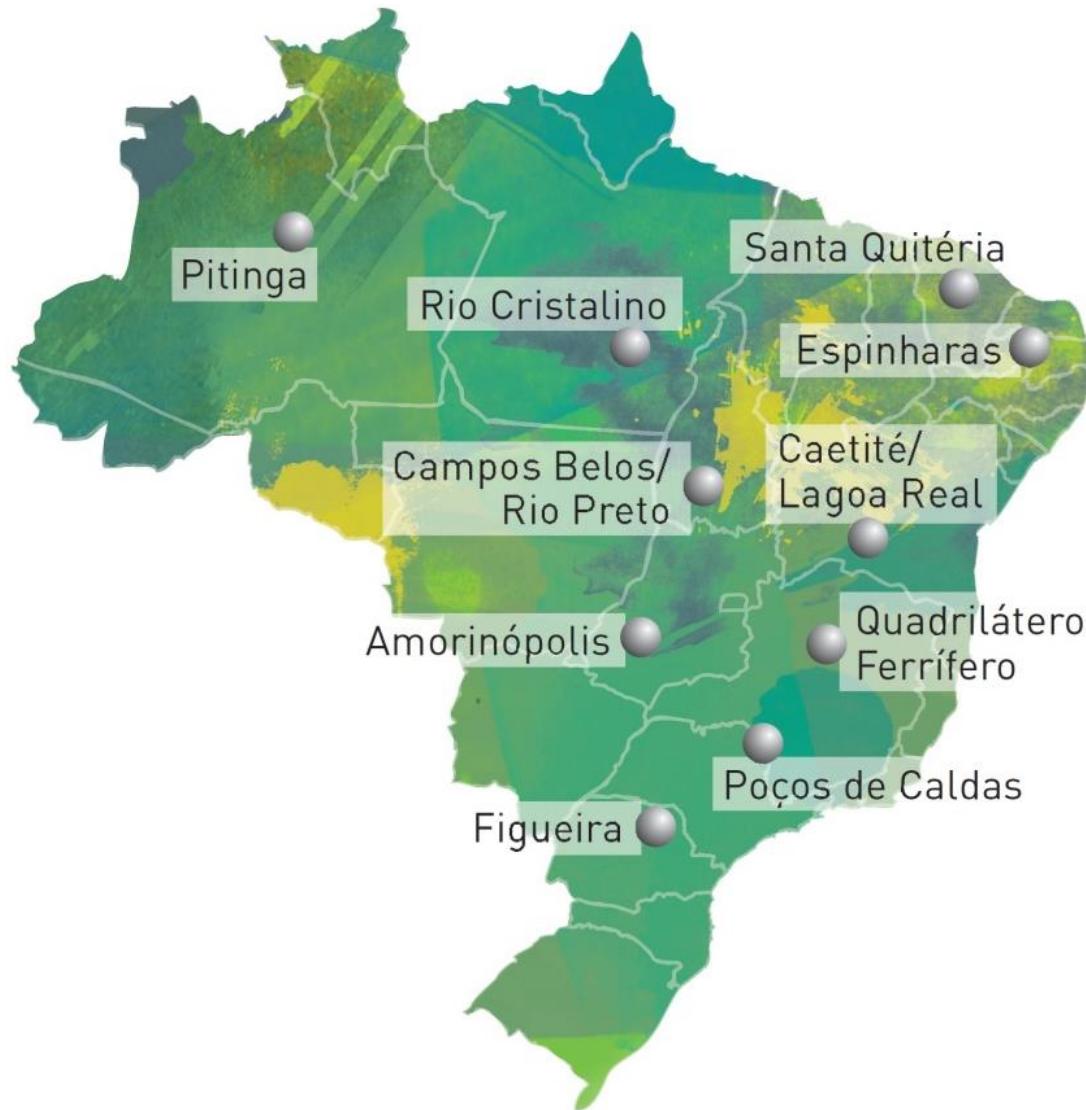




MINERAÇÃO DE URÂNIO NO BRASIL – CONTROLES RADIODÉTICOS NA INB/URA

RODRIGO GIBAUT DE SOUZA GOIS
QUÍMICO/SUPERVISOR DE RADIOPROTEÇÃO
COORDENAÇÃO DE MEIO AMBIENTE – COAMA.M

Ciclo do Combustível Nuclear



Etapas Realizadas Na URA

Prospecção e
Pesquisa Geológica

Lavra

Beneficiamento



Área Controlada

Área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais.

