

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 se esqueça de ler antes o roteiro de leitura das posições angulares e lineares para realização das medidas.

Leitura da posição angular

Note 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.

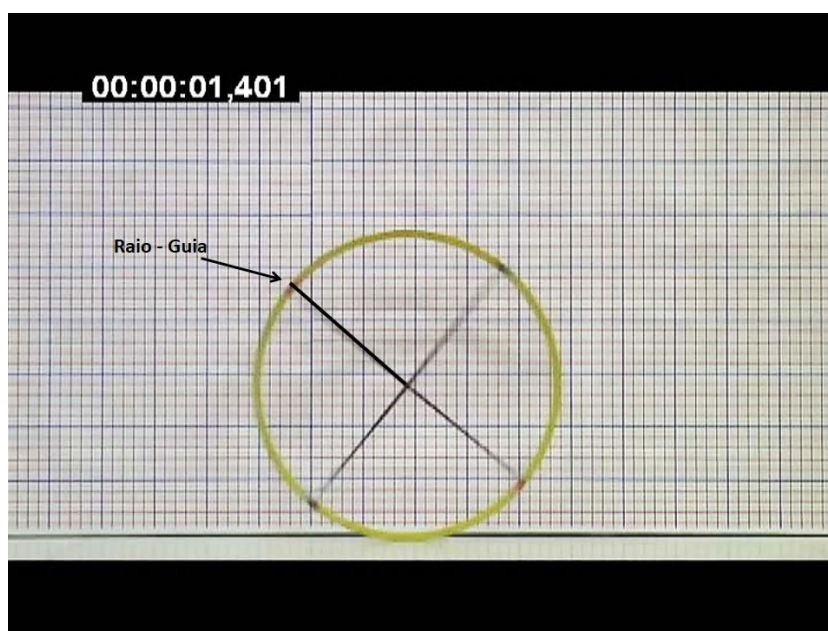


Figura 1: Exemplo de Raio-guia

Além disso, podemos encontrar a medida de posição do Raio guia em qualquer quadrante, mas o primeiro é menos propenso a erros. Sugerimos, portanto, fazer a medida do ângulo formado entre o eixo x' e o raio no primeiro quadrante – que chamaremos de Raio auxiliar – e adicionaremos ao ângulo formado com o Raio guia, sempre um múltiplo de $\pi/2$, ver figura 2.

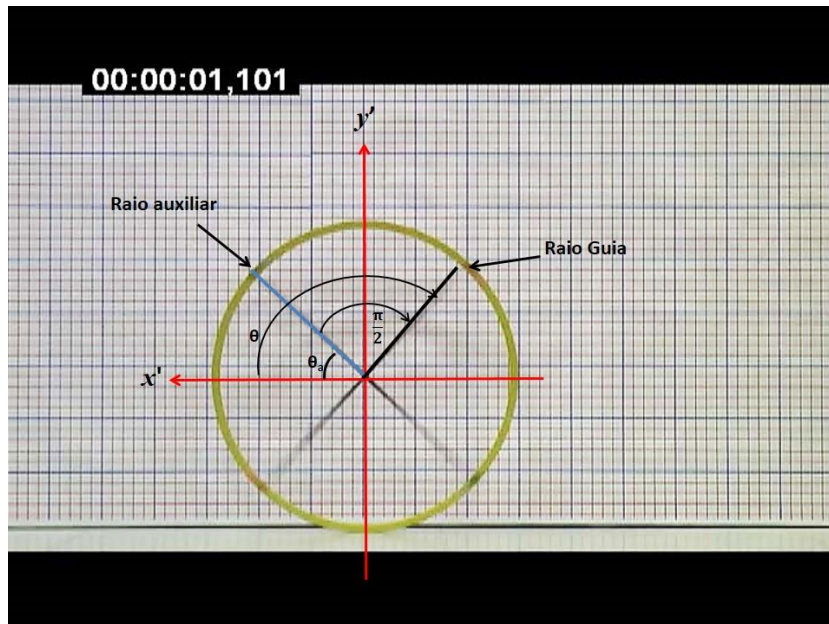


Figura 2: A posição angular do raio guia no segundo quadrante pode ser obtido a partir da posição angular do raio auxiliar, adicionando $\pi/2$ ao valor medido no primeiro quadrante.

Abaixo, listamos o procedimento para obter a posição angular em função do tempo.

