

# PROJETO MECÂNICO (SEM 0347)

Notas de Aulas v.2021

## Aula 14 – Tribologia – Lubrificação/Eng. de Superfícies

Professores: Benedito de Moraes Purquerio  
Carlos Alberto Fortulan

# *Lubrificação*



**“Lubrificação** é o processo ou técnica empregada para reduzir o desgaste de uma ou ambas superfícies em contato relativo, pela interposição de uma substância chamada lubrificante entre as superfícies. Aplicada para transporte ou para suportar carga (pressão gerada) entre as superfícies opostas.”

Lubrificantes  
Lubrificação

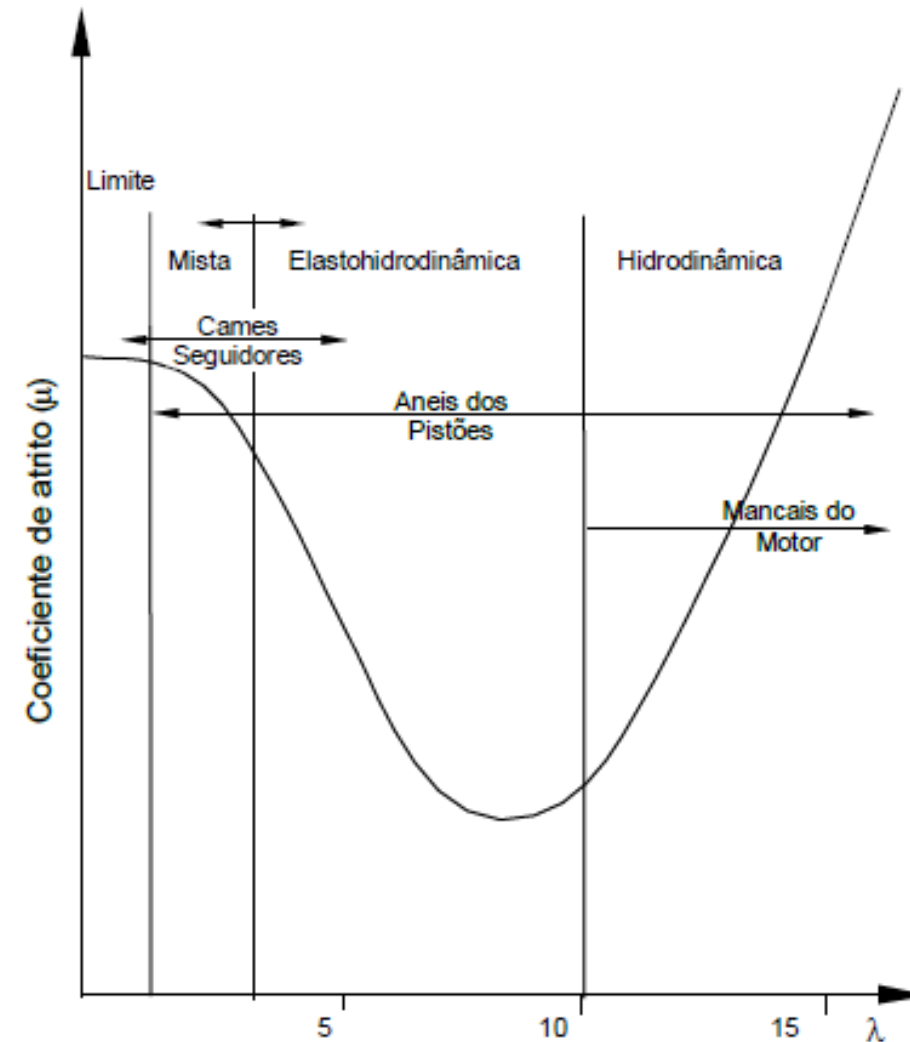


Propriedades, comportamento operacional,  
Materiais, controle qualidade,  
Manuseio, administração, organização

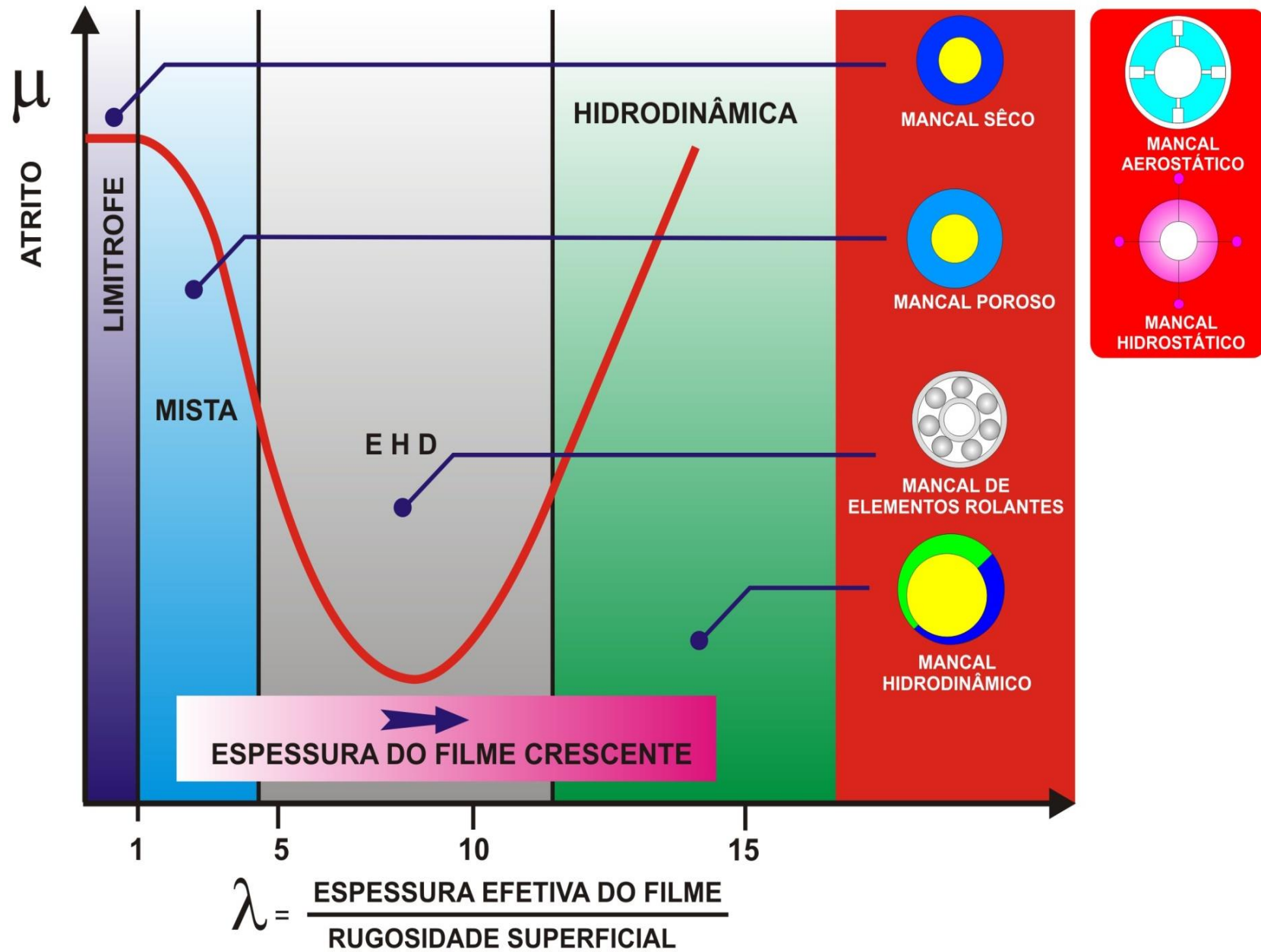


# Regimes de Lubrificação

- Lubrificação **Limite**;
- Lubrificação **Mista**;
- Lubrificação **Elasto hidrodinâmica**;
- Lubrificação com **Filme de fluido**;



Espessura média do Filme ( $\lambda$ ) = Espessura efetiva do filme / Rugosidade da superfície





# Lubrificação Limite

Quando as superfícies dos sólidos não são separadas pelo lubrificante e o contato ocorre em uma área comparável àquela do contato seco.

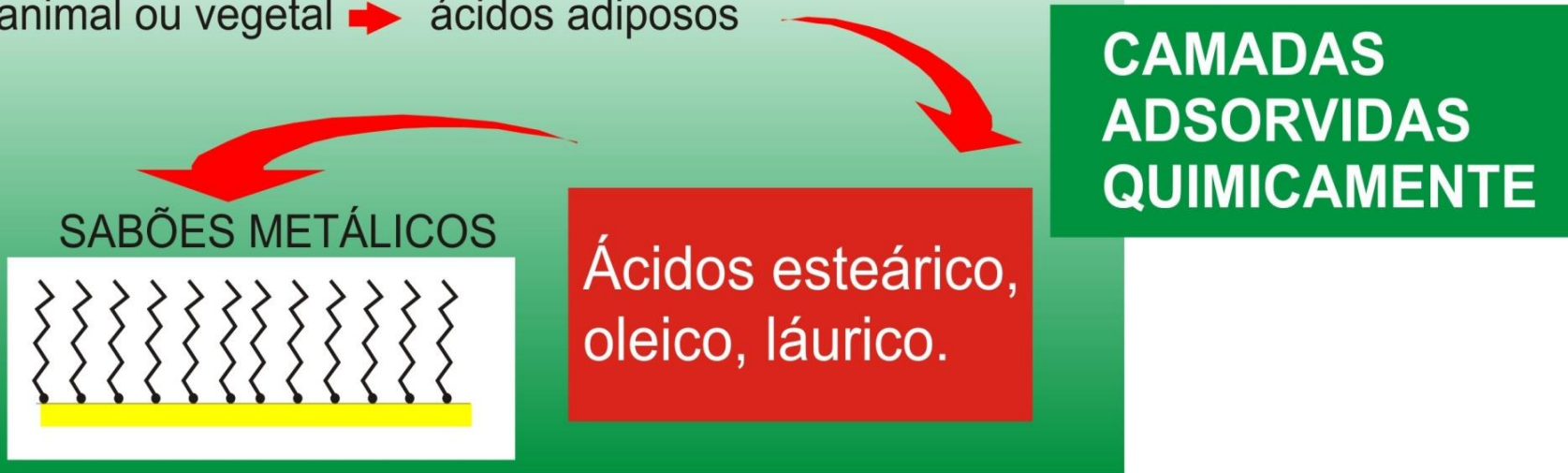
Resistência do filme:

- Camadas de lubrificantes gasosos, líquidos ou sólidos adsorvidos fisicamente;
- Camadas adsorvidas quimicamente;
- Filmes formados por reação química.

# LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE

## Formação

Óleos lubrificantes + gorduras animal ou vegetal → ácidos adiposos



**Resistência**

Baixa

→ Ponto de fusão do sabão metálico (~100 °C)

**Atrito**

Reduz  $\mu$  de até 50% ( $\mu \sim 0,1$  a  $0,15$ )



# LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE

## COEFICIENTES DE ATRITO E LUBRIFICAÇÃO LIMITROFE

Superfícies secas e limpas quimicamente →  $\mu \sim 1,0$

O<sub>2</sub> →  $\mu \sim 0,5$

Óleo mineral →  $\mu \sim 0,15$

Lube limítrofe →  $\mu \sim 0,08$

# LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE

## LUBRIFICANTE P.E.

Oxigênio na atmosfera

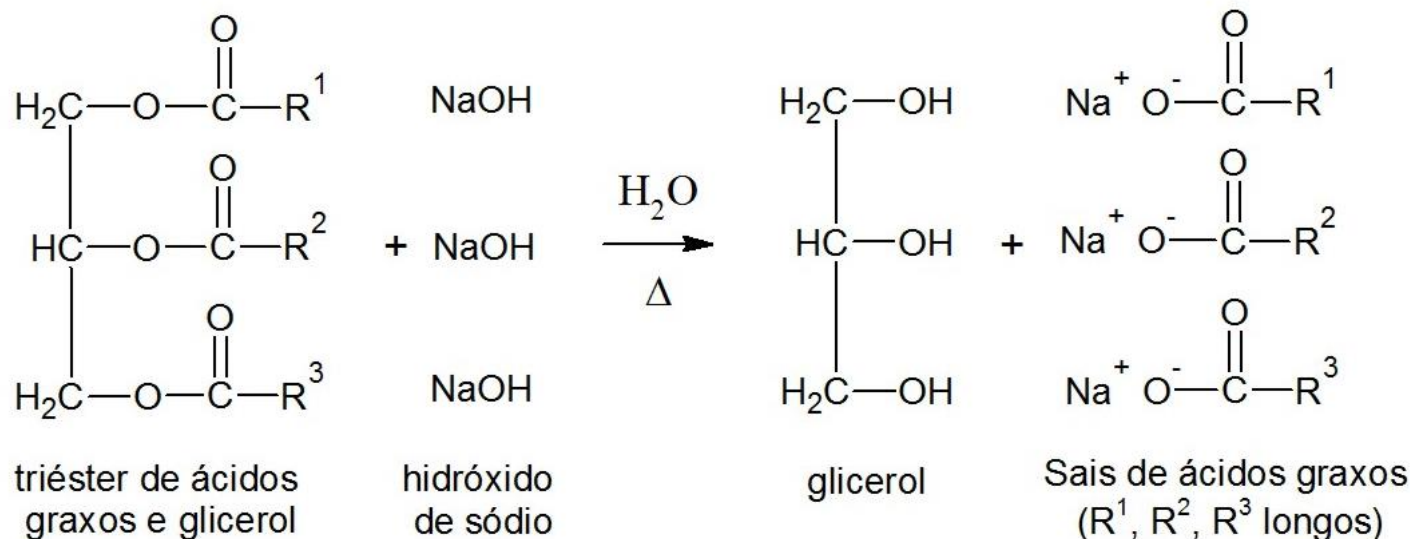
$O_2$  superfície metálica → camada de óxido

menor atrito e desgaste

Polímeros (PTFE), fosfatização, sulforização



**Saponificação** → Hidrólise básica de lípideos, mais precisamente triglicerídeos (óleos vegetais ou gorduras) mediante a adição de uma base forte (facilitado com o aquecimento). Cada molécula de triglicerídeo se quebra em uma molécula de glicerina e em seus três ácidos graxos correspondentes. O sabão resultante é um sal de ácido carboxílico e sendo uma molécula de longa cadeia carbônica é capaz de se solubilizar tanto em meios polares quanto em meios apolares.



R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> são cadeias longas

 Sabões

# LUBRIFICAÇÃO LIMÍTROFE

FILMES  
FORMADOS  
POR  
REAÇÃO QUÍMICA

## Formação

Aditivos P.E. → S, Cl, P, Zn

Filmes resistentes → Condições operacionais severas  
Cargas elevadas, Velocidade alta,  
Temperatura alta.

1000°C → Início da reação (ponto de fusão)

Atrito → Baixo



**LUBRIFICAÇÃO  
MISTA**

Contato  Propriedades do lube + lube limítrofe



**Mancais que operam em regime intermitente**

**FF  MISTA  LIMÍTROFE**

## LUBRIFICAÇÃO ELASTOHIDRODINÂMICA

A deformação elástica local dos materiais gera retenção de filmes hidrodinâmicos na região limítrofe.

Ponto e linhas de contato →

Engrenagens  
Cames  
Elementos rolantes  
Juntas sinoviais

**Viscosidade** → Aumenta consideravelmente devido às pressões excessivas.

Formação de filmes lubrificantes efetivos.

$$\eta_{\text{EHD}} = \text{Milhares de vezes } \eta_{\text{atmosférica}}$$



# Lubrificação com Filme de fluido

## Características

- Filme → Espesso
- Atrito → Pequeno → Cisalhamento do filme lubrificante.
- Desgaste → Baixo (partidas, paradas)
- Contato → Governado pelas propriedades físicas do lubrificante

É a condição em que um filme de lubrificante esteja suficientemente espesso para evitar que duas superfícies sólidas opostas entrem em contato.

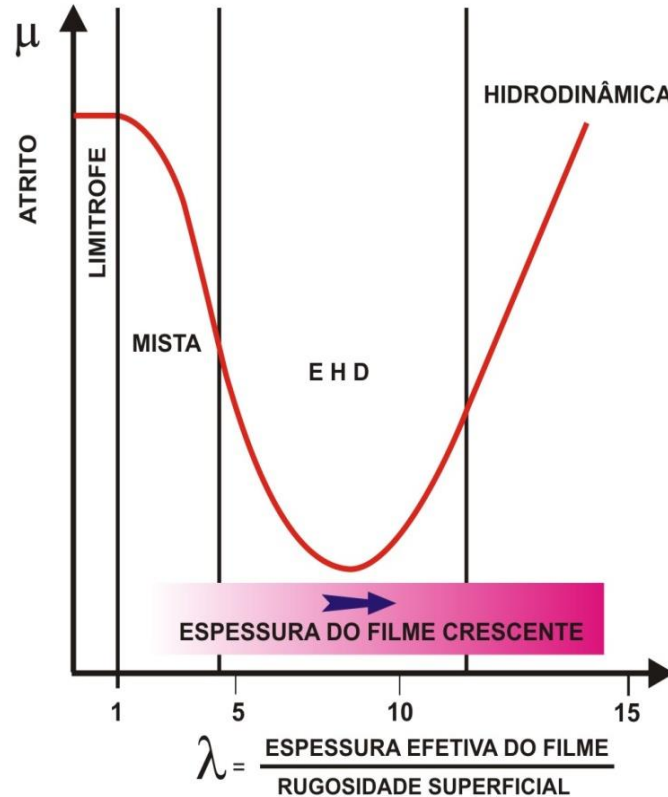




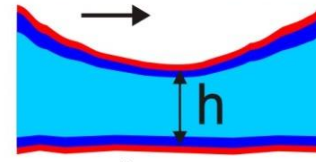
# REGIMES DE LUBRIFICAÇÃO E A ESCALA DE DIMENSÕES TÍPICAS DE QUALIDADE SUPERFICIAL



TRANSIÇÃO ENTRE OS REGIMES DE LUBRIFICAÇÃO

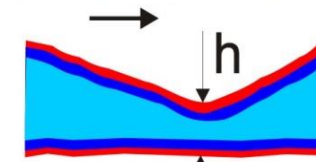


HIDRODINÂMICA



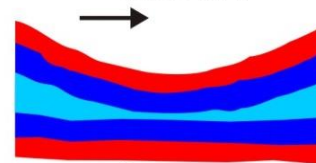
$\lambda = 10 \text{ a } 100$   
 $h = 10^{-6} \text{ m}$

ELASTOHIDRODINÂMICA



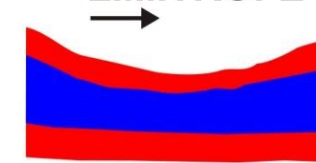
$\lambda = 4 \text{ a } 10$   
 $h = 10^{-7} \text{ a } 10^{-6} \text{ m}$

MISTA

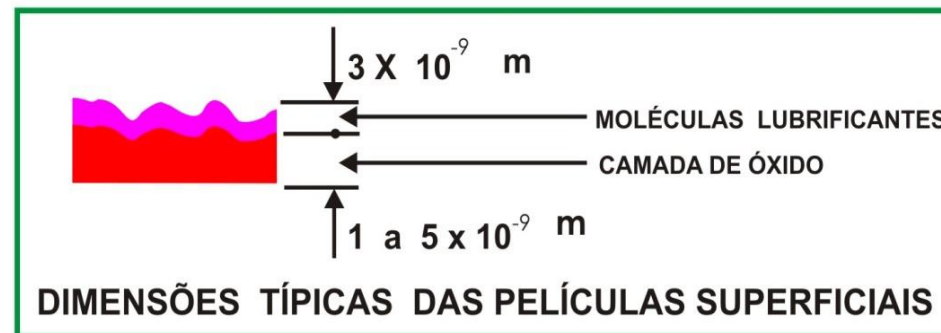


$\lambda = 1 \text{ a } 5$   
 $h = 10^{-8} \text{ A } 10^{-6} \text{ m}$

LIMÍTROFE



$\lambda < 1$   
 $h = 10^{-9} \text{ A } 10^{-8} \text{ m}$





## Questionamentos:

14.01 – Em pista molhada qual pneu freia mais, o careca ou o riscado? Porque?