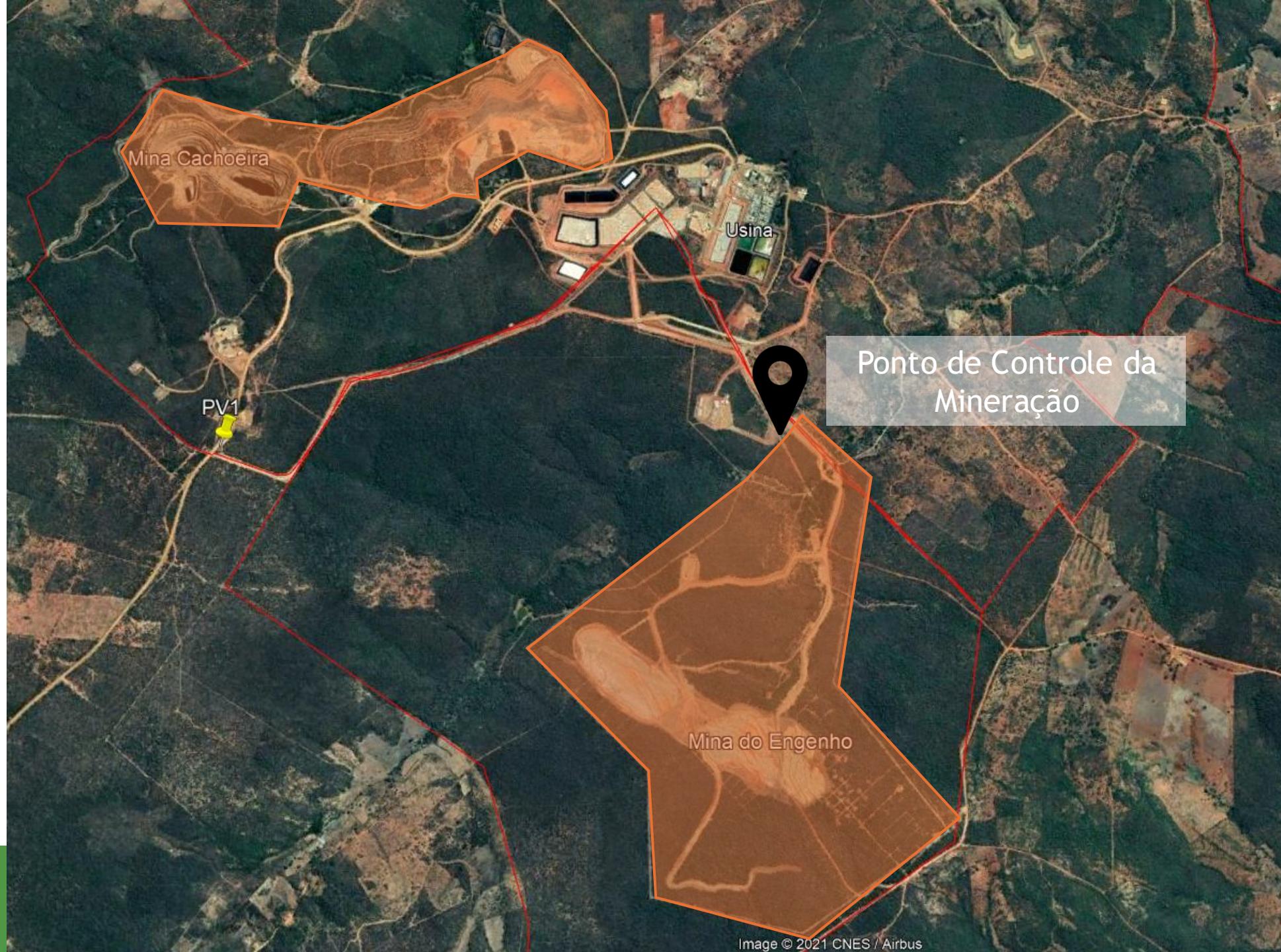
Área Supervisionada

Área para a qual as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias.

Área Livre

Qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada.

Definições com base na Norma CNEN-NN-3.01





1B

Lavra – Mina do Engenho



- ❖ Detonação das bancadas
- ❖ Emanação de radônio retido nas rochas
- ❖ Liberação de poeira contendo radionuclídeos
- ❖ Carregamento dos caminhões basculantes



Classificação de Áreas

Áreas Controladas



Áreas de Mineração

Exposição Externa: proximidade aos setores mineralizados ou aos setores que armazenam minério lixiviado

Exposição Interna: geração de material particulado em suspensão e à exalação de radônio

Contaminação: arraste de resíduos de minério nas vestimentas, superfície da pele e/ou equipamentos

Beneficiamento – Pátio de Estocagem



- ❖ Disposição de minério no Pátio de Estocagem
- ❖ Movimentação de minério para blendagem
- ❖ Liberação de poeira contendo radionuclídeos
- ❖ Carregamento da moega MG-1101 com SAP

Beneficiamento – Pátio de Britagem



Silo de Minério MG-1101



Britador Primário BR-1101



Pilha Pulmão



Alimentador (túnel)



Britador Secundário BR-1102



Peneira PE-1101

Áreas Controladas



Áreas de Beneficiamento de Minério

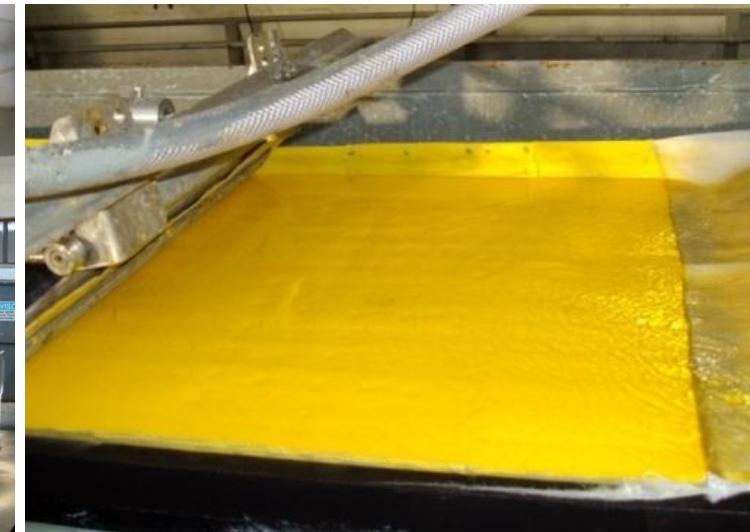
Exposição Externa: proximidade às pilhas de minério

Exposição Interna: geração de material particulado em suspensão (resultante dos processos operacionais) e à exalação de radônio

Contaminação: arraste de resíduos de minério nas vestimentas, superfície da pele e/ou equipamentos



Beneficiamento – Precipitação, Filtração, Secagem e Estocagem de DUA



Precipitação

Tanque de armazenamento de eluato
Adição de amônia \Rightarrow precipita DUA
Processo ocorre em três reatores em série



Decantação

Após a precipitação em três reatores
Presença de um decantador
Overflow \Rightarrow AA-330 \Rightarrow AA-630
Underflow \Rightarrow DUA para filtração

Filtração

Filtro esteira a vácuo
Lavagem com Na_2SO_4 e depois com água

Beneficiamento – Precipitação, Filtração, Secagem e Estocagem de DUA



Secagem

Utilização de vapor

Vapor não entra em contato com o DUA

Filtros de manga

DUA sai como pó fino amarelo e seco



Silagem

Silo comporta até 23 t de DUA

Cilíndrico e base cônica

DUA permanece no silo até entamborramento

Torres de lavagem de ar

Beneficiamento – Áreas de Apoio



Entamboramento

Tambores de 200 L
Sistema de Vedação

Atividade crítica

Sistema de despoeiramento

Acompanhamento pelo TPR



Áreas Controladas

Áreas de Produção de DUA



Exposição Externa: proximidade a tambores de DUA e a reatores e equipamentos contendo DUA

Exposição Interna: geração de aerossol ocasionada por possível falha na contenção dos equipamentos estanques contendo DUA ou durante manutenções que exijam abertura desses equipamentos

Contaminação: dispersão de contaminação para outros ambientes de trabalho, no caso de falha na contenção dos equipamentos contendo DUA ou durante manutenções que exijam abertura desses equipamentos

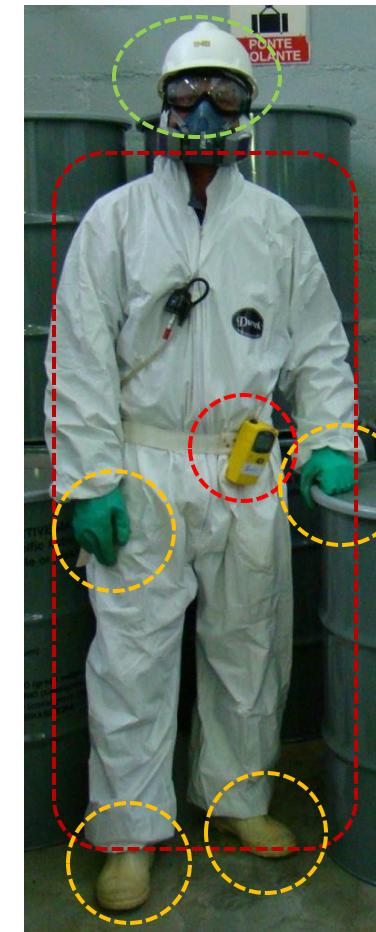
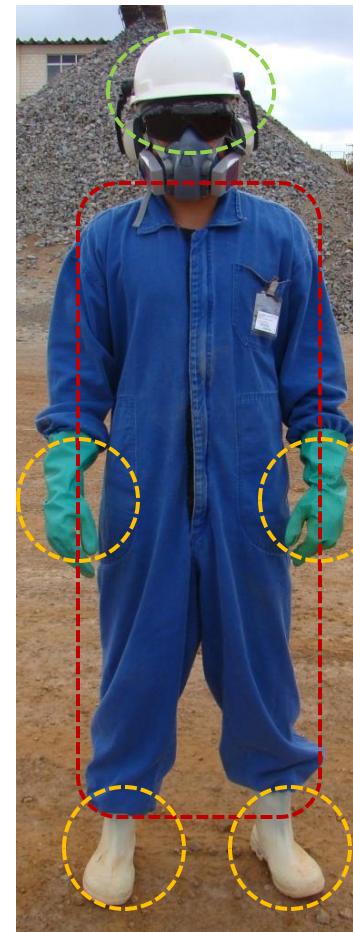


Controle de Acessos – Áreas Controladas



Inlight Sapra - Frente

Controle de Acessos – Áreas Controladas



Acesso pelos Pontos de Controle

Tem LTR?



