

ENSAIO NÃO-DESTRUTIVO - PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos seus itens.

Requisito Técnico: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada: Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

CONTEC

Comissão de Normas
Técnicas

SC - 27

Ensaio Não-Destrutivo

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N - 1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis na realização de ensaio não-destrutivo por meio de partículas magnéticas.

1.2 Esta Norma se aplica a procedimentos iniciados a partir da data de sua edição.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente Norma.

Portaria nº 3214, 08/06/78	- Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6) - Equipamentos de Proteção Individual;
PETROBRAS N-1596	- Ensaio Não-Destrutivo - Líquido Penetrante;
PETROBRAS N-1738	- Descontinuidade em Juntas Soldadas, Fundidos, Forjados e Laminados;
PETROBRAS N-2162	- Permissão para Trabalho;
ABENDE DC-001	- Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não-Destrutivos;
ABENDE NA-001	- Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não-Destrutivos;
ISO 9712	- Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of Personnel;
ASME Section V	- Boiler and Pressure Vessel Code, Section V;
ASTM E 709	- Standard Guide for Magnetic Particle Examination;
BSI BS EN 473	- Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of NDT Personnel - General Principles Supersedes PD;
BSI BS EN 45013	- General Criteria for Certification Bodies Operating Certification of Personnel.

3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições do Appendix A do código ASME Section V.

4 CONDIÇÕES GERAIS

A realização do ensaio deve estar em conformidade com o código ASME Section V Article 7 e com as complementações indicadas nos itens 4.1 e 4.13.2 e exceções expressas em relação ao código ASME Section V Article 7.

4.1 Procedimento de Inspeção

4.1.1 Devem constar, no mínimo, o seguinte:

- a) objetivo;
- b) normas de referência;
- c) material, forma ou tipo de peça, dimensões, extensão do exame e detalhes da peça a ser examinada;
- d) aparelhagem, citando fabricante e modelo;
- e) técnica de magnetização, tipo de corrente de magnetização e quando aplicável, valores de corrente;
- f) partículas ferromagnéticas, citando fabricante, marca comercial, cor, via-seca ou úmida, indicando o veículo, aditivos e concentração para o preparo e verificação da suspensão;
- g) temperatura máxima da peça permitida para partículas magnéticas que são usadas por recomendação do fabricante ou por qualificação;
- h) condição requerida para a superfície a ser ensaiada e método de preparação;
- i) tinta de contraste, citando fabricante, marca comercial, diluição, modo de aplicação, espessura máxima de película e tempo de secagem, quando aplicável;
- j) esquema indicativo da direção do fluxo magnético e da sobreposição, quando aplicável;
- k) área útil do ensaio;
- l) desmagnetização, citando o método, quando necessária;
- m) limpeza final e ensaios a serem efetuados na superfície, nos pontos de contato do aparelho, quando aplicável;
- n) requisitos de segurança e ambientais conforme item 4.14 desta Norma;
- o) sistema de identificação e rastreabilidade;
- p) relatório de registro de resultados.

Nota: As alíneas c), d), e), f), g), h) e l) são citadas no código ASME Section V.

4.1.2 O procedimento deve conter o nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante), ser numerado e conter indicação da revisão.

4.2 Partículas Ferromagnéticas

4.2.1 A suspensão deve ser mantida sob agitação durante a execução do ensaio, que pode ser feita manual ou automaticamente.

4.2.2 A verificação da concentração deve ser feita de acordo com o prescrito na norma ASTM E 709.

4.2.3 Para verificação da concentração da suspensão de partículas magnéticas fluorescentes como alternativa ao tubo decantador da FIGURA A-1 pode ser utilizado um tubo decantador conforme FIGURA A-2. **[Prática Recomendada]**

4.2.4 O veículo e o condicionador, se aplicáveis, não devem apresentar fluorescência quando observados sob ação de uma luz negra.

4.3 Preparação da Superfície

4.3.1 No caso de ensaios em regiões revestidas, devem ser observadas as condições do código ASME Section V, Article 7 Appendix I.

4.3.2 No caso de ensaio por via-seca, a área a ser ensaiada deve estar seca.

4.3.3 No caso de ensaio por via úmida colorida em superfícies do tipo: bruto de soldagem, jateadas, rugosas ou esmerilhadas deve ser sempre utilizada tinta de contraste de forma a propiciar a devida sensibilidade ao ensaio por esta via.

4.4 Tinta de Contraste

4.4.1 A película de tinta, na sua espessura máxima, não deve ocasionar diminuição da sensibilidade do ensaio.

4.4.2 A espessura máxima permitida de película de tinta deve ser de 25 µm.

4.4.3 A tinta de contraste não deve influir desfavoravelmente na mobilidade das partículas magnéticas e na molhabilidade do veículo.

