

GABARITO DAS QUESTÕES DISCURSIVAS ANO 2022

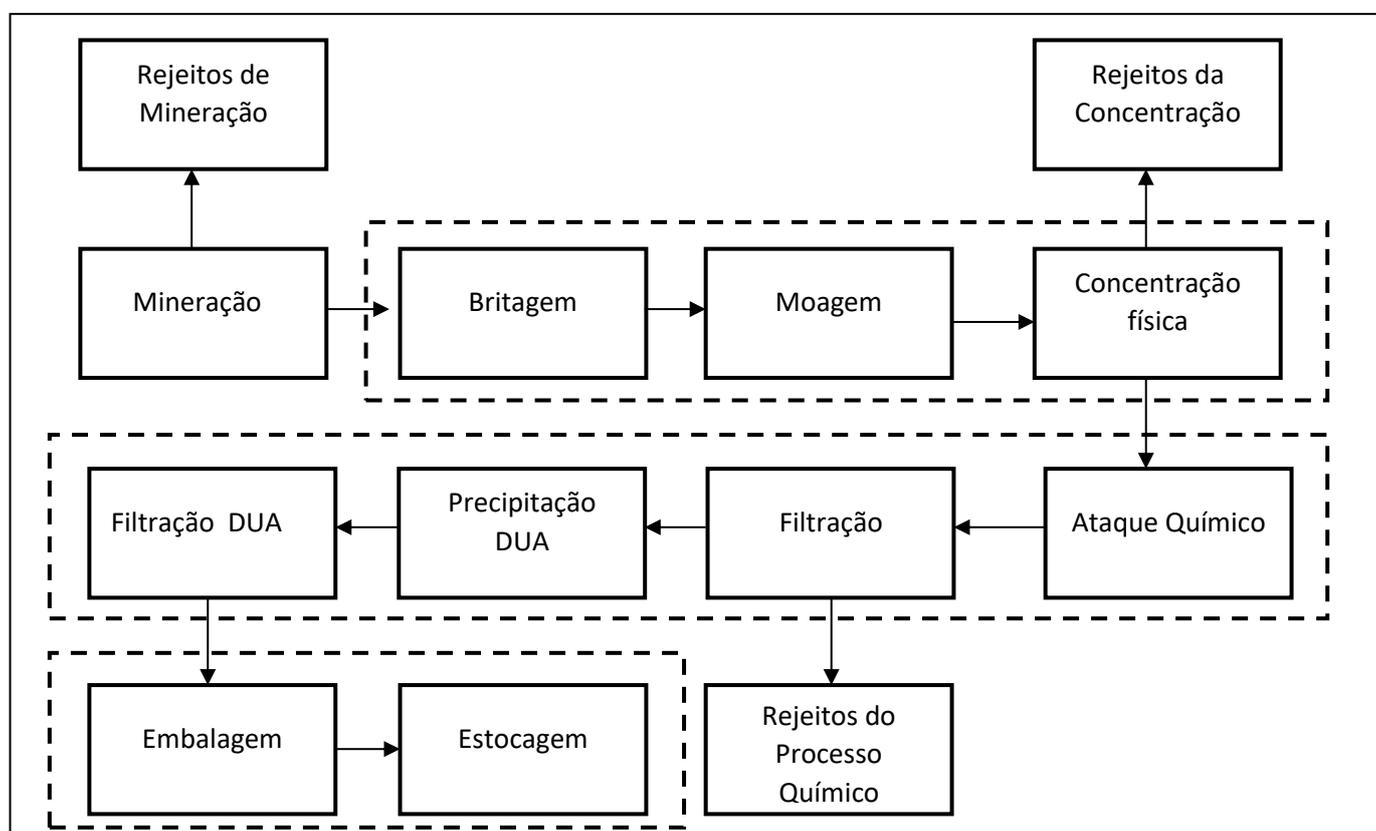
Área de Certificação: Mina e Usina de Beneficiamento Físico e Químico de Urânio ou Tório

Questão 1: (0,7 pontos)

Referência Utilizada: Normas CNEN NE 1.13 e CNEN NE 1.04

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 1: (0,7 pontos)

O diagrama genérico em blocos com todas as etapas, desde a mineração do minério de urânio até o processamento físico e químico do mesmo está abaixo:



Obs: Serão descontados 0,1 ponto por etapa esquecida no diagrama, tanto no beneficiamento físico quanto no beneficiamento químico. Diagramas diferentes serão considerados desde que contemplem todas as etapas do processo de beneficiamento físico e químico da instalação, de acordo com o pré-requisito de experiência operacional de 01 (um) ano do candidato em mina e usina de beneficiamento de U ou Th.

