

Taubaté, 21/05/16 a 06/08/16

TTEM 001/16

ENSAIO NÃO DESTRUTIVO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS EM PLACA DE CORRENTE DE COLHEITADEIRA

**NON DESTRUCTIVE TESTING FOR MAGNETIC PARTICLE IN BOARD FOR CHAIN
HARVESTER MACHINE**

Signatários:

- Abner Tierry Ramos de Castilho ¹
- Stephany de Barros Camargo ²
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luis Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – USP
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Demonstrar a importância do ensaio de partículas magnéticas no processo de fabricação de correntes para colheitadeira.

Duração: 4 meses

¹ Aluno do curso de Mestrado em Projeto Mecânico da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP)
abner.rcastilho@gmail.com

² Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP)
stephanycamargo@live.com

Palavras chave: Ensaio Não Destrutivo. Partícula Magnética. Corrente. Colheitadeira.

Resumo. O objetivo desse trabalho foi fazer o controle da qualidade em placa de corrente de colheitadeira com o uso de ensaios não destrutivos (END). O método utilizado foi o uso do ensaio de partículas magnéticas (PM) com o uso do yoke, e solução fluorescente. Foi constatada a existência de trinca próximo ao furo e com isso a peça foi reprovada. Com esse resultado, é necessário fazer melhorias durante o processo de fabricação das correntes das colheitadeiras.

1. INTRODUÇÃO

Ensaio Não Destrutivo (ENDs), assim como os Ensaio Destrutivos, são testes realizados a fim de localizar descontinuidades e/ou defeitos em peça. No entanto, como se pode concluir pelo nome, nos ENDs as peças verificadas não sofrem danos. Em um ensaio danoso (destrutivo) a peça analisada fica com “sequelas”, e imprópria para o uso. Portanto, apenas uma peça do lote é submetida ao ensaio, e todas as outras são julgadas por ela. Em um ensaio não destrutivo, cada peça pode ser analisada sem danos, gerando maior confiabilidade (NEVES, 2009).

Existe uma variedade muito grande de ENDs, mas neste trabalho será estudado o END por Partículas Magnéticas. Este ensaio consiste em submeter uma peça, ou parte dela, a um campo magnético. Na região magnetizada da peça, as descontinuidades existentes, ou seja, a falta de continuidade das propriedades magnéticas do material irá causar um campo de fuga do fluxo magnético. A aplicação das partículas ferromagnéticas provoca a aglomeração destas nos campos de fuga, uma vez que serão por eles atraídas devido ao surgimento de polos magnéticos, conforme Figura 1. A aglomeração indicará o contorno do campo de fuga, fornecendo a visualização do formato e da extensão da descontinuidade (Andreucci, 2009).

Este ensaio começou a ser desenvolvido após a II Guerra Mundial a partir dos estudos de William E. Hoke, com as 1^{as} observações físicas do ensaio, e de Alfred Victor de Forest com o desenvolvimento preliminar dos equipamentos.

Em 1942 foi desenvolvido as Partículas Fluorescentes, garantindo uma maior credibilidade ao método.

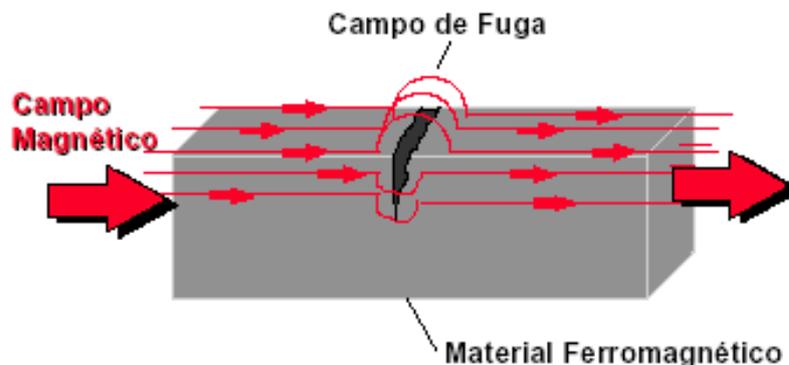


Figura 1 Peça contendo uma trinca superficial, dando origem ao campo de fuga (ANDREUCCI, 2009).

2. OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS

O END de Partículas Magnéticas tem o objetivo de detectar descontinuidades superficiais e sub-superficiais em materiais ferromagnéticos.