4.4.4 A tinta de contraste não deve ser solúvel no veículo, durante o tempo necessário à execução do ensaio.

4.5 Direção do Fluxo Magnético e Sobreposição

4.5.1 Pelo menos 2 ensaios separados devem ser executados em cada área, sendo que as linhas de fluxo magnético do segundo ensaio devem estar aproximadamente perpendiculares (ângulo variando entre 50° e 130°) àqueles do primeiro ensaio. Este cruzamento pode ser obtido pelo uso de 2 técnicas diferentes, quando necessário.

4.5.2 Quando o cruzamento das linhas de fluxo magnético não puder ser atendido com apenas 1 procedimento, tal fato deve estar claramente definido no objetivo do procedimento.

4.5.3 Na execução de ensaio, a sobreposição deve ser suficiente para assegurar que a totalidade da superfície seja ensaiada com a sensibilidade prevista.

4.5.3.1 O esquema de sobreposição e a seqüência de ensaio devem ser definidos em função da forma, das dimensões e dos detalhes da peça a ser ensaiada.

4.5.3.2 É recomendado que na superfície a ser ensaiada sejam marcadas referências fora da área de ensaio, de modo a assegurar que a sobreposição especificada seja obedecida.

[Prática Recomendada]

4.6 Corrente de Magnetização

Os valores de corrente de magnetização, fornecidos por esta Norma, se referem a valor de pico e se aplicam para a corrente retificada de onda completa. Para outras formas de onda deve ser consultado o manual de operação do fabricante da aparelhagem para determinação do fator de correção e havendo fator de correção deve ser usado para converter a leitura do instrumento para pico de corrente equivalente.

4.7 Requisitos Adicionais

4.7.1 A execução do ensaio deve ser feita, preferencialmente, pelo método contínuo. O método residual somente pode ser usado em materiais de alta retentividade e quando a eficiência do ensaio for comprovada através de testes em peças iguais às que vão ser ensaiadas e que contenham defeitos típicos conhecidos e semelhantes aos pesquisados. Este método não é aplicável para a técnica do Yoke.

Nota: No método residual deve ser empregada corrente de magnetização retificada de onda completa.

4.7.2 A remoção do excesso de partículas no ensaio por via-seca, deve ser efetuada por meio de um sopro de ar de baixa intensidade, que preserve as indicações das descontinuidades.

4.7.3 O ensaio deve ser conduzido com iluminação adequada, para assegurar que não haja perda de sensibilidade. A intensidade mínima de luz na superfície em ensaio deve ser de 1 000 lux para o ensaio com partículas visíveis à luz branca.

4.7.4 O ensaio por meio de partículas fluorescentes deve ser executado em uma área escurecida (no máximo 20 lux), com iluminação de luz negra.

4.7.5 A luz negra deve ter um filtro de radiação ultravioleta que permita apenas a passagem de luz com comprimento de onda na faixa de 330 nm a 390 nm (3 300 Å a 3 900 Å).

4.7.6 A intensidade de luz negra na superfície em ensaio deve ser comprovada por meio de um medidor sensível à luz ultravioleta, que opere num espectro centrado a 365 nm (3 650 Å) devendo ser igual ou superior a 1 000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pode também ser comprovada conforme item 4.8. Se forem constatados valores insuficientes ou indicações insatisfatórias, o ensaio deve ser repetido para as peças inspecionadas desde a última comprovação satisfatória.

4.7.7 Só é permitido o uso de lâmpada de luz negra do tipo de feixe direcionado com refletor interno e filtro externo.

4.7.8 É recomendado que na inspeção interna de equipamentos seja utilizado o ensaio por partículas fluorescentes. **[Prática Recomendada]**

4.8 Verificação da Eficiência do Ensaio

4.8.1 Deve ser feita utilizando-se o padrão mostrado na FIGURA A-3 ou na FIGURA A-4 do ANEXO A ou por outro padrão similar que, posicionado sobre a região em ensaio, para as mesmas condições, deve apresentar as descontinuidades nele existentes.

4.8.2 A verificação da eficiência deve ser realizada no início de cada jornada de trabalho ou a cada 8 horas, o que for menor ou sempre que o local de trabalho for mudado. Se forem constatadas indicações insatisfatórias, o ensaio deve ser repetido para as peças inspecionadas desde a última comprovação satisfatória.

4.9 Registro dos Resultados

4.9.1 Os resultados do ensaio devem ser registrados por meio de um sistema de identificação e rastreabilidade que permita correlacionar o local ensaiado com o relatório e vice-versa.

