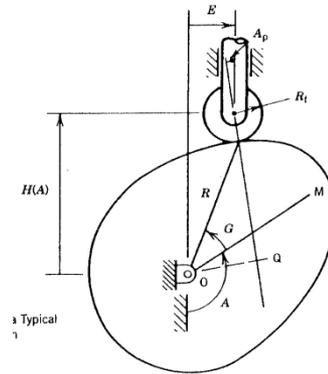


FIGURE 4.7 Cam With Flat-Faced Translating Follower



# Mecanismos

Prof. Jorge Luiz Erthal  
[jorge.erthal@ufpr.br](mailto:jorge.erthal@ufpr.br)

## Cames

Síntese para seguidor de translação

# Nesta aula

- Síntese de cames com seguidor de translação de face plana
  - Comprimento da face do seguidor
  - Coordenadas do perfil da came
  - Tensões de contato
- Síntese de cames com seguidor de translação de rolete
  - Coordenadas do perfil da came
  - Ângulo de pressão
  - Tensões de contato
  - Tamanho do rolete



# Seguidor de translação de face plana

$H(A)$  – posição do seguidor

$A$  – ângulo de posição da came

$$H(A) = R_0 + f(A)$$

$(R, G)$  – coordenadas polares do ponto de contato da came com o seguidor

$D$  – distância do ponto de contato ao longo da face do seguidor

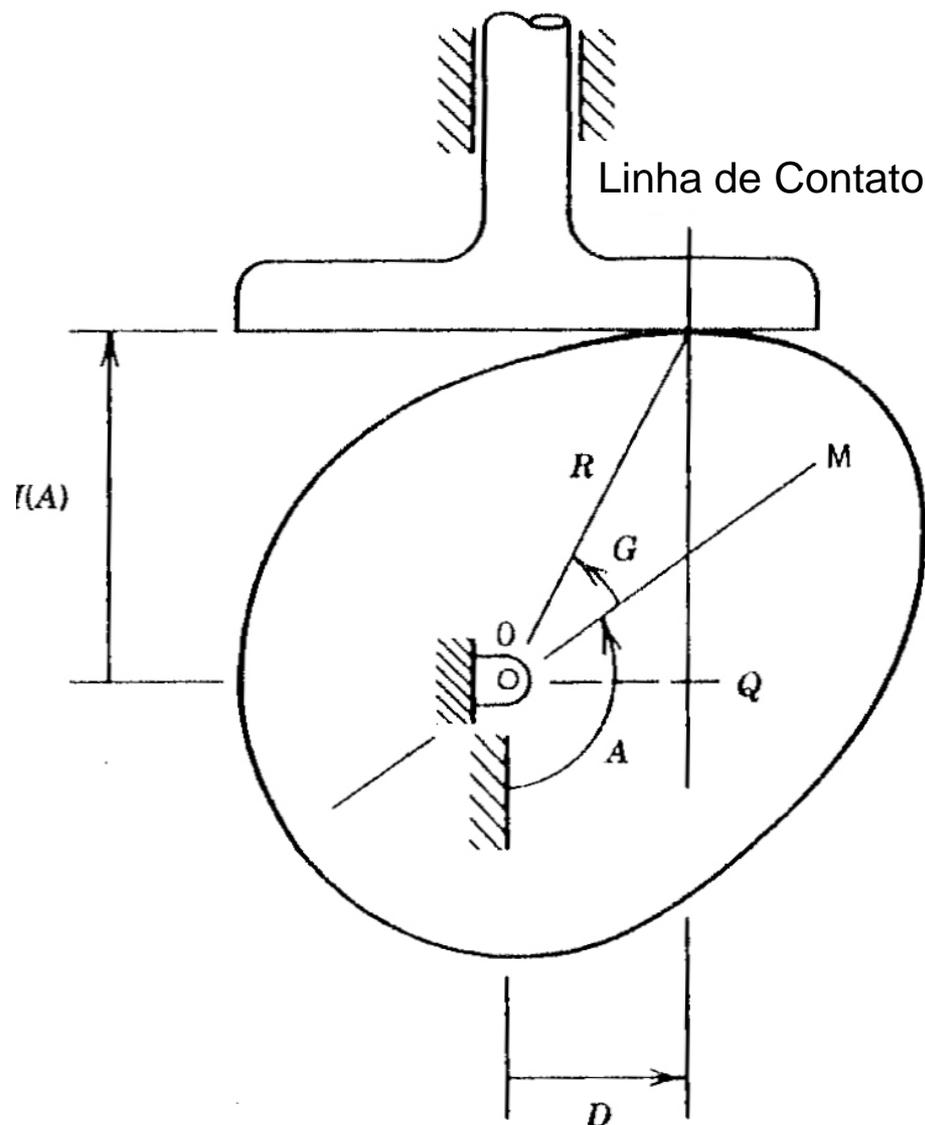


FIGURE 4.7 Cam With Flat-Faced Translating Follower

