



CONCURSO DE ADMISSÃO

AO

CURSO DE FORMAÇÃO

ENGENHARIA ELÉTRICA

CADERNO DE QUESTÕES

2010



1ª QUESTÃO

Valor: 1,00

Seja um circuito RLC série alimentado por uma fonte de tensão e sem energia inicialmente armazenada. Quando se aplica um degrau unitário de tensão em $t = 0$ s aos terminais do circuito, observa-se que uma corrente $i(t) = \frac{125}{24} e^{-700t} \text{sen}(2400t)$ mA circula pelos elementos para $t > 0$ s.

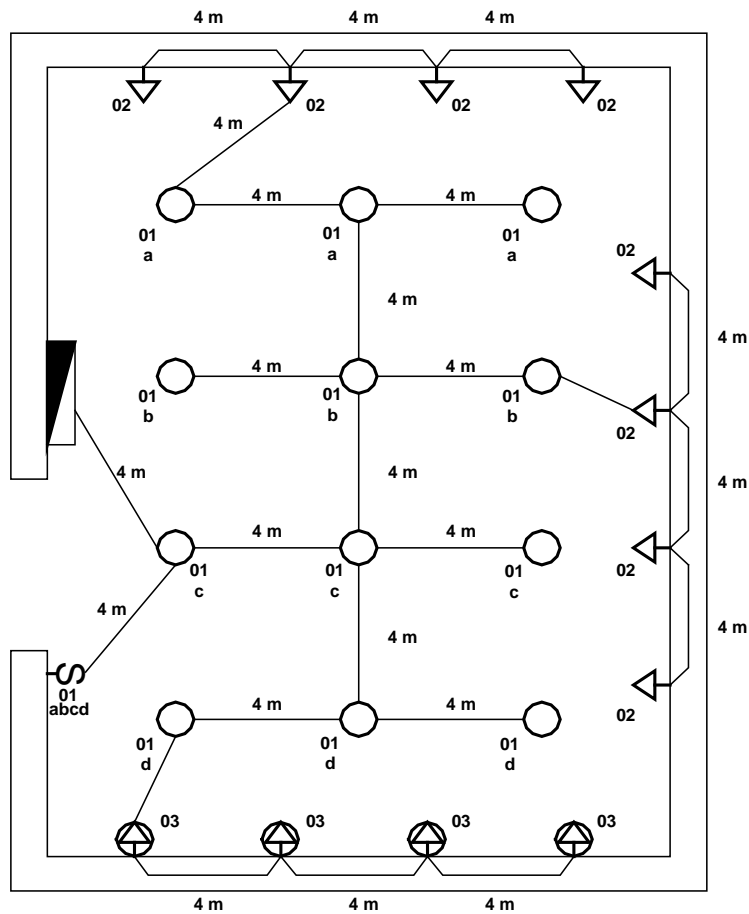
Dados:

| Transformadas de Laplace e algumas propriedades |
|--|
| $L[f(t)] = F(s)$ |
| $L[e^{-at} f(t)] = F(s + a)$ |
| $L[\text{sen}(\beta t)] = \frac{\beta}{s^2 + \beta^2}$ |
| $L\left[\frac{d}{dt} f(t)\right] = sF(s) - f(0+)$ |
| $L\left[\int_{0+}^t f(\lambda) d\lambda\right] = \frac{F(s)}{s}$ |

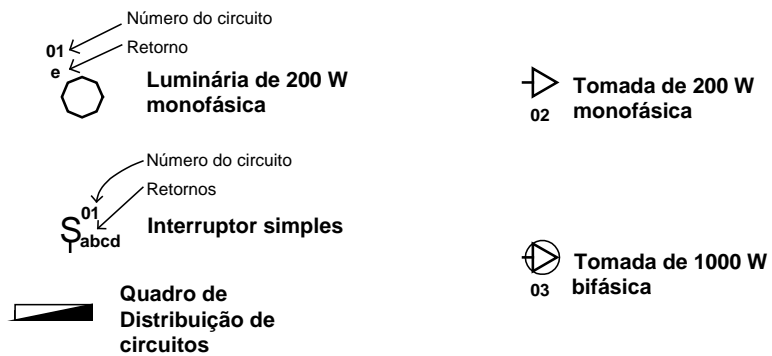
Determine:

- os valores de R , L e C .
- o maior valor de R para que a corrente $i(t)$ possua um comportamento criticamente amortecido na resposta ao degrau unitário de tensão, considerando os valores de L e C fixos, determine.
- o valor da frequência, em rad/s, para que a corrente $i(t)$ possua amplitude máxima em regime permanente, supondo que uma tensão senoidal seja aplicada ao circuito.

