



SERVIÇO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NA MINERAÇÃO DE URÂNIO – INB/UDC

MARCELINO VICENTE DE ALMEIDA DANTAS
SUPERVISOR DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA



INB – INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL

- Fundada em 1988, a Indústrias Nucleares do Brasil – S.A (INB) incorporou a Nuclebrás e outras empresas do setor nuclear;
- Atua na cadeia produtiva do urânio, o "ciclo do combustível nuclear", que abastece as usinas nucleares brasileiras;
- Empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, administrada pela holding ENBPar (Eletronuclear, INB e Itaipu);
- Licenciada pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama).

Onde estamos

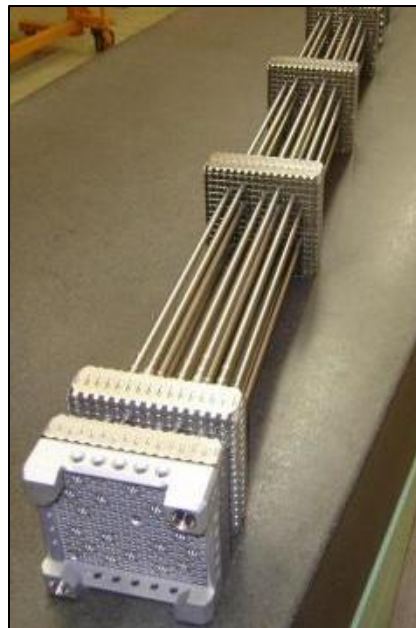


Missão da INB

Fornecer produtos e serviços associados ao ciclo do combustível nuclear, destinados à geração de energia elétrica, com segurança, qualidade e sustentabilidade.



Pastilhas de urânio.



Elemento combustível.



Usina Nuclear Angra I e II.

Ciclo do Combustível Nuclear



Mineração



Conversão



Enriquecimento



Reconversão



Pastilhas



Elem. Combustível

Unidade em Descomissionamento de Caldas - UDC

- Caldas/MG: Primeira mina de exploração de urânio no país;
- De 1977 a 1982: Estudos na região para a exploração e construção da instalação;
- De 1982 a 1995: Extração e beneficiamento do urânio;
- A partir de 1995 até os dias atuais: Descomissionamento.