Questão 2: (1,0 ponto)

Referência Utilizada: Norma CNEN NE 1.13 e CNEN NE 1.04

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO (1,0 ponto):

Conforme Capítulos 5, 6, 7 e 8 das Normas CNEN NE 1.13 e CNEN NE 1.04, temos:

1 - Para obter o ato de licenciamento de Aprovação do Local, o requerente deve encaminhar o documento Relatório de Local

2 - Para obter o ato de licenciamento de Licença de Construção, o requerente deve encaminhar o documento Relatório Preliminar de Análise de Segurança – RPAS e o Plano Preliminar de Proteção Física – PPPF

3 - Para obter a Autorização para Utilização de Material Nuclear – AUMAN, o requerente deve cumprir os requisitos na norma CNEN-NE2.02: "Controle de Material Nuclear, Equipamento Especificado e Material Especificado".

4 – A autorização para operação deve ser requerida em duas etapas complementares, a primeira relativa à operação inicial (AOI) e a segunda à entrada em operação em caráter permanente (AOP).

Para obter a AOI e a AOP, o requerente deve encaminhar os documentos: Relatório Final de Análise de Segurança – RFAS; Plano Final de Proteção Física – PFPF; Plano de Emergência; Plano de Radioproteção conforme Norma CNEN. NN 3.01: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica; e Descrição do serviço de radioproteção, conforme Norma CNEN. NE-3.02: Serviços de Radioproteção.

Obs: Serão descontados 0,1 ponto por ato de licenciamento ou por documento esquecidos.

Questão 3: (0,8 pontos)

Referência Utilizada: Norma CNEN NE 1.04

RESPOSTA CORRETA DA PRIMEIRA PARTE DA QUESTÃO (0,4 pontos):

Conforme definição na página 6 da Norma NE 1.04, temos:

Item Importante à Segurança – item (qualquer estrutura, sistema, componente, equipamento, peça ou material da instalação) que inclui ou está incluído em:

a) estruturas, sistemas e componentes cuja falha ou mau funcionamento pode resultar em exposições indevidas à radiação para o pessoal da usina nucleoeletrica ou membros do público em geral;

b) estruturas, sistemas e componentes que evitam que ocorrências operacionais previstas resultem em condições de acidente;

c) dispositivos ou características necessárias para atenuar as conseqüências de falha ou mau funcionamento de estruturas, sistemas e componentes importantes à segurança.

RESPOSTA CORRETA DA SEGUNDA PARTE DA QUESTÃO (0,4 pontos):

Dados os vários itens da área de área processamento químico de uma instalação de mineração e beneficiamento de Urânio que podem ser classificados como Item Importante à Segurança, a análise da resposta se fará de acordo com a resposta do candidato, em acordo com o pré-requisito de experiência operacional de 01 (um) ano do candidato em mina e usina de beneficiamento de U ou Th.

Questão 4: (2,5 pontos)

Referência Utilizada: Normas CNEN NE 1.13 e CNEN NE 1.04

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 4.a) (1,5 pontos): 700 g/t, ou 0,07%, 700 mg/kg ou 700 ppm, com variações de até 2%

Resolução:

Para calcular o rendimento global do processo, multiplicar os rendimentos individuais (rendimentos de recuperação de urânio, dados no enunciado):

$$\text{Rendimento Global do processo} = (0,9 \times 0,9 \times 0,95 \times 0,95) \times 100 = 73,1\%$$

Para calcular a massa de U_{308} contido no DUA, multiplicar a massa de DUA pela composição percentual de U_{308} no DUA (85 % dado no enunciado):

$$\text{Massa de } U_{308} \text{ no DUA} = 1.176,5 \times (85/100) = 1.000 \text{ kg}$$