Por ser um processo versátil, é empregado em vários segmentos da indústria como: automobilística, aeronáutica, siderúrgica, calderaria, petróleo e petroquímica, nuclear e outras.

Em relação ao END de Líquido Penetrante, possui algumas vantagens: rapidez (peças seriadas inseridas em uma máquina estacionária, conforme Figura 2), sensibilidade, detecta descontinuidades sub-superficiais, resultado imediato e maior sensibilidade.



Figura 2 Máquina estacionária de Partículas Magnéticas (Autor).

3. MÉTODOS E TÉCNICAS DE MAGNETIZAÇÃO

O END de Partículas Magnéticas possui três métodos de magnetização: Magnetização Longitudinal, Magnetização Circular e Magnetização Multidirecional, sendo estas magnetizações feitas a partir de duas técnicas: Corrente Elétrica e por Indução de Campo Magnético.

A Técnica de Magnetização por corrente elétrica pode se originar por vários tipos de fonte: corrente contínua, corrente alternada ou corrente trifásica e por isso, deve-se ter cautela em seu uso, pois pode abrir um arco voltaico queimando parcial ou totalmente a peça.

3.1 Método Longitudinal de Magnetização

Produz um campo magnético longitudinal na peça fechando o circuito através do ar. Portanto, recomenda-se para a detecção de descontinuidades transversais na peça (Andreucci, 2009). A magnetização longitudinal é obtida pelas técnicas de indução de campo por bobinas ou eletroímãs, conforme Figura 3.

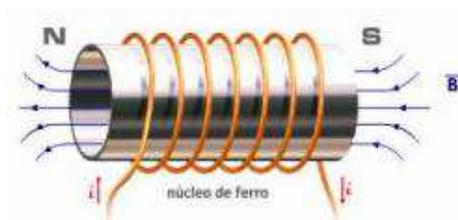


Figura 3 Método para Magnetização Longitudinal por bobina indutora (ANDREUCCI, 2009).

3.2 Método Circular de Magnetização

As linhas de força que formam o campo magnético circulam através da peça em circuito fechado, não fazendo uma "ponte" através do ar (Andreucci, 2009). Usada para a detecção de descontinuidades longitudinais a partir de técnicas de Indução ou Corrente Elétrica, conforme Figura 4.

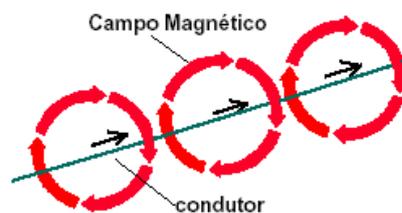


Figura 4 Método de Magnetização Circular por passagem de corrente elétrica por um condutor (ANDREUCCI, 2009).

3.3 Método Multidirecional de Magnetização

O Método Multidirecional de Magnetização se utilizam simultaneamente ambos os métodos anteriores citados produzindo um campo magnético Longitudinal e outro Circular (Andreucci, 2009). Desta forma, pode-se observar, de uma só vez, descontinuidades com diversas orientações, conforme Figura 5.

As vantagens dessa técnica são:

- Na inspeção de componentes seriados, reduz-se substancialmente o tempo de inspeção;
- Economia de partículas magnéticas;
- Cada peça ou componente é manuseado apenas uma vez;
- Menor possibilidade de erros por parte do inspetor, uma vez que, observam-se ao mesmo tempo, tanto as descontinuidades longitudinais quanto as transversais.
- Rapidez no ensaio por partículas magnéticas;
- Grande produtividade;



Figura 5 Ensaio por partículas magnéticas usando Método Multidirecional de Magnetização (ANDREUCCI, 2009).

3.4 Técnica de passagem de corrente elétrica por eletrodos

Permite a passagem de corrente elétrica pela peça. O campo magnético criado é circular, conforme Figura 6. Esta técnica é geralmente aplicada em peças brutas fundidas, em soldas, nas indústrias de siderurgia, caldeiraria e outros (Andreucci, 2009).

