

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO PREDITIVA E SENSITIVA NOS EIXOS CARDANS DO LAMINADOR DESBASTADOR DO LTQ DA CST¹

*Sergio Ricardo Martins dos Santos*²

*Magno Paulo da Silva*³

*André Luiz Cota*³

*Sandro Marcos da Silva Costa*⁴

*Flavio Altoé Franco*⁵

*Ricardo Tadeu Meneses Sodré*⁶

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar à comunidade siderúrgica as etapas de implantação e resultados obtidos com o desenvolvimento de planos de manutenção preditiva nos eixos de transmissão do Laminador Desbastador do Laminador de Tiras à Quente da CST-Arcelor Brasil.

Palavras-chave: Manutenção; LTQ.

IMPLEMENTATION OF MAINTENANCE PROGRAM FOR THE ROUGHING MILL MAIN SHAFTS IN THE CST HOT STRIP MILL

Abstract

The objective of this work is to present to the steel companies worldwide the implementation of the maintenance program for the HSM-Roughing Mill main shafts, improvements in its design and the results reached.

Key words: Maintenance; Hot strip mill.

¹ *Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ*

² *Especialista de Manutenção Mecânica, empresa CST-Arcelor Brasil;*

³ *Supervisor de Manutenção Mecânica, empresa CST-Arcelor Brasil;*

⁴ *Técnico de Manutenção, empresa CST-Arcelor Brasil;*

⁵ *Técnico de Manutenção Mecânica, empresa CST-Arcelor Brasil;*

⁶ *Especialista de Engenharia Mecânica CST-Arcelor Brasil;*

⁷ *Especialista de Engenharia Mecânica CST-Arcelor Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Com a entrada em operação do LTQ - Laminador de Tiras a Quente - em Agosto de 2002, a CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão – iniciou oficialmente um novo marco em sua estratégia de atuação na siderurgia brasileira e mundial. Com a entrada no mercado de bobinas a quente a empresa pôde diversificar não só quanto aos produtos vendidos, com a oferta de um produto de maior valor agregado, como também direcionar parte de suas vendas para o mercado nacional.

Como a CST considera a manutenção um processo estratégico em seu negócio e, desta forma, as equipes de manutenção têm como foco principal a disponibilidade e estabilidade operacional dos seus equipamentos, maximizando a utilização dos ativos da empresa e dada a importância estratégica do LTQ para a empresa diversas possibilidades de aperfeiçoamento e melhoria contínua nos planos de manutenção foram e estão sendo desenvolvidas, entre elas o desenvolvimento da política e do plano de manutenção dos eixos principais de acionamento do Laminador Desbastador.

O LTQ da CST-Arcelor Brasil tem apenas uma cadeira de Desbaste com capacidade de laminar placas de 200 a 250 mm de espessura por 750 a 1955mm de largura com peso máximo de 40 toneladas, propiciando esboços de 20 a 40 mm de espessura e de 700 a 1880mm de largura, operando de 5 a 9 passes.

O Laminador Desbastador (figura 01) é do tipo quádruplo reversível, sendo o posicionamento dos cilindros de laminação realizado por parafusos mecânicos na parte superior e com AGC hidráulico (controle automático de espessura) na parte inferior, onde os cilindros de trabalho são acionados por eixos de transmissão do tipo juntas universais diretamente movidos por motores elétricos com potência de 7.500 kW por eixo.

Assim sendo, a confiabilidade destes eixos é fundamental não somente para o funcionamento do Laminador Desbastador como do próprio LTQ.

