



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PEA 3306 - 2020

PRIMEIRO EXERCÍCIO COMPUTACIONAL
TRANSFORMADORES

Professor: Luiz Lebensztajn

Turma: 02

Guilherme Akira Alves dos Santos	11027484
-----	-----
-----	-----

1.	Dados do problema e Parâmetros do Circuito Equivalente	2
2.	Circuito Equivalente do Transformador (Completo e a Fluxo Constante) ..	3
3.	Gráficos de Rendimento e Regulação	4
4.	Análise de Resultados, Comentários e Conclusões	5
5.	Listagem do programa	6

1. Dados do problema e Parâmetros do Circuito Equivalente

1.1. Valores nominais

Valores Nominais do Transformador				
Potência [VA]	Relação de Conversão [V/V]		a_{abaix}	a_{aument}
250000	11000	/	220	50
			0,02	60

Impedância dos Enrolamentos			
Alta Tensão		Baixa Tensão	
R_a [Ω]	X_a [Ω]	R_b [Ω]	X_b [Ω]
1,3	4,5	0,005	0,015
1,3+4,5i		0,005+0,015i	

Ensaio em Vazio		
Corrente Absorvida [A]	Potência Dissipada [W]	Tensão Aplicada [V]
29	2017	220

Características da Carga	
Tipo de Carga	$\cos(\varphi)$
Capacitiva	0,85

1.2. Parâmetros do circuito equivalente

Parâmetro	Valor (Ω)	
	Alta Tensão	Baixa Tensão
R_1	12,5	0,005
X_1	37,5	0,015
R_2	1,3	$0,52 \cdot 10^{-3}$
X_2	4,5	$1,8 \cdot 10^{-3}$
R_p	$59,9775 \cdot 10^3$	23,991
X_m	$19,9525 \cdot 10^3$	7,981

2. Circuito Equivalente do Transformador

2.1. Completo

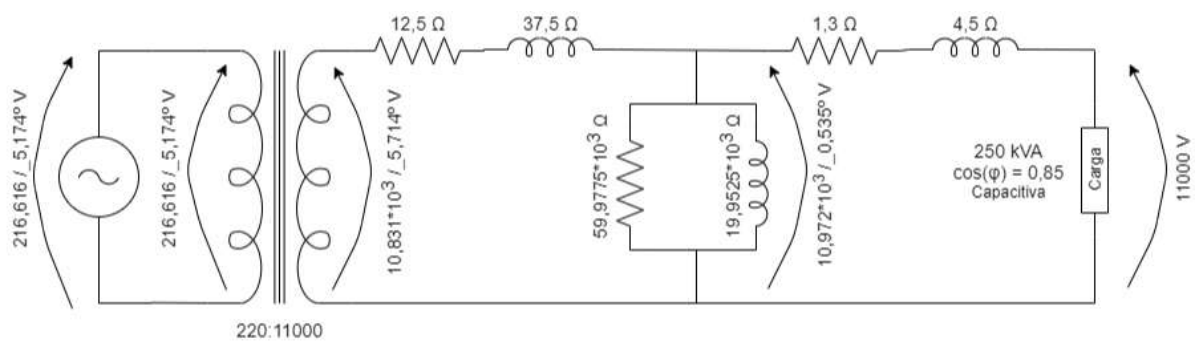


Fig. 1 - Circuito Equivalente completo do transformador refletido ao lado da alta tensão