- O ângulo θ_a entre o Raio auxiliar e o eixo x' pode ser obtido a partir da projeção ortogonal do raio auxiliar, usando as linhas quadriculadas do painel ao fundo, veja figura 3, dado que:

$$\tan \theta_a = \frac{y'_a}{x'_a} \quad (1)$$

A figura 3 destaca a relação entre θ_a e o número de quadradinhos em cada projeção x' - y' do raio auxiliar.

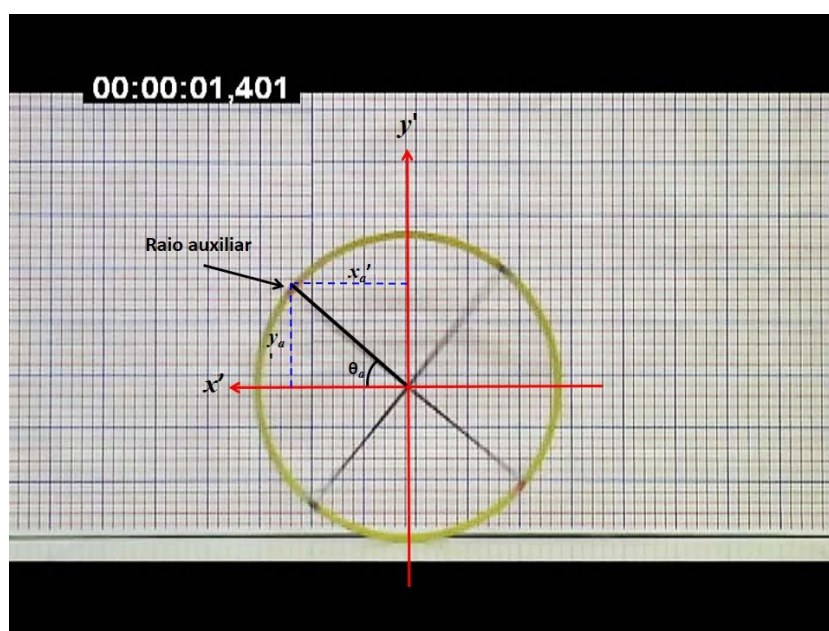


Figura 3: Projeções do raio auxiliar x'_a e y'_a nos eixos x' e y' , respectivamente.

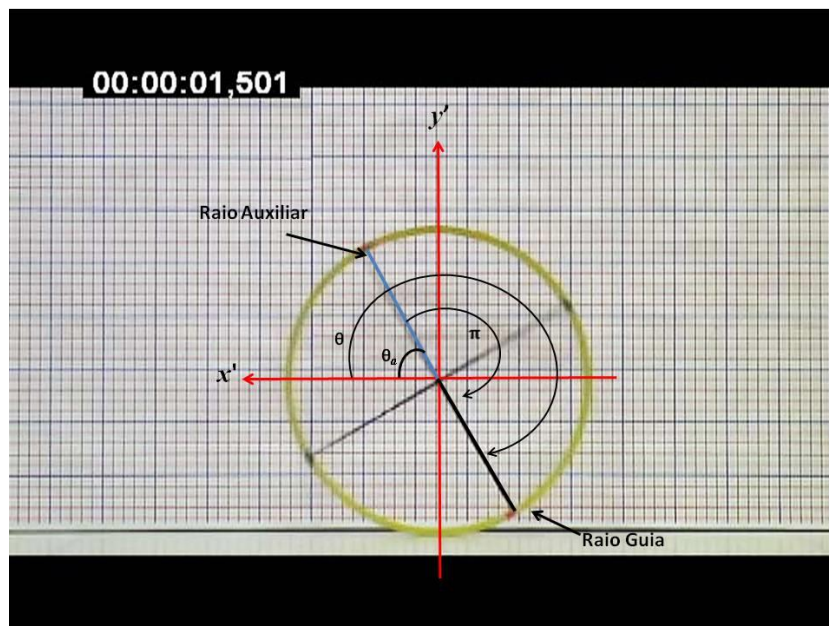
- Construa uma planilha para as medidas dos ângulos. Reserve uma coluna para t , x_a' e y_a' , para cada foto você contará e registrará o número de quadradinhos das projeções do raio auxiliar em x_a' e y_a' , ao longo do tempo.
- Os ângulos aumentarão com o tempo porque a rotação do aro é sempre na mesma direção, mas como as medidas são feitas em um único quadrante, você precisa corrigir o ângulo entre o raio auxiliar e o guia, como ilustrado nas figuras 2 e 4. Sendo q o quadrante ocupado pelo raio guia, este ângulo será:

$$\Delta\theta_q = (q-1)\frac{\pi}{2}$$

Além disso, o número de voltas completas, n , deve ser levado em conta, e gera outro deslocamento angular

$$\Delta\theta_n = 2\pi n$$

Portanto, é necessário adicionar mais duas colunas na planilha para alocar q e n .



