

Faltam as minhas assinaturas
no logbook

Não posso validar este trabalho

**Logbook 7- Rolamento de
Cilindros (TB2)**

**2021/2022 Laboratórios
de Física 1 –**

**PL6 – Miguel Alexandre
Teixeira Vieira**

**nº202107506 (Grupo I,
com Fernando Wang)**

Logbook efectivo 7, atividade "Rolamentos", JLS, sala 119

Objetivos:

1. Verificar a condição de rolamento sem escorregamento, $V_{cm} = \omega \cdot R$
2. Verificar o princípio de sobreposição no movimento, ou seja,
 $y_A = 2r \cdot \sin(\omega \cdot t)$
3. Mostrar que o ponto do cil. em contacto com o solo tem $V = 0$
4. " --- o ponto superior do cil. - $y = 2 \cdot r$ - tem $V_{máx}$,
 $V = 2 \cdot V_{cm}$
5. Familiarizar^{mo} os alunos com as técnicas de processamento de vídeo e imagens

Procedimentos Experimentais:

A princípio, como modelo e delimitação do procedimento geral e objetivos, nós rolamos um cilindro sob uma calha (base paralela a esta), várias vezes a velocidades não-especificadas - estas faixas de indutir a análise de dados - e as duas sentidas (de movimento) diferentes; entre os materiais usados que possibilitaram a experiência foram um cilindro, uma calha (horizontal), ~~uma régua~~ (e graduada), um nível, iluminação sobre o cil. e a calha, uma câmara, ~~apoiada~~ um tripé e encaixada em relação à imagem da vídeo capture, cabo USB, computador e formatos software como "Encore" e "Tracker"; também usamos chaves; ~~se~~ mas só analisamos um excerto das tentativas, um só rolamento, de esquerda para a direita - a análise de cada é muito extensa; ultimamente, tivemos como objetivo verificar se ocorre escorregamento (1), depois o princípio de sobreposição (2) e, por último, outras implicações das suas características (se obedecidas ou não) (3 e 4); tivemos no modelo/previsão dos rolamentos presente ~~as equações~~ ponto das equações de Rolamento - ~~com ou sem escorregamento~~, com ou sem $\Delta V_{cm} = 0$ - e também a ^{possível} inclinação da calha, F_a sobre o cilindro, vetores de paralela - todas estas factores para a diferenciação do Rolamento Técnico do Rolamento Experimental.

B. estender a calha no seu eixo e imobilizá-la - usar "níveis" e alinhar a câmera a uma distância d - grande para minimizar os efeitos de paralaxe - e centrar a sua posição em relação aos extremos, direito e esquerdo, da calha que a câmera consegue capturar; a câmera apoiada num tripé; a lente e a fachada da calha devem ser paralelas.

D. iluminar a calha e o cilindro devidamente

E. determinar o diâmetro do cilindro (chaveta); colocar o cilindro ~~na~~ fora do raio de visão da câmera, a base do cilindro paralela à fachada da calha (que é graduada, já referido).

F. iniciar a GRAVAÇÃO, clicando em certos botões da câmera, durante esta, várias tentativas de holamento, sem intervalos

G. empurrar (com destreza) o cilindro sobre um plano inclinado) cilindro com uma mão, iniciando um movimento retilíneo, paralelo com a fachada da calha, dentro do ângulo de visão da câmera ~~até~~ e oficializá-lo até o seu sentido reverter por colisão ou o cilindro sair do ângulo de visão; repetir, para outros sentidos; B. certificar que a posição da câmera não foi mudada acidentalmente; foram feitos 6 holamentos, 3 de cada sentido, de velocidade inicial arbitrária, a maior ~~foram~~ iniciados com a mão; concluída a GRAVAÇÃO.

H. exportar, com cabo USB, o vídeo da câmera para o computador do laboratório; originalmente no formato de vídeo MTS, convertê-lo em AVI com o software "Firemcken"; carregar, abrir o vídeo no software "Tracker".

I. "analisar" o vídeo no "Tracker", ou seja, a cada 0,1s, identificar a posição do centro de massa e da periferia B do cilindro; também definir digitalmente uma escala de comprimento e um ponto de referência.

J. extrair a tabela de dados resultante do "Tracker"
- $t(s)$, $x(cm)$, $y(cm)$, $v_x(cm)$, $v_y(cm)$, $a_x(cm)$, $a_y(cm)$
para CM e para a Periferia e copiá-los para Excel

K. analisar --- com base nas tabelas de dados.

* H, I, J, K têm mais prosa, em detalhe, para explicar;
estes são explicados no "Protocolo das Rotinas" > Anexos.

Teoria: está na outra página

Dados: estão no Excel

Análise de dados:

1. Incertezas: $u(t) = 0.1s$; $u(x) = u(y) =$

→ computador → $= 0.0...1 cm$

→ coincidência → $= ?$, > $u(x)$ de
nato - CM/Periferia

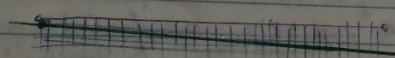
2. ⁴⁾ Sobre $y_{cm}/mm...$

diâmetro medido (cil.) = $68.400 \pm 0.025 mm$

→ $r_m(cil.) = 34.200 \pm 0.025 mm$

$\forall t$, $y_{cm}(t) \geq 37 mm$ e $y_{cm}(t)$ tem uma tendência (linear)
crescente no tempo.

R: o raio determinado pelo "Tracker" superior e crescente
em relação ao raio medido pela chaveira; explicações
podem ser o eixo Ox , definido pelo Tracker, ~~fora~~ ter sido
definido desalinhado com a superfície da calha
de seguinte forma:

 calha q. divergência aumenta

... além dessa explicação, a distância de altura não se
parece adequar, nem os raios de paralelos;

os testes e a sua distribuição ~~para~~ haveram que
a linearização é uma boa aproximação, somente ~~estas~~ Aleatórias.

Dados Básicos						
	centro de massa, CM			periferia, B		
t	x	y	vx	x	y	vx
0	10.83	37.95		20.3	6.459	
0.1	21.12	37.5	99.56	21.25	5.51	1.582
0.2	30.74	37.28	96.2	20.61	7.408	1.582
0.3	40.36	37.95	105.2	21.56	9.939	20.57
0.4	51.77	38.62	107.4	24.73	16.27	41.13
0.5	61.84	38.4	96.2	29.79	24.18	71.19
0.6	71.02	38.4	99.56	38.97	34.62	94.92
0.7	81.75	38.62	100.7	48.77	42.21	112.3
0.8	91.15	38.4	96.2	61.43	51.39	134.5
0.9	101	37.95	96.2	75.67	58.98	148.7
1	110.4	38.4	97.32	91.17	64.04	159.4
1.1	120.5	38.62	98.44	107.6	70.74	180.4
1.2	130.1	38.62	97.32	127.2	72.53	188
1.3	139.9	39.29	96.2	145.2	71.18	190.2
1.4	149.3	38.62	93.97	165.3	68.05	179
1.5	158.7	38.62	92.85	181	63.57	159.5
1.6	167.9	38.4	92.85	197.2	56.97	148.3
1.7	177.3	39.07	97.32	210.6	48.47	118.6
1.8	187.4	38.85	95.08	220.9	39.74	96.2
1.9	196.3	38.4	90.61	229.9	29	76.07
2	205.5	38.4	92.85	236.1	21.84	44.75
2.1	214.9	38.18	90.61	238.8	14.24	23.49
2.2	223.6	38.85	91.73	240.8	9.315	13.78
2.3	233.2	38.4	92.07	241.6	5.351	4.475
2.4	242	38.54	88.82	241.7	5.064	- 0.354
2.5	251	39.34	88.7	241.5	5.735	4.475
2.6	259.8	38.54	89.7	242.6	9.091	16.78
2.7	268.9	38.34	92.69	244.9	15.13	29.08
2.8	278.3	39.14	85.71	248.4	22.07	44.75
2.9	286.1	38.34	85.71	253.8	29.67	66
3	295.4	38.54	89.7	261.6	37.95	89.49
3.1	304	38.54	89.7	271.7	46.9	107.4
3.2	313.4	38.34	87.71	283.1	54.96	124.2
3.3	321.5	38.34	85.71	296.5	62.11	141
3.4	330.5	38.94	88.7	311.3	67.25	154.3
3.5	339.3	38.74	84.72	327.4	71.26	163.2
3.6	347.5	38.34	83.72	344	73.27	168.3
3.7	356	38.14	84.72	361	72.52	170.9
3.8	364.4	39.14	85.71	378.2	70.37	163.1
3.9	373.2	39.34	86.18	393.7	65.31	147.1
4	381.6	39.45	87.42	407.6	60.25	136.1
4.1	390.7	39.45	85.96	420.9	53.29	123.4
4.2	398.8	38.33	83.14	432.3	45.38	102.8

