

DESENVOLVIMENTO DE ANÉIS DE ALTA PERFORMANCE PARA LAMINAÇÃO DE CANTONEIRAS¹

Filipe Mendes da Silva²

Michelle Vilela Melo³

Renato Fontes Pedrosa⁴

Rafael Barcelos⁵

Juliano Cesar Cecílio⁶

Larissa Agrizzi Ronqueti⁷

Resumo

O trabalho surgiu mediante a necessidade de atender as especificações de qualidade do produto e aumentar a produtividade na laminação de cantoneiras leves, pois com a especificação utilizada ocorria seguidas intervenções operacionais para troca de canais e gaiolas dentro da rotina totalizando uma perda de 9.851 minutos no período de 6 meses de produção. Os anéis de laminação utilizados atualmente apresentam baixo teor de vanádio e elevado teor de cromo, impactando diretamente em sua resistência ao desgaste, já os anéis desenvolvidos possuem maior teor de carbono, e elevado teor de vanádio. O vanádio refina a estrutura do aço, impedindo o crescimento dos grãos formando carbonetos duros e estáveis, conferindo ao material aumento na capacidade de corte e dureza em altas temperaturas. No novo material estudado, unindo os benefícios dos dois elementos, conseguimos um aço com resistência superior ao desgaste, mantendo a tenacidade exigida pelos anéis de laminação. Após os testes com os novos anéis, os mesmos apresentaram desempenho superior comparados aos anéis utilizados atualmente, nos quesitos resistência ao desgaste e número de retíficas por vida útil. Com relação à qualidade superficial dos produtos, observou-se uma evolução acima do esperado com a utilização dos novos anéis. No âmbito das práticas operacionais, obteve-se maior facilidade no ajuste de luz do laminador.

Palavras-chave: Anéis de laminação; Aço sinterizado; Laminador de perfis leves.

DEVELOPMENT OF RINGS HIGH-PERFORMANCE OF ROLLING ANGLE

Abstract

The paper came about through the need to meet the quality specifications and increase productivity in the lamination angle light, as occurred with the specification used followed the operational channel switching and cages within the routine for absolute loss of 9851 minutes within 6 months production. The ring lamination currently used has low vanadium content and high chromium content, directly impacting on their wear resistance, and the rings have developed a higher carbon content and high content of vanadium refines the structure vanadium. The steel, preventing grain growth carbides forming hard and stable, giving rise to the material in cutting ability and high hardness material developed temperatures. The benefits of joining two components, a material could upper wear resistance while maintaining material toughness. After testing with the new rings, they had upper performance compared to currently used rings in the categories wear resistance and number of grinding. With regard to surface quality of the product, evolution had a higher than expected with the use of new rings. Under operational practices, there was a greater ease in adjusting light rolling.

Keywords: Rolling rings; Sintered steel; Rolling light sections.

¹ Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.

² Tecnólogo em Gestão da Produção Operador III - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil.

³ Engenheira Metalúrgica Coordenadora de Processos - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil

⁴ Engenheiro de Produção. Engenheiro de Processos - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil

⁵ Fisioterapeuta Operador II - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil

⁶ Engenheiro de Produção Técnico Especialista - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil

⁷ Engenheira Metalúrgica Estagiária de Engenharia - Votorantim Siderurgia. Resende, RJ, Brasil

1 INTRODUÇÃO

Desenvolveu-se este projeto em função da necessidade de otimização da produção de cantoneiras no Laminador de Perfis Leves, Votorantim Siderurgia – Unidade de Resende, pois este produto proporciona uma margem de contribuição significativa para os rendimentos da empresa.

Devido ao elevado índice de quebra dos anéis na laminação de cantoneiras e conseqüentemente inúmeras intervenções operacionais, o foco deste projeto foi o desenvolvimento de anéis que apresentassem maior vida útil durante a produção dos perfis.

Após realização de pesquisa de mercado, foi selecionado um fornecedor que oferecia para testes anéis de aço sinterizado CPM 10V. Visando confirmar a melhor performance do anel CPM 10V, sem ter perdas de produção, foram realizadas análises metalográficas em laboratório interno da Votorantim Siderurgia e da Universidade Federal Fluminense, Pólo de Volta Redonda – RJ.

