

O LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE Nº 2 DA COMPANHIA SIDERÚRGICA  
NACIONAL - AVANÇO TECNOLÓGICO DA SIDERURGIA NO BRASIL

Antonio Lemos de Albuquerque Júnior (1)

Mário César Costa Braga (2)

Mário César Cândido (3)

R E S U M O

Dentro do Programa de Expansão da CSN - Estágio III, a instalação do Laminador de Tiras a Quente nº 2 representou um avanço tecnológico de alto significado.

Este equipamento, do tipo 3/4 contínuo, compõe-se de um sistema altamente sofisticado de automação para controle de produção, processo e qualidade.

O trabalho a ser apresentado, tem como objetivo caracterizar o Laminador de Tiras a Quente nº 2, em seus aspectos técnicos.

- 
- (1) Engenheiro Metalúrgico, atualmente Superintendente de Engenharia e Qualidade da Laminação a Quente na Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, em Volta Redonda.
  - (2) Engenheiro Metalúrgico, atualmente Superintendente do Laminador de Tiras a Quente nº 2 na Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, em Volta Redonda.
  - (3) Engenheiro Metalúrgico, atualmente Engenheiro de Linha do Laminador de Tiras a Quente nº 2 na Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, em Volta Redonda.

## 1. INTRODUÇÃO

Em outubro de 1981, iniciou operação o Laminador de Tiras a Quente nº 2, da Companhia Siderúrgica Nacional. Este equipamento é um dos maiores no gênero, com um alto nível de automação, ao longo de toda a linha de produção.

Ele apresenta características de projeto, que propicia a geração de produtos de altos níveis de qualidade, dificilmente atingidos por laminadores convencionais.

Quanto à sua especificação básica, esta foi determinada através de estudos e comparações com os Laminadores de Tiras a Quente mais modernos existentes no mundo.

Quando da elaboração desta especificação, as diretrizes tomadas foram:

- Alta produtividade e alta eficiência
- Um equipamento que laminasse diversas espessuras de placas
- Homogeneização de qualidade e processo com a introdução do sistema de automação
- Um lay-out que permitisse a laminação direta da Corrida Contínua, considerando a racionalização de energia.

Este equipamento é do tipo 3/4 contínuo, de 1.727 mm de largura e com capacidade de produção prevista da ordem de 3.200.000 t/ano.

## 2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

### 2.1. ESPECIFICAÇÃO BÁSICA

As especificações básicas do Laminador de Tiras a Quente, são as seguintes:

#### a. Largura do Laminador

. comprimento do corpo do cilindro: 1.730 mm

#### b. Dimensão da Placa

. espessura ..... 150 ~ 305 mm

. largura .....	610	-	1600 mm
. comprimento .....	4420	-	10670 mm
. peso máximo .....	40,9	t	

c. Dimensões da Bobina

. espessura .....	1,2	-	12,7 mm
. largura .....	610	-	1575 mm
. diâmetro interno .....	760	mm	
. diâmetro externo .....	1237	-	2286 mm

d. Esboço

. espessura .....	26	-	38 mm
-------------------	----	---	-------

e. Laminador de Desbaste

- . 4 cadeiras

f. Laminador de Acabamento

- . 7 cadeiras
- . velocidade máxima ..... 1308 rpm
- . taxa de aceleração máxima ..... 20 rpm/s

2.2. EQUIPAMENTOS

a. Fornos de Reaquecimento

Os fornos são do tipo viga móvel. A Zona de Pré-aquecimento e Aquecimento são de queimadores frontais e a Zona de Encharque são de queimadores superiores de chamas chatas, objetivando uniformizar a temperatura no sentido transversal.

Quanto à capacidade dos fornos, foram projetados para 250 t/h, com a placa de 254 mm de espessura, 1.600 mm de largura e 10.670 mm de comprimento.

