



**Labconf**

Laboratório de Conformação Mecânica - UFPR



# **Aços para Estampagem**

**Prof. Paulo Marcondes, PhD.**  
**DEMEC / UFPR**

# ***Classificação dos aços***

## ***Aços baixo carbono convencionais para estampagem (plain-carbon steels) NBR 5915***

***QC – qualidade comercial***

***EM – estampabilidade média***

***EP – estampabilidade profunda***

***EEP – estampabilidade extra-profunda***

***EEP - PC – estamp. extra-profunda de peças críticas***

***EEP - IF – estamp. extra-profunda com aço IF***

# PRODUTOS COMERCIALIZADOS PARA INDÚSTRIAS AUTOMOBILÍSTICA E DE AUTOPEÇAS



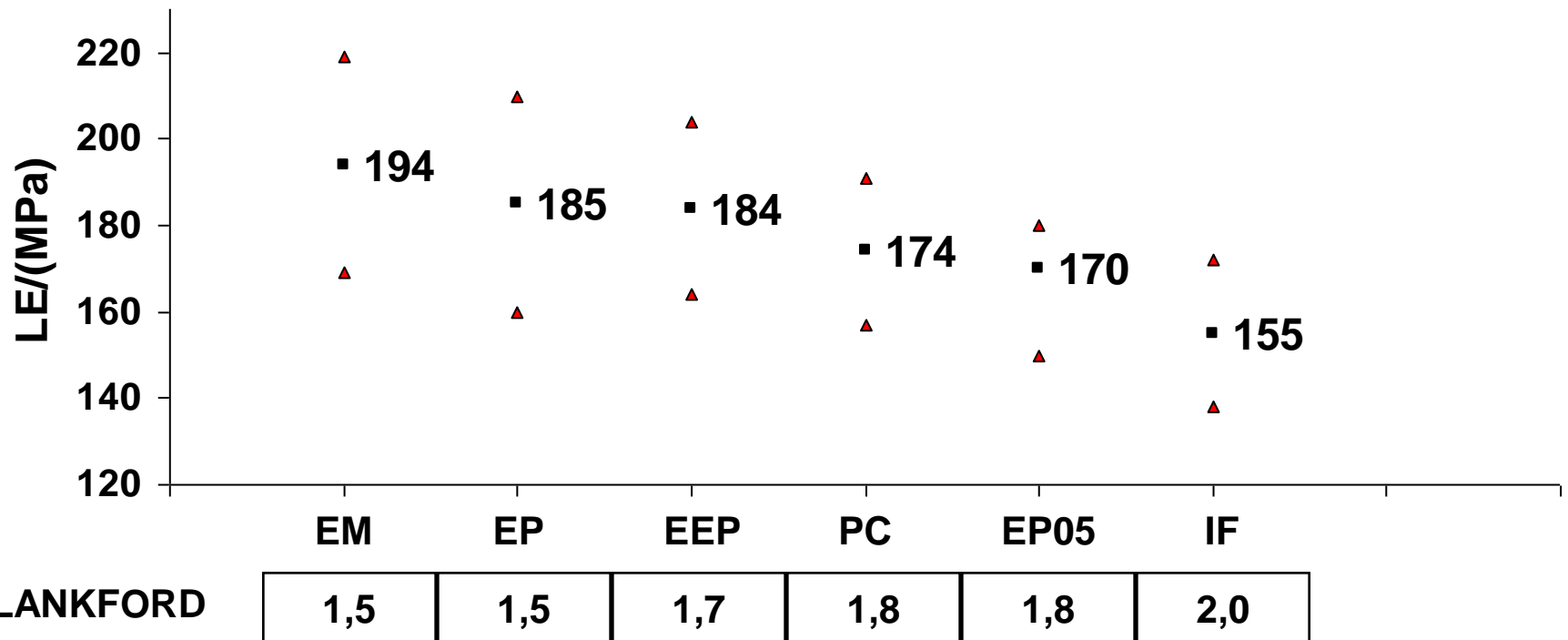
## ↓ Aços para operações de estampagem (NBR-5906) - Valores Típicos:

QUALIDADE	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (% PESO)						PROPRIEDADES MECÂNICAS				
	C	Mn	Si	P	S	Al	LE (MPa)	LR (MPa)	LE/LR (%)	AL (%)	DOB.
EM	0,04	0,23	0,01	0,014	0,012	0,045	280	370	76	38	0E
EP							260	360	72	40	0E
EEP							250	350	71	40	0E

