

# Aula de Exercícios

Comportamento Mecânico dos Materiais

Monitor: Márcio Henrique

Gualter Pereira

[marciohenrique@usp.br](mailto:marciohenrique@usp.br)

[gualter@usp.br](mailto:gualter@usp.br)

Consultar tabela e formulas

**Mechanical Behavior of Materials**

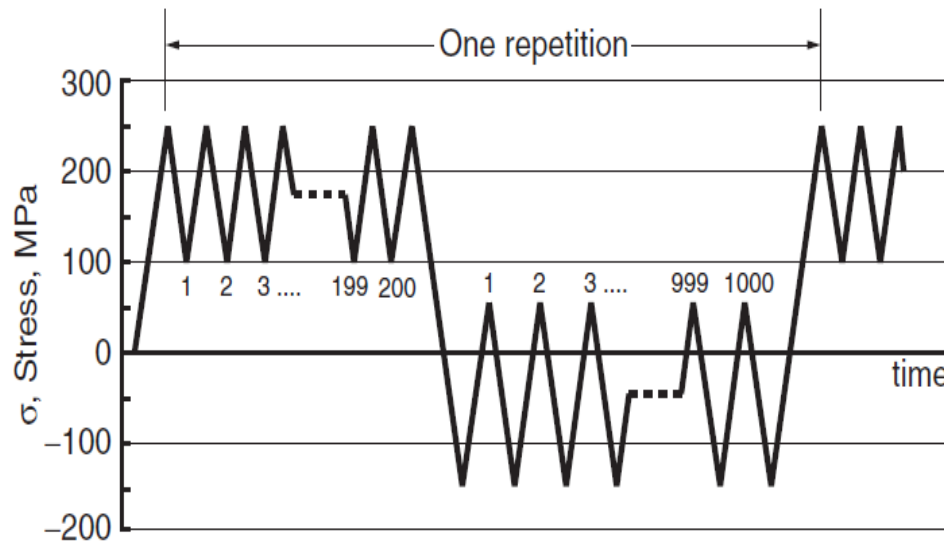
**Norman E. Dowling 4ed**

1) Uma peça fabricada de uma liga de Al 2024-T4 é carregado axialmente e tem a forma de uma placa com furo central como mostrado na Figura 1.1. As dimensões são  $w=50$  mm,  $d= 10$  mm e  $t= 20$  mm e o furo foi polido internamente, desconsiderar qualquer outro efeito na vida em fadiga.

a) Para uma vida de 50.000 ciclos estime qual o fator de segurança em vida e em tensão, se este componente estiver submetido a uma amplitude de força de 50 kN e a uma força média aplicada a 10,5 kN.

b) Considere o histórico de carregamento da Figura 1.2 e calcule quantas repetições deste histórico serão necessárias para que o componente falhe?

$$k_f = 1 + \frac{k_t - 1}{1 + \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}}$$



$$\log \beta = -9.402 \times 10^{-9} \sigma_w^3 + 1.422 \times 10^{-5} \sigma_w^2 - 8.249 \times 10^{-3} \sigma_w + 1.451,$$

