

# REDUÇÃO DO CONSUMO DE CILINDROS DE ENCOSTO DO LAMINADOR DE TIRAS A FRIO DA COSIPA <sup>1</sup>

Célio Souza do Rosário <sup>2</sup>  
Fabianny Beserra de Mello <sup>3</sup>  
Francisco Gomes de Melo <sup>4</sup>  
José Dias Blanco <sup>4</sup>  
Karl Kristian Bagger <sup>5</sup>  
Marcelo Magalhães Pereira <sup>6</sup>  
Nelson Martin Groessler <sup>7</sup>

## Resumo

Cilindros são as principais ferramentas do processo de laminação, pois são responsáveis pela qualidade do produto além de representarem um item de elevado custo na produção. Nos laminadores quadruos são utilizados cilindros de trabalho e encosto. Os cilindros de trabalho mantêm contato direto com o produto, sendo responsável pelo seu acabamento superficial. Os cilindros de encosto apoiam os cilindros de trabalho, limitando assim sua flexão durante o processo de laminação, com o objetivo de manter a planicidade da tira dentro dos parâmetros especificados. Para cumprir esta função, os cilindros de encosto são submetidos a várias solicitações durante sua campanha. Este trabalho teve como objetivo a redução do consumo dos cilindros de encosto, utilizando-se das ferramentas da qualidade para identificação e atuação sobre as principais causas contribuintes para este consumo.

**Palavra-chave:** Cilindro de encosto.

## REDUCTION OF BACK UP ROLL CONSUMPTION AT COSIPA'S TANDEM COLD MILL

## Abstract

The rolls are the main tools in the rolling process, They are responsible for the products quality and significant item in the production cost. In the four high mills there are WR and BUR. The WR have direct contact with the product, being the responsible for the surface finish. The BUR supports the WR, restricting the bending the rolling process, with the purpose to keep the flatness of the product according specification. In order to attend its duty the BUR is submitted to high stress during the process. This paper presents the BUR consumption reduction after the application of quality tools in the determination of the causes of the consumption.

**Key word:** Back up rolls

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Galinhas - PE*

<sup>2</sup> *Engenheiro Mecânico, Assistente Técnico da Oficina de Cilindros da Laminação a Frio da Cosipa.*

<sup>3</sup> *Técnica em Metalurgia, Inspectora de Qualidade da Oficina de Cilindros da Laminação a Frio da Cosipa.*

<sup>4</sup> *Técnico em Metalurgia, Assistente de Operação do Laminador de Tiras a Frio da Cosipa.*

<sup>5</sup> *Engenheiro Metalurgista, Gerente Técnico da Laminação a Frio da Cosipa.*

<sup>6</sup> *Engenheiro Metalurgista, Gerente do Laminador de Tiras a Frio e Oficina de Cilindros da Cosipa.*

<sup>7</sup> *Técnico Mecânico, Assistente de Operação da Oficina de Cilindros da Laminação a Frio da Cosipa.*