As características do forno estão discriminadas na tabela 1.

b. Laminadores de Desbaste

Os laminadores são do tipo 3/4 contínuo, com capacidade para reduzir pla-

cas de 300 mm em esboços de 26 mm e com redução máxima do laminador vertical, de 90 mm, tendo um sistema de refrigeração de cilindros com pressão de 22 Kg/cm<sup>2</sup> e chuveiros de descamação instalados na entrada do R-1, entrada e saída do R-2 e entrada do R-3 e R-4, com uma pressão de 160 Kg/cm<sup>2</sup>.

Os laminadores R-3 e R-4 estão em "tandem" e a tensão entre as cadeiras é controlada por um sistema de controle denominado AUTOMATIC MODE TENSION CONTROL (A.M.T.C.).

Com esta disposição, se compararmos com um laminador contínuo, o comprimento da linha (do VE-1 até F-1), ficou reduzido em aproximadamente 80 metros. A espessura do esboço pode variar na faixa de 26 a 38 cm.

As características dos Laminadores de Desbaste estão na tabela 2.

#### c. Laminador de Acabamento

O Laminador de Acabamento é de 7 cadeiras, o que amplia a faixa possível de se laminar, em termos de espessura (espessura mínima de 1,2 mm) e, ao mesmo tempo, eleva a velocidade de laminação, conseqüentemente, aumentando a capacidade de produção, produzindo bobinas pesadas e também permitindo aumentar a espessura do esboço, evitando assim, o aumento do custo do equipamento devido ao prolongamento da mesa de espessura e minimizando a queda de temperatura durante a laminação.

Além disso, diminui a carga por cadeira, facilitando os ajustes durante a laminação, como também contribui para melhorar o perfil, o aplainamento e a superfície do material.

Foi introduzido o sistema AGC (AUTOMATIC GAGE CONTROL) nas 7 cadeiras do Acabamento, para se eliminar as interferências no processo, a fim de se obter uma menor variação de espessura ao longo da bobina.

Nas quatro primeiras cadeiras do Acabamento, foi instalado sistema de óleo de laminação (rolling oil) para aplicação na superfície dos cilindros por dispersão em água, visando a diminuição do consumo de energia e cilin-

dros e melhoria da superfície das tiras laminadas.

Os chuveiros de descamação, com uma pressão de  $160 \text{ kg/cm}^2$ , estão localizados com duas unidades antes de F-1 e mais três unidades entre F-1 e F-2, F-2 e F-3, F-3 e F-4, de uso comum para refrigeração da tira e descamação, totalizando assim cinco unidades.

A refrigeração de cilindros tem a pressão de  $22 \text{ Kg/cm}^2$  como também a refrigeração da tira que está instalada entre F-4 e F-5, F-5 e F-6, F-6 e F-7.

O sistema do parafuso ajustador para todas as cadeiras é de acionamento eletromecânico, entretanto, as cadeiras F-4, F-5, F-6 e F-7 podem ser adaptadas futuramente para instalação de AGC hidráulico.

Nas cadeiras F-6 e F-7 está instalado o sistema Roll Bending com pressão máxima de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , para melhoria do aplainamento da tira.

O sistema de troca de cilindros de trabalho é automático de mesa giratória, o que possibilita a troca de todas as cadeiras em intervalos menores que 8 minutos.

A capacidade de resfriamento da tira, do tipo LAMINAR FLOW, é de resfriar de  $900^\circ\text{C}$  (temperatura de acabamento) até  $500^\circ\text{C}$  (temperatura de bobinamento), uma tira com  $12,7 \text{ mm}$  de espessura, numa velocidade de  $270 \text{ mpm}$ , com precisão de  $\pm 20^\circ\text{C}$ , em função do valor de temperatura desejado.

As características do Laminador de Acabamento estão apresentadas na tabela 2.

#### d. Bobinadoras

Considerando-se o formato das bobinas e a manutenção dos equipamentos, foram instaladas três bobinadoras com capacidade de bobinar aços baixo carbono de  $12,7 \text{ mm}$  de espessura por  $1.575 \text{ mm}$  de largura, com uma velocidade de  $275 \text{ mpm}$  e com temperatura de bobinamento de  $550^\circ\text{C}$ .

