriedades Físicas
  - Redução de Custos
  - Melhor Processamento





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# SiO<sub>2</sub> - BIÓXIDO DE SILÍCIO

### Principais Propriedades:

- Elevação da dureza
- Ótima resistência ao rasgo
- Ótima resistência à abrasão
- Eleva a tensão de ruptura e módulo
- Aumenta a DPC
- Difícil processabilidade > 40 PHR



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# NEGRO DE FUMO





MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## CARGAS NEGRAS - NEGRO DE FUMO

### Código ASTM

<b>SAF</b>	<b>N 110</b>	●
<b>ISAF</b>	<b>N 220</b>	●
<b>HAF</b>	<b>N 330</b>	●
<b>FEF</b>	<b>N 550</b>	●
<b>GPF</b>	<b>N 660</b>	●
<b>SRF</b>	<b>N 770</b>	●
<b>MT</b>	<b>N 990</b>	●



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# NEGRO DE FUMO

**Propriedades variam de acordo com:**

- Tamanho da Partícula**
  
- Estrutura**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## NEGRO DE FUMO

# PROPRIEDADES TÍPICAS DE ALGUNS NEGROS DE FUMO

(Veja anexo 02)



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## CARGAS BRANCAS

- Alumina Hidratada;
- Óxido de Alumínio;
- Sulfato de Bário;
- Carbonato de Cálcio Natural;
- Carbonato de Magnésio;
- Sulfato de Cálcio;
- Silico Aluminato de Sódio;
- Litopone;
- Óxido de Magnésio;
- Silicato de Magnésio (Talco);
- Mica;
- Dióxido de Titânio;
- Cortiça;
- Flocos de Algodão;
- Pó de Vidro;
- Celulose.

## CARGAS BRANCAS REFORÇANTES:

- Sílica Hidratada;
- Silicato de Sódio;
- Óxido de Zinco;
- Carbonatos de Cálcio Partícula Fina (Precipitados);
- Caulim.

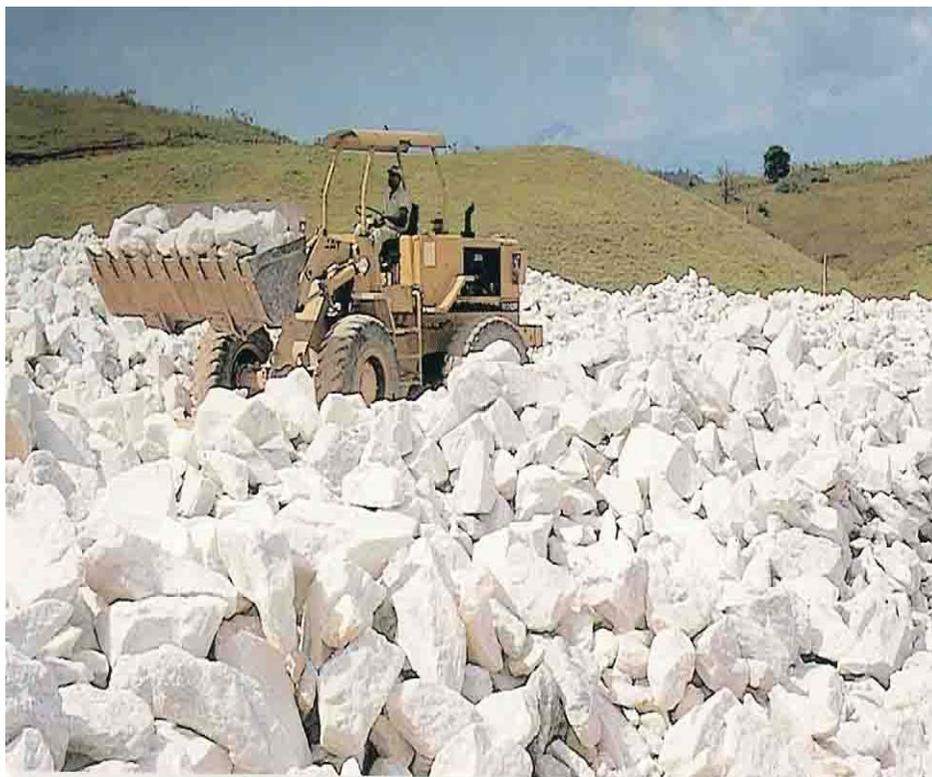


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# CARGAS BRANCAS





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# PLASTIFICANTES

## INFLUÊNCIA DO PLASTIFICANTE NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO PRODUTO VULCANIZADO

- **Alteram as propriedades do produto vulcanizado, como:**
  - **Decréscimo da Dureza e Módulo;**
  - **Possível aumento de Resiliência;**
  - **Reduz a Tensão de Ruptura;**
  - **Piora a Abrasão;**
  - **Decréscimo da Histerese;**
  - **Normalmente piora a D.P.C.;**
  - **Piora Adesão aos Materiais;**
  - **Possibilita maior diluição de Polímero, baixando seu custo;**
  - **Alguns Plastificantes melhoram a Pegajosidade;**
  - **Atuam diretamente na Resistência às baixas temperaturas;**



## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# AUXILIARES DE PROCESSO

- **Atuam sobre as Características de Processamento do Composto**
- **Aumentam a Fluidez do Composto**
- **Melhoram a Dispersão das Cargas**
- **Reduzem a Temperatura de Processo**
- **Não alteram as Propriedades Físicas do Composto**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ACELERADORES DE VULCANIZAÇÃO

**Reduzem o Tempo de Vulcanização, melhorando as Propriedades Físicas**

## **Tipos**

**Guanidinas**

**DPG, DOTG**

**Ditiocarbamatos**

**ZMDC, ZEDC, ZBDC**

**Thiurans**

**TMTD, TMTM, TETD**

**Thiazóis**

**MBT, MBTS**

**Sulfenaminas CBS, MBS, DCBS**

## **Velocidade**

**Lento**

**Ultra Rápido**

**Rápido**

**Moderado**

**Rápido de Ação Retardada**

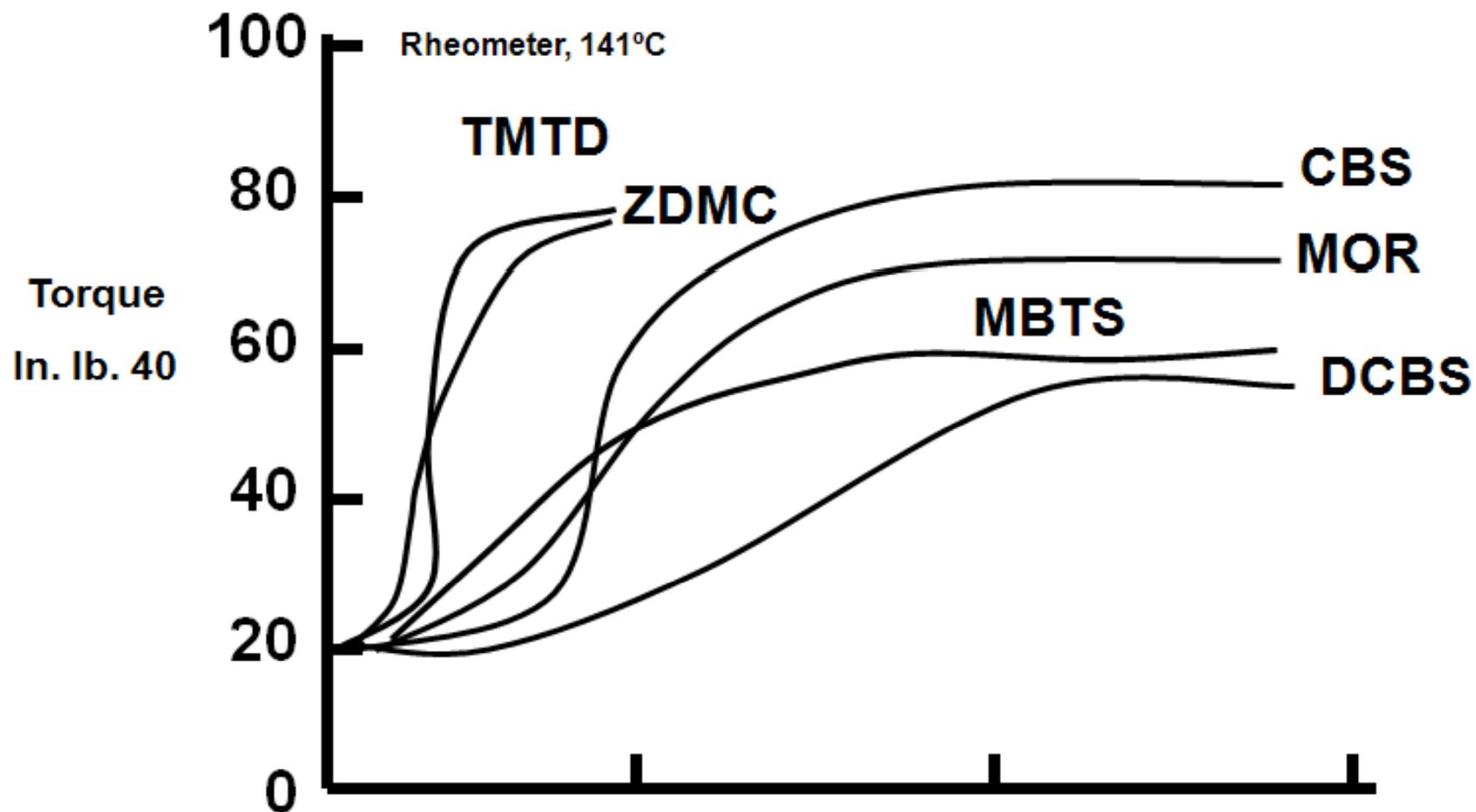


# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# ACELERADORES DE VULCANIZAÇÃO