# *Lubrificantes*



# ***Lubrificante, o que é?***

Toda substância interposta entre duas superfícies em movimento relativo com propósito de reduzir o atrito e o desgaste entre elas e assim, de protegê-las e refrigerá-las.

## LUBRIFICAÇÃO



## LUBRIFICANTE



Redução da resistência ao atrito e desgaste ou outras formas de deteriorização entre duas superfícies pela aplicação de um **LUBRIFICANTE**.



Toda substância interposta entre duas superfícies em movimento relativo com o propósito de reduzir o atrito e o desgaste entre elas, e de protegê-las e refrigerá-las.



# O que se espera de um lubrificante?

- Larga faixa de viscosidade;
- Pequena variação na viscosidade com a temperatura;
- Estabilidade química;
- Calor específico suficiente para o transporte de calor devido ao atrito;
- Baixo custo;
- Disponibilidade;
- Ambientalmente amigável.

# CLASSES DE LUBRIFICANTES

SÓLIDO



GRAFITE  
MoS2  
MATERIAIS SECOS

SEMI-SÓLIDO



GRAXAS

LÍQUIDO

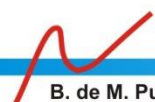


ANIMAL  
VEGETAL  
MINERAL  
SINTÉTICO

GASOSO



AR  
He  
N





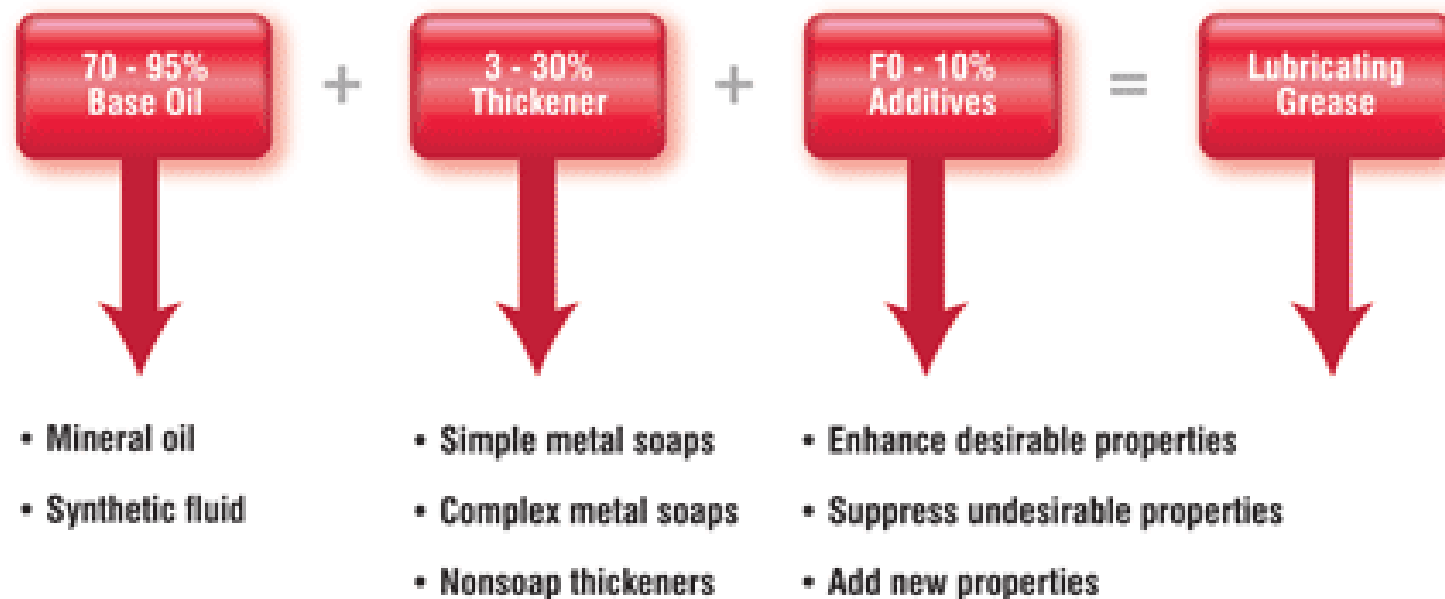
# Óleos

- refrigeração e remoção dos debris;
- proteção contra o contato metal-metal;
- Lubrificação hidrodinâmica;
- Diminuição do atrito = diminuição da energia



# Graxas

Óleo base + espessante + aditivos



Sal normalmente insolúvel em água formado pela interação de um ácido graxo com um metal, especialmente chumbo, alumínio, lítio.



- Emulsão de óleo;
- baixa capacidade de refrigerar / sem lubrificação heterodinâmica;
- Alternativa quando o óleo é impossível;



- Óleo Base (velocidade, temp.; compatibilidade com materiais).



# Espessante

## Sabões Metálicos

Lítio

Cálcio

Sódio

Alumínio

## Sabões Metálicos Complexos

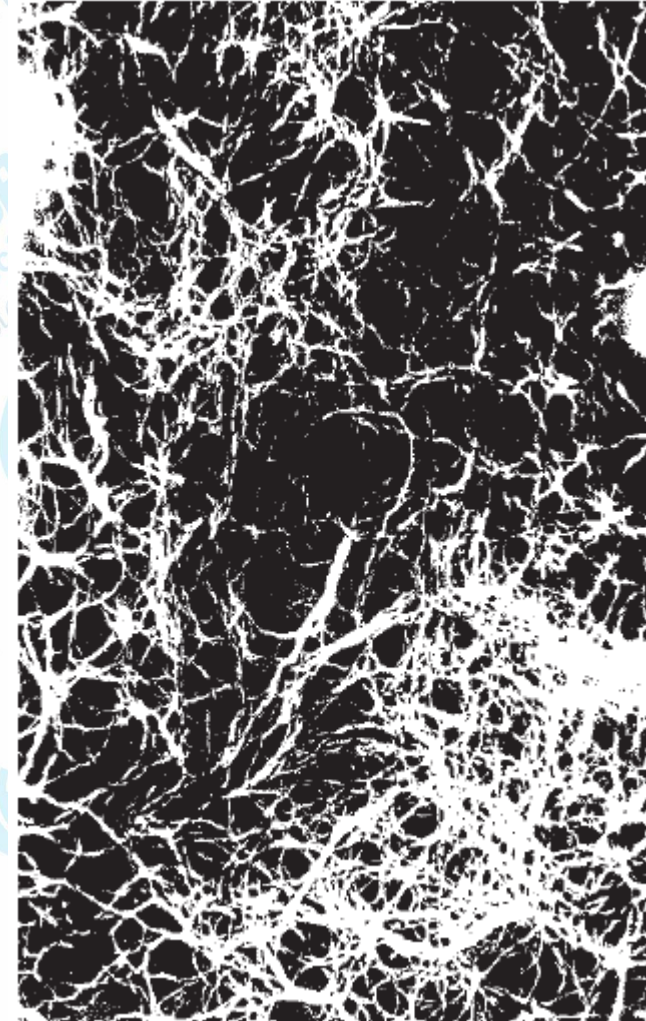
Lítio

Cálcio

Alumínio

Sem sabão

Argila



Sabão de Lítio



# Aditivos

Para situações de elevada pressão e choques

Grafite;

Bissulfeto de Molibidênio;

Mica;

Talco.



# Aditivos Solúveis

Compatíveis com a natureza química do óleo base

Anti oxidante;

Inibidores de corrosão;

Extrema pressão;

Anti desgaste.



# Questionamentos

O uso de um lubrificante:

14.02 - pode causar um aumento do desgaste enquanto diminui o coeficiente de atrito?

14.03 - pode diminuir o desgaste enquanto promove um aumento do atrito?



# Óleos para motores a combustão — Classificações

Classificação SAE: estabelecida pela **Sociedade dos Engenheiros Automotivos dos Estados Unidos**, classifica os óleos lubrificantes pela sua viscosidade, que é indicada por um número. Quanto maior este número, mais viscoso é o lubrificante e são divididos em três categorias:

Óleos de **verão**: SAE 20, 30, 40, 50, 60;

Óleos de **inverno**: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;

Óleos multiviscosos (**inverno** e **verão**): SAE 20W-40, 20W-50, 15W-50.

Viscosidade

W - Winter

Baixas temp.

Altas temp.



SAE 30 - viscosidade centistokes (cSt) @ 100 °C → cSt 9.3 >  $\nu$  > St 12.5.