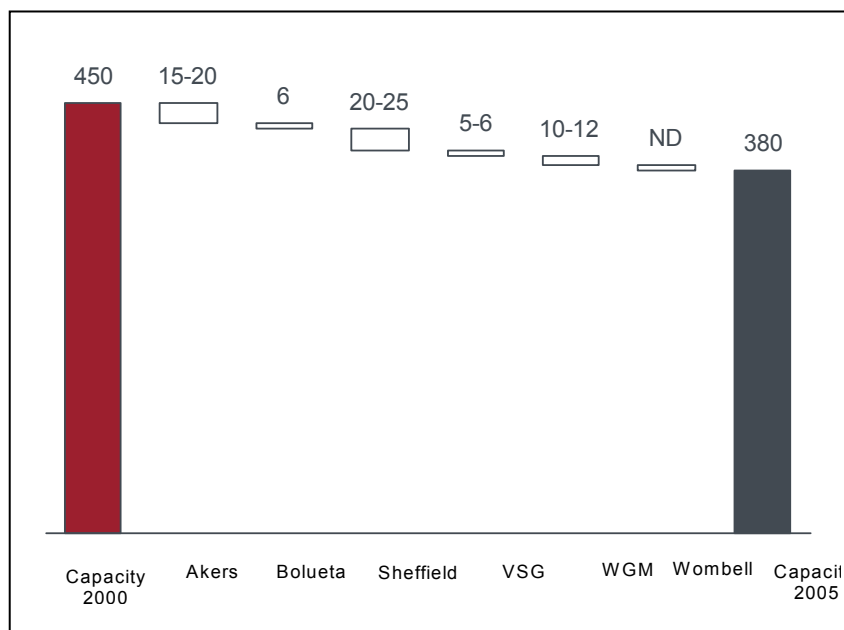
## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da produção mundial de aço nos últimos anos impulsionado principalmente pelo elevado consumo da China, gerou também o aumento do consumo de cilindros de laminação, uma das principais ferramentas utilizada na produção do aço laminado. O fechamento de empresas fabricantes de cilindros, devido as grandes fusões, reduziram a capacidade produtiva e com a elevada demanda houve um aumento nos preços além da pressão para elevação das tarifas de energia, gás, elementos de liga e mão de obra. O prazo para atendimento dos pedidos elevou-se devido a esta alta demanda para reposição de peças. Pode-se esperar de 1 á 5 anos para o recebimento de cilindros, dependendo do fabricante. Para procurar minimizar o impacto destas mudanças de cenário no processo produtivo foi necessário agir de forma preventiva a fim de não ter grandes reflexos no custo do produto final, melhorando o rendimento dos cilindros através de melhorias no processo e assim maximizando a vida do estoque.

**Tabela 1:** Produção mundial de aço e previsões até 2009 (em milhões de toneladas).

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006A	2007E	2008E	2009E
<b>EC 15</b>	155	163	156	159	160	169	165	174	175	178	180
<b>NAFTA</b>	128	133	119	123	122	131	125	130	130	137	138
<b>China</b>	124	126	151	182	220	250	354	423	490	544	598
<b>India</b>	24	27	27	29	32	33	38	44	50	55	60
<b>Japan</b>	94	106	103	108	111	113	112	116	119	118	120
<b>S Korea</b>	41	43	44	45	48	48	48	49	51	52	54
<b>Taiwan</b>	15	17	17	18	19	19	19	20	21	22	23
<b>Russia</b>	50	58	57	59	61	66	66	71	74	76	79
<b>Ukraine</b>	27	31	33	34	37	39	39	41	43	45	48
<b>Turkey</b>	14	14	15	16	18	20	21	23	26	28	31
<b>Brazil</b>	25	28	27	30	31	33	32	31	33	36	38
<b>ROW</b>	74	83	82	85	88	95	95	102	105	109	112
<b>Global total</b>	771	830	834	887	945	1,045	1,118	1,225	1,317	1,398	1,481
<b>Growth y/y %</b>		8%	0%	6%	7%	11%	7%	10%	8%	6%	6%
<b>ex China</b>	848	703	683	705	725	765	760	801	827	854	883
<b>Growth ex China % y/y</b>		8%	-3%	3%	3%	5%	-1%	5%	3%	3%	3%
<b>Chinese growth y/y %</b>		2%	19%	20%	21%	27%	26%	20%	16%	11%	10%

*Fonte: IISI, Credit Suisse*



Fonte: AP Team

Figura 1: Redução da produção de cilindros em função do fechamento de algumas fábricas (kt)

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Laminador de Tiras a Frio

O laminador de tiras a frio da Cosipa é um laminador quádruo de quatro cadeiras não reversível com capacidade de produção de 1.200 kt/ano, teve sua reforma em jan/08 onde foi automatizado e ampliada sua capacidade de produção.



Figura 2 : Laminador de Tiras a Frio após reforma.

Tabela 2: Principais Características do laminador antes e após reforma.

Variável	Anterior a reforma	Após reforma
Espessura máxima de entrada	4,75 mm	4,75 mm
Espessura mínima de saída	0,46 mm	0,38 mm
Carga de bending (máx.)	100 t (cadeiras 1 e 4)	140 t (todas as cadeiras)
Carga de laminação (máx.)	Amperagem – Parafuso eletromecânico	2000 t – Cápsula hidráulica
Velocidade máxima da tira	800 m/min	1100 m/min

Fonte: Clecim

Com estas mudanças nas variáveis do equipamento foi necessário readequar as práticas operacionais para obter uma melhor performance do equipamento tanto para qualidade como para a produtividade e custos.