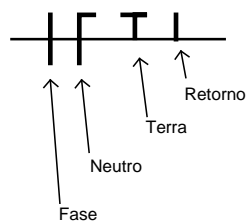
Considera a figura a seguir:



LEGENDA



LEGENDA A SER UTILIZADA NA SOLUÇÃO



2ª QUESTÃO (Continuação)

Na figura, tem-se uma planta baixa, em que é apresentado o traçado dos eletrodutos com os seus respectivos comprimentos (já considerando os trechos de subidas e descidas) e os pontos de luz e força.

Além dos dados e informações constantes na figura, abaixo estão apresentadas as demais características da instalação:

- Tensão fase-neutro: 127 V.
- Condutores de cobre isolados.
- Temperatura ambiente: 35 ° C.
- Isolação de PVC.
- Eletrodutos de PVC de seção circular embutidos na parede.
- Fator de demanda da instalação: 1.
- Fator de potência das cargas: 1.
- A bitola mínima dos circuitos:
 - Luz: 1,5 mm².
 - Força: 2,5 mm².

Tabelas:

| Seção nominal [mm ²] | Circuito com 2 | Circuito com 3 |
|----------------------------------|----------------|----------------|
| 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 com seção circular embutidos na parede.

2ª QUESTÃO (Continuação)

| 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

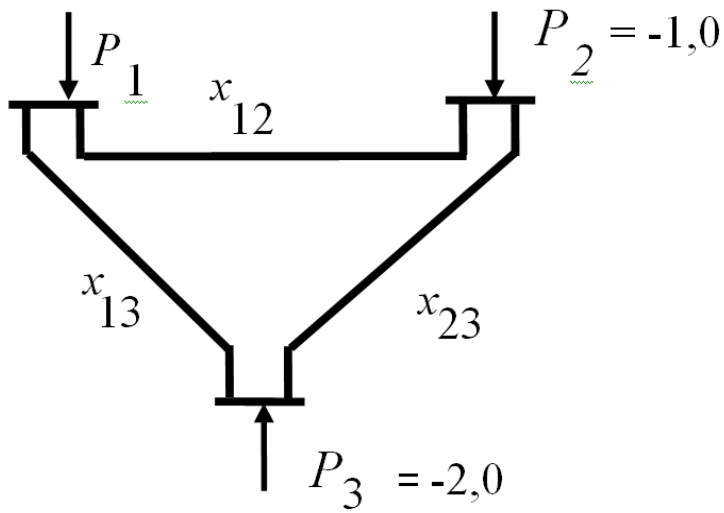
2ª QUESTÃO (Continuação)

| 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

Pede-se:

- a) o traçado dos pelas linhas de modo a atender o que é proposto na planta baixa.
- b) o dimensionamento do circuito 02 pelos critérios de:
 - capacidade de condução de corrente;
 - queda de tensão, admitindo-se uma queda máxima de 2,0% no circuito terminal.
 - bitola mínima
- c) a proteção do circuito 02 pelo critério da sobrecorrente, para que o dispositivo de proteção atue com segurança dentro do tempo convencional fixado para correntes não superiores a $1,45I_Z$, sendo I_Z a capacidade máxima de condução de corrente elétrica do condutor nas condições de instalação.



(reatâncias das linhas em pu):

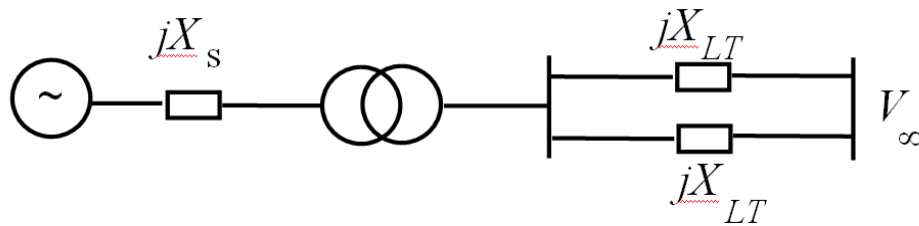
$$x_{12} = \frac{1}{2} \text{ pu}$$

$$x_{13} = \frac{1}{4} \text{ pu}$$

$$x_{23} = \frac{1}{4} \text{ pu}$$

Considere o sistema elétrico de potência da figura acima, onde são mostradas três barras conectadas entre si. Considerando, ainda, o modelo linearizado para a solução do fluxo de potência, determine:

- a matriz tipo admitância nodal do sistema (matriz B')
- o vetor \underline{P} de injeção de potência líquida das barras
- o vetor $\underline{\theta}$ dos ângulos das tensões nodais
- os fluxos de potência ativas entre as barras (P_{12} , P_{13} e P_{23})



A figura acima apresenta um sistema elétrico composto por uma máquina síncrona de polos lisos conectada a uma barra infinita através de duas linhas de transmissão em paralelo, modeladas apenas por uma reatância longitudinal.

No contexto do problema da estabilidade angular, suponha a ocorrência de um curto-circuito trifásico nos terminais do gerador. Empregando-se o critério de igualdade de áreas para a estabilidade, determine:

- a equação ângulo x potência desse sistema ($P_e = P_{max} \sin \theta$) na condição pré-falta;
- o ângulo crítico para eliminação da falta (δ_{cr}), em função do ângulo δ_0 (ângulo original do rotor da máquina antes da ocorrência do curto).

Dados:

V_t : tensão terminal do gerador (pu)

E : fem do gerador (pu)

V_∞ : tensão na barra infinita (pu)

X_{LT} : reatância de cada linha de transmissão (pu)

X_T : reatância equivalente do transformador (pu)

X_s : reatância equivalente do gerador síncrono (pu)

δ_0 : ângulo original do rotor da máquina antes do curto-circuito

δ_{cr} : ângulo crítico de extinção do curto circuito para manutenção da estabilidade.

θ : abertura angular entre a barra infinita e a fem do gerador.

P_{max} : valor máximo teórico de potência ativa a ser transmitida pelo sistema.

Em uma organização militar (OM), após a verificação das faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária local, o estudo das características de uso das instalações e a disponibilização de dados de um analisador de consumo e de demanda instalado junto ao medidor de energia elétrica, constatou-se:

- modalidade tarifária: Convencional;
- demanda contratada: 150 kW;
- OM recebe em média tensão: 13,8 kV;
- consumo médio mensal: 25.000 kWh, sendo que 80% deste ocorre no horário fora de ponta;
- cobrança média mensal por excedente de consumo e demanda de reativos é de 4% da soma dos valores referentes aos kW e kWh faturados;
- máxima demanda registrada: 143 kW;
- às 17 horas e 10 minutos há um pico de demanda de 88 kW.

O término do horário de ponta, adotado pela concessionária local, é 20 horas. A tabela abaixo traz os valores, em reais, por unidade de medição (kWh e kW), referentes às cobranças nas diversas modalidades tarifárias (considere períodos secos e úmidos com a mesma tarifa):

| | Valores em reais | | |
|------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| | Convencional | Horo-sazonal Verde | Horo-sazonal Azul |
| Consumo Fora de Ponta (kWh) | 0,20 | 0,15 | 0,15 |
| Consumo na Ponta (kWh) | 0,20 | 1,00 | 0,30 |
| Demanda Fora de Ponta (kW) | 30,00 | 10,00 | 10,00 |
| Demanda na Ponta (kW) | 30,00 | 10,00 | 40,00 |

No caso de cobrança por ultrapassagem da demanda contratada, o custo é igual a três vezes o valor da tarifa correspondente (da tabela).

O custo da instalação de um banco de capacitores para corrigir o fator de potência é de R\$ 4.300,00 (quatro mil e trezentos reais).

As atividades inerentes à OM não permitem deslocamentos de cargas para horários diferentes daqueles que a caracterizam.

O orçamento do Exército Brasileiro é anual e não há correção monetária ou juros.

Considerando os dados apresentados, analise o Potencial Técnico e o Potencial Econômico no período de gestão orçamentária anual. Justifique sua resposta.

Você é o encarregado de uma reforma em uma subestação (SE) rebaixadora de tensão, com um único transformador, que atende a determinado quartel. No lado primário do transformador, há um relé de sobrecorrente estático que trabalha com uma corrente de acionamento da unidade temporizada (I_{at}) de até 35 A. Ao verificar o antigo projeto da instalação, percebe-se que parte dos dados foram perdidos. Dentre os que estão legíveis, observa-se que:

- o transformador tem a potencia nominal de 204 kVA;
- a tensão no primário é de 12 kV e no secundário é 380 V;
- a corrente de curto-circuito é 1.500 A; e
- a concessionária local, na época do projeto, determinava que a corrente máxima admissível em caso de sobrecarga ou curto-circuito deveria ser igual a 200% da corrente nominal do transformador. Esse foi o valor usado naquele projeto.

