

RASCUNHO



CONCURSO DE ADMISSÃO
AO
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
ATIVA DO QUADRO DE ENGENHEIROS
MILITARES (CFrm)



ENGENHARIA ELÉTRICA

CADERNO DE QUESTÕES

2008

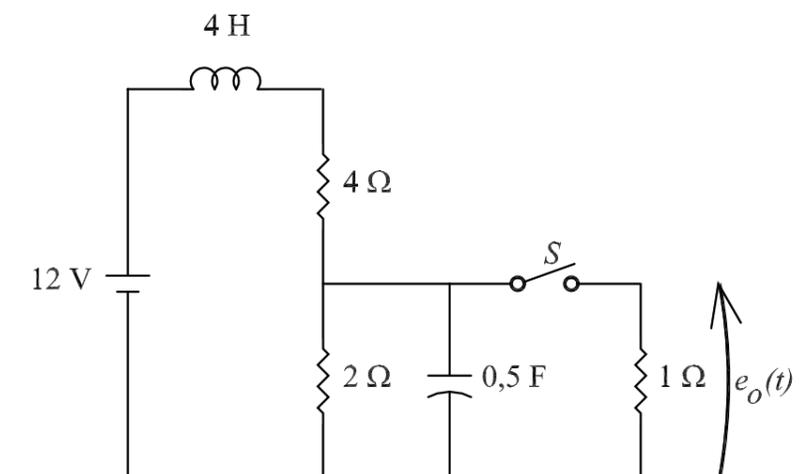
1ª QUESTÃO

Valor: 1,0

O circuito da figura abaixo opera em regime permanente com a chave S aberta. No instante $t = 0$ s a chave S é fechada. Aplicando os conceitos de Transformada de Laplace, determine $E_o(s)$ e $e_o(t)$ para $t > 0$ s.

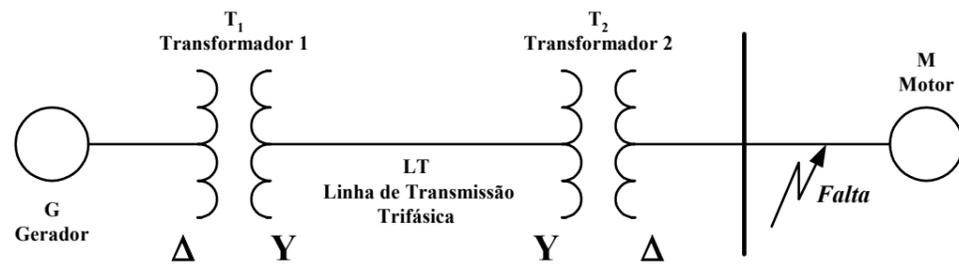
Dados:

- $L\left(\frac{d}{dt}f(t)\right) = sF(s) - f(0)$
- $L^{-1}\left(\frac{k}{s-a}\right) = ke^{at}$
- $\sqrt{2} \approx 1,4$
- $\sqrt{3} \approx 1,7$



2ª QUESTÃO

Valor: 1,0



A figura acima apresenta o diagrama unifilar de um sistema elétrico trifásico composto por um gerador síncrono, dois transformadores, uma linha de transmissão e um motor síncrono. Sabe-se que o motor, nas condições de pré-falta, estava com uma tensão de alimentação de 20 kV. Considerando somente as reatâncias desses elementos, pede-se:

- o diagrama das reatâncias para o sistema por unidade (pu);
- o circuito equivalente das seqüências positiva e negativa vistos do ponto da falta;
- a corrente de curto-circuito no local indicado na figura, para as faltas trifásicas e bifásicas.

Dados:

- G: 40 MVA; 24,0 kV, $X'' = 15\%$
- M: 40 MVA; 40,0 kV, $X'' = 25\%$
- T1 = T2: 40 MVA; 40,0 Δ (lado em delta) – 120 Y (tensão de linha do lado em estrela) kV; $X = 10\%$
- LT: $X_{LT} = 80 \Omega$
- Bases: 40 MVA e 120,0 kV na linha de transmissão

Observações:

- Δ: configuração em delta
- Y: configuração em estrela
- X'' : reatância sub-transitória
- X : reatância
- O problema deve ser resolvido nas bases fornecidas

10ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

Valor: 1,0

Realize o dimensionamento do circuito 3, calculando:

- a bitola do condutor pelos critérios de:
 - capacidade de condução de corrente; e
 - queda de tensão, admitindo-se uma queda máxima de 1,5% no circuito terminal.
- a proteção pelo critério da sobrecorrente, considerando que o dispositivo de proteção deve atuar com segurança dentro do tempo convencional fixado para correntes não superiores a $1,45I_Z$, onde I_Z é a capacidade máxima de condução do condutor nas condições de instalação.

10ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

Valor: 1,0

Temperatura (°C)	Isolação PVC	Isolação XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12

Tabela 2. Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas.

Disposição dos cabos	Fatores de correção							
	Número de circuitos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Contidos em eletroduto	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,5

Tabela 3. Fatores de correção para agrupamento de um ou mais circuitos instalados em eletroduto.

Seção Nominal (mm ²)	Eletroduto não magnético	
	Circuito monofásico	Circuito trifásico
1,5	27,6	23,9
2,5	16,9	14,7
4,0	10,6	9,15
6,0	7,07	6,14
10,0	4,23	3,67
16,0	2,68	2,33
25,0	1,71	1,49
35,0	1,25	1,09
50,0	0,94	0,82

Tabela 4. Queda de Tensão em V/A.km

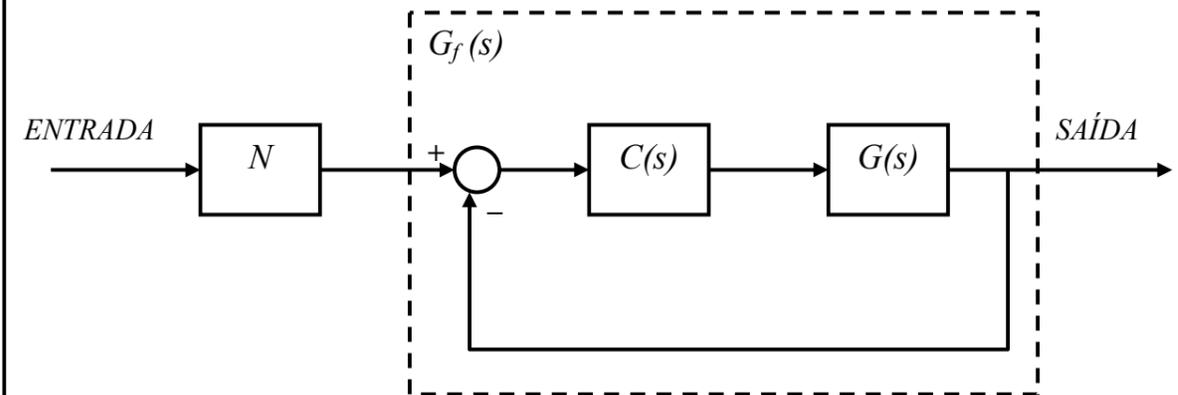
Corrente nominal ou de ajuste	Corrente convencional de não atuação	Corrente convencional de atuação	Tempo convencional (h)
$I_N \leq 63A$	1,05	1,30	1
$I_N > 63A$	1,05	1,25	2

Tabela 5. Correntes convencionais de atuação, de não atuação e tempos convencionais para disjuntores