# Seguidor de translação de face plana

Condição de contato permanente

$$V_c = V_f$$

$$V_c = \dot{A} \cdot \overline{OQ} = \dot{A} \cdot D \text{ (teorema)}$$

$$V_f = \dot{H} = \frac{d}{dt}(R_0 + f(A)) = \dot{A} \cdot f'(A)$$

$$\dot{A} \cdot D = \dot{A} \cdot f'(A)$$

$$D = f'(A)$$

Esta expressão permite calcular o comprimento da face do seguidor

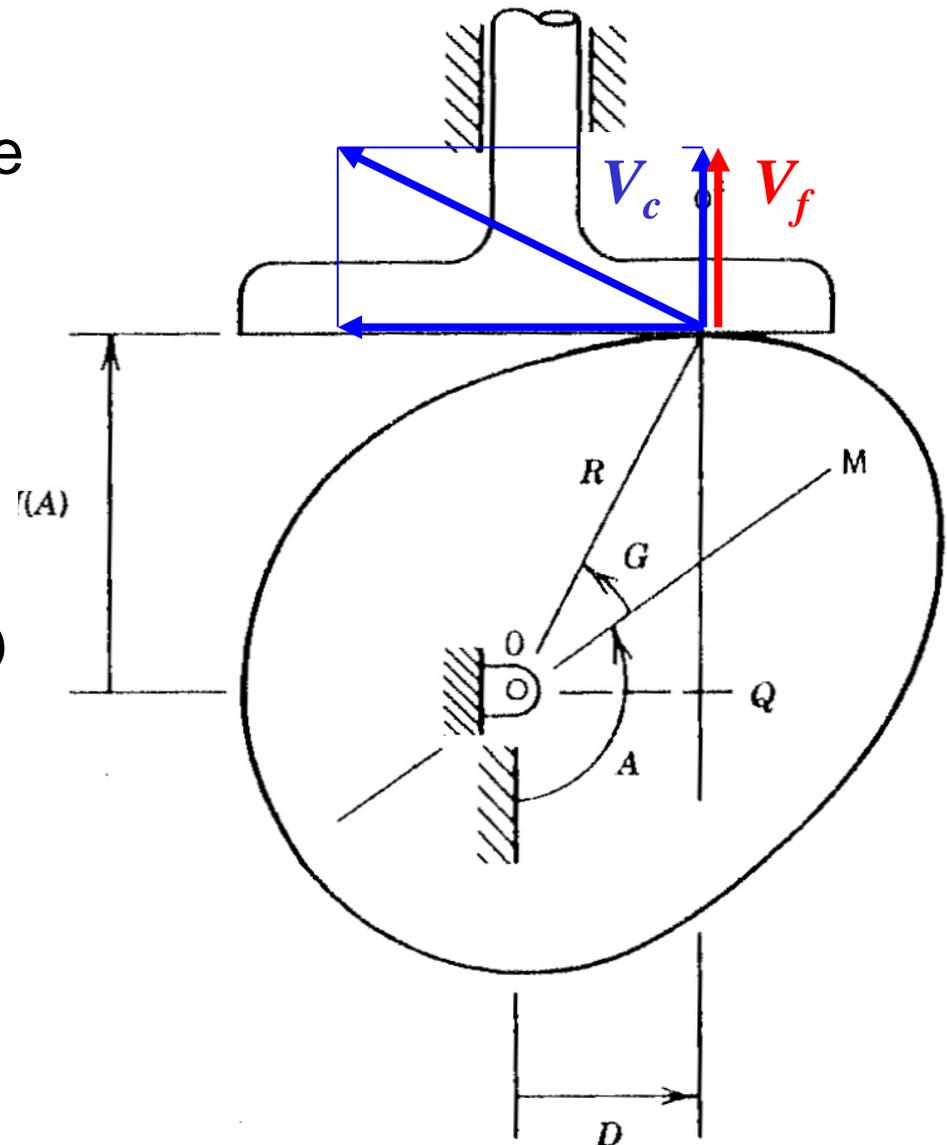


FIGURE 4.7 Cam With Flat-Faced Translating Follower

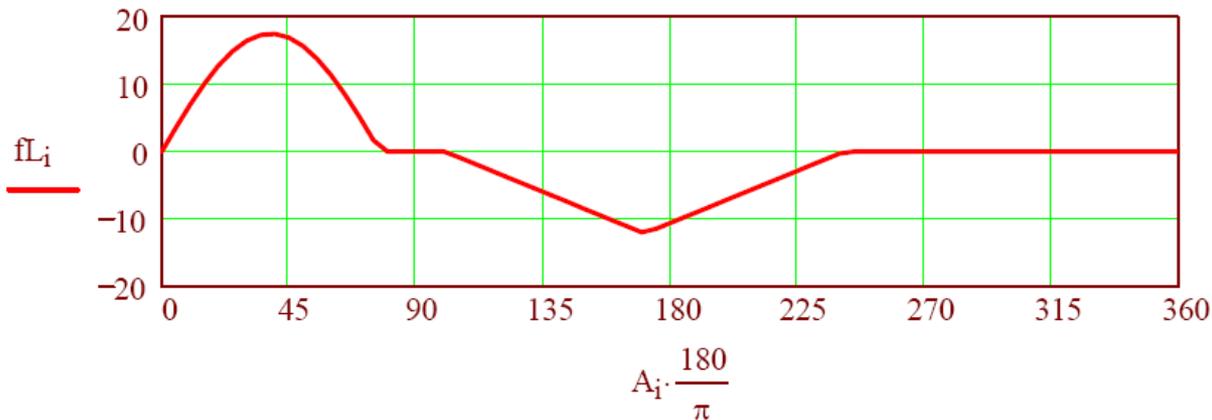
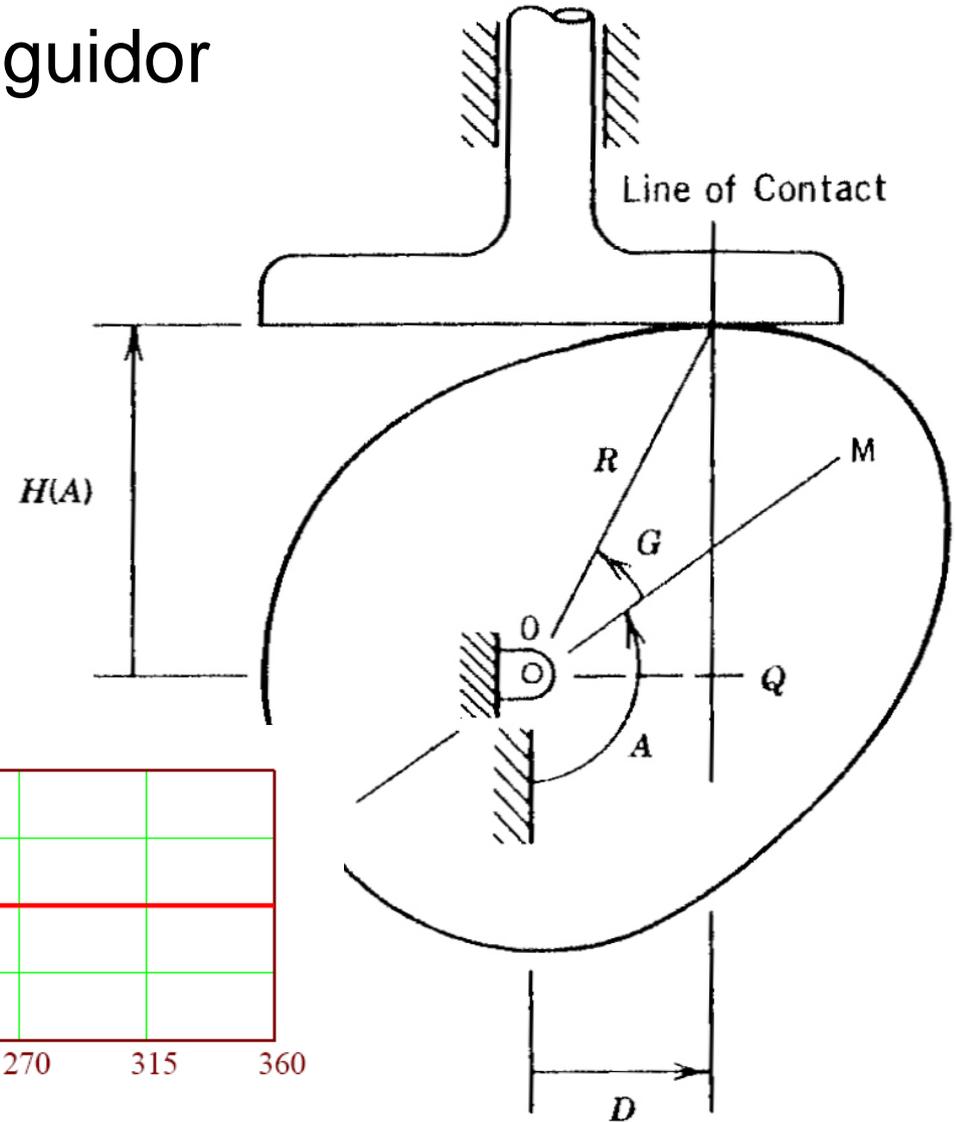
# Seguidor de translação de face plana

Comprimento da face do seguidor

$$D = f'(A)$$

$$D_{\max} = f'_{\max}$$

$$D_{\min} = f'_{\min}$$



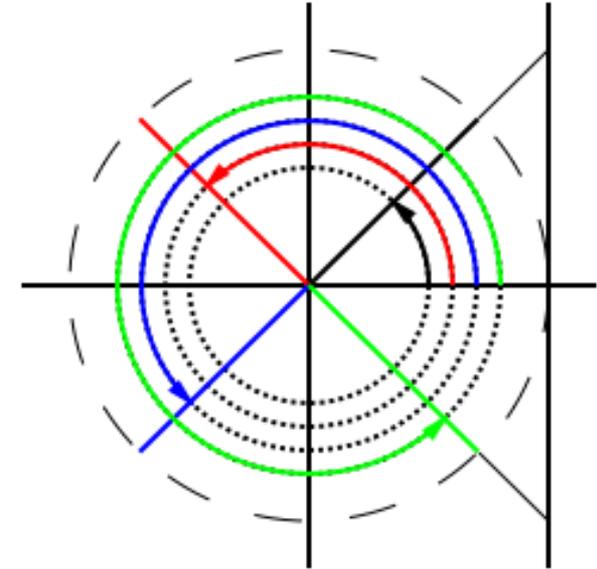
With Flat-Faced Translating Follower



# Seguidor de translação de face plana

$$G = -A + \arctan_2 \{f'(A), -(R_0 + f(A))\}$$

$$R = \sqrt{f'^2 + (R_0 + f)^2}$$



O que é a função  $\arctan_2$  {numerador, denominador} ?