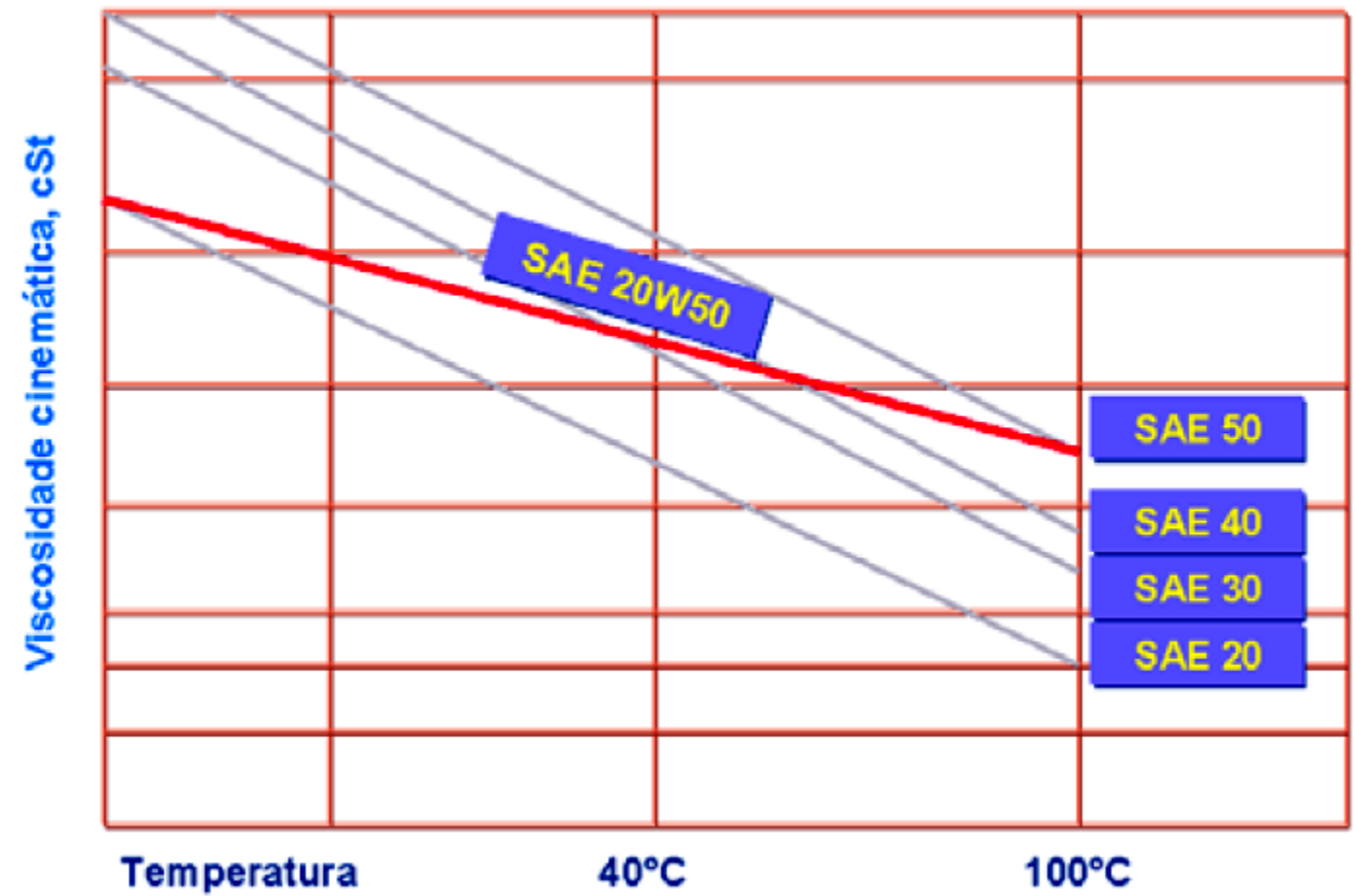
SAE 40 @ 100 °C → cSt 12,5 >  $\nu$  > St 16,3

SAE 50 @ 100 °C → cSt 16,3 >  $\nu$  > St 21,9

SAE 60 @ 100 °C → cSt 21,9 >  $\nu$  > St 126,1

SAE Viscosity Grade	Low temp viscosities		High temp viscosities		
	Engine cranking Max. cPs at Temp (°C)	Max. Temp for pumping viscosity of 60,000 cP(°C)	Vis. at 100°C, cSt		High shear (cP) 150°C & 10 <sup>6</sup> S <sup>-1</sup> Min
			Min	Max	
<b>Winter Service</b>					
0W	6200@ -35	-40	3.8	-	--
5W	6200@ -30	-35	3.8		-
10W	7000@ -25	-30	4.1		-
15W	7000@ -20	-25	5.6		-
20W	9500@ -15	-20	5.6		-
25W	13000@ -10	-15	9.3		-

Centipoise = Centistoke x Densidade



Fonte: lubrificação automotiva - Ipiranga



**IV – Índice de viscosidade** é o valor numérico que indica a variação da viscosidade em relação a variação da temperatura.

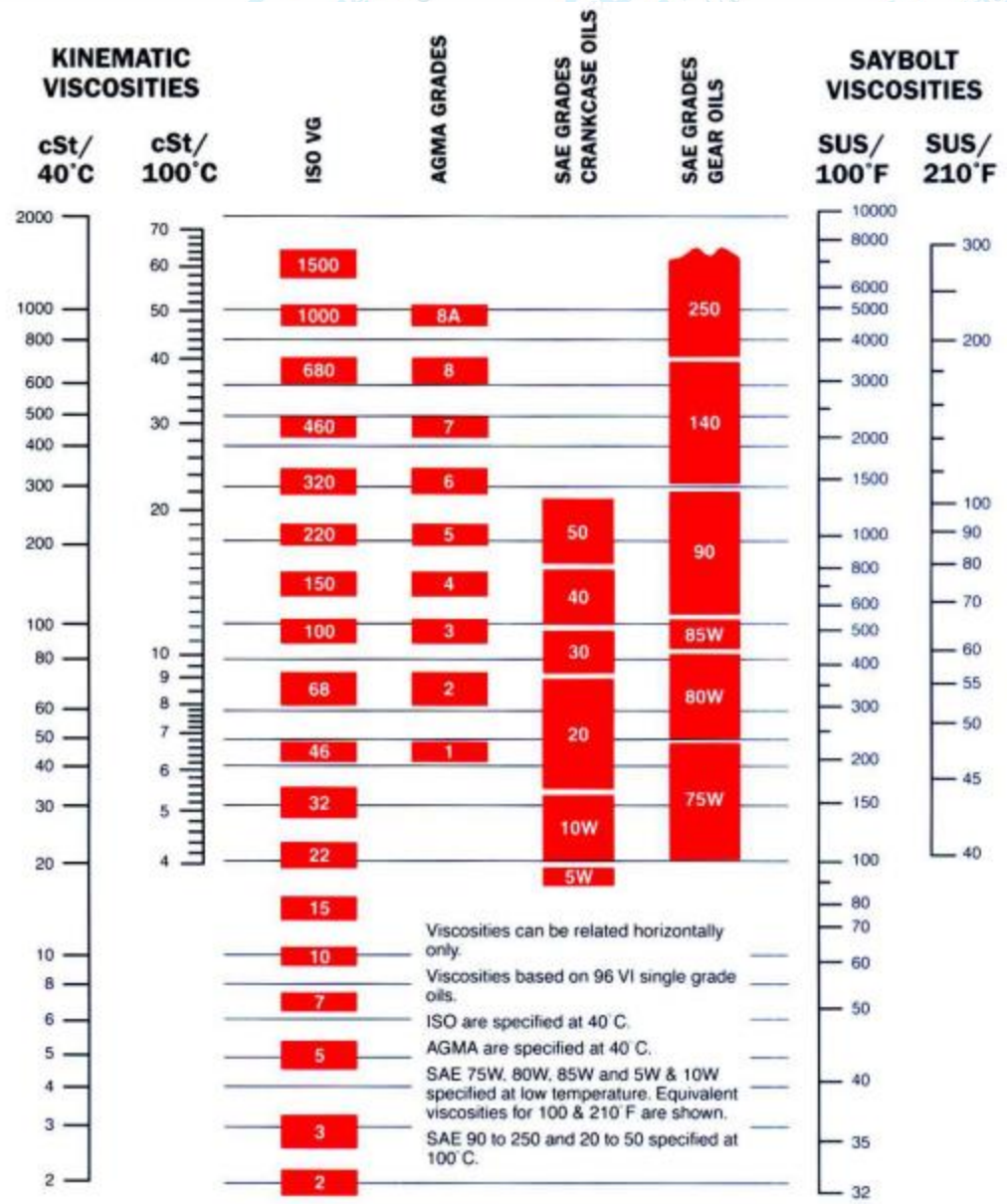
Classificado inicialmente de 0 a 100, pois o Zero era referente ao óleo aromático e 100 ao óleo parafínico, hoje ultrapassa a 250.

# ISO 3448 – Kin Vis - CSt 40°C vs SUS 100°F (40°C)

	Midpoint	Minimum	Maximum	SUS 100°F
VG 2	2.2	1.98	2.42	
VG 3	3.2	2.88	3.52	
VG 5	4.6	4.14	5.06	
VG 7	6.8	6.12	7.48	
VG 10	10	9	11	60
VG 15	15	13.5	16.5	75
VG 22	22	19.8	24.2	105
VG 32	32	28.8	35.2	150
VG 46	46	41.4	50.6	215

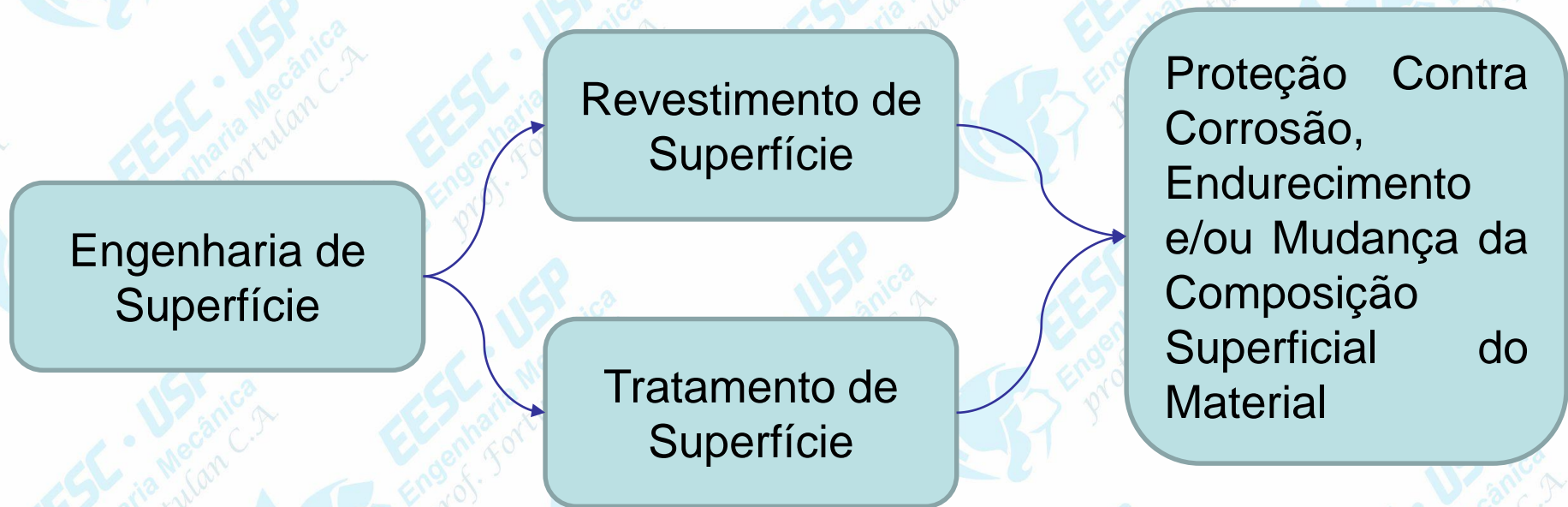


	Midpoint	Minimum	Maximum	SUS 100°F
VG 68	68	61.2	74.8	315
VG 100	100	90	110	465
VG 150	150	135	165	700
VG 220	220	198	242	1000
VG 320	320	288	352	1500
VG 460	460	414	506	2150
VG 680	680	612	748	3150
VG 1000	1000	900	1100	4650
VG 1500	1500	1350	1650	7000