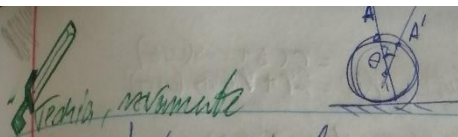
4.3	407.3	38.61	84.55	441.4	37.15	77.52
4.4	415.7	38.89	78.91	447.8	28.61	56.95
4.5	423.1	39.17	77.5	452.8	21.01	37.97
4.6	431.2	38.89	83.14	455.4	15.32	26.89
4.7	439.7	37.76	81.73	458.2	11.52	18.98
4.8	447.6	39.17	84.55	459.2	8.041	0
4.9	456.6	39.73	88.78	458.2	5.193	-7.91
5	465.3	38.89	83.14	457.6	5.51	3.164
5.1	473.2	38.89	74.69	458.8	7.724	12.66
5.2	480.3	38.04	76.1	460.1	12.47	22.15
5.3	488.5	38.89	81.73	463.3	17.53	31.64
5.4	496.6	38.89	80.32	466.4	23.86	45.88
5.5	504.5	38.61	84.55	472.4	31.45	62.13
5.6	513.5	38.89	81.73	478.9	38.67	74.69
5.7	520.9	38.89	73.28	487.4	46.84	95.01
5.8	528.2	38.33	73.28	497.9	54.12	111.9
5.9	535.5	39.17	78.91	509.8	60.87	127
6	544	38.89	80.32	523.3	65.67	138.5
6.1	551.6	39.73	78.91	537.5	69.22	146.5
6.2	559.8	39.17	77.5	552.6	72.06	153.6
6.3	567.1	39.45	73.28	568.2	72.41	153.7
6.4	574.4	39.17	77.5	583.3	71.52	149.7
6.5	582.6	38.61	78.91	598.1	68.5	140.6
6.6	590.2	39.45	76.1	611.4	64.23	133.1
6.7	597.8	39.73	76.1	624.7	58.71	120.5
6.8	605.4	38.61	77.5	635.5	52.43	108
6.9	613.3	39.45	76.1	646.3	45.65	91.67
7	620.6	39.17	84.55	653.9	37.86	72.83
7.1	630.2	38.61	80.32	660.9	30.58	57.76
7.2	636.7	38.04	66.59	665.4	23.8	38.22
7.3	643.5	38.85	71.09	668.5	16.91	31.11
7.4	650.9	38.62	73.83	671.6	12.68	23.96
7.5	658.3	38.85	73.83	673.3	9.015	9.864
7.6	665.7	38.18	73.83	673.6	6.478	- 1.409
7.7	673.1	38.4	70.47	673.1	5.633	- 2.818
7.8	679.8	38.85	74.95	673.1	5.633	1.409
7.9	688.1	38.85	77.19	673.3	8.733	8.455
8	695.2	39.29	67.12	674.7	12.68	18.32
8.1	701.5	38.62	68.24	677	17.47	26.77
8.2	708.9	38.62	76.07	680.1	23.67	38.05
8.3	716.7	38.62	74.95	684.6	29.59	50.73
8.4	723.9	38.4	70.47	690.2	36.63	64.82
8.5	730.8	39.07	67.12	697.6	43.68	80.95
8.6	737.3	39.07	68.24	706.4	51.1	95.81
8.7	744.4	39.07	73.83	716.7	57.14	110.1

8.8	752	39.74	69.36	728.5	62.47	119
8.9	758.3	39.52	71.59	740.5	66.38	126.1
9	766.4	39.07	72.71	753.7	69.57	131.4
9.1	772.9	39.74	66	766.8	71.71	127.9
9.2	779.6	39.07	70.47	779.3	72.06	136.7
9.3	786.9	39.07	71.59	794.2	70.64	137.4
9.4	793.9	39.07	64.88	806.7	69.39	130.3
9.5	799.9	39.52	69.36	820.2	67	132.7
9.6	807.8	39.74	70.47	833.3	59.97	110.5
9.7	814	39.29	62.64	842.3	56.95	87.32
9.8	820.3	39.29	67.12	850.7	50.44	76.91
9.9	827.4	39.52	67.12	857.7	44.74	82.28
10	833.7	38.85	69.36	867.2	36.52	69.62
10.1	841.3	39.07	69.97	871.6	27.02	50.63
10.2	847.7	39.21	64.37	877.3	23.23	37.97
10.3	854.2	39.21	64.07	879.2	19.43	28.48
10.4	860.5	39.68	66.45	883	14.36	22.15
10.5	867.5	39.05	70.4	883.7	9.934	9.493
10.6	874.6	38.89	65.65	884.9	9.301	9.493
10.7	880.6	39.05	64.86	885.6	6.77	1.78
10.8	887.6	38.73	68.03	885.3	6.196	- 7.021
10.9	894.2	38.73	63.28	884.2	7.324	2.818
11	900.2	39.21	64.86	885.8	9.015	11.27
11.1	907.2	38.89	62.49	886.4	13.52	16.91
11.2	912.7	39.21	59.33	889.2	16.91	25.37
11.3	919	38.73	63.28	891.5	22.54	31
11.4	925.4	39.05	63.28	895.4	26.49	39.46
11.5	931.7	38.89	64.86	899.4	33.25	50.73
11.6	938.3	39.05	65.97	905.6	39.45	67.64
11.7	944.9	39.52	64.07	912.9	46.22	76.1
11.8	951.2	38.62	45.89	920.8	50.73	73.28
11.9	954.1	39.74	- 0.529	927.6	54.67	11.27
12	951.1	39.56		923	55.8	