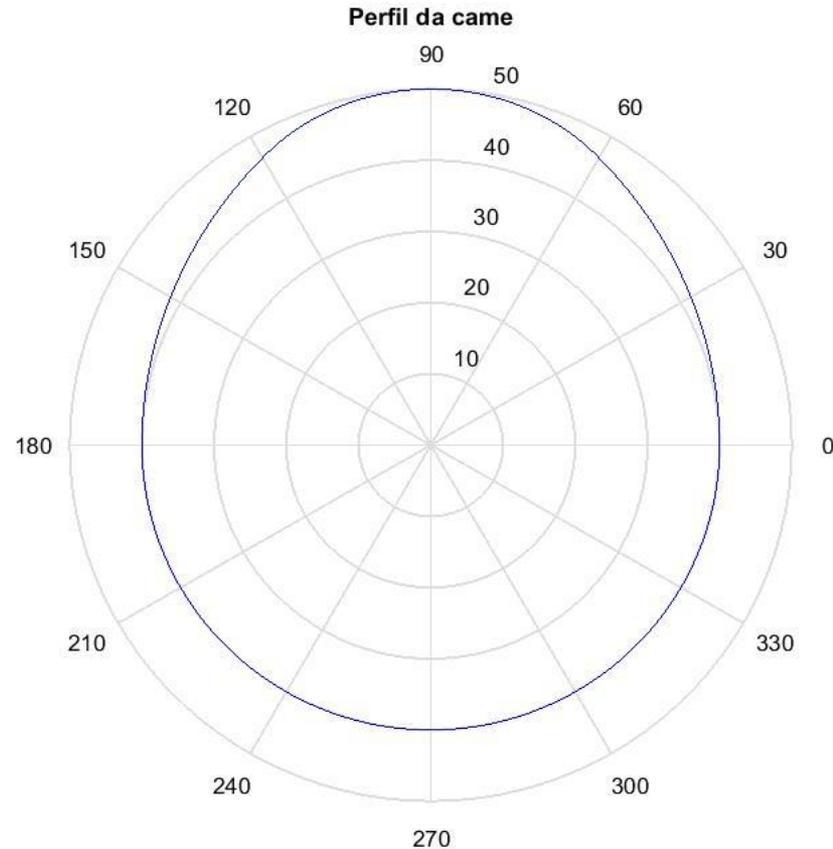
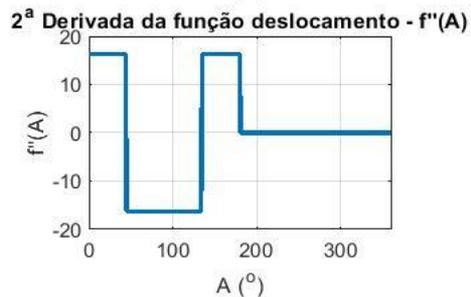
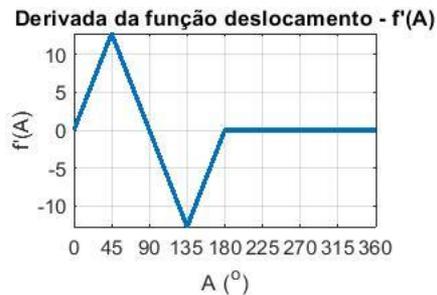
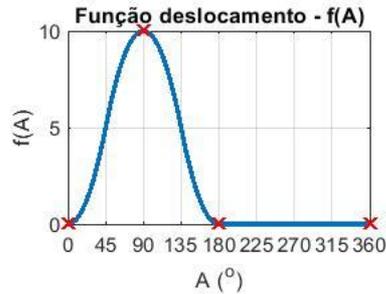
Calcula o arco tangente no intervalo entre 0 e 360 graus

numerador	denom.	quadrante	calculado	correção
+	+	<i>I</i>	$\alpha$	-
+	-	<i>II</i>	$-\alpha$	$+\pi$
-	-	<i>III</i>	$\alpha$	$+\pi$
-	+	<i>IV</i>	$-\alpha$	$+2\pi$

# Exemplo: Seguidor de translação de face plana

$R_0 = 40 \text{ mm}$ ;  $L = 10 \text{ mm}$

Avanço e retorno parabólicos

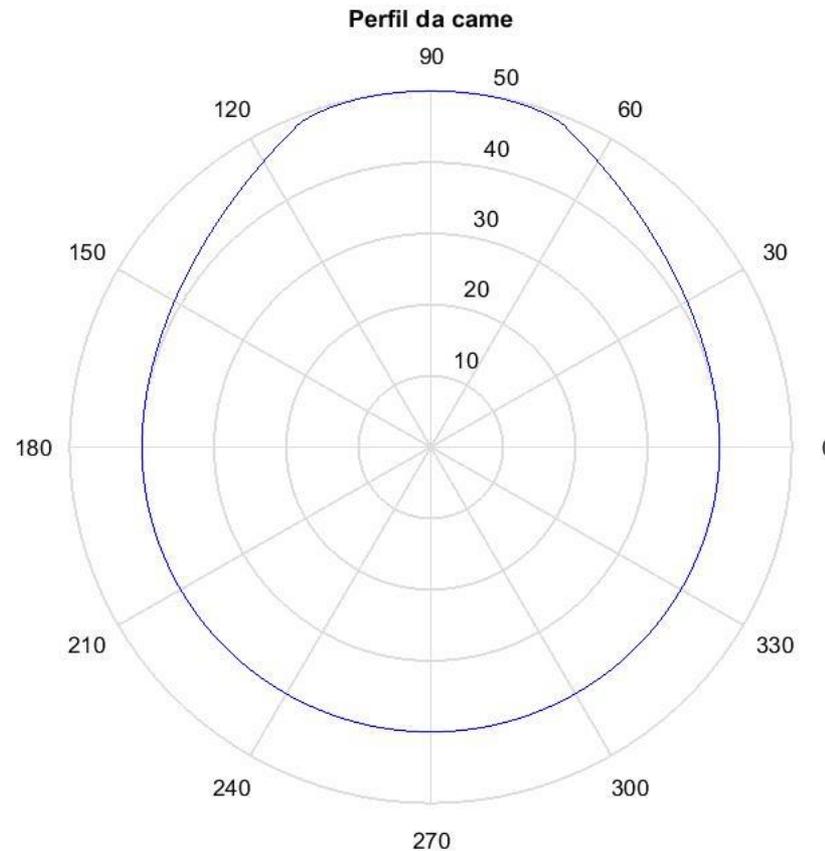
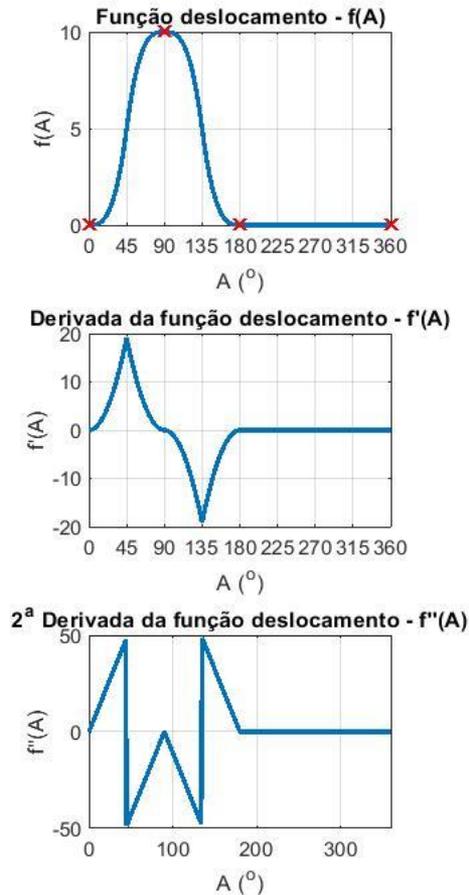


Programa Matlab, disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/comes/síntese\\_cames.m](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/comes/síntese_cames.m)