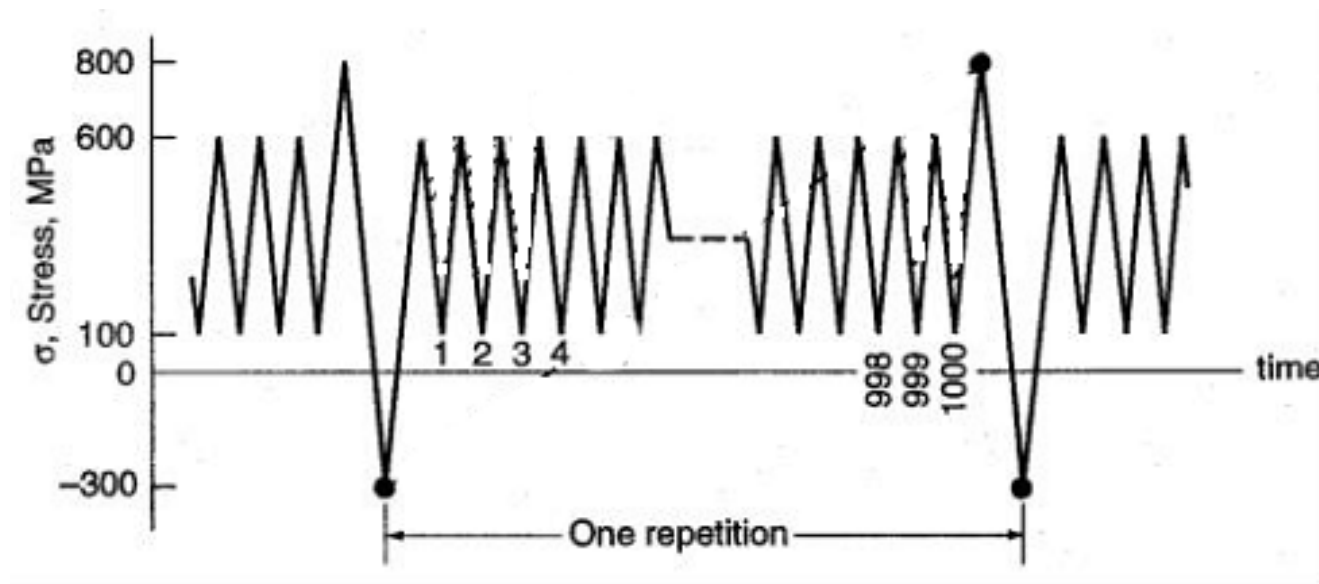
Table 9.1 Constants for Stress–Life Curves for Various Ductile Engineering Metals, From Tests at Zero Mean Stress on Unnotched Axial Specimens

Material	Yield Strength $\sigma_o$	Ultimate Strength $\sigma_u$	True Fracture Strength $\bar{\sigma}_{fB}$	$\sigma_a = \sigma'_f(2N_f)^b = AN_f^B$		
				$\sigma'_f$	A	b = B
<i>(a) Steels</i>						
SAE 1015 (normalized)	228 (33)	415 (60.2)	726 (105)	1020 (148)	927 (134)	-0.138
Man-Ten (hot rolled)	322 (46.7)	557 (80.8)	990 (144)	1089 (158)	1006 (146)	-0.115
RQC-100 (roller Q & T)	683 (99.0)	758 (110)	1186 (172)	938 (136)	897 (131)	-0.0648
SAE 4142 (Q & T, 450 HB)	1584 (230)	1757 (255)	1998 (290)	1937 (281)	1837 (266)	-0.0762
AISI 4340 (aircraft quality)	1103 (160)	1172 (170)	1634 (237)	1758 (255)	1643 (238)	-0.0977
<i>(b) Other Metals</i>						
2024-T4 Al	303 (44.0)	476 (69.0)	631 (91.5)	900 (131)	839 (122)	-0.102
Ti-6Al-4V (solution treated and aged)	1185 (172)	1233 (179)	1717 (249)	2030 (295)	1889 (274)	-0.104

Notes: The tabulated values have units of MPa (ksi), except for dimensionless  $b = B$ .

See Table 14.1 for sources and additional properties.

2) Uma determinada peça de uma aeronave, fabricada de uma liga Ti-6Al-4V, é submetida uma história de carregamentos repetitivos axiais mostrado na figura abaixo. Estime o número de repetições necessárias para causar a falha por fadiga. Dados  $\sigma_f' = 2030$  MPa e  $b = -0,104$ . Use SWT para efeito da tensão média.