Como conclusão dos testes realizados em laboratório, esperava-se que o anel CPM 10V apresentaria excelente performance na produção de cantoneiras.

Foi realizado, em conjunto com a programação da produção, o período de realização dos testes de forma a garantir o controle, monitoramento e validação dos mesmos. Com etapa posterior, pode-se garantir a performance superior apresentada pelos anéis de CPM 10V com análises metalográficas e com valores reais de produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Devido a necessidade apresentada de se aumentar a performance dos anéis utilizados na laminação de cantoneiras e reduzir o elevado índice de quebra de anel ou surgimento de trincas superficiais, utilizou-se no desenvolvimento do projeto a seguinte metodologia:

2.1 Análise das Propriedades Metalúrgicas do Aço Ferramenta Utilizado Inicialmente

Os anéis de laminação utilizados originalmente possuem propriedades similares aos aços ferramenta D2 e contem composição química conforme tabela abaixo, apresentando elevado teor de carbono e cromo, e baixo teor vanádio.

Tabela 1. Composição química dos anéis utilizados inicialmente⁽¹⁾

Carbono	Manganês	Silício	Cromo	Molibdênio	Vanádio
1,5%	0,6%	0,6%	12%	1%	1%

Em função do elevado teor de cromo (Cr – elemento de liga com maior importância), este anel apresenta grande quantidade de carbonetos simples e complexos na sua microestrutura. Devido à condição de simplesmente fundidos, estes carbonetos ($FeCr_3$) apresentam uma distribuição desfavorável, pois estão presentes de forma heterogênia na matriz e formam grandes colônias e eutéticos nos contornos grão, que deixam a matriz de martensita desprotegida e conseqüentemente com menor resistência ao desgaste.

A Figura 1 representa a disposição desfavorável e heterogênea dos carbonetos de cromo (esferoidizados e em placas grandes) na matriz martensítica que se apresenta isolada da presença de carbonetos em diversas partes.

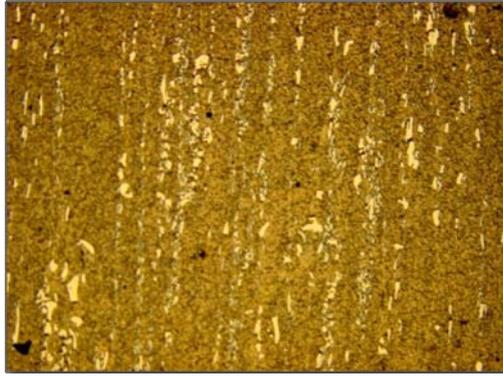


Figura 1. Carbonetos de Cr dispersos na matriz martensítica – Aumento 200X.

Além disso, no processo do LPL, o material é laminado a temperaturas de aproximadamente 1000 °C. Porém, Rauter⁽²⁾ descreve: “os aços da série D permitem aquecimento em serviço até cerca de 450 a 480 °C, com boa dureza ao revenido”, dessa forma a fragilidade apresentada pelo anel do material similar ao D2 pode ser justificada devido a elevada temperatura de laminação, que resulta na redução da temperabilidade da matriz devido a perda de resistência da martensita em função da quebra dos carbonetos. Na quebra, os carbonetos de Cr coalescerão uns com os outros formando microtrincas entre si, que se propagarão com grande rapidez. Na Figura 2, pode-se observar a heterogeneidade, quebra e o coalescimento de carbonetos, além da matriz martensítica estar completamente isolada em algumas partes.

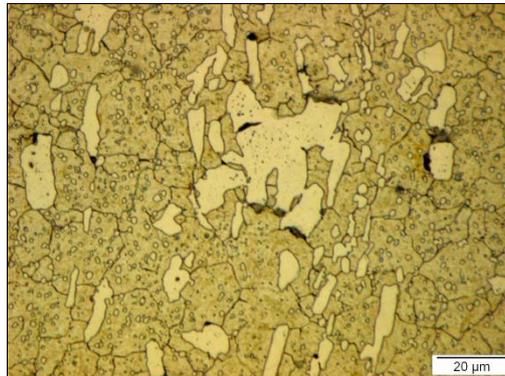


Figura 2. Matriz martensítica com carbonetos heterogêneos, quebrados e coalescidos – Aumento 1000X

Portanto, pode-se concluir que a fragilidade apresentada pelo anel utilizado originalmente está diretamente ligada:

- à qualidade da formação microestrutural e do processo de obtenção dessas peças, que é a fundição;
- à elevada temperatura do processo de laminação, que não é compatível com a faixa de temperatura de trabalho a quente para que um aço ferramenta similar ao D2 mantenha suas propriedades de tenacidade e resistências ao desgaste eficientes.