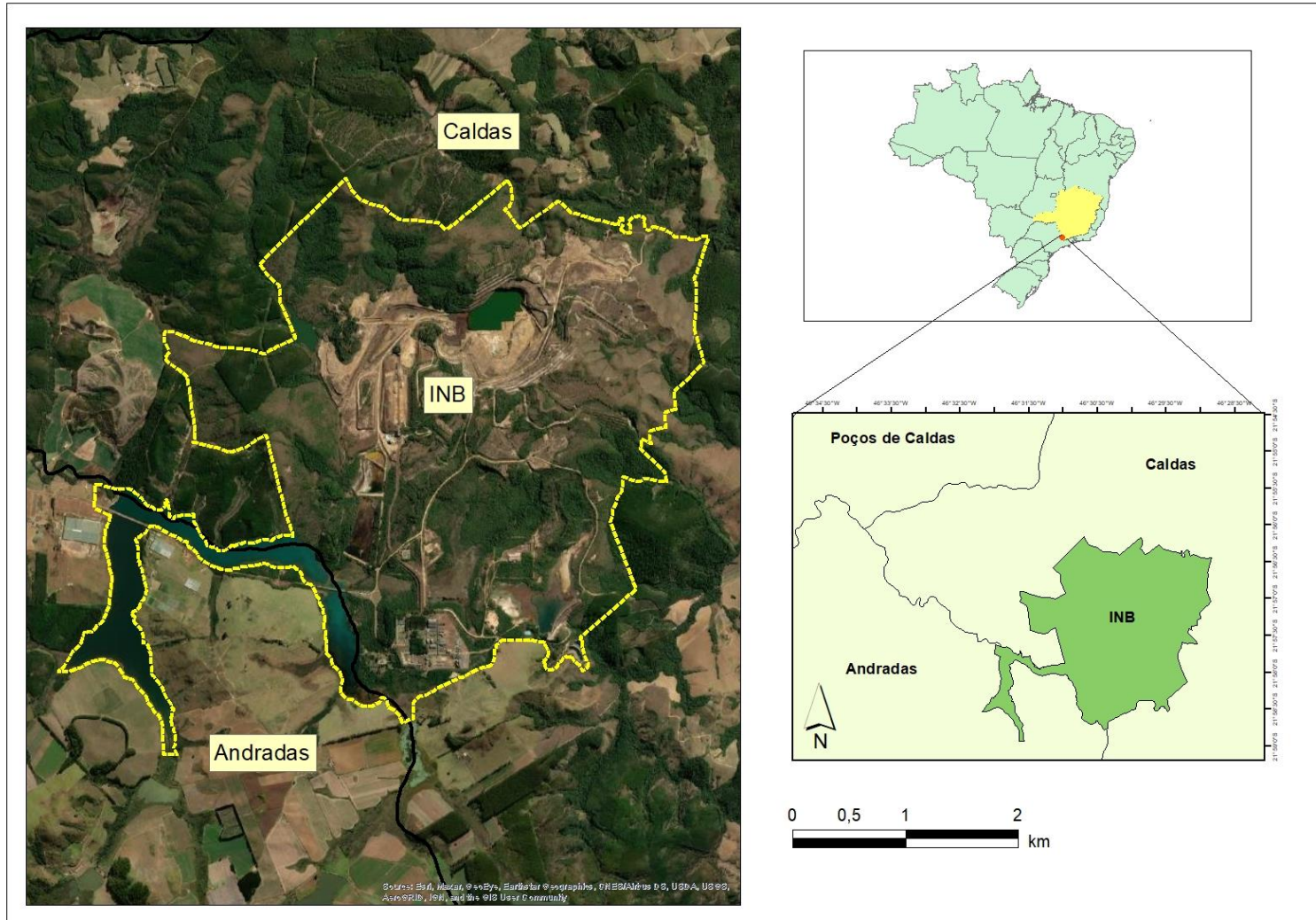


Implantação - Abertura da cava da mina.



Descomissionamento - Cava da mina atualmente.

Unidade em Descomissionamento de Caldas - UDC



Fontes de Radiação

Pilha de Estéril BF8
14.500.000 m³

Cava da Mina
896.538 m³ Resíduo Tratamento

Bacias de Resíduo Tratamento
574.380 m³

Pilha de Estéril BF4
14.300.000 m³

Planta Industrial
Desativada

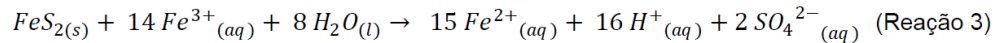
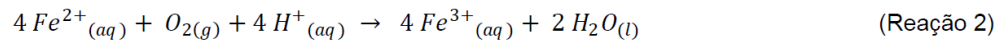
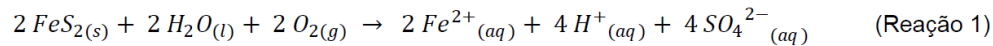
Depósito de TORTA II
12.534 toneladas

Barragem de Rejeitos
2.500.000 m³

Drenagem Ácida de Mineração - DAM

Tríade para ocorrência de DAM:

Pirita (FeS_2) + Água + Oxigênio



**Solubilização
de
constituintes
das rochas**



Pilha de estéril BF4.



Cava da Mina.

Proteção Radiológica Ambiental

Norma CNEN NN 3.01
Resolução CNEN 323/24
Abril / 2024

REQUISITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA DE FONTES DE RADIAÇÃO

Resolução CNEN 27/04
Publicação: DOU 06.01.2005

Resolução CNEN 48/05
Publicação: DOU 14.11.2005

Portaria CNEN 07/05
Publicação: DOU 18.01.2006

Resolução CNEN 114/11
Publicação: DOU 01.09.2011

Resolução CNEN 164/14
Publicação: DOU 11.03.2014

Resolução CNEN 323/24
Publicação: DOU 18.04.2024



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES

Subseção III Limitação da Dose

Art. 52. A exposição de indivíduos em situações de exposição planejada deve ser restringida de tal modo que o acréscimo da dose efetiva, ou dose equivalente em órgãos ou tecidos de interesse, causada pela possível combinação de exposições não exceda os limites de dose especificados na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela CNEN.