## 2.2 Cilindros de Encosto

Os cilindros de encosto de um laminador quádruplo para produtos planos têm como função suportar a carga que a conformação gera sobre seus cilindros de trabalho, conforme mostra a Figura 3. Consegue-se, dessa forma, minimizar os desvios de planicidade que são impostos ao laminado em decorrência da flexão dos cilindros de trabalho.

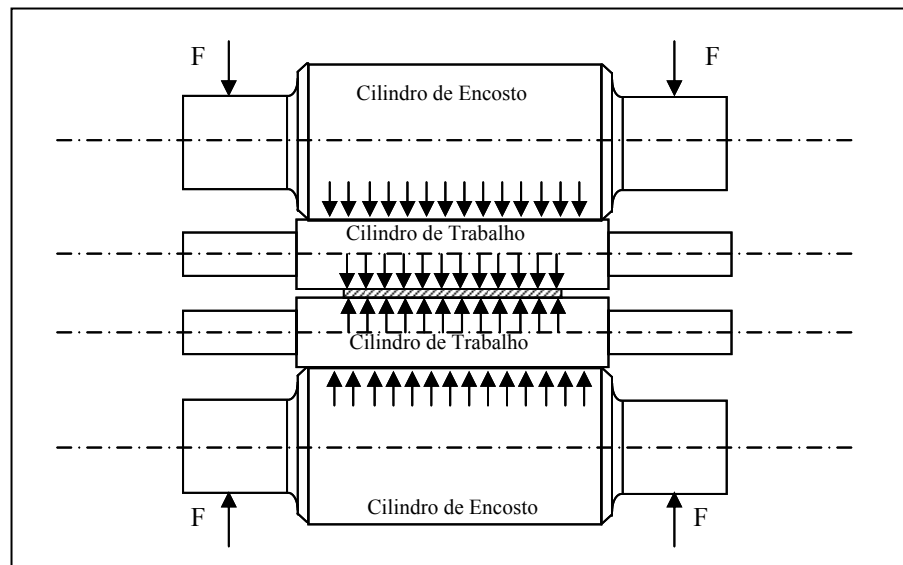


Figura 3 - Esquema das cargas atuantes numa cadeia quádrupla de laminação

### 2.2.1 Consumo de cilindros de encosto após reforma do laminador

No primeiro ano de operação após a reforma, foi observado que o consumo de cilindros de encosto estava similar ao do laminador antes da reforma, conforme apresentado na Tabela 3, então iniciou-se um estudo para redução deste consumo, levando-se em consideração que o laminador após reforma tinha muito mais recursos de automação e facilidade de operação o que deveria contribuir para um melhor rendimento dos cilindros. Adotou-se o método de análise e soluções dos problemas para a identificação e correção dos principais fatores contribuintes para o consumo de cilindros.

Tabela 3: Comparativo do consumo .

Ano	Consumo específico (mm/kt)
1996	0,50
1997	0,52
1998	0,51

## 2.2.2 Principais causas contribuintes para o consumo de cilindros de encosto e contramedidas adotadas

Após a realização das análises para identificação das causas contribuintes para o consumo dos cilindros, foram identificados os seguintes fatores:

- a) **Falhas operacionais:** 20% do total das falhas estavam ligadas a ocorrências de ondulado lateral e deficiência no encaixe ou desencaixe da tira, devido a cadeira estar apertada ou desnivelada. Estas ocorrências causam incrustações nos cilindros de trabalho que podem ser transferidas para os cilindros de encosto gerando fadigas, trincas, esfoliações ou lascamentos.



**Figura 4:** Cilindros de trabalho da cadeira #1 com incrustação de material após ocorrência de ondulado lateral.



**Figura 5:** Cilindros de encosto da cadeira #1 com incrustação de material transferida pelo cilindro de trabalho.

Foram instituídos treinamentos com reciclagem periódica referente as praticas operacionais do laminador, ministrados pelos assistentes operacionais , o que resultou na redução das ocorrências e minimizou os danos causados por elas.

- b) **Rupturas de tira:** As ocorrências de ruptura de tira também geram incrustações nos cilindros de trabalho e da mesma forma que as ocorrências citadas acima, geram os mesmos defeitos nos cilindros de encosto. Estas rupturas podem ser causadas por defeitos da matéria prima (gerados durante a fundição da placa na aciaria), soldagem da tira, defeitos gerados nos processos anteriores ou falhas operacionais. Instituiu-se um grupo multidisciplinar, com representantes das áreas da laminação a frio, laminação a quente e aciaria, que analisam os casos, identificam a origem e determinam ações de bloqueio.

