

1. OBJETIVO

Descrever processos de traçagem de gabaritos de forma para vasos de pressão com tampos elípticos, semi-elípticos, torisféricos, e hemisféricos; utilizados no Processo de Qualificação de Pessoal, nos exames de Controle Dimensional.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ASME VIII – Rules for Construction of Pressure Vessels

3. TERMINOLOGIA

Anel enrijecedor – anel externo ou interno ao costado do vaso, feito em perfil metálico com a qualidade de enrijecer o costado.

4. RECURSOS

- 1 escala metálica graduada em mm, de 300 mm ou superior;
- 1 trena de 3 m;
- 1 cintel ou compasso de traçagem;
- 1 riscador;
- 1 Curva francesa ou régua flexível;
- 1 Esquadro metálico;
- 1 prancheta;
- 1 esferográfica;
- 1 lapiseira
- 1 calculadora
- Panos de limpeza;

Os instrumentos a serem empregados devem estar calibrados e com a data de calibração dentro da validade.

5. EXECUÇÃO

Para gabaritos externos, deverá ser somada a espessura da chapa no raio do tampo.

O seguinte roteiro deve ser seguido na confecção de gabaritos de forma para tampos de vasos de pressão externa e interna.

5.1 Método ASME VIII

Para se empregar as tabelas do ASME, na definição do perfil do tampo, é preciso conhecer as dimensões L, Do e t do vaso:

a) Determinar as dimensões L, Do e t do vaso, onde:

- Do = diâmetro externo do trecho cilíndrico do casco ou tubo, ou diâmetro externo da esfera.
- L = comprimento total do tubo entre (virolas) cascos, ou comprimento de projeto da secção do vaso, tomada como a maior das seguintes:
 - (1) distância entre as linhas de tangências do tampo mais um terço da profundidade de cada tampo formado, se não existir anéis enrijecedores (excluindo tampos cônicos e secções cônicas);
 - (2) distância entre a junção do cone-cilíndrico para vasos com um cone ou com tampos cônicos se não existir anéis enrijecedores;

- | (3) a maior distância centro a centro entre os anéis enrijecedores;
- (4) a distância do centro do primeiro anel enrijecedor até a linha tangente ao tampo formado, mais um terço da sua profundidade (excluindo tampos cônicos e secções); todas medidas paralelas ao eixo do vaso;
- (5) a distância do primeiro anel enrijecedor no cilindro até a união cone-cilindro;
- (6) o comprimento equivalente dos tampos cônicos e secções como dado em UG-33(b) e (f).
- (7) para esferas L é a metade do diâmetro externo Do;

(8) para cones e secções cônicas:

$L_e = 0,5L (1 + D_s/D_e)$, onde:

Ds = diâmetro menor do cone

De = diâmetro maior do cone

L = comprimento da secção cônica

Le = comprimento equivalente da secção cônica e em qualquer secção transversal, tendo em diâmetro externo de Dx

$L = L_e(D_e/D_x)$; $D_o = D_x$

- t = espessura mínima requerida do casco cilíndrico ou tubo, ou casco esférico, excluída a sobre-espessura de corrosão.

b) Definir o comprimento do arco do gabarito de forma consultando a fig. UG 29.2. Para consulta da fig. UG 29.2 é preciso definir L/Do e Do/t. Com L/Do e Do/t entrar na fig. UG 29.2 e definir o arco. O comprimento da corda do gabarito é igual a duas vezes o comprimento do arco definido em UG 29.2.

c) Depois de definido o gabarito de forma, deve-se consultar a fig. UG 80.1 e definir o desvio máximo permitido de circularidade (e) a ser empregado com o gabarito definido.

5.2 Tampo Semi-elíptico

5.2.1 Introdução

Adotam-se tampos com curvaturas elípticas por ser o perfil de maior resistência a pressão interna; sua resistência é praticamente igual ao do cilindro de mesmo diâmetro.

A elipse é uma curva que é formada por um ponto que se move em um plano de forma que a soma das distâncias deste ponto a outros dois (estes dois pontos se chamam focos), que permanecem fixos, é sempre a mesma.

De acordo com a figura 1, o ponto móvel está representado com as letras B, C e D, e os focos pelas letras F e F'.

