

# CARACTERIZAÇÃO DA ESTAMPABILIDADE DE FOLHAS DE FLANDRES<sup>1</sup>

Jefferson Fonseca Vieira<sup>2</sup>  
Paulo Roberto Campissi de Souza<sup>3</sup>  
Carlos Agenor Onofre Cabral<sup>4</sup>  
Ronald Lesley Plaut<sup>5</sup>

## Resumo

Nesse trabalho foi estudada a estampabilidade de duas folhas de flandres de especificações diferentes, utilizadas para fabricação de lata expandida, através de levantamento de parâmetros de propriedades mecânicas e anisotropia, além da Curva Limite de Conformação (CLC). Também, foram confrontados os resultados com as texturas dos materiais, obtidas através de mapas de grãos e função de distribuição de orientação (FDO).

**Palavras-chave:** Folhas de flandres; Estampabilidade; Lata expandida; Textura.

## CARACTERIZATION OF TINPLATE DRAWING

### Abstract

This work analyzed the drawing of two different tinplate specifications, designed for the production of shaped cans. Analysis has been performed through the parameters that control the mechanical properties and anisotropy, apart from the evaluation of the FLC curve. These results have been compared with the materials texture, obtained with the orientation distribution functions (ODF) and grain orientation maps.

**Key words:** Tinplate; Drawing; Shaped cans; Texture.

<sup>1</sup> Contribuição a ser apresentada no 43º Seminário de Laminação, Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM. Data: 17 a 20 de outubro de 2006 em Curitiba-PR.

<sup>2</sup> Estudante de Graduação da Escola Politécnica da USP.

<sup>3</sup> Engenheiro de Desenvolvimento, GGDP/GPD-CSN, Engenheiro Metalúrgico.

<sup>4</sup> Coordenador de Projetos Especiais, GGDP/GPD-CSN, Engenheiro Químico, MSc

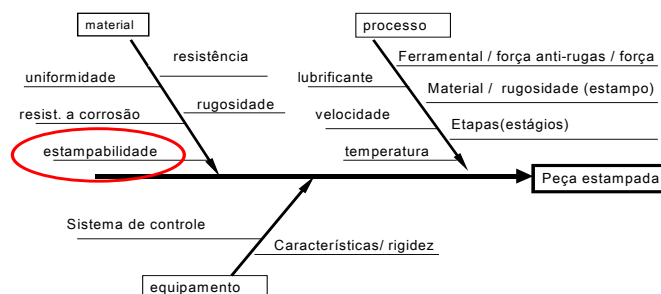
<sup>5</sup> Professor Associado da Escola Politécnica da USP, PhD.

## 1.0 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade do mercado de embalagens, devido ao surgimento de vários materiais (polímeros, alumínio, compósitos, vidro) no mercado de embalagem, a necessidade de inovação para folhas metálicas torna-se necessária para a manutenção e ampliação de mercados. A lata expandida, tem-se mostrado uma boa alternativa para aumento de competitividade do aço como matéria prima para embalagens, por ser muito atraente na “gôndola” devido aos seus formatos diferenciados e aspectos de modernidade, além de apresentar custos atrativos aos fabricantes de lata e boa performance nas linhas de expansão. A CSN desenvolveu um aço específico para este tipo de lata: o CSN T59 CA LEX (recozimento contínuo)<sup>(1)</sup>.

Atualmente, o fabricante de lata expandida para o segmento de “atomatados” utiliza para a confecção do corpo um aço de recozimento em caixa, o NBR6665 T52 BA, que possui variação significativa para o processo de expansão nas suas propriedades mecânicas e na anisotropia, tendo, por conseqüência, a geração de custos para o fabricante, por selecionar e classificar o material em três diferentes lotes e, para cada um, fazer um ajuste diferenciado na linha do fabricante da lata, ocasionando perda de produtividade.

