

Roteiro de Leitura das Posições Angulares

A filmagem da experiência “Rolamento” foi realizada utilizando-se um pôster quadriculado como plano de fundo. Os quadradinhos servirão de auxílio tanto para medição das posições angulares quanto das lineares.

Importante: Você analisará as fotos que estão numeradas de acordo com a situação que lhe foi designada; no entanto terá que ver todo o conjunto de fotos da situação de modo a poder identificar em que quadrante está localizado o raio guia. Por isso, veja todas as fotos da situação e colete apenas os dados do seu conjunto. Não esqueça de ler antes o roteiro de leitura das posições angulares e lineares para realização das medidas.

Leitura da posição angular

1) Note-se a existência de 4 fitas (perpendiculares entre si) amarradas na borda do aro e que se interceptam ao centro do mesmo (figura 1). Dentre todas, você escolherá uma única fita (que receberá o nome de “raio-guia”) e acompanhará o movimento da mesma durante todo o rolamento do aro.

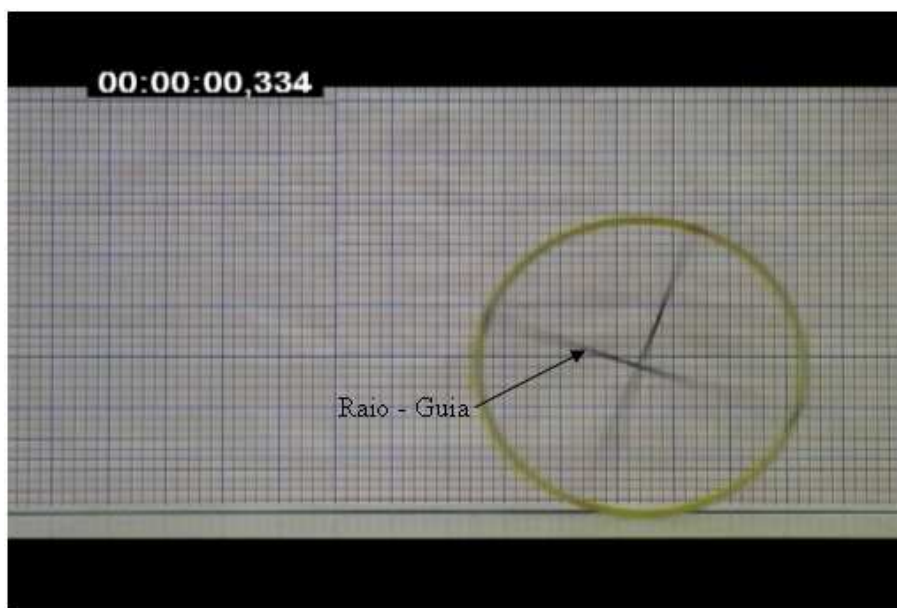


Figura 1: Exemplo de raio-guia

2) Para a medição do ângulo θ identifique um sistema de eixos coordenados ortogonais situado no centro do aro, como mostra a figura 2, usando o quadriculado de fundo. Sugerimos a você que para facilitar o trabalho de determinar θ centre sua atenção no **segundo quadrante do sistema XY**. A medida que o raio-guia for mudando de quadrante deverá ser feita uma “compensação” no ângulo, de modo que ao final teremos os valores em ordem crescente.