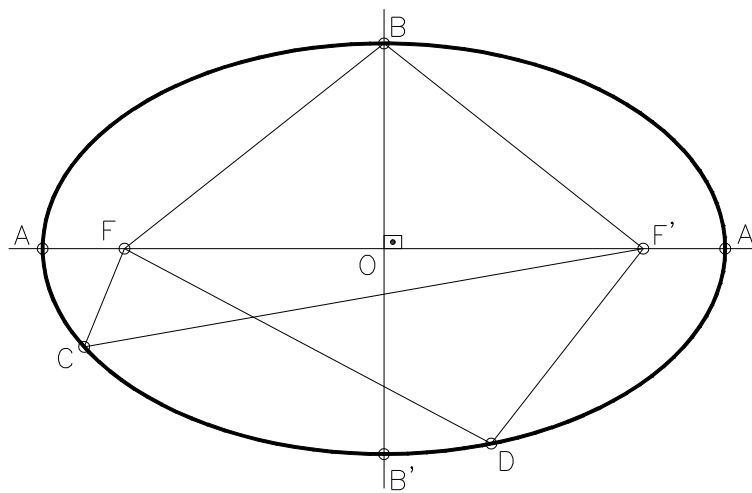


Figura 1

Elementos da elipse:

Centro: O

Vértices: $\overline{AA'}$ - $\overline{BB'}$

Focos: F e F'

Eixo maior: $\overline{AA'}$

Eixo menor: $\overline{BB'}$

$\overline{FB} = \overline{BF'} = \overline{AO} = \overline{OA'}$

Distância entre focos: $\overline{FF'} = 2\sqrt{(\overline{FB})^2 - (\overline{BO})^2}$

Raios vetores: $\overline{FB}$, $\overline{BF'}$, $\overline{F'D}$, $\overline{DF}$, $\overline{FC}$, $\overline{CF'}$, etc...

5.2.2 Traçado da elipse

- a) Primeiro procedimento – do foco F (figura 2), traça-se um arco com um raio qualquer, desde que não seja maior que a distância $\overline{FA'}$, e depois a partir de F' como centro se traça outro arco (este arco já não pode ter um raio qualquer, mas têm que ser a diferença do eixo maior $\overline{AA'}$ e à distância do arco primitivo) que corte o anterior obtendo-se o ponto D. Da mesma forma se obtém os pontos que sejam convenientes e em seguida deve-se uni-los com uma régua flexível.

1º - $\overline{FA'} > \overline{FD} > \overline{FF'}$

2º - arco FD

3º - $\overline{F'D} = \overline{AA'} - \overline{FD}$

4º - arco F'D

5º - arco $\overline{FD} \cap \overline{F'D}$

6º - ponto D

7º - ponto D → ponto C → ponto G → ponto E

8º - repetir o processo com $\overline{FD'} \neq \overline{FD}$ e $\overline{FA'} > \overline{FD'} > \overline{FF'}$

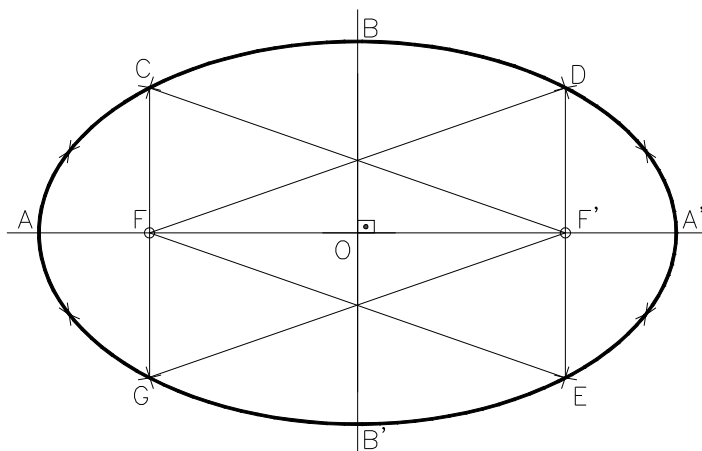


Figura 2

- b) Segundo procedimento: Do centro O (figura 3), traçam-se duas circunferências, sendo uma como o mesmo raio do maior eixo e a outra com o raio do menor. Traça-se uma reta partindo de um ponto qualquer C, posicionado na circunferência maior até o centro O, cruzando a circunferência menor no ponto C'. De C se traça uma paralela ao eixo vertical e de C', outra paralela ao eixo horizontal, determinando na intersecção o ponto C1, que é o ponto por onde passa a curva da elipse. Desta mesma forma se determinam mais pontos e depois uni-los com uma régua flexível.