EPIs solicitados na LTR?

Métodos de Monitoração da LTR?

Ferimento não cicatrizado ausente?



Pelos faciais (barba) ausentes?

Controle de Acessos – Áreas Controladas

Saída



Lavar botas



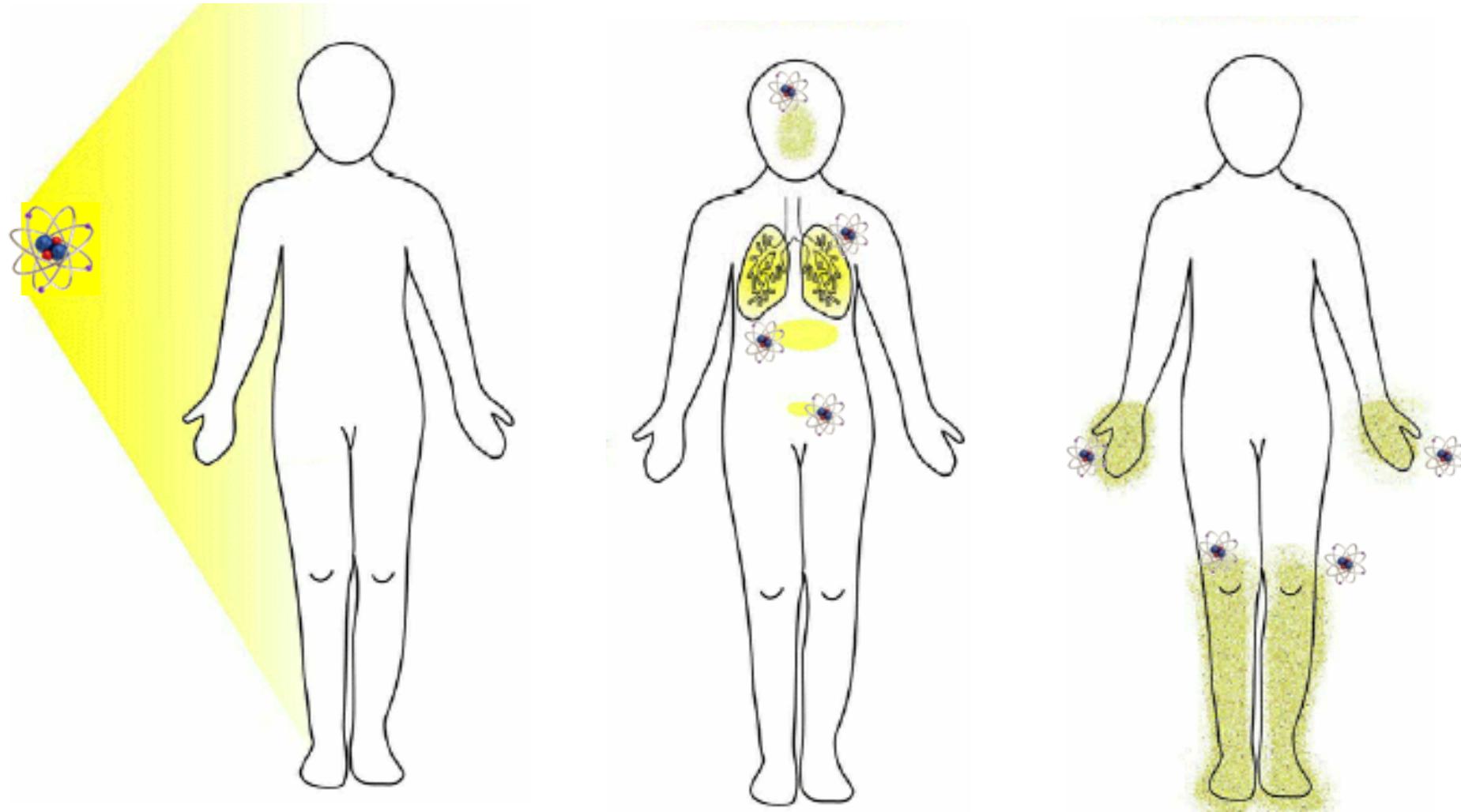
Retirar EPI

Higienizar mãos/Banho

Aguardar monitoração

Registrar no sistema de controle de acesso

Monitorações



Monitorações Individuais – Exposição Externa

TLD ou OSLD

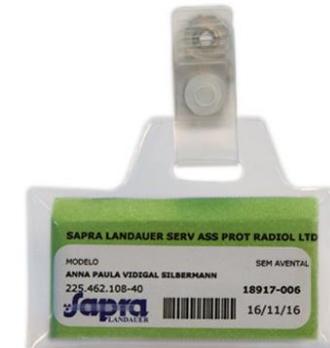


Entrada rotineira em áreas controladas

Trocas mensais pelo SPRO

Leitura realizada externamente

Não é necessária a calibração



Inlight Sapra - Frente

Dosímetro eletrônico ativo



Entrada eventual em áreas controladas

Monitoração de atividades operacionais curtas

Retirada e devolução diária ao SPRO

Leitura realizada na INB/URA

É necessária a calibração

É necessária a bateria (pilha)



Monitorações Individuais – Exposição Interna



Amostrador Portátil de Aerossol (lapela)

Exposição constante à poeira (rotina)

Atividades operacionais que geram poeira

São gerados filtros

Filtros lidos mensalmente

Filtros lidos após a atividade

Leitura realizada na INB/URA

Há necessidade de calibração (interna)

Pode ocorrer saturação do filtro



Monitorações Individuais – Exposição Interna



Bioanálise *in vitro*

Exposição constante à poeira de minério (semestral)

Exposição constante à poeira de DUA (mensal)

Leitura realizada na INB/URA (COAMA.M)

