

	NORMA TÉCNICA	Página 1/15
Título: MEDIÇÃO DE ESPESSURA POR ULTRASSOM MANUAL		NTC-101
Aprovação Comissão de Política Tecnológica das Empresas Eletrobras – CPT	Vigência XX.XX.XXX	1ª Edição

- 1. OBJETIVO**
- 2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS**
- 3. DEFINIÇÕES**
- 4. CONDIÇÕES**
- 5. PROCEDIMENTO**
- 6. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO**
- 7. SEGURANÇA**
- 8. PERIODICIDADE**
- 9. ANEXOS**

1. OBJETIVO

Essa Norma Técnica visa padronizar as práticas de medição de espessura por ultrassom em ativos acabados ou em processo de fabricação.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- 2.1. NBRNM-ISO 9712 – Ensaio Não Destrutivo - Qualificação e Certificação de Pessoal em END.
- 2.2. NBR-15824 – Ensaio Não Destrutivo – Ultrassom – Medição de Espessura – 2010.
- 2.3. SNT-TC-1A - Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing.
- 2.4. ASTM E-797 - Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.
- 2.5. Asme Boiler and Pressure Vessel Code Section V – Nondestructive Examination – Artigo 5 – Edição 1989.
- 2.6. ABENDI – PR-036 – Ultra-Som – Medição De Espessura.
- 2.7. ABENDI – NA-01 – Ensaio Não Destrutivo – Qualificação de Pessoal.
- 2.8. ABENDI – DC-001 – Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaio Não Destrutivo.

3. DEFINIÇÕES

3.1. ABENDI

Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivo e Inspeção. Organismo de certificação Brasileiro que administra os procedimentos para a certificação de profissionais capacitados a executarem inspeção por técnicas de ensaios não destrutivos.

3.2. Acoplante

Substância viscosa utilizada para facilitar a transmissão do sinal ultrassônico entre o transdutor e o objeto de inspeção.

3.3. ASNT

American Society for Nondestructive Testing. Entidade de reconhecimento internacional destinada para atividades relacionadas às práticas de ensaios não destrutivos.

3.4. Bloco padrão

Instrumento utilizado na validação das medições realizadas por equipamento de ultrassom, possibilitando sua aferição.

3.5. Certificação

Procedimento utilizado pelo organismo de certificação para confirmar que os requisitos de qualificação para um método, nível e setor tenham sido atendidos, resultando na emissão de um certificado.

3.6. END

Ensaio não destrutivo. Técnicas aplicadas na inspeção e medição de ativos.

3.7. GRIDS

Malha utilizada para identificação dos pontos de medição.

3.8. Pontos de medição

Regiões pontuais onde são realizadas as medições de espessura.

3.9. Qualificação

Demonstração de aptidão física, conhecimento, habilidade, treinamento e experiência necessários para o desenvolvimento apropriado das técnicas de END.

3.10. RBC

Rede Brasileira de Calibração. Rede de laboratórios acreditados pelo Inmetro destinados a calibrar instrumentos de medição conforme procedimentos normalizados.

3.11. Transdutor

Dispositivo que contém um ou mais cristais piezoelétricos que, sob ação de um pulso de tensão elétrica, vibram em frequências na faixa do ultrassom.

4. CONDIÇÕES

4.1. Materiais a serem inspecionados

4.1.1. Aços carbono e aços baixa liga (Grupo 1) e aços inoxidáveis austeníticos (Grupo 8), com faixa de espessura entre 3 e 200 mm.

4.2. Instrumentos de medição

4.2.1. O instrumento de medição deve possuir leitor digital, com resolução de medição a partir de 0,1 mm. Os transdutores devem ser do tipo duplo cristal ou superior, com diâmetro inferior a 25 mm e faixa de frequência entre 2 e 5 Mhz, operando a temperaturas entre -10 °C a 400 °C. Todos os itens destinados a medição devem estar com suas respectivas calibrações dentro do prazo de validade, tendo sido realizada preferencialmente por laboratórios acreditados segundo a RBC ou, pelo menos, por laboratórios devidamente reconhecidos pela empresa contratante.