2.2 Seleção de um Novo Aço Ferramenta com Melhor Performance para Laminação a Quente de Cantoneiras

Visando minimizar de forma eficiente as quebras sequenciais dos anéis de laminação, reduzir gastos com compras e recuperação dos mesmos e obter um ganho de produtividade, foi realizado, juntamente ao fornecedor, a seleção de um aço ferramenta que teria propriedades como tenacidade e resistência ao desgaste superiores a do anel utilizado inicialmente.

A Tabela 2 faz referência ao aço selecionado, que foi o primeiro aço ferramenta de alto vanádio produzido pelo processo de metalurgia do pó Crucible (CPM).⁽³⁾ Em função da otimização do teor de vanádio contido, alcançou-se alta resistência ao desgaste mantendo boa tenacidade.

Tabela 2. Composição química do CPM 10V⁽³⁾

Carbono	Cromo	Vanádio	Molibdênio
2,45%	5,25%	9,8%	1,3%

A influência do alto teor do vanádio tem efeito no revenido,⁽⁴⁾ pois o vanádio atrasa a diminuição da dureza da estrutura martensítica e promove um acentuado endurecimento secundário, provocado pela precipitação dos carbonetos ricos em vanádio, os quais tem baixa velocidade de difusão, grande dispersão homogênea e coalescem lentamente.⁽⁵⁾ Fatores que não eram encontrados nos anéis utilizados anteriormente.

Sendo assim, as presenças do cromo e do vanádio atuam na formação de carbonetos resistentes e esferoidizados, que se apresentam dispersos de forma homogênea na matriz martensítica mantendo elevada dureza no revenido.

A Figura 3, apresentada abaixo, representa a matriz martensítica protegida pela disposição homogênea dos carbonetos esferoidizados.

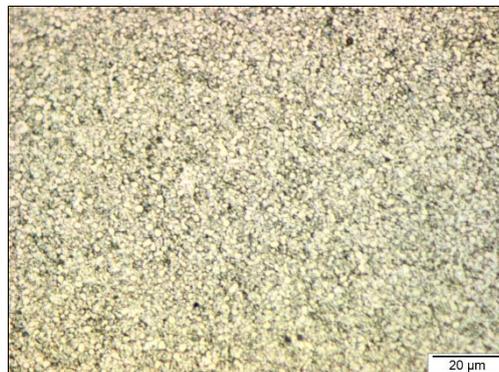


Figura 2. Matriz martensítica homogênea com a presença dos carbonetos esferoidizados – Aumento 1000X.

Dessa forma, o alto desempenho apresentado pelo novo anel (CPM 10V) esta relacionado ao:

- processo de fabricação da peça (Sinterização/Metalurgia do pó) que resulta em uma microestrutura de qualidade, com a dispersão homogênea de carbonetos esferoidizados em toda a matriz martensítica;
- presença do alto teor de vanádio, que juntamente ao cromo formam carbonetos extremamente resistentes e que coalescem lentamente.

Além disso, foi realizado ensaios de microdureza Vickers⁽⁶⁾ (Figura 3) para comprovar a performance superior apresentada pelo anéis de CPM 10V em relação aos anéis utilizados atualmente na laminação.