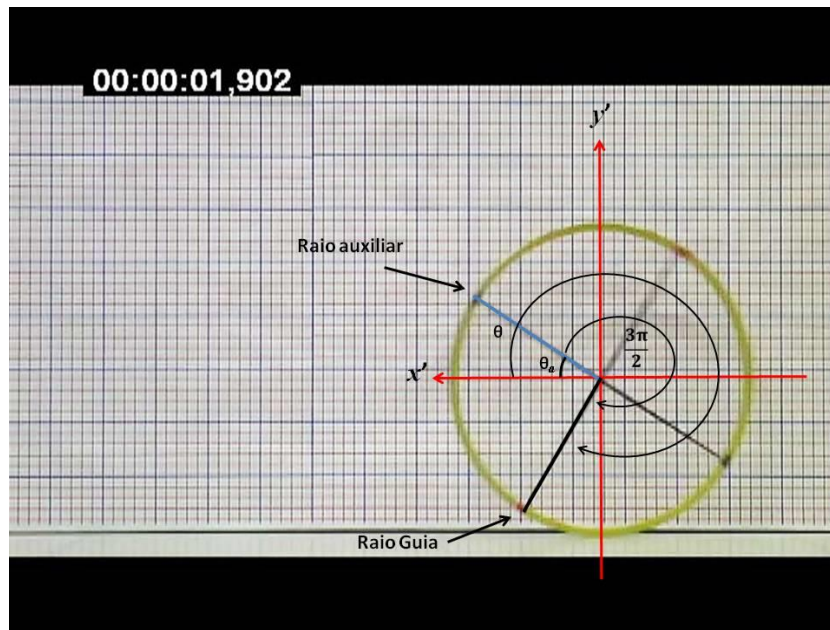


Figura 4: Correção das medidas do primeiro quadrante quando o Raio guia está no terceiro quadrante e no quarto quadrante.

- Na última coluna da planilha, calcule o ângulo de acordo com a expressão:

$$\theta = \arctan \frac{y'_a}{x'_a} + (q-1) \frac{\pi}{2} + 2\pi n$$

onde q é o número do quadrante onde está o raio guia e n é o número de voltas completadas pelo aro. A tabela 1 mostra um exemplo de como organizar os dados.

Você pode verificar que todas as posições angulares estão em ordem crescente (ver Tabela 1).

Tabela 1: Modelo para construção da planilha e organização dos dados. Os títulos das colunas são explicados ao longo do texto.

$t (s)$	x_a'	y_a'	q	n	$\theta (rd)$
0,067	13	7	1	0	0,49
0,1	9,5	10,5			0,84
0,133	5,5	14			1,20
0,167	14	1	2	0	1,64
0,2	13	6			2,00
0,234	9,5	10			2,38
0,267	5,5	13			2,74
0,3	0,5	14	3	0	3,11
0,334	14	5			3,48
0,367	10,5	9			3,85
0,4	7	12			4,18
0,434	2,5	14	4	0	4,54
0,467	13,5	2,5			4,90
0,5	12,5	6			5,16
0,534	10	10			5,50
0,567	6,5	12	1	1	5,79
0,601	2,5	13,5			6,10
0,634	13,5	2			6,43
0,667	12,5	5,5			6,70
0,701	10,5	9	2	1	6,99
0,734	8	11,5			7,25
0,767	4,5	13			7,52
0,801	0,5	14			7,82
0,834	13,5	3,5	3	1	8,11
0,868	11,5	7			8,40
0,901	10	9			8,59
0,934	7,5	12			8,87
0,968	4	13	3	1	9,13
1,001	1	14			9,35
1,034	13,5	2			9,57
1,068	12,5	5			9,81
1,101	11,5	7	3	1	9,97
1,134	9,5	10			10,24