Concentrações típicas: **10 a 500 ng/L**



Monitorações Individuais – Contaminação



Monitor Portátil de Contaminação

Saída de Áreas Controladas

Realizada, normalmente, pelo Auxiliar de Proteção Radiológica

Limites: $\alpha < 0,30 \text{ Bq/cm}^2$ e $\beta < 0,30 \text{ Bq/cm}^2$



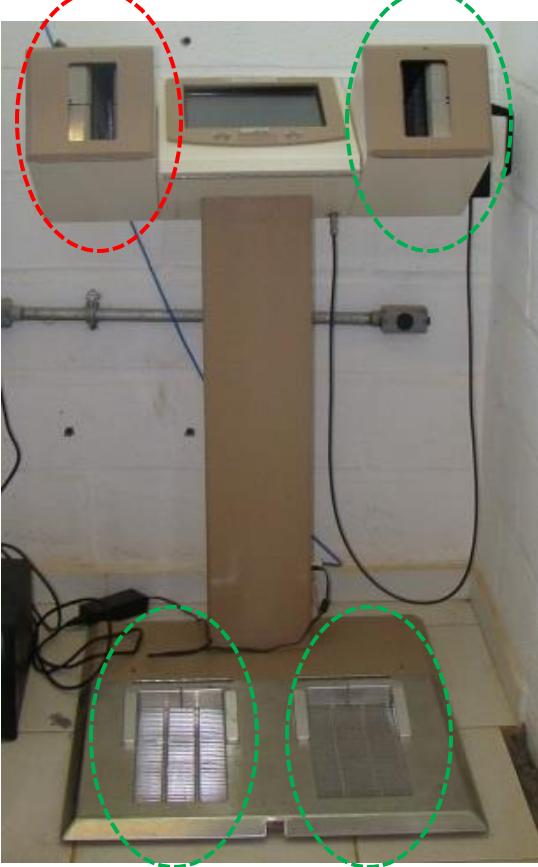
Monitor Fixo de Contaminação com Sonda Lateral

Saída de Áreas Controladas

Realizada, normalmente, pelo próprio indivíduo

Limites: $\alpha < 0,3 \text{ Bq/cm}^2$ e $\beta < 0,3 \text{ Bq/cm}^2$

Monitor Fixo de Contaminação com Sonda Lateral



Monitorações de Área – Exposição Externa



Monitor Portátil de Campo de Radiação

Medida da radiação gama no ambiente de trabalho

Áreas controladas ⇒ diariamente

Áreas supervisionadas ⇒ semanalmente

Áreas livres ⇒ mensalmente

Leitura realizada instantaneamente

É necessária a calibração

Monitoração em 5 pontos

Monitorações de Área – Exposição Interna



Amostradores Fixos e Móveis de Aerossol

Amostragem da poeira no ambiente de trabalho

Áreas controladas ⇒ diariamente

Áreas supervisionadas ⇒ semanalmente

Áreas livres ⇒ mensalmente

Realiza apenas a amostragem

Leitura realizada em laboratório (INB/URA)

Há necessidade de calibração

Pode ocorrer saturação do filtro

Método do Esfregaço

Superfícies lisas (não porosas);

10% da contaminação removível passa para o filtro de amostragem

Leitura imediata

Áreas controladas ➔ diariamente

Áreas supervisionadas ➔ semanalmente

Áreas livres ➔ mensalmente



Monitor Portátil de Contaminação

Atividade Superficial alfa (removível) e Atividade Superficial beta (fixada)

Leitura imediata (é necessária a calibração)

Monitoração especial, normalmente em eventos não usuais;

NIs em área controlada/supervisionada $\Rightarrow AS\alpha = 0,30 \text{ Bq/cm}^2$ e $AS\beta = 3,00 \text{ Bq/cm}^2$

NIs em área livre $\Rightarrow AS\alpha = 0,30 \text{ Bq/cm}^2$ e $AS\beta = 0,30 \text{ Bq/cm}^2$



Monitorações de Itens – Contaminação



Monitor Portátil de Contaminação

Atividade Superficial alfa (removível) e Atividade Superficial beta (fixada)

Leitura imediata (é necessária a calibração)

Saída da área (manutenção interna), saída da INB/URA (manutenção externa ou desmobilização), descarte (UDERR).

VL \Rightarrow AS α = 0,30 Bq/cm² e AS β = 0,30 Bq/cm²

Monitorações de Itens – Contaminação



Esfregaço

Atividade Superficial alfa (removível)

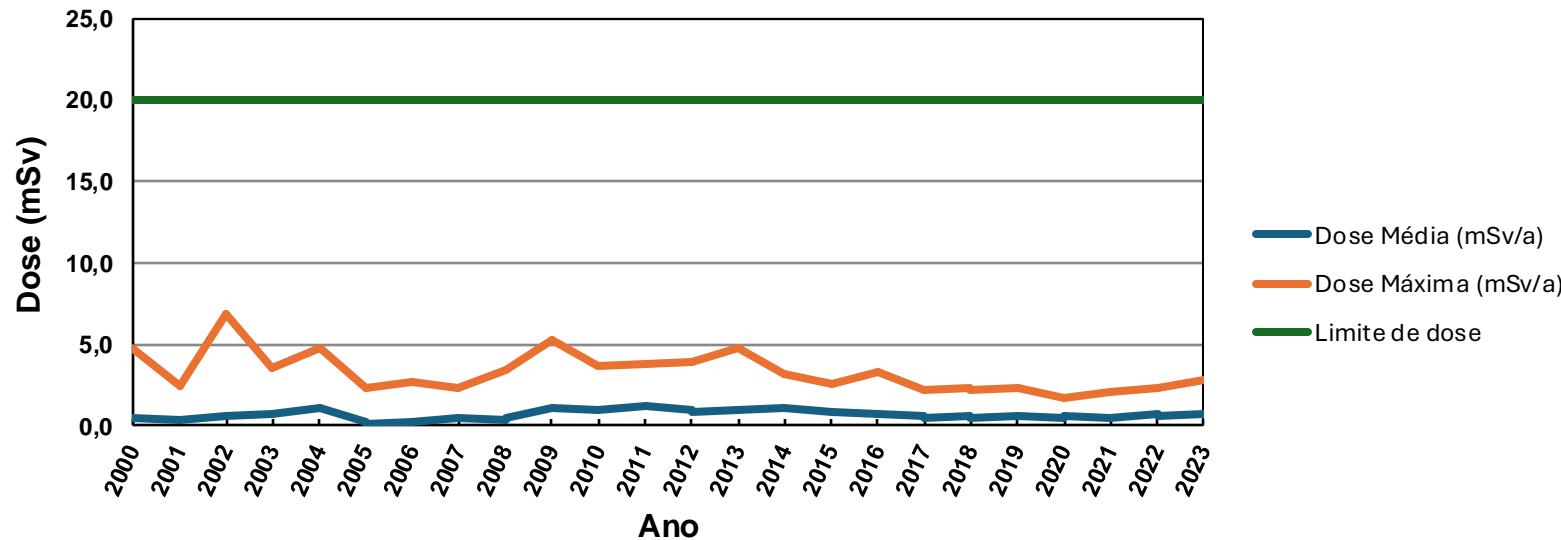
Saída da área (manutenção interna ou transferência de área), saída da INB/URA (manutenção externa ou desmobilização), descarte (UDERR).