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## AGENTES DE CURA

- **Substâncias responsáveis por promover as ligações cruzadas entre as moléculas do elastômero**
- **Enxofre**
- **Doadores de Enxofre**
- **Peróxidos**
- **Outros**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# MISTURA



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# MISTURA

**Cilindro Aberto:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA

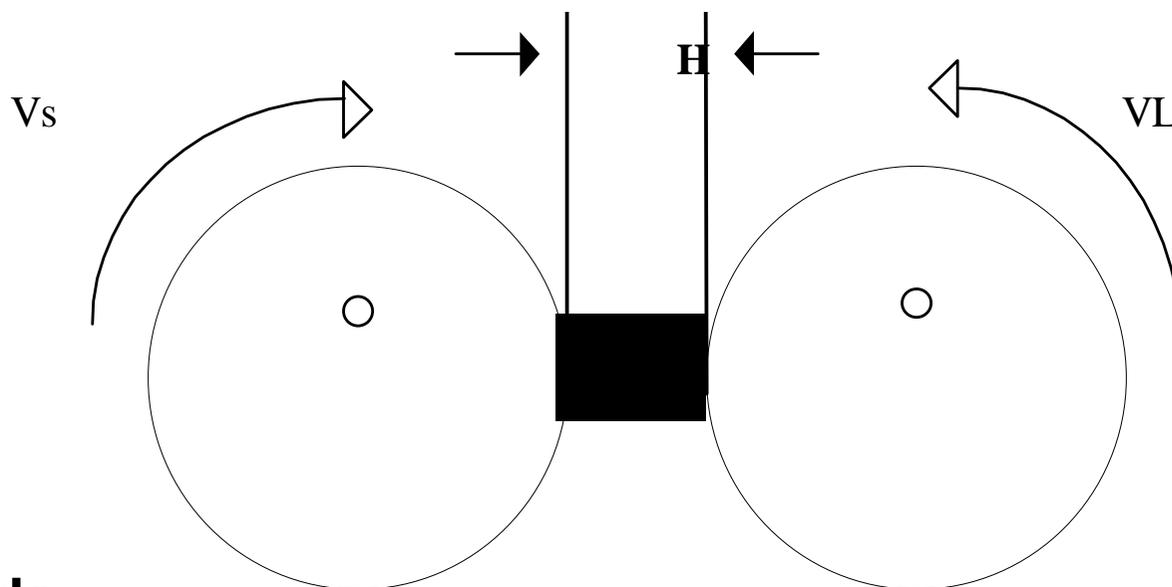


### MISTURA

**Cilindro Aberto:**

**Variáveis:**

- Temperatura
- Tempo
- Ordem de Adição
- Volume da Batelada
- Matéria Prima



**GRAU DE CISALHAMENTO**



$$\delta = \frac{V L - V s}{H}$$



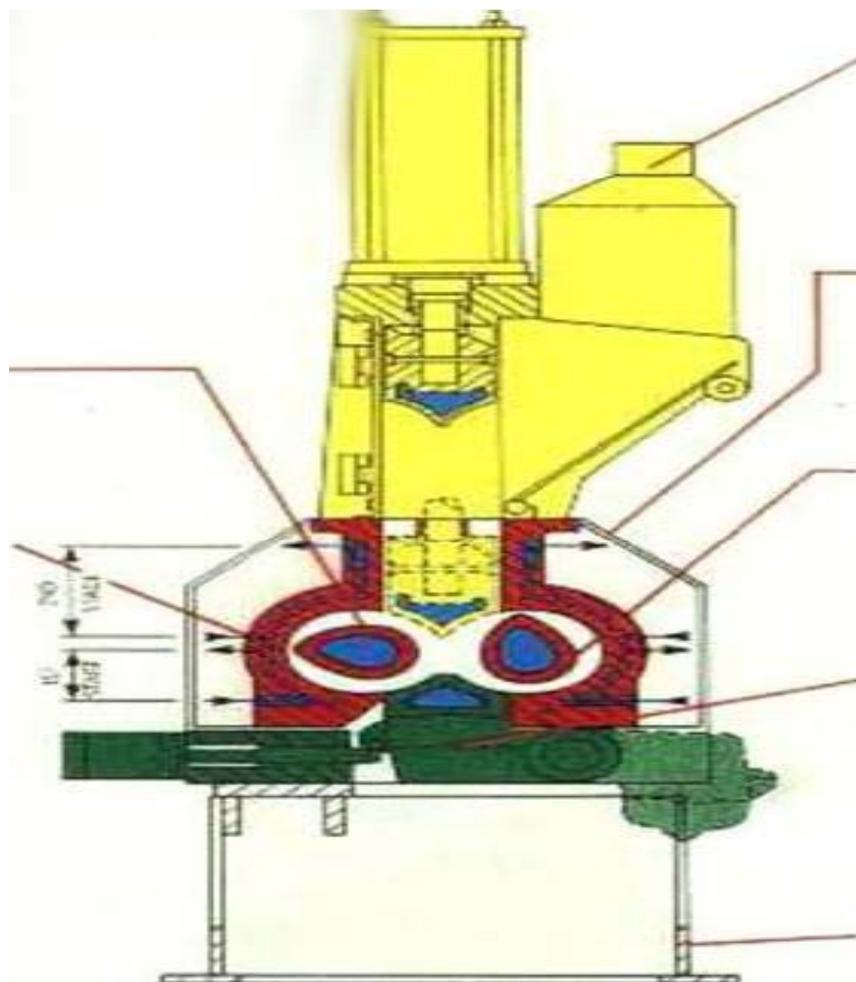
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



