

MELHORIA DO RENDIMENTO PLACA/LINGOTE (*)

Jandir Ferreira Martins (1)

Jomar de Melo Mendonça (2)

Sebastião Bernardino de Carvalho (3)

RESUMO

O rendimento placa/lingote é um dos parâmetros utilizados para medir a eficiência de operação da linha de desbaste pesado.

Neste trabalho são apresentados itens prioritários para melhoria de rendimento placa/lingote obtido na USIMINAS tais como:

- Otimização de programação;
- Minimização de variações operacionais e
- Modificações de métodos de trabalho.

Estas atuações visam a melhoria de rendimento placa/lingote obtido na USIMINAS a curto prazo sendo avaliada a eficiência delas.

-
- (*) - Trabalho a ser apresentado no Seminário da COLAM, Rio de Janeiro - RJ - Setembro de 1981.
- (1) - Membro da ABM - Engenheiro Mecânico, Chefe da Seção de Laminção de Placas, Departamento de Operação da Laminção a Quente - Ipatinga - MG.
- (2) - Membro da ABM - Engenheiro Mecânico, Analista Metalúrgico da Laminção de Placas e Escarfagem, Departamento de Metalurgia e Inspeção - Ipatinga - MG.
- (3) - Membro da ABM - Técnico Metalúrgico da Unidade de Metalurgia de Aciaria e Laminção de Placas, Departamento de Metalurgia e Inspeção - Ipatinga - MG.

1. INTRODUÇÃO.

O rendimento placa/lingote é o rendimento de matéria prima da linha de Laminação de Placas. Matéria prima adequada, métodos de trabalho eficientes, recursos humanos e materiais apropriados são os requisitos primordiais para obtenção de um bom rendimento.

Um aumento de rendimento placa/lingote traduz uma maior eficiência de operação e conseqüentemente tem-se:

- Economia de energia;
- Redução de custo.

Esforços têm sido dispendidos em muitas usinas siderúrgicas de todo o mundo no sentido de maximizar o rendimento placa/lingote, diminuindo o preço dos produtos e conseqüentemente aumentando a margem de lucro da usina.

2. DESENVOLVIMENTO.

Diversas são as origens dos fatores influentes no rendimento placa/lingote da USIMINAS⁽¹⁾.

Neste trabalho foram abordados somente um grupo de fatores, ou pela sua maior influência ou pela possibilidade de tomada de contra-medida eficaz a curto prazo. Assim os fatores abordados são:

- Rendimento placa/lingote de programação;
- Variação de peso de lingote;
- Variações dimensionais (espessura e largura);
- Perdas por carepa.

2.1- Rendimento Placa/Lingote de Programação.

Para baixo rendimento placa/lingote de programação normalmente se tem baixo rendimento placa/lingote obtido.

Esta influência é pronunciada em material destinado a Chapas Grossas sendo que no material de Tiras somente ocorre sob determinadas condições (limitação do peso máximo de placas). O motivo desta nítida influência em placas para Chapas Grossas é porque todas as dimensões, assim como os pesos de cada uma são pré-determinados o que não ocorre em placas para Tiras; sendo assim, mesmo que o lingote apresente maior quantidade de material bom que o programado, este excesso deve ser descartado (vide figura I).

Da mesma forma, aumentar indiscriminadamente o rendimento placa/lingote de programação não é uma atuação correta para melhoria do rendimento obtido, pois pode-se ter queda deste devido ao sucamento de placas na Tesoura, ou afetar sensivelmente o rendimento de escarfigem devido alta geração de placas reserva por falta de comprimento.

Assim uma das maneiras de se alterar estes rendimentos é fazer um estudo estatístico com base em dados obtidos, grupados ordenadamente em população de características homogêneas.

Desta forma foram desenvolvidos estudos e alterações nas tabelas de rendimento placa/lingote para material de Chapas Grossas, conforme figuras II e III em anexo.

Contudo, por vezes o rendimento placa/lingote de programa ção é aquém do tabelado e as causas principais são:

- Carga mínima de convertedor;
- Lingotamento indireto;
- Peso mínimo de lingote;
- Aproveitamento de lingotes.

2.2- Influência da Variação do Peso de Lingote no Rendimento Placa/Lingote.

A variação de peso de lingote obtido na Aciaria em relação ao programado, tanto para mais quanto para menos, é nociva ao processo a partir da Laminação de Placas⁽²⁾.