Leitura, em laboratório (INB/URA) logo após amostragem

Área de 300 cm²

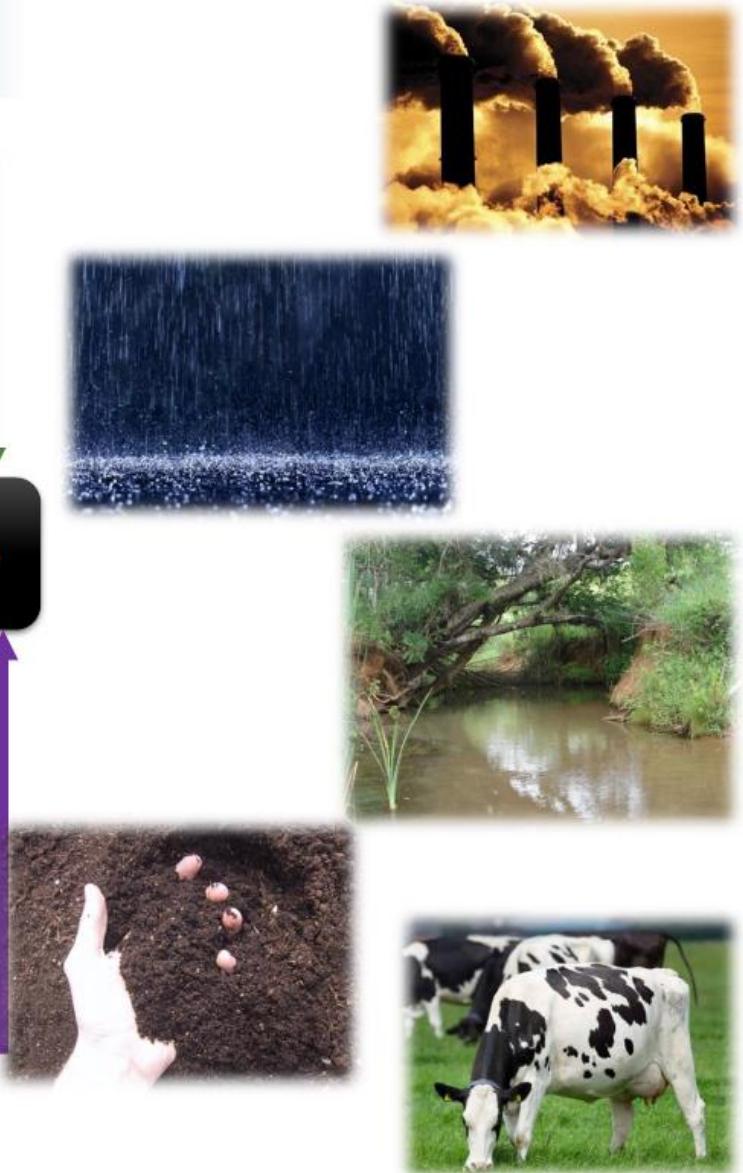
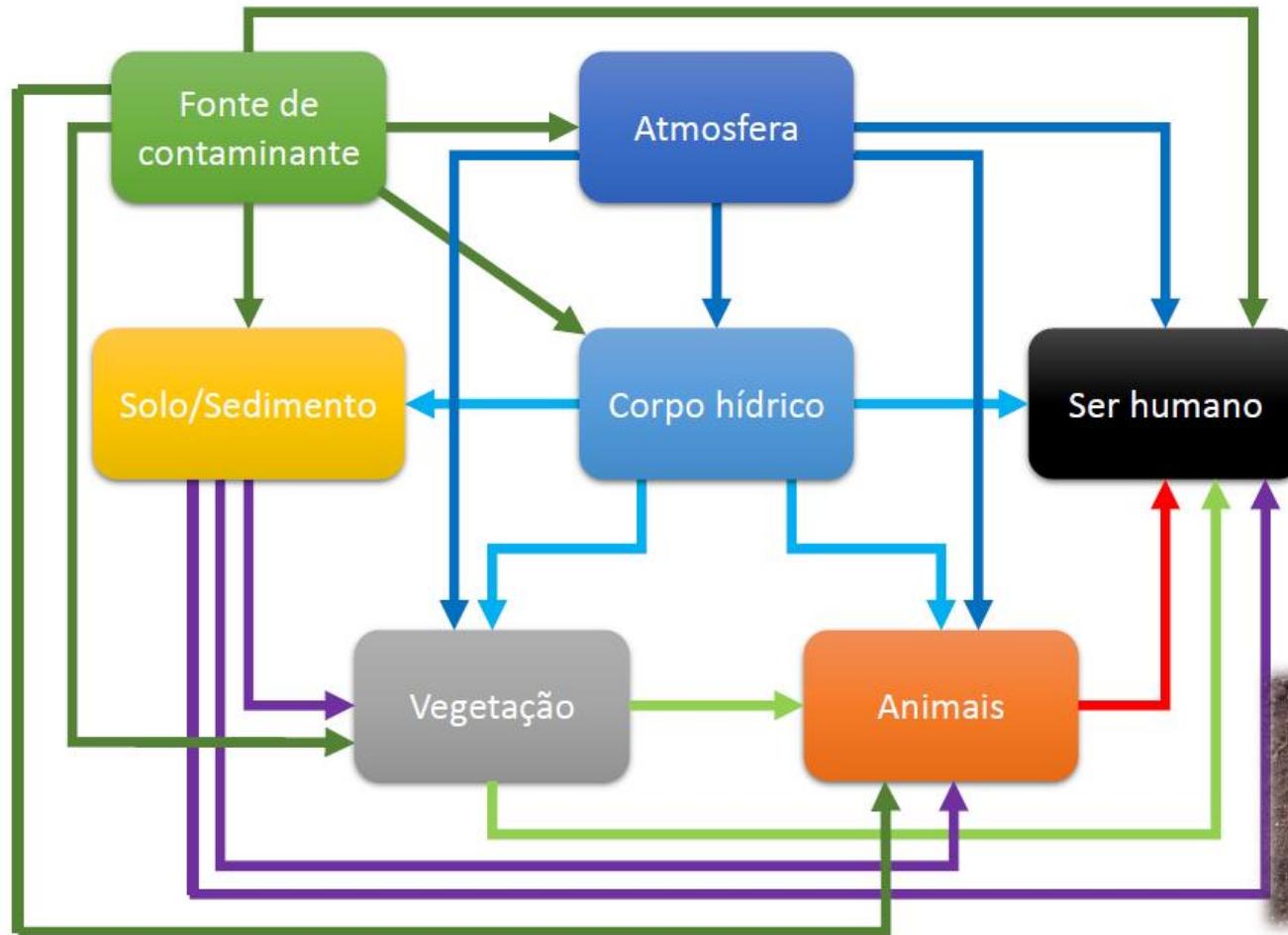
$$\text{VLs} \Leftrightarrow \text{AS}\alpha = 0,03 \text{ Bq/cm}^2$$