**c) Desgaste de laminação:** O desgaste por abrasão é gerado durante o processo causado pela rugosidade dos cilindros de trabalho. Os cilindros têm sido submetidos a esforços cada vez maiores devido às condições de laminação, a fim de aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos laminados. Os cilindros de encosto devem suportar altas tensões de contato com os cilindros de trabalho e é exigida uma resistência mais elevada contra o desgaste. Aumentando elementos de liga como Cr e Mo permite aumentar a resistência ao desgaste. Desta forma a Cosipa passou a utilizar cilindros de encosto forjado com 5% de cromo em sua composição.

**Tabela 4:** Propriedades mecânica dos cilindros de encosto em função da % de cromo.

Material	Dureza (HSc ASTM E 140)	Lim. Esc. (Mpa)	Lim. Resist. (Mpa)	Resist. Fratura ( Mpa . 1/2 ) <sup>K<sub>IC</sub></sup>
Fundido 3%Cr	57/62	980/1280	1200/1400	20
Forjado 3%Cr	60/65	1100/1400	1200/1500	35
Forjado 5%Cr	67/72	1200/1550	1250/1600	55

**d) Trocas não previstas por falhas no equipamento:** Trocas dos cilindros de encosto antes de completar a campanha programada devido a defeitos gerados nos cilindros. Entre estas ocorrências destacaram-se as trocas por travamento dos mancais de encosto, esfoliações (“crumbly”), geradas por fadiga de contato entre os cilindros de trabalho e encosto e riscos ocasionados por raspadores dos cilindros de encosto.



**Figura 6:** Cilindro de encosto com esfoliações na região das bordas geradas por fadiga de contato.



**Figura 7:** Bucha do mancal de encosto com arraste de metal patente, o que gerou travamento do mancal no laminador.

Para eliminar as ocorrências de travamento de mancais de encosto, foi criado um sistema supervisorio que monitora os parâmetros operacionais dos sistema "Morgoil" através de valores pré estabelecidos evitando assim o arraste de metal patente das buchas dos mancais. Com a utilização de cilindros de encosto com 5% de cromo e maior tenacidade, reduziu-se a fadiga de contato gerada durante a campanha dos cilindros. E finalmente foram estabelecidos padrões para montagem e ajuste dos raspadores dos cilindros, eliminando assim as marcas causadas por ajuste irregular evitando a troca precoce dos cilindros.



**Figura 8:** Tela de monitoramento dos parâmetros do sistema "Morgoil".



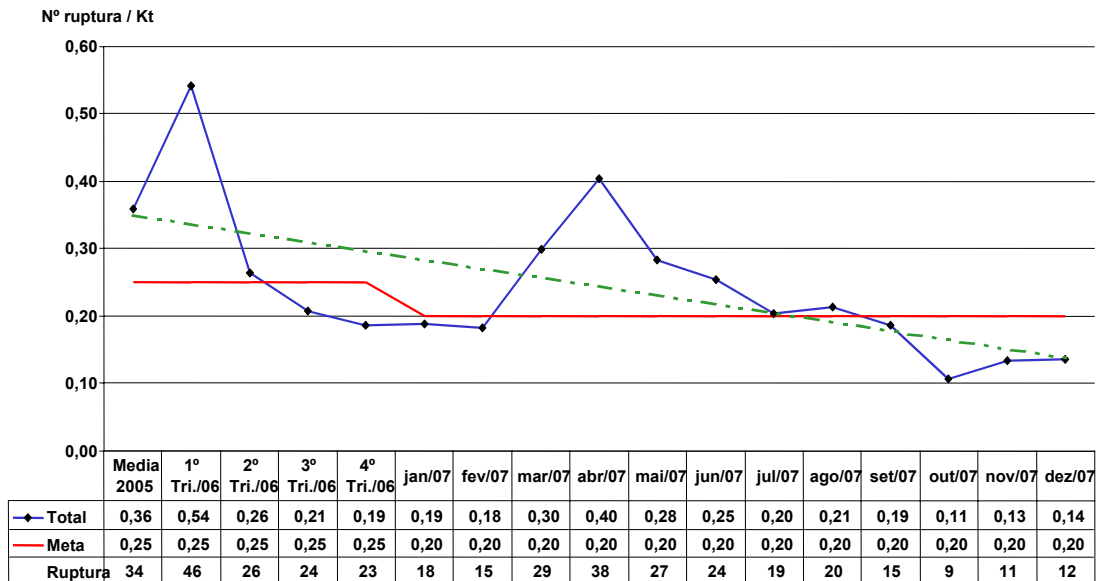
**Figura 9:** Ajuste do raspador do cilindro de encosto.