Observa-se que em material destinado a Chapas Grossas, onde as dimensões das placas são pré-fixadas, a influência de variação de peso de lingote é muito mais acentuada do que em material destinado a Tiras.

Diversos são os fatores responsáveis por estas variações de peso, entre os quais podem ser relacionados:

- Rendimento em aço;
- Vazamento de base de lingoteiras;
- Rabo aberto;
- Falta de retorno de aço;
- Variação de volume de lingoteiras;
- Formação excessiva de casão;
- Desgaste de placas de base;
- Precisão de balança de lingotamento;
- Erro de operação.

Alguns estudos foram feitos sobre a influência da variação do peso de lingote obtido na Aciaria em relação ao programado no rendimento placa/lingote. Porém como esta influência é maior em material de Chapas Grossas, em geral todos eles a analisaram neste tipo de material. Como sumário das conclusões de estudos desenvolvidos tem-se:

— Uma variação de 100 kg no peso obtido de lingote em

relação ao programado, pode acarretar, em material destinado a Chapas Grossas, uma queda de até 1,0% no rendimento placa/lingote obtido.

O gráfico da figura IV (em anexo) ilustra a influência da variação do peso de lingote obtido por peso de lingote programado no rendimento placa/lingote de material destinado a Chapas Grossas. A seguir tem-se os resultados destas variações conforme o quadro abaixo:

DESTINO	GRAU DESOXIDAÇÃO	\bar{X} (Kg)	σ (Kg)
T I R A S	Efervescente	67,75	187,60
	Capeado	44,10	206,00
	Semi-acalmado	36,00	193,80
	Acalmado	14,50	195,00
	Estabilizado	39,10	169,10
CG	Semi-acalmado	52,70	158,40
	Acalmado	78,40	217,50

- Variação de peso de lingote em 1979.

De posse destas variações estabeleceu-se em conjunto (Aciaria + Laminação de Placas) metas para variação de peso de lingote (\bar{X} , σ) obtido na Aciaria em relação ao programado.

2.3- Influência Devido a Variações Dimensionais de Placas (Espessura e Largura).

Considerando a definição de rendimento placa/lingote, uma variação dimensional de placas não tem influência no rendimento obtido.

Contudo, apesar da existência na USIMINAS de balança junto a Tesoura de Placas, o peso desta não é reconhecido como oficial devido a razões diversas.

Assim, na USIMINAS o peso de placa obtido é tomado a partir do produto do volume da placa pelo peso específico médio.

Considerando que somente o comprimento das placas é real, devido a inexistência de medidores de espessuras e larguras de placas a quente, o volume das placas obtidas é tomado como o produto de espessura e largura programadas e comprimento obtido na Tesoura (medido). Desta forma uma variação acarretará uma alteração no volume de placas obtidas, conseqüentemente nos pesos e rendimentos placa/lingote obtidos.

Variações dimensionais de placas, devido às características do processo e equipamentos, não são tão pequenos sendo, por vêzes, muito influentes no rendimento placa/lingote obtido.

A variação do rendimento placa/lingote é proporcional à da espessura, sendo:

- Comprimento placa obtido = programado;
- Largura obtida de placa = programada.

Obtém-se:

$$P_o = E_p \times L_p \times C_r \times \gamma \quad (1)$$

$$P_r = E_r \times L_r \times C_r \times \gamma \quad (2)$$

Onde:

- P_o = peso obtido de placa;
- E_p = espessura programada de placa;
- E_r = espessura real de placa;
- L_p = largura programada de placa;
- L_r = largura real de placa;
- C_r = comprimento real de placa;
- P_r = peso obtido de placa (dimensões reais);
- γ = peso específico ($7,75 \times 10^{-6} \text{ Kg/mm}^3$).

Sendo:

$$P_r = P_o + \Delta P \quad E_r = E_p + \Delta E \quad L_r = L_p$$

$$P_o + \Delta P = (E_p + \Delta E) \times L_p \times C_r \times \gamma \quad (3)$$

Dividindo 3 por 1:

$$\boxed{\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta E}{E_p}} \quad (4)$$

Sendo $PL = \frac{P_0}{\eta}$, para um acréscimo ΔP teremos um $\Delta \eta$ correspondente, assim:

$$PL = \frac{P_0}{\eta} = \frac{P_0 + P}{\eta + \Delta \eta}$$

∴ $\boxed{\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta \eta}{\eta}}$ (5)

Comparando 4 com 5 tem-se:

$$\boxed{\frac{\Delta E}{E_p} \times 100 = \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100} \quad (6)$$

- η = rendimento placa/lingote;
- PL = peso obtido de lingote;
- P_0 = peso de placa obtido (considerando E_p).