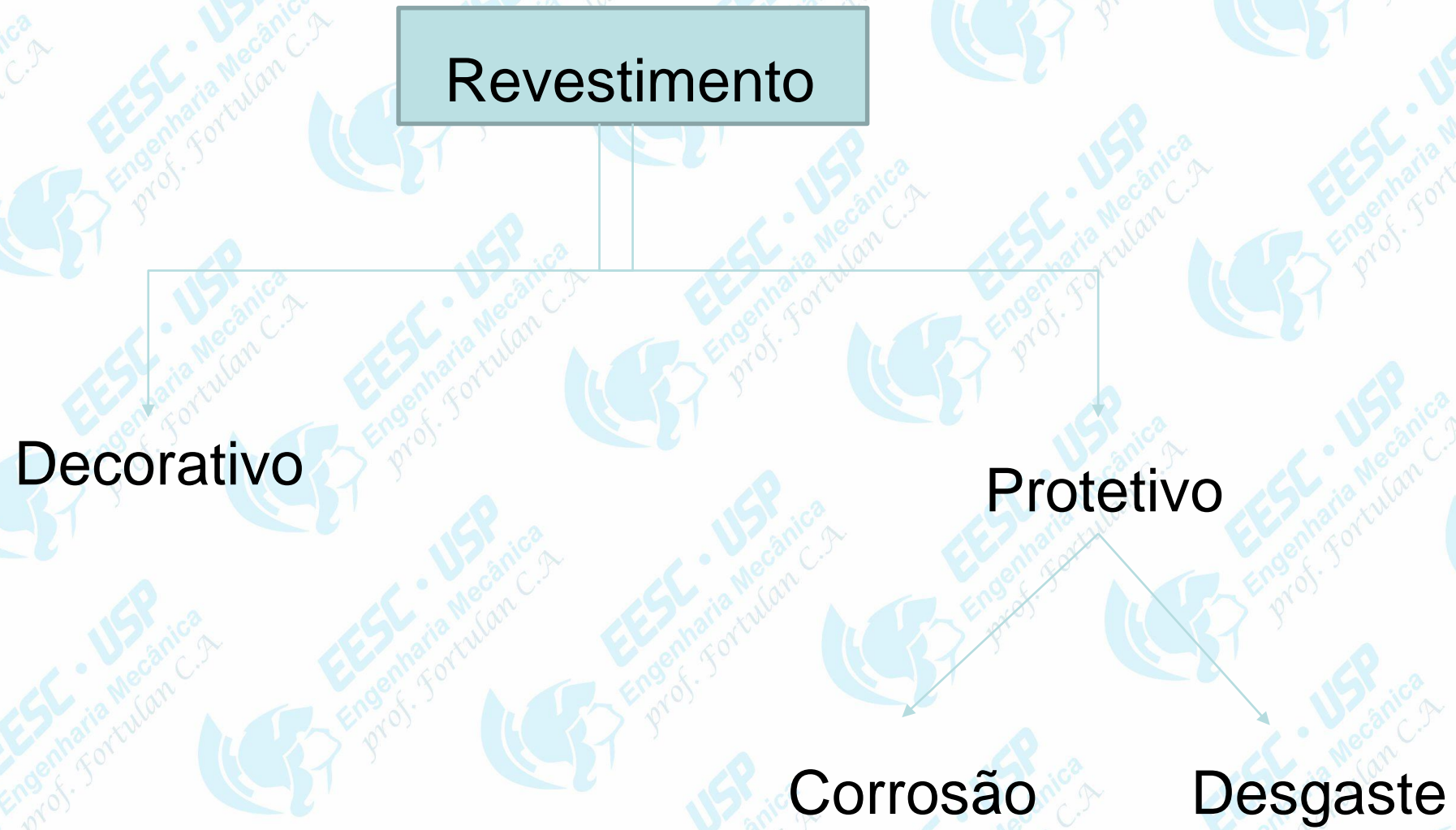




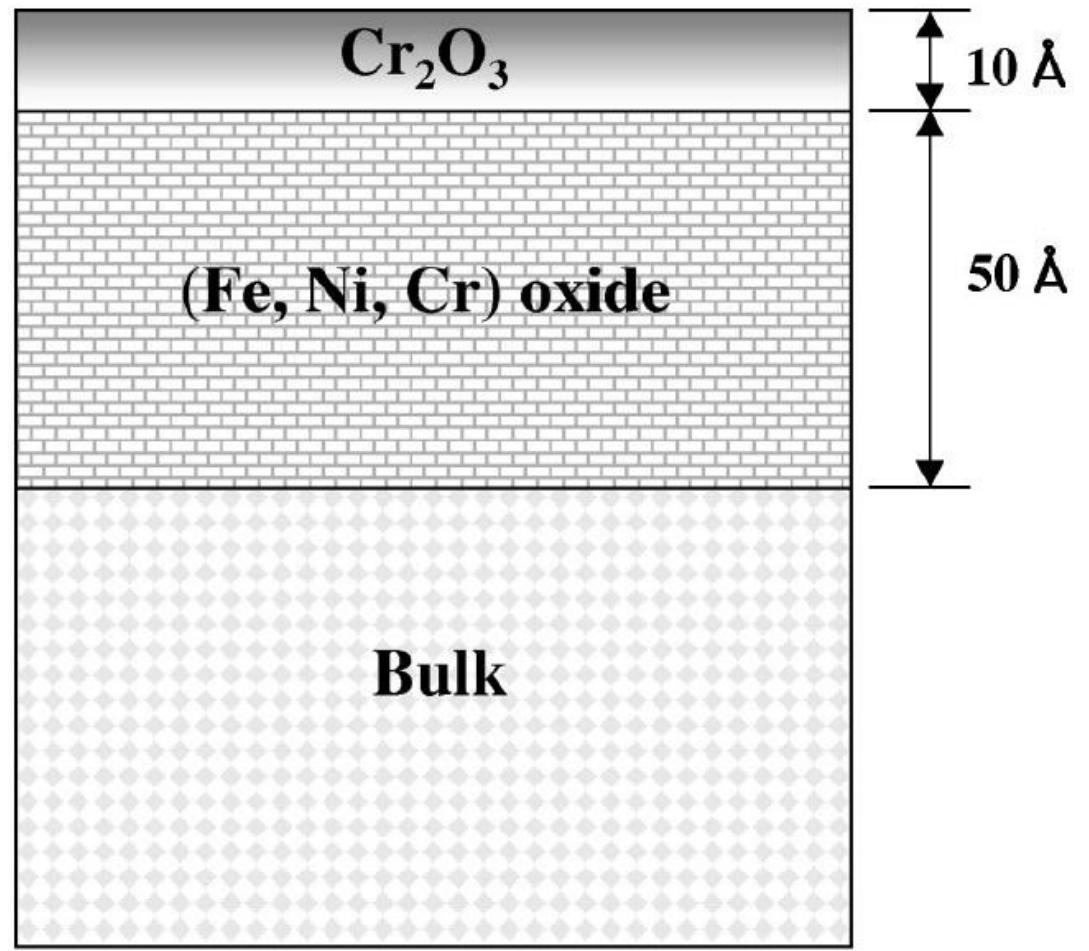
# *Engenharia de Superfícies*







## Structure of stainless steel oxide at the final stage of oxidation.



Cho, B.; Moon, S.; Chung, S.; Kim, K.; Kang, T.; Koo, B. Characterization of the diffusion properties of chromium in stainless-steel oxides by photoemission spectroscopy. *Journal of Vacuum Science & Technology a – Vacuum Surfaces and Films* 2001, 19 (3), 998.



# Engenharia de Superfícies

As propriedades superficiais em contato interferem diretamente na tribologia e portanto devem ser tema de estudo

- ✓ Ela deve reter o lubrificante?
- ✓ O atrito é uma consideração importante? Se sim qual é a causa ou requisito?
- ✓ O desgaste é um problema potencial?
- ✓ A tensão de compressão é uma preocupação relevante?
- ✓ Haverá remoção de material da superfície?
- ✓ Há necessidade de recobrimento resistente ao desgaste?
- ✓ O acabamento superficial afeta a tolerância e o ajuste?



# Revestimento de Superfícies

- **Clássicas ou tradicionais:**

- Pintura;
- Electroplating;
- Galvanização;
- Spray térmico ou plasma.

- **Avançadas**

- ✓ Deposição Física ao Vapor (PVD);
- ✓ Deposição Química ao Vapor (CVD);
- ✓ Implantação de íon;
- ✓ Deposição assistida por feixe de íons (IBAD)
- ✓ Misto de feixe de íons;
- ✓ Tratamento a laser.