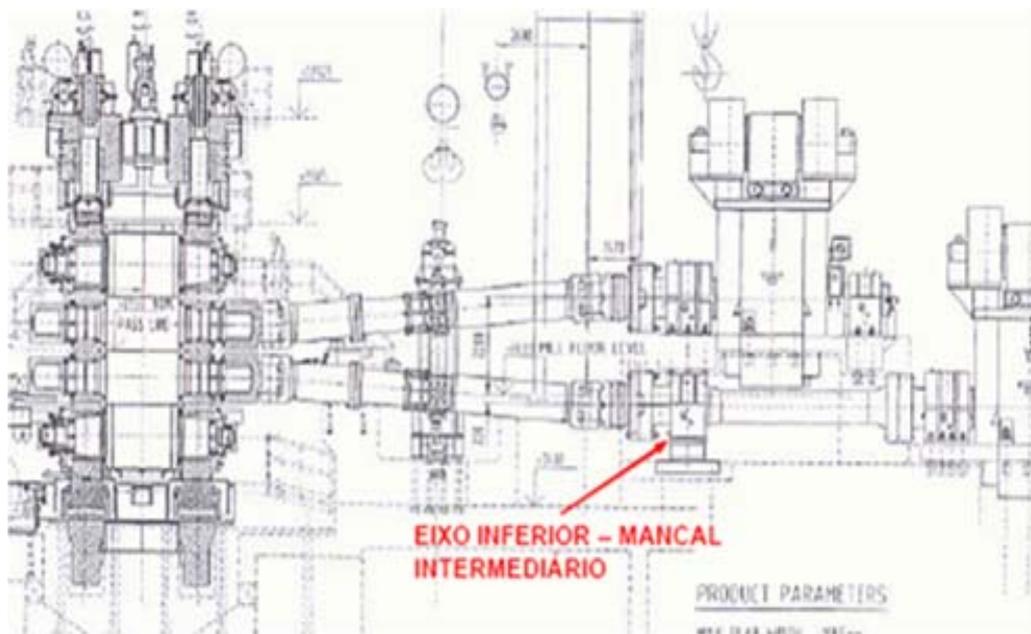


Fig. 01: Laminador desbastador – Acionamento do laminador R1.

2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento do plano de manutenção dos eixos de transmissão do Laminador Desbastador, além de problemas de projeto detectados e as respectivas melhorias implementadas ou propostas.

3 CARACTERÍSTICAS DOS EIXOS DE TRANSMISSÃO

Os eixos de transmissão do Laminador Desbastador (figura 02) são do tipo cardan, composto de luvas tipo boca de lobo, juntas universais Koyo, sistema de amortecimento de esforço axial, mancal central com rolamentos bi-partidos de rolos cilíndricos e peso aproximado de 48 toneladas, com capacidade máxima de torque estático de 14.900 kN.m.