# Exemplo: Seguidor de translação de face plana

$R_0 = 40 \text{ mm}$ ;  $L = 10 \text{ mm}$   
Avanço e retorno cúbicos



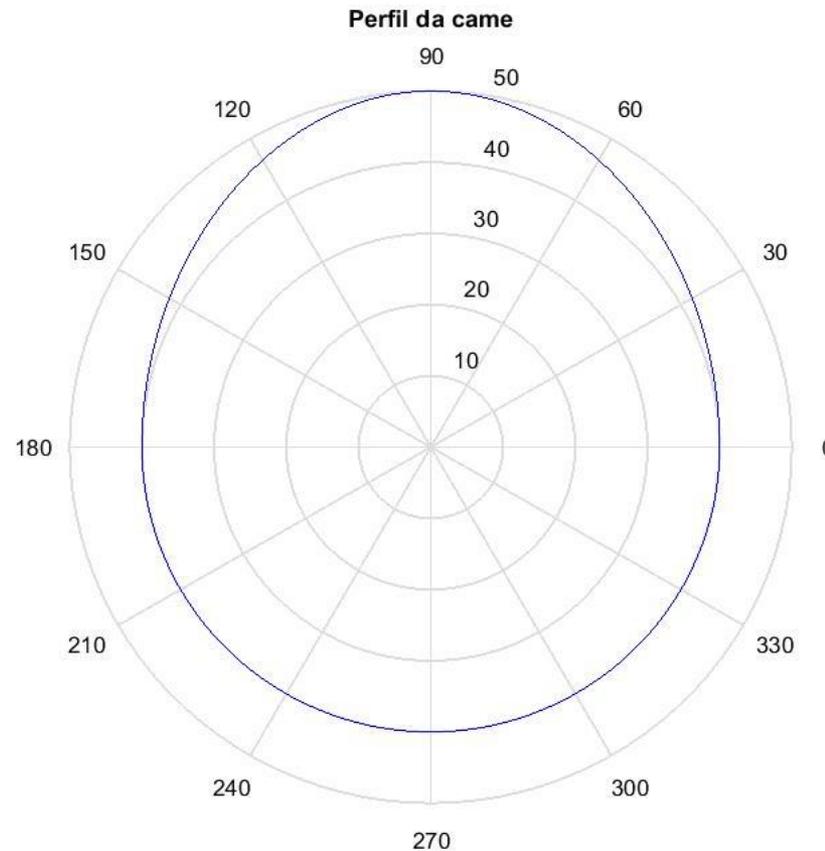
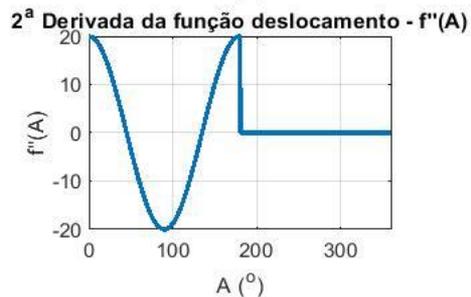
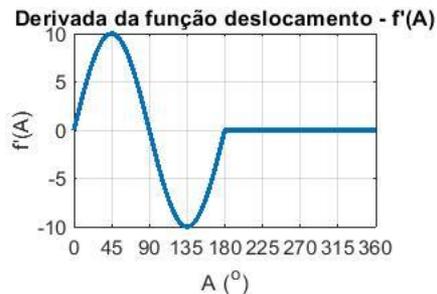
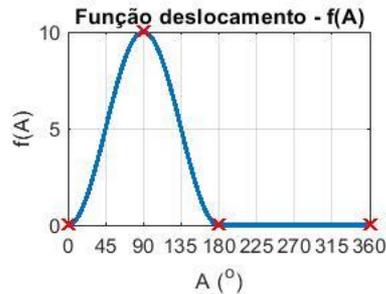
Programa Matlab, disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese\\_cames.m](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese_cames.m)

# Exemplo: Seguidor de translação de face plana

$R_0 = 40 \text{ mm}$ ;  $L = 10 \text{ mm}$

Avanço e retorno senoidais



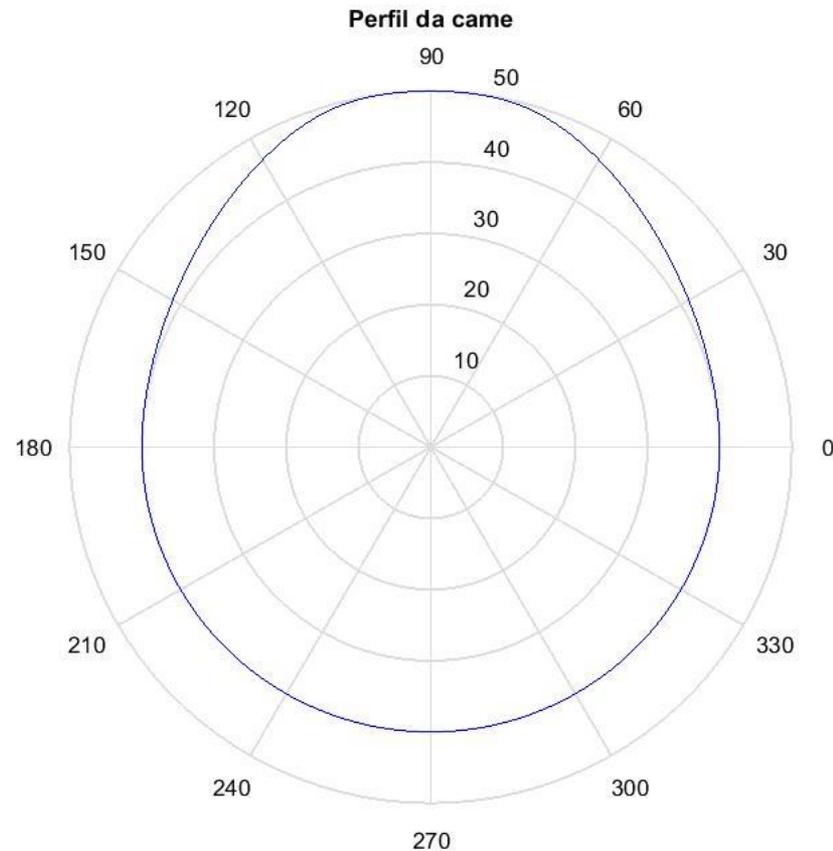
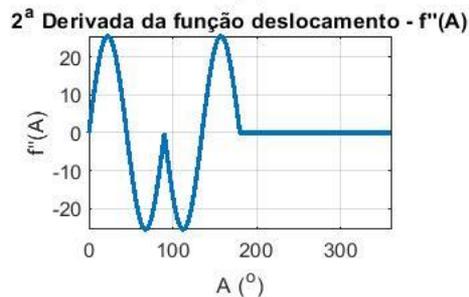
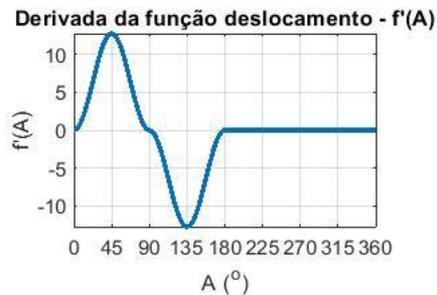
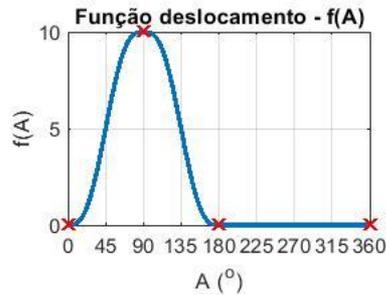
Programa Matlab, disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese\\_cames.m](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese_cames.m)

# Exemplo: Seguidor de translação de face plana

$R_0 = 40 \text{ mm}$ ;  $L = 10 \text{ mm}$

Avanço e retorno cicloidais



Programa Matlab, disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese\\_cames.m](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TMEC025/Aulas/Matlab/cames/síntese_cames.m)

# Seguidor de translação de face plana

Tensões de contato

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{F \cdot E_1 \cdot E_2}{\pi \cdot t \cdot P \cdot (E_1 + E_2)}}$$