**Bambury:**

# MISTURA





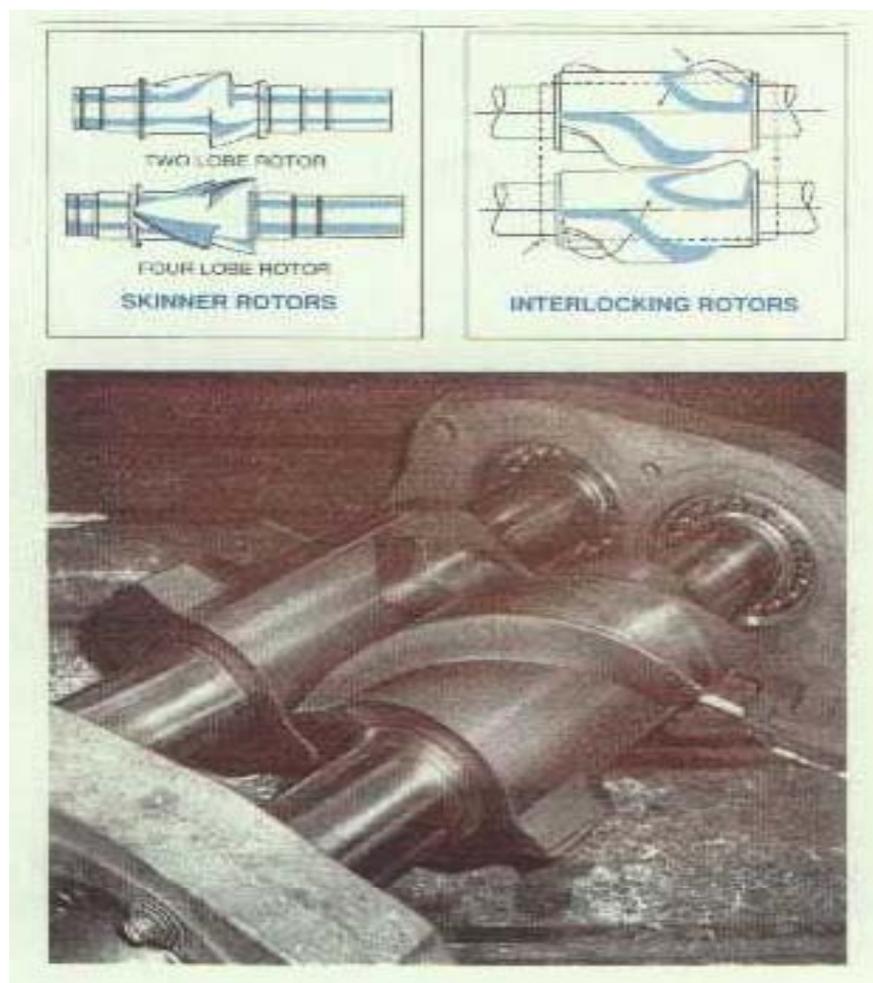
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



**Rotores:**

# MISTURA





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# BAMBURY X CILINDRO

- **Permite controle de todas as fases**
- **Processa mistura sob pressão**
- **Maior produtividade**
- **Repetibilidade**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO



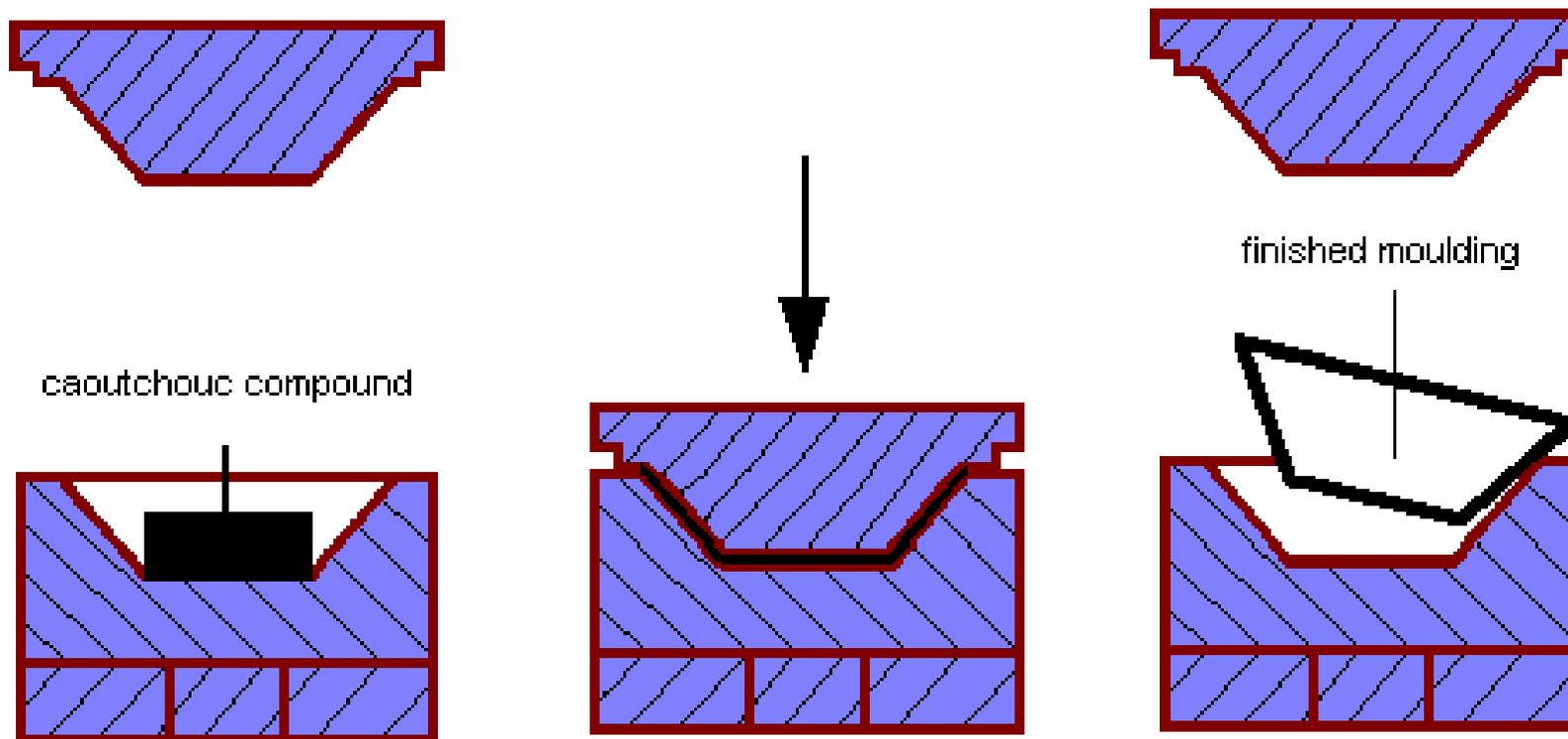
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