Limites de Dose Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv [b]	15 mSv
	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

Subseção II Otimização da radioproteção

Art. 46. O processo de otimização deve levar em conta os seguintes fatores:

I - os recursos disponíveis e justificáveis para radioproteção e segurança radiológica;
II - a distribuição das exposições individuais e coletivas em diferentes grupos de IOE;
III - a probabilidade e magnitude das exposições potenciais;

IV - o potencial impacto das ações voltadas para radioproteção nos demais riscos associados, não radiológicos, nos trabalhadores e indivíduos do público; e
V - boas práticas utilizadas em setores relevantes.

Parágrafo único. No caso de exposições médicas de pacientes, a otimização da radioproteção é a gestão da dose de radiação administrada, de acordo com a finalidade do procedimento médico; contudo, no caso de cuidadores e voluntários de pesquisa biomédica, a otimização não pode permitir doses superiores às restrições de dose estabelecidas pela CNEN.

Art. 47. Valores para restrição de dose devem ser estabelecidos, abaixo dos quais deve ser realizada a otimização da radioproteção.

§ 1º Valores de restrição de dose no caso de exposições ocupacionais devem ser propostos pelo titular em função do tipo de instalação e atividade

§ 2º Para restrição de dose no caso de exposição do público fica estabelecido o valor de referência de 0,3 mSv/ano, por fonte, para indivíduos do grupo crítico ou pessoa representativa.

§ 3º Para restrição de dose no caso de cuidadores e acompanhantes de pacientes é estabelecido pela CNEN o valor de referência de 5 mSv por procedimento diagnóstico ou terapêutico. Acompanhantes grávidas ou menores de 18 anos devem ser evitadas; caso essa exposição ocorra, é estabelecido pela CNEN o valor de restrição de dose de 1 mSv por episódio para crianças e de 1 mSv por episódio para o embrião ou feto.

Tratamento de DAM – ETE-1 e ETE-2



ETE-1.

- Média de tratamento ETE-1: 300 m³/h;
- Média de tratamento ETE-2: 10 m³/h;
- Funcionamento de 24 horas todos os dias.



Saída do efluente tratado.

Programa de Monitoração Radiológica Ambiental

PMRA

AMOSTRAS

- Água;
- Solo;
- Sedimento;
- Aerossol;
- Produtos agropecuários;
- Minério;

PARÂMETROS ANALISADOS

U-NAT, U-234, U-235, U-238,
Th- TOTAL, Th-228, Th-230,
Th-232, Ra-226, Ra-228,
Pb-210, Na, K, P, Al, Ca, Cr, Cu,
Ni, Zn, Fe, Ba, Mn, F, Cl, SO₄, Si,
B, Mg, Ti, As, Mo, V, Zr, pH,
Turbidez, Condutividade
Elétrica, DQO, Cor Verdadeira,
Oxigênio Dissolvido, SDT, SSed e
SST.

67.700 análises por ano

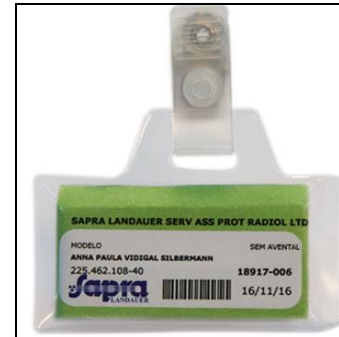
Monitoração Ambiental - Campo



Medidor de Nível, turbidímetro, sondas multiparâmetros, amostrador de aerossol.