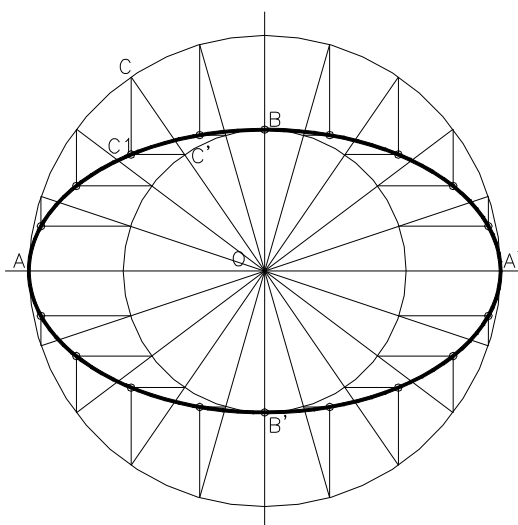


Figura 3

- c) Terceiro procedimento: divide-se a distância AO (figura 4) em um número qualquer de partes iguais; em seguida, levanta-se uma perpendicular no ponto A, formando um segmento de mesmo comprimento de $\overline{OB}$, que deve ser dividido em tantas partes como o segmento anterior ($\overline{AO}$). Os pontos desta divisão devem ser unidos ao vértice B e os pontos da divisão do eixo maior $\overline{AO}$ devem ser unidos ao vértice B'. Os pontos de intersecção das semi-retas determinam a passagem da curva elíptica.

1º - divisão de $\overline{AO}$ em partes iguais

2º - $\perp \overline{AA'}$ no ponto A'

3º - $\parallel$ a $\overline{AA'}$ no ponto B

4º - 2º e 3º $\rightarrow$ ponto C

5º - divisão de $\overline{AC}$ em partes iguais. Nº de partes de $\overline{AC} = \text{nº de partes de } \overline{AO}$

6º - retas a partir de B' , interceptam retas a partir de B $\rightarrow$ pontos da elipse.

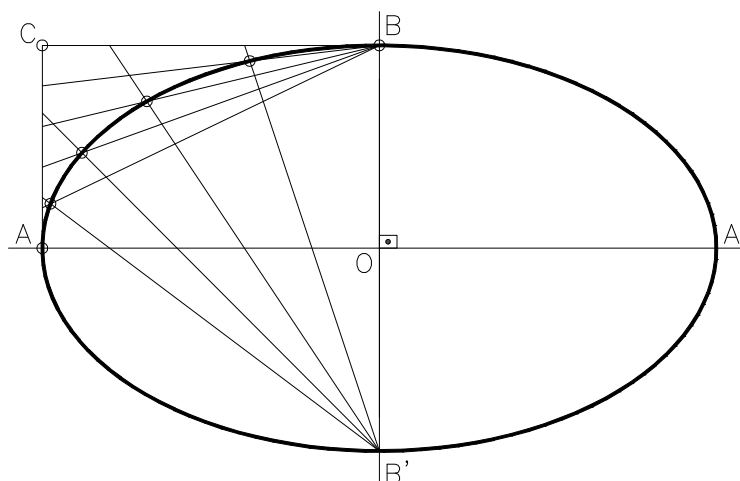


Figura 4

5.3 Tampo Torisférico

5.3.1 Introdução

5.3.1.1 Tampos torisféricos são tampos que possuem uma calota esférica de raio interno **R**, e um raio interno de concordância **r**, conforme mostrado na figura 5.

5.3.1.2 Pelo código ASME, seção VIII divisão 1, admite-se tampos torisféricos cujo valor do raio de concordância seja no mínimo igual a 6% do raio interno da calota esférica, e o raio interno da calota esférica igual à no máximo o diâmetro externo da saia do tampo.