Tendo o valor de massa de U_{308} no DUA e o rendimento global do processo, a massa de U_{308} no minério é obtida pela divisão entre massa de U_{308} no DUA e (rendimento global /100).

$$\text{Massa de } U_{308} \text{ no minério} = 1.000/0,731 = 1.368 \text{ kg} = 1.368.000 \text{ g}$$

Massa de minério alimentada no beneficiamento mineral foi de 1954,2 t. (dado do enunciado da questão)

A concentração de U_{308} no minério é obtida pela divisão da Massa de U_{308} no minério/ Massa de minério:

$$\text{Concentração de } U_{308} \text{ no minério} = 1.368.000 \text{ g}/1.954,2 \text{ t} = 700 \text{ g/t} = 700 \text{ ppm} = 0,07\%$$

Obs: A resposta será considerada parcialmente correta se o raciocínio desenvolvido estiver correto e ocorrer erros de cálculos (0,5 pontos).

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 4.b) (1,0 ponto): 105.420 Bq/kg ou 105,4 Bq/g, com variações de 2%

Resolução:

Se o candidato souber os fatores de conversão concentração de U_3O_8 e de ThO_2 , podem ser utilizados diretamente. No entanto, se desconhecer os fatores de conversão, os mesmos podem ser calculados pelos dados informados na questão:

$$A = \lambda N$$

$$I = \ln(2)/T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = 4,5 \times 10^9 \text{ anos } (^{238}U) \text{ e } T_{1/2} = 1,4 \times 10^{10} \text{ anos } (^{232}Th)$$

$$\text{Número de Avogrado} = 6,022 \times 10^{23}$$

- 1 mg/kg de U_3O_8 corresponde matematicamente a 10,5 Bq/kg de ^{238}U + 10,5 Bq/kg de ^{234}U .

- 1 mg/kg de ThO_2 corresponde matematicamente a 3,6 Bq/kg de ^{232}Th .

Assim:

$$AT = (700 \times 10,5 \times 14) + (70 \times 3,6 \times 10) = 105.420 \text{ Bq/kg}$$

Obs: A resposta será considerada parcialmente correta se o raciocínio desenvolvido estiver correto e ocorrer erros de cálculos (0,3 pontos)

Questão 5: (1,5 pontos)

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 5.a): (0,5 pontos)

Conforme Capítulo 5, Artigo 16, Incisos II e III da Norma CNEN NN 7.01 o Supervisor de Proteção Radiológica deve:

- manter o titular da instalação informado sobre eventos relevantes relativos à segurança e proteção radiológica **(0,25 pontos)**

- comunicar imediatamente ao titular da instalação a ocorrência de irregularidades constatadas com fontes de radiação e as ações necessárias para garantir a proteção radiológica da instalação ou do serviço, em cumprimento às normas da CNEN, bem como manter registro dessa comunicação. **(0,25 pontos)**

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 5.b): (1,0 ponto)

Conforme posição Regulatória 003 da Norma CNEN-NN-3.01

1- Cálculo da Incorporação I pelo do IOE devido a inalação de ^{238}U : **(0,5 pontos)**

$$I = A_e \cdot C \cdot T_R \cdot t = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Bq/g} \cdot 2,0 \text{ g/m}^3 \cdot 1,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1/60 \text{ h} = 4,8 \cdot 10^2 \text{ Bq}$$

Obs: Serão descontados 0,2 pontos no caso de erros de contas ou unidades de medida.

2- Cálculo da Dose devido a incorporação I: **(0,5 pontos)**

$$D = I \cdot e(50) = 4,8 \cdot 10^2 \text{ Bq} \cdot 5,8 \cdot 10^{-7} \text{ Sv/Bq (Tipo F)} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}$$

Obs: Serão descontados 0,2 pontos no caso de erros de contas ou unidades de medida.

Questão 6: (0,7 pontos)

Referência Utilizada: PPR e Instruções operacionais e IAEA Safety Guides RS-G.1.1, RS-G.1.2 e RS-G.1.3.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO:

A Atividade Superficial Alfa total em Bq/cm^2 é dada pela equação:

$$A_s = \frac{T_{C_{\text{monitor}}} - T_{C_{\text{fundo}}}}{\epsilon_{\alpha} \cdot S_{\text{monitor}} \cdot 60}$$

Onde:

$T_{C_{\text{monitor}}}$ - É o valor da taxa de contagem α total obtida na monitoração em (Cpm);

$T_{C_{\text{fundo}}}$ - É o valor da taxa de contagem α oriunda da radiação de fundo em (Cpm);

S_{monitor} - É o valor da área ativa/sensível do monitor em cm^2 .