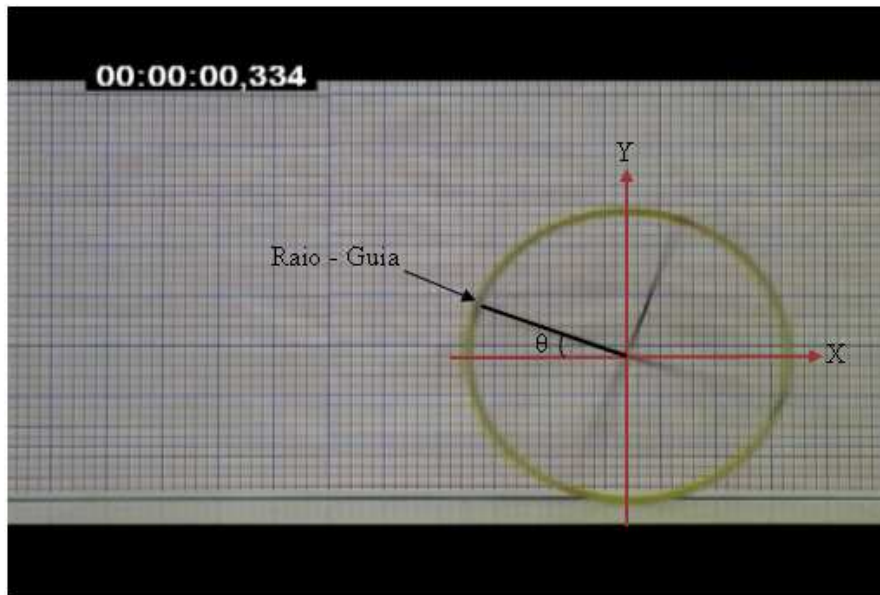


Figura 2: Sistema de referência XY e ângulo θ utilizado para leitura das posições angulares.

Importante: A decisão sobre qual quadrante escolher é arbitrária. Devemos observar, contudo, que podem existir momentos onde um quadrante não possa ser usado, como por exemplo, quando o aro permanece apenas com uma de suas metades visível em algumas fotos. Nesse caso, faz-se necessário uma alternância entre outros quadrantes disponíveis, tendo sempre como objetivo a determinação do ângulo descrito pelo raio-guia com respeito aos eixos de referência horizontal e vertical.

3) Pela figura 3 podemos verificar a relação de θ com ΔX e ΔY , que representam, respectivamente, as quantidades de quadrados relacionados às projeções do raio-guia nos eixos de referência horizontal e vertical.

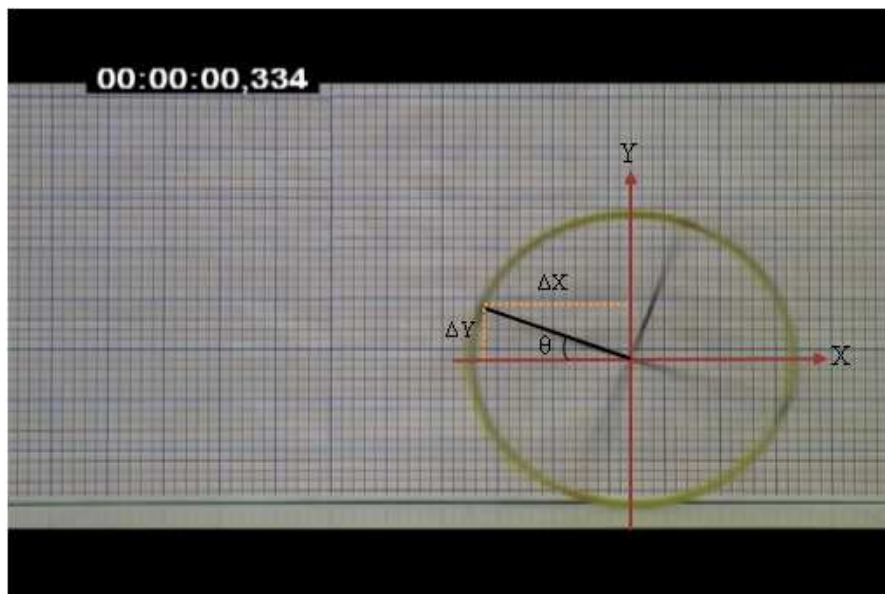


Figura 3: Projeção do raio-guia nos eixos X e Y.