O objetivo do trabalho é estudar a viabilidade de substituição da folha atual NBR 6665 T52 BA, pela desenvolvida para o mercado de latas expandidas: CSN T59 LEX, que, por ser produzida via recozimento contínuo não apresenta variações de propriedades mecânicas e de anisotropia que sejam significativas no processo de expansão. Há outras diferenças entre as duas folhas que serão detalhadas no trabalho. Novos desenvolvimentos de processos de fabricação de chapas fazem com que se torne cada vez mais importante considerar o relacionamento entre a microestrutura e a estampabilidade, dentro do contexto do desenvolvimento de novos produtos. Novos desenvolvimentos na área de fundição contínua de placas/chapas, controle de inclusões, tamanho de grão austenítico e ferrítico (laminação controlada, resfriamento acelerado, altas deformações na ferrita, etc.), têm possibilitado o desenvolvimento de novos materiais com diferentes microestruturas e propriedades mecânicas <sup>(2)</sup>.



**FIGURA I** Fatores que influenciam na estampagem

## 2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas as folhas de flandres T52 BA e T59 CA LEX para o estudo da estampabilidade.

No quadro a seguir estão descritas as características de processo e algumas propriedades conhecidas:

Características	Unidade	Atual T52 BA	Proposta T59 CA LEX
Espessura	mm	0,20	0,20
Largura	mm	879,0	877,0
Recozimento	-	<b>Caixa</b>	<b>Contínuo</b>
Grau da Norma	-	<b>T52</b>	<b>T59</b>
Revestimento Sn	g/m <sup>2</sup>	5,6/2,8	5,6/2,8
Resfriamento	-	<b>Água</b>	<b>Ar</b>
Espessura à quente	mm	2,25	2,25
Espessura à frio	mm	0,2	0,2
Grau de Aço	-	<b>2440</b>	<b>4130</b>
Passivação	-	311	311
T Acabamento	°C	894	893
T Embobinamento	°C	<b>630</b>	<b>701</b>
Norma Técnica	-	NBR 6665	CSN - LEX

**TABELA I** Parâmetros de Produção.

Elemento	%	Elemento	%
<b>C</b>	0,02	<b>Mo</b>	0
	0,06		0,02
<b>Mn</b>	0,25	<b>Sn</b>	0
	0,35		0,02
<b>P</b>	0	<b>Al</b>	0,02
	0,02		0,07
<b>S</b>	0	<b>N</b>	0,0001
	0,015		0,006
<b>Si</b>	0	<b>Nb</b>	0
	0,02		0
<b>Cu</b>	0	<b>V</b>	0
	0,06		0
<b>Ni</b>	0	<b>Ti</b>	0
	0,04		0
<b>Cr</b>	0,03	<b>B</b>	0
	0,07		0

**TABELA II** Grau 2440 –T52 BA

Elemento	%	Elemento	%
<b>C</b>	0,018	<b>Mo</b>	0
	0,024		0
<b>Mn</b>	0,1	<b>Sn</b>	0
	0,2		0,02
<b>P</b>	0	<b>Al</b>	0,02
	0,02		0,06
<b>S</b>	0	<b>N</b>	0,0015
	0,02		0,005
<b>Si</b>	0	<b>Nb</b>	0
	0,02		0,005
<b>Cu</b>	0	<b>V</b>	0
	0,06		0
<b>Ni</b>	0	<b>Ti</b>	0
	0,04		0,005
<b>Cr</b>	0	<b>B</b>	0
	0,04		0,0005

**TABELA III** Grau 4130 –T59 CA

A caracterização microestrutural foi realizada através de microscopia óptica em equipamento ZEISS. Foi utilizado o Acido Nítrico(3%) em álcool Etílico, Nital, para o ataque metalográfico.