Há necessidade de substituição do atual transformador por outro com potência nominal de 500 kVA, com os mesmos valores de tensões primárias e secundárias. Atualmente, em caso de falta, a concessionária local determina que a corrente máxima admissível seja 150% da corrente nominal do transformador. Com base nessas informações, responda:

- a) Qual foi a potência simétrica de curto-circuito no ponto de entrega de energia elétrica utilizado no antigo projeto?
- b) Para $K_r = 2$, constante de multiplicação do relé (ajustada no potenciômetro), qual é a corrente nominal com a qual o relé funciona?
- c) O atual relé pode fazer parte do sistema de proteção do novo transformador considerando a atual corrente máxima admissível? Justifique sua resposta.

Dado:

- $I_{at} = K_r \times I_{nr}$, sendo I_{nr} a corrente nominal do relé.

Observação:

- considere $\sqrt{3} = 1,7$.

Deseja-se utilizar uma lei de controle do tipo realimentação estática de saída para estabilizar um sistema dinâmico, conforme ilustrado no diagrama em blocos da Figura 1 abaixo.

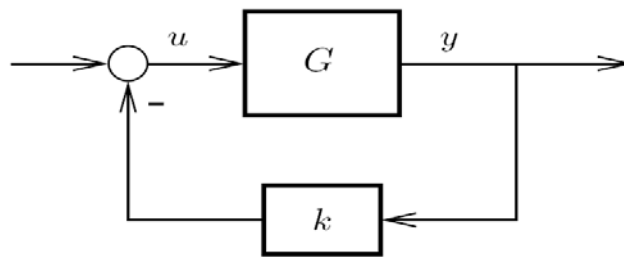


Figura 1

O sistema G admite a seguinte representação em espaço de estado:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \dot{x}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 \\ 5 & -2 & 7 \\ 0 & 0 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ x_3(t) \end{bmatrix}$$

- Determine a função de transferência em malha aberta $G(s)$ de u para y .
- Indique a faixa de valores de ganho k que estabilizam o sistema em malha fechada.
- Determine o valor de k que estabiliza o sistema e que garante uma margem de fase de 45° .

8ª QUESTÃO**Valor: 1,00**

Um transformador de distribuição trifásico (TD), 13,8 kV – 220/127 V, alimenta um conjunto de consumidores que, em virtude de suas características, foram agrupados por tipo. Os tipos de consumidores, suas quantidades e demais características necessárias ao dimensionamento do TD, são apresentados na tabela a seguir:

| Consumidor | Quantidade | Potência Instalada [kVA] | Fator de potência | Fator de demanda | Fator de diversidade |
|------------|------------|--------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| Tipo I | 6 | 8,0 | 0,92 | 0,56 | 2,0 |
| Tipo II | 9 | 6,0 | 0,92 | 0,60 | 1,6 |
| Tipo III | 3 | 12,0 | 0,92 | 0,70 | 1,4 |

Tabela – Consumidores atendidos pelo transformador de distribuição

Diante do exposto, pede-se determinar:

- a) a demanda diversificada (D_{div}) a que estará sujeita o TD;
- b) a potência nominal (valor comercial) desse TD;
- c) o percentual de sobrecarga ou reserva de carga do TD para o atendimento dos consumidores listados na tabela;
- d) o módulo da parcela de corrente que essas cargas deverão contribuir na corrente do Alimentador Primário (AP) que supre esse TD. Despreze as perdas no TD e considere que o sistema seja trifásico equilibrado.

Dados:

- valores comerciais de transformadores de potência [kVA]: 30; 45; 75; 112,5 e 225.