2.2. A Fluxo Constante

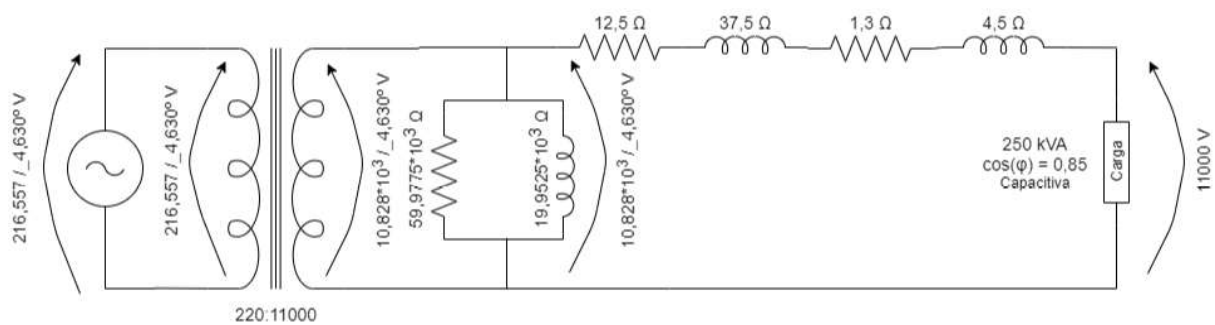


Fig. 2 - Circuito Equivalente a fluxo constante do transformador refletido ao lado da alta tensão

3. Gráficos de Rendimento e Regulação

Nota-se que nos gráficos a seguir, os pontos de plena carga estão destacados por um ponto em vermelho.

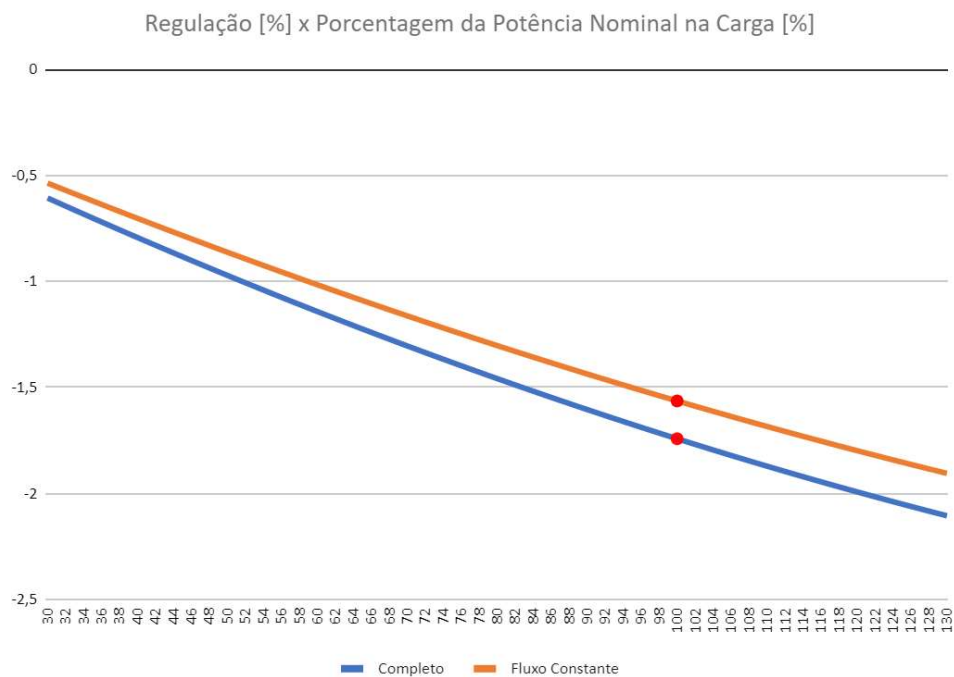


Fig. 3 - Regulação do transformador pela potência consumida pela carga (30% a 130% da potência nominal).