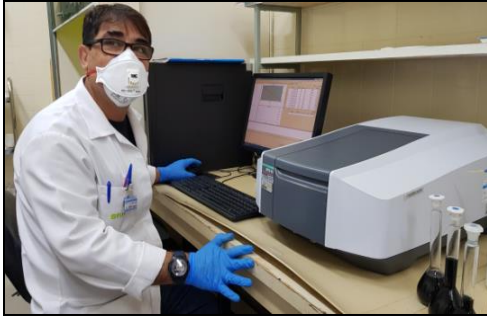


Equipamentos de medição de vazão
(calha Parshall, vertedouros).



Monitores de Radiação Gama Ambiental (Kerma no ar) e de Radônio Ambiental.

Laboratórios da INB Caldas



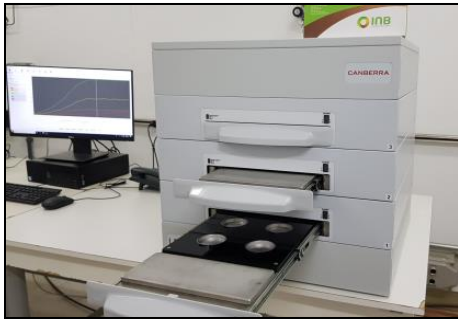
**Espectrofotômetro UV visível
(análise de elementos, inclusive
urânio e tório).**



**Espectrômetro de massa (análise de
elementos ultra traços).**



Estrutura coleta de água subterrânea.



**Contador proporcional alfa e
beta (rádio e chumbo).**



ICP ótico (análise de metais).



Amostragem de água e sedimento.

Monitoramento Ambiental – Estação Meteorológica

DADOS CADASTRAIS

Proprietário	Estação	Município	UF	Latitude	Longitude	Altitude
INB-INDUSTRIAS NUCLEARES DO BARSIL S/A	INB UTM PC01	Caldas	MG	-21° 57'06,7"	-46° 29'22,5"	1461



Estação meteorológica.



<http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/>

Proteção Radiológica Ocupacional

Norma CNEN NN 3.01
Resolução CNEN 323/24
Abril / 2024

REQUISITOS BÁSICOS DE RADIOPROTEÇÃO E SEGURANÇA RADIOLÓGICA DE FONTES DE RADIAÇÃO

Resolução CNEN 27/04
Publicação: DOU 06.01.2005

Resolução CNEN 48/05
Publicação: DOU 14.11.2005

Portaria CNEN 07/05
Publicação: DOU 18.01.2006

Resolução CNEN 114/11
Publicação: DOU 01.09.2011

Resolução CNEN 164/14
Publicação: DOU 11.03.2014

Resolução CNEN 323/24
Publicação: DOU 18.04.2024



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES

Subseção III Limitação da Dose

Art. 52. A exposição de indivíduos em situações de exposição planejada deve ser restringida de tal modo que o acréscimo da dose efetiva, ou dose equivalente em órgãos ou tecidos de interesse, causada pela possível combinação de exposições não exceda os limites de dose especificados na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais autorizadas pela CNEN.

Limites de Dose Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo Ocupacionalmente Exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
	Cristalino	20 mSv [b]	15 mSv
Dose equivalente	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

Cálculo da Dose Efetiva

Art. 21. Os limites e restrições de dose estabelecidos pela CNEN se aplicam à dose efetiva, que é dada pela soma das doses decorrentes da exposição externa no período especificado e da exposição interna devido a incorporações de radionuclídeos no mesmo período.

Art. 22. A dose efetiva de um IOE, num dado período, deve ser calculada a partir dos resultados do programa de monitoração individual de acordo com a expressão:

$$E = Hp(10) + \sum e_{(50)j,ing} \cdot I_{j,ing} + \sum e_{(50)j,ina} \cdot I_{j,ina}$$

onde:

I - $Hp(10)$ – é o equivalente de dose individual, decorrente da exposição externa, cujo valor é obtido através das leituras dos monitores individuais, utilizados no período considerado;

II - $\sum e_{(50)j,ing} I_{j,ing}$ – é o somatório das doses efetivas comprometidas, decorrentes da incorporação, por ingestão, do radionuclídeo j, naquele período; e

III - $\sum e_{(50)j,ina} I_{j,ina}$ – é o somatório das doses efetivas comprometidas, decorrentes da incorporação por inalação, do radionuclídeo j, naquele período.