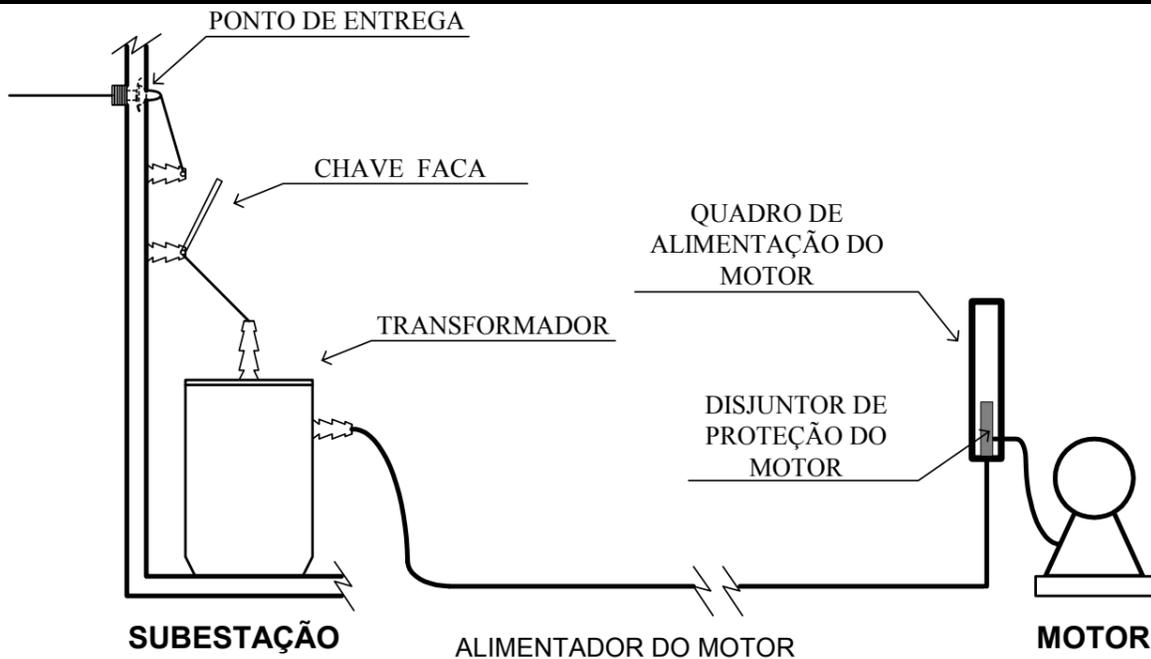
3ª QUESTÃO

Valor: 1,0

Uma planta com função de transferência $G(s) = \frac{1}{s^2 - 8,5}$ está inserida numa malha de controle conforme ilustrado na figura, onde $C(s)$ representa um compensador e $N \geq 0$ é um ganho real.



- É possível que o sistema em malha fechada $G_f(s)$ seja estável com um controlador proporcional $C(s) = K_p$, com $K_p \geq 0$ real? Justifique sua resposta.
- Seja $C(s) = K_p(1 + T_D s)$ um controlador Proporcional-Derivativo (PD), com ganho proporcional K_p e tempo derivativo T_D . Determine K_p e T_D para que o sistema em malha fechada $G_f(s)$ seja estável e possua pólos com razão de amortecimento $\zeta = 0,7$ e frequência natural não amortecida $\omega_0 = 0,5$ rad/s.
- Considerando o controlador PD do item anterior com $K_p = 12,5$ e $T_D = 0,32$ s, encontre o valor de N para o qual a saída possua erro em estado estacionário nulo para a entrada ao degrau.
- Considerando que $C(s)$ seja um controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) calculado de forma a estabilizar $G_f(s)$, determine o valor da constante N para o qual a saída apresente erro de estado estacionário nulo para a entrada ao degrau. Justifique sua resposta.



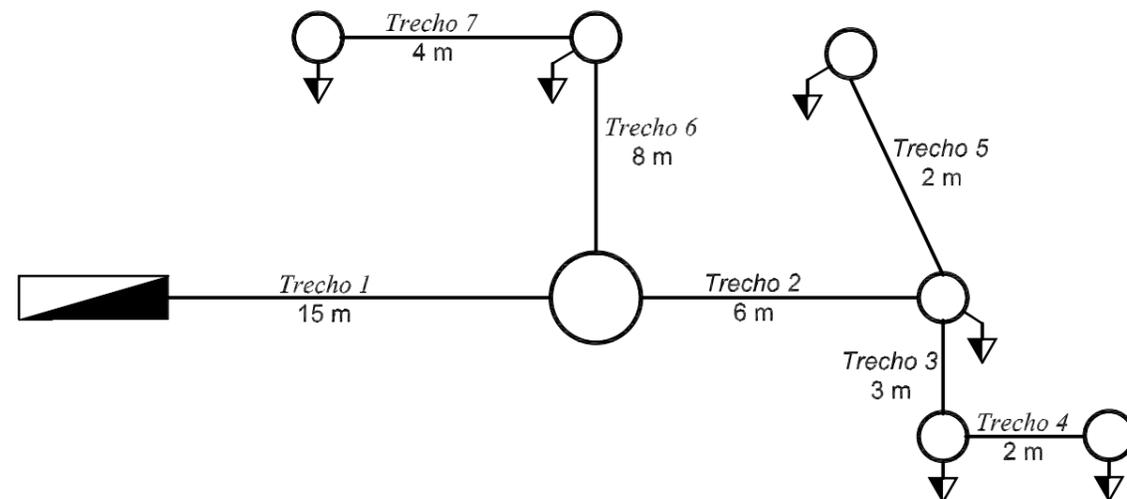
Em uma fábrica, o fornecimento de energia elétrica a um motor trifásico síncrono é realizado por meio de uma subestação unitária, conforme a figura acima. Determine qual deve ser a corrente suportável de curto-circuito (falta trifásica) para os seguintes equipamentos:

- a) chave seccionadora (chave faca) de média tensão na entrada do transformador;
- b) disjuntor de proteção do motor.