4.9.2 A terminologia para a denominação de descontinuidades deve estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-1738](#).

4.9.3 Todas as descontinuidades relevantes detectadas devem ser devidamente identificadas, mapeadas e registradas no relatório de inspeção. As descontinuidades reprovadas por norma, código de projeto ou critério de aceitação/rejeição, devem ser removidas até a profundidade de 1 mm, desde que não ultrapasse a espessura mínima de projeto do equipamento. Caso exista descontinuidade que permaneça após esta remoção, o processo de remoção deve ser acompanhado e autorizado pela fiscalização. Nesta situação deve ser medida a espessura residual na região removida.

4.9.4 Deve ser emitido um relatório contendo:

- a) nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante);
- b) identificação numérica;
- c) identificação da peça, equipamento ou tubulação;
- d) número e revisão do procedimento;
- e) técnica de magnetização utilizada;
- f) aparelhagem citando fabricante e modelo;
- g) partículas ferromagnéticas, citando fabricante, marca comercial, cor, via-seca ou úmida, indicando o veículo, aditivos e concentração para o preparo e resultado da verificação da suspensão;
- h) tinta de contraste, citando fabricante e modelo, espessura de película;
- i) consumíveis utilizados;
- j) registro dos resultados;
- k) normas de referência para interpretação dos resultados;
- l) laudo indicando aceitação, rejeição ou recomendação de ensaio complementar;
- m) data da inspeção e da emissão do relatório;
- n) identificação nível de qualificação e assinatura do inspetor responsável;
- o) identificação e assinatura da fiscalização.

4.9.5 A descrição da sistemática de registro de resultados pode ser dispensada de constar no procedimento de inspeção, a critério da PETROBRAS, se o executante (órgão da PETROBRAS ou firma executante) apresentar em um Sistema da Qualidade, uma sistemática que atenda ao item 4.9.1. **[Prática Recomendada]**

4.10 Qualificação do Procedimento de Inspeção

O procedimento é considerado qualificado quando, aplicando-se os requisitos previstos no procedimento da executante, aparecer uma linha claramente definida de partículas magnéticas na face revestida do padrão da FIGURA A-3 e A-4, e são detectadas descontinuidades em toda a área prevista para ensaio, para cada posicionamento da fonte de magnetização. Devem ser atendidas as condições específicas de cada técnica descritas no Capítulo 5.

4.11 Revisão e/ou Requalificação do Procedimento de Inspeção

4.11.1 Sempre que qualquer das variáveis citadas no item 4.1.1 for alterada, deve ser emitida uma revisão do procedimento.

4.11.2 Sempre que qualquer das variáveis citadas nas alíneas a), b), c), d), e), f), i), j) e k) do item 4.1.1 for alterada, o procedimento deve ser requalificado.

4.12 Qualificação de Profissionais Nível 2 e Nível 3

Deve ser qualificado de acordo com as normas ABENDE NA-001 e DC-001 ou por sistemas independentes operando segundo requisitos das normas BSI BS EN 45013 e ISO 9712 ou BSI BS EN 473.

4.13 Aparelhagem

4.13.1 O aparelho magnetizador deve ser calibrado por ocasião da qualificação do procedimento, após reparo elétrico, revisão periódica ou avaria.

Nota: No caso da técnica do Yoke, o elemento magnetizador deve fornecer um valor de intensidade de campo magnético conforme previsto no item 5.1.1 desta Norma, em toda a área útil considerada para cada posicionamento previsto.

4.13.2 A fonte ultravioleta (conjunto lâmpada e filtro) deve ser calibrada por ocasião da qualificação do procedimento, e após reparo elétrico, revisão periódica e avaria.

4.14 Requisitos de Segurança e Ambientais

4.14.1 Devem ser considerados os aspectos e impactos ambientais e riscos e perigos causados pela atividade de inspeção em serviço.

4.14.2 Antes do início dos trabalhos de inspeção dentro das instalações PETROBRAS, deve ser obtida uma permissão de trabalho, conforme a norma PETROBRAS [N-2162](#), onde são definidos os requisitos de segurança para a execução dos trabalhos de inspeção. Em caso de não-conformidade, comunicar ao órgão gestor da segurança industrial e meio ambiente.

4.14.3 Utilizar os EPI's necessários para execução dos serviços de inspeção, conforme a norma regulamentadora nº 6 (NR-6).