4.2.2 A Tabela 1 indica, como sugestão, modelos de instrumentos de medição e transdutores e suas principais características e requisitos, que podem ser utilizados. Em caso de compatibilidade, outros instrumentos/acessórios podem ser utilizados, desde que atendam minimamente os requisitos listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Instrumentos e transdutores sugeridos para a realização de medição de espessura

Instrumento		Transdutor				Cabo de Ligação	Faixa de Espessura [mm]	Temp. Máx. [°C]
Fabricante	Modelo	Modelo	Freq. [MHz]	Diâmetro do Cristal [mm]	Tipo			
Krautkämmer/ GE	DM4/DM4DL	DA301/ DA401	5	12,5	SE	DA231/ KBA533	1,2-200	-20 à +60,0
		DA312/ DA412	10	7,5	SE	DA235/ KBA535	0,6-50	-20 à +60,0
		HT400	5	12,7	SE	KBA535/536	1,2-250	Até 530
	DM4/DM4DL/ DM5E ⁽⁵⁾	DA317	5	12,5	SE	DA233/ KBA533	2-80	300,0
		HT400 ⁽³⁾	5	12,7	SE	KBA535/536	1,2-250	Até 530
	DM5E	DA501	5	12,5	SE	KBA533	1,2-200	60,0
		DA512	10	7,5	SE	⁽¹⁾	0,6-50	-20 à +60,0
	DMS2TC	DA401	5	12,5	SE	DA231/ KBA533	1,2-200	-20 à +60,0
		DA412	10	7,5	SE	DA235/ KBA535	0,6-50	-20 à +60,0
		TC560	5	15,5	⁽²⁾	KBA531	2,0-200	-20 à +60,0
		HT400	5	12,7	SE	KBA535/536	1,2-250	Até 530
	USMGo/DMSGo	DA501	5	12,5	SE	KBA533	1,2-200	60,0
		DA412 ⁽³⁾	10	7,5	SE	DA235/ KBA535	0,6-50	-20 à +60,0
		DA512 ⁽⁴⁾	10	7,5	SE	⁽¹⁾	0,6-50	-20 à +60,0
		DA317	5	12,5	SE	DA233/ KBA533	2-80	300,0
		HT400	5	12,7	SE	KBA535/536	1,2-250	Até 530
Olympus	26/26DL/26MG	D790-SM	5	11,0	SE	⁽¹⁾	1,5-125,0	450,0
		D794	5	7,2	SE		1,5-50,0	50,0
		D795	5,0	7,2	SE		1,5-50,0	50,0
		D799	5	11,0	SE		1,5-125,0	150,0
		D769	5	11,0	SE		1,5-50,0	300,0
		D797-SM	2	22,9	SE		4,0-100,0	300,0
Cygnus ⁽³⁾	2 e 3 ⁽⁵⁾	2,25 ⁽³⁾	2,25	13	N	⁽¹⁾	3,0-250	60,0
SIUI	SMARTOR ⁽⁵⁾	TGM5-10CL	5	10	SE	⁽¹⁾	0,8-200 3-100	-10 a +60

Notas:

- (1) Os cabos são conectados diretamente ao transdutor, não podendo serem desconectados.
- (2) Transdutor de 04 (quatro) cristais, específico para medição de espessura com o recurso de B-Scan.
- (3) Configuração exclusiva em aços carbono e aços baixa liga.
- (4) Configuração exclusiva em aços inoxidáveis.
- (5) Capacidade de medição sob camada de tinta.

4.3. Acoplantes

4.3.1 Para aços carbono e aços inoxidáveis, recomenda-se a utilização, como acoplantes: metil celulose, glicerina, vaselina, óleo, graxa ou outro com efeito semelhante para a medição de espessura a frio.

4.3.2 Para aço inoxidável austenítico, recomenda-se a utilização, como acoplantes: graxa, glicerina ou metil celulose.

4.3.3 Os acoplantes não devem conter mais que 1% em peso de resíduos de halogênios e enxofre.

4.3.4 Acoplantes oleosos só devem ser utilizados quando não prejudicarem a preparação e limpeza

da superfície para a realização de outros ensaios e/ou serviços.