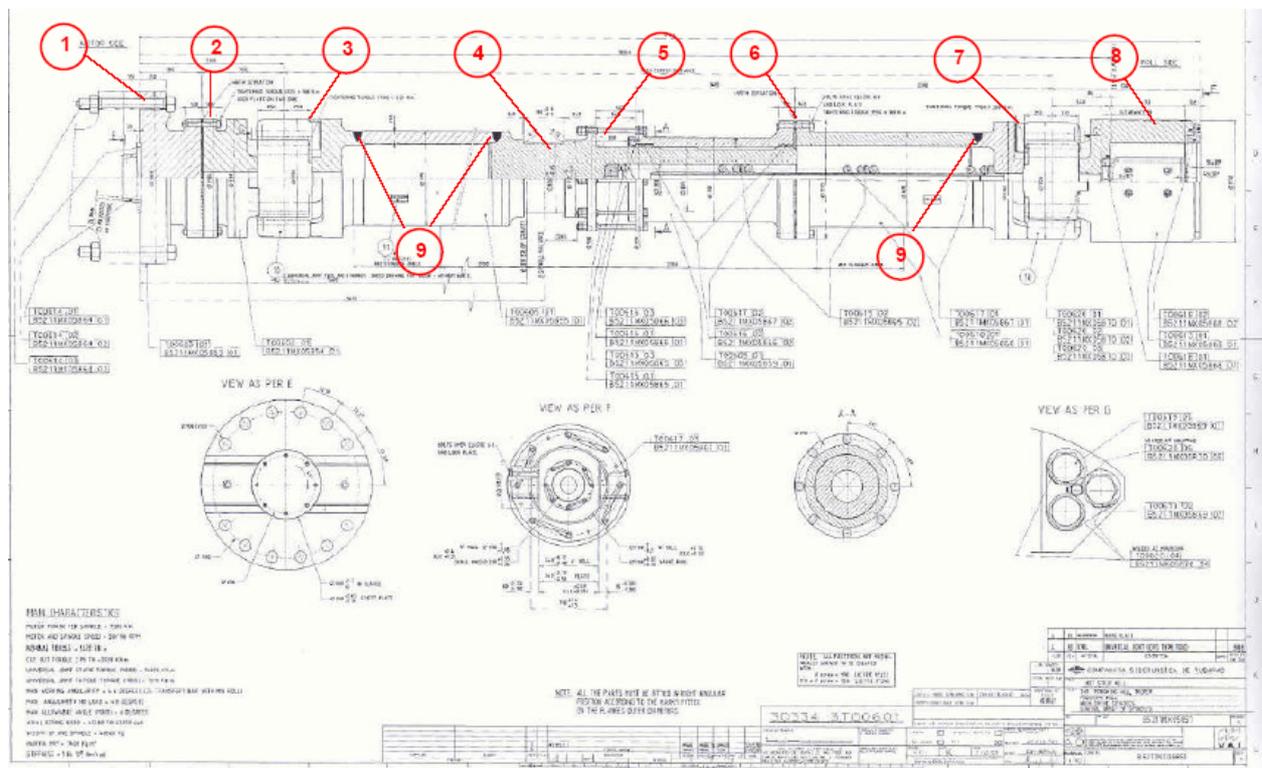


Fig. 02: Eixo do Laminador R1 – Pontos para implantação de manutenção preditiva.

4 FILOSOFIA DA MANUTENÇÃO ADOTADA NA CST E DESDOBRADA PARA OS EIXOS DE TRANSMISSÃO DA CADEIRA DO LAMINADOR DESBASTADOR

A equipe de manutenção mecânica busca obter a estabilidade operacional em todos os equipamentos do LTQ desenvolvendo atividades dentro da filosofia da manutenção da CST-Arcelor Brasil, destacando-se:

- **Planos de inspeção**

Todas as atividades necessárias de inspeção e execução são organizadas em forma de planos, para garantir a regularidade e possibilitar a formação de histórico que possibilite o domínio da rotina e implantação segura de melhorias contínuas na qualidade das atividades.

Preditiva – Itens mensuráveis, portanto passíveis de controle por tendência; Periodicamente são retiradas listas de inspeções preditivas para acompanhamento da degeneração sofrida em operação, sendo que estas atividades são realizadas com os equipamentos funcionando ou durante as paradas de manutenção. Como exemplo, podemos ver nas figuras do anexo A alguns resultados de inspeções realizadas por ultra-som nos parafusos dos eixos de transmissão.

Sensitiva – Itens não mensuráveis avaliados pelo histórico.

No desenvolvimento dos planos de inspeção procuramos atingir todos os itens funcionais para um total controle de todo equipamento. Diariamente o técnico de inspeção executa no primeiro expediente a inspeção com lista de itens a serem checados, retirada do SISMANA – Sistema Informatizado de Manutenção. Nestas listas de inspeções foram desenhadas ROTAS de modo que, todos os dias, o técnico visualiza os equipamentos a serem inspecionados com maior critério, sendo que neste plano constam todas as informações necessárias para uma boa inspeção dos itens funcionais.

Os técnicos portam algumas ferramentas e instrumentos que os auxiliam na inspeção, e toda a rotina do seu dia é padronizada para garantir um bom rendimento durante sua jornada de trabalho, além de propiciar uma base adequada para avaliação e tomada de decisão.

- **Planos de manutenção** - periodicidade de intervenção no equipamento;

Conforme instruções constantes nos manuais dos fabricantes, da experiência e conhecimento técnico das equipes e, posteriormente ao “start-up” do LTQ, dos dados históricos do equipamento, os planos de serviço para intervenções periódicas são desenvolvidos e aperfeiçoados.

