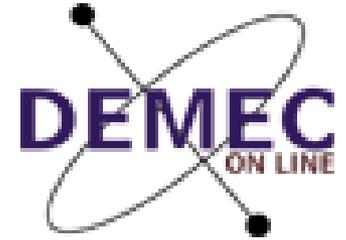




Labconf

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



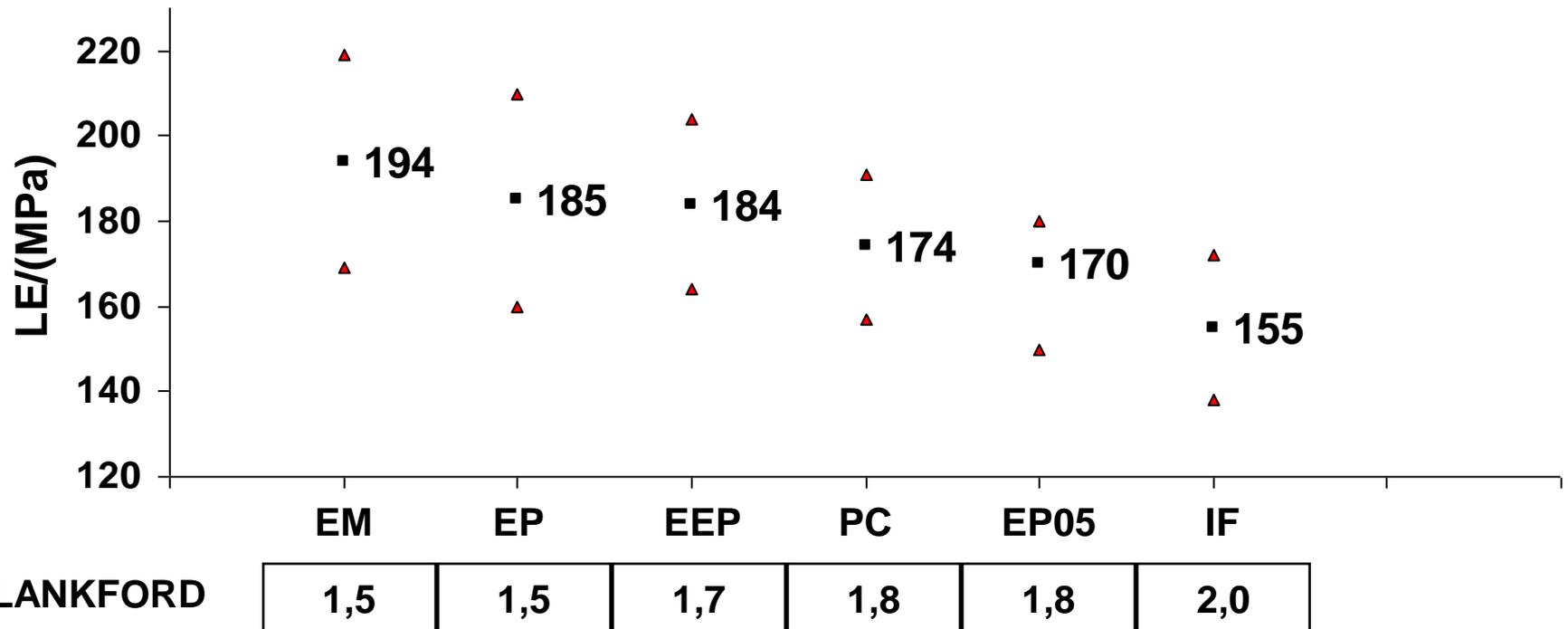
↓ Aços para operações de estampagem (NBR-5906) - Valores Típicos:

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

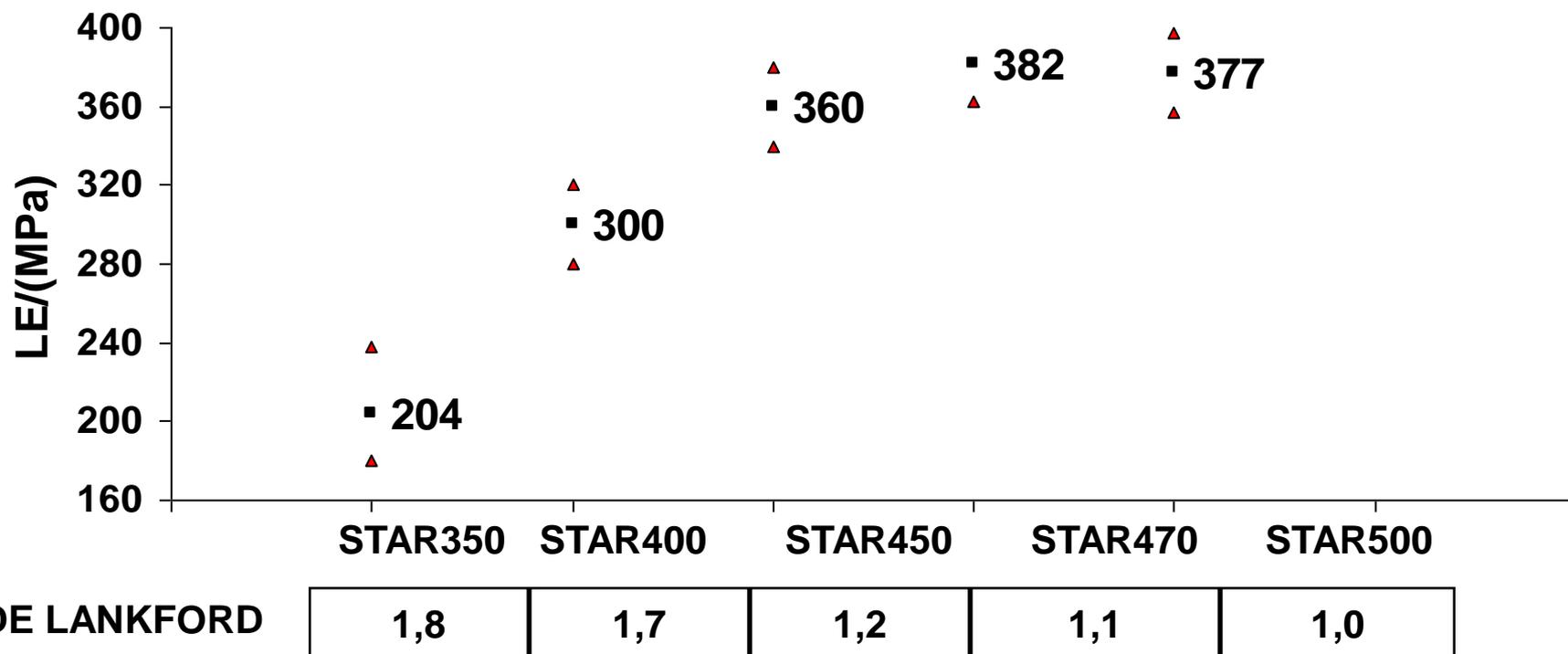
Aços para Estampagem

GRAU ESTAMPAGEM	NTU	NBR	DIN	EN
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



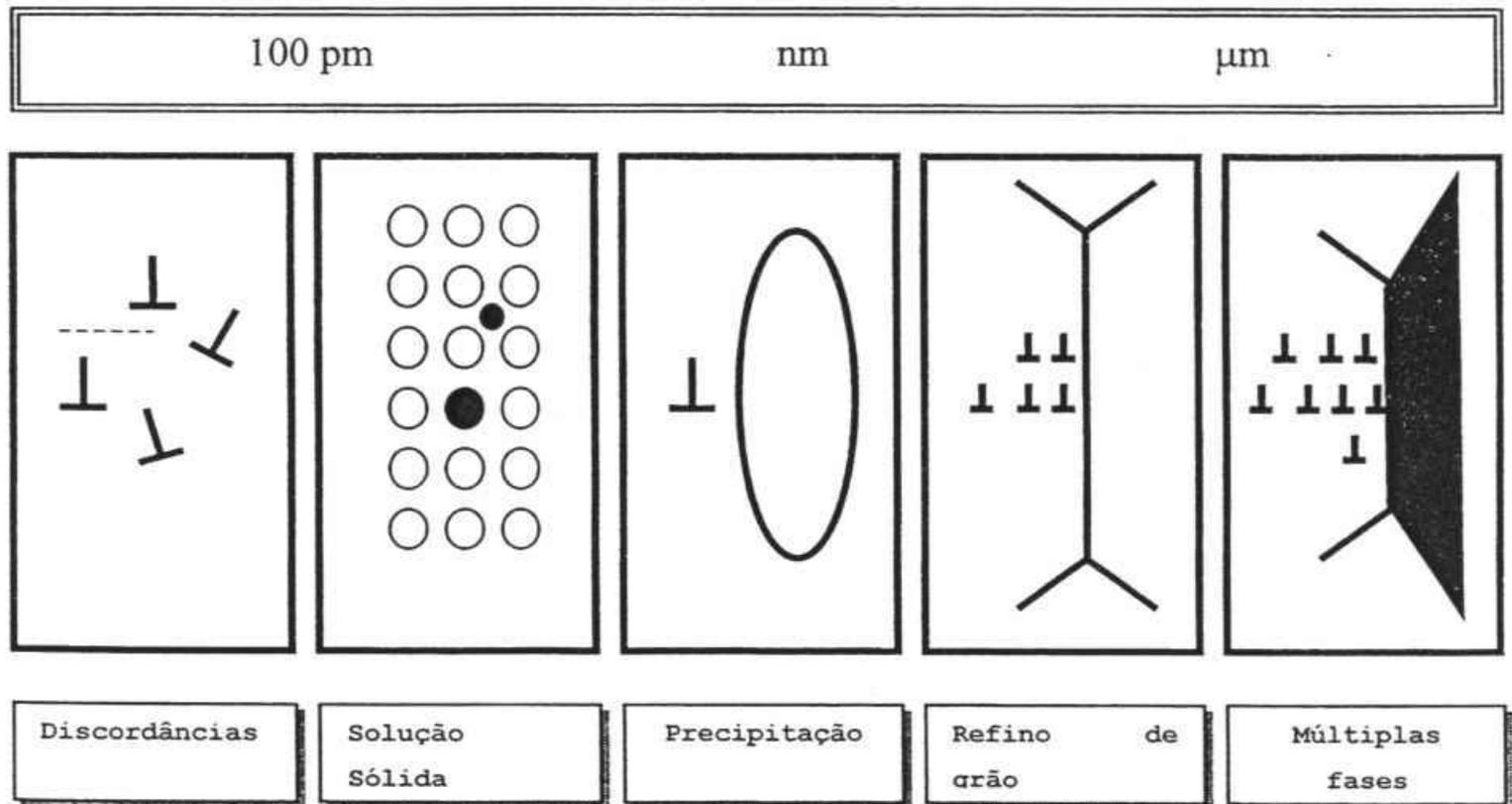
Mecanismos de resistência nos aços convencionais