## Compressão:





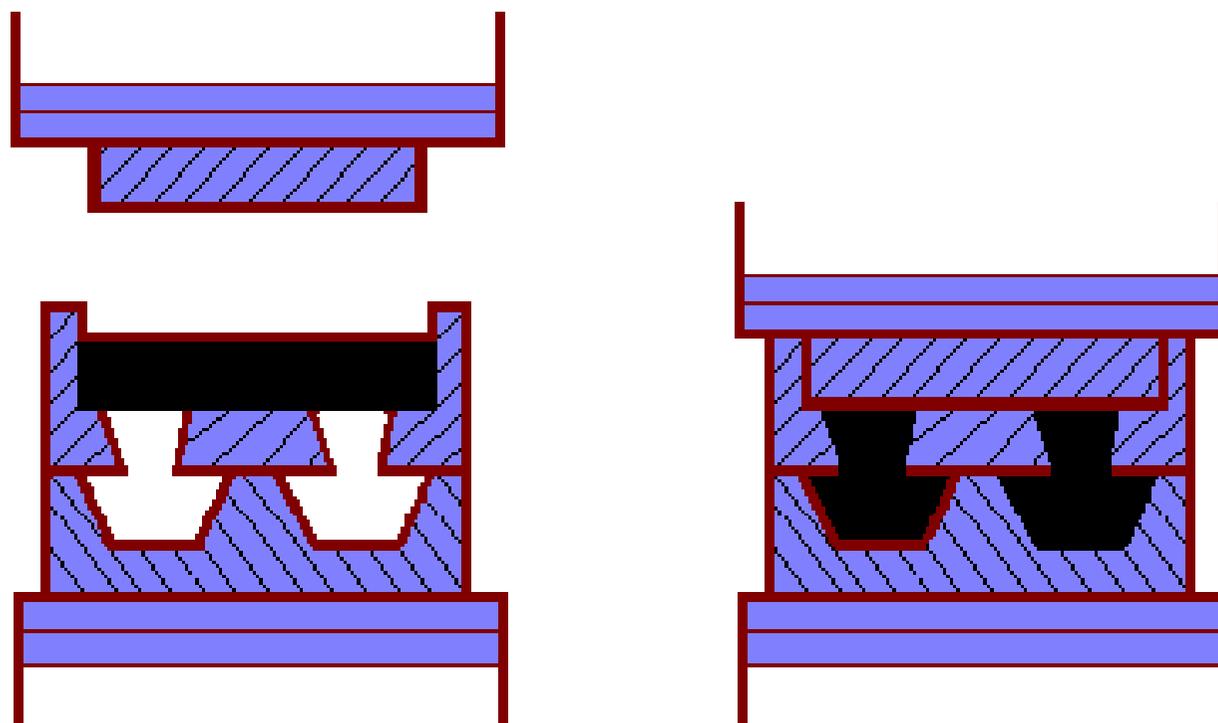
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

**Transferência:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# TRANSFERÊNCIA

- **Maior Produtividade que Compressão**
- **Peças muito pequenas e complicadas**
- **Rebarbagem eliminada**
- **Maior precisão nas peças**



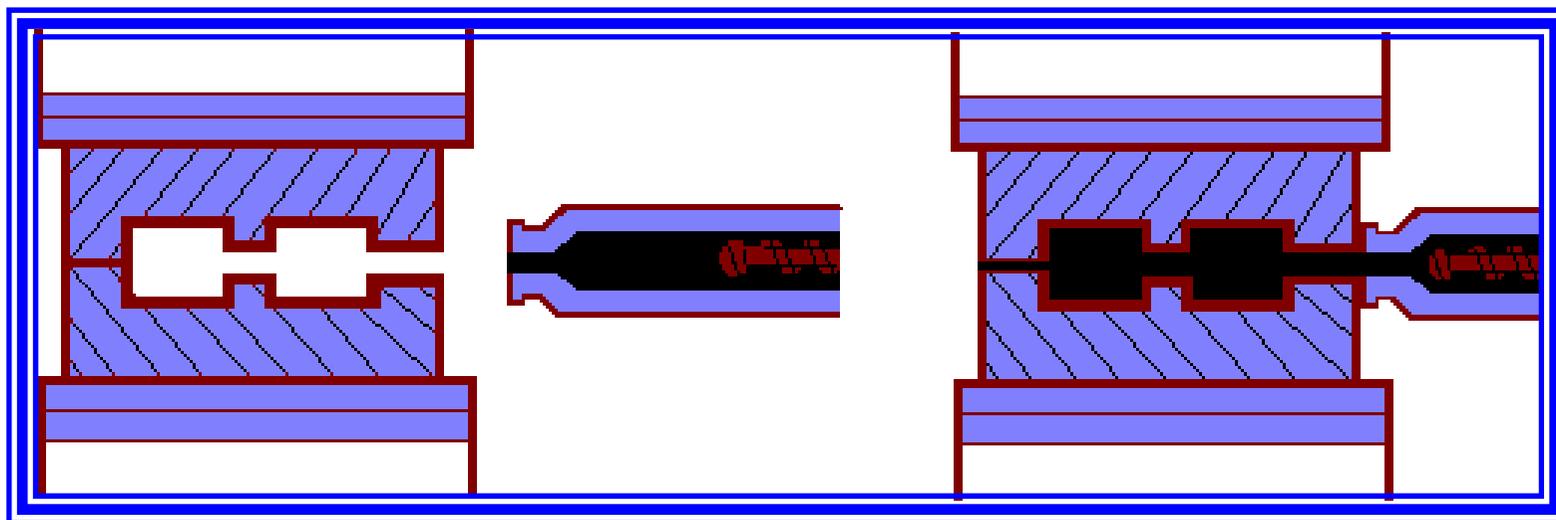
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