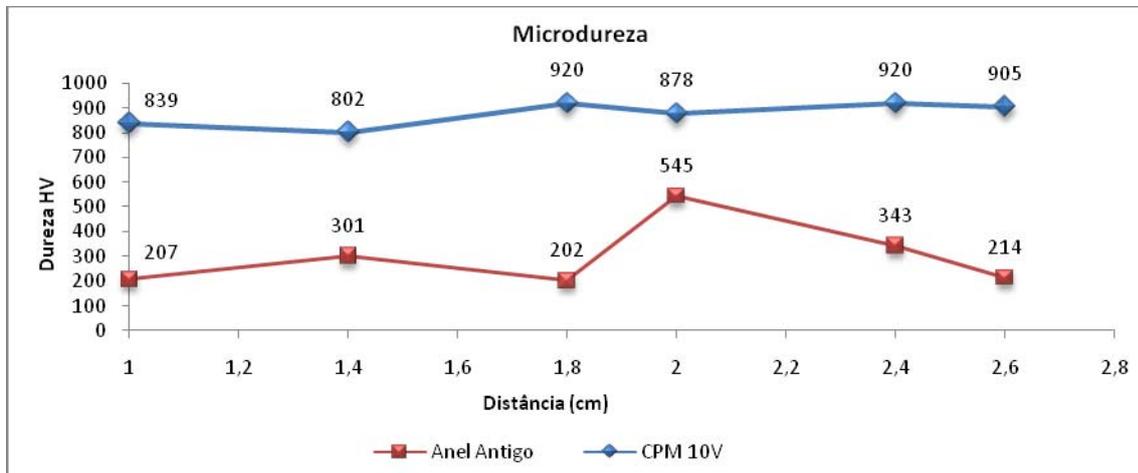


Figura 3. Gráfico comparativo entre as microdurezas apresentadas pelo CPM 10V (provenientes do processo de Sinterização) e os anéis utilizados anteriormente (provenientes do processo de fundição).

3 Realização dos Testes

Visando obter comparações reais e alta de confiabilidade para performances apresentados pelos dois anéis de laminação, os parâmetros de processo apresentados abaixo foram controlados:

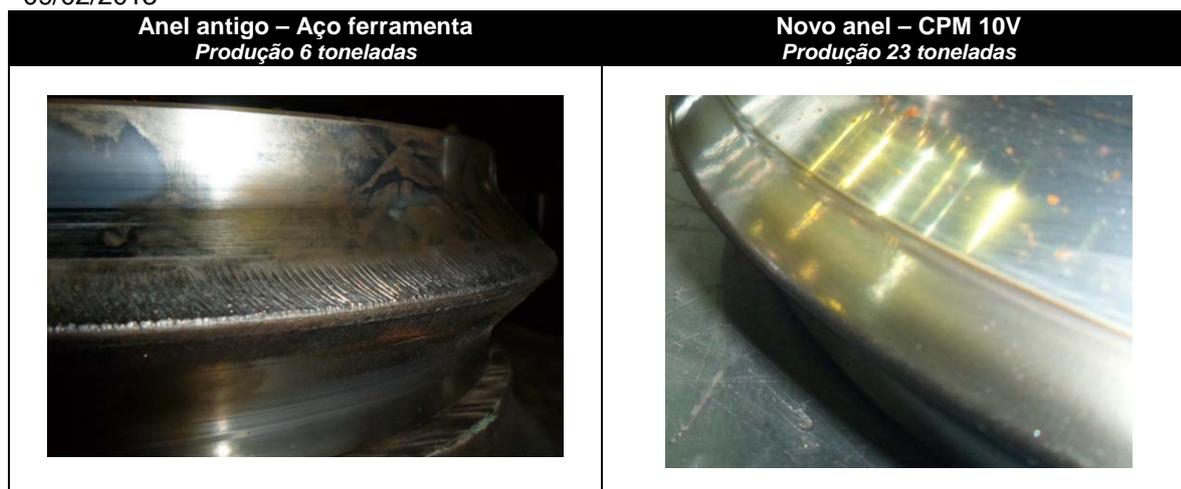
- dimensional e qualidade da matéria prima;
- ajuste de luz da Gaiola 1;
- refrigeração da Gaiola 2;
- temperatura de laminação do fio máquina;
- superfície dos anéis de laminação;
- velocidade de laminação controlada = 1,2 m/s;

A partir da metodologia estabelecida pode-se determinar com clareza os possíveis resultados deste projeto.

3 RESULTADOS

Após o estudo das propriedades microestruturais e análise de microdureza, já esperava-se uma performance superior do anel CPM 10V durante a laminação de cantoneiras. Porém os resultados demonstrativos do Quadro 1 surpreenderam, pois durante o mesmo período de teste foi possível laminar 17 toneladas a mais no anel CPM 10V em relação ao anel utilizado inicialmente. Além disso, pode-se perceber o surgimento de trincas superficiais e o desgaste do anel antigo, enquanto o anel CPM 10V permaneceu com as propriedades superficiais praticamente inalteradas.