5 DESENVOLVIMENTO E APERFEIÇOAMENTO DO PLANO DOS EIXOS

Em conjunto com a Engenharia de Manutenção foi desenvolvido, além dos planos tradicionais de manutenção como citado anteriormente, um plano preditivo específico para acompanhamento da performance dos eixos do Laminador Desbastador. Através de ensaios não destrutivos, onde periodicamente são feitos ensaios não destrutivos (ultra-som, líquido penetrante, etc) para acompanhamento dos parafusos, das soldas e acoplamentos com dentados Hirth, além de medições de vibração para detectar defeitos nos mancais de rolamento e de deslizamento, folgas, etc.

5.1 Plano Desenvolvido para os Eixos de Transmissão do Desbastador

O procedimento de inspeção preditiva dos eixos de acionamento do Laminador Desbastador foi desenvolvido visando o aumento de confiabilidade e previsibilidade, onde foram definidos os componentes dos eixos superior e inferior do laminador, recomendando a implantação do acompanhamento preditivo em somatória ao plano de inspeção sensitiva já existente no SISMANA.

Vale lembrar que no eixo superior, vide fig. 01 o motor de acionamento é diretamente conectado ao eixo através de acoplamento, enquanto que no eixo inferior existe uma extensão do eixo com mancal de deslizamento intermediário, devido à posição do motor de acionamento do eixo inferior.

Todos os pontos, onde a manutenção preditiva foi implantada foram enumerados de 1 a 9 (como mostrado na figura 02), com a respectiva foto dos detalhes, bem como um resumo do plano implantado (quadro 1).

Vale lembrar que na implantação de preditiva por vibrações os pontos são configurados e definidos as condições de medição e os alarmes iniciais, os quais vão sendo ajustados após algumas coletas e conforme o aumento do domínio e histórico do equipamento.

5.2 Detalhamento do Plano de Manutenção Preditiva dos Eixos

Para cada item mostrado na fig. 02 (1 a 9) foram definidos os detalhes de manutenção preditiva recomendada, conforme esquema abaixo:

1) Parafusos prisioneiros de alta tensão – lado motor, foto 1.

- a) Quantidade: 12 parafusos
- b) Material: 42CrMo4
- c) Dimensões: $\phi 100 \times 900\text{mm}$.
- d) Técnica recomendada: Ultra-som pelas pontas dos parafusos.
- e) Freqüência: semestral.

2) Parafusos de união, foto 1.

- a) Técnica recomendada: Inspeção visual – Verificar condição de fixação e possível perda de torque (afrouxamento).
- b) Freqüência: semanal.
- c) Outros: Manter os parafusos com o torque recomendado ($3570 \pm 188\text{Nm}$) e nunca retorquear o parafuso.

3) Parafusos de união das juntas universais tipo 1100D, foto 3.

- a) Quantidade: 8 x 3 parafusos.
- b) Material: 40NiCrMo7
- c) Dimensões: ϕ 82 x 752mm.
- d) Técnica recomendada: Ultra-som pelas pontas dos parafusos.
- e) Freqüência: Semestral.

4) Mancal de rolamento, Rolamento ZU 0786, foto 3.

- a) Quantidade: 1 por eixo.
- b) Técnica recomendada: Análise de vibrações.
- c) Freqüência: Toda parada.
- d) Particularidades: As medições são realizadas com o eixo acoplado ao cilindro, porém sem carga. Foi definido um ponto de medição para cada rolamento. Toda coleta é realizada no mesmo ponto. A configuração do ponto pode ser encontrada no sistema Omnitrend/Vibscaner (Anexo "A") sendo recomendada a realização de pelo menos 3 medições para ajuste dos parâmetros do rolamento. Devido ao difícil acesso ao ponto de medição houve a fabricação de um dispositivo para colocação do sensor conforme (Anexo "B").

5) Prisioneiros, foto 4.

- a) Quantidade: 08 parafusos
- b) Material: 30CrNiMo8
- c) Dimensões: ϕ 90 x 648mm
- d) Técnica recomendada: Ultra-som pelas pontas dos parafusos.
- e) Freqüência: Trimestral
- f) Histórico: Falha de um parafuso por fadiga

6) Idem item 2.