4.14.4 Verificar se os acessos, andaimes e iluminação são suficientes e adequados.

4.14.5 Verificar se os trabalhos de manutenção em paralelo não oferecem riscos à segurança.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Técnica do Yoke (Eletroímã)

5.1.1 A força magnetizante deve estar compreendida entre os valores de 17 A/cm a 65 A/cm em toda área útil prevista no esquema de sobreposição proposto no procedimento. No caso de Yoke portátil, a verificação da força magnetizante deve ser feita através da comprovação de sua capacidade mínima de levantamento de massa, com o máximo espaçamento entre pólos a ser utilizado. A capacidade mínima deve ser de 5,5 kg, verificada através do levantamento de um bloco-padrão conforme a FIGURA A-5, e deve ser comprovada, no local onde está sendo executado o ensaio, no início e a cada 8 horas de trabalho ou quando houver algum problema de queda de energia. Observar que o levantamento de massa deve ser feito pela face de 117 mm x 240 mm conforme a FIGURA A-5 do ANEXO A.

5.1.2 Se durante o período de 8 horas, for verificado que as condições do item 5.1.1 não foram atendidas, o ensaio deve ser repetido para as peças inspecionadas desde a última verificação satisfatória.

5.1.3 Só é permitido o uso de Yoke eletromagnético de corrente alternada.

5.2 Técnica dos Eletrodos

5.2.1 As ponteiros dos eletrodos devem estar limpas e as áreas de contato das peças devem estar livres de sujeira, graxa, óleo, carepa, de modo a permitir a passagem de corrente à peça e minimizar a abertura de arcos elétricos.

Nota: Para aços temperáveis recomenda-se a utilização de outra técnica de magnetização, uma vez que a abertura de arco não pode ser completamente evitada. **[Prática Recomendada]**

5.2.2 Os pontos de contato dos eletrodos que apresentarem abertura de arco devem ser removidos e posteriormente ensaiados de acordo com a norma PETROBRAS [N-1596](#) ou com outra técnica de partículas magnéticas descrita nesta Norma.

5.2.3 O valor da corrente de magnetização deve ser conforme prescrito no código ASME Section V.

5.2.4 As peças a serem ensaiadas por esta técnica podem ser magnetizadas por corrente alternada ou retificada. **[Prática Recomendada]**

5.2.5 Os limites de corrente prescritos na norma ASTM E 709 devem ser considerados como valores de pico para corrente retificada de onda completa, conforme o item 4.6 desta Norma.

5.3 Técnica da Bobina

5.3.1 As peças a serem ensaiadas por esta técnica podem ser magnetizadas por corrente alternada ou retificada. A intensidade da corrente de magnetização deve ser calculada tendo como base o comprimento (L) e o diâmetro da peça (D).

5.3.1.1 A magnetização longitudinal com bobinas de baixo fator de enchimento deve ser calculada conforme prescrito na norma ASTM E 709, considerado o prescrito no item 4.6 desta Norma.

5.3.1.2 A magnetização longitudinal com cabo enrolado ou alto fator de enchimento deve ser calculada conforme prescrito na norma ASTM E 709, considerado o prescrito no item 4.6 desta Norma.

5.3.1.3 A magnetização longitudinal para bobinas de fator de enchimento intermediário, quando a área de seção transversal da bobina está entre 2 vezes e 10 vezes a área da seção transversal da peça a ser inspecionada, o produto do número de espiras N pela corrente I deve ser:

$$NI = (NI)_a \frac{10-\gamma}{8} + (NI)_b \frac{\gamma-2}{8}$$

Onde:

$(NI)_a$ = o valor do NI calculado para bobinas de alto fator de enchimento usando o item 5.3.1.2;

$(NI)_b$ = o valor de NI calculado para bobinas de baixo fator de enchimento usando o item 5.3.1.1;

γ = a razão entre a área da seção transversal da bobina e a área da seção transversal da peça.

5.3.1.4 Cálculo da Razão L/D para Peças Ocas ou Cilíndricas

Quando calculada a razão L/D para peças ocas ou cilíndricas, D é o diâmetro efetivo D_{ef} calculado, usando:

a) peças ocas:

$$D_{ef} = 2 \times \left(\frac{A_t - A_h}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

A_t = área total da seção transversal da peça;

A_h = área da seção transversal da parte oca da peça.

b) peças cilíndricas:

$$D_{ef} = 2 \times \left\{ \left[(D_e)^2 - (D_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Onde:

D_e = diâmetro externo do cilindro;

D_i = diâmetro interno do cilindro.

5.3.2 A corrente de magnetização requerida para obter a intensidade de campo magnético necessária deve ser determinada dividindo o número de ampéres x espiras obtido através dos itens 5.3.1.1, 5.3.1.2, 5.3.1.3 e 5.3.1.4, pelo número de espiras da bobina.