ϵ_{α} - É a eficiência do detetor para radiação alfa no caso 0,40.

1/60 - fator de conversão cpm para cps

Cálculo da taxa de contagem máxima para que o limite de contaminação superficial de $0,3 \text{ Bq/cm}^2$ seja atendido:

$$0,3 = \frac{T_{C_{\text{monitor}}} - 10}{0,40 \cdot 25 \cdot 60} \Rightarrow 0,3 = \frac{T_{C_{\text{monitor}}} - 10}{600}$$

$$T_{C_{\text{monitor}}} = 180 + 10 = 190 \text{ cpm}$$

Obs: Serão descontados 0,2 pontos no caso de erros de contas ou unidades de medida.

Questão 7: (0,3 pontos)

Referência Utilizada: Norma CNEN NN 3.01 e Posição Regulatória CNEN PR-3.01/001

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO:

O Titular deve solicitar a CNEN a Dispensa de requisitos de proteção radiológica que conforme definição da Norma CNEN NN 3.01, consiste na retirada do controle regulatório de materiais ou objetos radioativos associados a uma prática autorizada.

Questão 8: (2,5 pontos)

Referência Utilizada: IAEA Safety Series No 57 pag. 3; IAEA Safety Series No 77 pag. 11; IAEA Safety Guide No RS-G-1.8 pag. 21; IAEA Safety Series No 90 pag. 16 (1989); IAEA Safety Guide No RS-G-1.8 pag. 27 (2005); IAEA Safety Series No 90 (1989) pag. 60, IAEA Safety Series No 77 (1986) pag. 14; Norma CNEN NN 3.01 (2014) pag. 14; IAEA General Safety Guide No 08 (2018), pag. 24, IAEA Safety Series No 115 (1996) pag. 301; Norma CNEN NN 3.01 (2014) pag. 8.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 8.a): (0,5 pontos)

As potenciais vias principais de exposição da população de Vale Verde são:

Via 1: Liberação atmosférica → Dispersão → Contaminação do ar → Pessoa imersa na pluma (Inalação) → Dose no indivíduo do público;

Via 2: Liberação atmosférica → Dispersão → Contaminação do ar → Pessoa imersa na pluma (Radiação externa) → Dose no indivíduo do público;

Via 3: Liberação atmosférica → Dispersão → Contaminação do ar → Deposição do material radioativo no terreno → Pessoa exposta ao solo (Radiação externa) → Dose no indivíduo do público;

Via 4: Liberação atmosférica → Dispersão → Contaminação do ar → Deposição do material radioativo no terreno → Transferência dos radionuclídeos para o cultivo (vegetação) → Ingestão desses alimentos → Dose no indivíduo do público;

Via 5: Liberação líquida → Dispersão → Contaminação da água subterrânea → Ingestão de água subterrânea → Dose no indivíduo do público;

Via 6: Liberação líquida → Dispersão → contaminação da água subterrânea → Irrigação de cultivos → Transferência dos radionuclídeos para o cultivo (vegetação) → Ingestão desses alimentos → Dose no indivíduo do público.

Obs: A resposta será considerada completamente correta se o candidato descrever as 6 (seis) vias de exposição (0,5 pontos). A resposta será considerada parcialmente correta se o candidato descrever no mínimo 03 (três) vias de exposição (0,3 pontos).

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 8.b): (0,5 ponto)

Devem ser monitorados os radionuclídeos:

- da série do ^{238}U : ^{238}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Pb e ^{210}Po
- da série do ^{232}Th : ^{232}Th , ^{228}Ra

Os radionuclídeos foram escolhidos em função das suas meias-vidas relativamente longas (a exceção do gás radônio) e do potencial de promover algum risco à saúde humana.