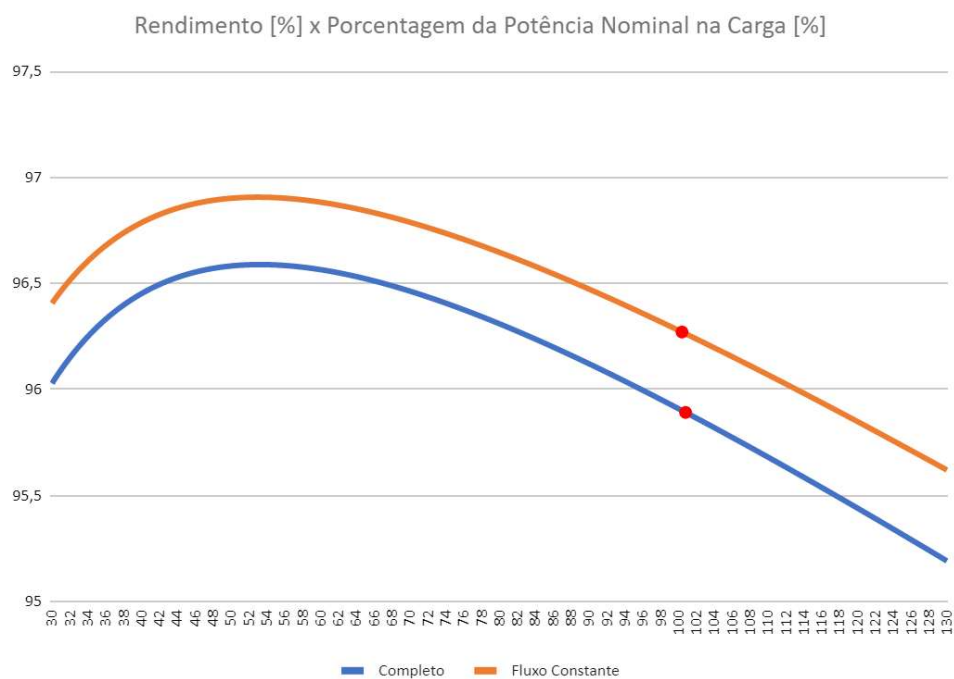


Fig. 4 - Rendimento do transformador pela potência consumida pela carga (30% a 130% da potência nominal).

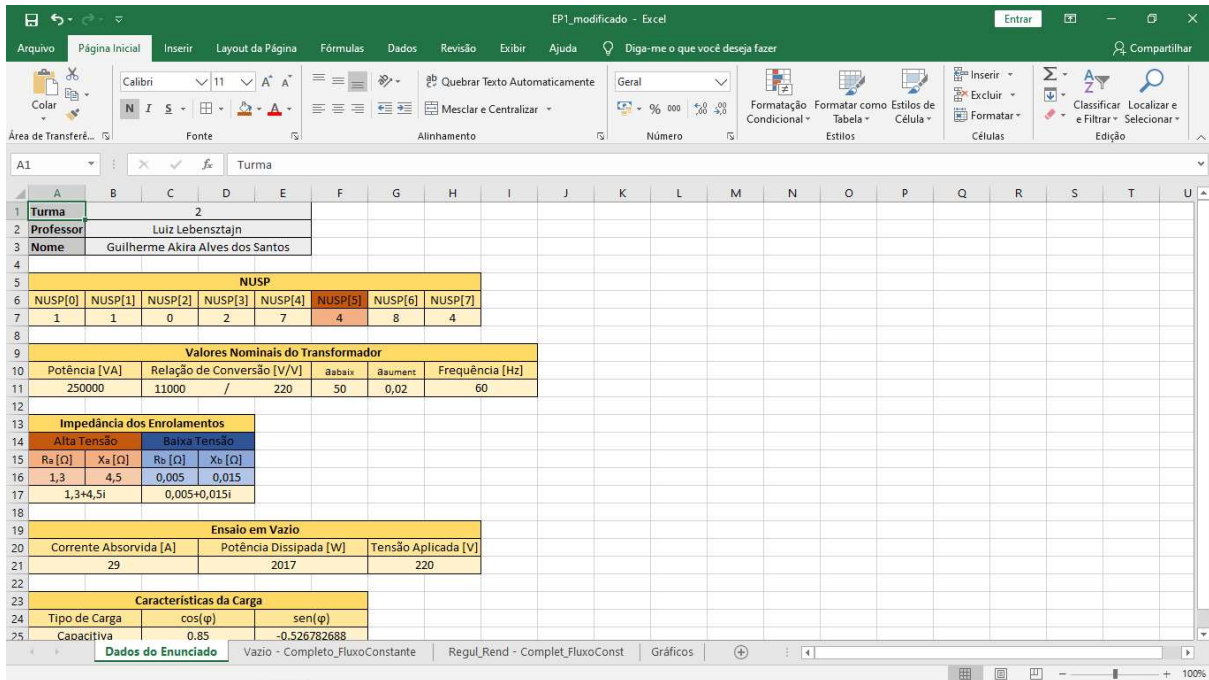
4. Análise de Resultados, Comentários e Conclusões