5.3.3 Para bobinas de fator de enchimento baixo ou intermediário, o campo magnético efetivo se estende em ambos os lados, a partir do centro da bobina em uma distância igual ao raio da bobina. Para cabos enrolados ou bobinas de alto fator de enchimento, o campo magnético efetivo se estende em 230 mm em ambos os lados, a partir do centro da bobina. Para peças com extensão maior que as citadas acima, o comprimento total deve ser inspecionado reposicionando a peça em relação à bobina, levando em conta uma sobreposição de campo magnético de aproximadamente 10 %.

5.4 Técnica do Contato Direto

5.4.1 Devem ser utilizados elementos de contato ou fixação com superfície de contato e pressão suficientes para permitir o fluxo de corrente sem a formação de arcos elétricos, entre os contatos e a superfície da peça em ensaio. Os equipamentos estacionários com contatos acionados automaticamente devem ter temporizadores para ajustar os tempos de pré e pós-magnetização. No caso de equipamentos portáteis com eletrodos de contato de fixação manual, deve existir um interruptor de corrente de magnetização, de controle remoto, que pode estar incorporado em um dos punhos dos eletrodos.

5.4.2 O valor da corrente de magnetização deve ser determinado conforme o código ASME Section V.

5.4.3 As peças a serem ensaiadas por esta técnica podem ser magnetizadas por corrente alternada ou retificada. **[Prática Recomendada]**

5.4.4 Os limites de corrente prescritos na Norma ASTM E 709 devem ser considerados como valores de pico para corrente retificada de onda completa, conforme o item 4.6 desta Norma.

5.4.5 Os pontos de contato que apresentarem abertura de arco devem ser removidos e posteriormente ensaiados de acordo com a norma PETROBRAS [N-1596](#) ou com outra técnica de partículas magnéticas desta Norma.

5.5 Técnica do Condutor Central

5.5.1 As peças a serem ensaiadas por esta técnica podem ser magnetizadas por corrente alternada ou retificada. **[Prática Recomendada]**

5.5.2 Os limites de corrente prescritos na norma ASTM E 709 devem ser considerados como valores de pico para corrente retificada de onda completa, conforme item 4.6 desta Norma.

5.5.2.1 Para determinação da corrente de magnetização no caso de condutor encostado na parede interna da peça, o diâmetro a ser considerado deve ser a soma do diâmetro do condutor mais 2 vezes a espessura da peça em ensaio, ou então conforme prescrito na norma ASTM E 709, e considerando o item 4.6 desta Norma.

Notas: 1) A corrente de magnetização é inversamente proporcional ao número de condutores. Exemplo: se uma peça precisa ser magnetizada com 3 000 A usando-se um único condutor central, a peça pode ser igualmente magnetizada com 1 500 A ou 1 000 A, usando cabo flexível que passe respectivamente 2 vezes ou 3 vezes pelo interior da peça.
2) O diâmetro a ser considerado (interno ou externo) é aquele da superfície objeto da inspeção.

5.5.2.2 No caso do condutor encostado contra a parede interna do orifício da peça, devem ser aplicadas magnetizações sucessivas. O número de aplicações é definido pela relação:

$$N = \frac{\pi \cdot D_i}{4 \cdot D_c} + 1$$

Onde:

N = número de aplicações;
D_i = diâmetro interno do orifício da peça;
D_c = diâmetro do condutor central.

5.6 Técnica Multidirecional

5.6.1 O tipo e a intensidade de corrente de magnetização devem ser determinados de acordo com os itens 5.1 a 5.5, em função das técnicas de magnetização adotadas.

5.6.2 Durante a execução do ensaio deve ser verificada a direção do campo magnético resultante, com o padrão da FIGURA A-3, devendo se formar na superfície do campo magnético a indicação de todo o contorno da descontinuidade. Nas áreas onde isto não ocorrer (exemplo: peças com geometria complexa), deve ser realizado ensaio com técnica de magnetização complementar, de modo a obter o cruzamento das linhas de fluxo conforme estabelecido no item 4.5.1.