4.3.5 Para temperatura entre 60 e 450 °C, deve-se utilizar acoplantes resistentes à alta temperatura, tais como a graxa Lubrax GAT 2, graxa Lubrax GMT 3, graxa Lubrax GCL-2-EP, acoplante Olympus E-4 ou G-4, sendo aplicado diretamente no transdutor e não na superfície a ser medida. Nestas condições, o transdutor deve ficar em contato com a superfície pelo tempo máximo recomendado pelo fabricante, porém nunca superior a 10 (dez) segundos. A Tabela 1 indica transdutores que podem ser utilizados em condições de alta temperatura.

4.4. Métodos de aferição

4.4.1. A aferição deve ser realizada em bloco padrão de material similar ao objeto sob inspeção, na qual o transdutor é acoplado nos degraus de espessura do bloco padrão e realiza-se o ajuste do instrumento de medição, a fim de que o mostrador indique a espessura nominal do referido degrau. Todos os componentes de medição devem seguir as orientações do item 4.2.1.

4.4.2. O bloco padrão deve ter tolerância de $\pm 0,05$ mm na espessura.

4.4.3. O instrumento é considerado apto para realizar medições, após o ajuste, com bloco padrão, para faixa de $\pm 25\%$ da espessura a ser medida. A comprovação da aferição do equipamento, deve ser verificada em 3 degraus do bloco de calibração com espessuras compreendidas dentro de $\pm 25\%$ da espessura nominal a ser medida. A diferença entre o valor lido e o valor real da espessura do bloco não pode exceder a 0,2 mm.

4.4.4. Para medições em temperaturas de até 60 °C, a calibração deve ser efetuada antes de cada jornada de trabalho e não deve ultrapassar 30 minutos sem ser verificada em serviço contínuo. Para medições em temperaturas entre 60 e 450 °C, a calibração deve ser efetuada a cada início de serviço, a cada faixa de espessura ou temperatura a ser medida, e no máximo a cada 10 medições de espessura à quente. Caso haja alteração na calibração, devem ser medidos todos os pontos do serviço já efetuada antes da re Checagem.

4.4.5. A cada interrupção do serviço, a calibração deve ser verificada antes de reiniciar as medições.

4.4.6 O bloco padrão deve possuir forma retangular, com degraus de espessuras variadas. A Figura 1 apresenta as dimensões sugeridas para a confecção de um bloco padrão. A calibração pode ser realizada em qualquer bloco de calibração, desde que respeitado o item 4.4.3 e que ele seja de material similar ao objeto a ser medido. A Tabela 2 apresenta as faixas de espessura aplicáveis de acordo com a espessura do degrau do bloco padrão.

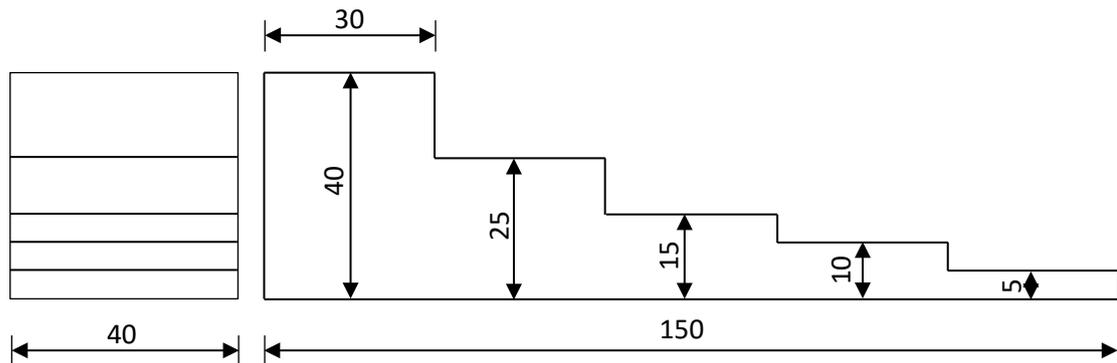


Figura 1 – Dimensões do bloco padrão a ser utilizado para calibração dos instrumentos de medição, cotas em [mm].

Tabela 2 – Tabela de calibração de instrumentos.