Dados de Análise										
t	x(B)-x(CM) EXP	Sine Teo	SineTEOTEO	t	Período, T	Angular F., ω	ω TEO	x(B) TEO	ω *R	
0	9.47	9.635	9.635	2.4	2.3	2.732	2.886	20.465	98.701	
0.1	0.13	0.431	-0.076	3.5	2.4	2.618	2.878	21.044	98.432	
0.2	-10.13	-8.805	-9.729	4.9	2.5	2.513	2.870	21.011	98.162	
0.3	-18.8	-17.389	-18.545	6.2	2.7	2.327	2.862	21.815	97.893	
0.4	-27.04	-24.686	-25.833	7.7	2.8	2.244	2.854	25.937	97.623	
0.5	-32.05	-30.153	-31.042	9.1	2.9	2.167	2.847	30.798	97.354	
0.6	-32.05	-33.388	-33.800	10.7	3	2.094	2.839	37.220	97.085	
0.7	-32.98	-34.149	-33.932				2.831	47.818	96.815	
0.8	-29.72	-32.381	-31.474				2.823	59.676	96.546	
0.9	-25.33	-28.215	-26.653				2.815	74.347	96.276	
1	-19.23	-21.959	-19.871				2.807	90.529	96.007	
1.1	-12.9	-14.076	-11.660				2.799	108.840	95.737	
1.2	-2.9	-5.151	-2.646				2.791	127.454	95.468	
1.3	5.3	4.156	6.508				2.784	146.408	95.199	
1.4	16	13.154	15.146				2.776	164.446	94.929	
1.5	22.3	21.179	22.668				2.768	181.368	94.660	
1.6	29.3	27.635	28.568				2.760	196.468	94.390	
1.7	33.3	32.044	32.470				2.752	209.770	94.121	
1.8	33.5	34.079	34.142				2.744	221.542	93.852	
1.9	33.6	33.591	33.511				2.736	229.811	93.582	
2	30.6	30.614	30.662				2.728	236.162	93.313	
2.1	23.9	25.370	25.820				2.721	240.720	93.043	
2.2	17.2	18.247	19.336				2.713	242.936	92.774	
2.3	8.4	9.773	11.654				2.705	244.854	92.504	
2.4	-0.3	0.574	3.284				2.697	245.284	92.235	
2.5	-9.5	-8.667	-5.241				2.689	245.759	91.966	
2.6	-17.2	-17.266	-13.389				2.681	246.411	91.696	
2.7	-24	-24.586	-20.673				2.673	248.227	91.427	
2.8	-29.9	-30.085	-26.670				2.665	251.630	91.157	
2.9	-32.3	-33.356	-31.048				2.658	255.052	90.888	
3	-33.8	-34.157	-33.581				2.650	261.819	90.618	
3.1	-32.3	-32.427	-34.157				2.642	269.843	90.349	
3.2	-30.3	-28.295	-32.783				2.634	280.617	90.080	
3.3	-25	-22.068	-29.572				2.626	291.928	89.810	
3.4	-19.2	-14.207	-24.739				2.618	305.761	89.541	
3.5	-11.9	-5.293	-18.583				2.610	320.717	89.271	
3.6	-3.5	4.013	-11.462				2.602	336.038	89.002	
3.7	5	13.022	-3.777				2.595	352.223	88.732	
3.8	13.8	21.066	4.055				2.587	368.455	88.463	
3.9	20.5	27.550	11.624				2.579	384.824	88.194	
4	26	31.994	18.546				2.571	400.146	87.924	
4.1	30.2	34.067	24.484				2.563	415.184	87.655	

4.2	33.5	33.618	29.163				2.555	427.963	87.385	
4.3	34.1	30.678	32.377				2.547	439.677	87.116	
4.4	32.1	25.466	34.001				2.539	449.701	86.846	
4.5	29.7	18.368	33.991				2.531	457.091	86.577	
4.6	24.2	9.910	32.383				2.524	463.583	86.308	
4.7	18.5	0.717	29.285				2.516	468.985	86.038	
4.8	11.6	-8.528	24.871				2.508	472.471	85.769	
4.9	1.6	-17.142	19.369				2.500	475.969	85.499	
5	-7.7	-24.487	13.049				2.492	478.349	85.230	
5.1	-14.4	-30.017	6.205				2.484	479.405	84.960	
5.2	-20.2	-33.324	-0.856				2.476	479.444	84.691	
5.3	-25.2	-34.163	-7.827				2.468	480.673	84.422	
5.4	-30.2	-32.472	-14.419				2.461	482.181	84.152	
5.5	-32.1	-28.376	-20.367				2.453	484.133	83.883	
5.6	-34.6	-22.177	-25.446				2.445	488.054	83.613	
5.7	-33.5	-14.337	-29.471				2.437	491.429	83.344	
5.8	-30.3	-5.434	-32.309				2.429	495.891	83.074	
5.9	-25.7	3.871	-33.876				2.421	501.624	82.805	
6	-20.7	12.890	-34.144				2.413	509.856	82.536	
6.1	-14.1	20.953	-33.133				2.405	518.467	82.266	
6.2	-7.2	27.465	-30.911				2.398	528.889	81.997	
6.3	1.1	31.943	-27.589				2.390	539.511	81.727	
6.4	8.9	34.054	-23.312				2.382	551.088	81.458	
6.5	15.5	33.644	-18.254				2.374	564.346	81.188	
6.6	21.2	30.741	-12.610				2.366	577.590	80.919	
6.7	26.9	25.561	-6.586				2.358	591.214	80.650	
6.8	30.1	18.489	-0.395				2.350	605.005	80.380	
6.9	33	10.047	5.756				2.342	619.056	80.111	
7	33.3	0.860	11.670				2.335	632.270	79.841	
7.1	30.7	-8.390	17.163				2.327	647.363	79.572	
7.2	28.7	-17.018	22.076				2.319	658.776	79.302	
7.3	25	-24.386	26.273				2.311	669.773	79.033	
7.4	20.7	-29.948	29.646				2.303	680.546	78.764	
7.5	15	-33.292	32.118				2.295	690.418	78.494	
7.6	7.9	-34.170	33.641				2.287	699.341	78.225	
7.7	0	-32.517	34.197				2.279	707.297	77.955	
7.8	-6.7	-28.455	33.798				2.272	713.598	77.686	
7.9	-14.8	-22.286	32.481				2.264	720.581	77.416	
8	-20.5	-14.466	30.308				2.256	725.508	77.147	
8.1	-24.5	-5.575	27.360				2.248	728.860	76.878	
8.2	-28.8	3.729	23.737				2.240	732.637	76.608	
8.3	-32.1	12.757	19.550				2.232	736.250	76.339	
8.4	-33.7	20.840	14.921				2.224	738.821	76.069	
8.5	-33.2	27.380	9.976				2.216	740.776	75.800	
8.6	-30.9	31.891	4.844				2.208	742.144	75.530	
8.7	-27.7	34.041	-0.348				2.201	744.052	75.261	

8.8	-23.5	33.669	-5.480				2.193	746.520	74.992	
8.9	-17.8	30.803	-10.436				2.185	747.864	74.722	
9	-12.7	25.656	-15.111				2.177	751.289	74.453	
9.1	-6.1	18.609	-19.414				2.169	753.486	74.183	
9.2	-0.3	10.183	-23.265				2.161	756.335	73.914	
9.3	7.3	1.003	-26.597				2.153	760.303	73.644	
9.4	12.8	-8.251	-29.359				2.145	764.541	73.375	
9.5	20.3	-16.894	-31.516				2.138	768.384	73.106	
9.6	25.5	-24.286	-33.044				2.130	774.756	72.836	
9.7	28.3	-29.879	-33.937				2.122	780.063	72.567	
9.8	30.4	-33.259	-34.198				2.114	786.102	72.297	
9.9	30.3	-34.175	-33.845				2.106	793.555	72.028	
10	33.5	-32.561	-32.905				2.098	800.795	71.758	
10.1	30.3	-28.534	-31.416				2.090	809.884	71.489	
10.2	29.6	-22.395	-29.422				2.082	818.278	71.220	
10.3	25	-14.596	-26.974				2.075	827.226	70.950	
10.4	22.5	-5.716	-24.130				2.067	836.370	70.681	
10.5	16.2	3.587	-20.948				2.059	846.552	70.411	
10.6	10.3	12.624	-17.492				2.051	857.108	70.142	
10.7	5	20.726	-13.823				2.043	866.777	69.872	
10.8	-2.3	27.294	-10.004				2.035	877.596	69.603	
10.9	-10	31.839	-6.096				2.027	888.104	69.334	
11	-14.4	34.027	-2.158				2.019	898.042	69.064	
11.1	-20.8	33.694	1.756				2.012	908.956	68.795	
11.2	-23.5	30.865	5.593				2.004	918.293	68.525	
11.3	-27.5	25.751	9.308				1.996	928.308	68.256	
11.4	-30	18.729	12.857				1.988	938.257	67.986	
11.5	-32.3	10.320	16.204				1.980	947.904	67.717	
11.6	-32.7	1.146	19.317				1.972	957.617	67.448	
11.7	-32	-8.112	22.169				1.964	967.069	67.178	
11.8	-30.4	-16.769	24.741				1.956	975.941	66.909	
11.9	-26.5	-24.185	27.014				1.949	981.114	66.639	
12	-28.1	-29.809	28.979				1.941	980.079	66.370	