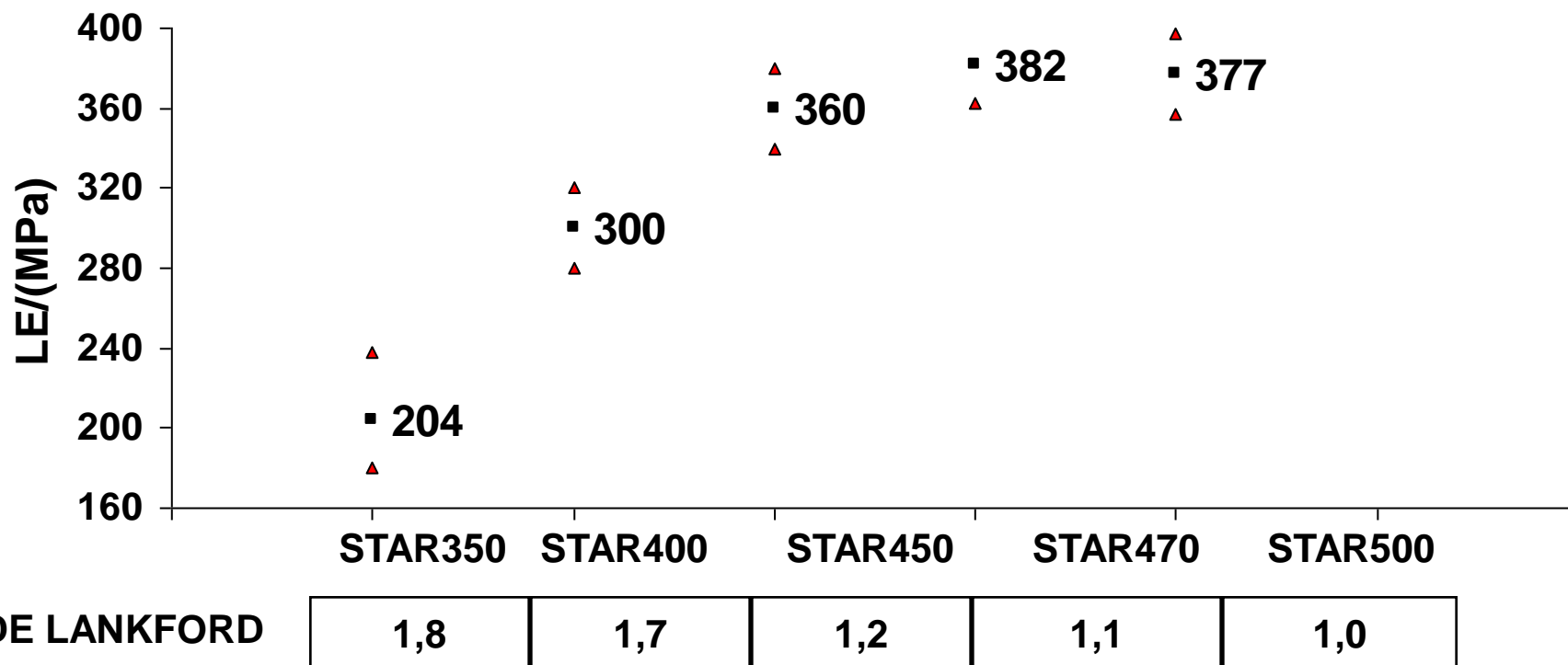
## *Aços para Estampagem*

<b>GRAU ESTAMPAGEM</b>	<b>NTU</b>	<b>NBR</b>	<b>DIN</b>	<b>EN</b>
MÉDIA	USI-EM	NBR5915EM	ST-12	FeP01
PROFUNDA	USI-EP	NBR5915EP	ST-13	FeP03
EXTRA PROF.	USI-EEP	NBR5915EEP	-	FeP03
PEÇA CRÍTICA	USI-EEP-PC	-	ST-14	FeP04
PEÇA EXTRA CRÍTICA	-	-	-	FeP05
ULTRA CRÍTICA	USI-IF	-	ST-15	FeP06

# Propriedades Mecânicas



# Propriedades Mecânicas



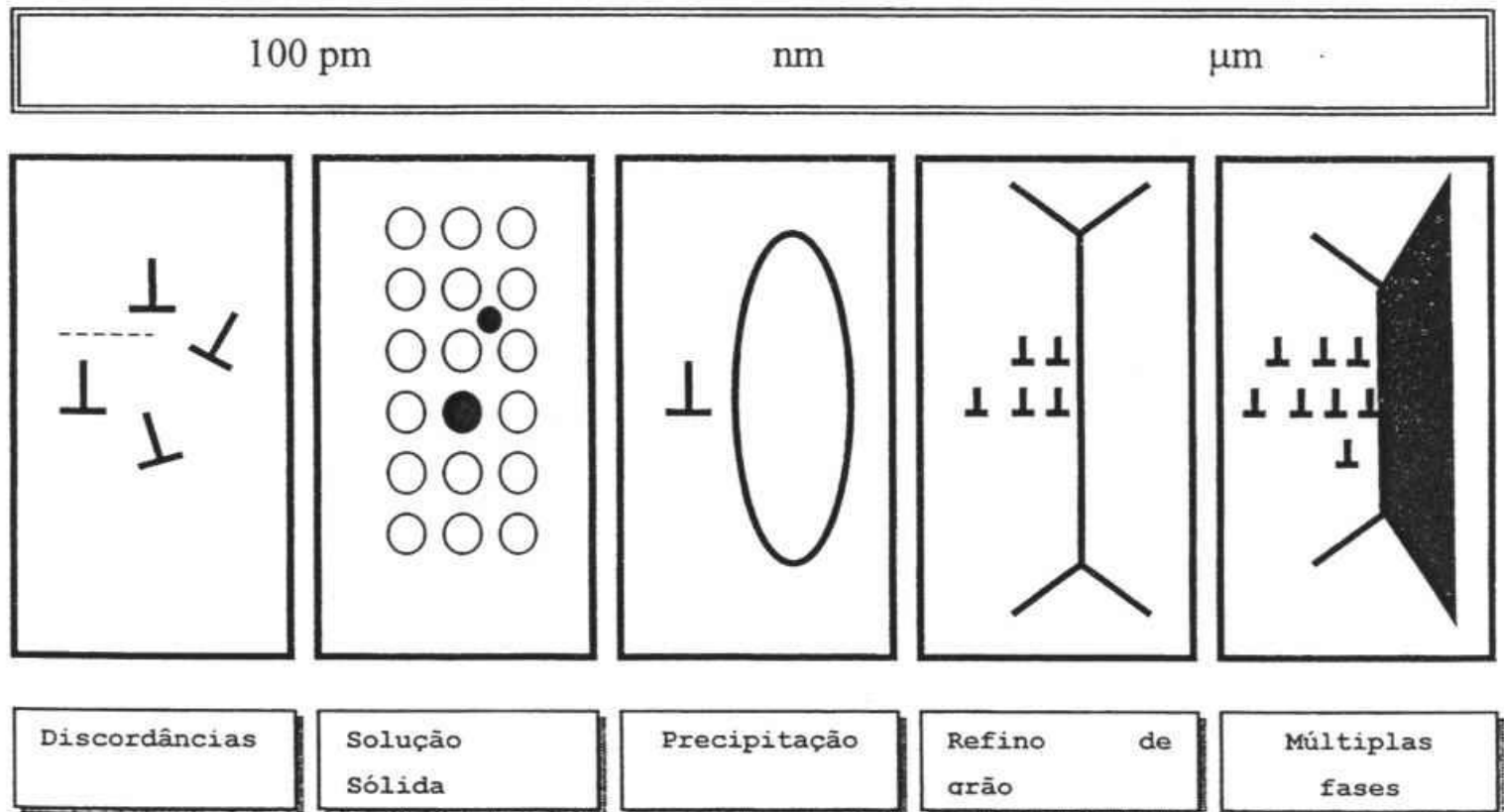
## *Mecanismos de resistência nos aços convencionais*