P – raio de curvatura no ponto de contato

E1, E2 – módulos de elasticidade (came e seguidor)

t – espessura

F – força de contato

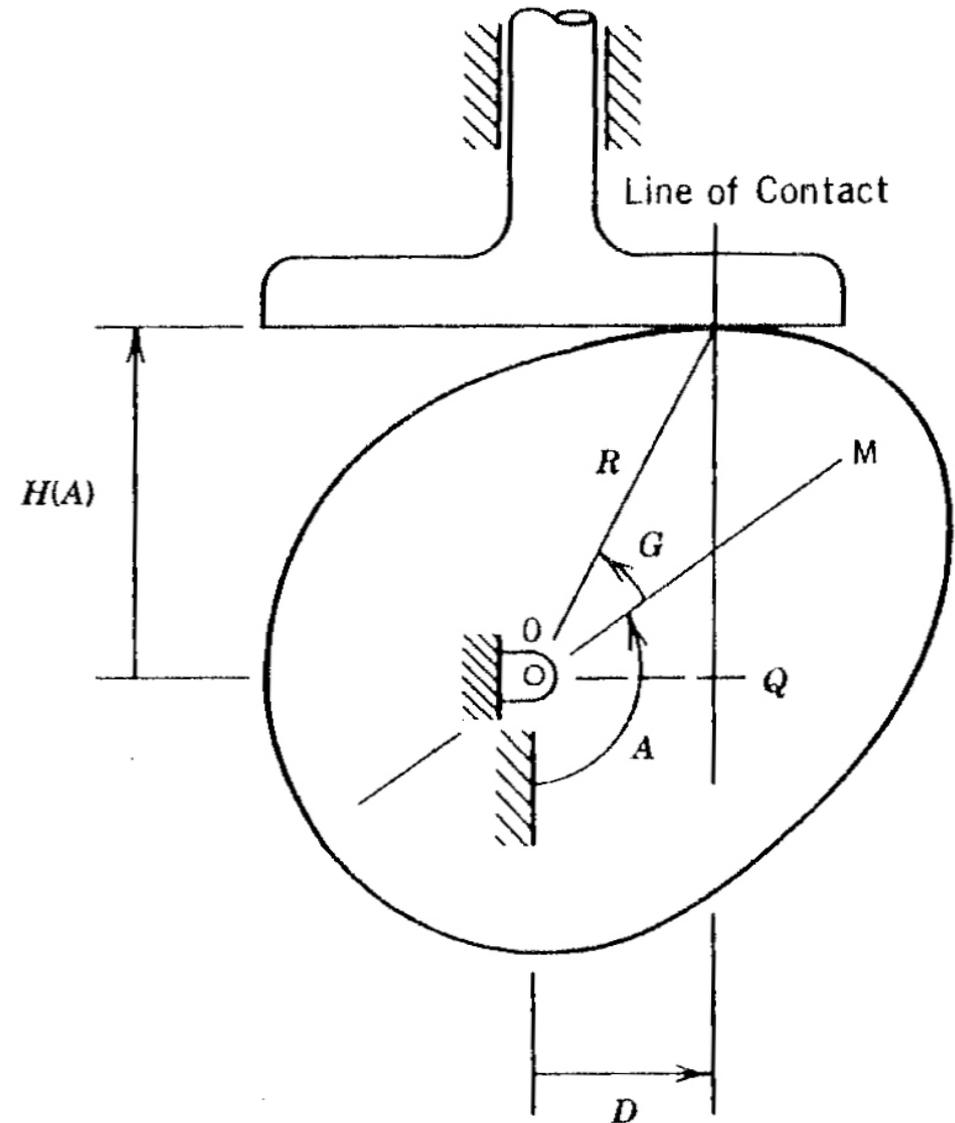


FIGURE 4.7 Cam With Flat-Faced Translating Follower

# Seguidor de translação de face plana

Raio de curvatura

$$D(A) = f'(A) = R_C \cdot \sin(C)$$

$$H(A) = R_0 + f(A) = -R_C \cdot \cos(C) + P$$

$$\frac{dD}{dA} = f''(A) = R_C \cdot \cos(C) \cdot \frac{dC}{dA}$$

$$P = R_0 + f(A) + f''(A)$$

Raio de base mínimo

$$R_{0_{\min}} = (P - f(A) - f''(A))_{\min}$$

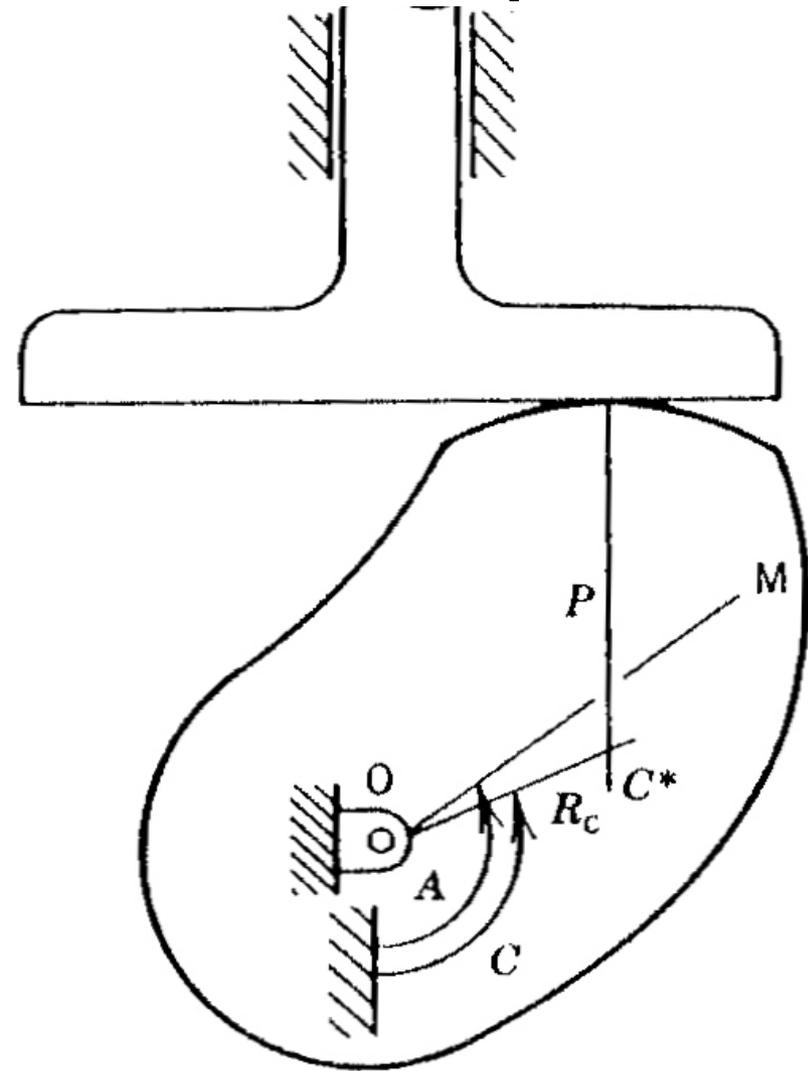
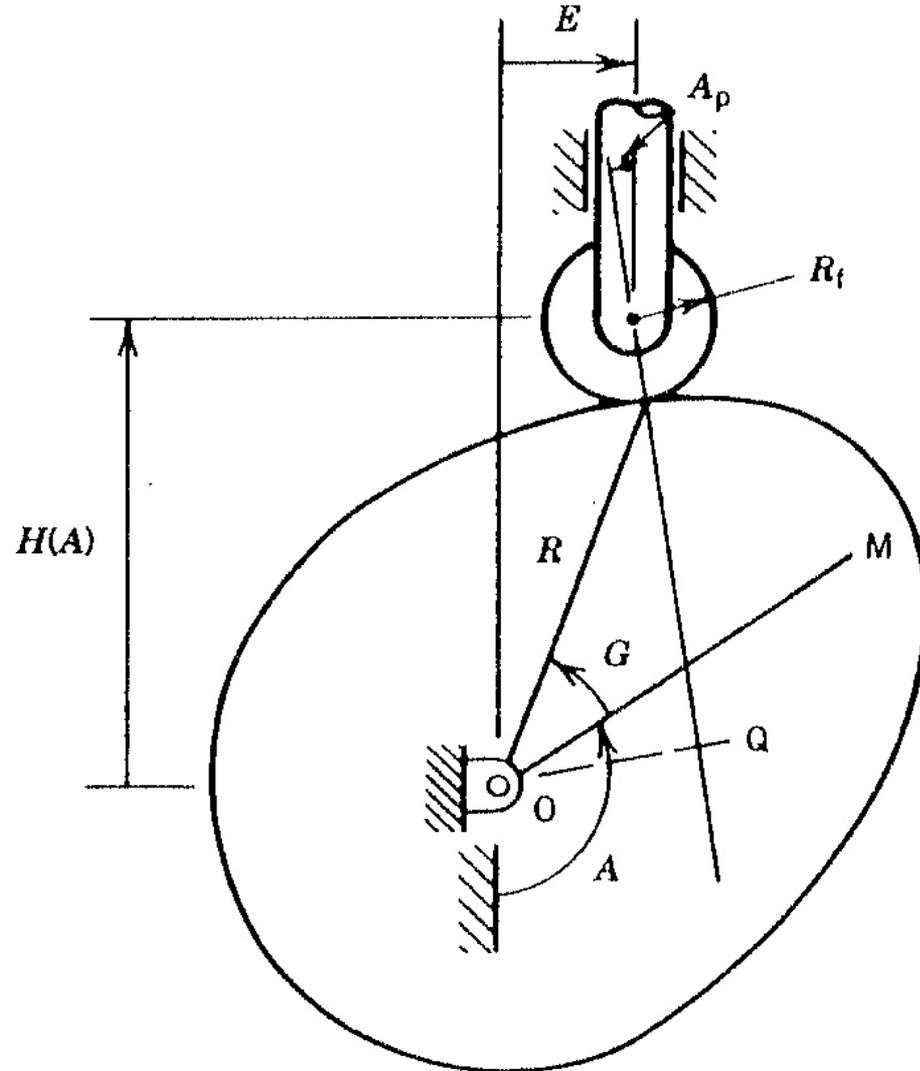