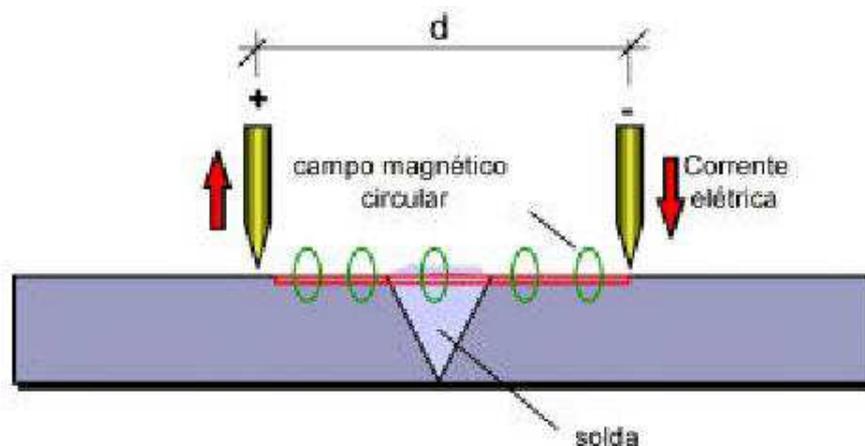


Figura 6 Técnica por Eletrodos (ANDREUCCI, 2009).

3.5 Técnica de passagem de corrente elétrica por contato direto

Devido sua aplicação maior ser através de máquinas estacionárias, é definida como sendo a técnica de magnetização pela passagem de corrente elétrica de extremidade a extremidade da peça. O campo magnético formado é circular, conforme Figura 7. Esta técnica se difere da técnica por eletrodos, pois é aplicável em sistemas de inspeção automáticos ou semi-automáticos, para inspecionar barras, eixos, parafusos, etc (Andreucci, 2009).

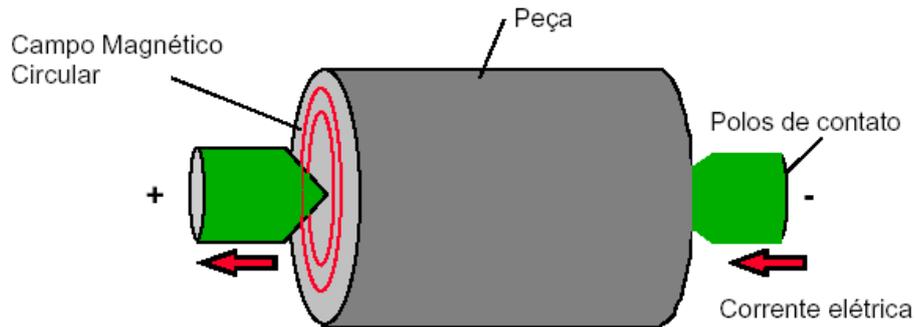


Figura 7 Técnica de Contato Direto (ANDREUCCI, 2009).

3.6 Técnica de Indução de Campo Magnético por bobina

Nessa técnica a peça é colocada no interior de uma bobina ou solenóide, ocorrendo um campo longitudinal na peça, conforme Figura 8. A bobina ou solenóide é formada por um enrolamento de fios condutores da corrente elétrica alternada ou contínua, que originam o campo magnético de intensidade que dependerá da corrente elétrica que passa pela bobina e o número de voltas que o enrolamento da bobina foi formado (Andreucci, 2009).

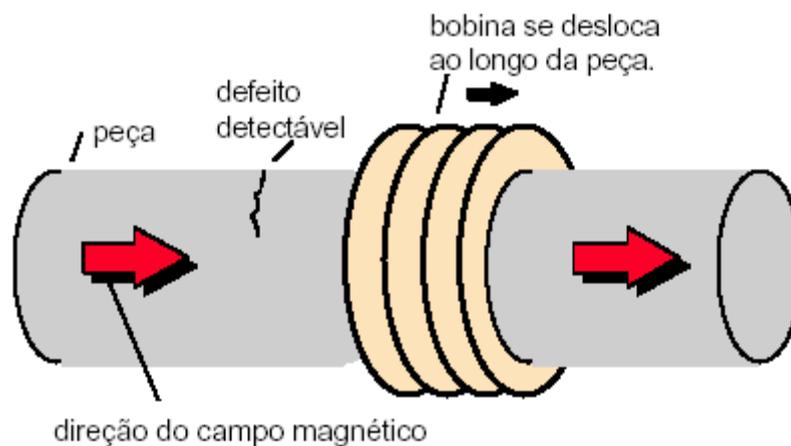


Figura 8 Técnica de Bobina ou Solenóide (ANDREUCCI, 2009).