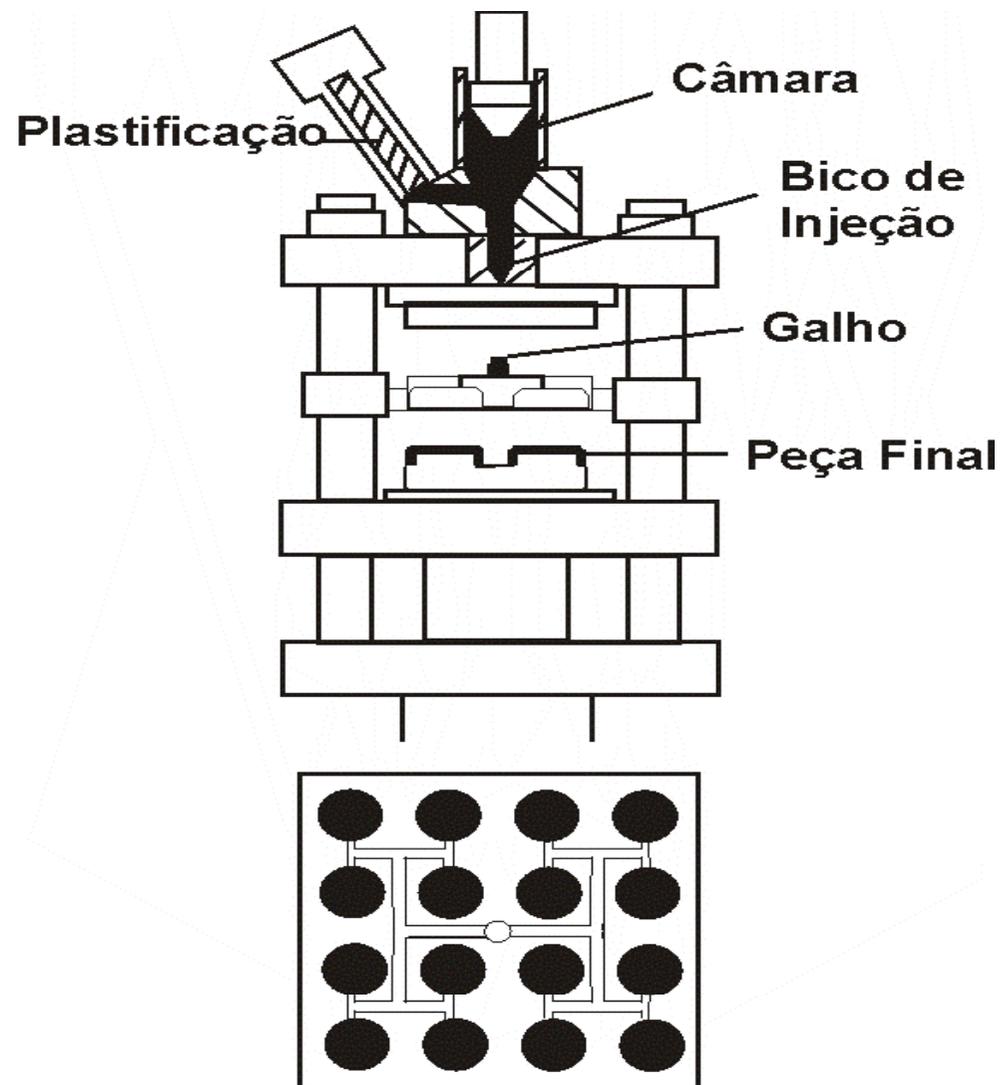
**Injeção:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA





## MINICURSOS CRQ-IV - 2011 INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# INJEÇÃO - CARACTERÍSTICAS

- Alta produtividade
- Mínimo de mão-de-obra
- Exige moldes especiais (Peças acabadas)
- Equipamento caro



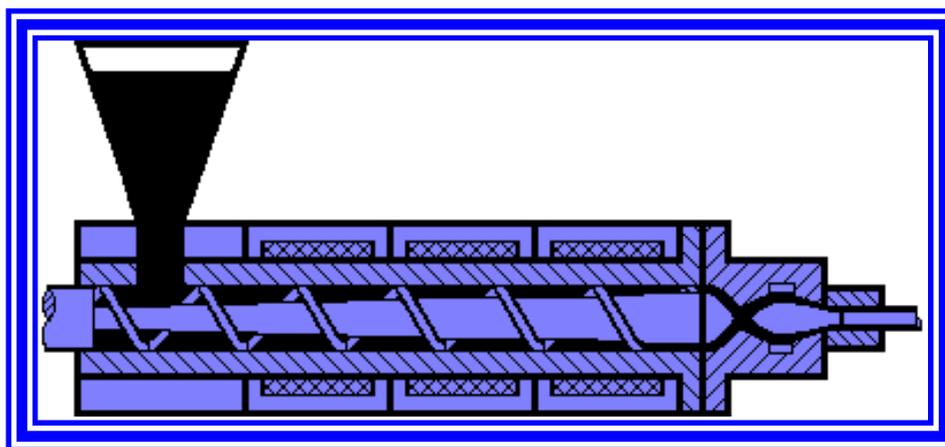
# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