Comparativo: Dose Máxima e Média



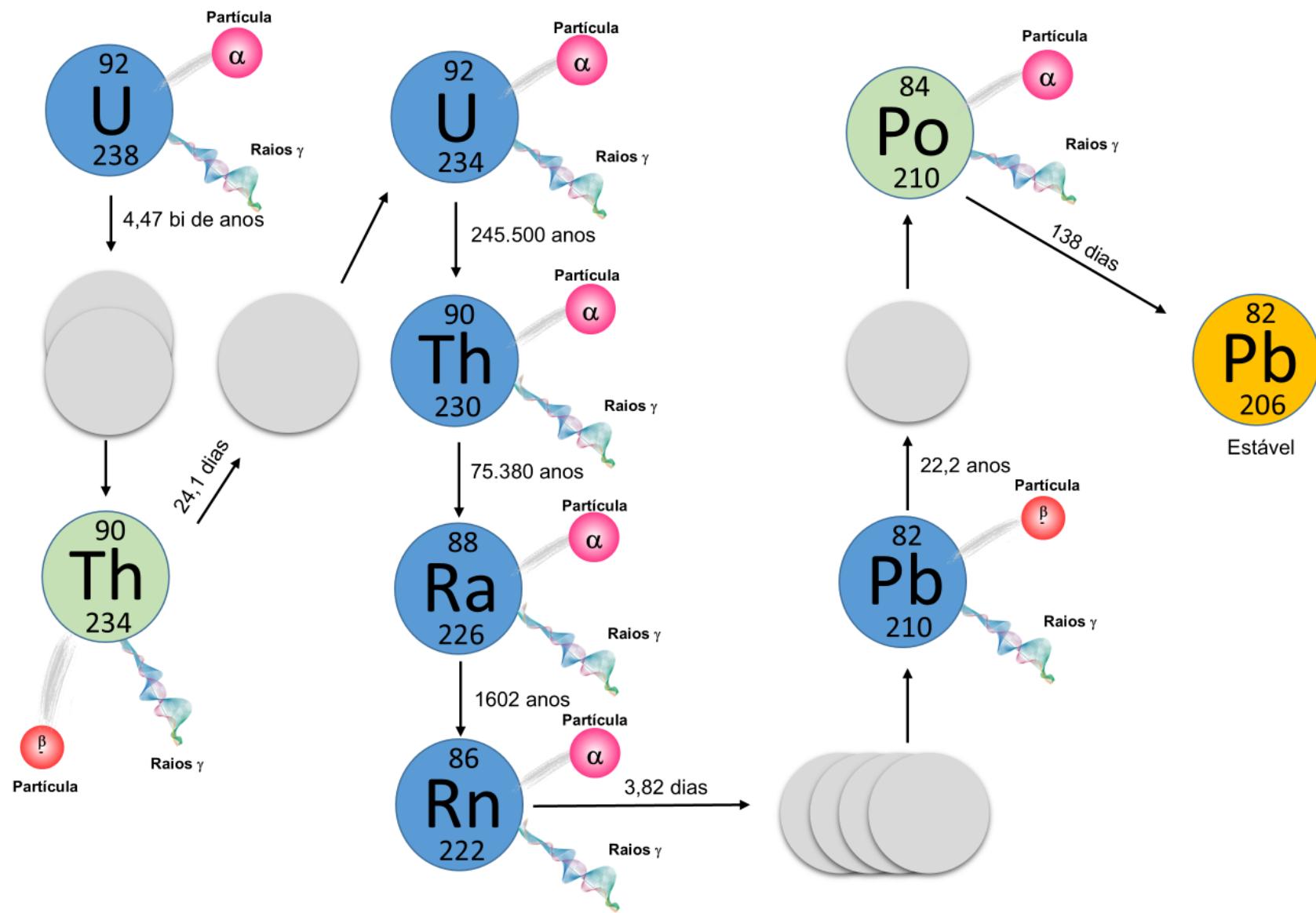
As doses de radiação recebidas pelos trabalhadores da URA permanecem sempre abaixo do limite estabelecido pela CNEN.