# Tratamento de Superfícies

- ✓ Aumento da Dureza;
- ✓ Aumento da dureza em regiões específicas com manutenção da tenacidade e ductilidade nas demais;
- ✓ Alteração das propriedades físicas superficiais;

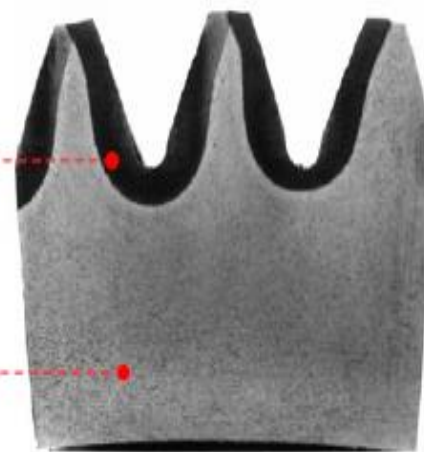
# Endurecimento Superficial

- Aumenta a dureza (resistência ao risco e abrasão) em regiões específicas;
- Permite manter as propriedades de ductilidade na região interior do metal.

▶ Solicitação localizada na superfície: (abrasão por atrito) → alta dureza

+

▶ Resto da peça: outras propriedades mais importantes → alta tenacidade

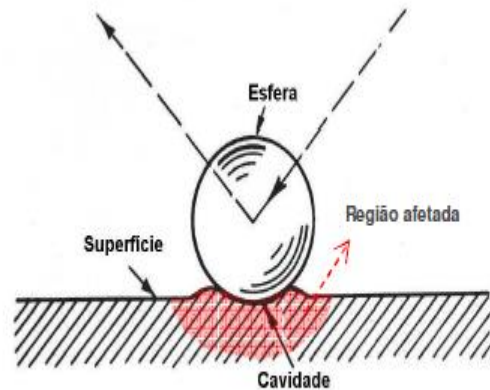




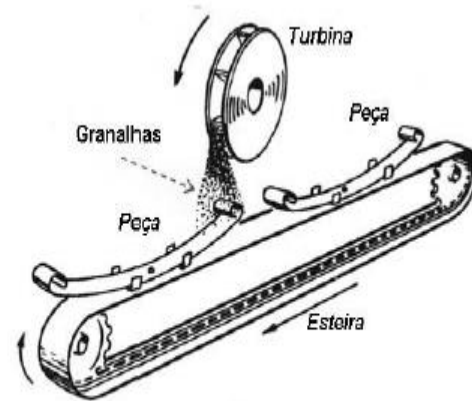
# Endurecimento Superficial Mecânico

## *Shot Peening*

O impacto com o jateamento das esferas de aço gera uma deformação plástica localizada, na superfície. Portanto, gera um aumento da linhas de discordância e, então, aumenta a dureza da região do impacto. Cuidado para não haver abrasão.



Formação da cavidade devido ao impacto da esfera no jateamento

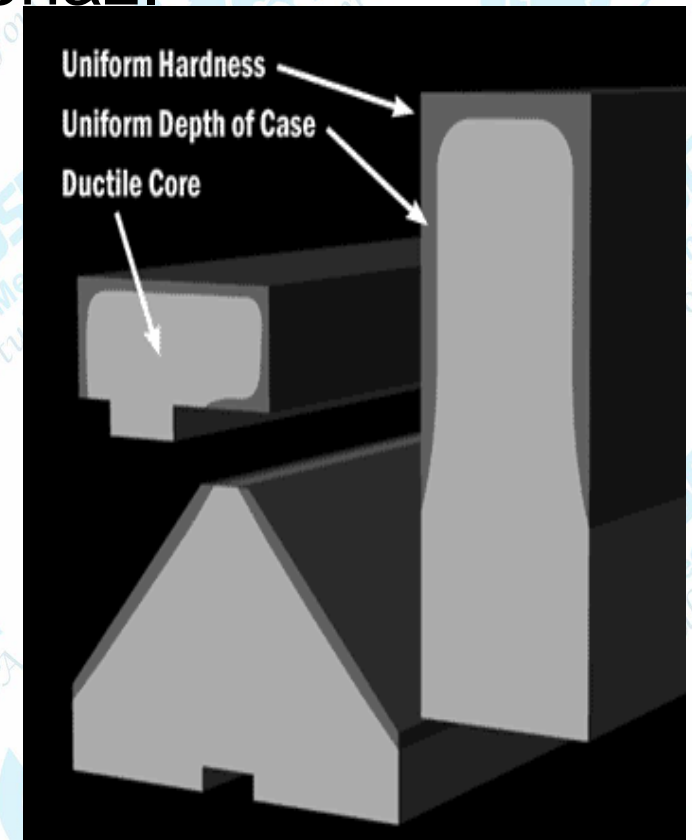


Esquema da realização do jateamento por granalhas (shot peening) – Feixe molas carro (lamina)



# Endurecimento Térmico: Têmpera

- Aquecimento rápido da superfície até a austenitização seguido de têmpera (água ou óleo) que acarreta na formação de martensita na região superficial, mantendo o interno do metal tenaz.
- Combinação perfeita de alta resistência na superfície com tenacidade no núcleo;
- Aplicável em peças de grande dimensões (2 – 3m) e/ou geometria complexa;
- Rápida de ser aplicada;
- Métodos: Chama, Indução e à laser.





# Tratamentos Termoquímicos

São tratamentos que modificam a composição e/ou microestrutura da superfície do material

- Cementação ou Carbonetação;
- Nitretação;
- Carbonitretação ;
- Cianetação;
- Boretação.



# Cementação

Objetivo: Aumentar o teor de carbono na superfície

- Aumentar a temperatura do material (inserido uma região rica em carbono) até o campo austenítico para promover a difusão de carbono para a peça (que permite um teor de carbono de até 0.8%). O resfriamento rápido produz a martensita (hexagonal compacta).
- Quanto maior a exposição ao carbono, maior a camada de martensita.
- Após o procedimento de cementação, recomenda-se um revenimento, para reduzir a austenita retida e, assim, diminuir a dureza do núcleo. Produz um tamanho de grão mais refinado e homogêneo.



# Nitretação

Tratamento químico que visa o endurecimento superficial pela difusão de nitrogênio e, conseqüente, formação de nitretos.

- Realizada em temperaturas abaixo do campo austenítico e não é necessário um tratamento subsequente de têmpera para aumento de dureza (a camada nitretada já será muito dura).
- As peças são resfriadas ao ar.

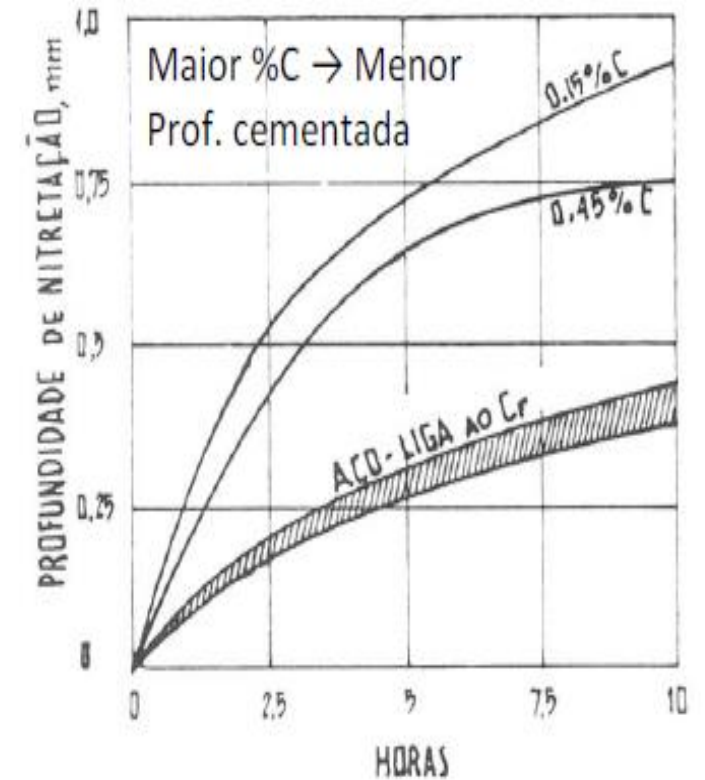


Fig. 96 – Profundidades de nitretação obtidas em alguns aços submetidos à nitretação líquida a 570°C

*A nitretação promove um aumento de dimensão na peça. Caso desejado recomenda-se fazer têmpera antes da nitretação. Usinagens posteriores não são permitidas após o processo de nitretação.*



# Carbonitreação

Também conhecida como Nitrocarbonetação ou Cianetação Seca, ocorre a difusão simultânea de C e N para a superfície do metal. (variante de baixo custo da nitretação gasosa)

O gás admitido no forno consiste de misturas com diferentes proporções de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e gás natural ou metanol (C).

- A profundidade de camada endurecida varia entre 0,07 e 0,7 mm
- As aplicações da nitrocarbonetação são mais limitadas que os processos de cementação e/ou nitretação.
- Normalmente a nitrocarbonetação é aplicada em componentes de baixa responsabilidade submetidos a situações de desgaste leves.
- Deve-se posteriormente temperar e revenir as peças.



# Cianetação

Há um enriquecimento superficial de carbono e nitrogênio, simultaneamente, em temperaturas ao redor de 800 °C, ou seja, acima da linha de austenitização.

- Espessura de 0,1 – 0,3 mm de camada formada
- É aplicado em aços-carbono com baixo teor de Carbono
- O resfriamento é feito em água

## Vantagens em relação a cementação:

- Maior rapidez;
- Maior resistência ao desgaste e a corrosão;
- Menor temperatura de processo



# Boretação

Difusão de átomos de boro para o interior da superfície formando um complexo de boretos ( $\text{Fe}_2\text{B}$  – como uma nova liga) aumentando a rigidez e extrema dureza superficial (granulado de  $\text{B}_4\text{C}$  em meio sólido).

Por se tratar de um verdadeiro processo de difusão não há interferência mecânica entre a liga e o substrato.