Velocidade, movimento

o movimento dum cilindro: $x_A = x_{cm} + r \cdot \sin(\omega t)$

o deslocamento da A e o, $y_A = r \cdot \cos(\omega t)$

na sua periferia

$$\rightarrow v_A = v_{cm} + \omega r \cdot \cos(\omega t)$$

$$v_{yA} = -\omega \cdot r \cdot \sin(\omega t)$$

movimento sem deslizamento: $x_{cm} = \theta \cdot r \rightarrow v_{cm} = \frac{d\theta}{dt} \cdot r = \omega \cdot r$

na periferia

deslocamento
superfície
cilha

deslocamento
superfície lateral do cilindro

$$\rightarrow x_A = x_{cm} + \frac{v_{cm}}{\omega} \sin(\omega t) \rightarrow v_A = v_{cm} + v_{cm} \cdot \cos(\omega t)$$

v_{cm} constante: $v_{cm} \cdot t = x_{cm} \rightarrow x_A = v_{cm} \left(t + \frac{1}{\omega} \sin(\omega t) \right)$

* a visualização do p. da sobre posição das velocidades por meio das gráficos: $x_A = f(t)$ seria provavelmente oscilatório; será periódico? será igual a $x_{cm} + \frac{v_{cm}}{\omega} \sin(\omega t)$ isso poderia ser julgado subtraindo $x_A - x_{cm} (= r \cdot \sin(\omega t))$ e analisando a amplitude (r) e o período ($\frac{2\pi}{\omega}$) do resultado.

$$\sin(\omega(x + P)) = \sin(\omega x + \omega P) = \sin(\omega x + A) = \sin(\omega x)$$

$$\rightarrow A = 2\pi = \omega P \rightarrow P = \frac{2\pi}{\omega} \text{ P, período}$$

* servindo outros objetivos, nas posições-tempo de tangência horizontal, temos as velocidades nulas que, pela técnica e na condição de rolamento sem deslizamento, serão nos momentos em contacto com o solo.

$$\frac{dv_A}{dt} = \frac{dv_{cm}}{dt} + \omega^2 \cdot r \cdot \sin(\omega t) \rightarrow a_A = a_{cm} - \omega^2 r \sin(\omega t)$$

$$\rightarrow a_A = 0 \rightarrow a_{cm} = \omega^2 r \sin(\omega t) \text{ ... fadasse}$$

$$\text{Deslizamento} \Rightarrow \frac{dv_A}{dt} = \frac{d}{dt} \left(v_{cm} (1 + \cos(\omega t)) \right) = a_{cm} (1 + \cos(\omega t)) + v_{cm} (-\omega \sin(\omega t))$$

$$\Delta v_{cm} = 0 \rightarrow a_A = v_{cm} (-\omega \sin(\omega t))$$

$$\rightarrow a_A = 0 \rightarrow v_{cm} = 0 \vee \omega = 0 \vee \sin(\omega t) = 0$$

$$\sin(\omega t) = 0 \Leftrightarrow \omega t = 0 + 2\pi k \Leftrightarrow t = \frac{\pi}{\omega} k \quad (P = \frac{2\pi}{\omega}) : \phi_1 = \frac{2\pi}{\omega} k \wedge \phi_2 = \frac{2\pi}{\omega} k - \frac{\pi}{\omega}$$

$$\Phi_1 = \frac{2\pi}{\omega} k; \quad \Phi_2 = \frac{2\pi}{\omega} k - \frac{\pi}{\omega}; \quad x_A = x_{cm} + r \sin(\omega t); \quad y_A = r(1 + \cos(\omega t)) = 2r + r \cos(\omega t)$$

$$v_{xA} = v_{cm} + \omega r \cos(\omega t); \quad v_{yA} = r \cdot (-1) \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) = -\omega r \cdot \sin(\omega t)$$

$$t = \Phi_1: v_{xA}(\Phi_1) = v_{cm} + \omega r \cdot \cos(2\pi \cdot k) = v_{cm} + \omega \cdot r \cdot 1 =$$

$$\rightarrow \text{Displacement} \rightarrow v_{cm} + v_{cm} = 2v_{cm}$$

$$v_{yA}(\Phi_1) = -\omega r \cdot \sin(2\pi k) = -\omega r \cdot 0 = 0$$

$$x_A(\Phi_1) = x_{cm}$$

$$y_A(\Phi_1) = r(1 + \cos(2\pi k)) = 2r \rightarrow x_A(\Phi_1) = x_{cm} \quad \boxed{p(\Phi_1) = (x_{cm}, 2r)}$$

$$t = \Phi_2: v_{xA}(\Phi_2) = \dots = v_{cm} + v_{cm} \cdot \cos(2\pi k - \pi) = v_{cm} + v_{cm} \cdot (-1) = 0$$

$$v_{yA}(\Phi_2) = \dots = -\omega r \cdot \sin(2\pi k - \pi) = \omega r \cdot 0 = 0$$