Dados:

- Transformador da subestação: 1.500 kVA; 13.800 Δ (lado em delta) – 600 Y (tensão de linha do lado em estrela) volts; X=5,0 %
- Corrente de curto-circuito simétrica no ponto de entrega de energia, fornecida pela concessionária local: 6,0 kA
- Impedância total do ponto de entrega até o quadro de alimentação do equipamento: $\vec{Z} = 0,20 + j0,15 pu$
- Motor: 1.200 kVA; 600 V; $X'' = 20 \%$
- Bases: 1.500 kVA e 13,8 kV referenciados ao lado de alta do transformador

- Detalhamento do caminho percorrido pelo circuito 3, já considerando as subidas e descidas nos valores das distâncias.



- Tabelas:

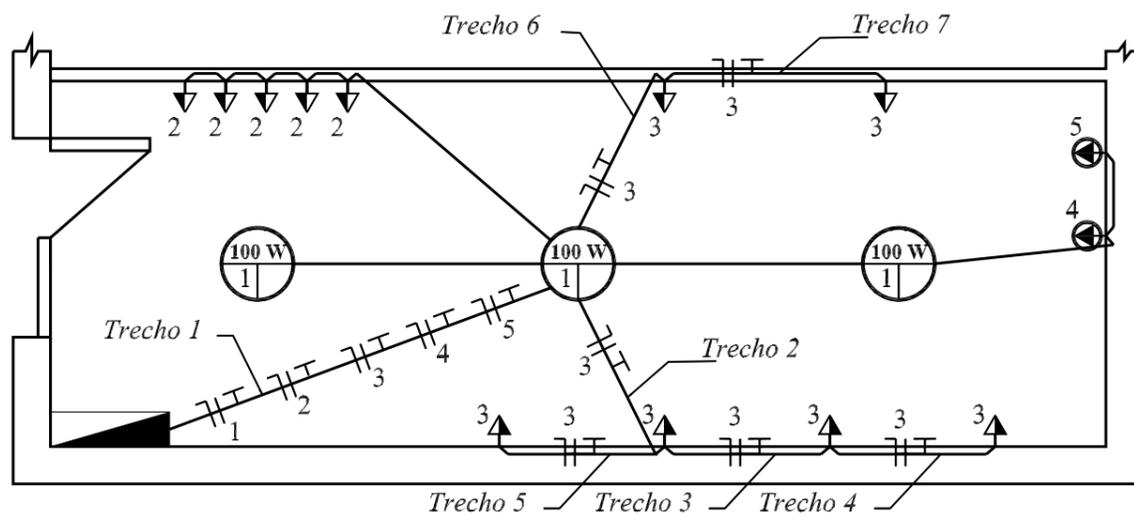
Seções nominais [mm ²]	Circuito com 2 Condutores [A]	Circuito com 3 Condutores [A]
1,0	13,5	12
1,5	17,5	15,5
2,5	24	21
4,0	32	28
6,0	41	36
10,0	57	50
16,0	76	68
25,0	101	89
35,0	125	111
50,0	151	134

Tabela 1. Capacidade de condução de corrente para temperatura ambiente de 30° C, em ampères, para cabos passando por eletrodutos aparentes, seção circular, dispostos sobre a parede.

10ª QUESTÃO

Valor: 1,0

Considere o projeto elétrico de um galpão apresentado a seguir.



- Tomada de Uso Geral (P = 100W). Onde n é o número do circuito.
- Tomada de Uso Específico (P = 5000W). Onde n é o número do circuito.
- Lâmpada de 100W. Onde P é a potência e n é o número do circuito.
- Condutores neutro, fase e terra. Onde n é o número do circuito.

Todos os pontos elétricos estão desenhados no projeto de instalações. São mostrados também o traçado dos eletrodutos e o dos circuitos de interesse, sendo omitidas algumas informações de forma a fornecer o desenho de mais fácil entendimento.