/ANEXO A

ANEXO A - FIGURAS

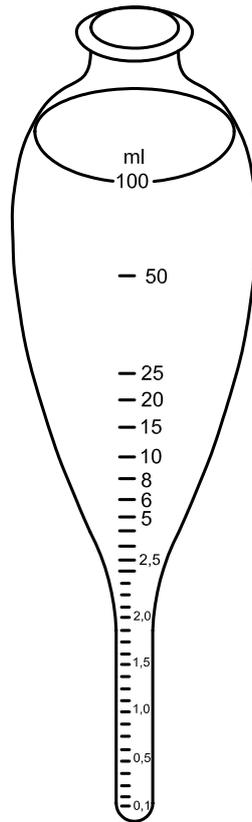


FIGURA A-1 - TUBO DECANTADOR UTILIZADO PARA VERIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS FLUORESCENTES

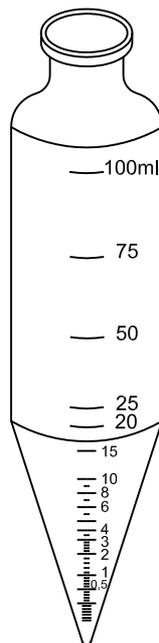
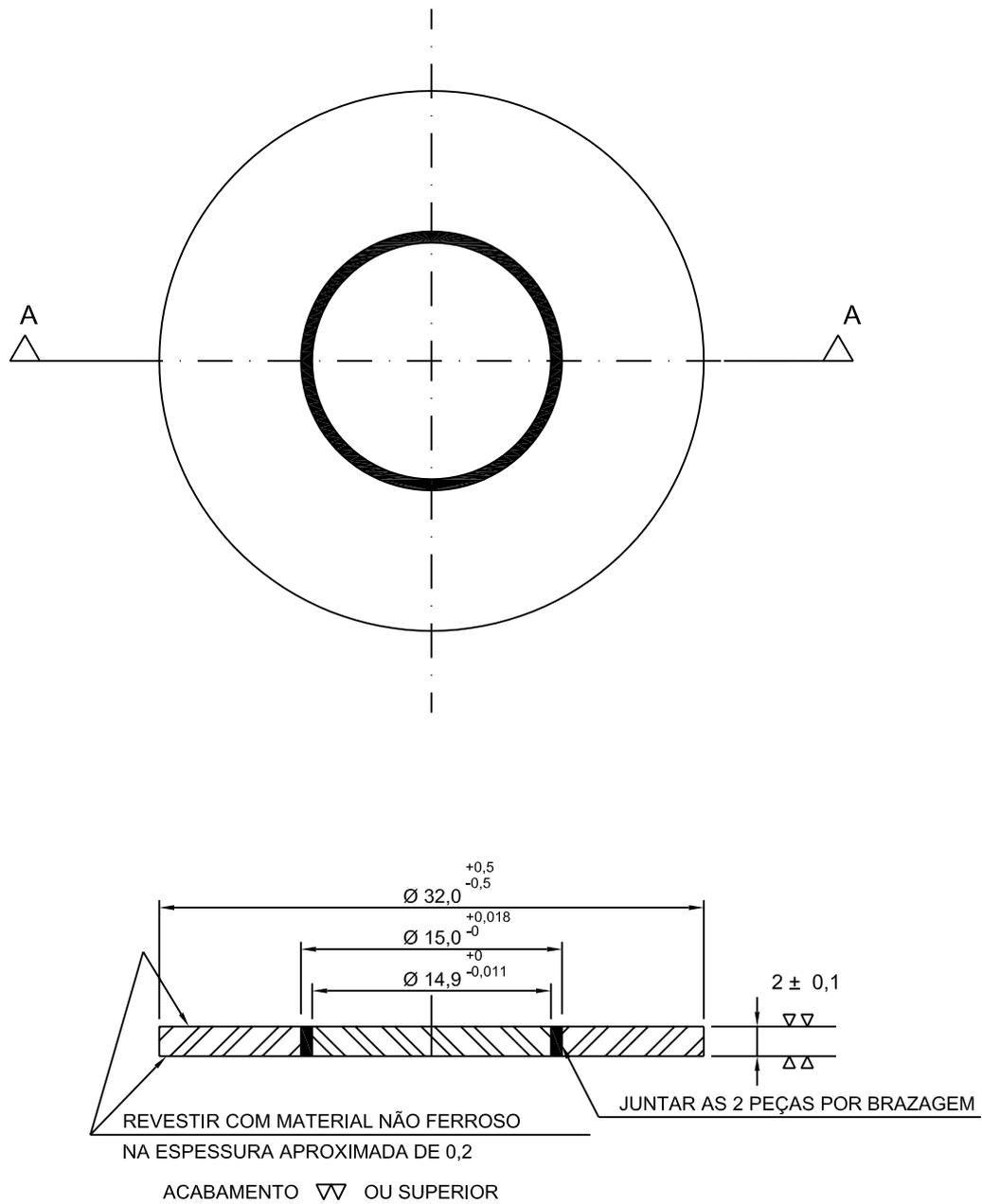
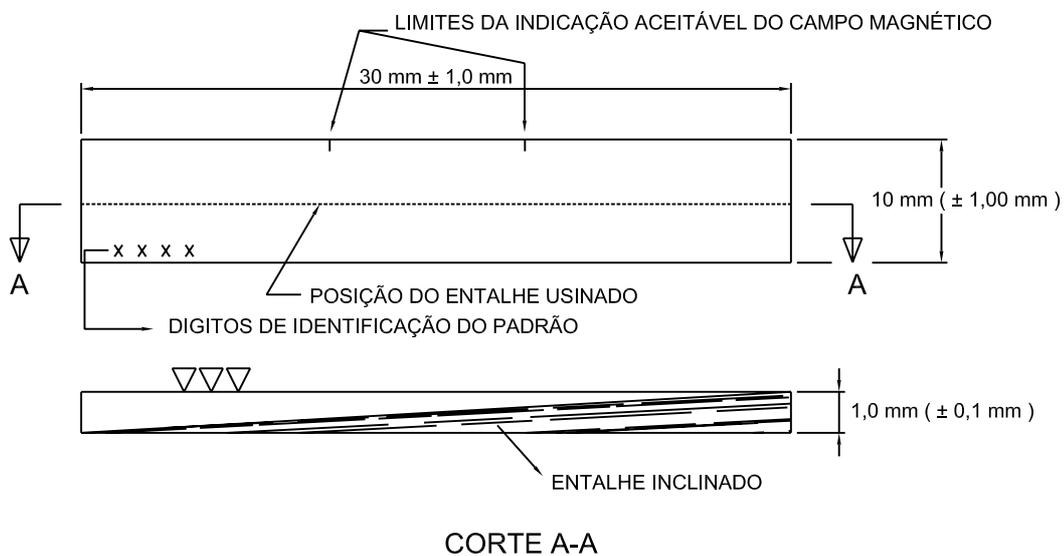