$$x_A(\Phi_2) = x_{cm} + r \cdot \sin(2\pi k - \pi) = x_{cm}$$

$$y_A(\Phi_2) = r(1 + \cos(2\pi k - \pi)) = r(1 - 1) = 0$$

$$\boxed{p(\Phi_2) = (x_{cm}, 0)}$$

ou, de uma maneira mais simples, $v_A x = 0$

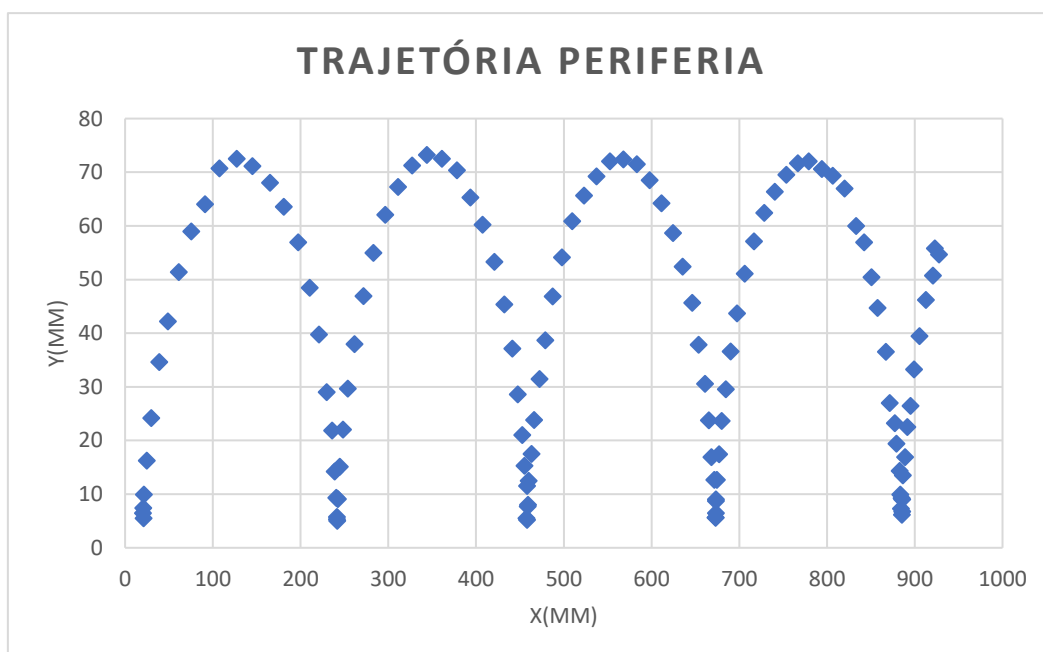
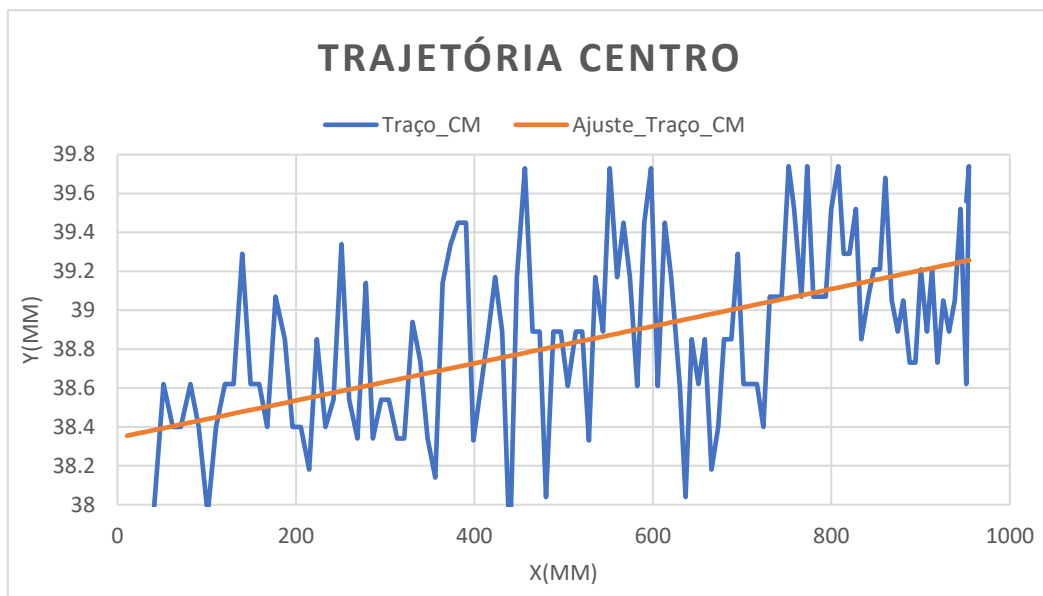
$$\Rightarrow \dots \Rightarrow v_{cm}(1 + \cos(\omega t)) = 0 \Leftrightarrow v_{cm} = 0 \vee \cos(\omega t) = -1$$

$$\Leftrightarrow \omega t = \pi + 2\pi k \Leftrightarrow t = \frac{\pi}{\omega} + \frac{2\pi}{\omega} k = \left(\frac{2\pi}{\omega} n - \frac{\pi}{\omega} \right) = \Phi_2$$

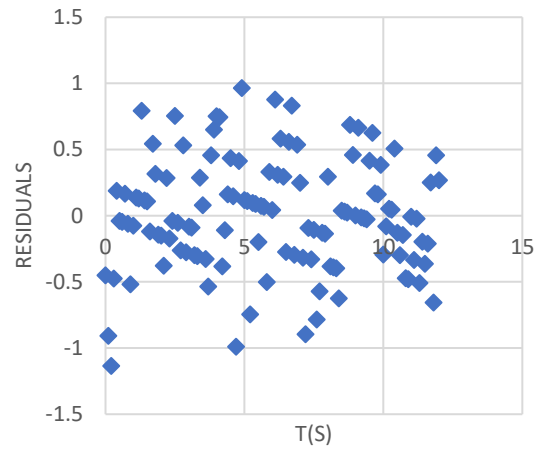
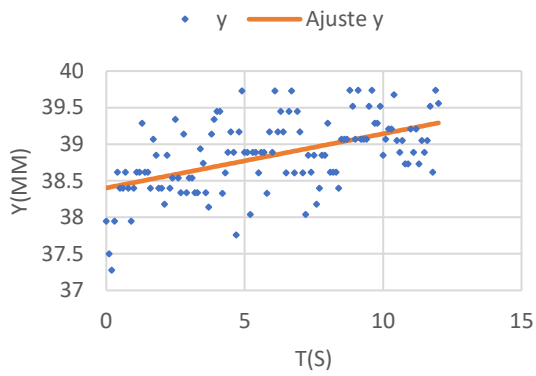
$$x_A\left(\frac{\pi}{\omega} + \frac{2\pi}{\omega} k\right) = x_{cm} + r \cdot \sin\left(\pi + 2\pi k\right) = x_{cm}$$

$$y_A\left(\frac{\pi}{\omega} + \frac{2\pi}{\omega} k\right) = r(1 + \cos(\pi + 2\pi k)) = r(1 - 1) = 0 \rightarrow \boxed{p\left(\frac{\pi}{\omega} + \frac{2\pi}{\omega} k\right) = (x_{cm}, 0)}$$

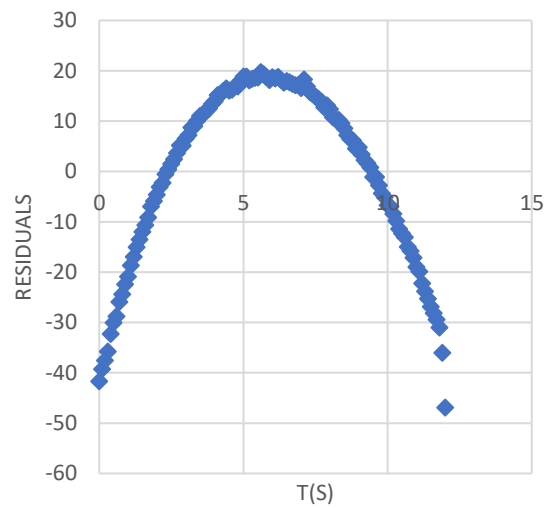
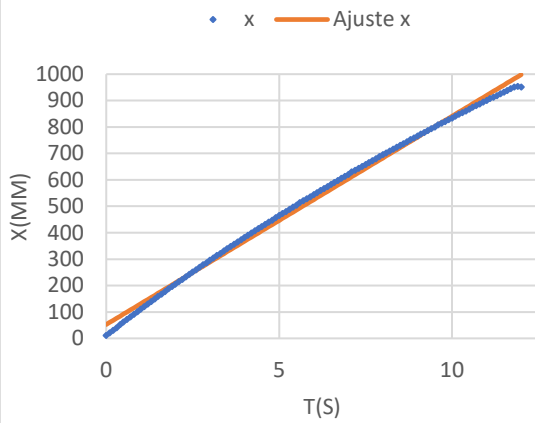
Gráficos das Análises para referência:



$$Y(\text{CM})=F(T)$$

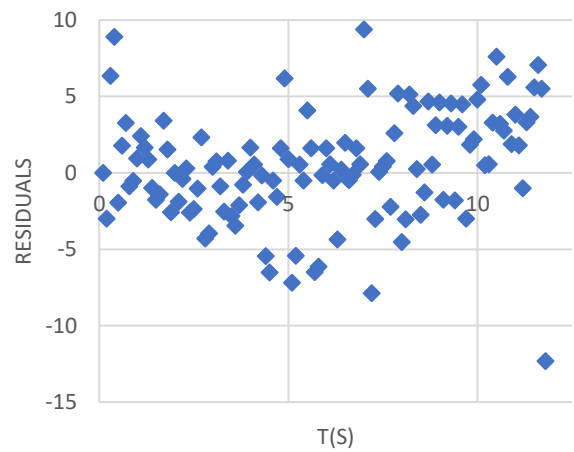
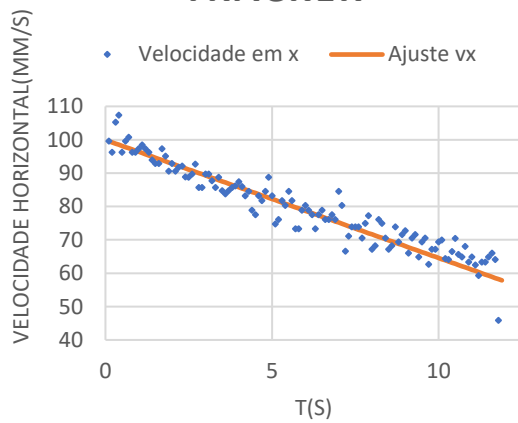


$$X(\text{CM})=F(T)$$

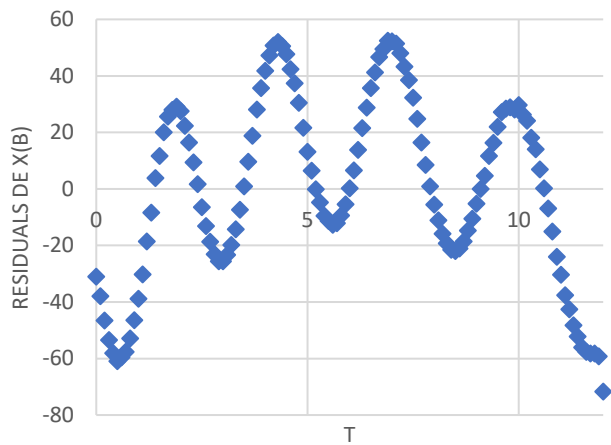
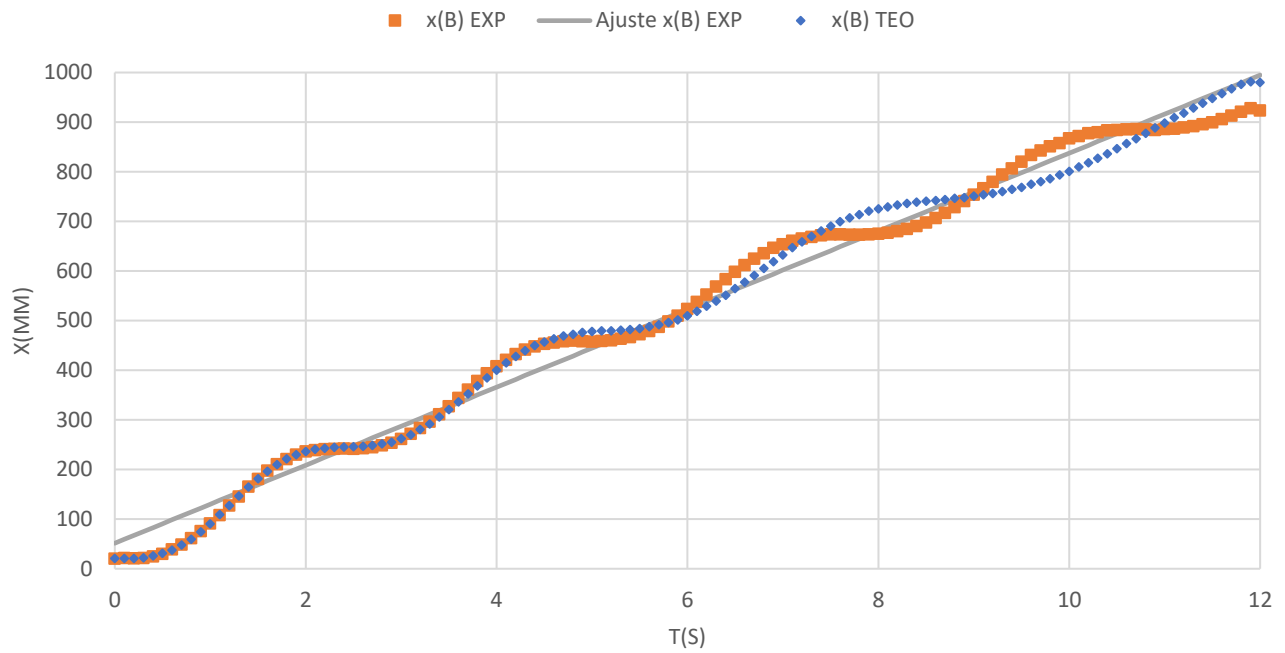