Espessura do bloco padrão [mm]	Faixa de espessura aplicável [mm]
5	3,8 – 6,3
10	7,5 – 12,5
15	11,3 – 18,8
25	18,8 – 31,3
40	30 – 50

4.4.7. Para instrumentos que possibilitem o ajuste do ganho, ele deverá ser verificado quando houver dificuldade em que se obtenha a leitura de uma determinada espessura.

4.4.8. Para instrumentos que possibilitem a medição de espessura sobre camada de tinta, essa função deverá estar desabilitada durante a aferição. Para instrumentos que reconheçam a camada de tinta automaticamente, não há a necessidade de realizar ajustes.

4.4.9. Para medições de espessura a temperaturas superiores a 60 °C, deve-se utilizar procedimentos de correção dos valores encontrados nos instrumentos. Os procedimentos de correção devem ser aceitos pela equipe contratante do serviço. Quando não se exige elevada precisão na correção dos valores, a equação (1) é indicada como procedimento de correção a ser utilizado.

$$E_c = E_q \cdot \frac{(V_{S_{bp}} - K\Delta T)}{V_{S_{bp}}}$$

onde:

E_c = espessura corrigida;

E_q = espessura medida à quente;

$V_{S_{bp}}$ = velocidade do som no bloco padrão à temperatura ambiente, em m/s;

K = constante de redução da velocidade em função do aumento da temperatura, igual a 1 m/s / °C;

ΔT = diferença entre as temperaturas na superfície do bloco padrão e na superfície do objeto a ser inspecionado, em °C.

4.4.10. Quando há a exigência de elevada precisão na correção de medições a quente, deve-se adotar as seguintes etapas:

- a) Calibrar o instrumento com um bloco padrão à temperatura ambiente;
- b) Realizar a leitura em um mesmo bloco padrão aquecido à temperatura de medição;
- c) Encontrar o fator de correção dividindo o valor de espessura à frio pelo valor de espessura a quente;
- d) Os valores medidos em campo deverão ser multiplicados pelo fator de correção.

4.5 Condição Superficial dos Pontos de Medição

4.5.1. As superfícies dos pontos de medição devem possuir condições adequadas para proporcionar o devido acoplamento com o transdutor. As superfícies devem ser lisas, livres de óxido, carepa, respingos de solda, produtos de corrosão, sujeiras e rebarbas, ou qualquer outra substância que possa comprometer o resultado de medição. Quando necessário, a superfície deverá ser preparada por raspagem, escovamento, lixamento ou esmerilhamento em uma área mínima de 25mm de diâmetro.

4.5.2 Caso a superfície possua películas de tintas, esse recobrimento deve ser retirado nos pontos de medição, sendo repintado em seguida conforme os procedimentos cabíveis. Caso o instrumento de medição possua o recurso de medição sobre a película de tinta, realizar as medições conforme manual do instrumento, desde que não haja dúvidas quanto à qualidade da aderência do recobrimento, ou seja, a camada de tinta deve estar íntegra, sem empolamentos, descolamentos, entre outros defeitos.

4.5.3. No caso de medição à quente, o resíduo do acoplante deve ser removido entre as medições.

4.5.4. Para aços inoxidáveis, as ferramentas de preparação da superfície devem ser de aço inoxidável ou revestidos com este material e os discos de corte e esmerilhamento devem ter alma de nylon ou similar.

4.6 Qualificação e Certificação da Equipe

4.6.1 As medições de espessura devem ser realizadas por profissionais qualificados e certificados segundo os critérios de preferência listados abaixo:

1. Norma NBRNM-ISO 9712.
2. Base normativa Abendi.
3. Base normativa ASNT.
4. Base normativa da empresa contratante.

5. PROCEDIMENTO

5.1. Mapeamento dos pontos de medição

5.1.1. O mapeamento dos pontos aplicando-se o método de GRIDS é destinado a tubulações em geral. Para outros componentes, como vasos de pressão, devem ser consultadas as normas correspondentes.

5.1.2. Os objetos de medição devem ser delimitados em áreas inseridas com linhas circunferenciais e longitudinais ("*grid line*"). Os pontos de medição, são os pontos de encontro dessas linhas, que

deverão estar marcados permanentemente, possibilitando assim a repetibilidade da medição em inspeções subsequentes.

5.1.3. A distância entre as linhas circunferenciais do "Grid" será função do diâmetro da tubulação, conforme os requisitos dos próximos itens.