Assim, podemos escrever:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{\text{n}^\circ \text{ quadradinhos na projeção Y}}{\text{n}^\circ \text{ quadradinhos na projeção X}} \quad (1)$$

Como estamos interessados em θ , fazemos:

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (2)$$

Antes de obter os ângulos θ a partir de (2), sugerimos que você primeiramente construa (em sua planilha) uma tabela contendo uma coluna para ΔX e uma coluna para ΔY , isto é, a cada foto você deverá contar os quadradinhos em X e em Y seguindo o raio-guia (recomendamos que se veja o exemplo de tabela ao final deste roteiro). Dispondo das duas colunas, obtém-se θ com (2) para cada foto do conjunto.

4) Construída a coluna contendo os valores dos ângulos θ , chegamos ao momento de deixá-los em ordem crescente. Isso deverá ser feito porque os ângulos foram medidos sempre num mesmo quadrante. Assim, os ângulos deverão ser “compensados”:

a) Enquanto o raio-guia *percorrer o segundo quadrante pela primeira vez* (figura 4), não deverá ser feita nenhuma compensação (você pode perceber isso analisando o começo da última coluna da tabela de exemplo ao final deste roteiro).

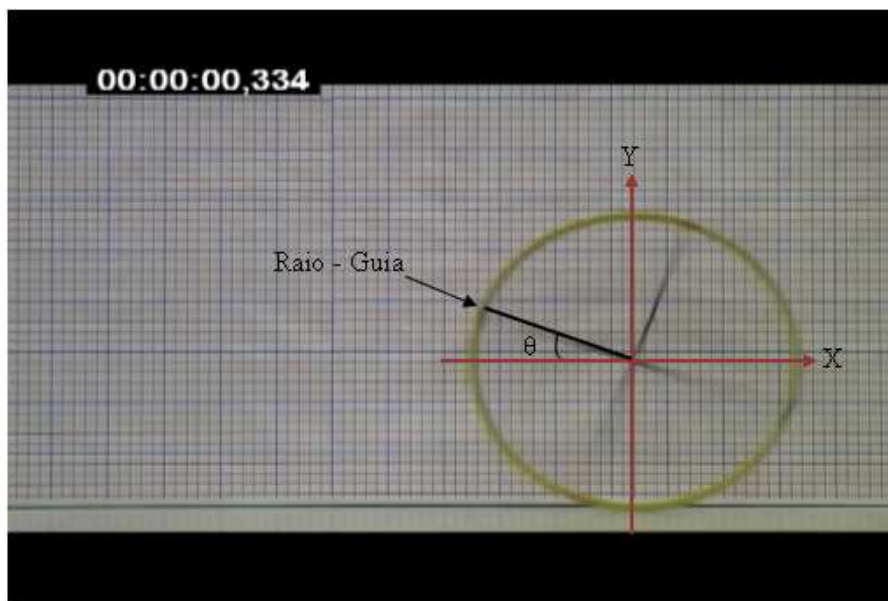


Figura 4: Se o raio-guia percorre segundo quadrante pela primeira vez, não é necessária nenhuma compensação no valor de θ_1 .

b) Quando o raio-guia começar a percorrer a região seguinte (primeiro quadrante), você deverá utilizar um novo raio (o “pseudo-raio”) e a leitura dos ângulos começará a ser feita novamente no segundo quadrante (figura 5). A compensação nesse caso consistirá em somar $\frac{\pi}{2}$ à medida do ângulo θ , ou seja:

$$\theta_2 = \theta + \frac{\pi}{2}, \quad (3)$$

onde θ é dado por (2).

c) Quando o raio-guia estiver percorrendo o quarto quadrante (figura 6), a compensação será feita mediante a soma de π ao invés de $\pi/2$, acarretando, portanto, numa ligeira modificação em (3):

$$\theta_3 = \theta + \pi. \quad (4)$$

d) Na próxima mudança de quadrante do raio-guia, a compensação será de $3\pi/2$ ao valor de θ (figura 7), isto é:

$$\theta_4 = \theta + \frac{3\pi}{2}. \quad (5)$$

e) Daqui em diante você deverá continuar o mesmo processo até que o rolamento do aro termine.