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

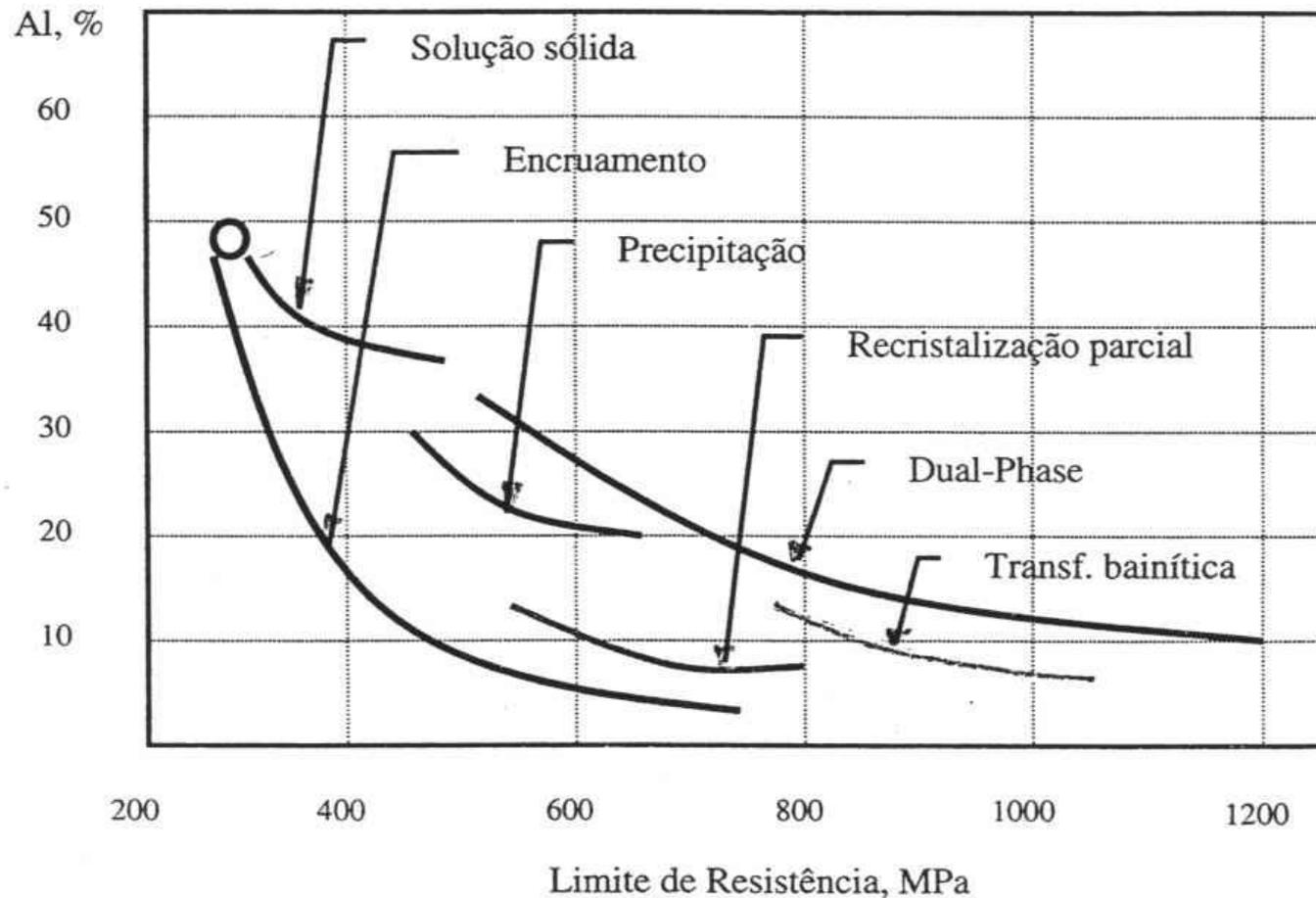
Mecanismos para aumentar a resistência mecânica:

- **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:

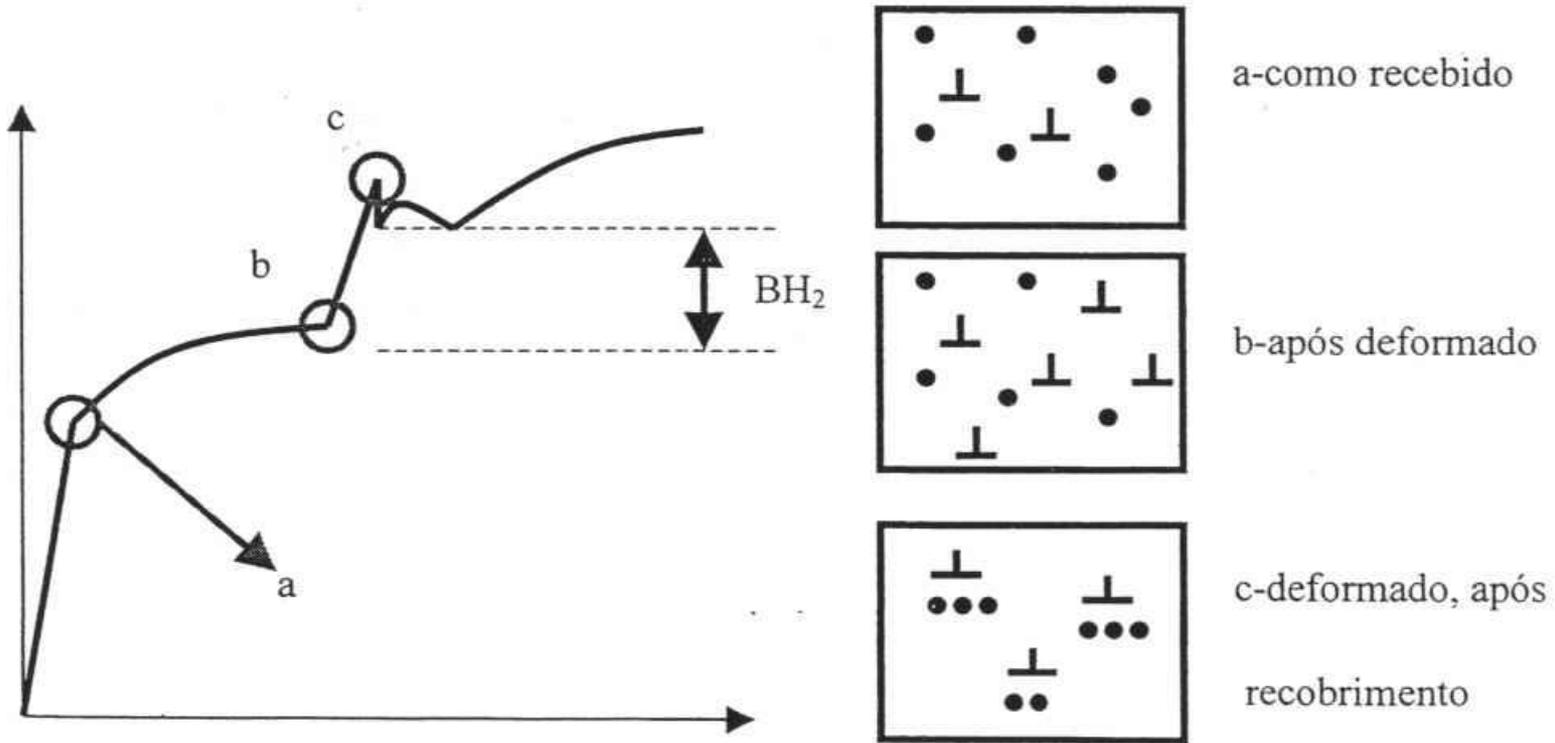
⌘ HSS (High Strength Steel)

- ☒ 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).**

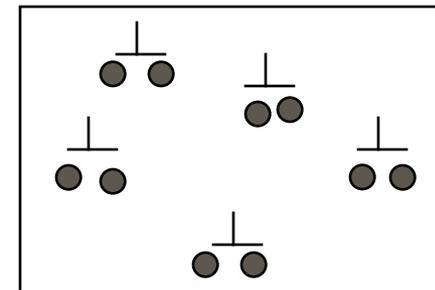
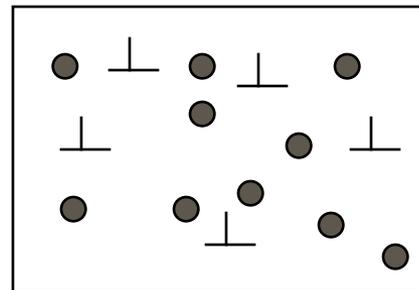
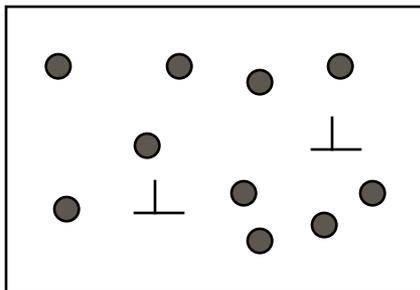
Efeito *bake-hardening*