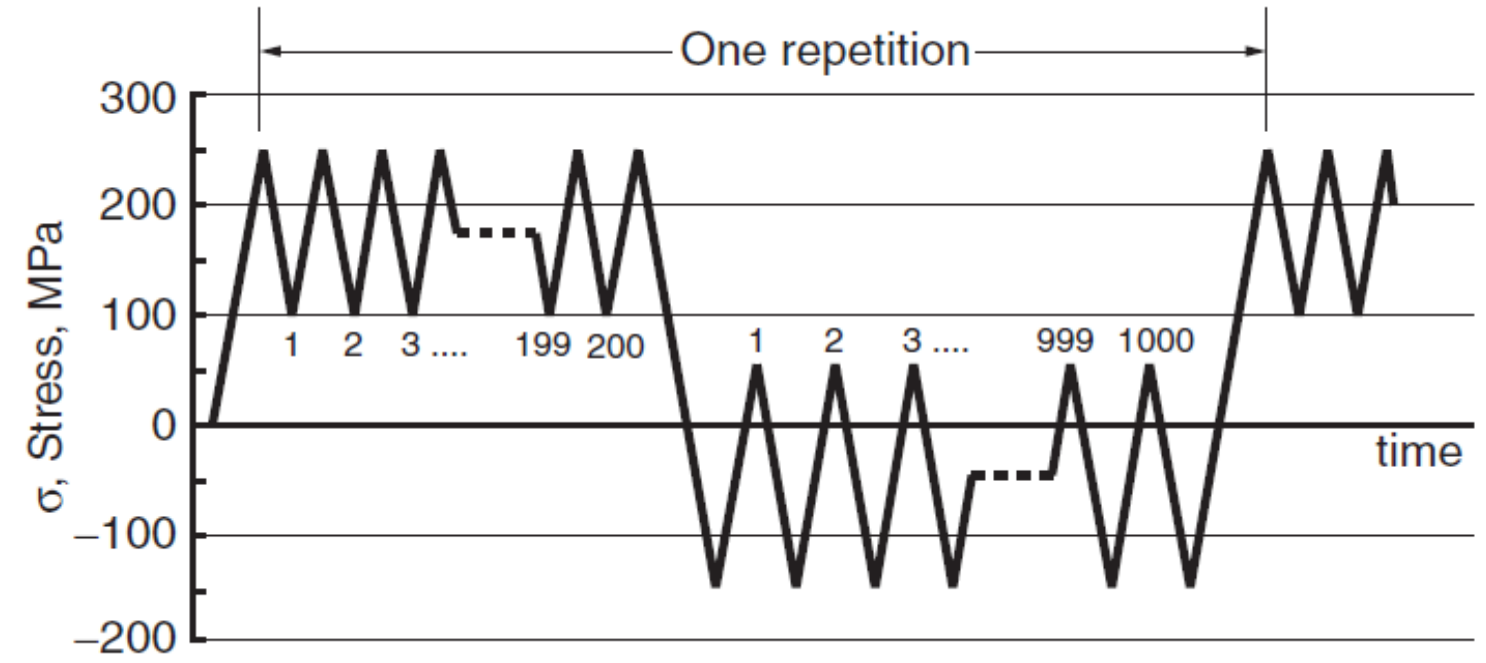
3) Corpos de prova de uma liga de Al 2024 foram carregados axialmente com tensão média igual a zero e os resultados são apresentados na Tabela I abaixo.

a) Determine os parâmetros A e B da curva S-N para este material.

b) Caso o histórico de carregamentos apresentados na figura abaixo for aplicado, quantas repetições do histórico de carregamentos serão necessárias para causar falha do componente? Caso o projeto necessite de no mínimo 500 repetições, quais seriam os fatores de segurança em tensão e em vida?