As propriedades mecânicas e anisotrópicas foram realizadas em uma máquina de tração Instron de 15 t. As Curvas Limite Conformação (CLC's), foram obtidas por ensaio Nakazima<sup>(2)</sup>, realizado em uma máquina universal Amsler de 100 t. As amostras foram gradeadas por processo eletrolítico com grade circular de diâmetro 2,5 mm. Para estudo da textura, foram realizados ensaios por EBSD<sup>(2,3,5)</sup> em um microscópio eletrônico de varredura.

### 3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesse trabalho serão apresentados em duas partes. Na primeira parte serão apresentados os resultados referentes às propriedades mecânicas, ou seja, os resultados dos ensaios de tração e da CLC. Na segunda parte serão expostos os resultados metalográficos, ODF'S, para a análise da evolução da microtextura e microestrutura das folhas de flandres e suas propriedades mecânicas e relacionar com a conformabilidade.

Resultados do ensaio de tração:

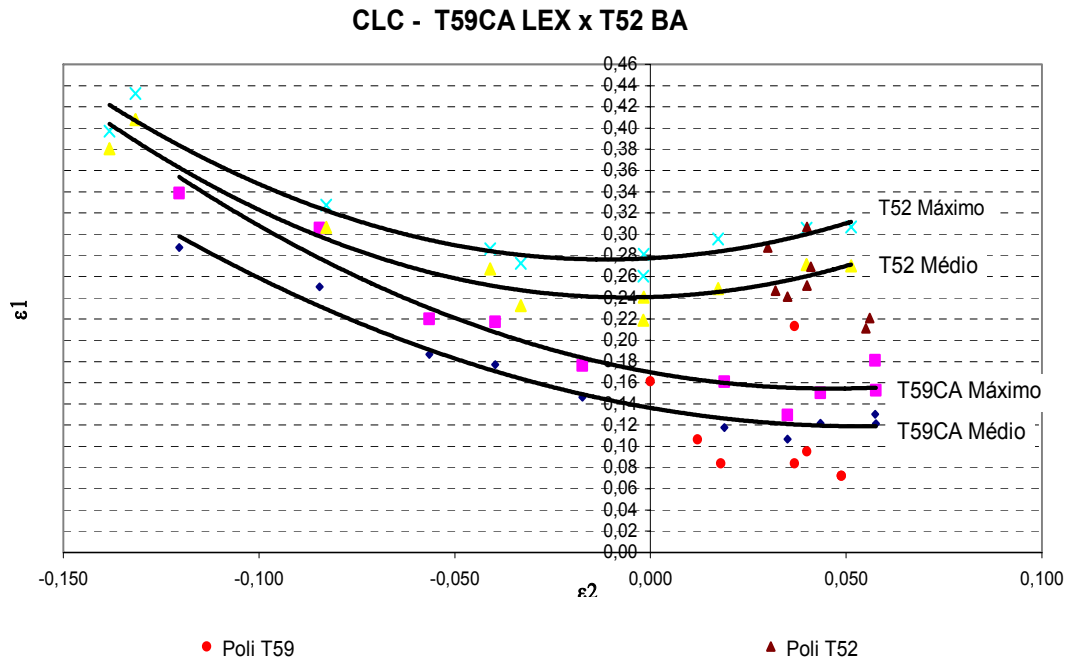
MATERIAL	T52 BA		
DIREÇÃO SOBRE A DIREÇÃO DE LAMINAÇÃO	90°	0°	45°
LIMITE DE ESCOAMENTO (MPA)	267	265	263
LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPA)	374	369	361
ALONGAMENTO TOTAL (%)	35,5	30,0	36,7
ALONGAMENTO UNIFORME (%)	21,5	21,5	23,8
ANISOTROPIA PLÁSTICA = R	0,849	0,781	1,274
EXPOENTE DE ENCRUAMENTO = n	0,194	0,194	0,213
ANISOTROPIA NORMAL = R barra	1,044		
ANISOTROPIA PLANAR = DELTA R	-0,459		
EXPOENTE DE ENCRUAMENTO MÉDIO = n barra	0,203		
ALONGAMENTO UNIFORME MÉDIO = A barra	22,640		