Observa-se que quanto maior a variação de espessura, para menores espessuras de placa, maior influência no rendimento placa/lingote obtido.

O gráfico da figura V mostra a influência da espessura de placa no rendimento placa/lingote.

2.4- Influência da Variação de Largura de Placa no Rendimento Placa/Lingote.

Com raciocínio análogo ao aplicado para espessura determina-se que:

$$\boxed{\frac{\Delta L}{L_p} \times 100 = \frac{\Delta \eta}{\eta} \times 100}$$

No gráfico da figura VI, tem-se as influências das variações de largura de placas, no rendimento placa/lingote.

A tabela da figura VII mostra a influência da espessura e da largura de placas no rendimento placa/lingote em função das variações dentro das faixas de tolerância.

Como contra-medidas foram diminuídas estas dispersões de valores de dimensões de placas e oficializado o peso obtido na balança de placas.

2.5- Influência das Perdas por Carepa.

Durante o processamento na área de Laminação de Placas existem basicamente duas perdas por carepa:

- No período de reaquecimento de lingote e
- Durante operação de escarfaagem a quente.

Várias experiências têm sido desenvolvidas no Forno-Poço com objetivo principal de minimizar consumo de energia. Sendo a perda por carepa função do tempo de forno, com a redução deste, haverá consequentemente uma redução do índice de carepa, com possível economia de energia.

Para análise de perda por carepa no processamento do material na máquina de escarfaagem a quente (Hot-Scarfer), deve-se proceder da mesma forma em que foi feita para influência de acerto dimensional.

Assim, para se escarfar na Hot-Scarfer, o acabamento no Laminador deve visar um excesso de espessura e largura do material, a ser removido por esta operação.

A profundidade de escarfaagem varia de 0 a 2mm/face.

O cálculo de perda de rendimento placa/lingote devido ao processamento do material na máquina de escarfaagem a quente (Hot-Scarfer) pode ser feito através das fórmulas:

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta \eta_1}{\eta} \quad (1)$$

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta \eta_2}{\eta} \quad (2)$$

$$\Delta \eta = \Delta \eta_1 + \Delta \eta_2 \quad (3)$$

onde:

- ΔE = o dobro da profundidade de escafagem (mm);
- E = espessura programada de placa (mm);
- $\Delta \eta_1$ = influência no rendimento placa/lingote devido a escafagem na espessura;
- ΔL = o dobro da profundidade de escafagem (mm);
- L = largura programada de placa (mm);
- $\Delta \eta_2$ = influência no rendimento placa/lingote devido a escafagem na largura;
- $\Delta \eta$ = influência total no rendimento placa/lingote devido a escafagem a quente.

Como contra-medidas foram reestudados os padrões de aquecimento de lingotes e a não utilização da máquina de escafagem a quente para determinado tipo de material em função de seu processamento anterior e posterior.

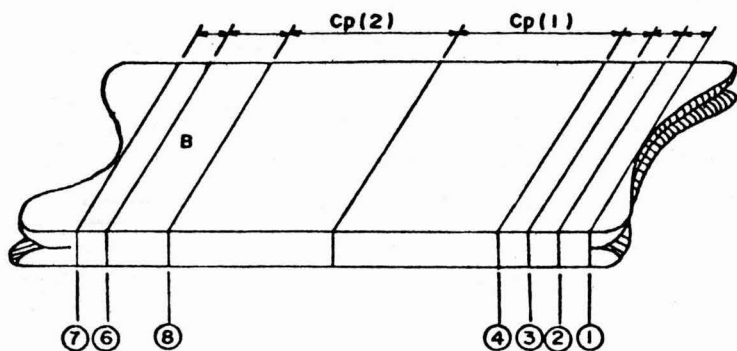
3. CONCLUSÃO.

Mediante medidas abordadas para melhoria de rendimento placa/lingote obteve-se um aumento médio de 1,857% deste, com implicações diretas em:

- Aumento de produtividade (t/h de placas) e
- Redução de custo de produtos.