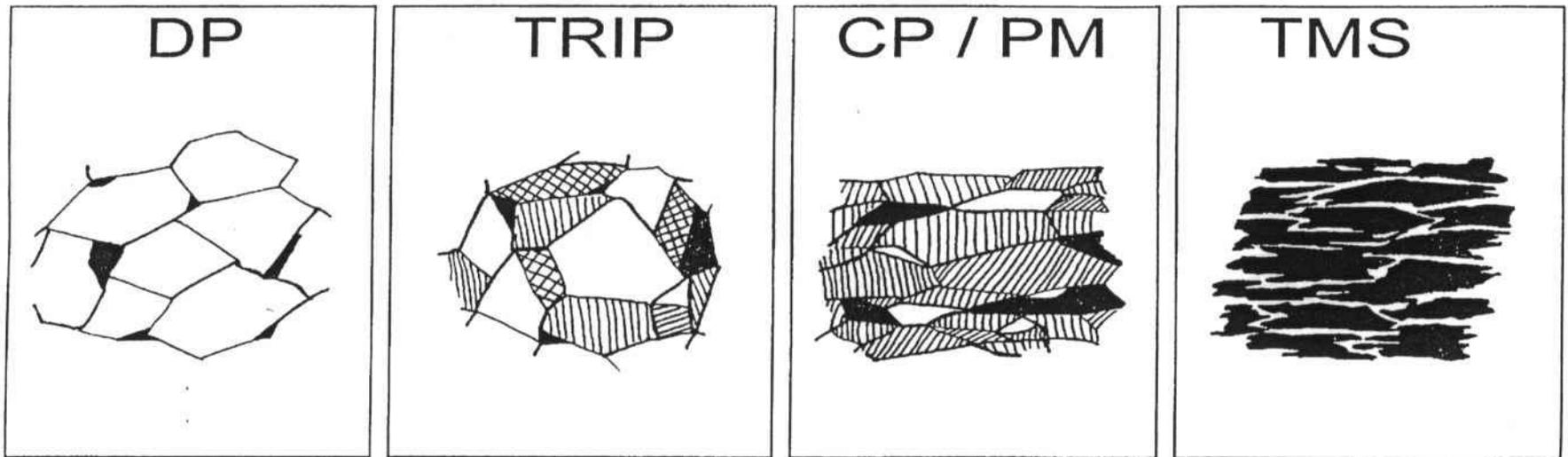
Esquema mostrando o efeito *bake-hardening*

Efeito bake- hardening

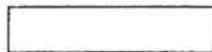
Durante o processo de secagem da pintura (170 oC), realizada após a conformação, os átomos intersticiais de carbono se difundem para as discordâncias, imobilizando-as e aumentando a tensão de escoamento (~ 40 MPa).