**TABELA IV** Ensaio de tração T52 BA

MATERIAL	T 59 CA		
DIREÇÃO SOBRE A DIREÇÃO DE LAMINAÇÃO	90°	0°	45°
LIMITE DE ESCOAMENTO (MPA)	444	415	423
LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPA)	483	459	466
ALONGAMENTO TOTAL (%)	14,6	18,6	17,8
ALONGAMENTO UNIFORME (%)	22,3	20,6	20,3
ANISOTROPIA PLÁSTICA = R	1,162	1,062	1,524
EXPOENTE DE ENCRUAMENTO = n	0,201	0,187	0,184
ANISOTROPIA NORMAL = R barra	1,318		
ANISOTROPIA PLANAR = DELTA R	-0,412		
EXPOENTE DE ENCRUAMENTO MÉDIO = n barra	0,189		
ALONGAMENTO UNIFORME MÉDIO = A barra	20,91		

**TABELA V** Ensaio de tração T59 CA

Foram utilizados para a confecção das curvas limite de conformação, as medidas máximas e médias das elipses de cada corpo de prova resultantes do ensaio Nakazima, e traçaram-se duas linhas de tendência para cada material.



**GRÁFICO I CLC**

Visando simplificar a determinação experimental e teórica da CLC e, auxiliando na utilização ao nível de fábrica, o NADDRG (North American Deed Drawing Research Group), desenvolveu uma equação empírica (equação de Keeler–Brazier), para estimar o valor de  $CLC_0$ , em termos da deformação convencional, dada por :

$$CLC_0 = (23.3 + 14.2 * t) (n / 0.21), \quad (1)$$

onde  $t$  = espessura da chapa em mm, com  $t < 3,1$  mm.

De acordo com este procedimento, obtém-se  $CLC_0$  (ou também  $\epsilon_0$ ) e as inclinações são de 45 graus à esquerda de 20 graus à direita.<sup>(2)</sup> Esta equação foi utilizada para confronto com a CLC obtida experimentalmente:

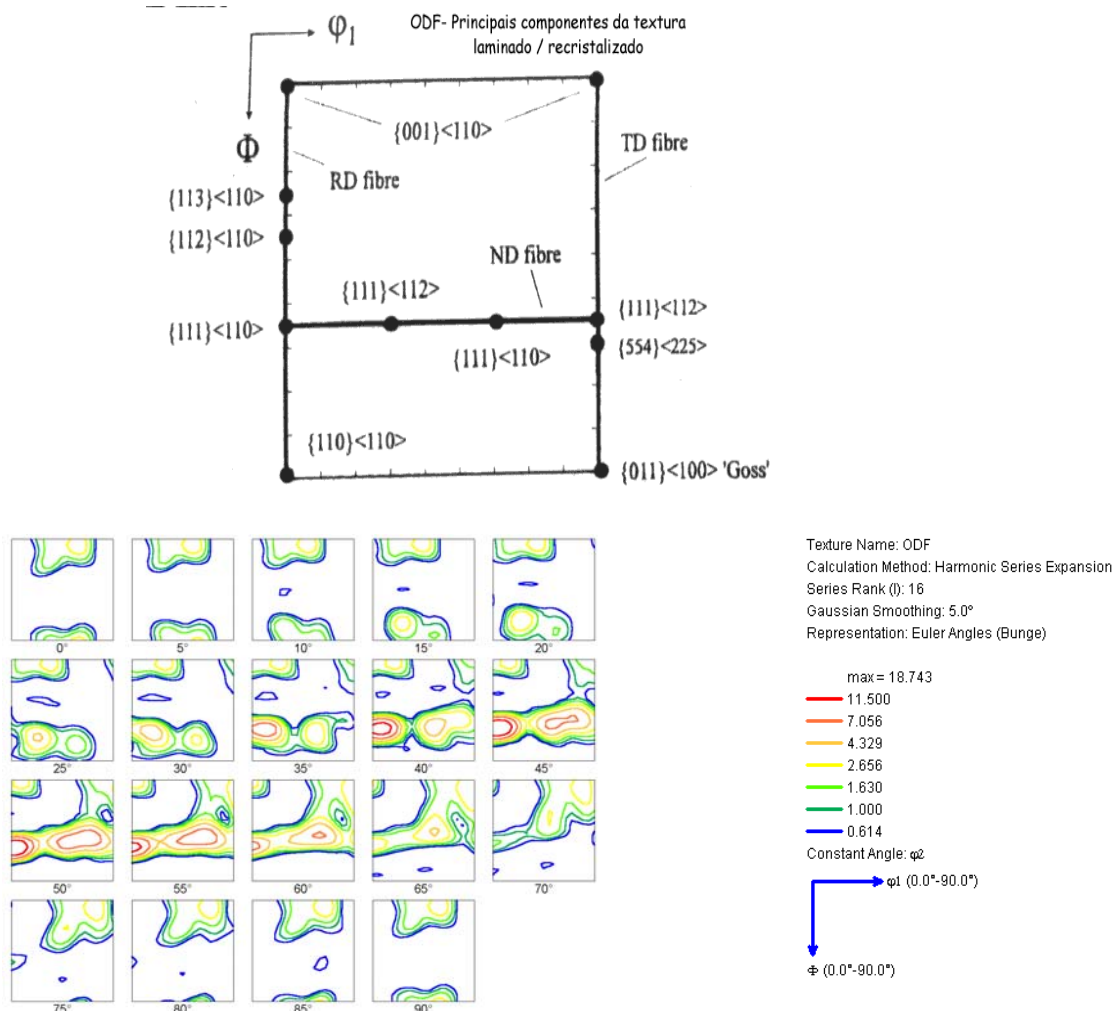
Material	T52 BA	T59 LEX
espessura (mm)	0,20	0,20
n	0,203	0,189
$\epsilon_0$	0,25	0,23

**TABELA VI** Cálculo para CLC teórica

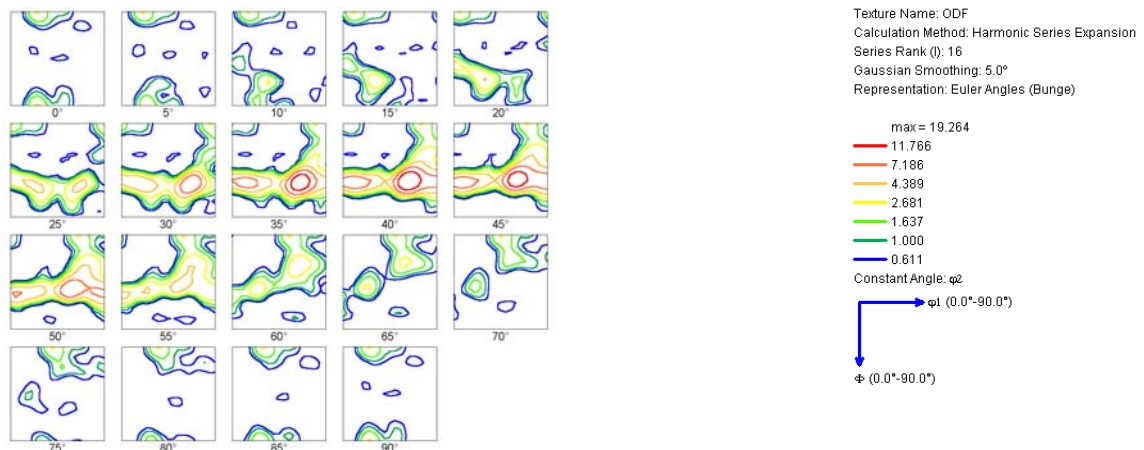


Através do EBSD, obteve-se as ODF's para os dois materiais, antes da deformação do ensaio Nakazima, e após a deformação, para verificação da evolução da textura na região deformada próxima à estrição, além dos mapas de grãos.