BIBLIOGRAFIA

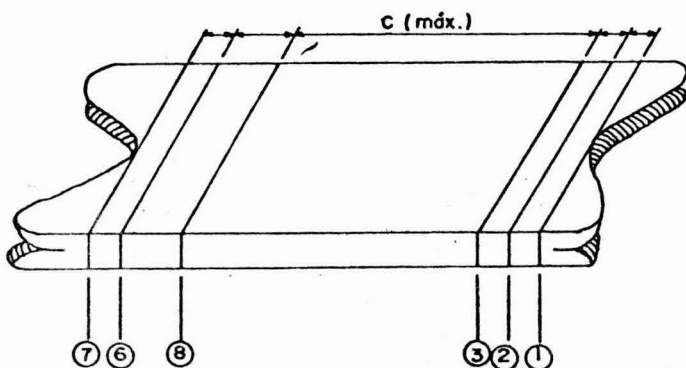
- 1- MENDONÇA, J. Melo - Rendimento Placa/lingote, Determinação, Perdas e Influências - USIMINAS - Abril/81.
- 2- UMA- Trabalhos Internos da Unidade de Metalurgia de Aciaria e Laminação de Placas da USIMINAS.



C.G.

Cp(1) - Comp. prog. placa 1

Cp(2) - Comp. prog. placa 2



TIRAS

- 1 e 7 - Linhas imaginárias (base e topo)
- 2 e 6 - Linhas básicas (base e topo)
- 3 e 4 - Cortes sucessivos de 100 em 100mm (defeitos)
- 8 - Corte de material bom (B) devido a limitação de peso e/ou comprimento máximo.

FIGURA I - Perdas por SX devido a rendimento de programação baixo.

LINGO. TEIRA	TABELA	LARG. PLACA (mm)	ESPESSURA DE PLACA (mm)									
			100 - 139		140 - 179		180 - 219		220 - 259		≥ 260	
			Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ
L - 12	Ant.	1000 1100	81,0	-	81,5	-	81,5	-	81,0	-	81,0	-
	L - 14	Ant.	1100 1200	80,0	-	80,5	-	80,5	-	80,0	-	80,0
Atual		1200	82,5	+2,5	82,5	+2,0	82,0	+1,5	83,0	+3,0	83,0	+3,0
A - 14	Ant.	1250 1400	80,5	-	80,5	-	80,5	-	80,0	-	80,0	-
		Atual	1250	81,0	+0,5	81,0	+0,5	82,5	+2,0	82,0	+2,0	82,0
	Atual	1400	82,0	+1,5	83,0	+2,5	83,0	+2,5	83,0	+3,0	83,0	+3,0
L - 18	Ant.	1350 1500	80,5	-	80,5	-	80,5	-	80,0	-	80,0	-
	Atual	1500	81,0	+0,5	81,5	+1,0	82,0	+1,5	82,0	+2,0	83,0	+3,0
N - 20	Ant.	1600 1800	83,0	-	82,5	-	82,0	-	81,5	-	81,0	-
		Atual	1800	83,5	+0,5	83,5	+0,5	84,0	+1,5	84,0	+1,5	84,0

FIGURA II - Tabela de rendimento placa / lingote de programação de Acalmado chapas grossas.

LINGO. TEIRA	LARG. PLACA (mm)	TABELA	ESPESSURA DE PLACA (mm)									
			100 - 139		140 - 179		180 - 219		220 - 259		≥ 260	
			Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ	Rend.	Δ
L-12	1000	Ant.	85,5	-	85,5	-	85,5	-	85,0	-	85,0	-
	1100	Atual	86,0	-	86,5	-	86,5	-	86,0	-	86,0	-
L-14	1100	Ant.	85,5	-1,0	85,5	-0,5	85,5	-0,5	85,0	0,0	85,0	-0,5
		Atual	84,5	-	85,0	-	85,0	-	85,0	-	84,5	-
	1200	Ant.	86,0	-1,5	86,5	-1,5	86,5	-1,5	86,0	-1,0	86,0	-1,5
		Atual	84,5	-	85,0	-	85,0	-	85,0	-	84,5	-
A-14	1250	Ant.	85,5	-0,5	85,5	-0,5	85,5	-0,5	85,0	+0,5	85,0	+1,0
		Atual	85,0	-	85,0	-	85,0	-	85,5	-	86,0	-
	1400	Ant.	86,0	-1,0	86,5	-1,0	86,5	-1,0	86,0	0,0	86,0	+0,5
		Atual	85,0	-	85,5	-	85,5	-	86,0	-	85,5	-
L-18	1350	Ant.	85,0	-	85,5	-	85,5	-	85,0	-	84,5	-
	1500	Atual	84,0	-1,0	84,0	-1,5	84,5	-1,0	85,0	0,0	85,5	+1,0
	1500	Atual	84,0	-1,0	84,5	-1,0	85,0	-0,5	85,0	0,0	85,0	+0,5
N-20	1600	Ant.	85,0	-1,0	85,0	-1,0	85,0	-0,5	84,0	+0,5	83,5	+0,5
		Atual	84,0	-	84,0	-	84,5	-	84,5	-	84,0	-
	1800	Ant.	85,0	-1,0	85,0	-1,0	85,0	-0,5	84,0	+0,5	83,5	+0,5
		Atual	84,0	-	84,0	-	84,5	-	84,5	-	84,0	-