5.1.4. A defasagem das linhas longitudinais do "Grid" deverá ser de 30°, ou seja, diâmetro externo da tubulação dividido por 12, para diâmetros maiores ou iguais que 6".

5.1.5. Para tubulações com diâmetro maior que 1" e menor ou igual a 2 1/2", a defasagem das linhas longitudinais do "Grid" deverá ser de 90°, ou seja, diâmetro externo da tubulação dividido por 4.

5.1.6. Para tubulações com diâmetro maior que 2 1/2" e menor que 6", a defasagem das linhas longitudinais do "Grid" deverá ser de 45°, ou seja, diâmetro externo da tubulação dividido por 8.

5.1.7. A área de medição deverá cobrir, além do elemento a ser medido, também 2(dois) diâmetros a jusante da segunda solda do elemento (curva, redução, tê, válvula) e a jusante da placa de orifício para o caso de tubo reto.

5.1.8. As figuras presentes no Anexo I exemplificam a aplicação dos "Grids" de Medição em vários tipos de elementos (curva, tê, redução, placa de orifício e válvula).

5.1.9. A identificação de cada ponto do "Grid" deverá ser alfanumérica, sendo os números a localização no plano axial do elemento, isto é, são as linhas circunferenciais, e sendo as letras a localização no plano radial do elemento, isto é, são as linhas longitudinais.

Exemplo: ponto A10.

A – primeira linha longitudinal, situada na posição 12 horas do elemento 10 – décima linha circunferencial.

5.1.10. A primeira linha no plano axial, ou seja, linha circunferencial, deverá ser iniciada a 30mm da margem da primeira solda e quando necessário à medição além dos elementos (curva, tê, redução, placa de orifício e válvula) a linha não deverá exceder a distância 30 mm a partir da margem da segunda solda para tubulações acima de 4".

5.1.11. A varredura deve obedecer ao sentido horário, seguindo o perímetro do tubo, da esquerda para a direita.

5.2. Medição de espessura

5.2.1. Antes de iniciar a medição de espessura, o inspetor deve verificar o tipo de material e a espessura nominal da peça, para determinar qual o bloco padrão e transdutor que serão utilizados.

5.2.2. O equipamento de medição deve atender os requisitos descritos no item 4.4.3.

5.2.3. Estando o aparelho calibrado, deve-se fazer as medições previstas anotando com marcador industrial ou giz as espessuras obtidas ao lado dos pontos medidos (quando possível). Para marcações em aço inoxidável austenítico as substâncias não devem conter mais que 1% em peso de resíduos de halogênios e enxofre.

5.2.4. Deve-se verificar a posição correta do transdutor na direção longitudinal para dutos e tubulações.

5.2.5. Deve-se verificar a necessidade de retirada da camada de tinta do equipamento a ser inspecionado, de acordo com os recursos do instrumento de medição. Caso seja necessária a sua retirada, a reposição da tinta deverá ocorrer de acordo com os procedimentos cabíveis, após a conclusão das medições.

5.2.6. Em pontos de perda de carga em tubulações, é recomendada a medição em pontos distantes de, no máximo, o dobro do diâmetro da tubulação. Caso esses pontos estejam abaixo do critério de aceitação de espessura, deve-se extrapolar essa distância, medindo pontos adicionais.

5.2.7. Deve-se elaborar o Protocolo de Medição de Espessura por Ultrassom, conforme Anexo II, assinalando claramente os locais onde foram executadas as medições.

5.2.8. Deve-se emitir relatório contendo todas as informações possíveis a respeito do ensaio.

6. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

6.1. Na inspeção de fabricação e montagem, todos os itens com espessuras abaixo do mínimo estabelecido em suas especificações nominais de projeto são considerados inaceitáveis, sendo necessário reparo ou substituição do item.

6.2. Na inspeção em serviço, todos os itens com espessuras abaixo do mínimo estabelecido em suas especificações de projeto ou das normas vigentes deverão ser analisados pela equipe de Engenharia, que avaliará a decisão a ser implementada.

7. SEGURANÇA

7.1. A equipe de segurança do trabalho local deverá avaliar as condições de segurança e ambientais antes de serem iniciadas as atividades de inspeção, respeitando-se as Normas Reguladoras pertinentes, atendendo a todos os seus critérios.