7) Idem item 3.

8) Caixa de acoplamento do cilindro, foto 5.

- a) Quantidade: 1 x 2 eixos
- b) Material: 40NiCrMo7
- c) Dimensões: ϕ 114 x 1098mm
- d) Técnica recomendada: Líquido penetrante na parte interna da caixa de acoplamento. Se possível, os anéis (des. B5211MX05868) deverão ser retirados da caixa, limpos e inspecionados por líquidos penetrantes em separado.
- e) Freqüência: Anual

9) Soldas de união do eixo

- a) Quantidade: 3 soldas circunferências
- b) Dimensões: 2749mm de circunferência.
- c) Técnica recomendada: Líquido penetrante na superfície externa da solda.
- d) Freqüência: Anual
- e) Particularidades: Na região da solda a tinta deverá ser completamente removida para a realização do ensaio.

6 – RESUMO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DOS EIXOS DO LAMINADOR R1					
ITEM (fig. 2)	DESCRIÇÃO	ATIVIDADE	FREQUÊNCIA	DES. REFERÊNCIA	OBS./CUIDADOS
01	Parafusos prisioneiros de alta tensão	Inspeção por ultra-som – PO-ENG-ÉEME-MP-0002.	Semestral	B5211MX05864	Deverá ser montado andaime para acesso.
02	Parafusos de união	Inspeção visual.	Semanal	-	Manter torque (3570±188Nm).
03	Parafusos de união das juntas universais tipo 1100D	Inspeção por ultra-som - PO-ENG-ÉEME-MP-0002.	Semestral	B5211MX05869	Dependendo da posição de parada do eixo não haverá espaço físico para posicionamento do transdutor.
04	Mancal de rolamento	Inspeção por vibrações e acompanhamento de tendências - PO-ENG-ÉEME-MP-0002.	Toda parada	B5211MX05578 B5211MX05571	Executar com o cilindro montado, sem carga, sempre na mesma posição.
05	Prisioneiros	Inspeção por ultra-som - PO-ENG-ÉEME-MP-0002.	Trimestral	B5211MX05865	Manter parafuso devidamente torquado. Nunca retorquear.
06	Idem item 2				
07	Idem item 3				
08	Caixa de acoplamento do cilindro	Inspeção por líquidos penetrantes – PO-MAN-0641-IM-0006.	Anual	B5211MX05863	Se possível retirar os anéis e inspecioná-los em separado.
09	Soldas de união do eixo	Inspeção por líquidos penetrantes – PO-MAN-0641-IM-0006.	Anual	B5211MX05851	Remover completamente a pintura sobre a solda a ser inspecionada.
Obs.: Deverá ser montado andaimes nos locais de difícil acesso.					

Quadro 1 – Resumo do plano preditivo implantado.

6 PRINCIPAIS PROBLEMAS DETECTADOS.

Após a primeira troca de eixo, que ocorreu após dois anos de funcionamento, foi possível, durante a peritagem, detectar e/ou comprovar alguns problemas potenciais em relação ao projeto original dos eixos de transmissão.

- a) Elevado índice de trincas e quebras dos parafusos tirantes e de união;
- b) Elevada corrosão nos dentados dos acoplamentos Hirth e nos estriado devido grande penetração de água nas partes internas do eixo;
- c) Falha no rolamento do mancal intermediário;
- d) Problemas na fixação dos liners das luvas.

7 MELHORIAS IMPLEMENTADAS OU PROPOSTAS.

A partir dos problemas constatados no funcionamento, como listados no item 6 acima, foram desenvolvidas algumas ações corretivas visando garantir o funcionamento do eixo ou prolongar a sua vida.