FIGURA III - Tabela de rendimento placa / lingote de programação de Semi-Acuminado chapas grossas.

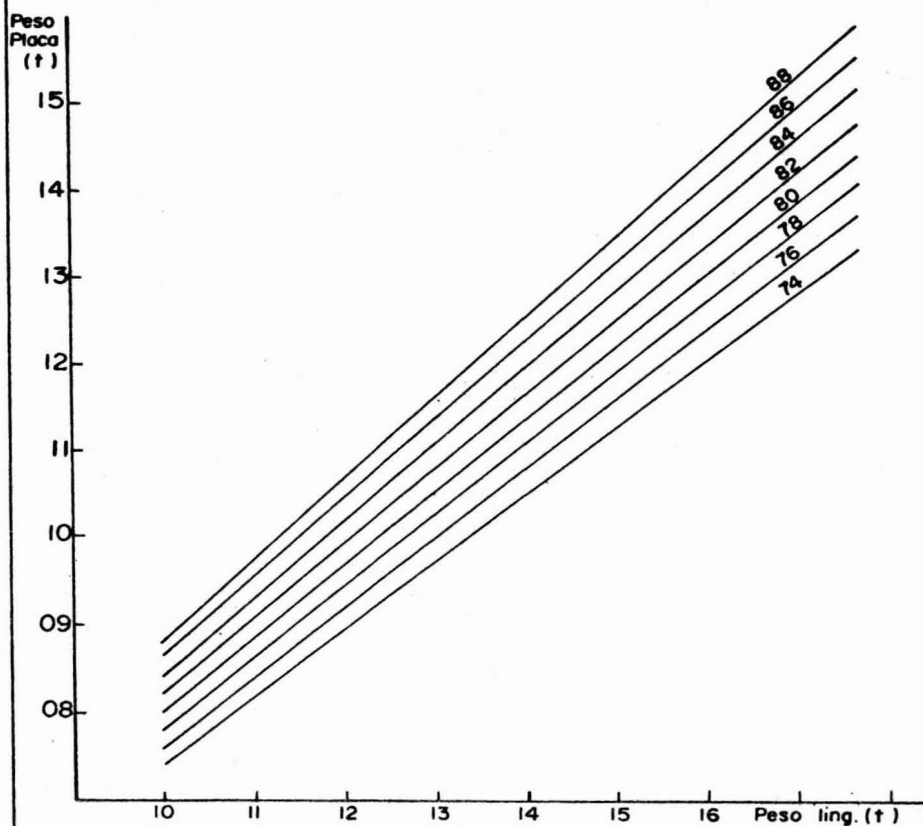


FIGURA IV - Relação do peso de lingote com o peso de placa através do rendimento placa / lingote.