**Para os aços convencionais de estampagem, a microestrutura é composta basicamente por ferrita e perlita e presença de precipitações (carbonetos, nitretos, ...)**

**Mecanismos para aumentar a resistência mecânica:**

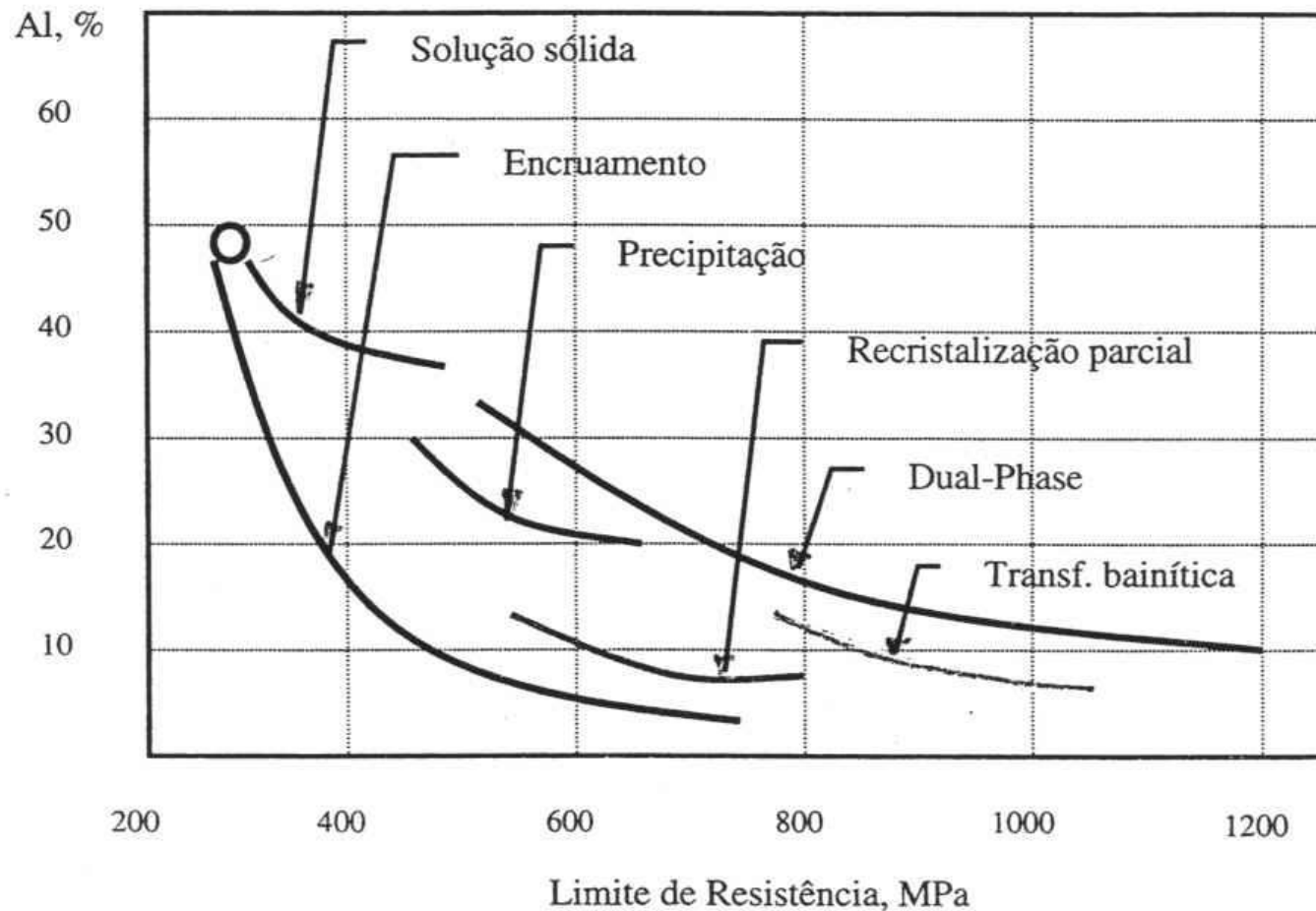
- **Solução sólida;**
- **Encruamento (discordâncias);**
- **Precipitação;**
- **Transformação de fases e**
- **Tamanho de grão.**

# Mecanismos de resistência nos aços convencionais



Representação esquemática dos diversos mecanismos de endurecimento dos materiais (escala relativa).