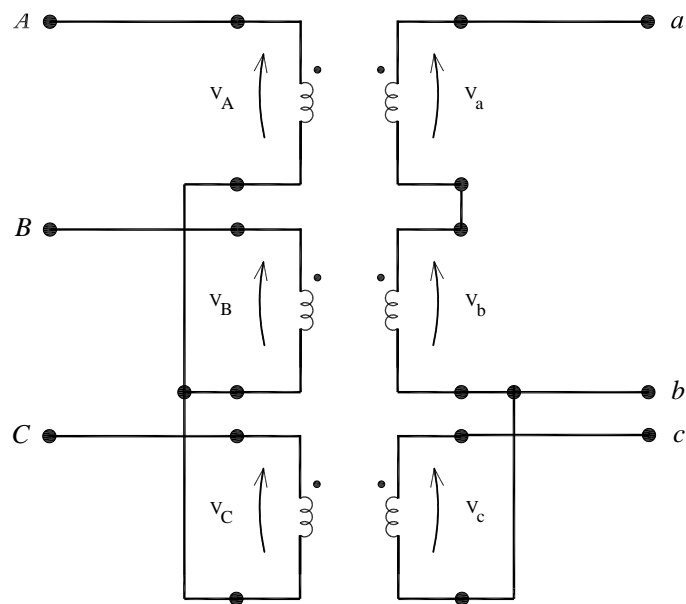


Figura 1

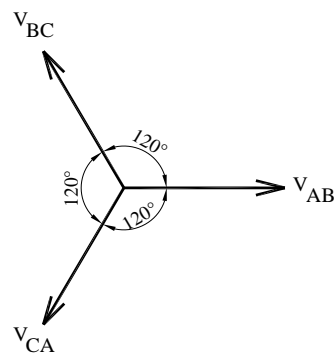
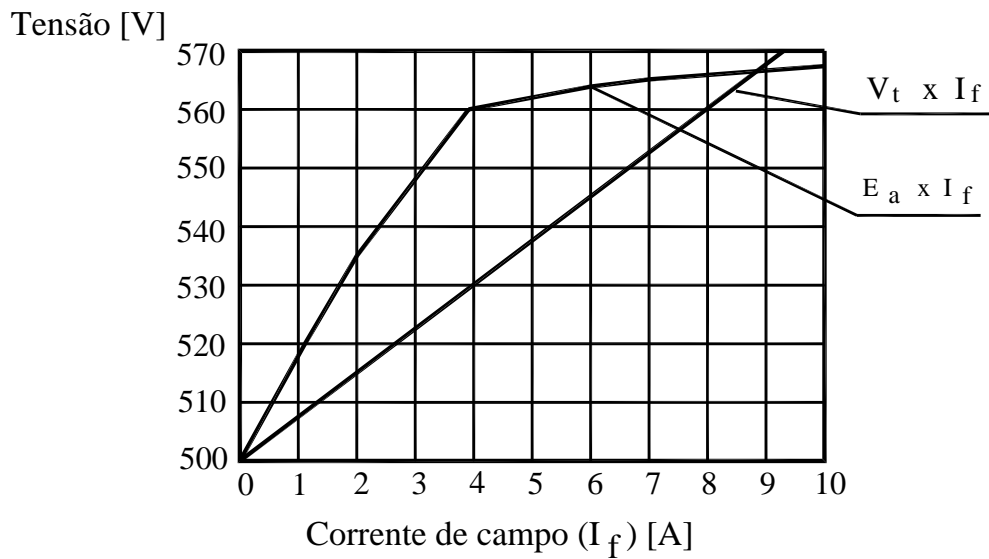


Figura 2

Um transformador trifásico é constituído por um banco de transformadores monofásicos 13200/440 V conectados conforme apresentado na Figura 1. As tensões de linha V_{AB} , V_{BC} e V_{CA} aplicadas no lado de alta do transformador, possuem módulo igual a 13200 V, e estão defasadas conforme apresentado na Figura 2. Pede-se esboçar, indicando módulo e fase, os diagramas fasoriais:

- das tensões de fase (V_A, V_B e V_C) do lado de alta do transformador
- das tensões de fase (V_a, V_b e V_c) do lado de baixa do transformador
- das tensões de linha (V_{ab}, V_{bc} e V_{ca}) do lado de baixa do transformador



A figura acima apresenta o resultado do levantamento das curvas de tensão de armadura (E_A) e de tensão terminal (V_T) de um motor shunt DC que possui as seguintes características:

- resistência de armadura: $R_a = 0,25 \Omega$
- resistência de ajuste: $R_{ajuste} = 0$ a 200Ω
- resistência de campo: $R_f = 20 \Omega$

O gerador em questão atende uma carga que demanda uma corrente de 120 A. Nessas condições, pede-se:

- a) a tensão terminal do gerador;
- b) a tensão induzida na armadura;
- c) o valor da resistência de ajuste;
- d) o rendimento do gerador, desprezando as perdas mecânicas.

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO

RASCUNHO