Observações:

- Tensão fase-neutro: 100 V
- Condutores de cobre isolados
- Temperatura ambiente: 30° C
- Isolação de PVC
- Eletrodutos de PVC aparentes de seção circular dispostos sobre a parede
- Fator de potência das cargas: 1

4ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO)

Valor: 1,0

Observações:

- Δ : configuração em delta
- Y: configuração em estrela
- X'' : reatância sub-transitória
- X: reatância
- \bar{Z} : impedância
- A figura ilustra somente os equipamentos necessários à solução do problema
- Desconsidere qualquer impedância no sistema que não tenha sido mencionada
- Considere, para fins de cálculo, todos os equipamentos operando nas condições nominais
- O problema deve ser resolvido nas bases fornecidas

5ª QUESTÃO

Valor: 1,0

É sabido que algumas aplicações, como carregadores de baterias e alguns tipos de acionamentos de máquinas elétricas, necessitam de tensão CC controlável, o que pode ser realizado utilizando-se conversores baseados em eletrônica de potência. Os denominados retificadores e/ou inversores controlados são um deles, que utilizam tiristores como dispositivos semicondutores.

Considere uma rede monofásica, tensão eficaz V_s , frequência f , contendo somente a componente fundamental da tensão. É necessário alimentar uma carga CC, modelada como uma fonte de corrente constante I_d . Neste contexto, desconsiderando a presença da indutância de comutação:

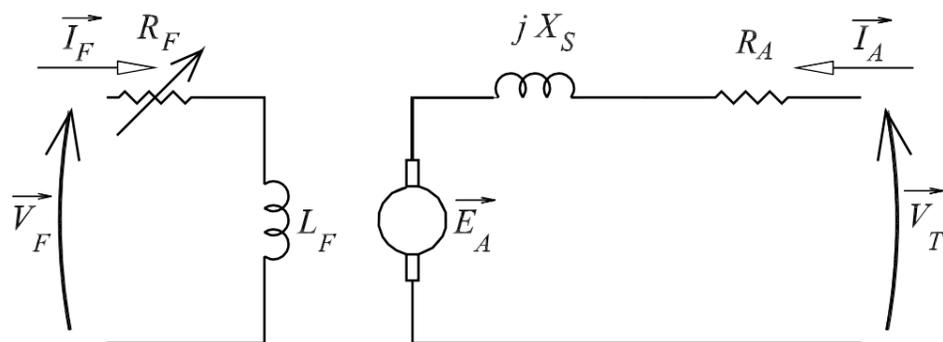
- a) apresente o esquemático do circuito em questão;
- b) esboce as formas de onda da tensão de alimentação, da corrente vista pela fonte, da corrente em um dos tiristores e da tensão sobre a carga, considerando um ângulo α de disparo inferior a 90°;
- c) determine a tensão reversa máxima, em regime permanente, sobre os tiristores e o valor eficaz da corrente por chave;

5ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO) **Valor: 1,0**

d) determine a tensão média de saída e a potência de saída;

e) determine a potência média P fornecida pela fonte em função do valor eficaz da tensão de entrada V_S , do valor eficaz da componente fundamental da corrente de entrada I_{S_1} e o ângulo de disparo α . Considere a definição de potência instantânea $p(t) = v(t)i(t)$.

6ª QUESTÃO **Valor: 1,0**



A figura acima apresenta um equivalente por fase de um motor síncrono. Sabe-se que, através do ajuste adequado da corrente de campo I_F , o motor pode apresentar características indutivas ou capacitivas. Desta maneira, além de realizar trabalho útil, o mesmo pode ser empregado para corrigir o fator de potência da instalação onde se encontra.

Considere um motor síncrono, ligado em Δ , que demanda uma potência ativa constante, e que opera com uma tensão terminal V_T também constante. Desprezando o valor das resistências de armadura e de campo, pede-se que:

a) esboce o diagrama fasorial do motor, colocando em destaque o lugar geométrico da tensão induzida (E_A) e da corrente de armadura (I_A). Explique o porquê do comportamento destas duas grandezas, apresentando o equacionamento pertinente. Associe para cada tensão induzida o seu valor de corrente de armadura e a queda de tensão na reatância síncrona correspondente. Atribua o ângulo de fase 0 para a tensão terminal do motor.

b) indique no diagrama as regiões de características capacitivas e indutivas.

Observação:

- As tensões e correntes são dadas em valores eficazes

9ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO) **Valor: 1,0**

• Estrutura Tarifária:

CONVENCIONAL			HORO-SAZONAL VERDE			
Demanda (R\$/kW)	Consumo (R\$/MWh)	Demanda de Ultrapassagem (R\$/kW)	Demanda (R\$/kW)	Consumo (R\$/MWh)		Demanda de Ultrapassagem (R\$/kW)
				Ponta	Fora de Ponta	
40	200	120	10	900	150	30