Alteração Deformação na ruptura (%) e limite de resistência (MPa) de chapas de aço laminadas a frio em função do mecanismo de endurecimento.

**As partes de uma carroceria que necessitam aumento na segurança e alta performance são o alvo dos aços especiais de alta resistência. Atualmente as aplicações estão centradas nos aços:**

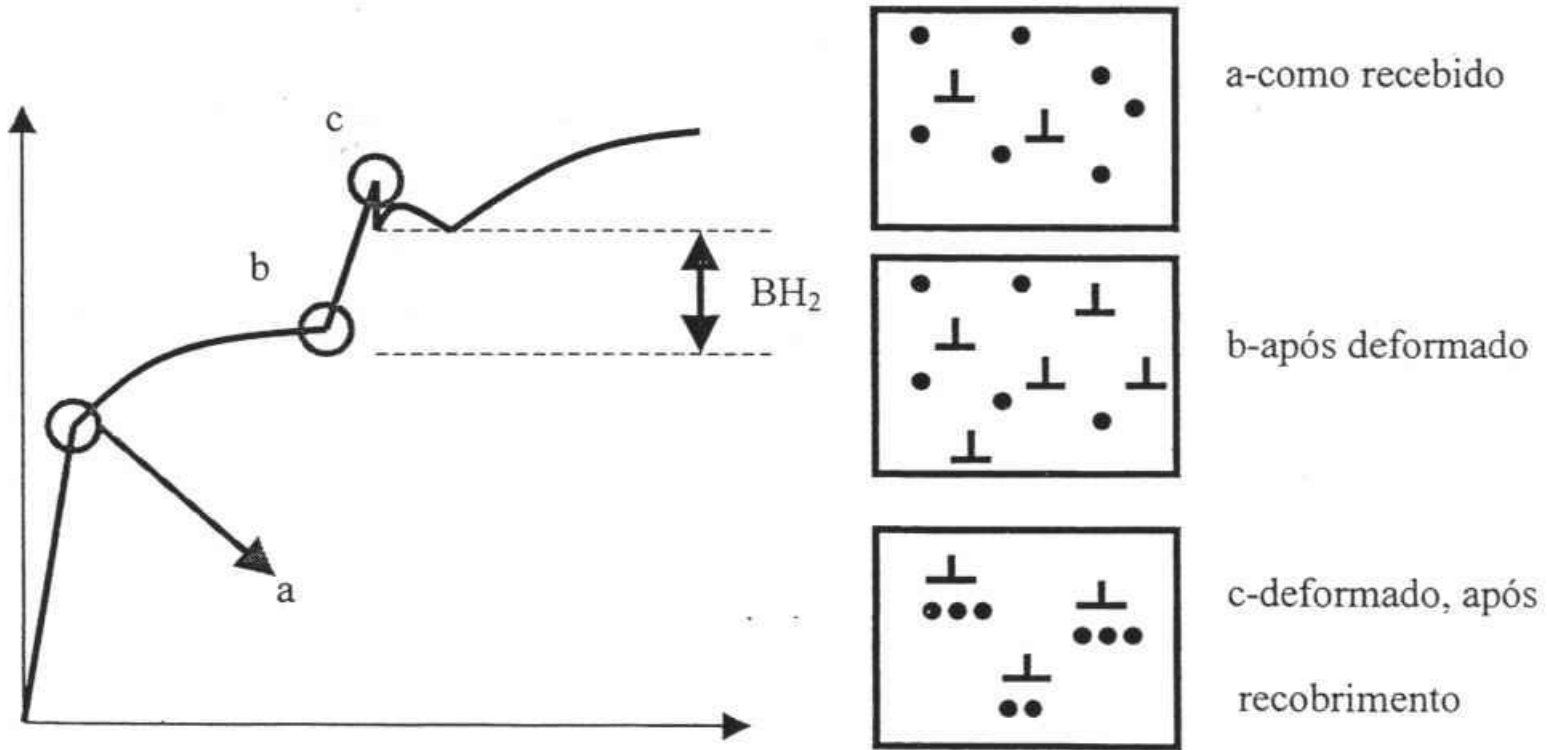
## **⌘ HSS (High Strength Steel)**

- ☒ HSLA (High strength low alloy) - microligado**
- ☒ BH (Bake-Hardening)**
- ☒ IF (Interticious Free)**

## **⌘ AHSS (Advanced High Strength Steel)**

- ☒ DP (Dual Phase),**
- ☒ TRIP (Transformation Induced Plasticity),**
- ☒ CP (Complex Phase),**
- ☒ MS (Martensitic Phase).**

# Efeito *bake-hardening*

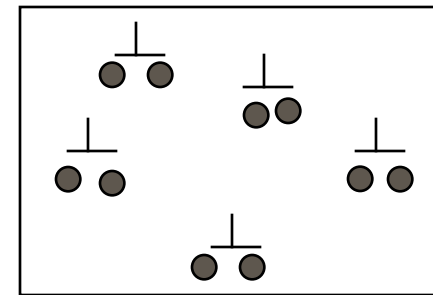
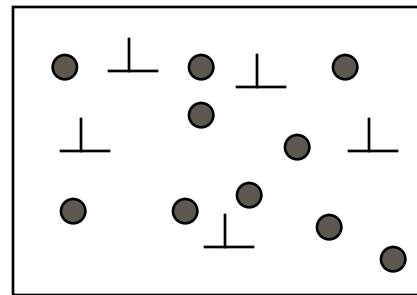
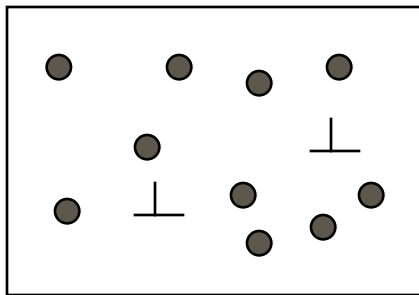