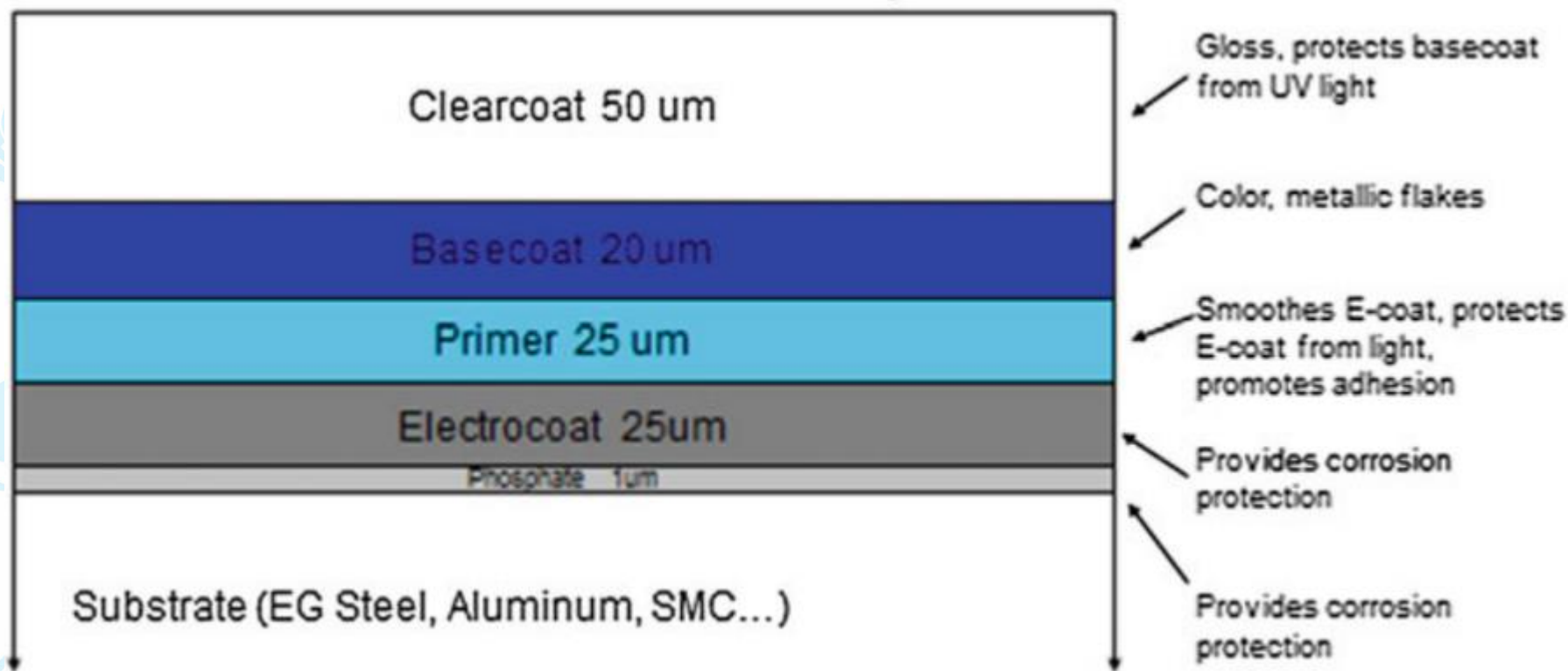
Além da alta resistência à abrasão, a camada de boreto exibe a importante propriedade de ter muito pouca tendência à solda fria. Essa propriedade é extremamente importante para reduzir desgastes por adesão.



# Tratamento Termoquímico

Cementação	Nitretação	Cianetação	Carbonitretação	Boretção
↓	↓	↓	↓	↓
Adição de C	Adição de N	Adição de C e N	Adição de C e N	Adição de B
↓	↓	↓	↓	↓
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólida</li> <li>• Líquida</li> <li>• Gasosa</li> <li>• Plasma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquida</li> <li>• Gasosa</li> <li>• Plasma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líquida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasosa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sólida</li> </ul>
↓	↓	↓	↓	↓
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{Proc} = 850-950^{\circ}C</math></li> <li>• Seguido de tempera</li> <li>• Dureza: <math>\sim 65 H_{RC}</math></li> <li>• Camada: até 10 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{Proc} = 500-600^{\circ}C</math></li> <li>• Dureza: <math>\sim 1000-1100 H_V</math></li> <li>• Camada: até 1 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{Proc} = 650-850^{\circ}C</math></li> <li>• Seguido de tempera</li> <li>• Camada: de 0,1 a 0,3 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{Proc} = 700-900^{\circ}C</math></li> <li>• Seguido de tempera</li> <li>• Camada: até 7 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T_{Proc} = 900^{\circ}C</math></li> <li>• Dureza: <math>\sim 700-2000 H_V</math></li> <li>• Camada: 4 h produz 0,1 mm</li> </ul>

# Automotive Coatings



Cross-section of an automotive paint system

Mark Nichols and Janice Tardiff



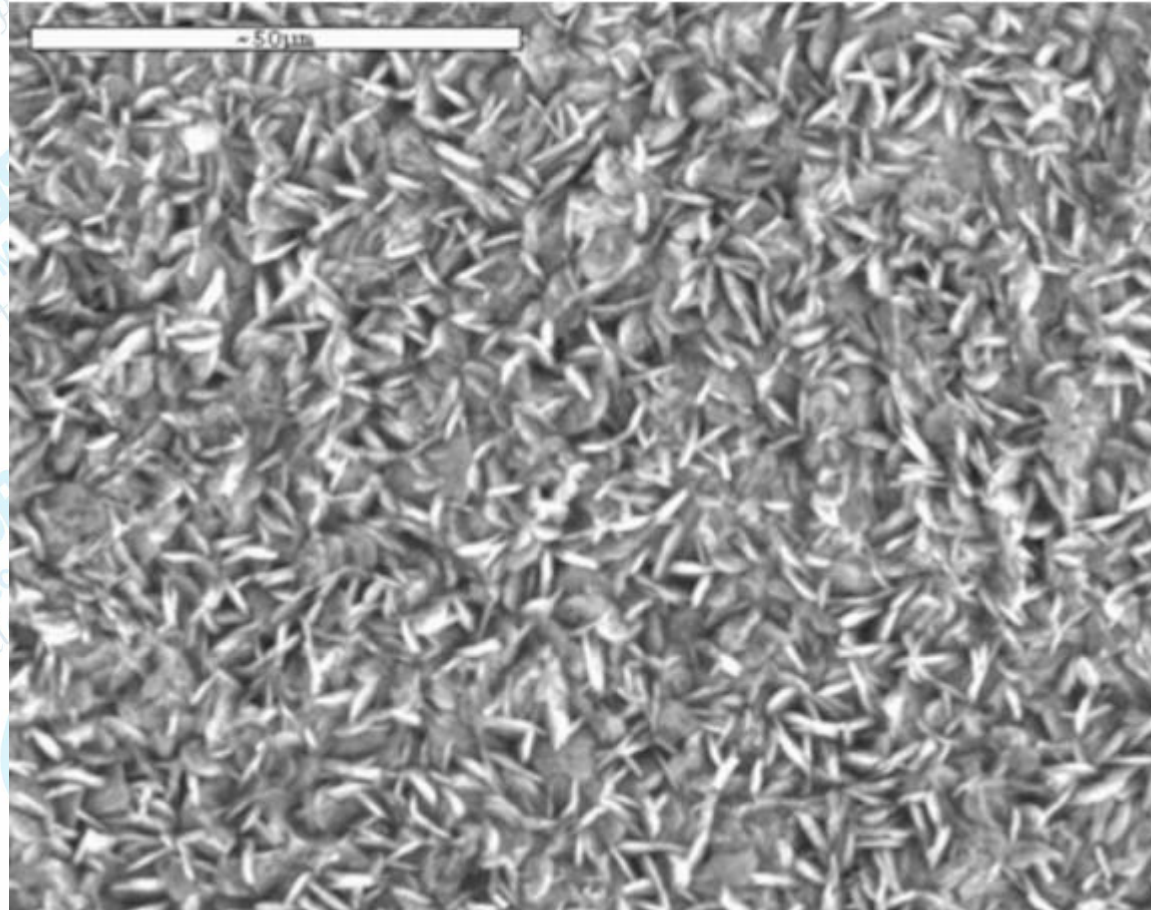
# Pre-tratamento

É a primeira camada de revestimento aplicada a uma carroceria automotiva. Tradicionalmente, em superfícies metálicas, esta camada tem sido um revestimento de fosfato tri-catiônico (zinco, níquel, manganês) que serve para melhorar a adesão entre o substrato metálico e as camadas orgânicas que são posteriormente aplicadas. Esta forte ligação adesiva também atua para melhorar a resistência à corrosão do sistema de revestimento, evitando que as espécies iônicas penetrem no substrato.

O fosfato de zinco é aplicado em uma série de etapas que começam com a limpeza da carroceria do veículo.



# Fosfato de zinco em aço galvanizado



Mark Nichols and Janice Tardiff



# Electrocoat

Ou (e-coat) é camada aplicada sobre o pré-tratamento. A função principal do e-coat é fornecer excelente proteção contra corrosão para o substrato metálico subjacente. Ele faz isso formando uma forte ligação adesiva com o pré-tratamento e suprimindo o transporte de espécies iônicas para o substrato.

# Primer

Após a cura do eletrorrevestimento, o primer é aplicado eletrostaticamente em uma cabine de pulverização. Durante este processo, a tinta é atomizada e aplicada a uma espessura de aproximadamente 25  $\mu\text{m}$  na superfície do veículo usando atomizadores eletrostáticos rotativos ou pistolas de pulverização eletrostáticas.