As características das Bobinadoras estão na tabela 3.

### 3. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DO LTQ-II

A automação do Laminador de Tiras a Quente nº 2 da CSN foi implantada de forma a eliminar as flutuações de resultados provocados pela intervenção humana direta. Assim, se obtém uma padronização do processo de operação altamente vantajosa para o rendimento e produtividade da linha.

O processamento do material, do enformamento da placa até a bobina, é totalmente automático, contendo apenas algumas funções cuja iniciação é executada pelo Operador.

Para que o sistema funcione em sua totalidade, fez-se necessária a instalação de controladores, cuja organização se vê na figura 1, paralelamente à instalação de sensores na linha, mostrados na figura 2. O sistema também está ligado ao computador central da CSN, com vistas às transações:

- . Programação de laminação;
- . Controle de produção, rendimento e qualidade.

Os itens que compõem o sistema de automação são os seguintes:

- a. Rastreamento da linha (Tracking)
- b. Controle dos Fornos de Reaquecimento de Placas
- c. Cálculos para ajuste da linha (Set-up)
- d. Controle automático de posicionamento (APC)
- e. Controle por realimentação (Feed-Back)
- f. Sistemas auxiliares de controle
- g. Emissão de relatórios

Esses itens serão tratados separadamente, a seguir:

#### a. Rastreamento da Placa/Bobina da Linha

É a função que determina o instante de execução das demais funções do sistema de automação, através da localização física da placa/bobina na linha, por meio dos sensores que este possui. O rastreamento tem seu início no momento de extração da placa aquecida e seu término quando da pesagem da

bobina. É o sistema responsável pela flexibilidade do equipamento em processar, em dois ou mais pontos da linha, materiais com características diferentes. Para isso, é necessário a divisão da linha em blocos de rastreamento, como elucidada a figura 2. A função de rastreamento permite também a simulação de laminação, com vistas a verificar se as demais funções de automação apresentam condições para a operação dos equipamentos.

Incorpora também esta função, o arquivo de dados primários e o controle do ritmo de laminação (mill - pacing), que determina o tempo de extração placa a placa, de forma a utilizar a linha em 100% da sua capacidade.

Podemos então concluir que a função rastreamento da placa/bobina na linha em funcionamento, é condição necessária para que o sistema de automação funcione em toda sua capacidade.

#### b. Controle dos Fornos de Reaquecimento de Placas

Os itens controlados pelo sistema nos fornos são:

- movimento das vigas que promovem a passagem da carga pelo forno;
- extração das placas aquecidas do forno;
- combustão e pressão interna dos fornos de reaquecimento.

Este último, com a sua alta precisão, busca minimizar o consumo de combustível através do atendimento às necessidades térmicas das diversas zonas que compõem o forno, decorrentes do Set-Points de temperatura.

#### c. Cálculos para Ajuste da Linha (Set-Up)

Os cálculos dos ajustes, representa o item mais significativo na padronização do processo operacional, se estendendo a todos os setores da linha, sem interferência humana direta, porém com flexibilidade. Os dois modos de operação dos equipamentos são:

- automático: ajustes determinados pelo Operador e aplicados pelo Computador.
- por computador: ajustes determinados e aplicados pelo computador (dinâmico).

O modo por computador fundamenta-se na utilização de um modelo matemático para determinação dos ajustes. Os fluxogramas da figura 3 mostram a filosofia dos modelos do Laminador de Desbaste, de Acabamento e temperatura de bobinamento.

d. Controle Automático de Posição (APC)

É a função responsável pela aplicação, no equipamento, dos ajustes calculados pelo sistema.

e. Controle por Realimentação (Feed-Back)

É a função que mede a eficiência dos cálculos efetuados a partir de medições reais e aplica fatores de correção aos mesmos, com vistas ao refinamento dinâmico dos modelos.

f. Sistemas Auxiliares de Controle

Atuam no sentido de contornar deficiências durante o processamento do material. São eles:

- AMTC - controlador automático de tensão no esboço entre as cadeiras R-3 e R-4 no Laminador de Desbaste, através do controle do motor principal da R-3.
- ROLOS TENSORES (loopers) - controladores de tensão no trem acabador.
- AGC - controle automático de espessura conforme a figura 4, que permite a garantia de 98% da tira com variação de  $\pm 50$ , para espessura de até 4 mm.
- CURVAMENTO DOS CILINDROS (Roll Bending) - instalado nas cadeiras F-6 e F-7 para melhoria de aplainamento da tira através de ajuste manual, permite adaptação para controle automático (malha fechada).

g. Emissão de Relatórios

Para medida da eficiência do sistema, emitem-se os relatórios de engenharia e de qualidade para refinamento dos modelos matemáticos e acompanhamento do rendimento da linha, respectivamente.



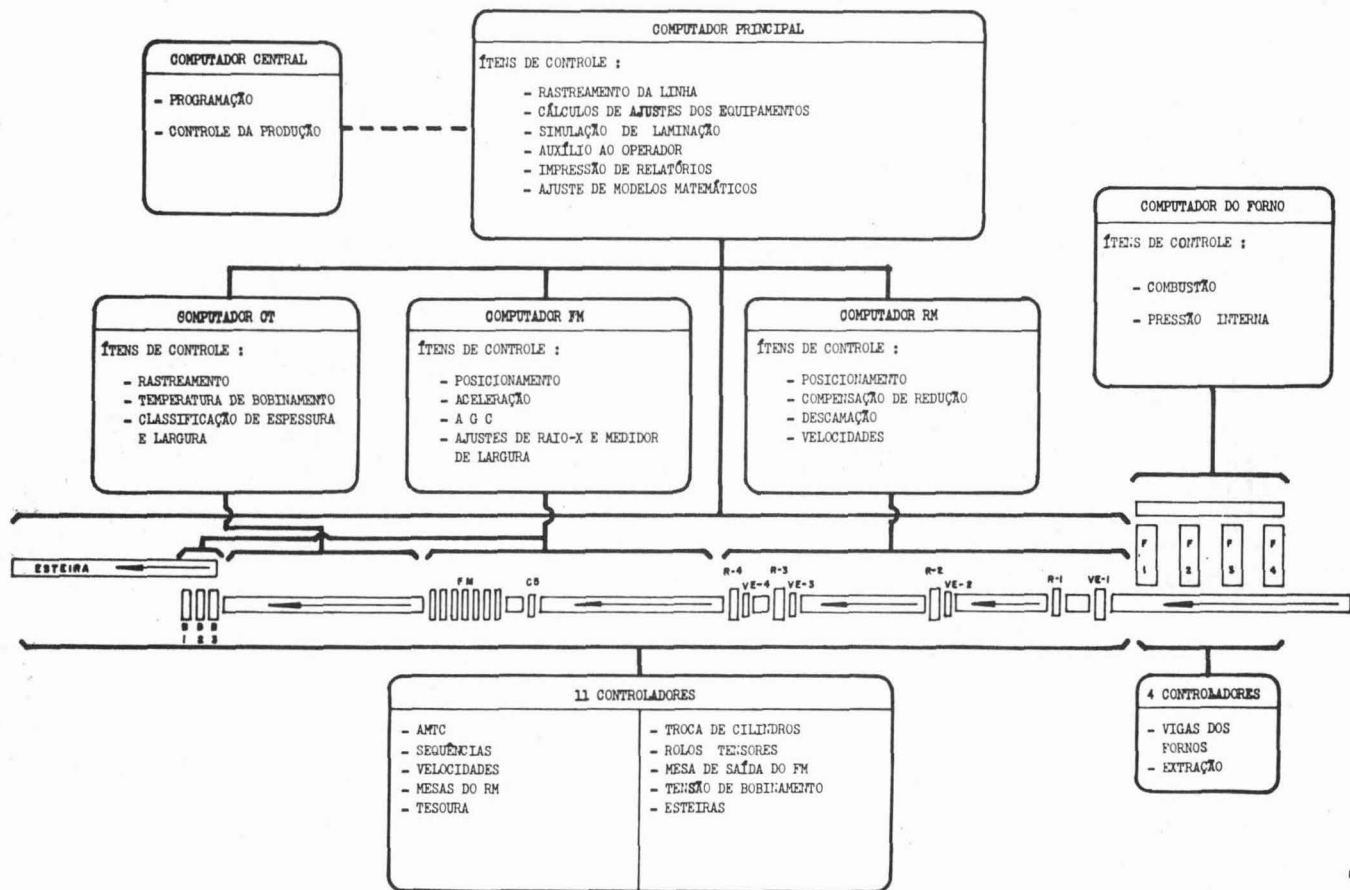


Fig. 1 - ORGANIZAÇÃO DOS COMPUTADORES E CONTROLADORES

LEGENDA :

- C - FOTO-CÉLULA
- H - DETETOR DE METAL QUENTE
- L - CÉLULA DE CARGA
- P - PIRÔMETRO
- X - RAIOS X
- W - MEDIDOR DE LARGURA
- B - BALANÇA