FIGURE 4.8 Determination of the Radius of Curvature

# Seguidor de translação com rolete

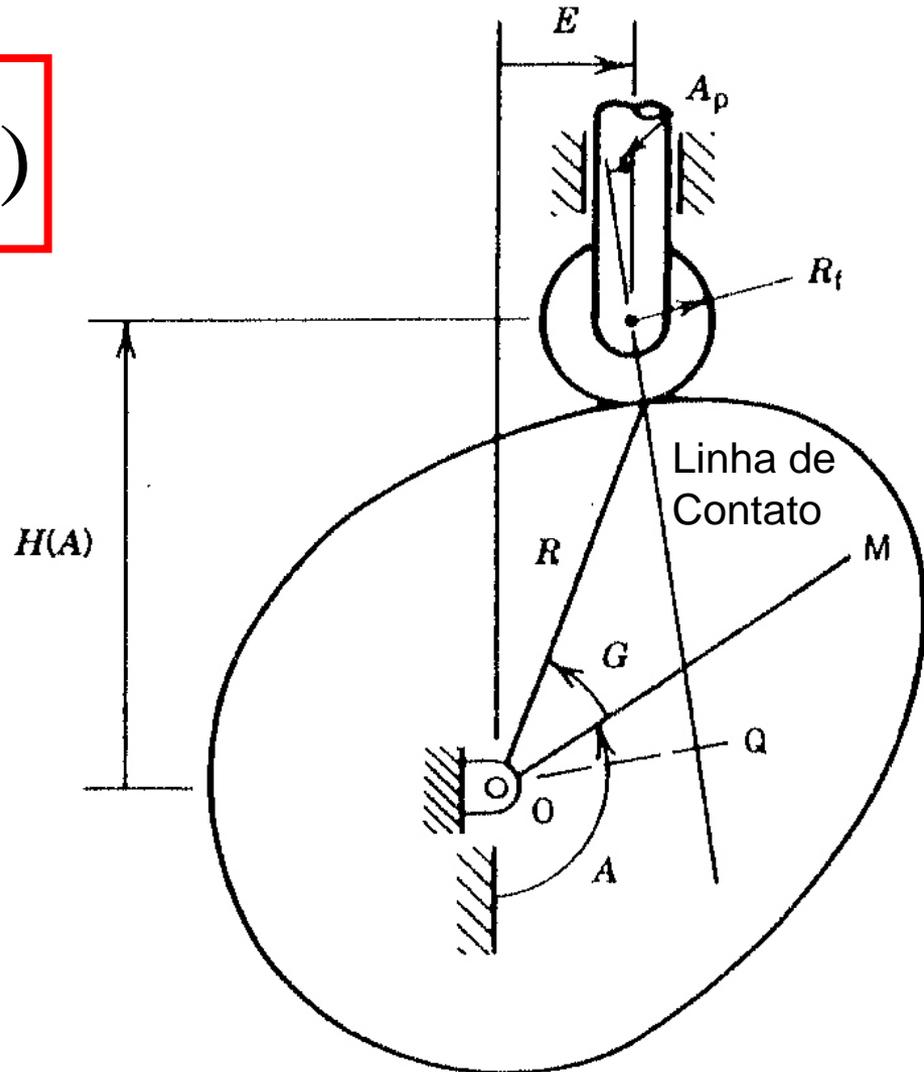


# Seguidor de translação com rolete

## Posição do seguidor

$$H(A) = \sqrt{R_{P0}^2 - E^2} + f(A)$$

- $H(A)$  – posição do seguidor
- $A$  – ângulo de posição da came
- $R_{P0}$  – raio do círculo primitivo
- $A_p$  – ângulo de pressão
- $E$  – deslocamento lateral do seguidor
- $R_f$  – raio do rolete
- $(R, G)$  – coordenadas polares do ponto de contato da came com o seguidor

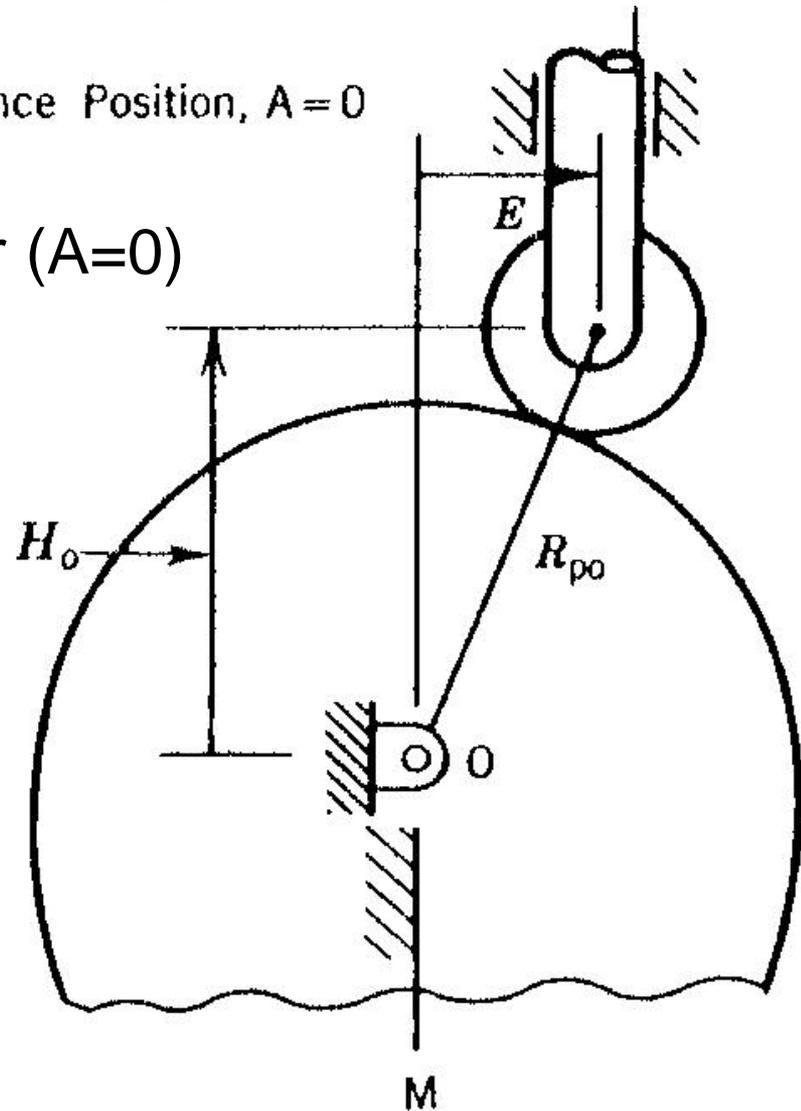


# Seguidor de translação com rolete

(b) System in the Reference Position,  $A=0$

Posição inicial do seguidor ( $A=0$ )

$$H_0 = \sqrt{R_{P0}^2 - E^2}$$



**FIGURE 4.10** Cam With Offset, Translating, Roller Follower

# Seguidor de translação com rolete

Condição de contato permanente

$$V_c = V_f$$

$$V_c = \dot{A} \cdot \overline{OQ}$$

$$\overline{OQ} = H \cdot \sin(A_p) + E \cdot \cos(A_p)$$

$$V_c = \dot{A} \cdot (H \cdot \sin(A_p) + E \cdot \cos(A_p))$$

$$V_f = \dot{H} \cdot \cos(A_p)$$

$$A_p = \arctan \left( \frac{f'(A) - E}{\sqrt{R_{P0}^2 - E^2} + f(A)} \right)$$

Para um bom funcionamento, o ângulo de pressão deve ser MENOR do que 30 graus.