$$VX(\text{CM})=F(T),$$

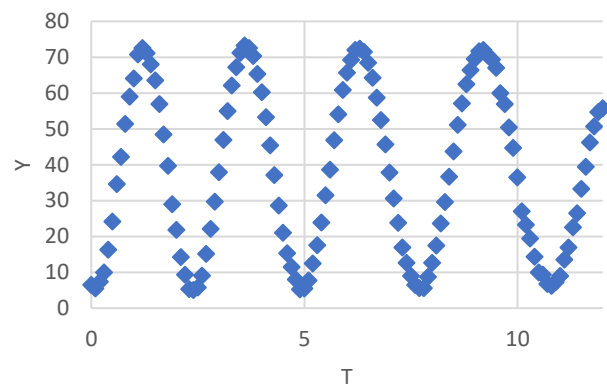
CALCULADO PELO
TRACKER



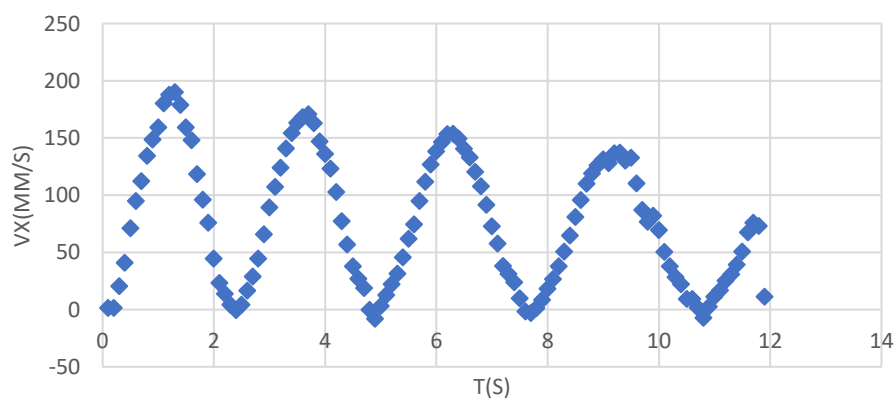
$X(B)=F(T)$ & AJUSTE + $X(B)$ TEÓRICO

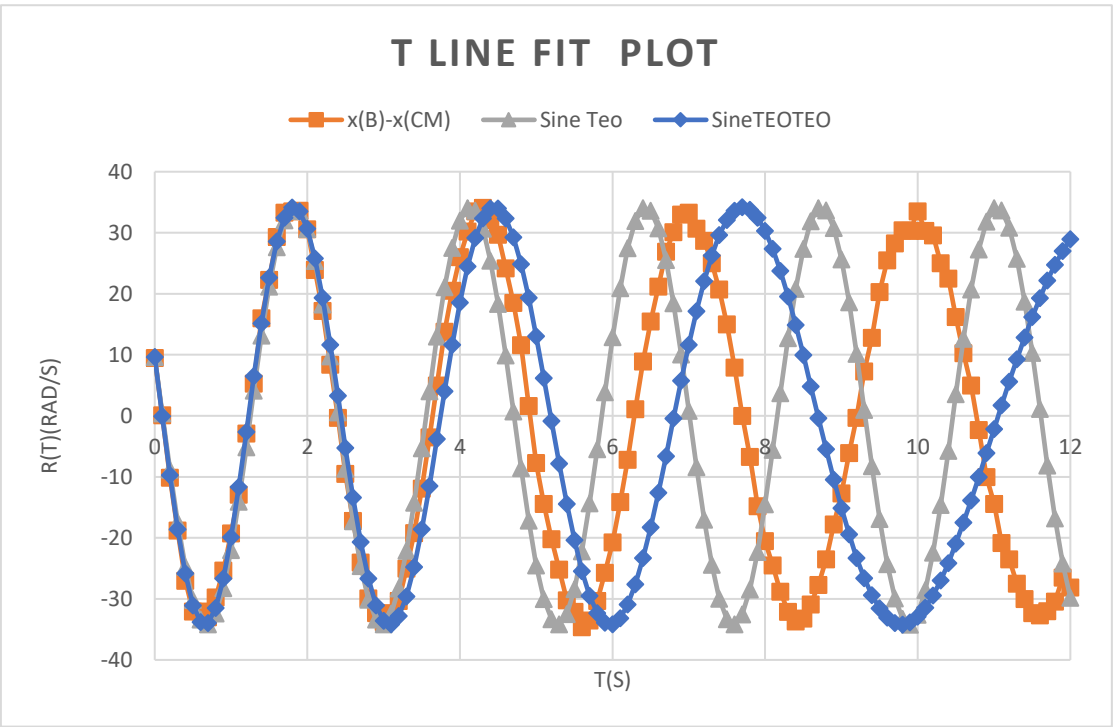
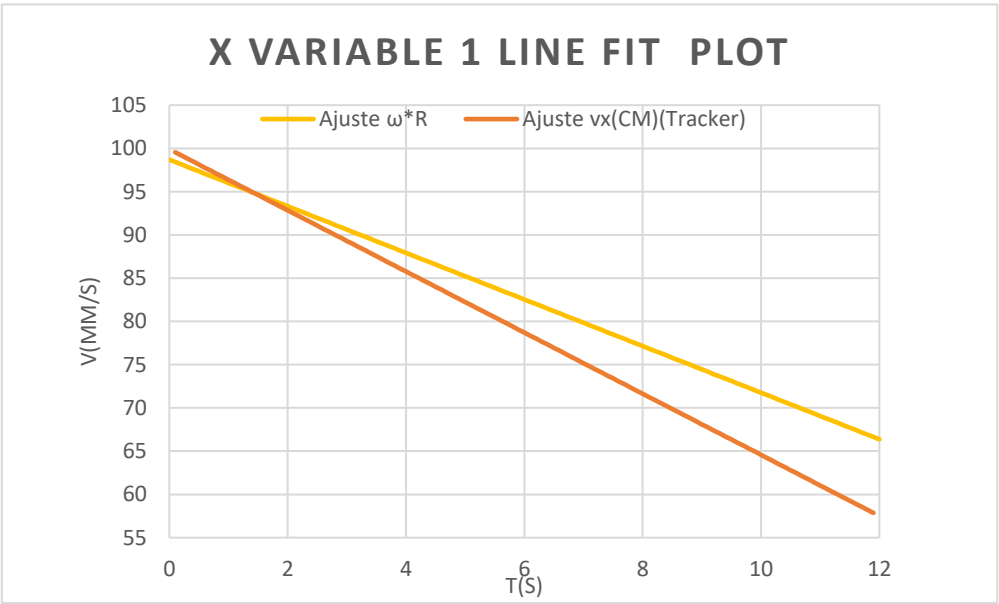
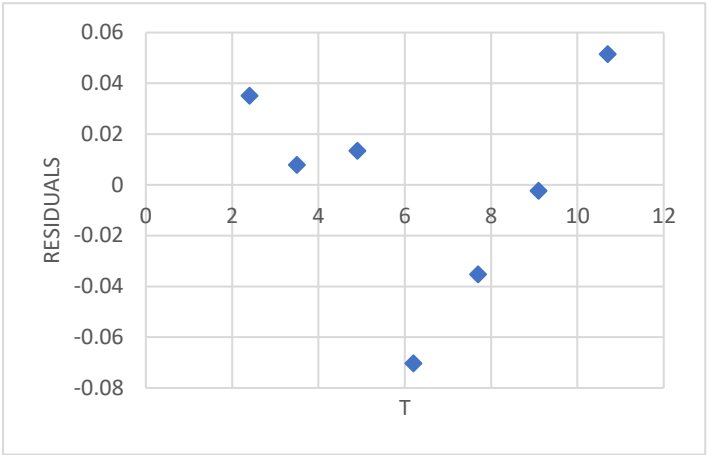
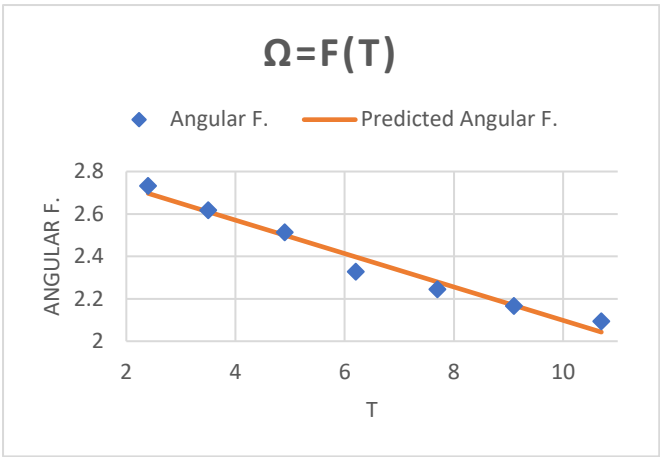


$Y(B)=F(T)$



$VX(B)=F(T)$, CALCULADO PELO TRACKER





b) sobre x_{ch}/mm ... e sobre Vx_{ch} ...

- há um gráfico $x_{ch} = f(t)$ com uma maturação parabólica de concavidade para baixo, vista a priori:

- gráfico $x_{ch} = f(t)$ visualmente

- os resíduos, com forma de parábola, de $x_{ch} = f(t)$

- gráfico ~~linear~~ e decrescente afim e decrescente da estimativa do Thacker de $Vx_{ch} = f(t)$

(como derivada de x_{ch} , temos $Vx_{ch} = f(t)$ afim e decrescente e $x_{ch} = g(t)$ ~~parabólica~~ quadrática de conc. para baixo não é coincidência, mas lógica matemática)

R: explicações sobre o decréscimo da velocidade são provavelmente a aceleração, resultante das forças de atrito ou inclinação da calha ^{forças de atrito} _{improvável}

c) sobre y_B/mm ...