5.3.1.3 Admitem-se também tampos com outras proporções. De todos os perfis torisféricos com relação de semi-eixos 2:1, o perfil em que se tem o raio curto $r = 0,1727D$, e o raio longo $R = 0,9047D$, é o que mais se aproxima da elipse. Esse perfil é conhecido como “falsa elipse”.

5.3.1.4 O procedimento para traçagem da oval ou “falsa elipse” é o que segue.

5.3.1.4.1 Unem-se os vértices A e B (figura 5). Tendo O como centro, traça-se um arco de raio $\overline{OA}$ até cortar o prolongamento do eixo vertical, obtendo-se assim o ponto A'' ; depois, com centro em B, traça-se outro arco de raio $\overline{BA}$ até cortar a reta que une os vértices A e B, obtendo-se assim o ponto A_1 ; na sequência, traça-se uma perpendicular no ponto médio da reta $\overline{AA_1}$, que corta o eixo X no ponto O_1 até atingir o ponto O_2 , no eixo Y.

5.3.1.4.2 Na continuação com um raio igual à distância O_1A traça-se um arco com centro em O_1 , até cortar a reta que une os centros O_1 e O_2 ; na sequência traça-se outro arco com centro em O_2 e com raio igual a $\overline{O_2B}$, até cortar a reta que os une.

5.3.1.4.3 Desta forma obtém-se um quadrante, portanto, os demais quadrantes traçam-se de forma similar por estarem em simetria.

1º - raio $\overline{OA} \rightarrow$ ponto A''

2º - centro B – raio $\overline{BA} \rightarrow A_1$

3º - $\perp \overline{AA_1} \rightarrow O_1$ e O_2

4º - centro O_1 – raio $\overline{O_1A}$ (arco menor)

5º - reta $\overline{O_1O_2} \cap \overline{O_1A} \rightarrow P$

6º - raio O_2P e centro em $O_2 \rightarrow$ arco maior PB

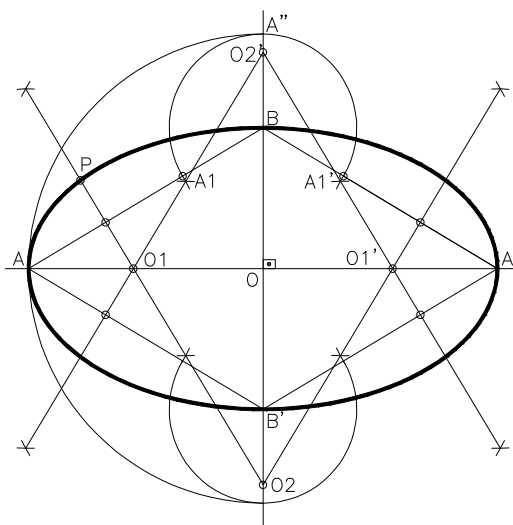


Figura 5

5.3.2 Traçado do tambo

5.3.2.1 Para a traçagem de tampos torisféricos (figura 6), deve-se conhecer um número suficiente de variáveis envolvidas, de forma a permitir a definição dos valores do diâmetro interno da saia do tambo (D), do raio interno da calota esférica (RL) e do raio interno de concordância (r).

5.3.2.2 Com a definição desses valores, traça-se uma reta AB representando o diâmetro da saia do tambo (D). No ponto médio da reta AB, traça-se uma reta perpendicular l_c , sobre a qual será marcado o ponto E, obtido através de segmento de reta, a partir de C e/ou F.

5.3.2.3 O raio interno da calota esférica (RL) corta o raio de concordância nos pontos de tangência G e I.

5.3.2.4 Para valores de diâmetro interno variando entre 300 mm e 800 mm, adota-se $h=20$ mm e para diâmetro interno variando entre 800 mm até 1000 mm, adota-se $h=25$ mm.