Tabela I

$\sigma_a$ MPa	$N_f$ cycle
331	43 000
276	112 000
241	172 000
207	231 000
190	546 000
179	1165 000

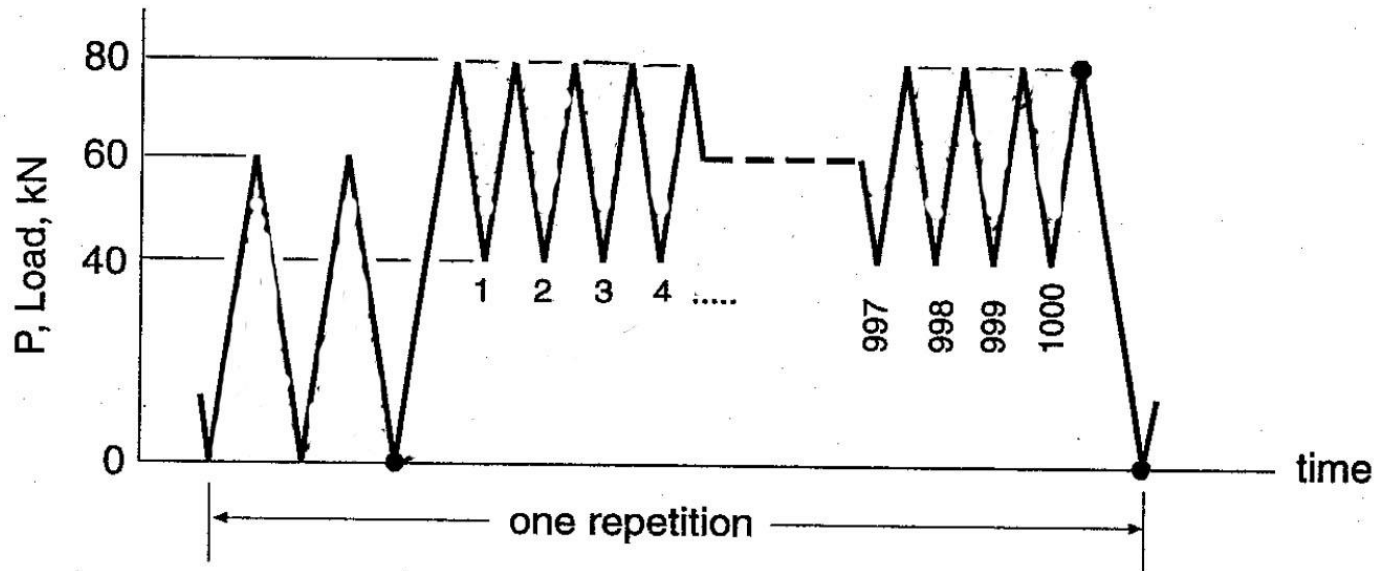
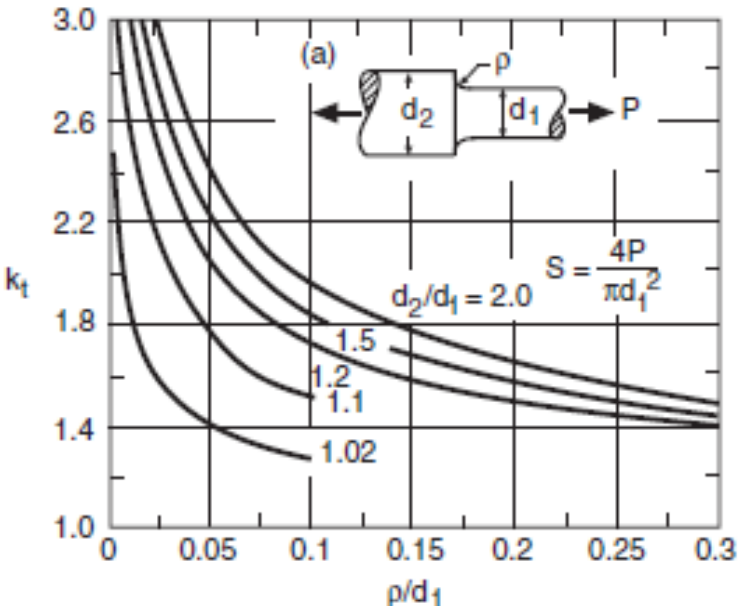


4) Um eixo circular feito de aço SAE 4142 (450 HB) é carregado axialmente e possui uma variação de diâmetro. As dimensões como definidas pela Figura são  $d_1=15$  mm,  $d_2 = 18$  mm e  $\rho = 1$  mm, sendo que o raio de concordância é retificado (grounded).

a) Usando as estimativas de Juvinal determine os fatores de segurança em vida e em tensão se uma vida de 30000 ciclos é esperada, sendo  $P_{min} = 0$  e  $P_{max} = 70$  kN.