3.7 Técnica de Indução de Campo Magnético por Yoke

Técnica de magnetização pela indução em campo magnético, gerado por um eletroímã, em forma de "U" invertido, que é apoiado na peça a ser examinado na qual gera um campo magnético paralelo a linha imaginária que une as duas pernas do Yoke, conforme Figura 9 (Andreucci, 2009).

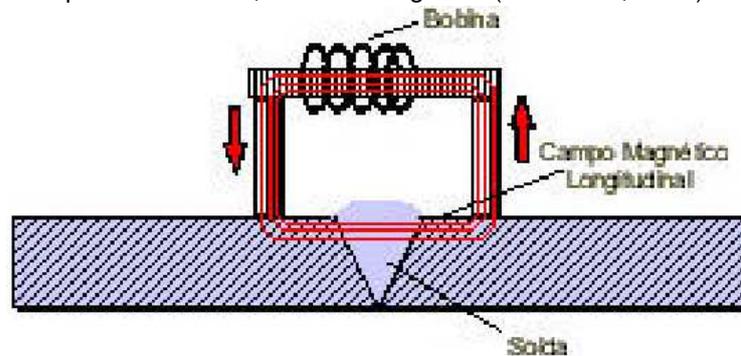


Figura 9 Técnica de Yoke eletromagnético (ANDREUCCI, 2009).

3.8 Técnica de Indução de Campo Magnético por Condutor Central

Esta técnica é caracterizada pela passagem de um fio condutor ou conjunto de cabos condutores pelo centro da peça a inspecionar. A passagem da corrente elétrica através do condutor permitirá induzir um campo magnético circular na superfície interna e/ou externa da peça. Assim sendo, a peça a ser inspecionada por este processo, deve ter geometria circular, tais como: flanges, anéis, porcas, e outras, conforme Figura 10 (Andreucci, 2009).

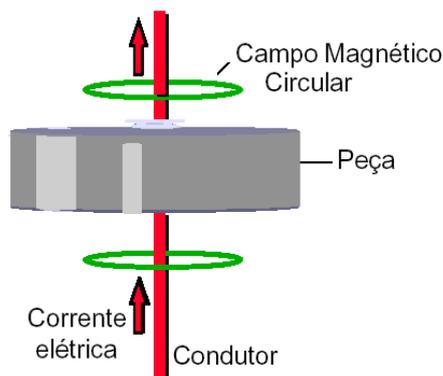


Figura 10 Técnica do Condutor Central (ANDREUCCI, 2009)

A Tabela 1 mostra o resumo dos métodos de magnetização longitudinal, circular e multidirecional e referidas técnicas de partículas magnéticas (PM).

Tabela 1 – Métodos e técnicas de magnetização de partículas magnéticas (PM).

MÉTODO	TÉCNICAS DE MAGNETIZAÇÃO	
Longitudinal	Indução de Campo	Bobina (solenóide) Yoke Imã permanente
Circular	Passagens de Corrente elétrica	Eletrodos (pontas) Contato Direto (placas)
	Indução de Campo	Condutor central <ul style="list-style-type: none"> • Barra • Cabo Enrolado
Multidirecional	Indução e/ou passagem de Corrente elétrica	Combinação das Técnicas de campo Longitudinal com o Circular

4. DESMAGNETIZAÇÃO

Alguns materiais são capazes de reter parte do magnetismo mesmo após o término da magnetização. Este resquício de magnetização pode interferir em equipamentos eletrônicos, processos de usinagem e soldagem, e instrumentos de medição.

Em alguns casos, a desmagnetização é dispensável, por exemplo:

- Material possui baixo nível de retenção de magnetismo;
- Peças que serão submetidas a tratamento térmico;
- Peças que passarão novamente por processo de magnetização no futuro;

As técnicas de desmagnetização são diversas, e todas são baseadas no princípio de que a peça é submetida a um campo magnético, que é continuamente invertido e gradualmente reduzido à zero. Após um determinado período e número de ciclos, a peça será desmagnetizada, conforme Figura 11.