8. PERIODICIDADE

8.1. Os ativos a serem inspecionados devem obedecer a periodicidade de medição conforme os critérios descritos em normas, procedimentos e leis complementares cabíveis.

9. ANEXOS

Anexo I – Exemplos de Grids de Medição.

Anexo II – Protocolo de Medição de Espessura por Ultrassom.

Anexo I – Exemplos de Grids de Medição.

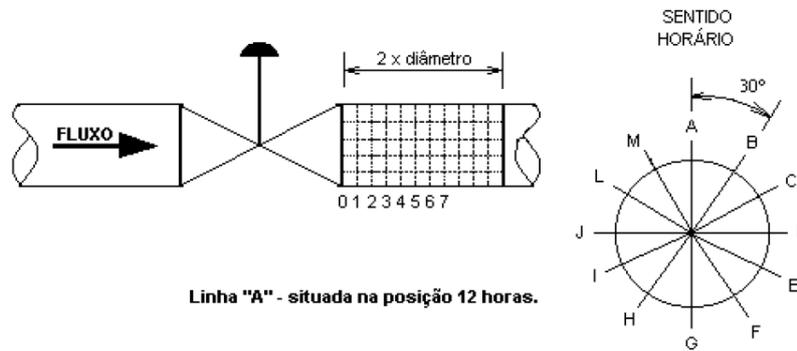


Figura AI-1 – Grid para válvulas.

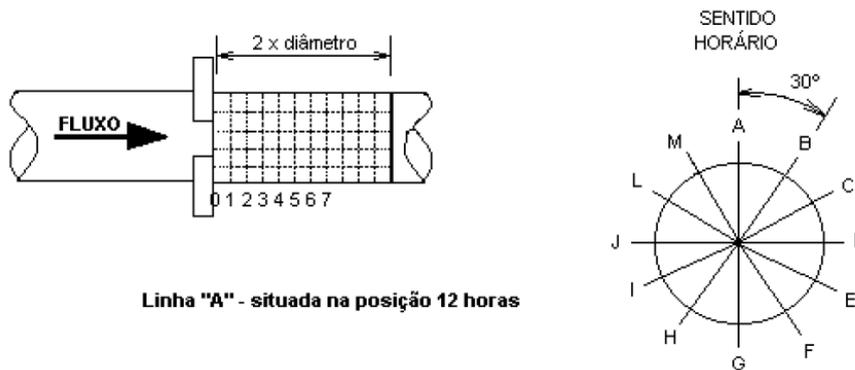


Figura AI-2 – Grid para placa de orifício.