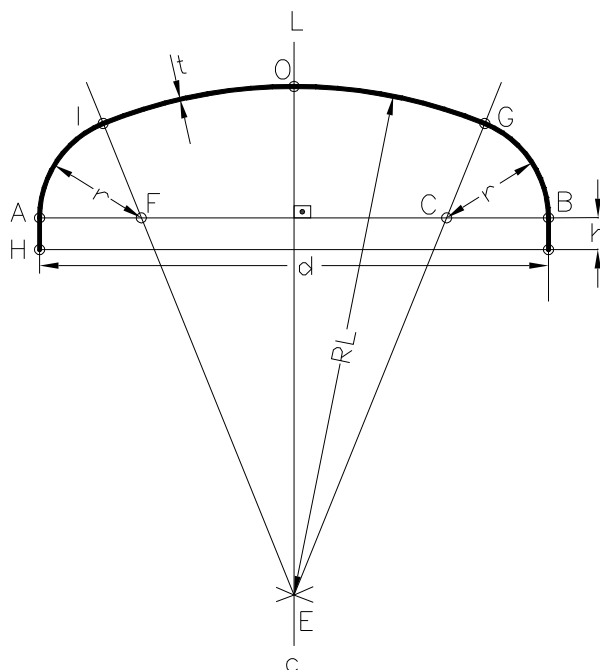


Figura 6

5.3.2.5 Na tabela 1 são mostrados os valores da relação R/r .

Tabela 1

Valores de M para o cálculo de tampos toriesféricos (transcrita da TABELA 1-4.2 do código ASME, seção VIII).											
R/r	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
M	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
R/r	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
M	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
R/r	9.5	10.00	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16 ² / ₃
M	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

5.4 Traçados de arcos de raio grande

5.4.1 Para construir o gabarito quando o raio de curvatura do vaso for muito grande, o seguinte processo pode ser empregado para definir pontos do arco do gabarito e com isso permitir seu traçado:

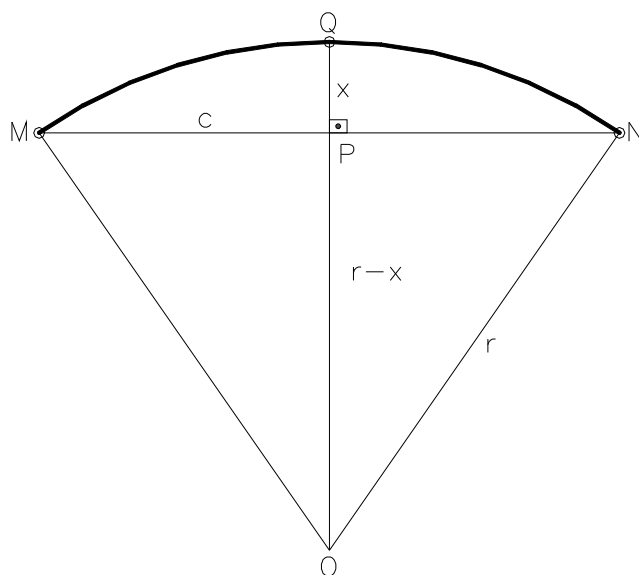


Figura 7

5.4.2 A flecha x é definida, a partir das relações de PITÁGORAS, por:

$$X = r - \sqrt{r^2 - C^2}$$

5.4.3 A partir da fórmula acima poderemos determinar o número de pontos que desejarmos simplesmente definindo a flecha do arco MQ pelo mesmo processo, depois a flecha da metade do arco MQ (figura 7), e assim por diante.

5.4.4 Definido um número de ponto do arco, este deve ser traçado com auxílio de uma curva francesa ou outro instrumento auxiliar.

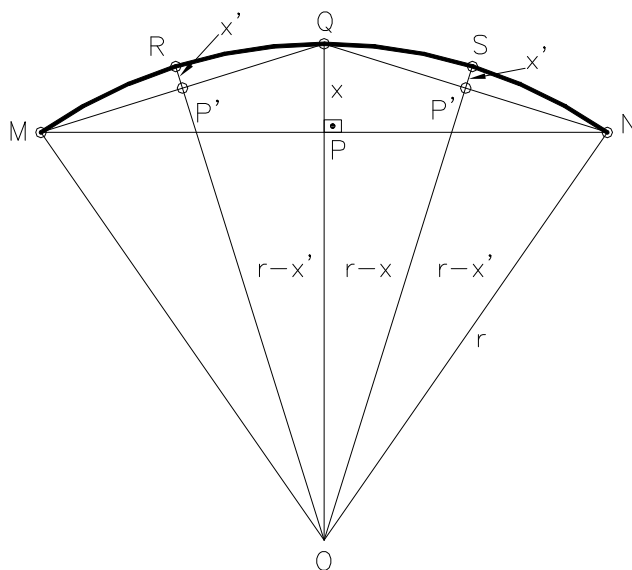


Figura 7

5.4.5 Para tampos hemisféricos ou para qualquer porção esférica de tampos torisféricos ou elipsoidais o ASME VIII também requer a confecção de gabaritos de forma. A determinação da curvatura do tampo e do gabarito se torna muito simples, por requerer somente a definição do centro e tamanho do raio, portanto, a

semicircunferência pode ser traçada por uma simples passada de um compasso, sem precisar determinar pontos da curva para o traçado.