§ 1º As atividades I, incorporadas pela inalação ou ingestão de radionuclídeos, devem ser obtidas por meio do programa de monitoração individual interna; e

§ 2º Os coeficientes de dose $e_{(50)}$ para inalação e para ingestão de radionuclídeos devem ser obtidos em publicações atualizadas da ICRP.



Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO



PROGRAMA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA OCUPACIONAL
DA UNIDADE EM DESCOMISSIONAMENTO DE CALDAS - UDC
CALDAS-MG



CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DATA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA
00	29/06/2012	Emissão inicial em atendimento do Ofício nº 33/2009/ASSN/DRS, de 7 de abril de 2009 e ao Ofício nº 16/2012/ASSN/DRS, de 6 de fevereiro de 2012
01	11/12/2018	Revisão em atendimento ao Ofício n.º 218/18-CGRC/DRS/CNEN, de 11 de julho de 2018
02	06/01/2020	Revisão em atendimento ao Ofício nº 383/2019-CGRC/DRS/CNEN, de 18 de novembro de 2019
03	27/08/2021	Revisão em atendimento aos Ofícios 193 e 194/2021-CGRC/DRS/CNEN, de 05 de maio de 2021

DOCUMENTO Nº: **PG-UDC-04**

REVISÃO: **03**

DESIGNADO PARA: **Original**

CÓPIA: CONTROLADA:

NÃO CONTROLADA:

ESTE DOCUMENTO POSSUI CONTROLE DE CÓPIAS, SENDO PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO.

Monitorações de áreas – risco – classificação das áreas

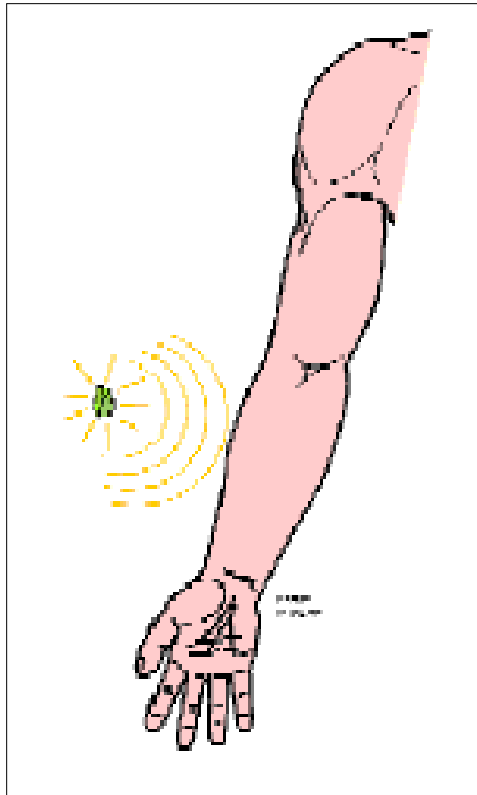
Monitorações individuais – estimativa de dose efetiva



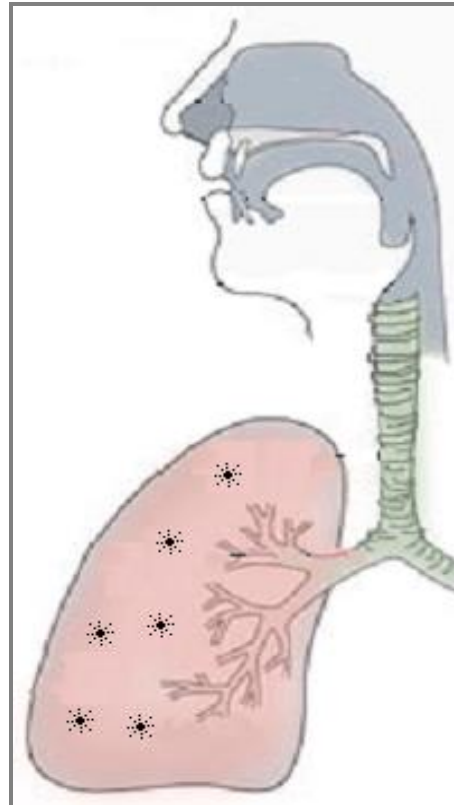
Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