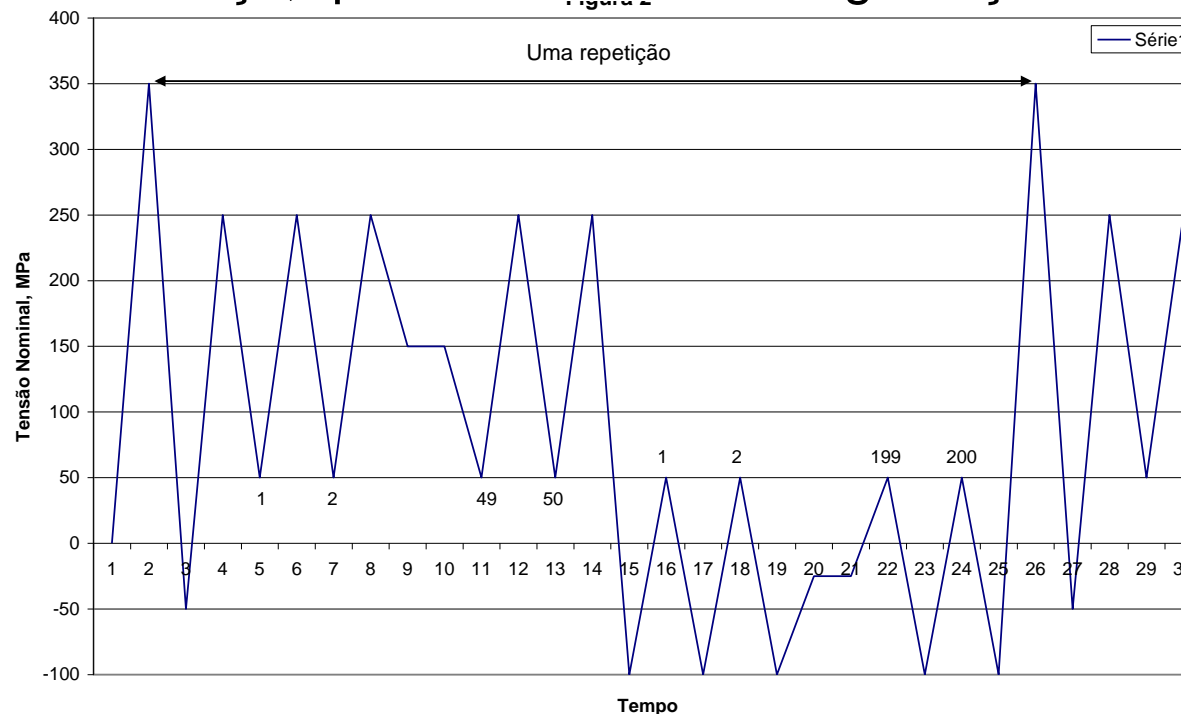
b) Caso o projeto deseja um fator de segurança de 1,7, está o projeto adequado. Caso não apresente uma solução e execute-a usando o mínimo possível para atender este fator de segurança.

c) Caso este componente seja carregado com um histórico de carregamento como apresentado abaixo, determine o número de repetições que pode ser aplicado até a falha do mesmo. Caso o projeto exija uma vida de 100 repetições quais são os fatores de segurança em vida e em tensão?