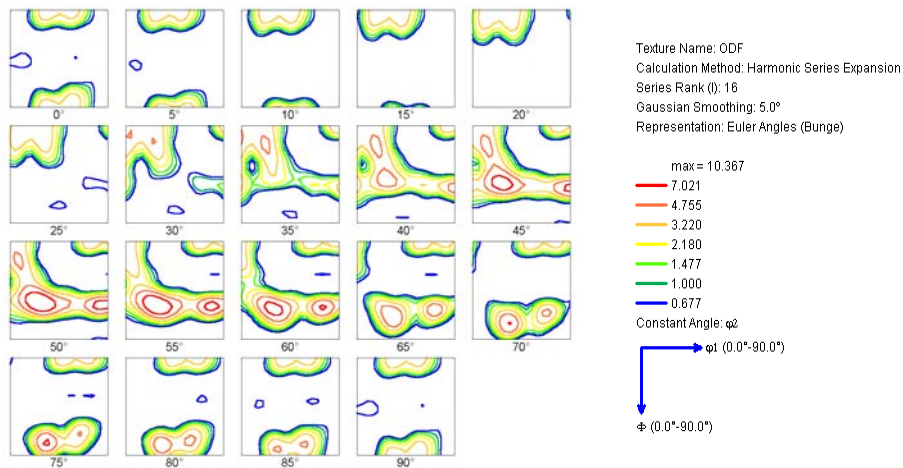
**FIGURA IV Espaço Euleriano**



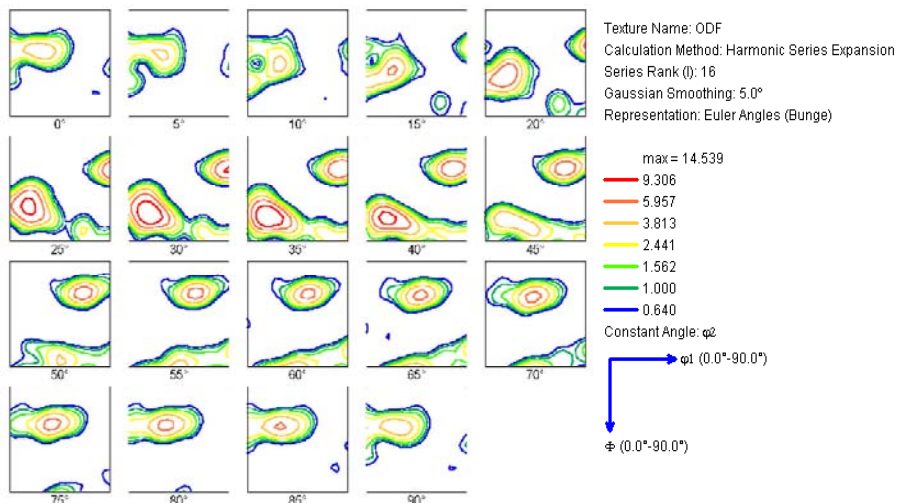
**FIGURA V ODF T59 CA – SEM ESTAMPAR**



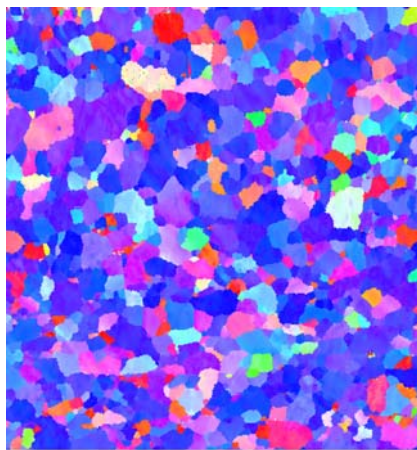
**FIGURA VI ODF T52 BA – SEM ESTAMPAR**



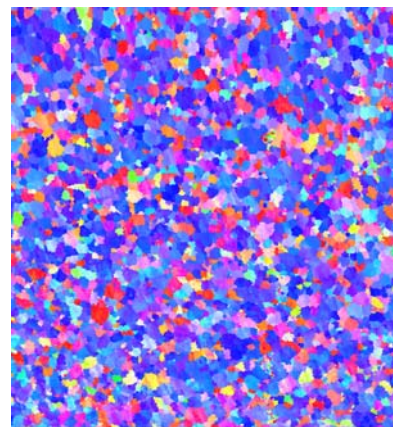
**FIGURA VII – ODF T59 CA - ESTAMPADO**



**FIGURA VIII – ODF T52 BA - ESTAMPADO**



120.0 μm = 80 steps IPF [001]



119.0 μm = 70 steps IPF [001]

**FIGURA IX – MAPA DE GRÃOS T52 BA**

**FIGURA X - MAPA DE GRÃOS T59 CA**



## 4.0 CONCLUSÕES

Observa-se que através dos parâmetros de propriedades mecânicas e de anisotropia, como  $n^{(2)}$ , alongamento a melhor conformabilidade está associada ao aço T52 BA;

A CLC levantada demonstra este fato. A curva obtida através dos pontos experimentais está próxima da curva levantada a partir de  $CLC_0$  calculada através da equação(1) do procedimento da NADDRG. Nesta equação, verifica-se que os valores de  $CLC_0$  (ou  $e_0$ ) são diretamente proporcionais ao valor de  $n$  e à espessura do material. Como os materiais possuem mesma espessura, o fator determinante na altura da CLC é o valor de  $n$ , maior no aço T52 BA.

Ao analisar os mapas de grãos empregando o MEV, percebe-se o maior tamanho de grão associado ao T52 BA e um refinamento de grão no T59 CA, fato pouco perceptível no microscópio óptico.