Esquema mostrando o efeito *bake-hardening*

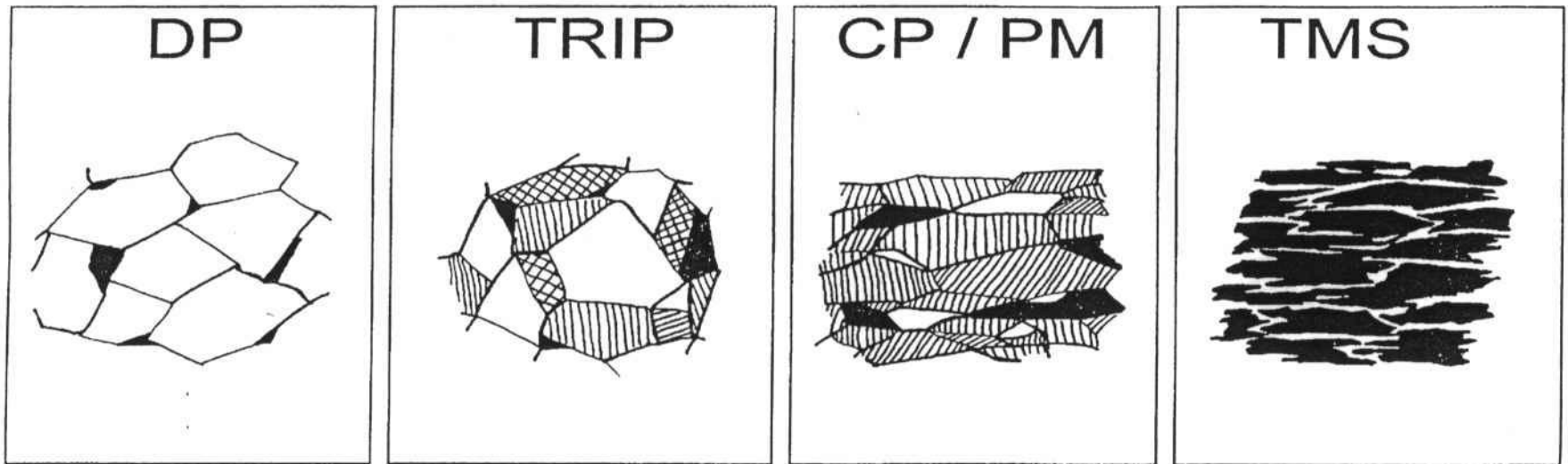
## *Efeito bake- hardening*



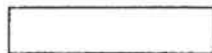
**Durante o processo de secagem da pintura (170 oC), realizada após a conformação, os átomos intersticiais de carbono se difundem para as discordâncias, imobilizando-as e aumentando a tensão de escoamento ( ~ 40 MPa ).**