Proteção Radiológica Ambiental



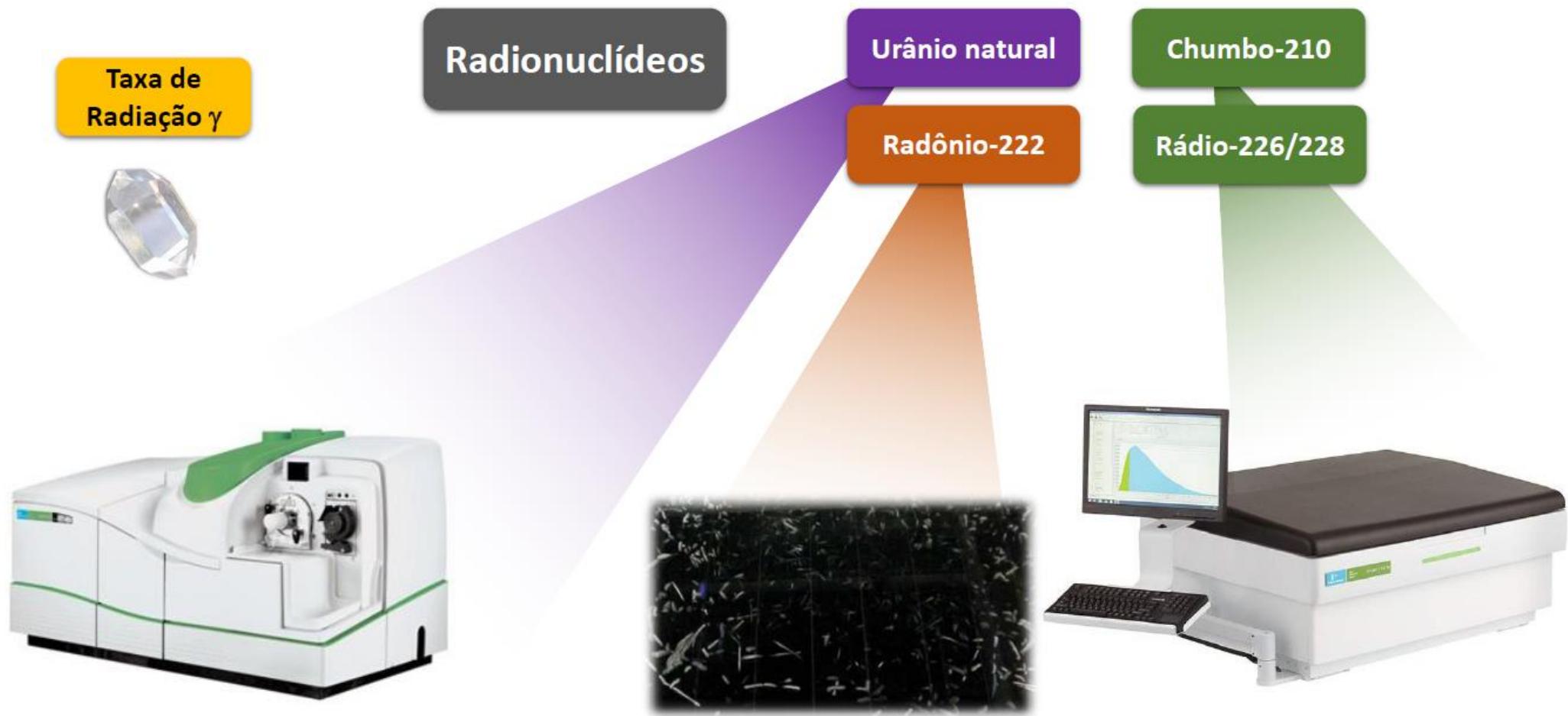
Identificação das Fontes



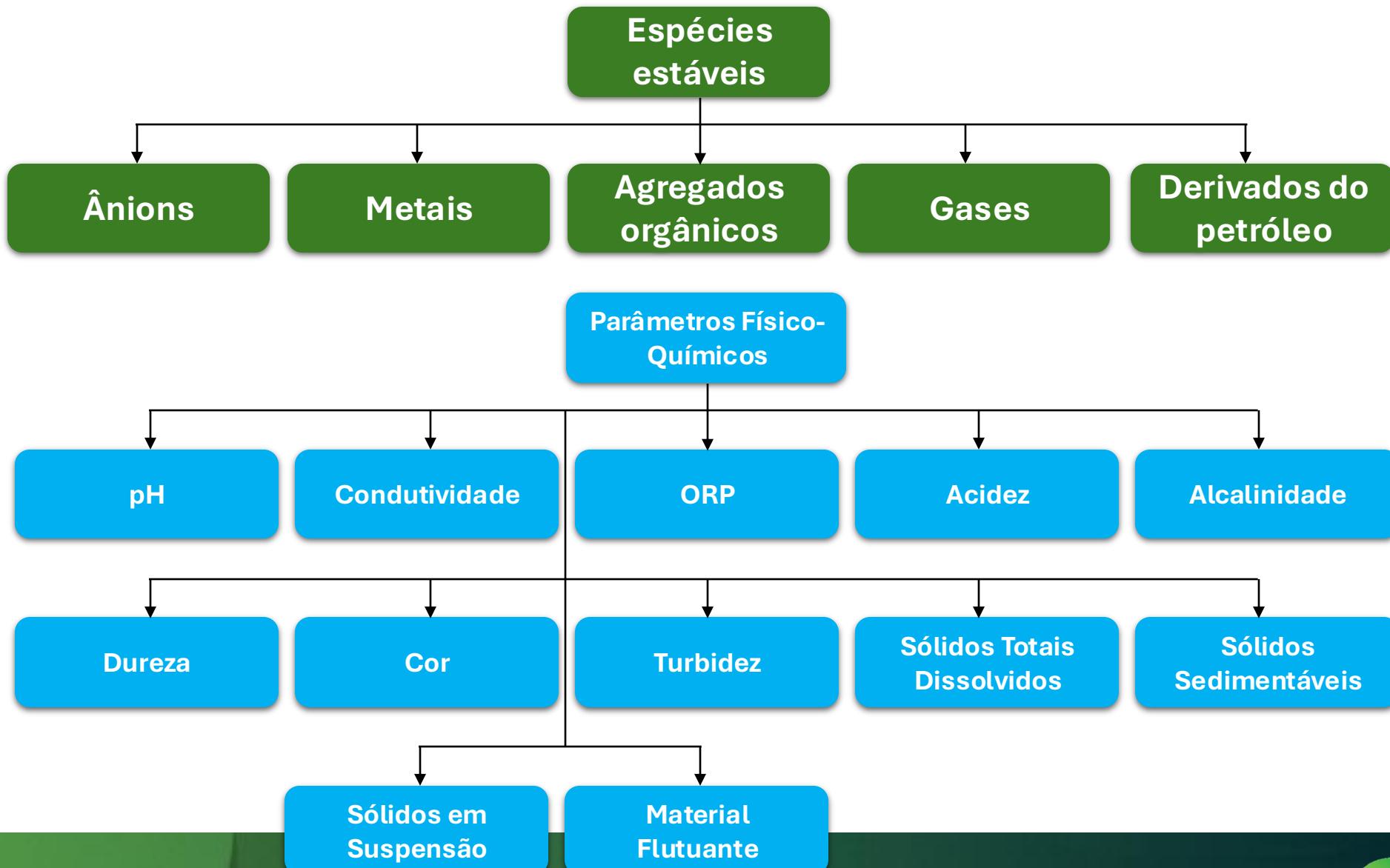


Proteção Radiológica Ambiental

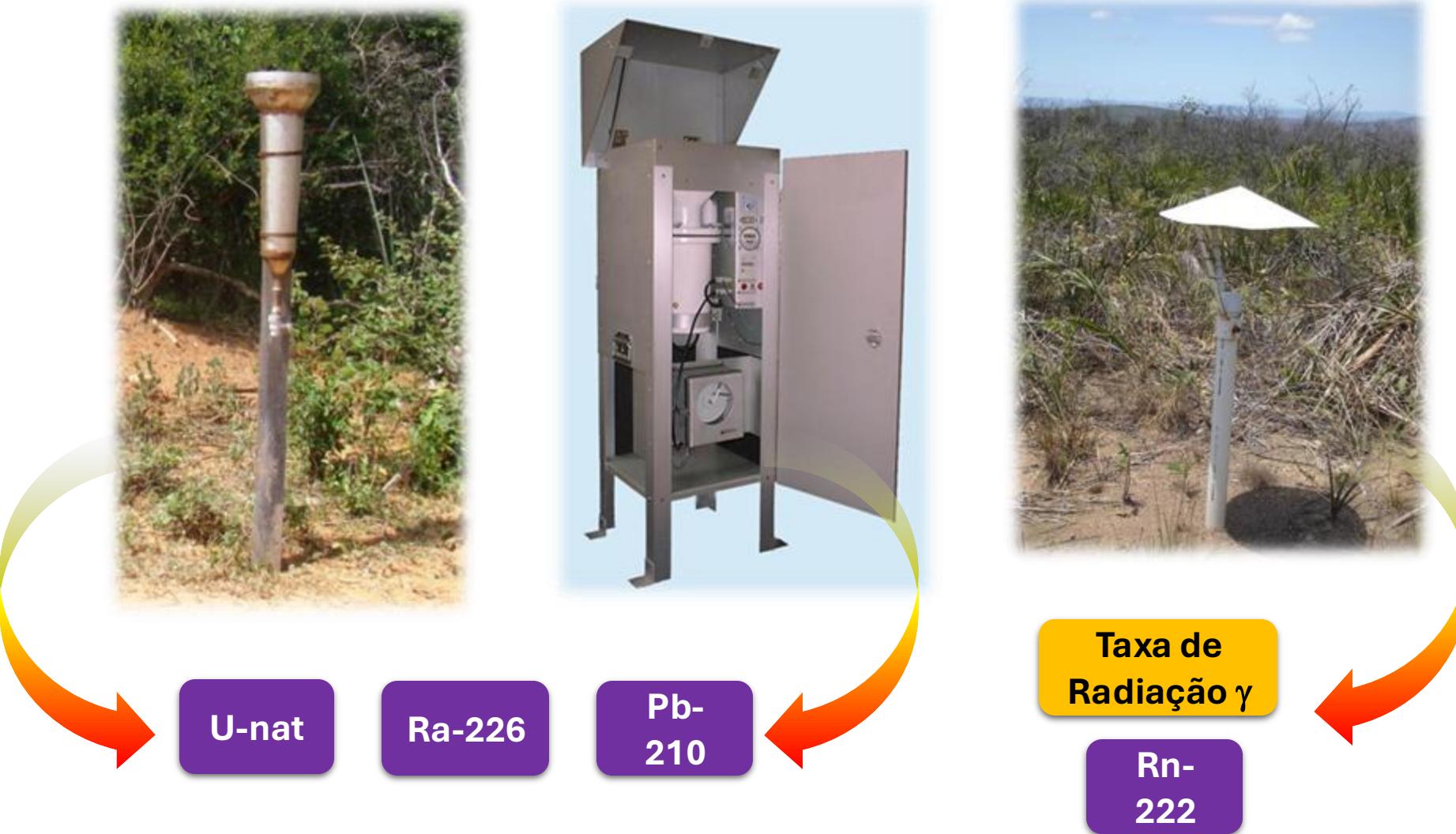
Variáveis Analíticas



Variáveis monitoradas



Matrizes atmosféricas - Ar



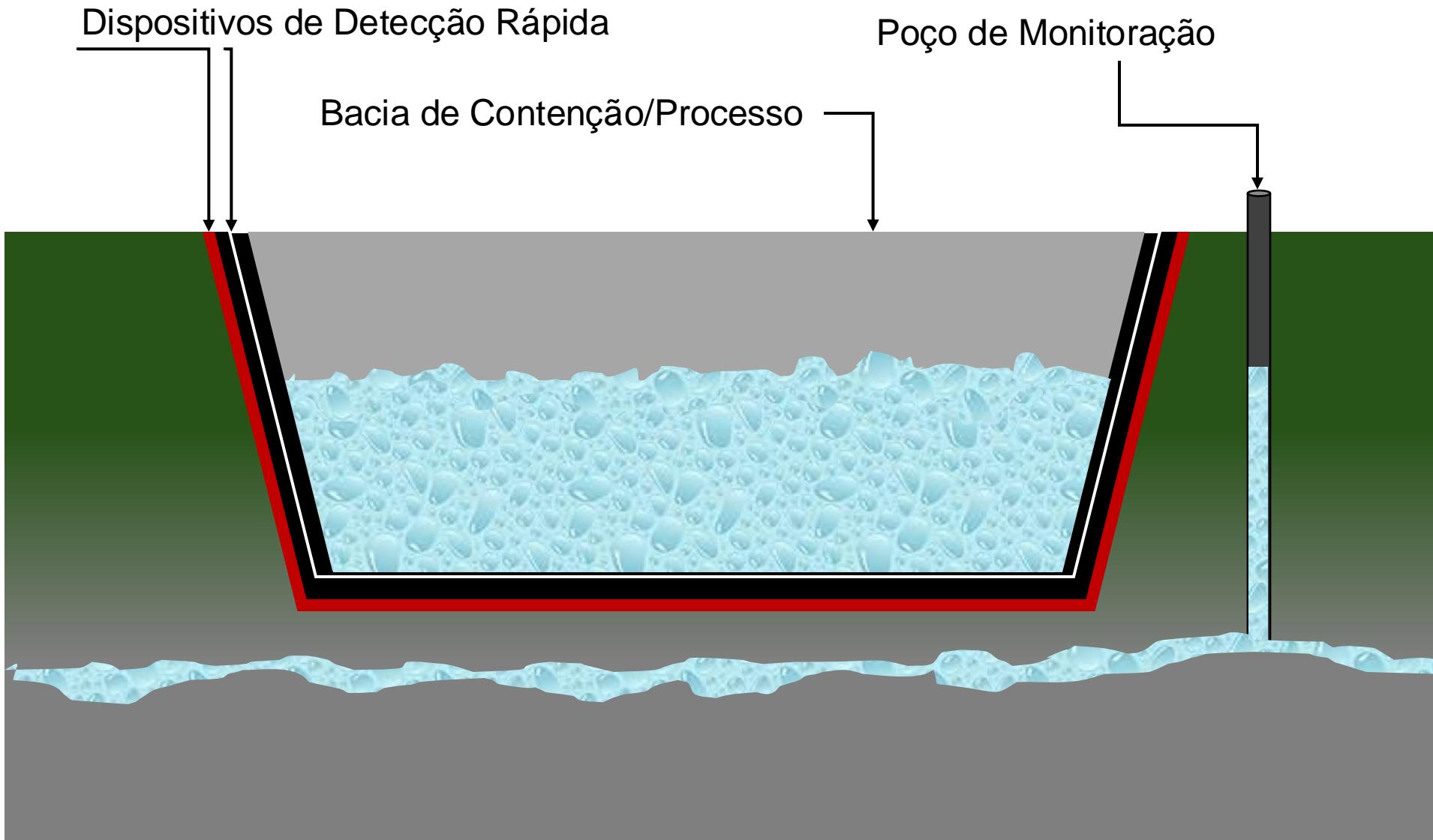
Águas Subterrâneas de Monitoração

Proteção Radiológica Ambiental

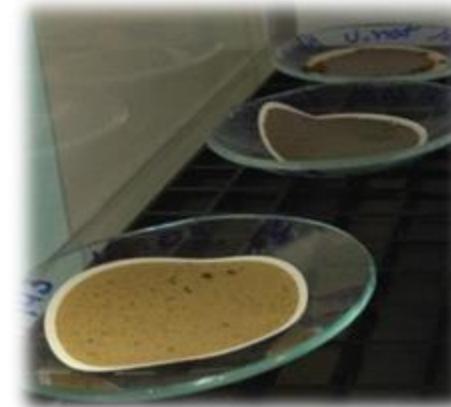
Matrizes Aquática – Águas Subterrâneas (aquífero granular)



Água Subterrânea - PMA