### 3 RESULTADOS E DISCUSÕES

Com a implantação das contramedidas adotadas para a redução das principais ocorrências contribuintes para o consumo de cilindros podemos obter os seguintes resultados:

**a)** As ocorrências de ondulado lateral e marcas de encaixe e desencaixe tiveram redução de 50% em função do treinamento contínuo.

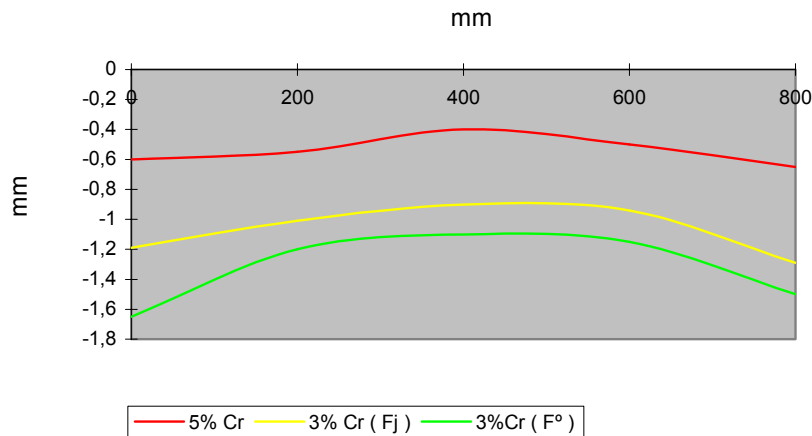
**b)** Com a criação do grupo multidisciplinar para análise das ocorrências de ruptura de tiras, pode-se verificar uma queda significativa, abrangendo todas as causas contribuintes conforme apresentado pela Figura 10.



**Figura 10:** Acompanhamento das ocorrências de ruptura de tiras no laminador.

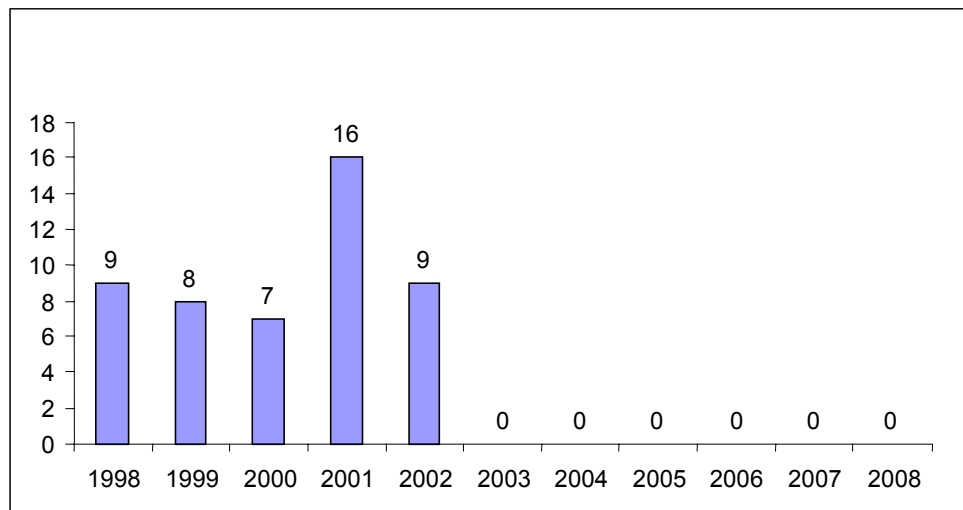
**c)** A utilização de cilindros forjados com maior teor de cromo em sua composição, reduziu consideravelmente o desgaste de laminação gerado pela abrasividade dos cilindros de trabalho conforme apresentado pela Figura 11, que apresenta o comparativo com cilindros de outras qualidades.