Os gráficos de regulação e rendimento para os modelos de circuito completo e circuito com fluxo contínuo apresentaram um leve desvio:

- O gráfico de regulação apresentou comportamento próximo ao linear, iniciando-se nos arredores de -0.5% de regulação em 30% da potência nominal do transformador, até -2% em 130% da potência nominal. Para este gráfico, o desvio entre os modelos aumentou proporcionalmente à potência da carga imposta ao transformador. O desvio variou de cerca de 0.1% (fluxo cte.→completo), quando a potência da carga representava 30% da potência nominal do transformador, até cerca de 0.3% (fluxo cte.→completo), em 130% da potência nominal. Quando em plena carga, o desvio foi em torno de 2.5%.
- O gráfico de rendimento apresentou comportamento próximo a um arco de hipérbole com concavidade para baixo, iniciando-se próximo de 96.2% (30% da potência), alcançou um pico em 96.7% (cerca de 53% da potência) e decaindo até 95.8% (130% da potência). Para este gráfico, o desvio entre os modelos permaneceu praticamente constante, em torno de 0.4% de *offset* (completo→fluxo cte.).

Com os dados apresentados, pode-se inferir que a simplificação do circuito pelo método de fluxo constante é uma aproximação que traz poucos desvios do valor efetivo (representado no modelo do circuito completo). Assim, para a maioria dos casos usuais, a simplificação do circuito por fluxo constante é uma alternativa aceitável a ser adotada. Obviamente, para situações em que seja necessária maior grau de precisão nos dados estudos, deve-se aplicar o modelo completo.

5. Listagem do Programa



NUSP						
NUSP[0]	NUSP[1]	NUSP[2]	NUSP[3]	NUSP[4]	NUSP[5]	NUSP[6]
1	1	0	2	7	4	8

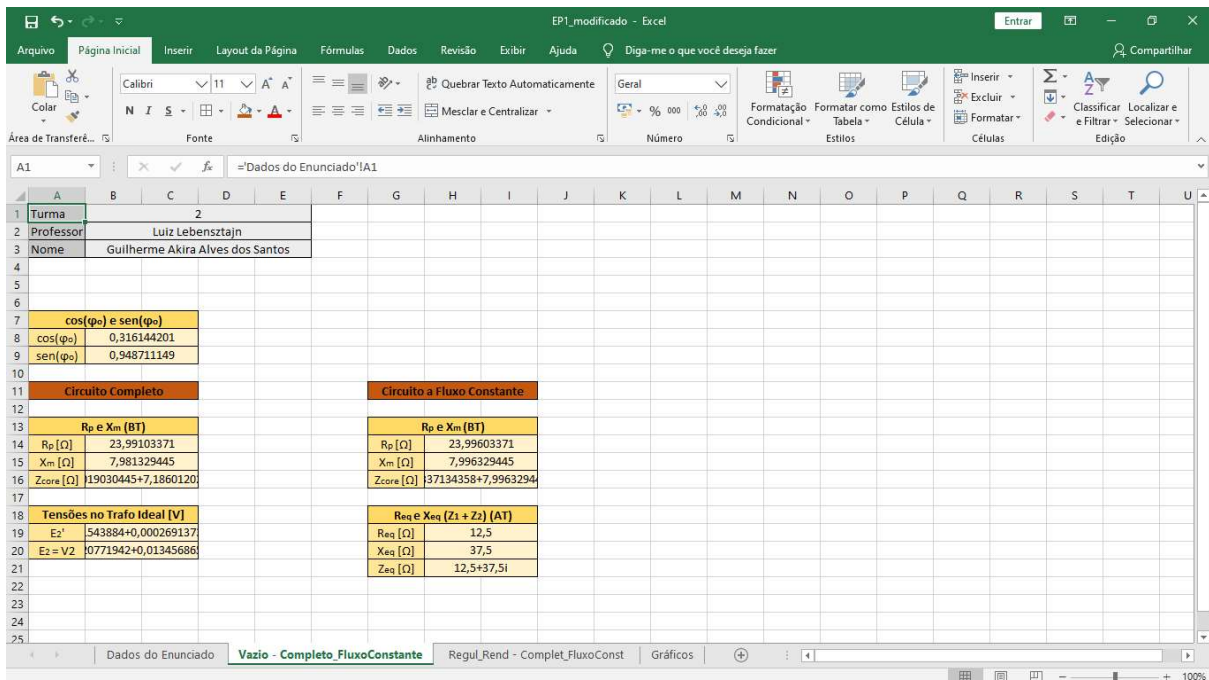
Valores Nominais do Transformador				
Potência [VA]	Relação de Conversão [V/V]	baix	baument	Frequência [Hz]
250000	11000	220	50	0,02
60				