Quadro 1. Comparação das performances dos Anéis na laminação de cantoneira 5/8" x 2,5mm, 09/02/2013



Visando analisar o comportamento da superfície de laminação dos anéis CPM 10V, foi realizado o ensaio de líquido penetrante⁽⁷⁾ (Quadro 2).

Quadro 2. Inspeção dos anéis de laminação CPM 10V com Líquido Penetrante, 12/02/2013



Tabela 3. Resultado do desempenho dos anéis de laminação para Cantoneira 5/8" x 2,5mm, 09/02/2013 a 12/02/2013

Desempenho Anéis de Laminação – Cantoneira 5/8" x 2,5mm			
Parâmetros	Aço Ferramenta (Atual)	CPM 10V (Teste)	Ganho
Produção por Canal (toneladas)	6	23	17
Quantidade de Retíficas (vezes)	18	28	10
Produção Total por Anel (toneladas)	114	644	530
Custo Anel (R\$)	R\$ 2.800,00	R\$ 7.620,00	-
Custo por Tonelada Produzida (R\$/tonelada)	2x	x	-

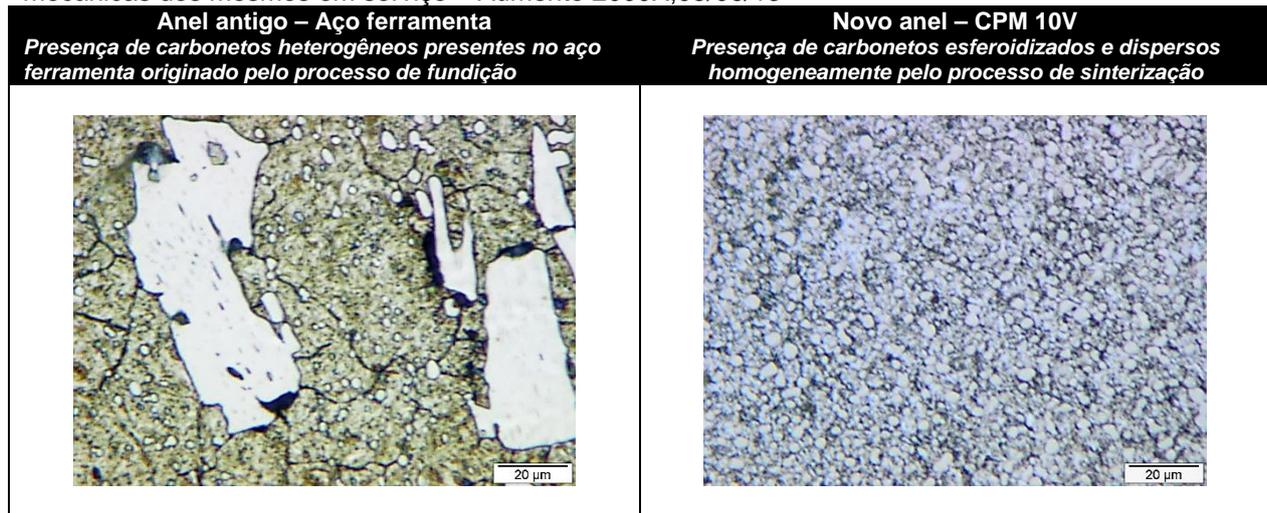
Tabela 4. Resultado do desempenho dos anéis de laminação para Cantoneira 3/4" x 2,5mm, início 26/02/2013 às 00h00min e com término às 11:00hs do dia 27/02/2013

Desempenho Anéis de Laminação – Cantoneira 3/4" x 2,5mm			
Parâmetros	Aço Ferramenta (Atual)	CPM 10V (Teste)	Ganho
Produção por Canal (toneladas)	4	25	21
Quantidade de Retíficas (vezes)	18	28	10
Produção Total por Anel (toneladas)	72	700	628
Custo Anel (R\$)	R\$ 2.800,00	R\$ 7.620,00	-
Custo por Tonelada Produzida (R\$/tonelada)	3x	x	-

4 DISCUSSÃO

Conforme definições apresentadas no “material e métodos” e a comparação realizada no Quadro 3, os anéis CPM 10V mostram um desempenho significativamente superior nos quesitos resistência ao desgaste e quantidade de retíficas por vida útil, quando comparados aos anéis utilizados anteriormente. Como já mencionado, tal performance é decorrente do processo de fabricação (sinterização) e do elevado teor de vanádio.