5) Uma placa de liga de Al 2024-T3 com entalhes laterais duplos como mostrado na figura abaixo, apresenta como dimensões:  $w_1=38,1$ ;  $w_2= 57,15$ ,  $t= 2,29$  e  $\rho= 8,06$  mm, o que produz um  $k_t=2,15$ . Esta placa quando submetida a carregamentos trativos de amplitudes constante, tem uma relação Amplitude de Tensão – Vida (S-N) da forma  $S_{ar} = A(N_f)^B$ , onde  $S_{ar}$  é fornecida pela relação de Walker, com os seguintes parâmetros para este material:  $A= 1531$  MPa;  $B= -0,217$  e  $\gamma= 0,7326$ . Assuma que esta placa será colocada na asa de uma aeronave que é carregada repetidamente em serviço com a história de carregamento mostrada abaixo.

- Estime o número de repetições da história de carregamento apresentada que será necessária para causar a falha da placa.
- Se 200 repetições da história de carregamento são esperadas serem suportadas pela placa durante o seu tempo em serviço, qual será o fator de segurança em vida?



6) Uma placa com entalhes laterais duplos é fabricada de uma liga de Al 7075-T6 e é carregada axialmente como apresentado na tabela 10.22 abaixo, para diferentes combinações de  $S_{\max}$  e  $S_m$ .

As dimensões do corpo de prova são como as apresentadas na Figura abaixo, onde  $w_1=38,1$ ,  $w_2=57,15$ ,  $t= 2,19$  e  $r=1,45$  mm. A tensão limite de escoamento para este material é de 521 MPa e a tensão limite de resistência é de 572 MPa. Considere a relação de SWT para o efeito da tensão média.

a) Usando a relação de Goodman coloque em gráfico  $S_{ar}$  versus  $N_f$  para todos os dados da tabela 10.22. Comente a correlação dos dados com  $s_m = 0$  com os outros dados.