Impedância dos Enrolamentos			
Alta Tensão		Baixa Tensão	
Ra [Ω]	Xa [Ω]	Rb [Ω]	Xb [Ω]
1,3	4,5	0,005	0,015
1,3+4,5i		0,005+0,015i	

Ensaio em Vazio		
Corrente Absorvida [A]	Potência Dissipada [W]	Tensão Aplicada [V]
29	2017	220

Características da Carga		
Tipo de Carga	cos(φ)	sen(φ)
Capacitiva	0.85	-0.526782688

Fig. 5 - Valores nominais dados pelo enunciado do Exercício Computacional 1.



cos(φ₀) e sen(φ₀)	
cos(φ₀)	0,316144201
sen(φ₀)	0,948711149

Circuito Completo	
Rp e Xm (BT)	
Rp [Ω]	23,99103371
Xm [Ω]	7,981329445
Zcore [Ω]	19030445+7,1860120i

Tensões no Trafo Ideal [V]	
Ez*	543884+0,000269137i
Ez = V2	10771942+0,01345686i

Circuito a Fluxo Constante	
Rp e Xm (BT)	
Rp [Ω]	23,99603371
Xm [Ω]	7,996329445
Zcore [Ω]	137134358+7,9963294i

Req e Xeq (Z1 + Z2) (AT)	
Req [Ω]	12,5
Xeq [Ω]	37,5
Zeq [Ω]	12,5+37,5i

Fig. 6 - Cálculo das impedâncias do ramo paralelo do circuito em ambos modelos (completo e fluxo constante)..

EC1 - PEA 3306 - 2020 (Turma 02)

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data in the 'Regul_Rend - Complet_FluxoConst' tab:

Potência na Carga	No Secundário Com Carga	No Primário Com Carga	No Primário Sem Carga	Secundário Com (Primário Com Carga)	Primário Sem Carga	Regulação [%]	Rendimento [%]
75000	65700	-3500	30	4534.3	3550	30	71.23
76000	64600	-4000	30.4	4534.3	3550	30.4	71.23
77000	63500	-4500	30.8	4534.3	3550	30.8	71.23
78000	62400	-5000	31.2	4534.3	3550	31.2	71.23
79000	61300	-5500	31.6	4534.3	3550	31.6	71.23
80000	60200	-6000	32	4534.3	3550	32	71.23
81000	59100	-6500	32.4	4534.3	3550	32.4	71.23
82000	58000	-7000	32.8	4534.3	3550	32.8	71.23
83000	56900	-7500	33.2	4534.3	3550	33.2	71.23
84000	55800	-8000	33.6	4534.3	3550	33.6	71.23
85000	54700	-8500	34	4534.3	3550	34	71.23
86000	53600	-9000	34.4	4534.3	3550	34.4	71.23
87000	52500	-9500	34.8	4534.3	3550	34.8	71.23
88000	51400	-10000	35.2	4534.3	3550	35.2	71.23
89000	50300	-10500	35.6	4534.3	3550	35.6	71.23
90000	49200	-11000	36	4534.3	3550	36	71.23
91000	48100	-11500	36.4	4534.3	3550	36.4	71.23
92000	47000	-12000	36.8	4534.3	3550	36.8	71.23
93000	45900	-12500	37.2	4534.3	3550	37.2	71.23
94000	44800	-13000	37.6	4534.3	3550	37.6	71.23
95000	43700	-13500	38	4534.3	3550	38	71.23
96000	42600	-14000	38.4	4534.3	3550	38.4	71.23
97000	41500	-14500	38.8	4534.3	3550	38.8	71.23
98000	40400	-15000	39.2	4534.3	3550	39.2	71.23
99000	39300	-15500	39.6	4534.3	3550	39.6	71.23
100000	38200	-16000	40	4534.3	3550	40	71.23