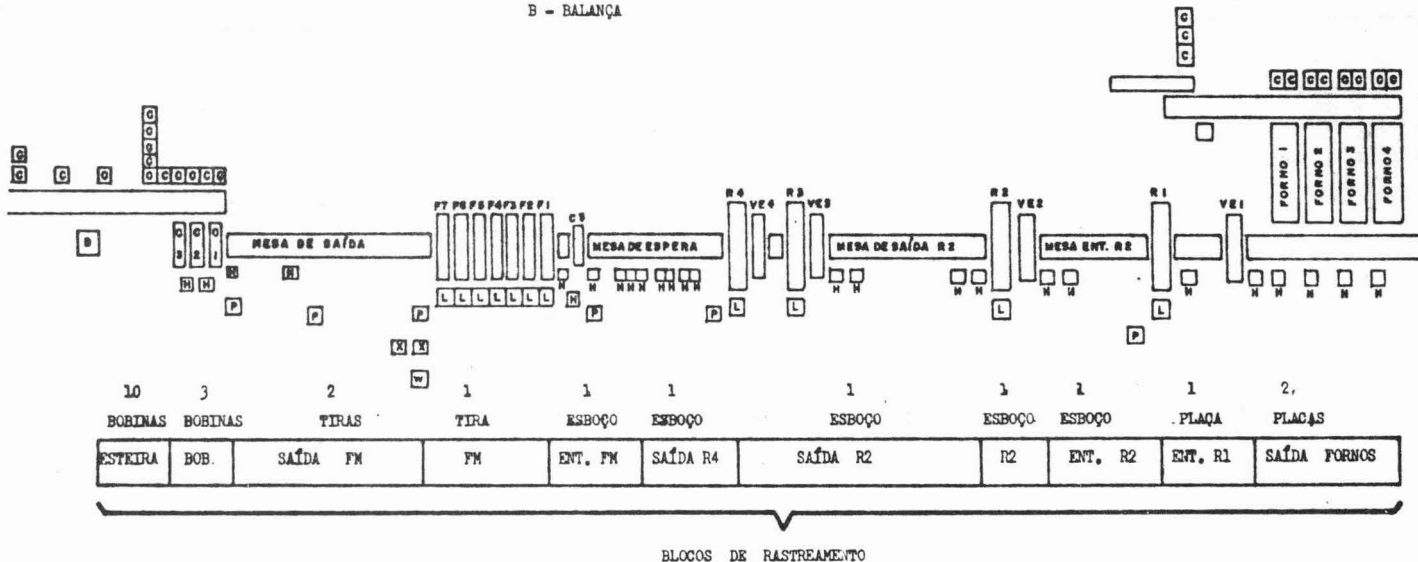
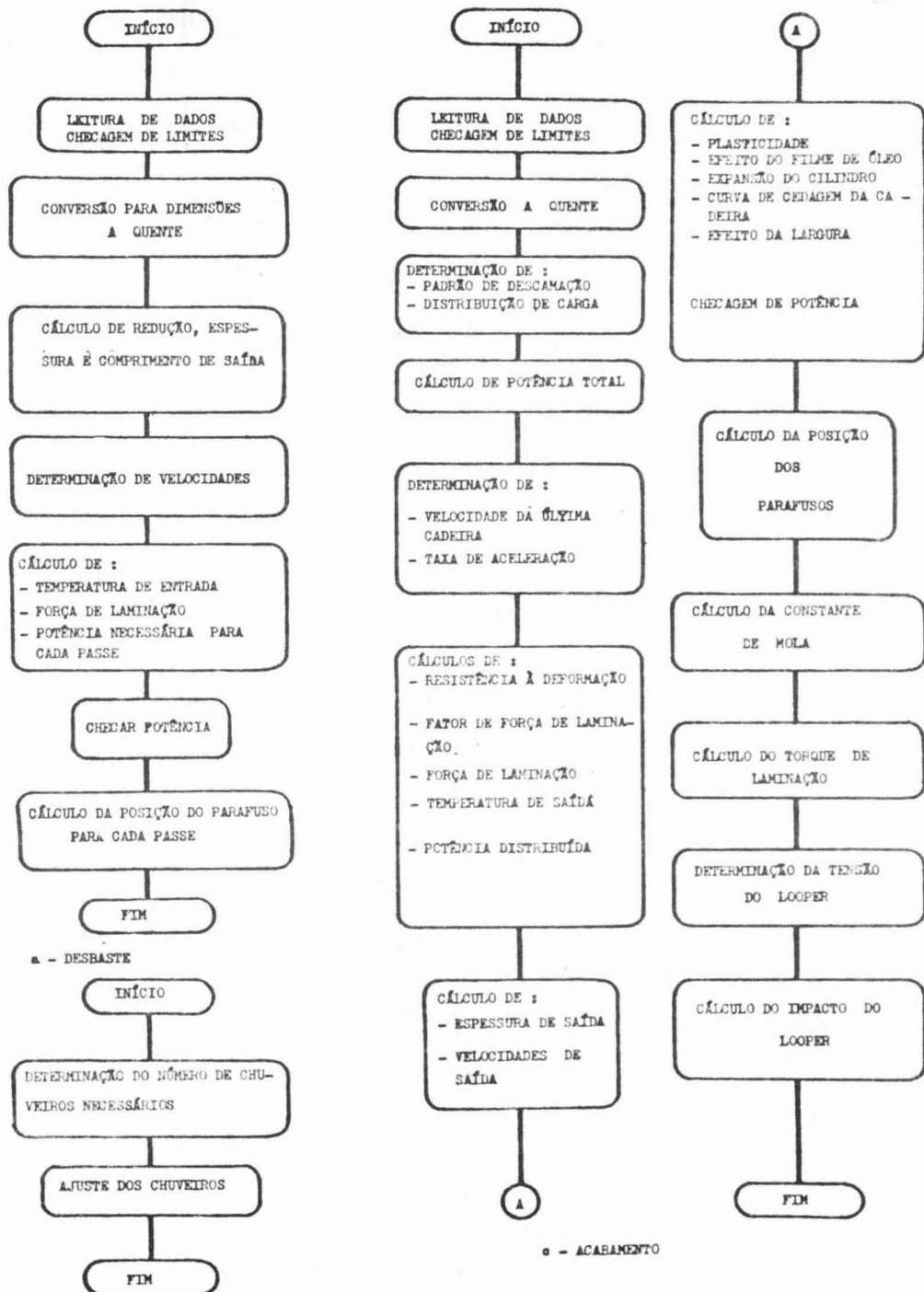


Fig. 2 - POSIÇÃO DOS SENSORES E BLOCOS DE RASTREAMENTO



a - DESBASTE

a - ACABAMENTO

b - TEMPERATURA DE BOBINAMENTO ( ct)