5.4.6 Quando se trata de traçar arcos de raio grande (figura 8), para os quais o compasso não tem capacidade, pode-se obter o traçado da seguinte forma:

5.4.7 Se traça uma semi-corda $\overline{AC}$, depois a flecha $\overline{CD}$, a partir de D se traça uma linha indefinida, paralela à semi-corda. Depois se levanta uma perpendicular no ponto A até cortar a linha indefinida no ponto E, ligam-se os pontos D e A por meio de uma reta, e no ponto A se levanta uma perpendicular a esta reta, até cortar no ponto F. Divide-se distância $\overline{FD}$ em partes iguais (quanto mais partes, melhor) obtendo-se os pontos a, b e c; depois se divide a semi-corda em tantas partes como a anterior (quatro, neste caso) e se une estes pontos com os anteriores. Na sequência, se divide a distância $\overline{AE}$ em tantas partes como as anteriores, obtendo-se os pontos a1, b1 e c1, ligam-se estes pontos com o ponto D e obtêm-se as retas $\overline{aa_1}$, $\overline{bb_1}$, $\overline{cc_1}$ obtendo-se os pontos a2, b2 e c2, que são pontos por onde tem que passar o arco. Ligam-se estes pontos com uma régua flexível, determinando-se assim, o arco desejado.

1º - semi - corda $\overline{AC}$

2º - flecha $\overline{CD}$

3º - // a $\overline{AC}$ a partir de D

4º - $\perp \overline{AD}$ no ponto A $\rightarrow$ ponto F

5º - dividir $\overline{FD}$ em partes iguais

6º - dividir $\overline{AE}$ em partes iguais

7º - nº de partes de $\overline{AC} = \text{nº de partes de } \overline{AE}$

8º - traçar segmentos $\overline{aa_2}$, $\overline{bb_2}$ e $\overline{cc_2}$

9º - traçar segmentos $\overline{Da_1}$, $\overline{Db_1}$ e $\overline{Dc_1}$

10º - intersecção $\overline{aa_2} \cap \overline{Da_1}$, $\overline{bb_2} \cap \overline{Db_1}$, $\overline{cc_2} \cap \overline{Dc_1}$

11º pontos da circunferência

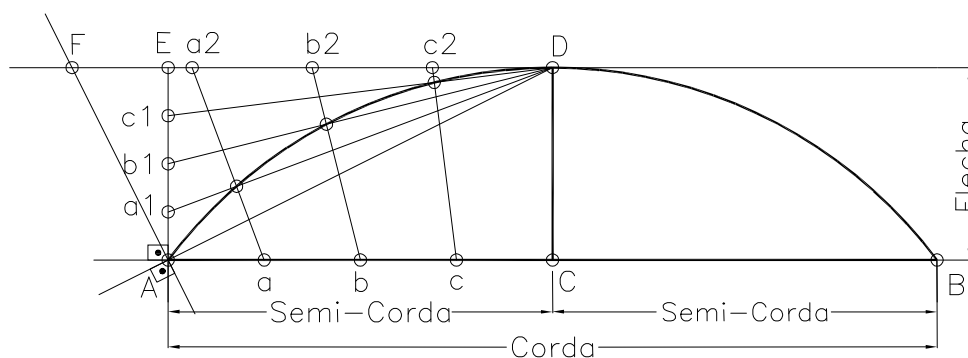


Figura 8

6. REGISTROS

6.1 O registro de resultados, assim como os dados do executante, deve ser registrado na própria placa de alumínio que o candidato usa na execução da prova.

6.2 Os traços de contorno e linhas de solda e de tangência, assim como os dados do executante devem ser transcritos para o papel manteiga fornecido.