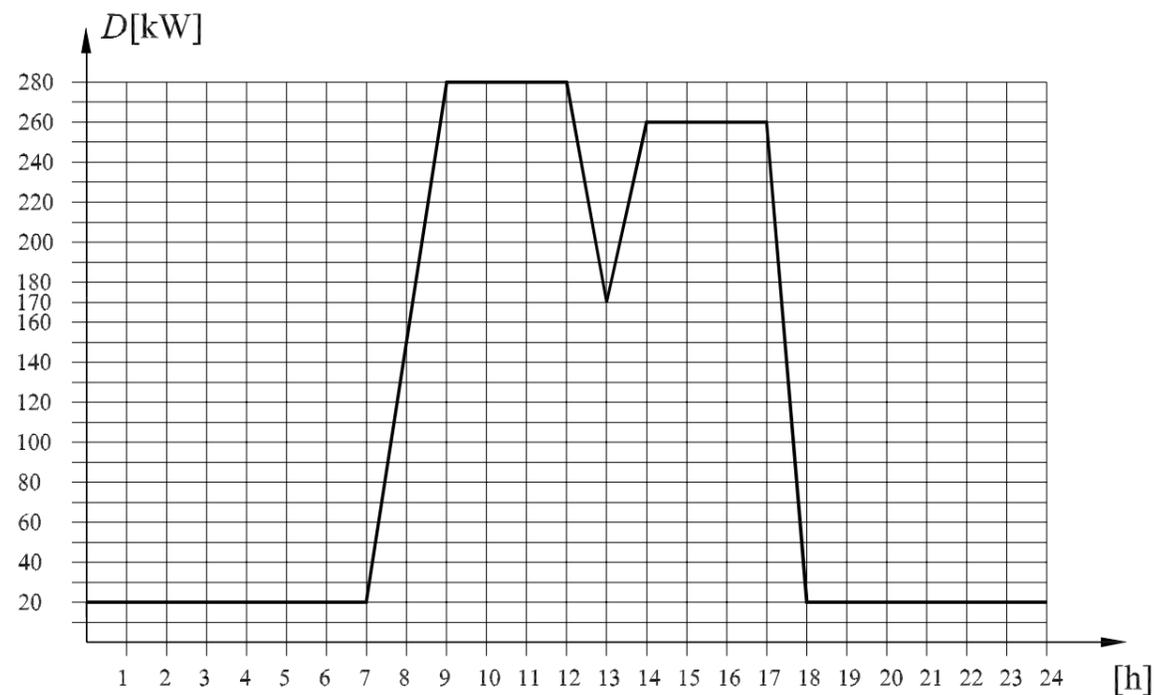
Com base no que foi exposto, pede-se:

a) caso o Coronel Jorge Augusto opte pela aplicação **somente** da **Medida 1**, verifique se ela implicará economia de recursos, fazendo o cálculo do valor da fatura para ambas modalidades tarifárias;

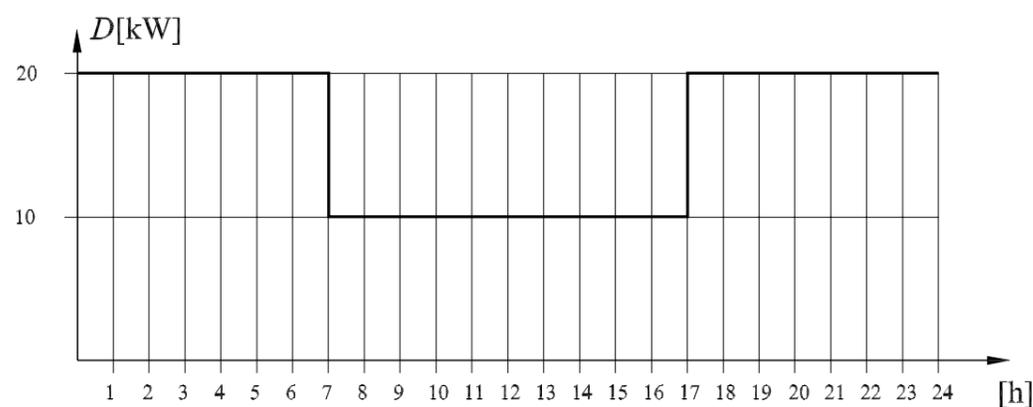
b) verifique se a **Medida 2** é viável economicamente, calculando o tempo de retorno do investimento, pelo método *Simple Pay-Back* (Tempo de Retorno Simples), considerando que:

- 1) o tempo de retorno do investimento considerado viável é de 12 meses;
- 2) o custo de implantação é a diferença entre os custos das tecnologias;
- 3) o cálculo do custo de operação envolve apenas o valor da fatura de energia (demanda e consumo);
- 4) a **Medida 2** foi a única adotada;
- 5) as lâmpadas fluorescentes seguirão o mesmo regime de funcionamento das incandescentes.