Novos aços para estampagem



Ferrit



Austenit



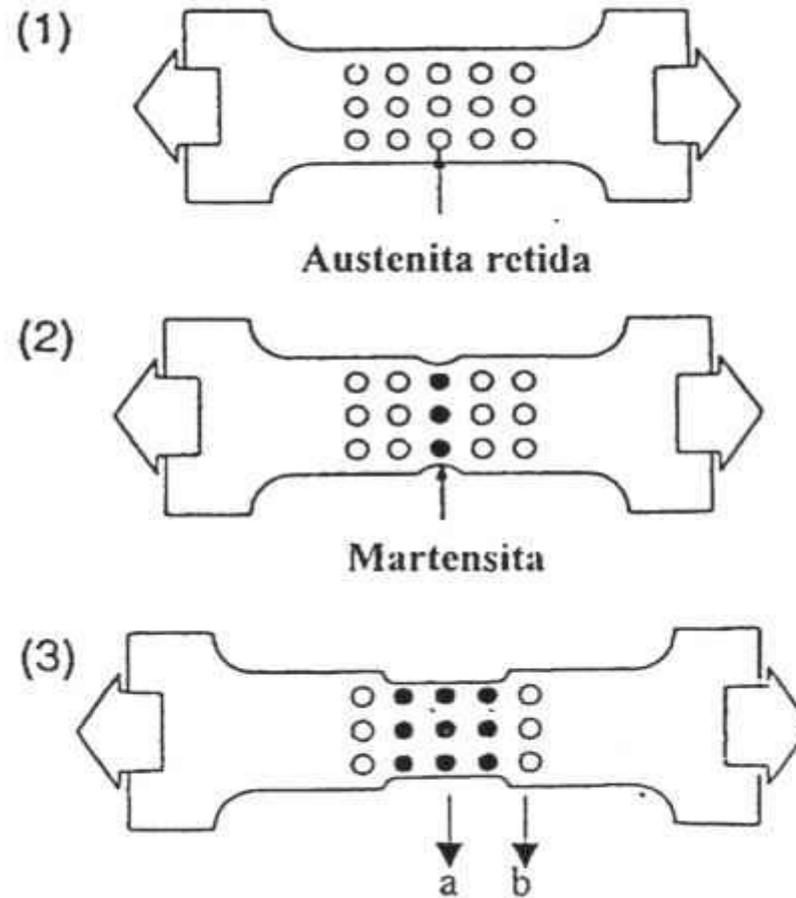
Bainit



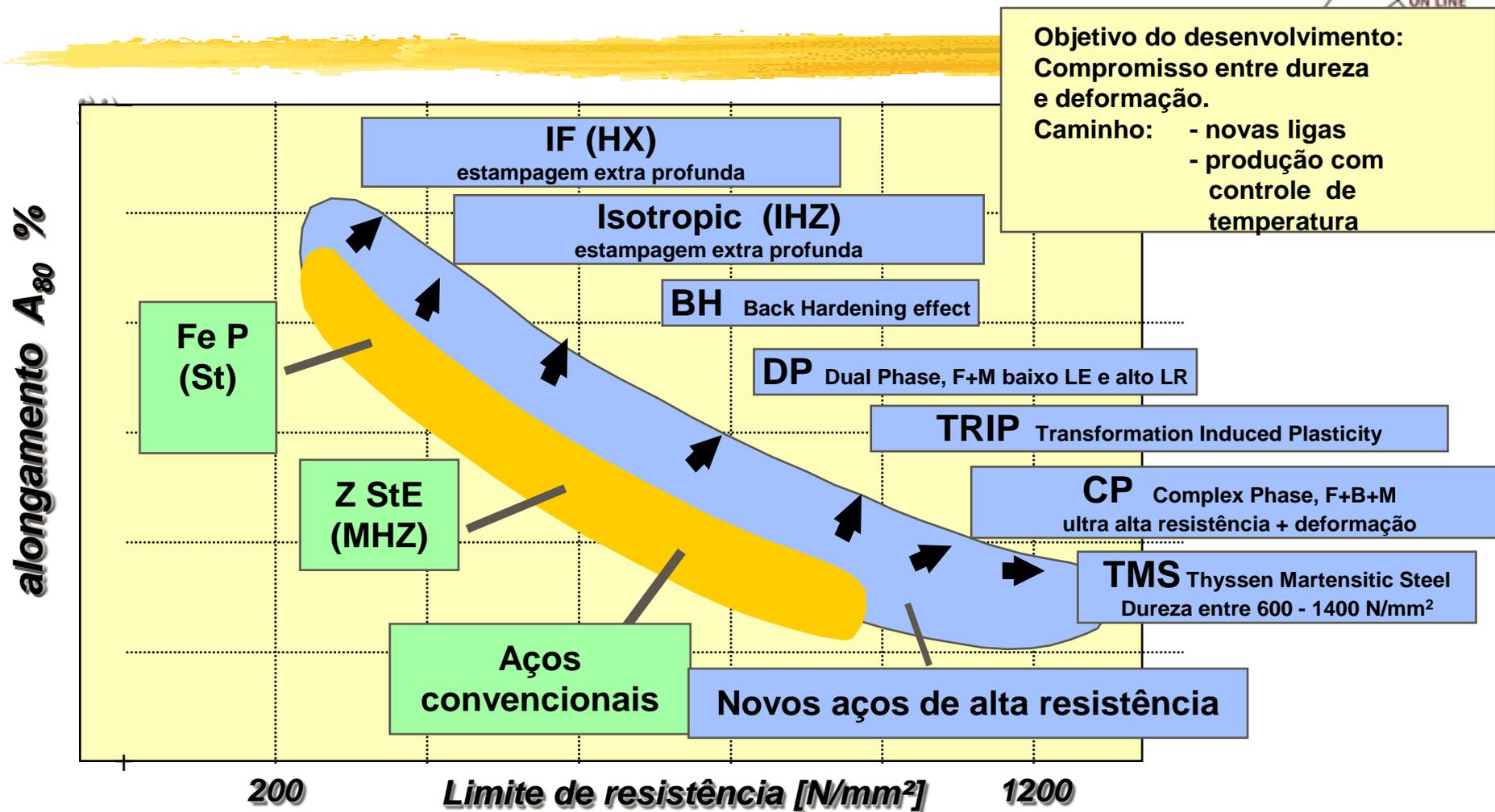
Martensit



Mecanismo de deformação dos aços TRIP



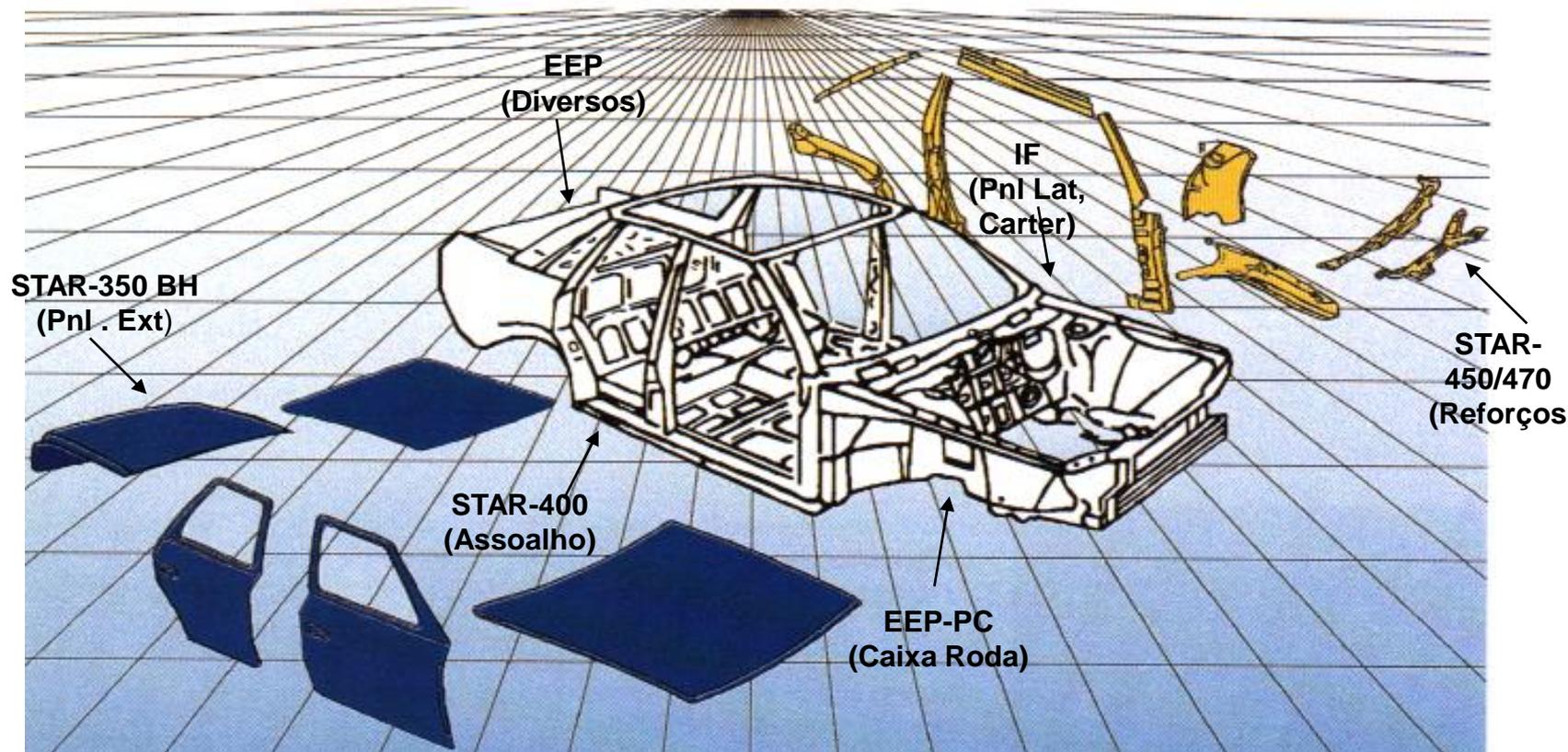
Novos Materiais para Construção de Carrocerias



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



REVESTIMENTOS ALCANÇADOS	
ELETROGALVANIZADOS	GALVANIZADOS A QUENTE
ZINCO	ZINCO
	ZINCO-LIGA DE FERRO