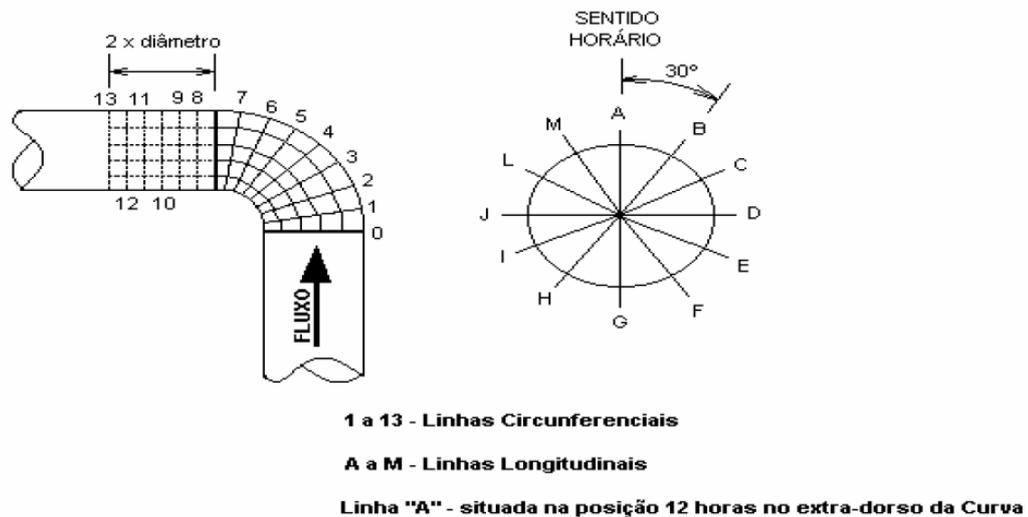
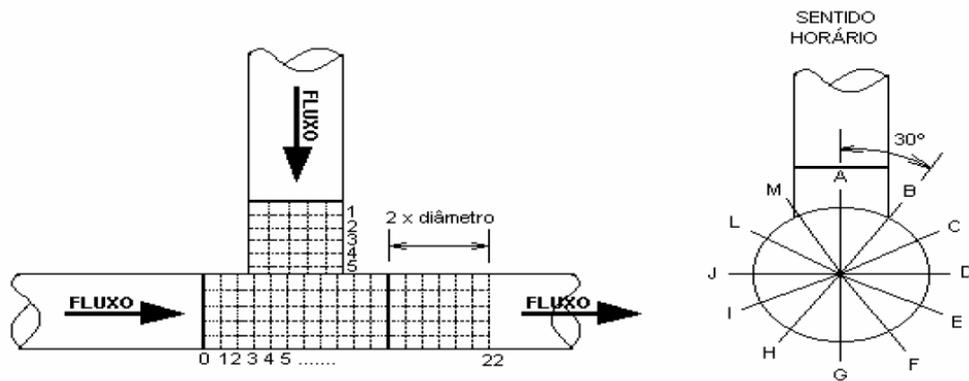
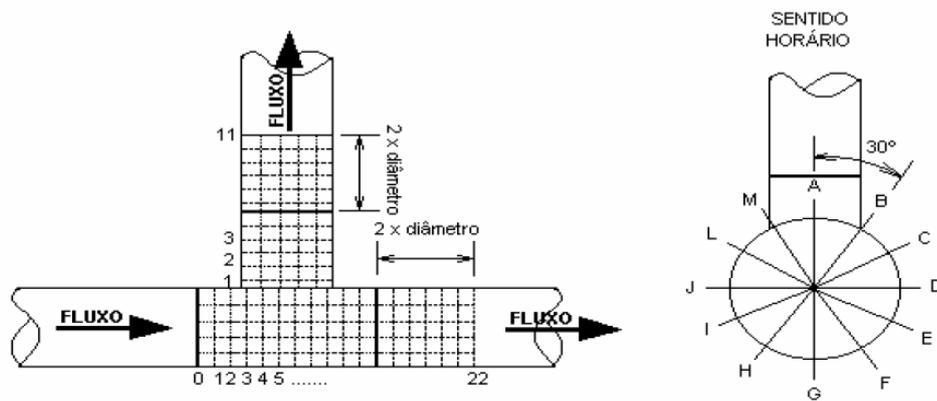


Figura AI-3 – Grid para curvas.



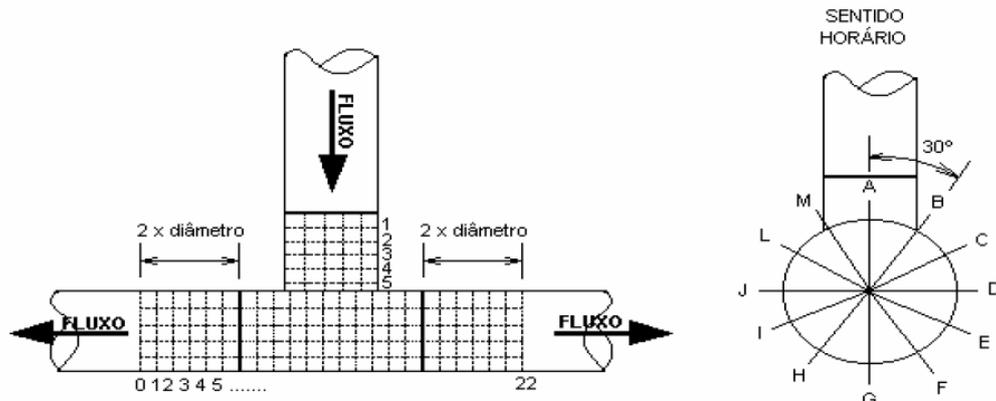
Posicionamento das Linhas Longitudinais(A a M) nas partes horizontal e vertical do TÊ :
Horizontal - situada na posição 12 horas
Vertical - situada na interseção da linha "A" da parte horizontal com a linha de centro da parte vertical

Figura AI-4 – Grid para o primeiro caso de uma junta em "T".