- a- Revisão do projeto dos parafusos tirantes, melhorando os raios de adoçamento, acabamentos superficiais, revisando tolerâncias dimensionais e incluindo notas de fabricação;
- b- Adaptação de proteções para vedação da penetração de água nas partes críticas do eixo de transmissão (figuras 10 e 11);
- c- Substituição dos rolamentos de rolos cilíndricos por rolamentos auto-compensadores;

8 CONCLUSÃO

Com a implementação do plano de preditiva, aliado ao plano tradicional de manutenção e ao acompanhamento do histórico do eixo e das observações e análises realizadas nas ocorrências de falhas e também na peritagem realizada após retirada de operação do primeiro eixo, foi possível à equipe de manutenção do Laminador de Tiras a Quente garantir o ritmo operacional desejado no laminador, conciliando a solução de alguns problemas pela adoção de medidas corretivas de projeto e planos bem como se antecipando a falhas potenciais graves, planejando intervenções antecipadas no equipamento.



Fig. n° 11: Corrosão causou perda dimensional dos dentes.

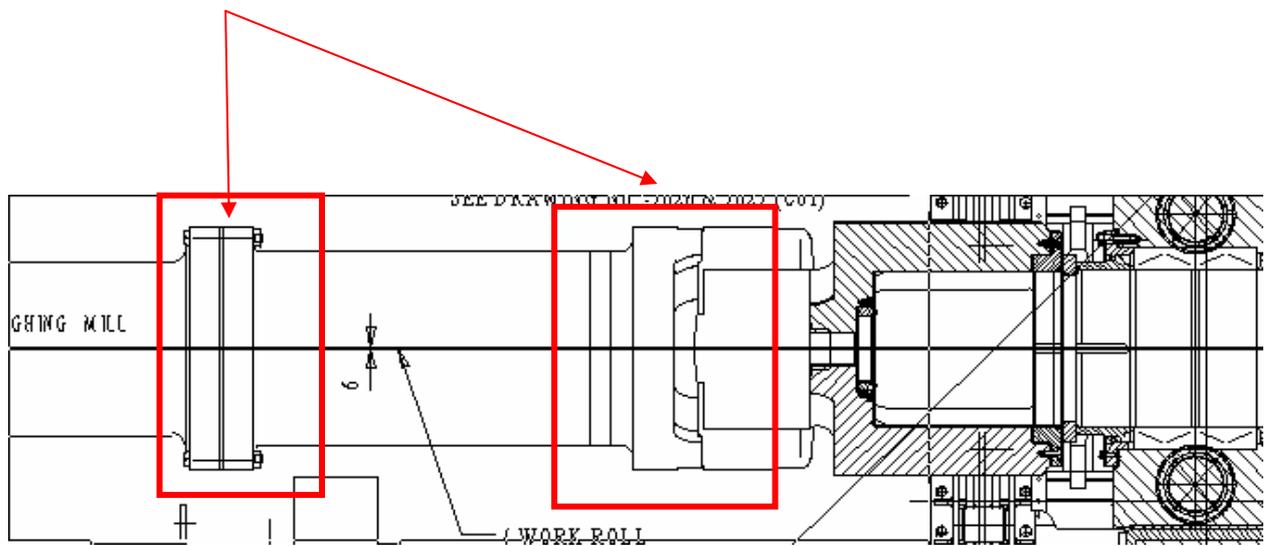


Foto 6 – Componentes com elevada corrosão.

4



Fig. n° 03: Fratura na região da cabeça dos tirantes.