FIGURA A-2 - TUBO DECANTADOR TIPO CONE APLICADO SOMENTE PARA VERIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS FLUORESCENTES



NOTAS: 1) MEDIDAS EM MILÍMETROS.
 2) MATERIAL AISI 1005 OU SIMILAR.

FIGURA A-3 - PADRÃO DE VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ENSAIO POR MEIO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

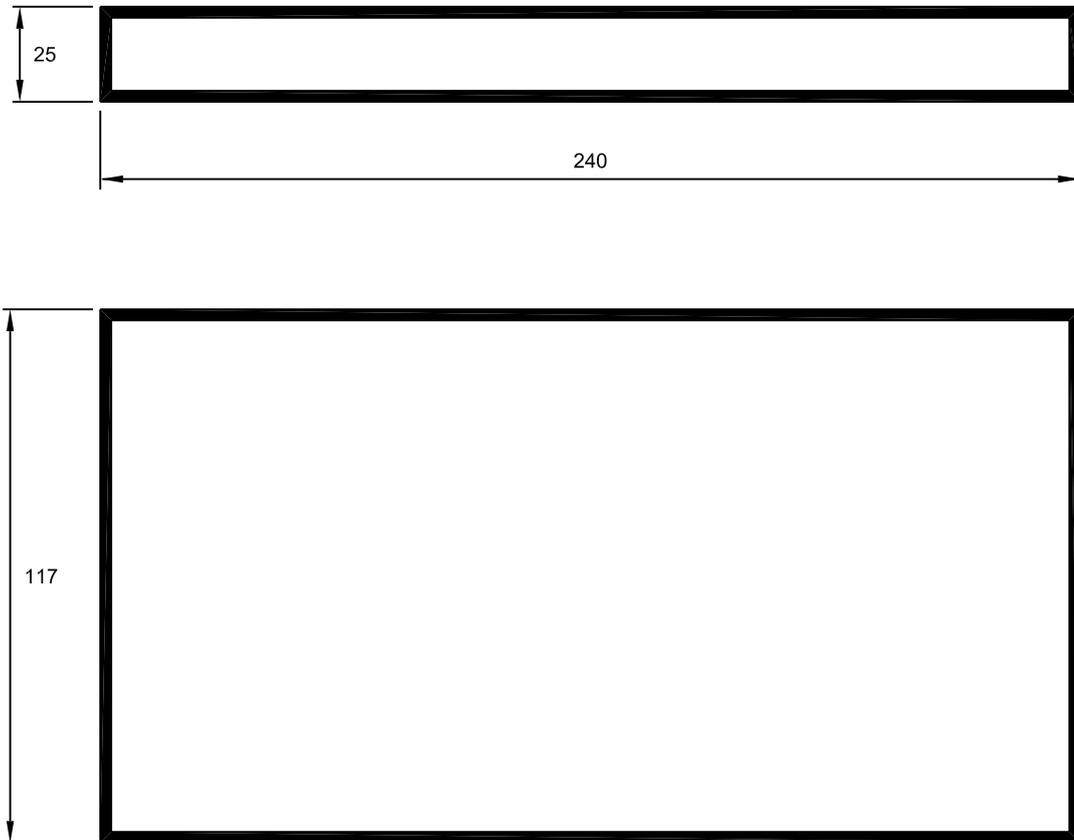


- LARGURA DO ENTALHE USINADO: 0,3 mm (± 0,1 mm)
- MATERIAL DO INDICADOR: SAE 1020 OU SIMILAR

REFERÊNCIA CORRESPONDENTE A ESTA SITUAÇÃO.

- NOTAS: 1) SOBRE A FACE DE OBSERVAÇÃO DO PADRÃO DEVEM SER ESTABELECIDAS 2 REFERÊNCIAS, CORRESPONDENTES ÀS EXTREMIDADES DAS INDICAÇÕES OBTIDAS POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS COM VALORES DE INTENSIDADE DE CAMPO MAGNÉTICO NA PEÇA DE 17 A/CM E 65A/CM.
- 2) AS REFERÊNCIAS DEVEM SER DETERMINADAS PARA CADA PAR YOKE-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.
- 3) PARA A DETERMINAÇÃO DAS REFERÊNCIAS, SOBRE A FACE DE OBSERVAÇÃO DO PADRÃO, SEGUIR A SEGUINTE SEQÜÊNCIA:
- a) POSICIONAR O YOKE SOBRE UMA CHAPA PLANA E TRAÇAR UMA LINHA UNINDO O CENTRO DE SEUS POLOS;
 - b) DETERMINAR SOBRE ESTA LINHA, COM O AUXÍLIO DE UM VARIADOR DE TENSÃO E DE UM MEDIDOR DE CAMPO MAGNÉTICO UM PONTO CUJA INTENSIDADE DE CAMPO MAGNÉTICO TANGENCIAL SEJA DE 17 A/CM;
 - c) POSICIONAR, NESTE PONTO, O CENTRO DO PADRÃO, COM O ENTALHE PERPENDICULAR À LINHA TRAÇADA E DETERMINAR A EXTREMIDADE DA INDICAÇÃO OBTIDA POR MEIO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS. A POSIÇÃO REGISTRADA NO PADRÃO CORRESPONDENTE A ESTA EXTREMIDADE É A REFERÊNCIA 17 A/CM;