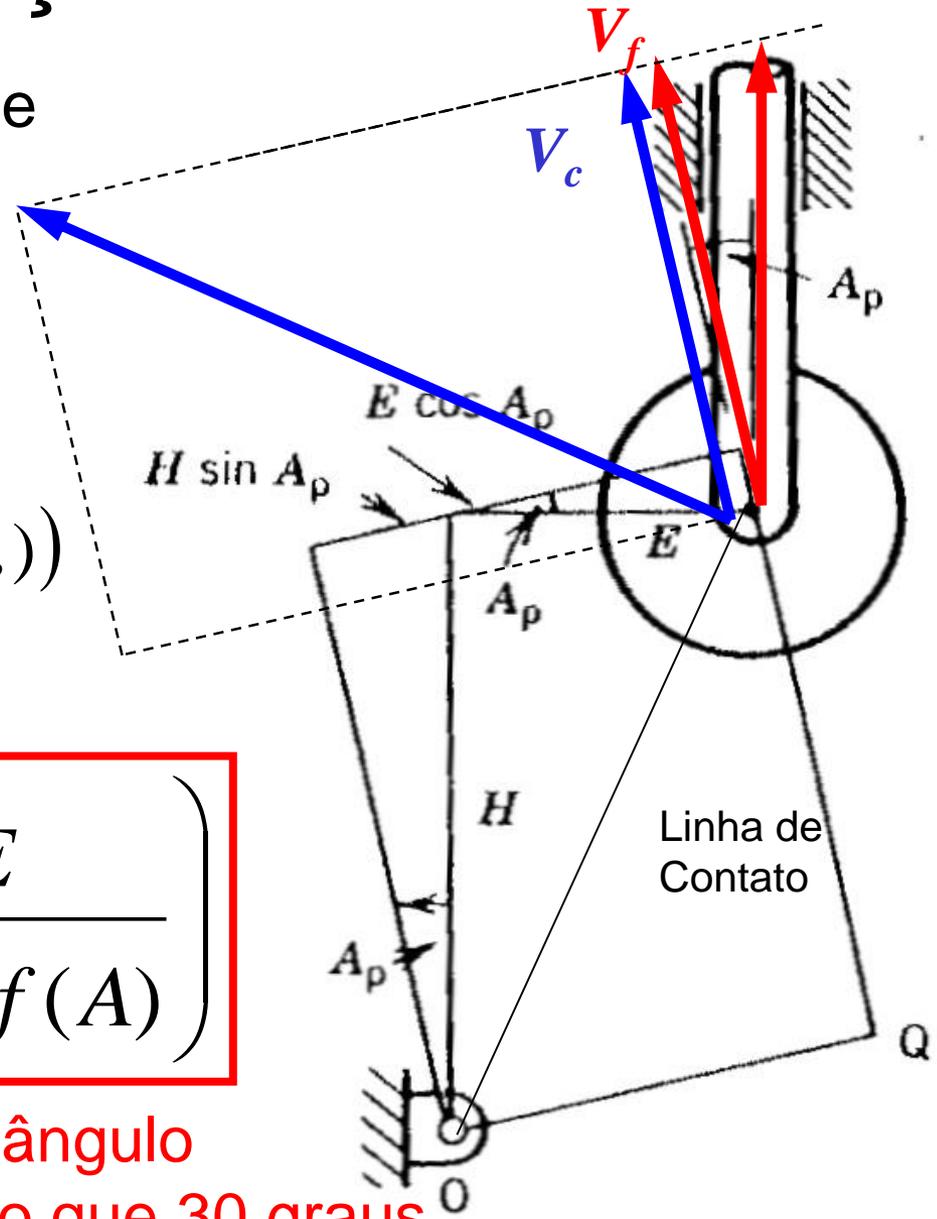
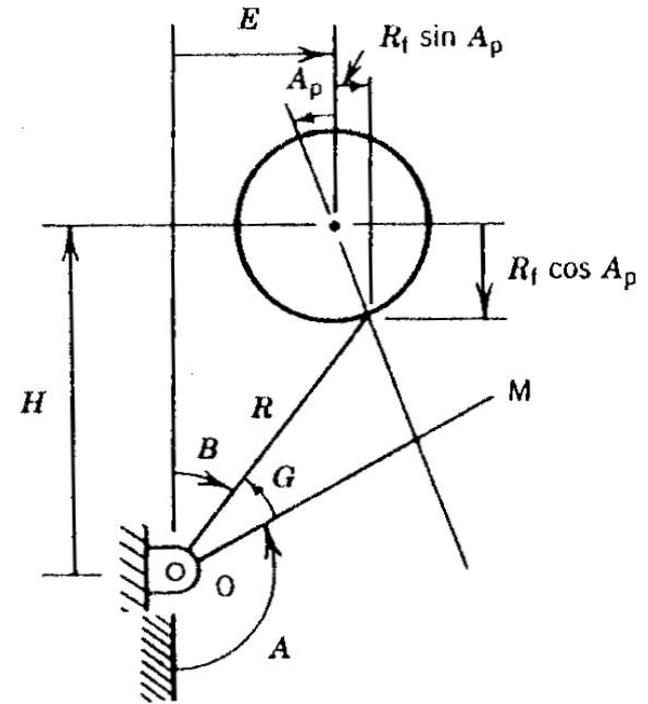


FIGURE 4.11 Evaluation of  $\widehat{OQ}$



# Seguidor de translação com rolete



Coordenadas do perfil da came

$$G = \pi - A - \arctan\left(\frac{E + R_f \cdot \sin A_p}{H(A) - R_f \cdot \cos A_p}\right)$$

$$R = \sqrt{\left(H(A) - R_f \cdot \cos(A_p)\right)^2 + \left(E + R_f \cdot \sin(A_p)\right)^2}$$





# Seguidor de translação com rolete

Restrição cinemática

$$R_f < P_{p \min}$$

O raio do rolete deve ser MENOR do que o raio primitivo mínimo.