5) Ao término do processo de compensação, você deverá verificar se todas as suas posições angulares estão em ordem crescente (como no exemplo da tabela 1); se isso não acontecer, provavelmente cometeu algum erro.

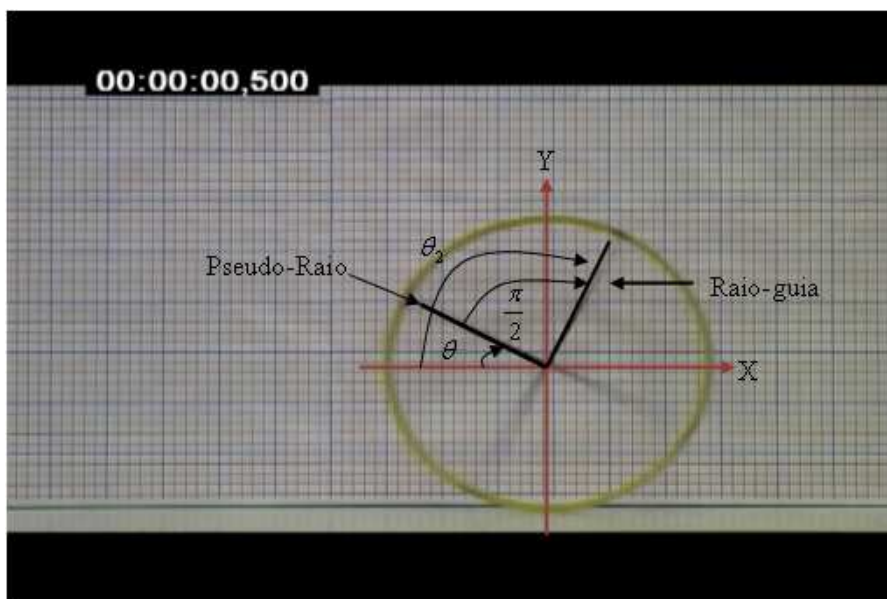


Figura 5: A posição angular do raio-guia pode ser obtida a partir da posição angular do “pseudo-raio” acrescida de uma compensação.

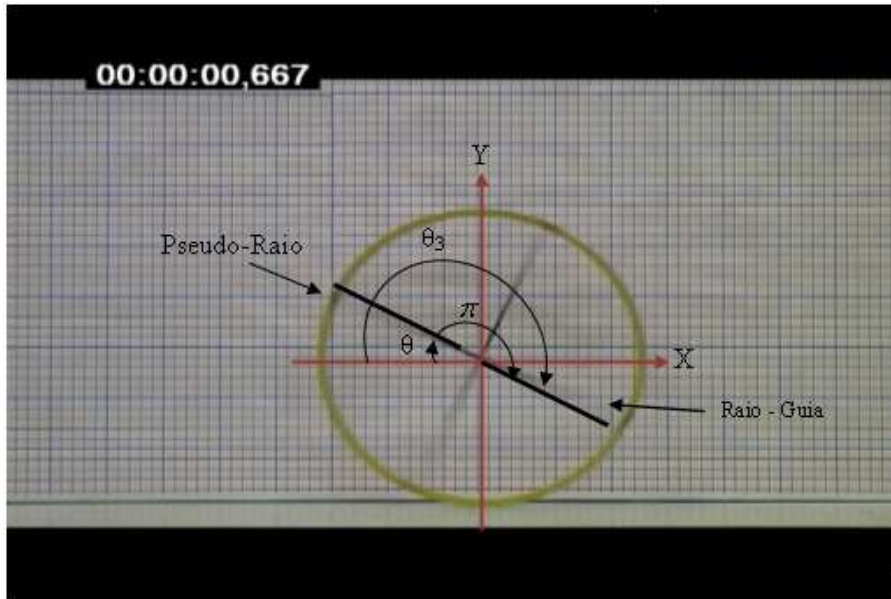


Figura 6: Raio-guia percorrendo o quarto quadrante.