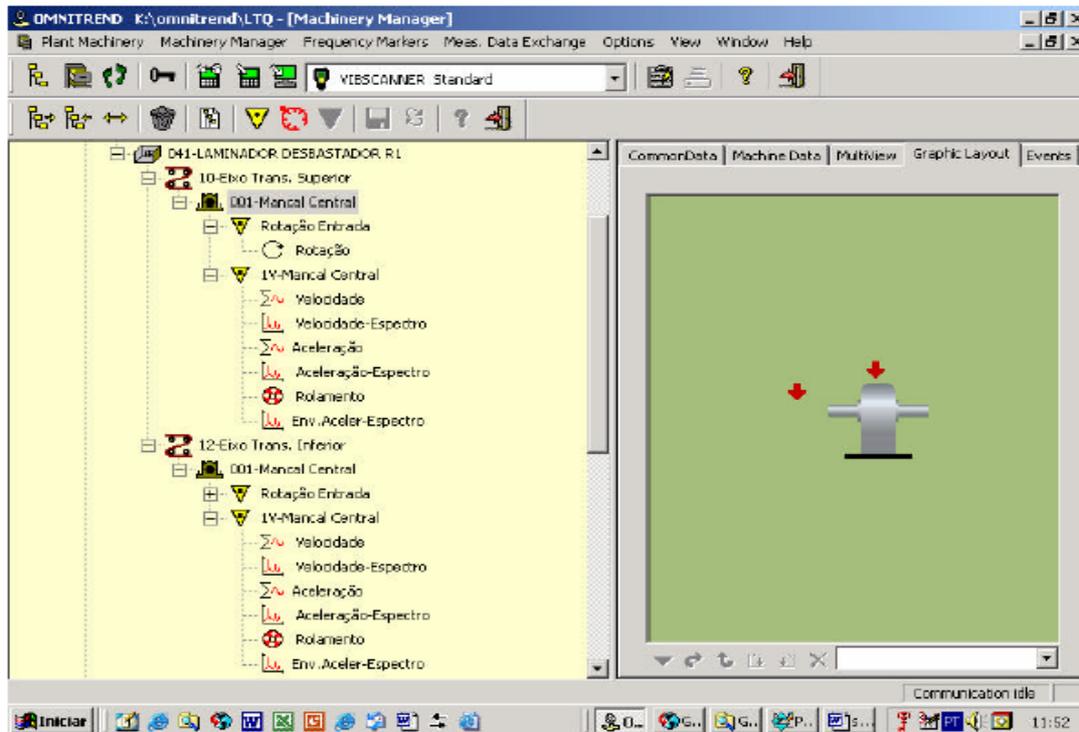


Solução implantada foi montagem de foles

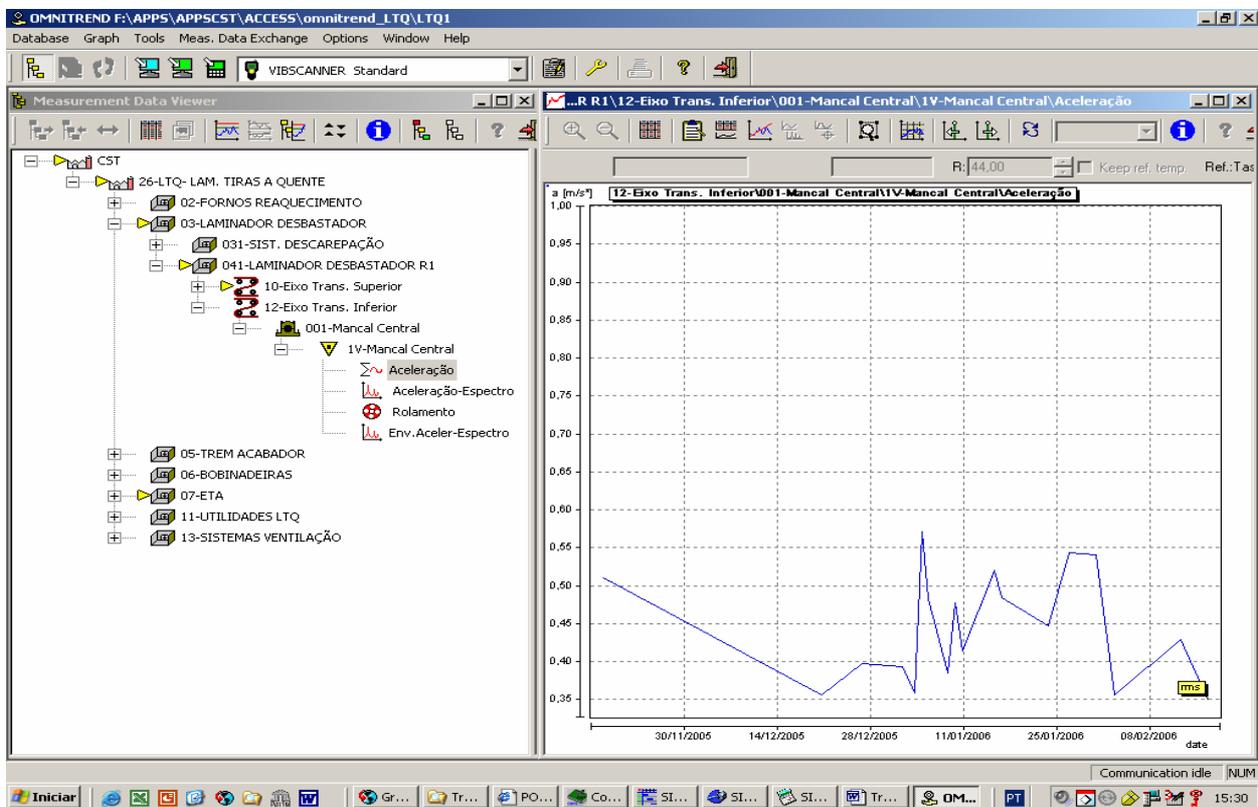


Fig. 10 e 11 – Desenvolvimento de juntas para isolarem locais com risco de entrada de água.

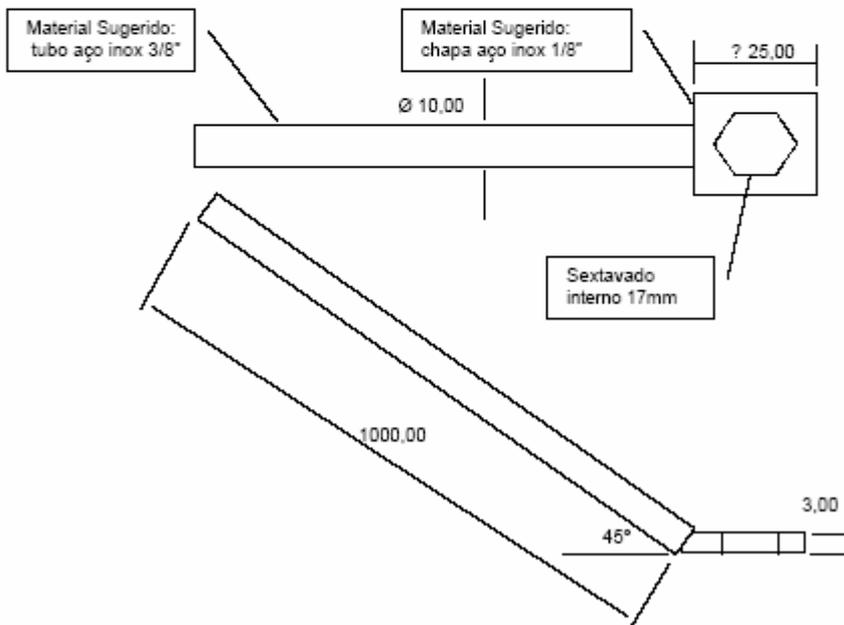
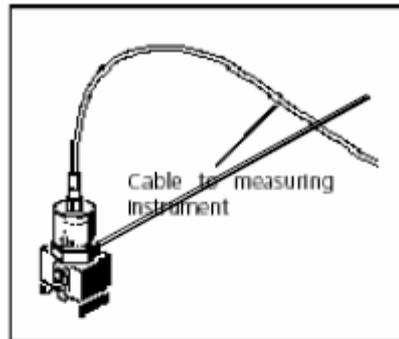
ANEXO A: PARÂMETROS DEFINIDOS PARA O ROLAMENTO DO EIXO



Acompanhamento da vibração no mancal central do eixo de transmissão



ANEXO B: SUPORTE PARA INSTALAÇÃO DE SENSOR DE VIBRAÇÃO EM PONTOS DE DIFÍCIL ACESSO NO LAMINADOR R1 DO LTQ.



Obs: Para fabricação deverá ser realizado um desenho ou croqui de fabricação pela engenharia