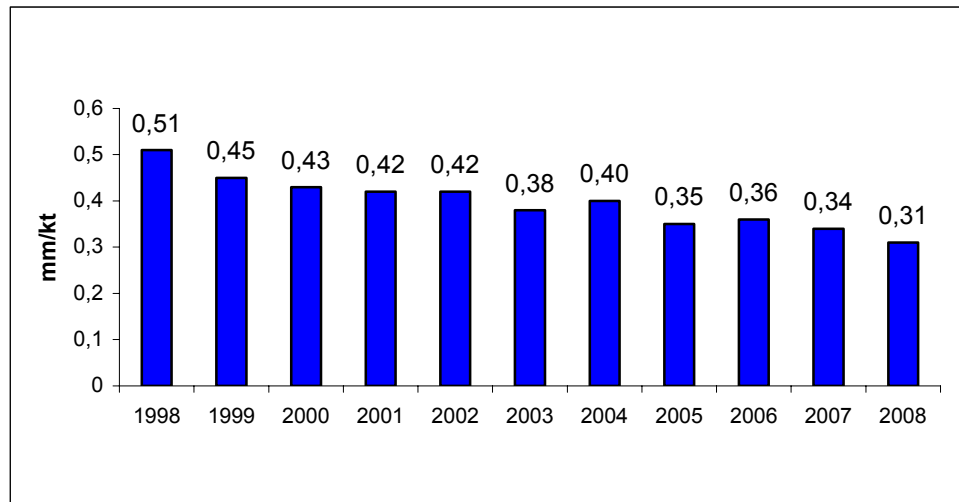
**Figura 11:** Perfil de desgaste dos cilindros de encosto da cadeia # 4 em função do teor de cromo. Campanha média de 23000 ton – amostragem de 8 cilindros por qualidade.

**d)** Foram eliminadas as ocorrências de travamento dos mancais dos cilindros de encosto, devido o monitoramento do sistema morgoil que permite uma atuação preventiva para identificação e eliminação de possíveis falhas no processo.



**Figura 12:** Quantidade de ocorrências de travamento dos mancais de encosto após reforma do laminador.

Os resultados das ações apresentadas levou a uma redução do consumo específico dos cilindros de encosto na ordem de 39% tendo como referência o ano de 1998. Esta redução ocorreu de forma gradativa conforme foram implantadas as ações das melhorias propostas conforme apresenta a Figura 13.



**Figura 13:** Evolução do consumo específico dos cilindros de encosto \* valor médio de janeiro á maio. mm/kt = Milímetros de cilindros consumidos por mil toneladas de produto laminado.

Este valor de redução de consumo representa o equivalente a 1,45 pç/ano para uma produção de 1100 kt e a vida útil do cilindro de 152 mm.

#### 4 CONCLUSÕES

Os trabalhos realizados confirmaram a possibilidade da redução do consumo dos cilindros de encosto através do conhecimento das características do processo e dos materiais envolvidos. Com o volume de redução alcançada permitiu a redução do custo imobilizado no estoque de cilindros. As constantes evoluções tecnológicas dos equipamentos, com objetivo de atender as novas exigências do mercado, exigem atualizações das práticas operacionais e maior qualidade dos insumos envolvidos neste processo.

#### REFERÊNCIAS

- 1 GORNI, A. A., Cálculo da profundidade de retificação de cilindros de encosto em laminadores de produtos planos. **Revista Metalurgia e Materiais**, R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(2): 103-106, abr. jun. 2003.
- 2 Corporation, U. E. S., Forged Hardened Steel Rolls Service Problems – Causes and Prevention, 1999 cap. 3 , p 68-73.
- 3 Campos, V. F., TQC Controle da Qualidade Total (No estilo Japonês). Belo Horizonte, 1992. Cap. 4, p. 29-39.
- 4 Villares, Sidenor. Cilindros de apoio de aço forjado, disponível em [http://www.villares.com.br/wwwroot/cilindros/produtos/pt\\_br/ForgedSteelBackUpRolls\\_ptbr.htm](http://www.villares.com.br/wwwroot/cilindros/produtos/pt_br/ForgedSteelBackUpRolls_ptbr.htm)