- visualmente, $y_B = f(t)$ excede a maturação sinusoidal dum corpo em movimento

- o período de oscilação aparente aumentar, logo a frequência angular, ω , diminuir → melhor analisado em 3.0b)

- a mesma anomalia do diâmetro sobrevalorizado observa-se com o y mínimo ~~na~~ sendo zero.

d) sobre x_B/mm ...

- pode a linearização de $x_B = f(t)$ ~~ser feita~~ induzir esta análise em erro, mas ~~para~~ gráfico de resíduos - também pela gráfico $x_B = f(t)$ em si ~~mostra~~ - se uma "decréscimo do fluxo"; ~~mais claro~~ - existe uma ~~parabólica~~ concavidade ~~na~~ (para baixo) ~~na~~ própria natureza sinusoidal das ondas; pela simetria presume ~~que~~ ^{tem} causa os erros de paralaxe

- também porém, o gráfico (elaborado pelo Thacker) de $Vx_B = f(t)$ mostra uma tendência decrescente da velocidade; pode ser como causa simplesmente os ~~os~~ forças de atrito (exercidas pela calha), sem ^{os} erros de paralaxe (acime) terem um papel maior (e pouco comprovado, pela linearização feita sem significado físico).

3. a) $V_{CM-EXP} = ?$

- saber mais sobre o uso do Tracker e suas funcionalidades, já que confiamos mais, não sei, desconhecidas são as metodologias de cálculo das velocidades a partir de um vídeo limitado de pontos de posições.

Vem com uma tendência a cair e decair; a linearização dos pontos de velocidade é aceitável geralmente - porque? O método é a traço.

Passa das 100 mm/s p/ os 60 mm/s, um 12 s;
um gráfico $V_{CM-TRACKER} = f(t)$

- determinar V_{CM} a partir do declive da linearização de $x_{CM} = f(t)$, porém é já sabido que V_{CM} não é constante; aqui $V_{CM} \approx 78.79 \text{ mm/s}$ (entre 60 - 100)

b) $\omega_{EXP} = ?$; é a partir do gráfico $\theta = f(t)$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \approx \frac{2\pi}{T}$$

Picos: 1.1 s; 3.5 s; 6.1 s; 8.1 s

Valis: 0.1 s; 2.4 s; 4.9 s; 7.7 s; 10.7 s

$\Delta t(\text{Picos})$: 2.4 s; 2.6 s; 2.0 s

$\Delta t(\text{Valis})$: 2.3 s; 2.5 s; 2.8 s; 3.0 s
(0.1 s) 5 7

Períodos, são crescentes

- $\omega \approx \frac{2\pi}{T(t)}$ \rightarrow um gráfico, é decrescente
 $\omega = f(t)$

Conclusões:

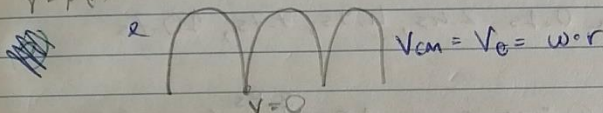
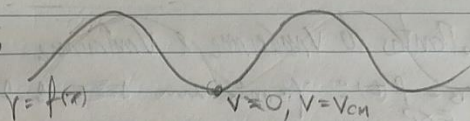
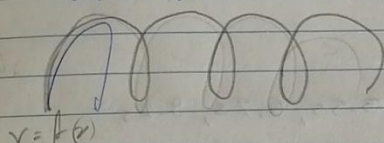
1. Há escorregamento no Rolamento?

a) visualmente - gráfico $y = f(x)$ - não há escorregamento, porque:

$$V_{cm} < V_0$$

ou

$$V_{cm} > V_0$$



b) $V_{cm} = \omega \cdot r$? a situação é mais complicada de analisar, pois $\Delta V_{cm} \neq 0$.

$V_{cm, TRACKER} = \omega_{EXP} \cdot r$? um gráfico $V_{cm, TRACKER}$ VS $\omega \cdot r$

• tiramos V_{cm} do Tracker, o que levanta dúvidas ~~de~~ ^{pelo} método de cálculo usado; ~~mas~~ ^{de} ~~é conhecido~~ ^{é conhecido}, ~~mas~~ ^{é conhecido} ~~é conhecido~~ ^{é conhecido}, pois é uma linearização de poucos ω 's, onde ~~as~~ ^{as} ~~análises~~ ^{análises} ~~provavelmente~~ ^{provavelmente} ~~não~~ ^{não} ~~coincidem~~ ^{coincidem} ~~com~~ ^{com} a ~~teoria~~ ^{teoria}.

2. 2 gráficos de comparação, EXP VS TEO

• observa-se uma diferença na frequência angular, ω , pela os últimos instantes do rolamento - $\omega_{TEO} < \omega_{EXP}$

• ~~como~~ ^{para} 1º gráfico usamos as seguintes equações:

$$x_{B, EXP} = x_{cm, EXP} \text{ (supostamente igual a } R \cdot \sin(\omega t))$$

$$R \cdot \sin(\omega_{TEO} \cdot t) \text{ ; } \text{pois } g(t) = \sin(\omega t) \text{ tem uma fase}$$

~~como~~ ^{como} ~~coincidência~~ ^{coincidência} entre as funções nas constantes iniciais

• como determinar ω_{TEO} ? Não é exatamente teórica, mas trata-se de uma linearização de poucos pontos de 2π /período dos picos e vales do gráfico $y_B = f(t)$ - ver 3.5) e ver gráfico $\omega = f(t)$

- no 2º gráfico, temos x_{BEXP} VS $x_{BTBO} = x_{BEXP} + R \cdot \sin(\omega_{TBO} \cdot t + 10/11)$
 $= x_{BEXP} + R \cdot \sin(\omega_{TBO} \cdot t + 10/11)$
 este gráfico não dig mais do que o 1º gráfico, a não
 ser que a significação física no 2º é mais intuitiva.

3. Pontos de $V_{máxima}$ e $V_{mínima}$

$y_B = f(t): y_{Bmáx}$ em ~~1.25~~, 1.25, 3.55, 6.25, 9.25
 $y_{Bmín}$ em 0.25, 2.45, 4.95, 7.75, 10.75

Velocidade v_{BTBO} :

- tangentes a $x_B = f(t): v_{máx}$ em 1.35, ~~1.35~~, 3.85, 6.45, 9.35;
 de julgar que a declive seja o dobro
 do que $x_m = f(t)$, ou seja,
 $v_{máx} = 2 \cdot v_m$

$v_{mín}$ em 0.5, 2.25, 4.75, 7.55, 10.65
 essa velocidade de multa,
 visualmente (c/o altímetro).

- $v_{BTACKER} = f(t): v_{máx}: 186 \text{ mm/s} = f(1.25)$
 $170.9 \text{ mm/s} = f(3.75)$
 $146.5 \text{ mm/s} = f(6.25)$
 $136.7 \text{ mm/s} = f(9.25)$
 é decrescente

$v_{mín}: 0 = f(0.25)$
 $0 = f(2.45)$
 $0 = f(4.65)$
 $0 = f(10.95)$
 não coincidem com t_{x_B} ,
 mas $t_{v_{BTBO}}$.

, ou seja, existe uma coincidência de resultados pelas duas
 abordagens, conclui-se que as $v_{máx}$'s na periferia
 acontecem no topo do cil. e as $v_{mín}$'s em contacto
 com a calha - ver gráfico $y_B = f(t)$ nos instantes
 referidos acima -, sendo a $v_{máxima} = 2 \cdot v_m$
 como a $v_{mínima}$ multa - ^{bido} com base e ao altímetro
 e sem base nas incertezas de cada grandez.