Fig. 7 - Cálculos das tensões e correntes necessárias para obtenção dos valores de regulação e rendimento em cada caso de potência consumida pela carga.

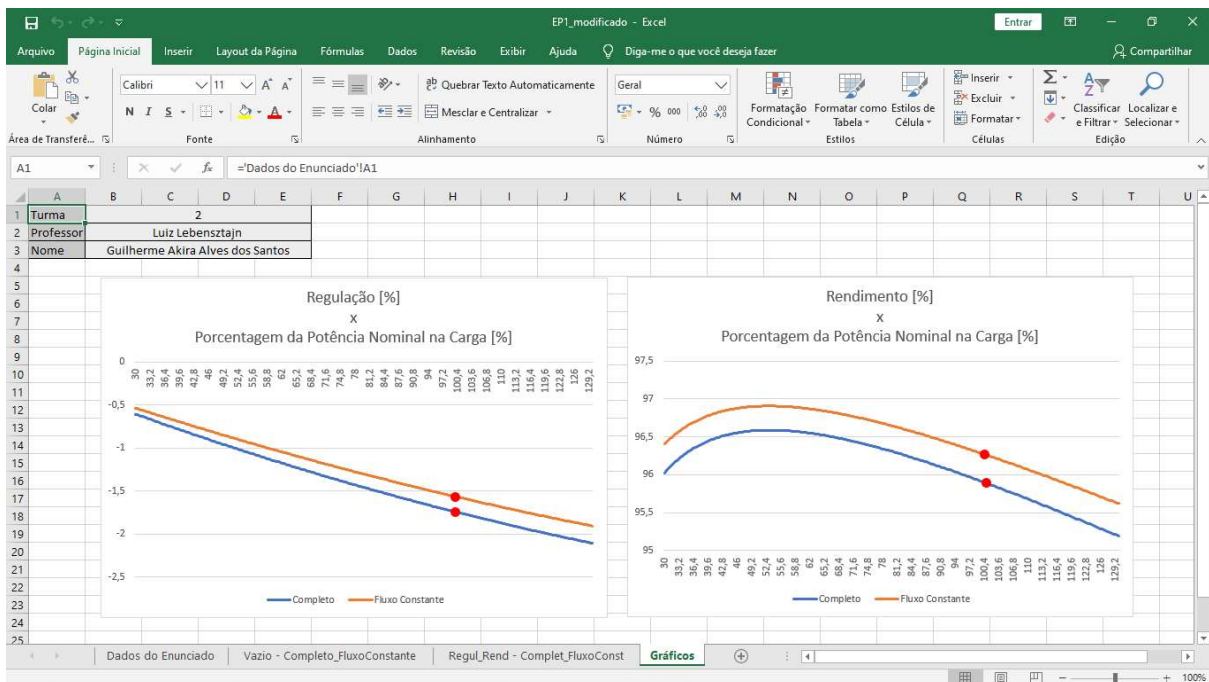


Fig. 8 - Gráficos de regulação e rendimento plotados a partir dos valores obtidos na planilha anterior.

Tudo o programa com seus devidos cálculos pode ser conferido [aqui](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gVCdegiBcKfOgtV5hWXXfBh3eq_HN2079sErUPqTPS4/edit?usp=sharing) neste link.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1gVCdegiBcKfOgtV5hWXXfBh3eq_HN2079sErUPqTPS4/edit?usp=sharing

<https://github.com/gAkira/PEA3306/tree/master/EC1>

Obs: É possível alterar os valores nominais e o NUSP[5] para obter outros gráficos de regulação e rendimento!