As texturas de ambos os materiais antes de serem estampados no ensaio Nakazima, apresentaram intensidades acentuadas de fibra  $\gamma$  para  $\phi=45^\circ$  com planos  $\{111\}$ //DN, favoráveis a estampabilidade, porém com pouca diferença entre as respectivas intensidades das fibras  $\gamma$ . Embora estes aços possuam propriedades mecânicas muito diferentes (como LE e LR), verifica-se uma proximidade nas suas CLCs (estampabilidades) devido à semelhança das texturas apresentadas.

Para o caso dos T59 CA e T52 BA após estampagem, observa-se através do ODF, a deteriorização da textura global, com o re-surgimento de fibra  $\alpha$ .

## Agradecimentos

A toda equipe de embalagem da CSN, e todos envolvidos nos ensaios no MEV na Escola Politécnica da USP.

## REFERÊNCIAS

- 1- Campissi, P.R. ; Cabral, C. A O. ; Viana, C.S.C.; Sá, A.P.; Pinheiro, T.N.; “DESENVOLVIMENTO DA FOLHA METÁLICA VIA RECOZIMENTO CONTÍNUO PARA PRODUÇÃO DE EMBALAGENS METÁLICAS EXPANDIDA”, 41º Seminário de Laminação. ABM 2004.
- 2- Plaut, R.L.; Estampabilidade de chapas: Ensaio e Aplicações. II Workshop de textura e Relações de Orientação. IPEN, 2003.
- 3- Branco, V.P.V.; “Análise crítica do setor de resfriamento de chapas laminadas a quente do aço LN28”.
- 4- VIANA, C.S.; Paula, AS.; “Texturas de deformação”; II Workshop de textura e Relações de Orientação. IPEN, 2003.
- 5- Plaut, R.L.; “Evolução da textura em chapas de aço IF laminadas a frio e estampadas”; Seminário de laminação; 2003.