- Características das lâmpadas:
 - Incandescente: $P = 100\text{ W} \rightarrow$ Custo: R\$ 2,00
 - Fluorescente: $P = 25\text{ W} \rightarrow$ Custo: R\$ 12,00
 - Possuem a mesma vida útil
 - Proporcionam a mesma iluminância
- As curvas de demanda nos dias com e sem expediente são apresentadas a seguir:



Curva de demanda em dias de expediente



Curva de demanda em dias sem expediente

Elabore um programa em *LADDER* para controle de uma esteira transportadora, conforme as seguintes especificações:

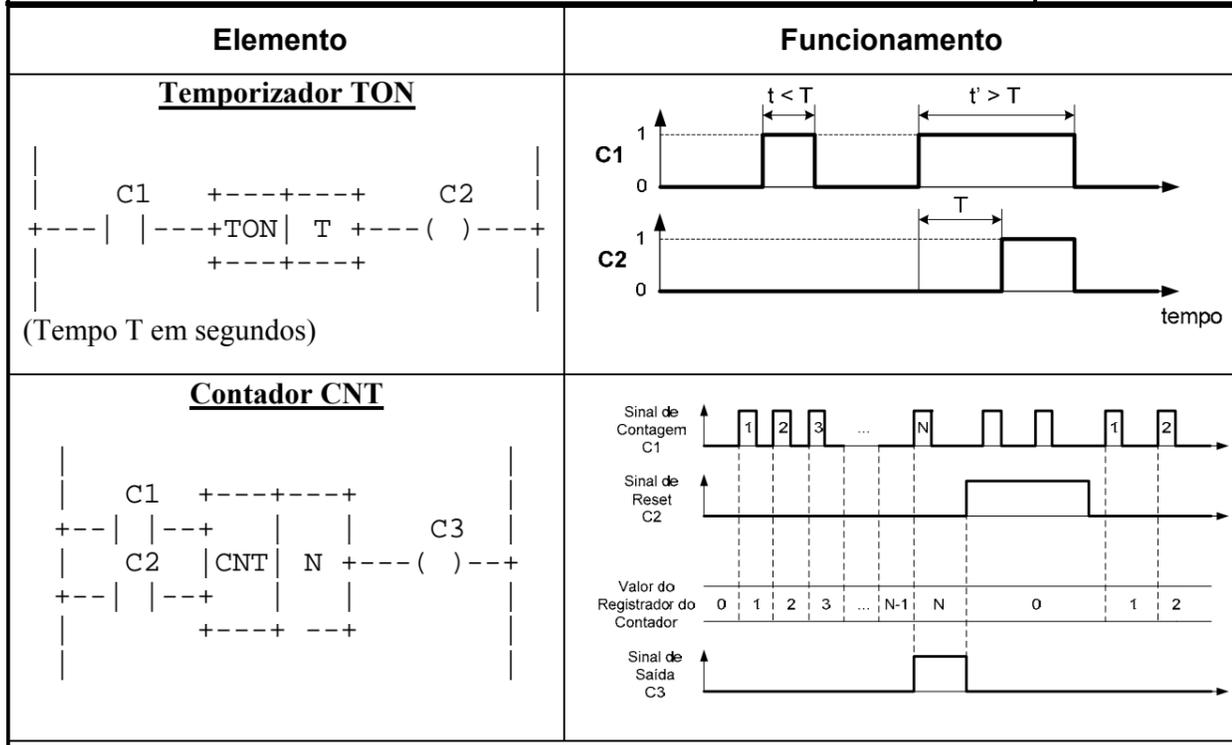
- as entradas são os sinais binários L , D e S e a saída é o sinal binário M ;
- liga-se a esteira quando o operador pressiona o botão *LIGA* (sinal L , que permanece em nível lógico 1 enquanto o botão é pressionado) e desliga-se em uma das três situações:
 - o operador pressiona o botão *DESLIGA* (sinal D , que permanece em nível lógico 1 enquanto o botão é pressionado);
 - contou-se a passagem de 100 peças; ou
 - transcorreram-se 60 segundos sem a passagem de peça.
- detecta-se a passagem de uma peça por intermédio de um sensor de presença (sinal S , que vai a nível lógico 1 quando a peça começa a passar na frente do sensor, e vai a nível lógico 0 apenas quando a peça termina sua passagem). O tempo que a peça leva para passar pelo sensor é muito maior que o tempo de varredura do CLP e o espaço entre as peças é o suficiente para detecção.
- movimenta-se a esteira por intermédio de um motor que é ligado quando o sinal binário M está em nível lógico 1.