# Basecoat and Clearcoat

Após a aplicação e cura do primer, o acabamento, que inclui as camadas de base e verniz, é aplicado. Tal como acontece com o primer, a tinta é atomizada usando atomizadores eletrostáticos rotativos ou pistolas eletrostáticas de pulverização. O basecoat e o clearcoat são aplicados sequencialmente sem uma etapa de cozimento entre as etapas de aplicação. O tempo entre a camada de base e a aplicação do verniz permite que os solventes usados na tinta evaporem. Isso evita que o verniz atinja o fundo, o que pode causar problemas de aparência ao alterar a orientação dos flocos no fundo.

## Compact Paint Processes

A “pintura compacta” foi implementada para reduzir os custos operacionais da pintura de veículos. Em geral, os processos de pintura compacta eliminam a sequência de cabine de primer e estufa. Em vez disso, o primer é aplicado como a primeira etapa na cabine da demão de base / verniz, na sequência a pintura compacta requer a aplicação de três camadas úmidas uma sobre a outra e a subsequente co-cura dessas camadas.



# Revestimento de estanho

- Alternativa de baixo custo para fins funcionais e para fornecer um nível de proteção ou resistência à corrosão;
- Bom nível de propriedades de aumento de condutividade;
- Boa soldabilidade e é, portanto, um revestimento de escolha onde a soldagem posterior de componentes é necessária, especialmente nos campos eletrônicos.
- Estanhagem tem uma tonalidade 'cinza esbranquiçada' e é geralmente aplicada sem a camada de níquel brilhante usada em revestimentos decorativos - como tal, o estanho tem uma aparência opaca ou mate normalmente é usado em substratos de baixo valor, como aço-carbono ou ligas de cobre.



As aplicações dos exemplos de chapeamento de estanho incluem componentes elétricos ou eletrônicos de baixa tecnologia, como conectores eletrônicos ou barramentos, peças de equipamentos de cozinha comerciais que requerem soldagem. Substratos adequados para este revestimento de lata podem ser banhados sobre a maioria dos substratos de metal.



# Cromagem

- É um acabamento muito popular para muitas aplicações decorativas, resistente, brilhante e fácil de limpar. (indústrias automotiva e de construção);
- Acabamento mais duro em aplicações industriais onde, em conjunto com materiais de base tratados termicamente, pode proporcionar um (cromo duro);
- O níquel usado no processo de revestimento em conjunto com o cromo oferece alta resistência à corrosão. ;
- O tipo de níquel usado também determina o nível de brilho.



Aplicações de cromagem de adesivos automotivos, maçanetas e guarnições de portas, torneiras, acessórios arquitetônicos, racks, rodas de cubos, móveis e acabamentos de móveis e muitos, muitos outros itens.



# Chapeamento de prata

O chapeamento de prata é um processo eletrolítico. Suas propriedades podem ser utilizadas tanto para fins funcionais (eletrônica aprimorada ou resistência à corrosão) quanto para fins decorativos.

A prata é comumente aplicada sobre revestimentos preliminares de cobre e níquel, embora isso possa variar dependendo da aplicação.

Benefícios do chapeamento de PRATA Funcional - melhora a condutividade eletrônica e de ondas de rádio. É possível obter prata de superfície com pureza de cerca de 99,99.

Aplicações de chapeamento de prata Exemplos de revestimento funcional incluem componentes elétricos ou eletrônicos de alta tecnologia, como antenas, barramentos, conectores. As aplicações decorativas geralmente incluem talheres (bules, bandejas, bijuterias, etc.), joias ou peças de arte feitas à mão.



# Niquelação

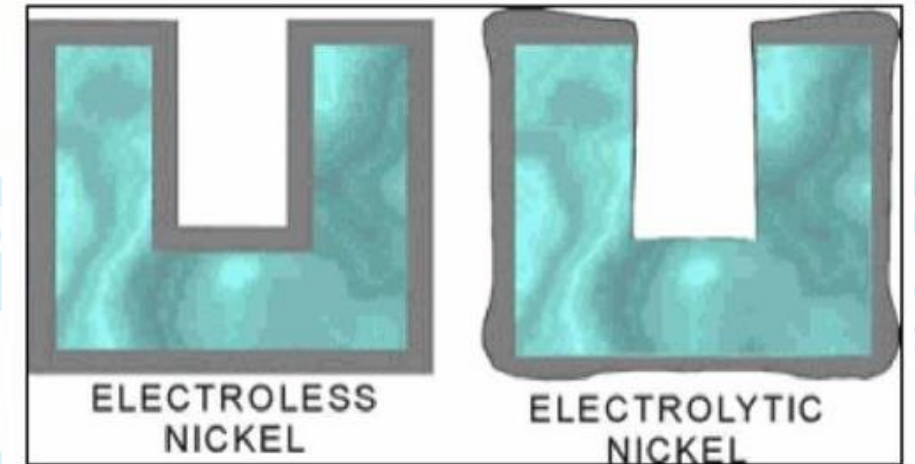
Processo eletrolítico, o Níquel fornece ao produto acabado dureza e a resistência à corrosão da superfície, embora às vezes, seja usado como um 'acabamento final' resultado de um acabamento fosco ou 'acetinado' de cor prateada com matiz amarelo / marrom

Algumas soluções de níquel.



# Niquelação química

- Este processo tem muitas vantagens sobre os processos 'eletrolíticos' em um ambiente de engenharia.
- O revestimento pode ser usado onde for necessário um acabamento rígido e resistente à corrosão.
- O níquel é depositado na superfície do metal por meio de um processo "autocatalítico" que deposita o revestimento em densidade uniforme na superfície a ser revestida. Uma grande vantagem do processo é que é possível revestir toda a superfície de um item mesmo, incluindo os internos, ao contrário dos processos eletrolíticos que têm dificuldade de se depositar em áreas rebaixadas e internas e podem resultar em acúmulos excessivos em pontos, cantos, etc.



Aplicações de válvulas de revestimento de níquel não eletrolíticas, eixos, equipamentos de perfuração, rolos, moldes de matrizes, ferramentas, bombas, hardware mais. Onde houver necessidade de prevenir a corrosão, reduzir o desgaste ou melhorar a dureza e durabilidade.



# Zincagem ou galvanização

A zincagem (chapeamento de zinco) é um revestimento galvanizado de baixo custo e o mais comum, normalmente aplicado a componentes ferrosos para fornecer proteção contra corrosão. O revestimento pode ser colorido para dar revestimentos monótonos de preto dourado ou verde-oliva por pós-tratamento.

O custo relativamente baixo, a natureza protetora e a aparência atraente do zinco o tornam um revestimento popular para porcas, parafusos, arruelas, peças estampadas de metal e peças automotivas, como componentes internos e filtros de gás. Além disso, o zinco atua como um subcapa eficaz para tintas quando é necessário um alto desempenho de corrosão.

Quase todos os metais podem ser zincados, mas os mais comuns são o aço e o ferro, nos quais oferece proteção sacrificial.

A galvanização é usada quando uma superfície limpa, lisa e resistente à corrosão é necessária. Normalmente usado em porcas, parafusos, suportes de metal. etc, mas também é um excelente subdemão para revestimento em pó ou tinta. A galvanoplastia de zinco pode deixar recessos em componentes de formas complexas sem revestimento de zinco suficiente para fornecer proteção contra corrosão. Os Produtos Acabados podem recomendar outros revestimentos que possam superar esse efeito.



# Galvanização por imersão a quente

Galvanização pesada é freqüentemente referida como galvanização em lote, serviço pesado ou galvanização após fabricação. A galvanização leve é chamada de galvanização contínua, ILG (In-Line Galvanizing) ou galvanização de zinco. O mercado australiano tem uma grande variedade de produtos galvanizados leves locais e importados prontamente disponíveis. (Veja o slide anterior) A galvanização pesada é o único acabamento galvanizado que oferece um revestimento completo de zinco pesado, tanto externa quanto internamente. O revestimento de zinco está normalmente na faixa de  $85 \mu\text{m}^2$  ou  $600 \text{ gms} / \text{m}^2$  em aço com 6 mm de espessura. A galvanização pesada produz a espessura máxima possível em relação à espessura do aço, sendo a proteção de longo prazo seu único objetivo.



## Questionamentos

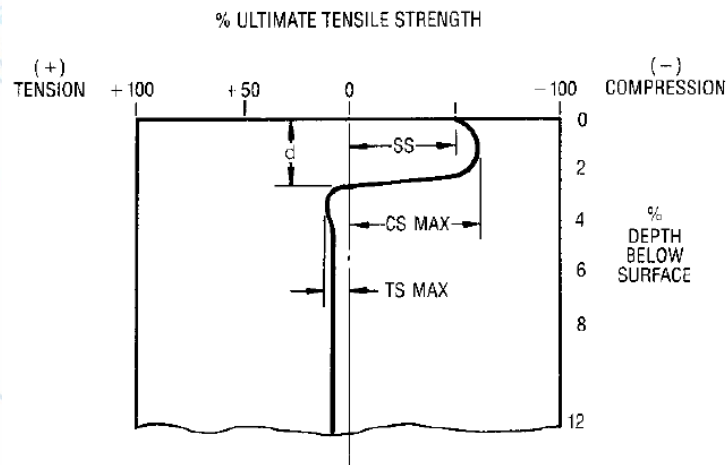
14.4. Com age um lubrificante?

14.5. Porque fazer trocas de lubrificante?

14.6. Quais são os aditivos de um lubrificante?

14.7. Como é constituída uma graxa?

14.8. Observe a figura abaixo sobre o *shotpeenig* e explique seu beneficio sobre a ocorrência da fadiga.





14.9. O que são lubrificantes e discuta os regimes de lubrificação?

14.10. Discuta sobre as funções da lubrificação, seus tipos e propriedades?

14.11. O que são mancais antiatrito? Vantagens e limitações

14.12. Explique em detalhe o mancal hidrodinâmico e escreva a equação de distribuição de pressão;

14.13. Você considera importante proteger as superfícies internas de um redutor (motor) contra corrosão;

14.14. Porque a troca de óleo é importante para manter as boas condições operacionais de um motor.

14.15. Porque a eficiência de um óleo diminui com o tempo.

# Aula Prática 07



## Aula 09 - Prática