# Novos aços para estampagem



Ferrit



Austenit



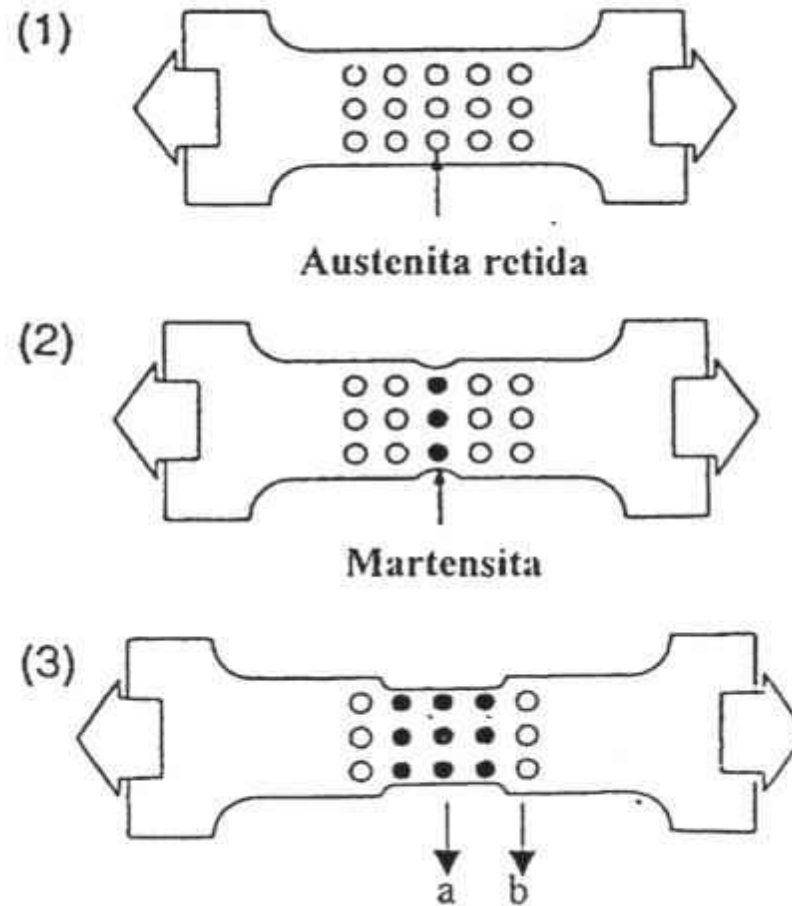
Bainit



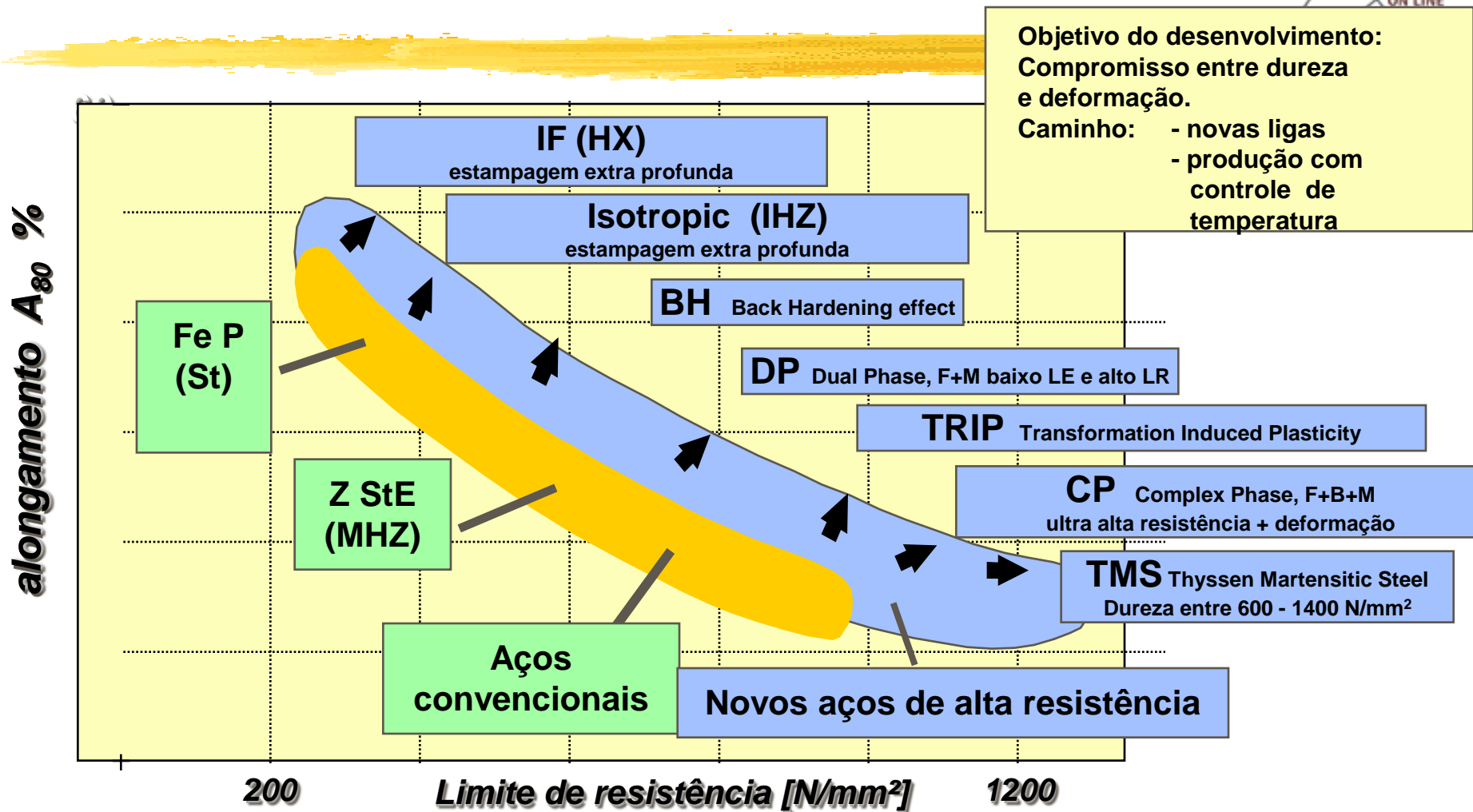
Martensit



# Mecanismo de deformação dos aços TRIP



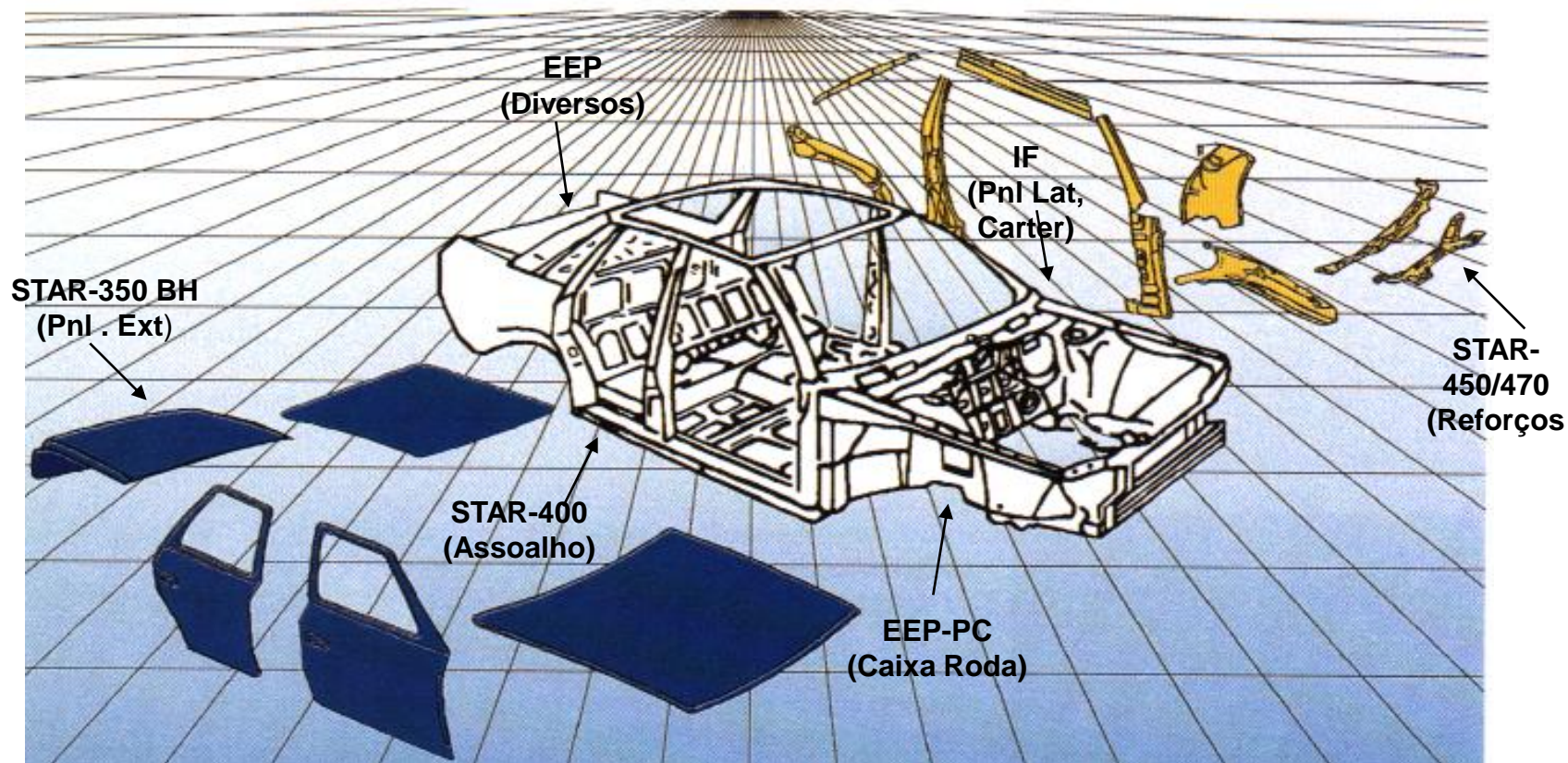
# Novos Materiais para Construção de Carrocerias



St – tira a frio

ZStE – laminado a frio de fina granulação

# Exemplos típicos de aplicação de aços





# REVESTIMENTOS DE AÇOS LAMINADOS A FRIO PARA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA



<b>REVESTIMENTOS ALCANÇADOS</b>	
<b>ELETROGALVANIZADOS</b>	<b>GALVANIZADOS A QUENTE</b>