Poderão ser empregados **APENAS** os elementos da linguagem *LADDER* indicados na tabela abaixo e poderão ser utilizadas no programa **ATÉ** cinco variáveis binárias auxiliares, indicadas por $C1$, ..., $C5$.

Elemento	Funcionamento
<p>Contato normalmente aberto</p> <p>A</p> <p>-- --</p>	Fechado se o estado de A for 1, aberto caso contrário.
<p>Contato normalmente fechado</p> <p>A</p> <p>-- \ --</p>	Aberto se o estado de A for 1, fechado caso contrário.
<p>Bobina normal</p> <p>Q</p> <p>-- () --</p>	O estado de Q é igual ao estado da ligação à esquerda.

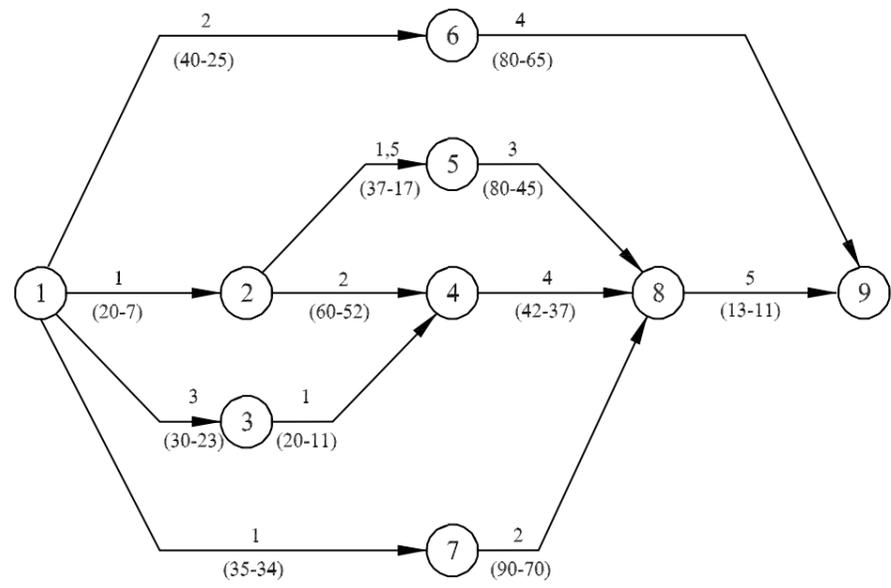
(A tabela continua na próxima página)

7ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO) **Valor: 1,0**



8ª QUESTÃO **Valor: 1,0**

Quer-se adiantar a obra em 17 unidades de tempo (UT) por um programa acelerador ótimo. Quantas unidades monetárias (UM) são necessárias?



8ª QUESTÃO (CONTINUAÇÃO) **Valor: 1,0**

Dado:

$$\frac{x}{(y-z)}$$

Onde:

- x é o custo marginal de aceleração;
- y é a duração normal;
- z é a duração acelerada.

9ª QUESTÃO **Valor: 1,0**

O Coronel Jorge Augusto, ao assumir o comando da sua unidade, verificou que as faturas de energia apresentavam valores muito altos. Visando a diminuir os gastos e implantar práticas de “Conservação de Energia”, analisou a adoção de 2 (duas) medidas:

- **Medida 1:** Mudança na estrutura tarifária, de “Tarifa Convencional” para “Tarifa Horosazonal Verde”.
- **Medida 2:** Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes.

- Dados:
- Número de dias do mês: 30
 - Horário de expediente: 7:00 às 17:00h
 - Total de dias sem expediente do mês (sábado e domingo, não havendo feriado): 10 dias
 - A demanda máxima ultrapassa em 2% a demanda contratada
 - As curvas de demanda são idênticas durante todo o ano
 - Horário de ponta estabelecido pela concessionária: 18:00 às 21:00h
 - A tarifa no período seco é igual à no período úmido
 - A demanda máxima no horário do expediente ocorre quando todos os equipamentos estão ligados, sendo que 50% corresponde às lâmpadas incandescentes
 - Da energia consumida durante o expediente, 60% é devido à iluminação realizada com lâmpadas incandescentes e, fora do horário do expediente, nenhuma lâmpada incandescente permanece acesa
 - Desconsidere quaisquer tipos de tributos