**Contínua:**



**- Túnel de Ar Quente**

**- Micro Ondas**



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

**Extrusora:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



# VULCANIZAÇÃO

**Auto Clave:**





# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



**Agradeço a participação de todos.**

**Luiz Emiliani Junior**



MINICURSOS CRQ-IV - 2011  
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



## COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS – ENTRE ALGUMAS BORRACHAS

CARACTERÍSTICAS	TIPOS DE BORRACHA									
	EPDM Etileno Propileno	NR Borracha Natural	SBR Estireno Butadieno	BR Polibutadieno	CR Cloroprene	NBR Borracha Nitrílica	IIR Borracha Butílica			
Peso Específico	0,86	0,92	0,94	0,91	1,23	0,98	0,92			
Velocidade de Cura	Rápida - Lenta	Rápida	Rápida	Rápida	Rápida	Rápida	Lenta			
Absorção de Cargas	•••••	••	••	•••	••	••	•			
Resistência as Intempéries	•••••	••	••	••	•••	••	•••••			
Resistência ao Envelhecimento pelo Calor	•••••	•	••	••	•••	••	•••••			
Resistência ao Vapor	•••••	•••	•••	•••	•	•••	•••••			
Resistência a Ácidos	•••••	•••	•••	•••	••	•••	•••••			
Resistência a Bases	•••••	•••	•••	•••	••	•••	•••••			
Resistência a Óleos	•	•	•	•	•••	•••••	•			
Resistência ao Etileno Glicol	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••	•••••			
Deformação por Compressão Á 100 °C	•••••	•	••	••	••	•••	•••••			
Resistência a Baixas Temperaturas	•••••	•••	•••	•••••	•	•	••			
Resistência à Abrasão	•••	•••	•••	•••••	•••	•••	••			
Resistência ao Rasgo	•••	•••••	••	••	•••••	••	•••			
Características Dinâmicas	•••	•••••	•••	•••••	••	••	•			
Características Elétricas	•••••	•••	•••	•••	••	•	•••••			
Permeabilidade aos Gases	••	••	••	••	•••	••	•••••			
Resistência à Chama	•	•	•	•	•••	•	•			
Poder de Pega	•	•••••	•••	•••	•••	•••	•••			
Adesividade	•	•••	•••	•••	•••••	•••	•••			

••••• Excelente    •••• Bom    •• Regular    • Ruim    • Pésimo



# MINICURSOS CRQ-IV - 2011

## INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DA BORRACHA



### PROPRIEDADES TÍPICAS DE ALGUNS NEGROS DE FUMO

Nomenc. ASTM	Tipo	Nº de iodo- mg/g	DBP cm <sup>3</sup> 100g	Densidade (aparente) 1b/ft	Poder tingimento % IRB3	Diâmetro partícula nm	Tensão de ruptura em SBR kgf/cm <sup>2</sup>
N110	SAF	145	113	21.0	128	20/25	250
N121	SAF-HS	120	130	20.0	—		
N166		150	135	20.0	122		
S212		117	86	25.0	—		
N219	ISAF-LS	118	78	27.5	124	25/35	230
N220	ISAF	121	114	21.5	114		
N231	ISAF-LM	125	91	24.5	117		
N234		118	125	20.0	130		
N242	ISAF-HS	123	126	20.5	119		
N270		102	124	21.5	—		
N285		102	126	21.0	104		
N293	CF	145	100	23.5	119		
N294	SCF	205	106	23.0	119		
S300		105	102	22.0	—	28/36	225
S301		115	99	22.0	—		
S315		86	79	28.0	—		
N326	HAF-LS	82	71	29.0	109		
N327		86	60	32.0	120		
N330	HAF	82	102	23.5	104		
N332		84	102	23.5	118		
N339	HAF-HS	90	120	21.5	114		
N347	HAF-HS	90	124	21.0	104		
N351		67	120	21.5	100		
N356		93	150	19.0	103		
N358	SPF	84	150	18.0	99		
N363		66	68	30.0	110		
N375	HAF	90	114	22.5	116		
N440	FF	50	60	30.0	—		
N472	XCF	270	178	16.0	—		
N539		42	109	24.0	—	40/55	185
N542		44	67	31.5	—		
N550	FEF	43	121	22.5	—		
N568	FEF-HS	45	132	21.0	—		
N601		35	84	26.5	—	60/90	160
N650	GPF-HS	36	125	23.0	—		
N660	GPF	36	91	26.5	—		
N683	APF	30	132	21.0	—		
N741		20	105	23.0	—	70/100	150
N754		25	58	31.0	—		
N762	SRF-LM	26	62	31.5	—		
N765	SRF-HS	31	111	23.5	—		
N774	SRF-HM	27	70	31.0	—		
N785		25	126	21.0	—		
N787		31	81	28.0	—		
N990	MT	7	33	41.0	—	250/350	100