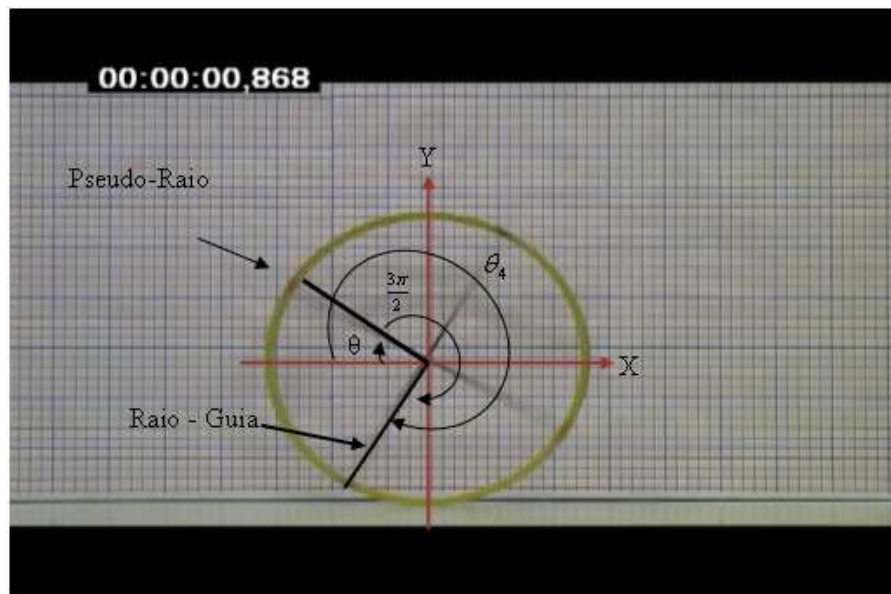


Figura 7: Raio-guia percorrendo o terceiro quadrante

Tabela 1: Modelo sugerido para construção da planilha e organização de dados

t	Δx	Δy	arctg	θ	
0,067	13	7	0,49	θ	0,49
0,1	9,5	10,5	0,84		0,84
0,133	5,5	14	1,20		1,20
0,167	14	1	0,07	$\theta_2 = \theta + \pi/2$	1,64
0,2	13	6	0,43		2,00
0,234	9,5	10	0,81		2,38
0,267	5,5	13	1,17		2,74
0,3	0,5	14	1,54		3,11
0,334	14	5	0,34	$\theta_3 = \theta + \pi$	3,48
0,367	10,5	9	0,71		3,85
0,4	7	12	1,04		4,18
0,434	2,5	14	1,39		4,54
0,467	13,5	2,5	0,18	$\theta_4 = \theta + 3\pi/2$	4,90
0,5	12,5	6	0,45		5,16
0,534	10	10	0,79		5,50
0,567	6,5	12	1,07		5,79
0,601	2,5	13,5	1,39		6,10
0,634	13,5	2	0,15	$\theta + 2\pi$	6,43
0,667	12,5	5,5	0,41		6,70
0,701	10,5	9	0,71		6,99
0,734	8	11,5	0,96		7,25
0,767	4,5	13	1,24		7,52
0,801	0,5	14	1,54		7,82
0,834	13,5	3,5	0,25	$\theta_2 = 2\pi + (\theta + \pi/2)$	8,11
0,868	11,5	7	0,55		8,40
0,901	10	9	0,73		8,59
0,934	7,5	12	1,01		8,87
0,968	4	13	1,27		9,13
1,001	1	14	1,50	9,35	
1,034	13,5	2	0,15	$\theta_3 = 2\pi + (\theta + \pi)$	9,57
1,068	12,5	5	0,38		9,81
1,101	11,5	7	0,55		9,97
1,134	9,5	10	0,81		10,24