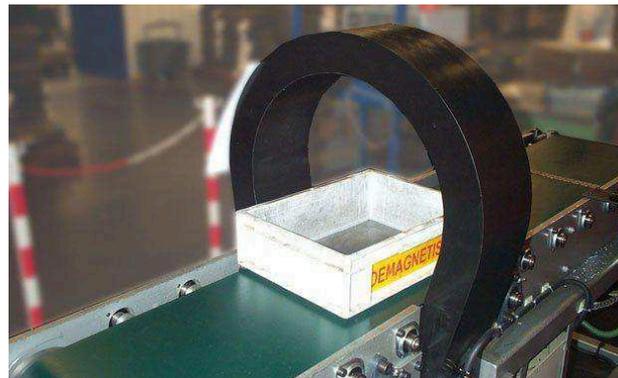


Figura 11 Desmagnetizador (Autor).

5. MÉTODOS DE ENSAIO E TIPOS DE PARTÍCULAS

As partículas magnéticas podem ser fornecidas na forma de pó, em pasta ou dispersas em líquido. Em todos os casos, as partículas se constituem de um pó ferromagnético de dimensões, forma, densidades e cor adequadas ao exame (ANDREUCCI, 2009).

As partículas podem ser aplicadas em dois tipos de vias (meios):

- Via seca: Neste método, o veículo que carrega as partículas é o ar que podem ser aplicadas manualmente ou por bombas aspersoras, conforme Figura 12 (Andreucci, 2009). O método da via seca é recomendado para detecção de descontinuidades próximas a superfície.



Figura 12 Aplicação do pó via seca (ANDREUCCI, 2009).

- Via úmida: Neste método, as partículas do pó ferromagnético estão diluídas em um líquido que pode ser água, querosene ou óleo leve. Sua aplicação pode ser por chuveiro ou borrifador. Este método é recomendado para detectar descontinuidades muito pequenas, como trincas de fadiga. Também é ideal para trabalhos em superfícies inclinadas ou verticais, conforme Figura 13 (Andreucci, 2009).



Figura 13 Aplicação do pó via úmida (ANDREUCCI, 2009).

6. CALIBRAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

De acordo com os fabricantes e normas internacionais, todo equipamento utilizado nos ensaios devem ser calibrados periodicamente.

Esta calibração pode ser feita pelo próprio operador ou por um laboratório especializado, conforme Figura 14 (INTER-METRO).

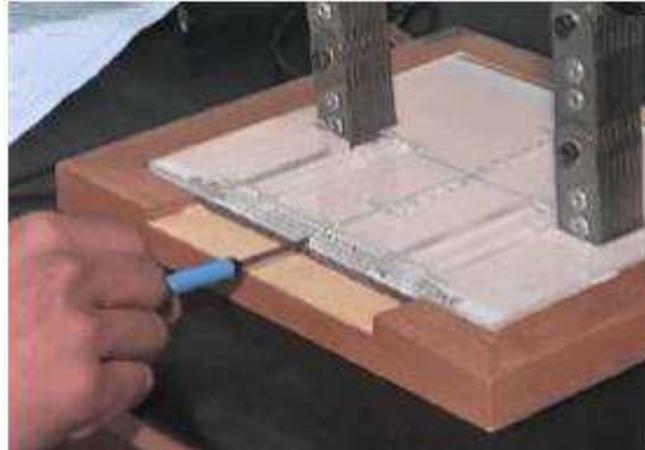


Figura 14 Calibração de Yoke (INTER-METRO).

7. MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo desse trabalho é aplicar o conhecimento teórico e prático de Partículas Magnéticas (PM) em peças de corrente de uma colheitadeira para detectar possíveis discontinuidades, trincas e verificar se os processos de fabricação estão atendendo os requisitos de norma. Foram feitos vários ensaios de partículas Magnéticas (PM) em uma empresa A, utilizando a técnica de Yoke, conforme Figura 15.



Figura 15 Yoke (Autor)

7.1 Material utilizado

Como o ensaio tinha o propósito de identificar trincas pequenas e em local reduzido, utilizou-se o método por Yoke em via úmida fluorescente conforme instruído nos itens 3.7 e 5 deste trabalho.

Na preparação da solução, foi utilizado partículas do fabricante MAGNAGLO, 14A REDI BATH (5L), onde as partículas de óxido de ferro foram diluídas em água na proporção de 30mg/1l, conforme Figura 16.



Figura 16 Solução de partículas magnéticas do fabricante Magnaglo (Autor).