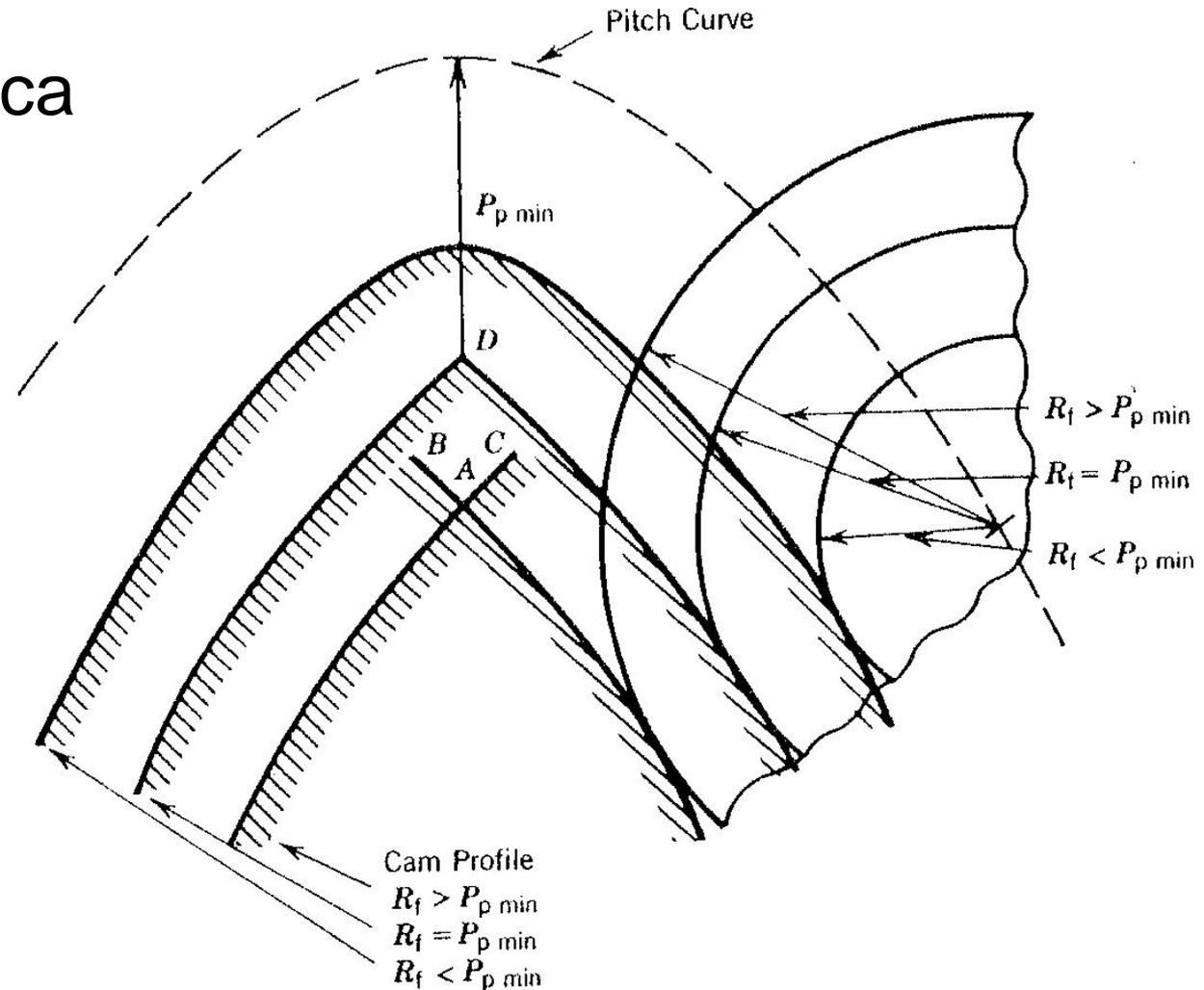
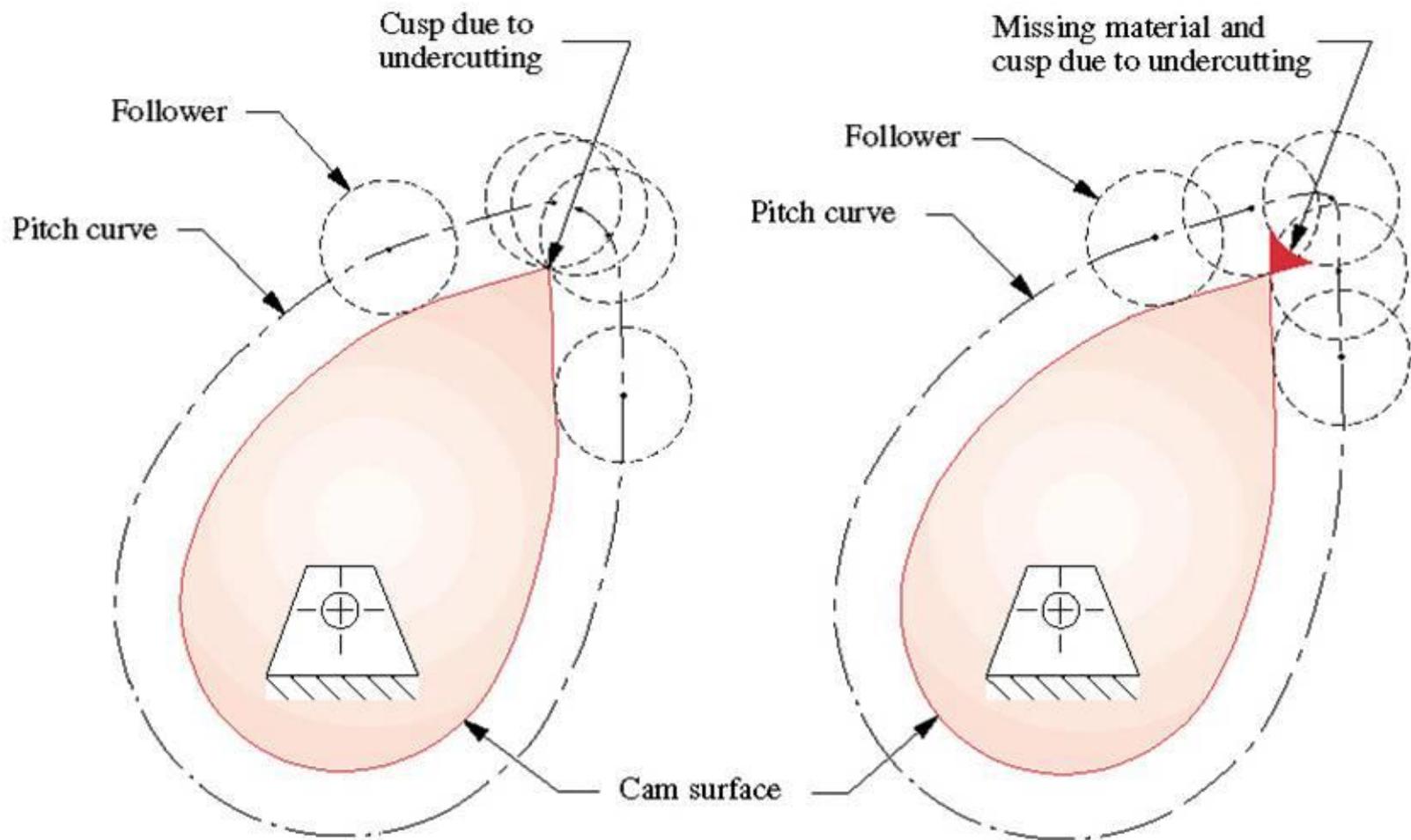


FIGURE 4.14 Relation of Pitch Curve and Roller Radius to Cam Profile

# Seguidor de translação com rolete



(a) Radius of curvature of pitch curve equals the radius of the roller follower

(b) Radius of curvature of pitch curve is less than the radius of the roller follower

**FIGURE 8-49**

Small positive radius of curvature can cause undercutting

# Exemplo

Utilizar a função deslocamento obtida no exercício 4.6 no projeto de uma came acoplada em um seguidor de face plana, obedecendo as seguintes especificações:

- força de contato: 10 N
- espessura da came: 5 mm
- material utilizado: aço
- raio de base: 50 mm

# Exercício

\* 4.8 Consider a cam for use with a flat-faced, translating follower having a rise and immediate return spanning 3.0 radians of cam rotation and described by

$$f(A) = L \sin^2(\pi A/3) \quad 0 \leq A < 3.0$$
$$= 0 \quad 3.0 \leq A < 2\pi$$

and where  $L$  is the lift, 0.887 in. Both the cam and the follower are made of steel,  $E = 3(10^7)$  lb/in.<sup>2</sup> Assume the base radius,  $R_0$  is 2.35 in., and

- Determine the length of the cam follower wear surface;
- Determine polar coordinates  $(R, G)$  for points on the cam profile for  $A = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5,$  and 3.0 radians;
- Make a sketch of the cam profile;
- The minimum curvature for this cam profile occurs at  $A = 1.5$  radians. If the contact force is 20 lb and the contact stress is to be limited to 7800 lb/in.<sup>2</sup>, determine the minimum thickness for the cam.

# Exercício

4.11 Working with an offset translating roller follower, a particular cam satisfies the following displacement function:

$$f(A) = 0.377 [1 - \cos(A/0.6)] \quad 0 \leq A < 1.2\pi$$
$$= 0.0 \quad 1.2\pi \leq A < 2\pi$$

The offset is 0.35 in., the prime circle radius is 2.27 in., and the follower radius is 0.65 in. For  $A = 0.68\pi$ ,

- Determine the polar coordinates for the contact point;
- Determine the pressure angle;
- Determine the radius of curvature.

# Referência

Doughty, S.. MECHANICS OF MACHINES. New York:  
John Wiley, 1988.

Capítulo 4

Disponível em:

[http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TMEC025/Referencia/](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TMEC025/Referencia/)