Quadro 3. Comparação entre as microestruturas do dois anéis que refletem nas propriedades mecânicas dos mesmos em serviço – Aumento 2000X,05/06/13



Além disso, de acordo com Schmols+Bickenbach⁽⁴⁾ o processo do CPM 10V “produz uma microestrutura homogênea e com características mecânicas únicas, quando comparados com o aços convencionais”, o que pode ser confirmado no Quadro 2. Nas Tabelas 3 e 4 temos os resultados do desenvolvimento deste projeto para as duas cantoneiras em testes. Após o controle das performances observadas para cada anel e dos respectivos custos referentes a cada um deles, conclui-se que mesmo com maior valor agregado aos anéis CPM 10V, o custo por tonelada produzida ao final do processo é duas vezes a três vezes *MENOR* que o custo por tonelada produzida referente aos anéis usados atualmente.

5 CONCLUSÃO

Em função do desenvolvimento e utilização dos novos anéis de CPM 10V na laminação de cantoneiras obteremos :

- ganho 15% de produtividade no laminador;
- redução de 26% no custo de produção de cantoneira;
- redução de 31% na trocas de gaiolas;
- redução da exposição dos operadores dentro da rotina devido à redução do número de troca de gaiolas.

Atualmente cada operação de troca de gaiola leva cerca de 60 minutos. Considerando uma produção de 48 toneladas, com o anel de material original, seriam necessários 8 trocas de canais, ou seja, 3 trocas de gaiolas, totalizando 180 minutos de parada para a troca. Em contra partida com a utilização do CPM 10V, seriam necessárias 2 trocas de canais, ou seja, sem a necessidade de troca de

gaiola. Assim sendo obtivemos uma redução de parada de 180 minutos para esta campanha.

- maior qualidade superficial dos perfis leves em função da elevada resistência ao desgaste encontrada nos anéis CPM 10V.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais a Marina Furtado Freire, gerente do Acabamento, pela oportunidade concedida na realização deste trabalho e participação neste Seminário de Laminação.

Ao Sr. Hélio Fidencio Linhares, metalógrafo do laboratório da Votorantim Siderurgia, pela orientação prestada durante a realização deste trabalho.

A Equipe da Oficina, equipe operacional do Laminador de Perfis Leves e ao Renato Araújo (representante do fornecedor), pelo apoio prestado durante a elaboração e execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 Empresa GGD Metals. Aço Ferramenta – AISI D2. Disponível em: <http://www.ggdmetals.com.br/aco-ferramenta/aisi-d2/>. Acesso em: 16/04/2013.
- 2 RAUTER, O. R. Aços Ferramentas – Seleção - Tratamentos Térmicos - Pesquisa de Defeitos, Rio de Janeiro - GB - 1974
- 3 Grupo SCHMOLS+BICKENBACH – Providing Special Steel Solutions. CPM 10V: aço por metalurgia do pó de alta performance. Disponível em: http://www.schmolzbickenbach.com.br/fileadmin/user_upload/_SCHULUNG_/Brasilien/FI CHAS_TECNICAS/CPM_10V.pdf. Acesso em: 07/02/13.
- 4 CHIAVERINI, Vicente. Aços e Ferros Fundidos. 4.ed. São Paulo: ABM, 1979.
- 5 Arieta, Francisco. “Aços ferramenta produzidos por metalurgia do pó (PM)” REVISTA Siderurgia Brasil. Edição 75, 2012.
- 6 Medição de microdureza Vickers - Introdução. Disponível em: <http://bf.no.sapo.pt/cmi/MicroVickers.pdf>. Acesso em: 03/07/2013.
- 7 Andreucci, Ricardo. “Líquidos Penetrantes”, Ed. Julho 2003. Disponível em: <http://mundomecanico.com.br/wpcontent/uploads/2012/04/Inspe%C3%A7%C3%A3o-por-liquido-penetrante.pdf>. Acesso em: 05/02/2013 e 10/06/2013