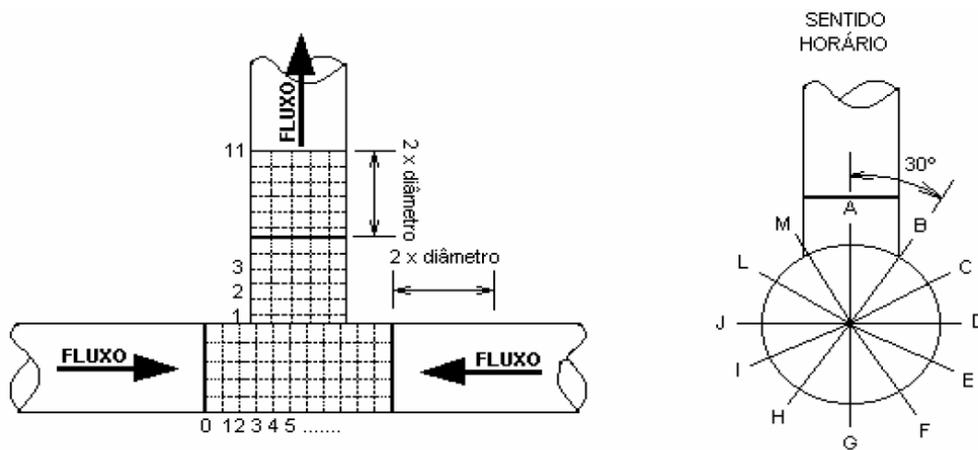
Posicionamento das Linhas Longitudinais(A a M) nas partes horizontal e vertical do TÊ :
Horizontal - situada na posição 12 horas
Vertical - situada na interseção da linha "A" da parte horizontal com a linha de centro da parte vertical

Figura AI-5 – Grid para o segundo caso de uma junta em "T".



Posicionamento das Linhas Longitudinais(A a M) nas partes horizontal e vertical do TÊ :
Horizontal - situada na posição 12 horas
Vertical - situada na interseção da linha "A" da parte horizontal com a linha de centro da parte vertical

Figura AI-6 – Grid para o terceiro caso de uma junta em "T".

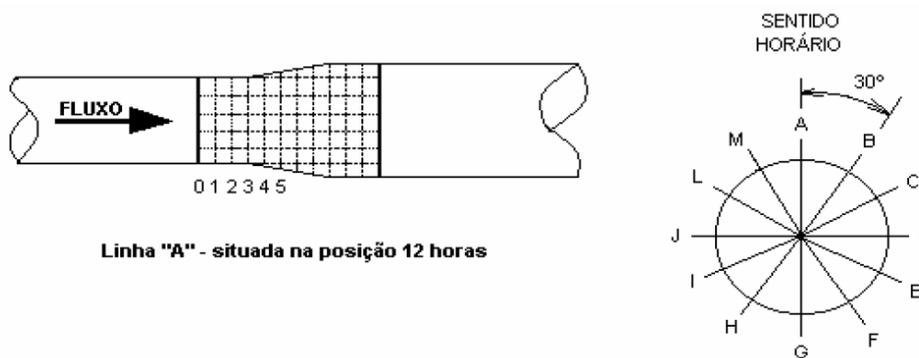


Posicionamento das Linhas Longitudinais(A a M) nas partes horizontal e vertical do TÊ :

Horizontal - situada na posição 12 horas

Vertical - situada na interseção da linha "A" da parte horizontal com a linha de centro da parte vertical

Figura AI-6 – Grid para o quarto caso de uma junta em "T".



Linha "A" - situada na posição 12 horas

Figura AI-7 – Grid para redução.

CROQUIS/OBSERVAÇÃO

LOCAL DATA ____/____/____ INSPETOR NÍVEL II	LOCAL DATA ____/____/____ INSPETOR NÍVEL III	LOCAL DATA ____/____/____ SUPERVISOR
--	---	--