Como se optou por via úmida fluorescente, outro item muito importante é a luz negra, calibrada para iluminar $1000 \mu\text{W}/\text{m}^2$, conforme Figura 17.



Figura 17 Luz negra (Autor).

7.2 Limpeza

O primeiro passo realizado para o ensaio foi à limpeza das peças utilizando thinner e um pano seco, pois havia contaminações de processos anteriores, armazenagem e manuseio, conforme Figura 18.



Figura 18 Thinner para limpeza (Autor).

7.3 Calibração do Yoke

Para avaliar se o equipamento permanecia calibrado, e sendo requisito de avaliação antes de executar determinados ensaios, é essencial fazer as verificações de calibração do Yoke.

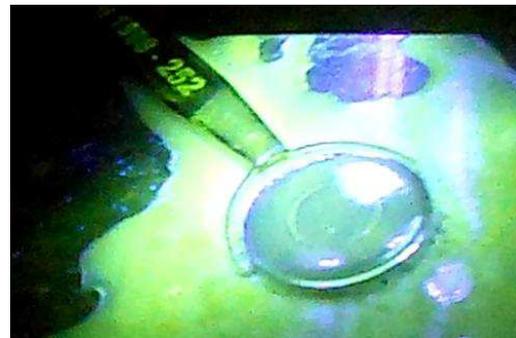
Para esse ensaio, foi feito o teste da força magnetização do Yoke, na qual o Yoke precisa levantar um bloco padrão de 5,5 kg, conforme Figura 19. O teste da força do campo magnético se utiliza uma chapa padrão com uma trinca de fábrica, conforme Figura 20 (A e B).



Figura 19 Teste da força magnetizante/ teste da força do campo magnético (Autor).



(A)



(B)

Figura 20 Padrão com trinca (A) sem luz negra (B) com luz negra (Autor).

7.4 Ensaio de Partículas Magnéticas (PM)

Para o ensaio foi utilizado uma placa de corrente para colheitadeira, conforme mostra a Figura 21. Com um borrifador, foi jateado a solução na peça e foi encontrada uma trinca em um dos furos da placa corrente da colheitadeira, utilizando a luz negra, conforme mostra a Figura 22.



Figura 21 Placa de corrente da colheitadeira.

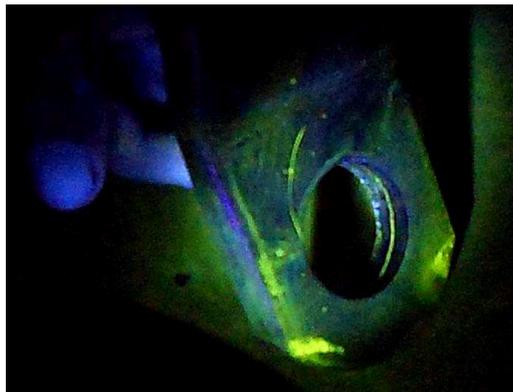


Figura 22 Detalhe da trinca no furo da placa.

7.5 Resultado

Com o uso da técnica de partículas magnéticas (PM) foi possível identificar a existência de trinca próximo ao furo e a peça foi condenada.

7.6 Comentário da inspeção de qualidade

Devido à gravidade da trinca, o fabricante irá reavaliar todo seu lote e buscar a causa raiz da trinca, podendo assim, melhorar o processo interno/externo.

8. CONCLUSÃO

Conclui-se que o ensaio não destrutivo por partículas magnéticas foi essencial para identificação de trincas em peças de corrente de colheitadeira que por consequência implicará em uma melhoria de processo interna ou externa.

9. REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção – ABENDI.
- ANDREUCCI, Ricardo. Partículas Magnéticas. São Paulo: Abende, 2009.
- NEVES, Marcos Dias. Ensaios Não Destrutivos: uma visão geral. Revista Parafuso, ago./set. 2009.

- <http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/ensaios-nao-destrutivos-e-mecanicos/216-ensaio-nao-destrutivo-particulas-magneticas.html>

10. Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

Abstract: The objective of this work was to make quality control of a chain plate harvester using the non-destructive tests. The method used was Magnetic Particles, with the yoke and fluorescent solution. It was found a crack next to the hole and the piece was disapproved. With this result, it's necessary to do some improvements during the manufacturing process of the chain plate harvesters.