Fig. 3 - FLUXOGRAMAS DE CÁLCULOS DE AJUSTE

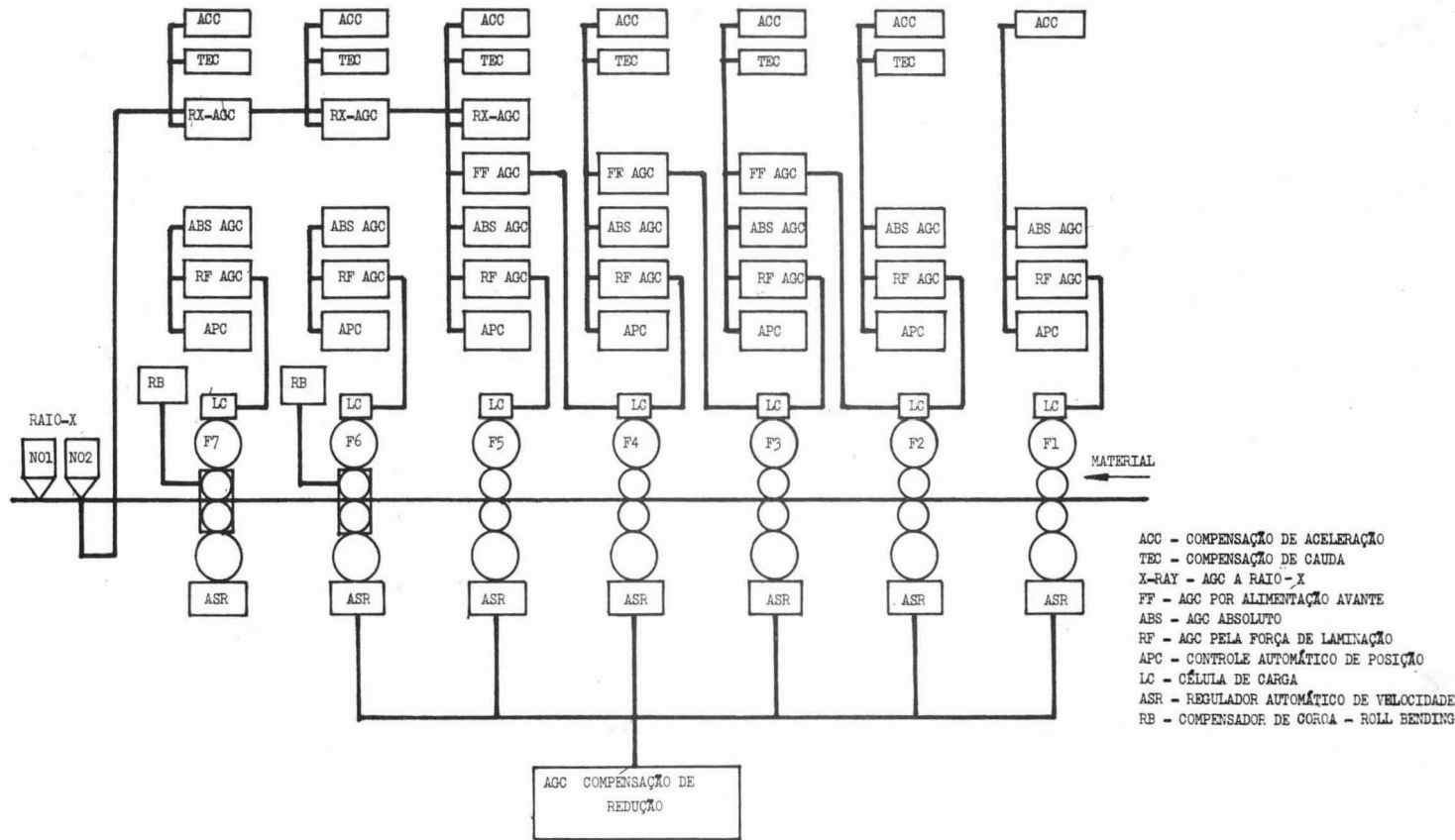


Fig. 4 - SISTEMA AGC

FORNO	TIPO	VIGA MÓVEL (WALKING BEAM)
	CAPACIDADE	250 t/h
	COMPRIMENTO ÚTIL X LARGURA	34206mm X 11580mm
EQUIPAMENTO DE COMBUSTÃO	PRÉ-AQUECIMENTO	57,6 X 10 <sup>6</sup> Mcal/h
	AQUECIMENTO	43,2 X 10 <sup>6</sup> "
	ENCHARGUE	22,8 X 10 <sup>6</sup> "
SOPRADOR	TIPO	CENTRÍFUGO
	CAPACIDADE	150000 m <sup>3</sup> /h - 20 °C - 1300 mm H <sub>2</sub> O
EQUIPAMENTO DE PRÉ-AQUECIMENTO	TIPO	MULTI TUBO METÁLICO
	TEMPERATURA	1050 °C
	TEMPERATURA DO AR	455 °C
VIGAS	SKID - PIPE	6 FIXOS E 4 MÓVEIS

TABELA 1 - FORNOS DE REAQUECIMENTO

	CAD	TIPO	CILINDRO DE TRABALHO Ø X COMP. mm	CILINDRO DE ENCOSTO Ø X COMP. mm	MOTOR TIPO X POTÊNCIA X RPM ( kw )	RELAÇÃO DE REDUÇÃO	RPM DO	VELOCIDADE DO CILINDRO (MPM)
DEBRASTE	VSB	VERTICAL	1145	-	AC X 9.0 X 450	1:23,45	19,2	69
	RI	DUO NÃO REV.	1270 X 1730	-	AC X 3750 X 450	1:23,56	19,1	76,2
	VE2	VERTICAL	915	-	DC X 1125 X 360	1:45	80	230
	R2	QUÁDRUO REV.	1120 X 1730	1525 X 1700	DC X 4500 X 80 X 2	1:1	80	281