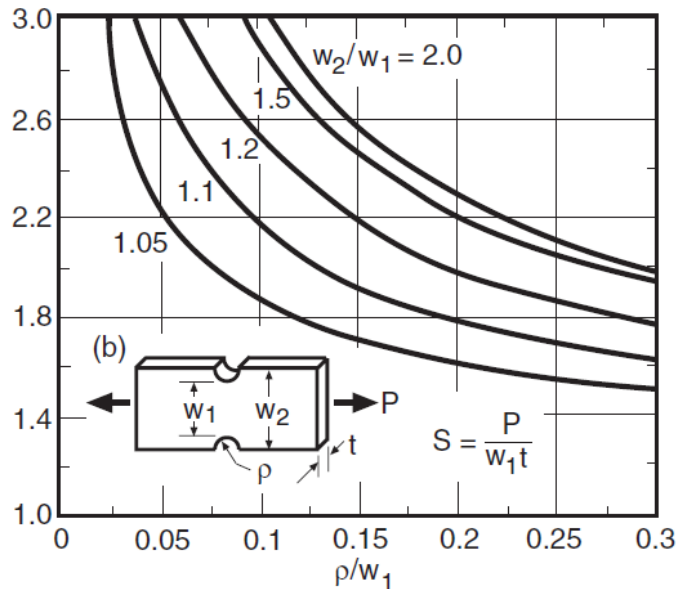
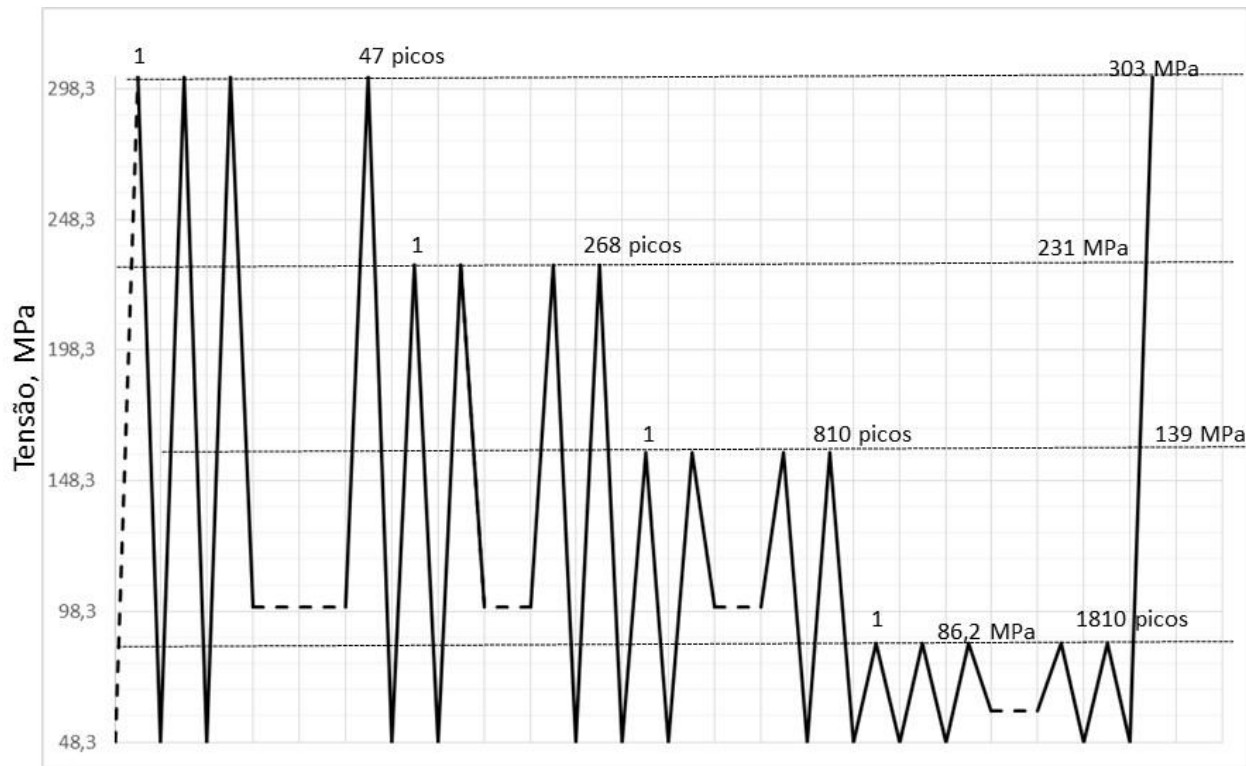
b) Repita a) usando agora SWT.

c) Compare o dado obtido com os apresentados na tabela 10.40(b)

**Table P10.22**

$S_{max}$ , MPa	$S_m$ , MPa	$N_f$ , cycles	$S_{max}$ , MPa	$S_m$ , MPa	$N_f$ , cycles
276	0	136	138	69	32 000
224	0	329	121	69	48 500
207	0	917	379	138	169
172	0	2 228	345	138	309
138	0	5 300	310	138	756
112	0	17 800	241	138	2 500
103	0	30 000	224	138	5 500
86.2	0	70 000	207	138	10 500
69.0	0	274 000	190	138	16 800
63.8	0	339 200	172	138	179 000
58.6	0	969 200	155	138	566 500
276	69	374	293	207	4 000
241	69	955	276	207	7 800
207	69	2 000	276	207	10 000
172	69	6 823	259	207	15 000
155	69	13 000	241	207	32 700

Source: Data in [Grover 51b], [Illg 56], and [Naumann 59].



**Table P10.40(a)**

$S_{min}$ , MPa	$S_{max}$ , MPa	No. of Peaks
48.3	303	47
48.3	231	268
48.3	159	810
48.3	86.2	1810

**Table P10.40(b)**

Test No.	Repetitions to Failure
1	18.7
2	18.0
3	18.0
4	18.0
5	16.0
6	15.0

Source: Data in [Naumann 62].

Consultar  
tabela e  
formulas  
Mechanical  
Behavior of  
Materials  
Norman E.  
Dowling 4ed