TRATAMENTO SUPERFICIAL	
FOSFATIZADO	TRATAMENTO QUÍMICO

CARACTERÍSTICAS DAS CHAPAS ZINCADAS

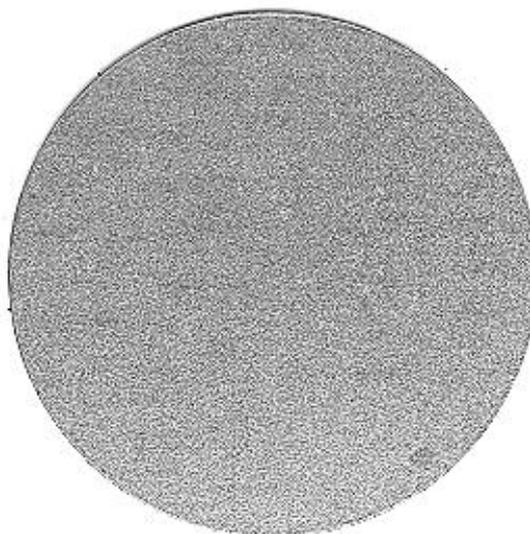


- *Aspecto Superficial:*

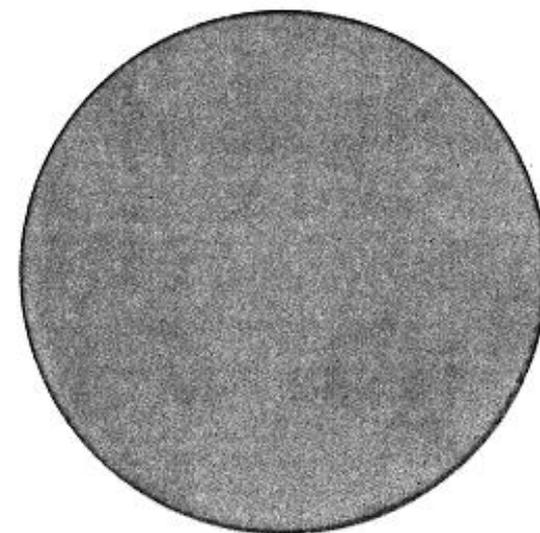
**CHAPA ZINCADA
CRISTAIS NORMAIS**



**CHAPA ZINCADA
CRISTAIS MINIMIZADOS**



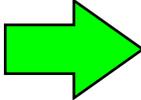
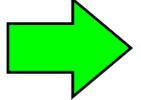
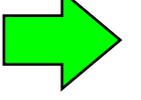
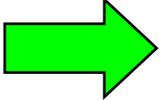
GALVANEW-CSN