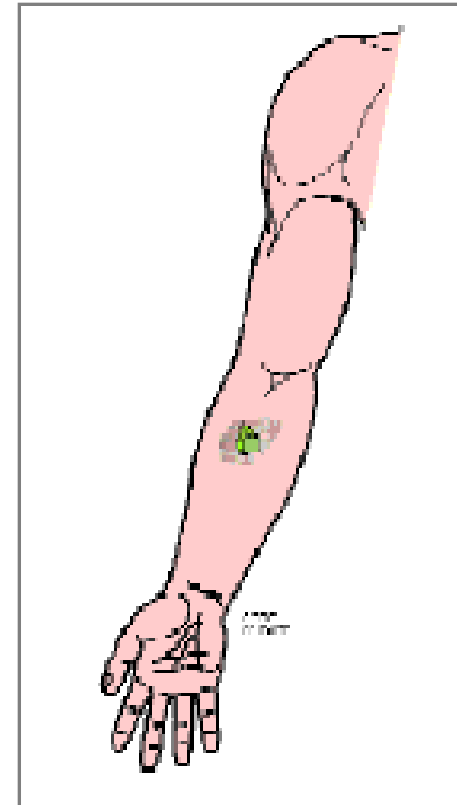
MONITORAÇÃO DE ÁREA



Exposição Externa



Exposição Interna



Contaminação

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

Exposição Externa: Taxa gama ($\mu\text{Sv/h}$)



340 monitorações/ano

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

Exposição Interna: Aerossol (Bq/m^3)



340 monitorações/ano

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

Contaminação de Superfície – Medida direta: *Pancake* (Bq/cm²)



640 monitorações/ano

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

Contaminação de Superfície – Esfregaço (Bq/cm²)



640 monitorações/ano

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

ÁREAS CONTROLADAS – CONTROLE DE ACESSO

LTR – Licença para Trabalho com Radiação

Documento necessário para que um indivíduo realize atividade em local onde há risco de exposição à radiação ionizante.

Definição da proteção radiológica – EPIs e monitores.



Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

MONITORAÇÃO INDIVIDUAL



Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

MONITORAÇÃO INDIVIDUAL

FONTE – TORTA II



16.8.2023 11:19

Programa de Proteção Radiológica Ocupacional

PPRO

MONITORAÇÃO INDIVIDUAL

FONTE – TORTA II

IOE	Dose externa anual (mSv)	dose interna anual (mSv)	dose efetiva anual (mSv)
JFSJ	17,30	0,18	17,48
FAF	14,20	0,19	14,39
SEM	12,10	0,21	12,31
RZ	10,50	0,18	10,68
DMF	9,40	0,13	9,53
DFP	8,30	0,20	8,50
LWAS	7,70	0,14	7,84
AARS	7,50	0,18	7,68
OFP	6,00	0,19	6,19
OFB	6,00	0,07	6,07
FFA	5,90	0,03	5,93
CAV	4,40	0,05	4,45
MAR	3,70	0,04	3,74
AJTP	3,40	0,06	3,46
OBC	3,10	0,03	3,13
RRP	3,10	0,01	3,11
SSF	2,20	0,01	2,21
JVDS	1,60	0,00	1,60
WTMR	1,60	0,00	1,60
BAT	1,40	0,05	1,45
PSR	1,30	0,01	1,31
AAPJ	1,30	0,00	1,30
RAJP	1,10	0,02	1,12
APR	1,00	0,01	1,01



INB/UDC 2023	Dose Efetiva (mSv)
Valor médio	1,02
Valor máximo	17,48

OBRIGADO!

marcelino@inb.gov.br



www.inb.gov.br