 - d) SEGUIR AS ALÍNEAS b) e c) COM O VALOR DE CAMPO MAGNÉTICO DE 65 A/CM PARA A DETERMINAÇÃO DA REFERÊNCIA CORRESPONDENTE A ESTA SITUAÇÃO.
- 4) NA VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ENSAIO À EXTREMIDADE DA INDICAÇÃO DEVE ESTAR COMPREENDIDA ENTRE AS 2 REFERÊNCIAS CITADAS ANTERIORMENTE. PARA ESTA VERIFICAÇÃO O PADRÃO DEVE SER POSICIONADO DE FORMA QUE SEU ENTALHE FIQUE O MAIS PERPENDICULAR POSSÍVEL ÀS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO.

FIGURA A-4 - PADRÃO PARA VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ENSAIO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS NA TÉCNICA DO YOKE



- NOTAS: 1) MEDIDAS APROXIMADAS EM MILÍMETROS.
2) MATERIAL SAE 1020 OU SIMILAR.
3) PROCESSO DE FABRICAÇÃO - LAMINADO.
4) ACABAMENTO SUPERFICIAL ∇ OU SUPERIOR.
5) TOLERÂNCIA: MASSA - $5\ 500^{+50}_{-0}$ GRAMAS.

FIGURA A-5 - BLOCO PADRÃO DE AFERIÇÃO DA CAPACIDADE MÍNIMA DE LEVANTAMENTO DE MASSA DO YOKE

ÍNDICE DE REVISÕES	
REV. A, B, C e D	
Não existe índice de revisões.	
REV. E	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
1	Revisado
2	Revisado
4.1.1	Revisado
4.2.2	Revisado
4.2.3	Revisado
4.4	Revisado
4.5.3	Revisado
4.7.1	Revisado
4.7.3	Revisado
4.7.4	Revisado
4.7.5	Revisado
4.7.6	Revisado
4.7.8	Incluído
4.8.1	Revisado
4.8.2	Revisado
4.10	Revisado
4.12	Revisado
4.13	Incluído
5.1	Revisado
5.2.1	Revisado
5.5	Revisado
ANEXO A	Revisado