Obs: A resposta será considerada parcialmente correta se o candidato apontar todos os radionuclídeos apenas da série do ^{238}U e justificar a escolha com base no tempo de meia-vida e no potencial de promover algum risco a saúde humana (0,3 ponto).

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 8.c): (0,5 pontos)

i) Equação geral para estimativa da dose efetiva devido a ingestão de água subterrânea contendo radionuclídeos **(0,1 ponto)**:

$$E_{ing} = \sum (C_r \times FCD_{ing,r} \times I)$$

ii) Descrição dos parâmetros **(0,2 pontos)**:

- r = radionuclídeo considerado;
 C_r = Concentração do radionuclídeo r na água subterrânea (Bq/L);
 $FCD_{ing,r}$ = Fator de conversão de dose do radionuclídeo r para a via ingestão de água (Sv/Bq);
 I = taxa de ingestão de água. $I = 2\text{L/dia} = 730 \text{ (L/ano)}$.

iii) Radionuclídeos considerados (r) = ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{232}Th e ^{228}Ra .

A dose efetiva total devido a ingestão de água subterrânea será o somatório das doses efetivas para cada um dos radionuclídeos considerados: $E_{ing} = E_{ing,238U} + E_{ing,234U} + E_{ing,226Ra} + E_{ing,210Pb} + E_{ing,210Po} + E_{ing,232Th} + E_{ing,228Ra}$. O radônio (Rn) não foi considerado nos cálculos porque como ele é um gás, acaba se dissipando quando a água subterrânea é coletada. **(0,2 pontos)**

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 8.d): (0,5 pontos)

Restrição de dose (valor máximo de 0,3 mSv/a e limite de dose 1 mSv/a)

Obs: Se o candidato omitir a palavra “máximo”, no estabelecimento do valor da restrição de dose, será subtraído 0,1 ponto.

RESPOSTA CORRETA DA QUESTÃO 8.e): (0,5 pontos)

A restrição de dose não deve ser encarada como um limite de dose, e sim como uma restrição prospectiva nas doses individuais relacionadas a uma determinada fonte, que serve como um limite superior no processo de otimização da proteção e na segurança da fonte. Quando excedida, o processo de otimização da proteção deve ser reavaliado visando manter as doses tão baixas quanto racionalmente exequível.

Essa restrição é geralmente estabelecida, visando permitir a exposição do público a múltiplas fontes. No entanto, em algumas situações especiais, pode haver circunstâncias que poderia ser permitido restrições superiores ao valor máximo de 0,3 mSv/a (aprovado pela CNEN e recomendado pela ICRP), mas inferior a 1 mSv por ano. Como exemplo podemos citar uma mineração localizada em um local extremamente remoto, sem a plausibilidade de se ter múltiplas fontes que contribuiriam para a dose do público. No entanto, o estabelecimento de um valor superior de restrição de dose ($>0,3\text{mSv/a}$) deve ser acordado e aprovado pela autoridade regulatória nuclear (CNEN) baseado em estudos sólidos que levam em consideração as maiores estimativas das doses individuais, o acúmulo de radionuclídeos no meio-ambiente ao longo de um período de tempo e as contribuições para a dose de possíveis outras fontes.

Obs 1: A resposta será considerada completamente correta se o candidato mostrar domínio da aplicação prática do conceito da “Restrição de dose”. Para tal o candidato deve enfatizar que a restrição de dose não é um limite de dose, que significa apenas uma restrição prospectiva nas doses individuais, e faz parte do processo de otimização da proteção. Quando o valor da restrição é excedido, o processo de otimização deve ser reavaliado. O candidato também deve demonstrar, que dependendo das circunstâncias prevalentes pode ser permitido restrições superiores ao valor máximo de 0,3 mSv/a, mas inferior a 1 mSv por ano.

Obs 2: A resposta será considerada parcialmente correta se o candidato mostrar parcial domínio da aplicação prática do conceito da “Restrição de dose”, enfatizando que a restrição de dose não é um limite de dose, que significa apenas uma restrição prospectiva nas doses individuais, fazendo parte do processo de otimização da proteção. Quando o valor da restrição é excedido o processo de otimização deve ser reavaliado. Sem demonstrar as circunstâncias onde pode ser permitido restrições superiores ao valor máximo de 0,3 mSv/a (valor 0,3 pontos).