	VE3	VERTICAL	840	-	DC X 370 X 870 X 2	1:16,67	52	138
	R3	QUÁDRUO NÃO REV.	1120 X 1730	1525 X 1700	DC X 3750 X 500 X 2	1:9,884	50,6	178
	VE4	VERTICAL	840	-	DC X 370 X 870 X 2	1:11,75	74	196
	R4	QUÁDRUO NÃO REV.	1120 X 1730	1525 X 1700	AC X 7500 X 450	1:7,3	61,6	217
ACABAMENTO	F1	QUÁDRUO NÃO REV.	740 X 1730	1525 X 1730	DC X 3750 X 375 X 2	1:3,84	90,6	226,9
	F2	"	"	"	"	1:2,55	146,9	341,5
	F3	"	"	"	"	1:1,66	225	523,1
	F4	"	"	"	"	1:1,25	298,6	694,2
	F5	"	"	"	DC X 3750 X 405 X 2	1:1	405	941,5
	F6	"	"	"	DC X 3750 X 500 X 2	1:1	500	1102,4
	F7	"	"	"	DC X 3000 X 563 X 2	1:1	563	1308,8

TABELA 2 - LAMINADORES DE DEBRASTE E ACABAMENTO

	ROLO Ø X COMP. mm	MOTOR			RELAÇÃO DE REDUÇÃO	VELOCIDADE DO ROLO		
		POTÊNCIA (kw)	TIPO	ROTAÇÃO-RPM		RPM	MPM	
ROLO PUXADOR	SUP.	920 X 1780	0/280	DC	0/975	1:1,969	495	1430,5
	INF.	460 X 1780	0/280			1:1	975	1408,3
ROLO ABRAÇADOR		350 X 1780	22,5/32	DC	650/960	1:1	650 /960	714/1055
MANEIL	SOBRE EXPANDIDO	770	280 X 2	DC	390/1170	1:2,152	181/544	432/1297
	EXPANDIDO	760						
	CONTRAÍDO	725						

TABELA 3 - BOBINADORAS