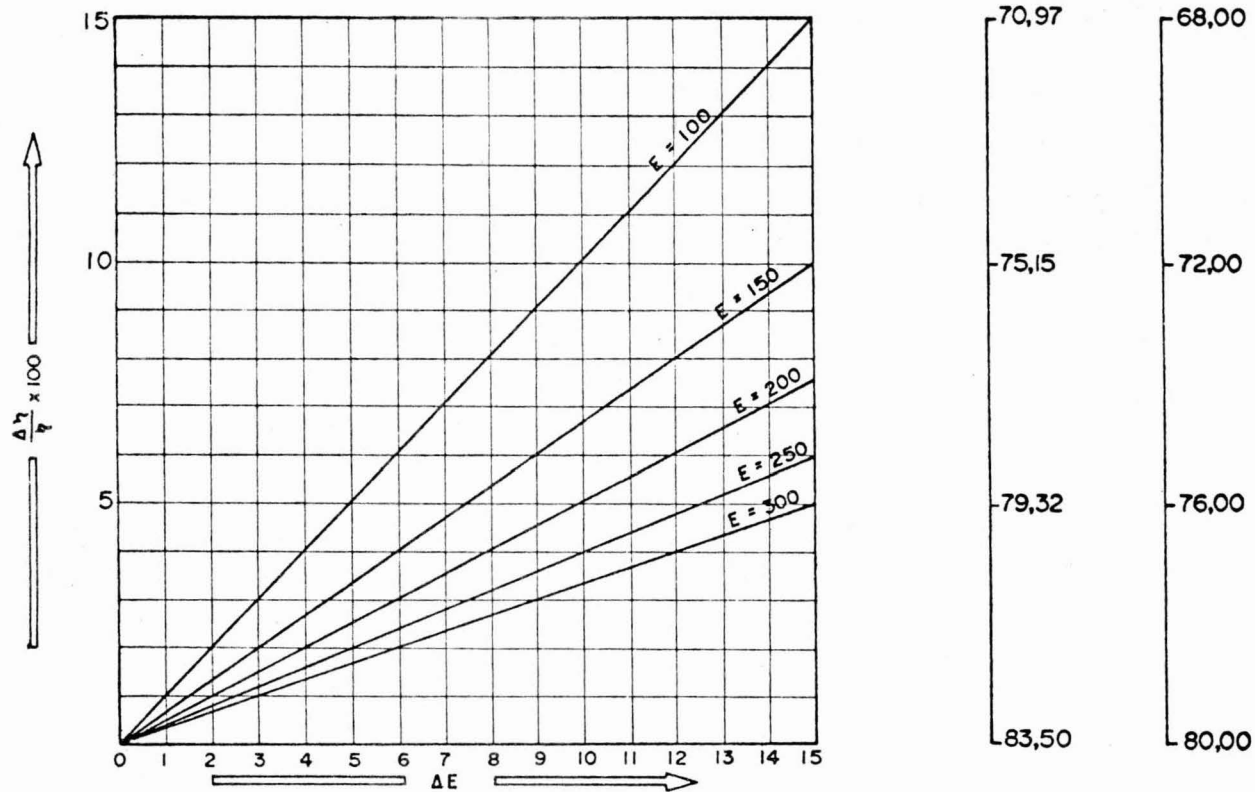


FIGURA V - Variação de rendimento placa /lingote, em material de chapas grossas, em função da variação de espessura de placas (Obtido - Programado).