<b>ZINCO</b>	<b>ZINCO</b>
	<b>ZINCO-LIGA DE FERRO</b>
<b>TRATAMENTO SUPERFICIAL</b>	
<b>FOSFATIZADO</b>	<b>TRATAMENTO QUÍMICO</b>

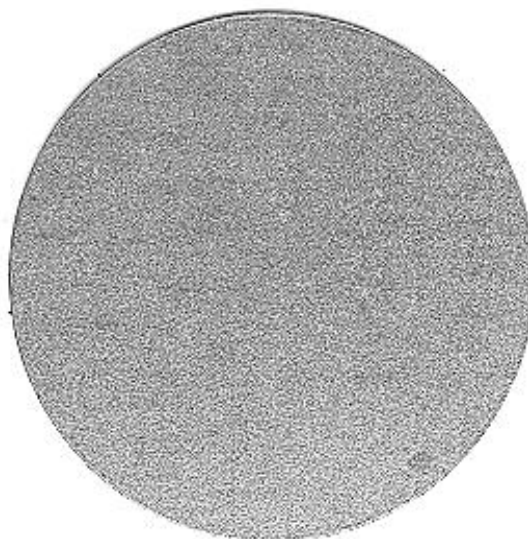
# CARACTERÍSTICAS DAS CHAPAS ZINCADAS

## - *Aspecto Superficial:*

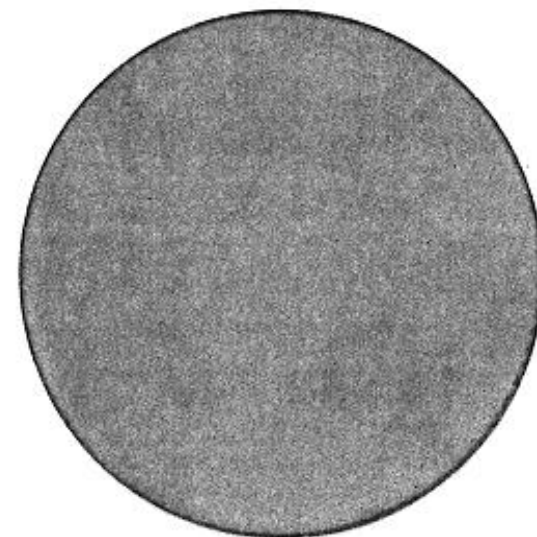
**CHAPA ZINCADA  
CRISTAIS NORMAIS**



**CHAPA ZINCADA  
CRISTAIS MINIMIZADOS**



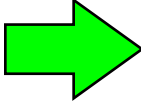
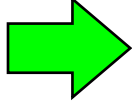
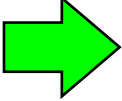
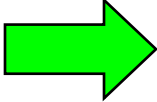
**GALVANEW-CSN**