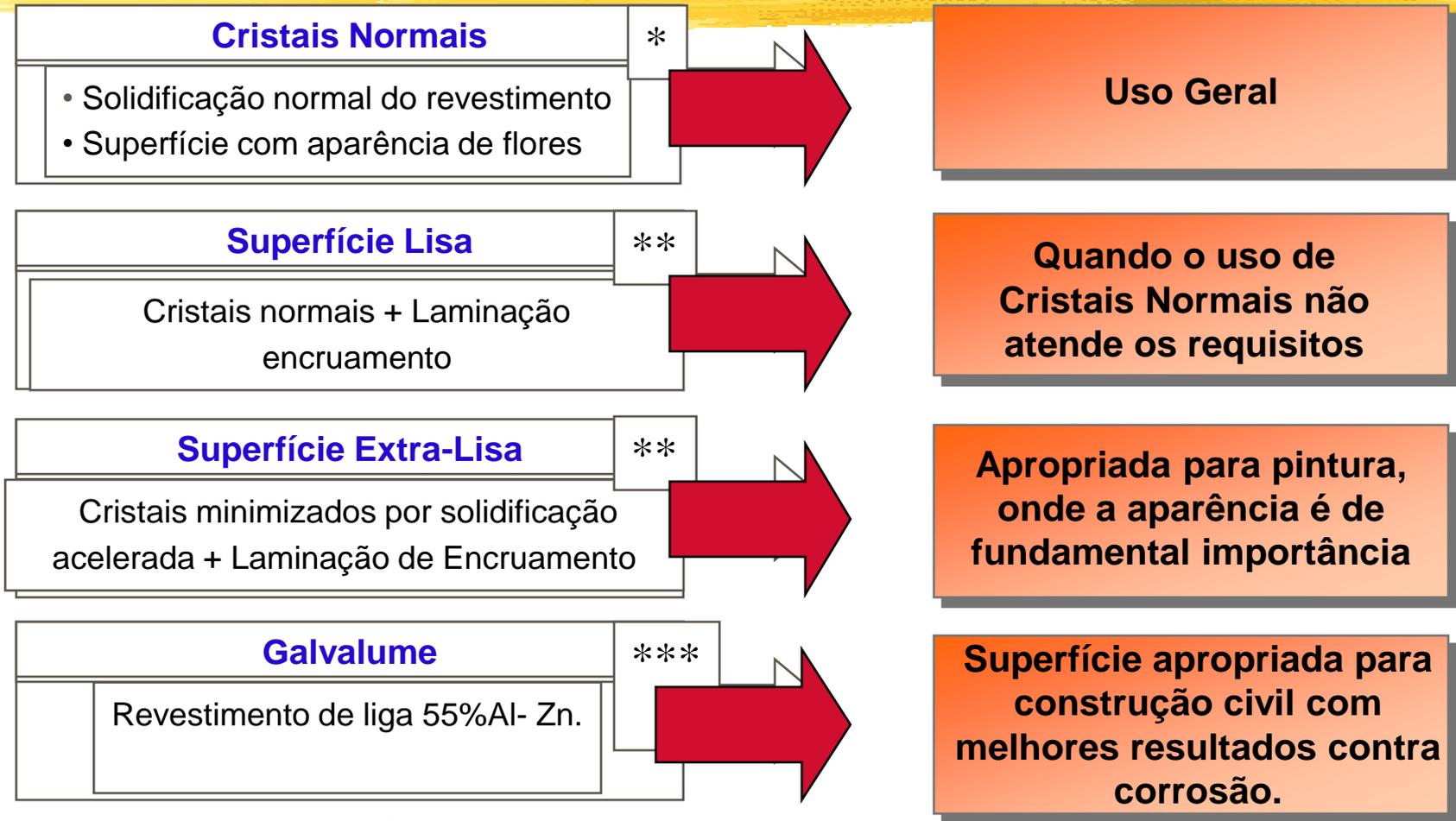
Características das Chapas Zincadas



• 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	Estampagem Simples
Estampagem	ZEE	Boa	Dobramento Estampagem Profunda
	ZEE-PC		Estampagem Extra Profunda
	ZEE-IF		Estampagem de Peça Crítica
	ZAR 230	Resistência Mecânica	Uso Plano
Estrutural	ZAR 250		Corrugação
	ZAR 280		-
	ZAR 345		
	ZAR 400		
	ZAR 550		+