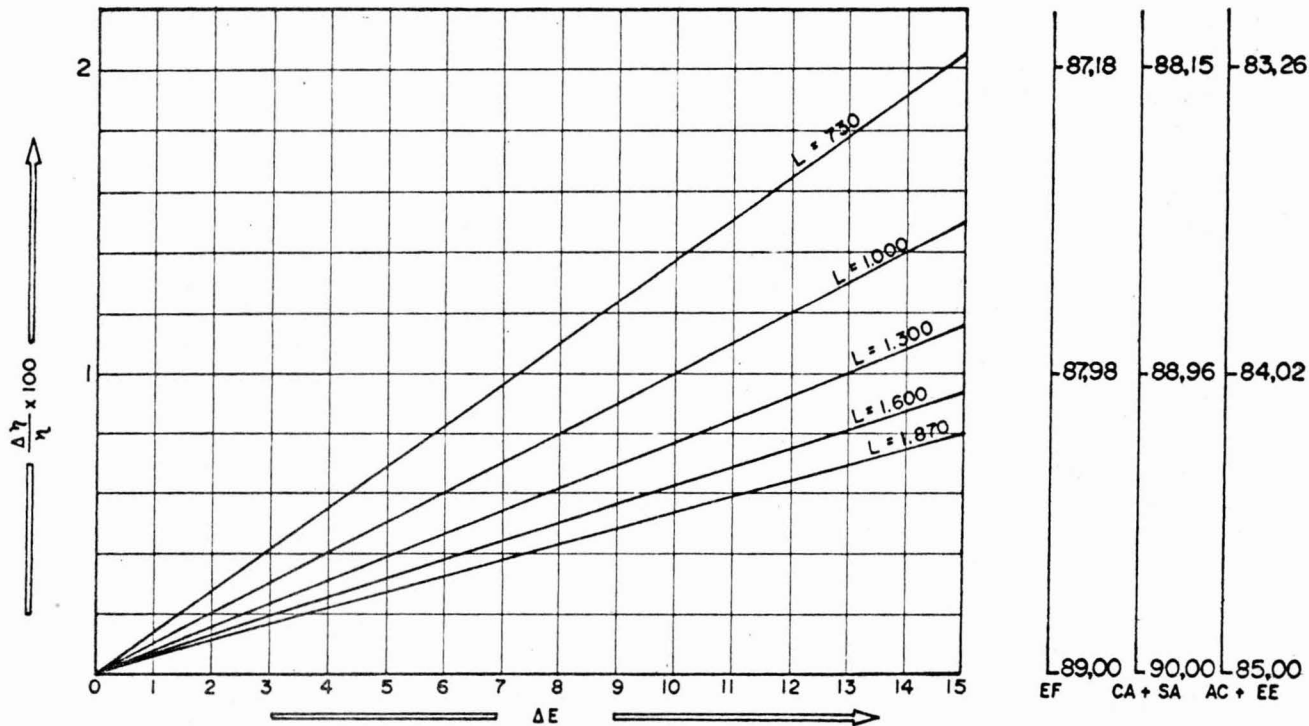


FIGURA VI - Variação de rendimento placa/lingote, em material de tiras, em função da variação de largura de placa (Obtido - Programado).

DESTINO	GRAU DESOXIDAÇÃO	DIMENSÃO	PADRÃO			VISADO		OBTIDO		
			TOLERÂNCIA	Δ MÁX.	$\Delta \eta$ MÁX.		$\Delta \eta$ MÁX.	DIMENSÕES MÉDIAS	Δ	$\Delta \eta$
T I R A S	EF	ESP.	(-5; + 10)	+ 10	- 8,90	+ 1	- 0,89	230	+ 1,6	- 0,62
		LARG.	(0; + 15)	+ 15	- 1,82	+ 7	- 0,85	1115	+ 8,1	- 0,65
		TOTAL			- 10,72		- 1,74			- 1,27
	CA	ESP.	(-5; + 10)	+ 10	- 9,00	+ 1	- 0,90	238	+ 1,5	- 0,57
		LARG.	(0; + 15)	+ 15	- 1,85	+ 7	- 0,86	1117	+ 8,8	- 0,71
		TOTAL			- 10,85		- 1,76			- 1,28
	SA	ESP.	(-5; + 10)	+ 10	- 9,00	+ 1	- 0,90	236	+ 3,2	- 1,22
		LARG.	(0; + 15)	+ 15	- 1,85	+ 7	- 0,86	1454	+ 8,6	- 0,53
		TOTAL			- 10,85		- 1,76			- 1,75
	AC	ESP.	(-5; + 10)	+ 10	- 8,50	+ 1	- 0,85	230	+ 2,7	- 1,00
		LARG.	(0; + 15)	+ 15	- 1,74	+ 7	- 0,82	1170	+ 7,6	- 0,55
		TOTAL			- 10,24		- 1,67			- 1,55
EE	ESP.	(-5; + 10)	+ 10	- 8,50	+ 1	- 0,85	236	+ 1,6	- 0,58	
	LARG.	(0; + 15)	+ 15	- 1,74	+ 7	- 0,82	1150	+ 7,2	- 0,53	
	TOTAL			- 10,24		- 1,67			- 1,11	
C G	SA	ESP.	(0; + 15)	+ 15	- 12,53	+ 3	- 2,51	180	+ 5,4	- 2,51
		LARG.	(-10; + 20)	+ 20	- 1,97	+ 4	- 0,33	1475	+ 3,8	- 0,22
		TOTAL			- 14,50		- 2,84			- 2,73
	AC	ESP.	(0; + 15)	+ 15	- 12,00	+ 3	- 2,40	190	+ 4,3	- 1,81
		LARG.	(-10; + 20)	+ 20	- 1,60	+ 4	- 0,32	1360	+ 2,8	- 0,16
		TOTAL			- 13,60		- 2,72			- 1,97

FIGURA VII - Variação máximas de rendimento placa/lingote em função das variações de dimensões de placas dentro das faixas de tolerância.