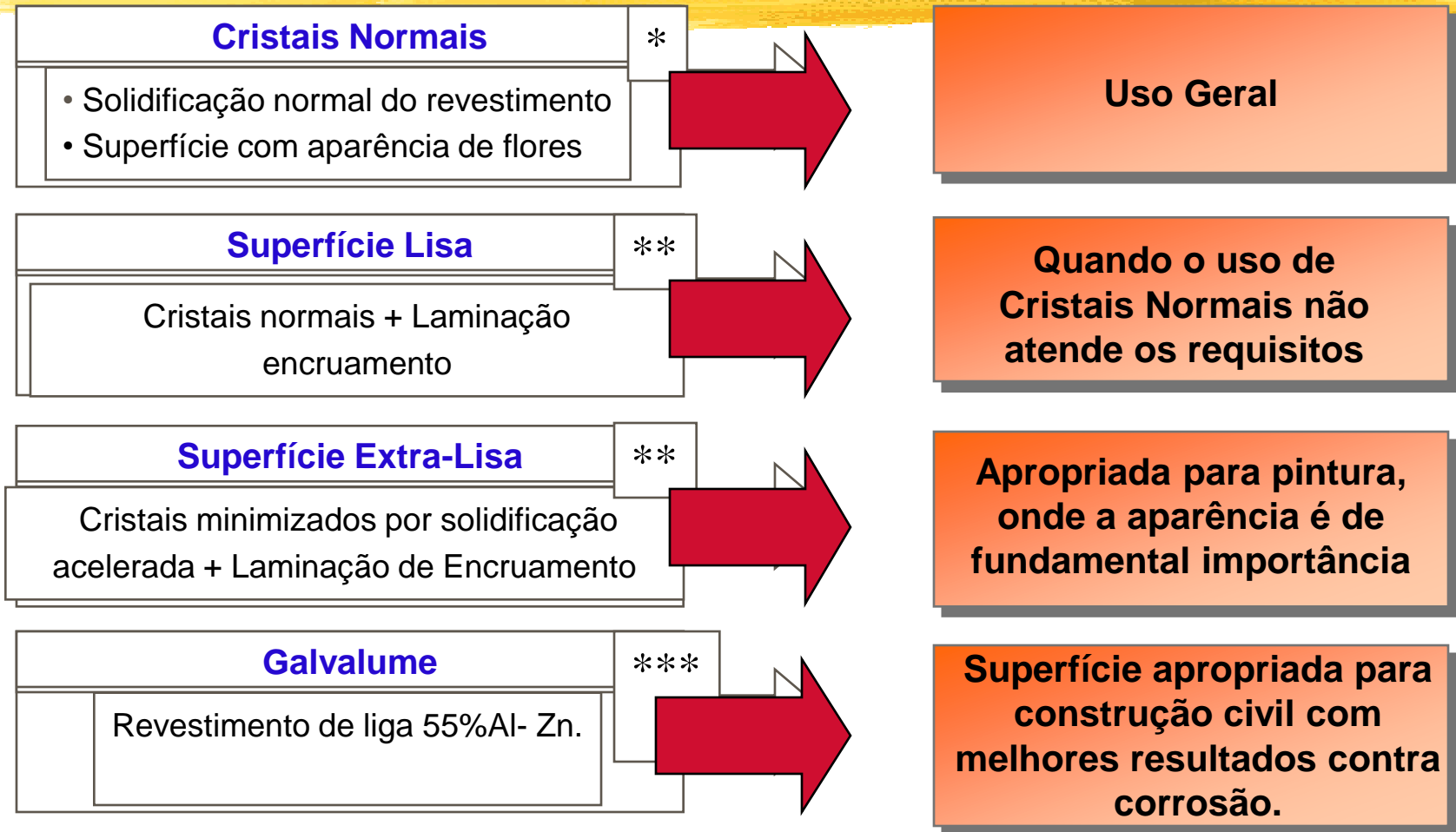
# Características das Chapas Zincadas



## • PROTEÇÃO SUPERFICIAL

- 1 - **TRATAMENTO QUÍMICO**  Formação de um filme de passivação (filme de cromato) na superfície das CZ's. Mais usados para cristais normais.
- 2 - **OLEAMENTO**  Formação de um filme de óleo (óleo protetivo). Mais usado para cristais minimizados.
- 3 - **TRATAMENTO QUÍMICO + OLEAMENTO**  Quando o material requer maior proteção (região de elevada umidade relativa do ar).
- 4 - **RESINADO**  Aplicação de revestimento de resina acrílica que contribui para a resistência a corrosão e auxilia nos processos de conformação. É aplicado princip. ao Galvalume.



# Acabamentos de Superfície e suas Aplicações



Proteção de Superfície: {  
\* Com oleamento e/ou Trat. Químico  
\*\* Com oleamento  
\*\*\* Com oleamento ou resina

# Características e Aplicações



	Grau	Característica	Aplicação
Comercial	ZC	Conformabilidade Básica	Uso Plano Dobramento Conformação
	ZE	Estampabilidade Boa  Excelente	Estampagem Simples Dobramento Estampagem Profunda
ZEE	Estampagem Extra Profunda		
ZEE-PC	Estampagem de Peça Crítica		
ZEE-IF			
Estrutural	ZAR 230		Resistência Mecânica  - +
	ZAR 250		
	ZAR 280		
	ZAR 345		
	ZAR 400		
	ZAR 550		