Águas Subterrâneas de Monitoração



Radionuclídeos

Espécies
estáveis

Parâmetros
Físico-Químicos



Radionuclídeos

Espécies
estáveis

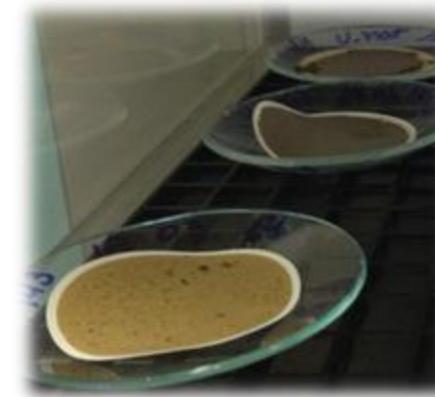
Programa de Monitoração Ambiental

Medidas Relacionadas ao Caminho Crítico Água

- Águas de Superfície e Sedimentos



Drenagens da Mina e da Usina



Radionuclídeos

Espécies
estáveis

Parâmetros
Físico-Químicos

Microbiológicos

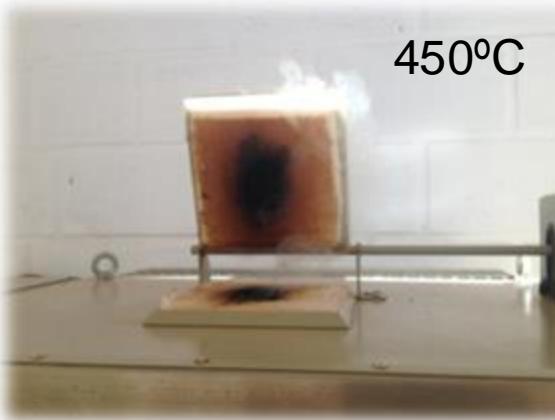


Radionuclídeos

Espécies
estáveis

Medidas Relacionadas às Cadeias Alimentares

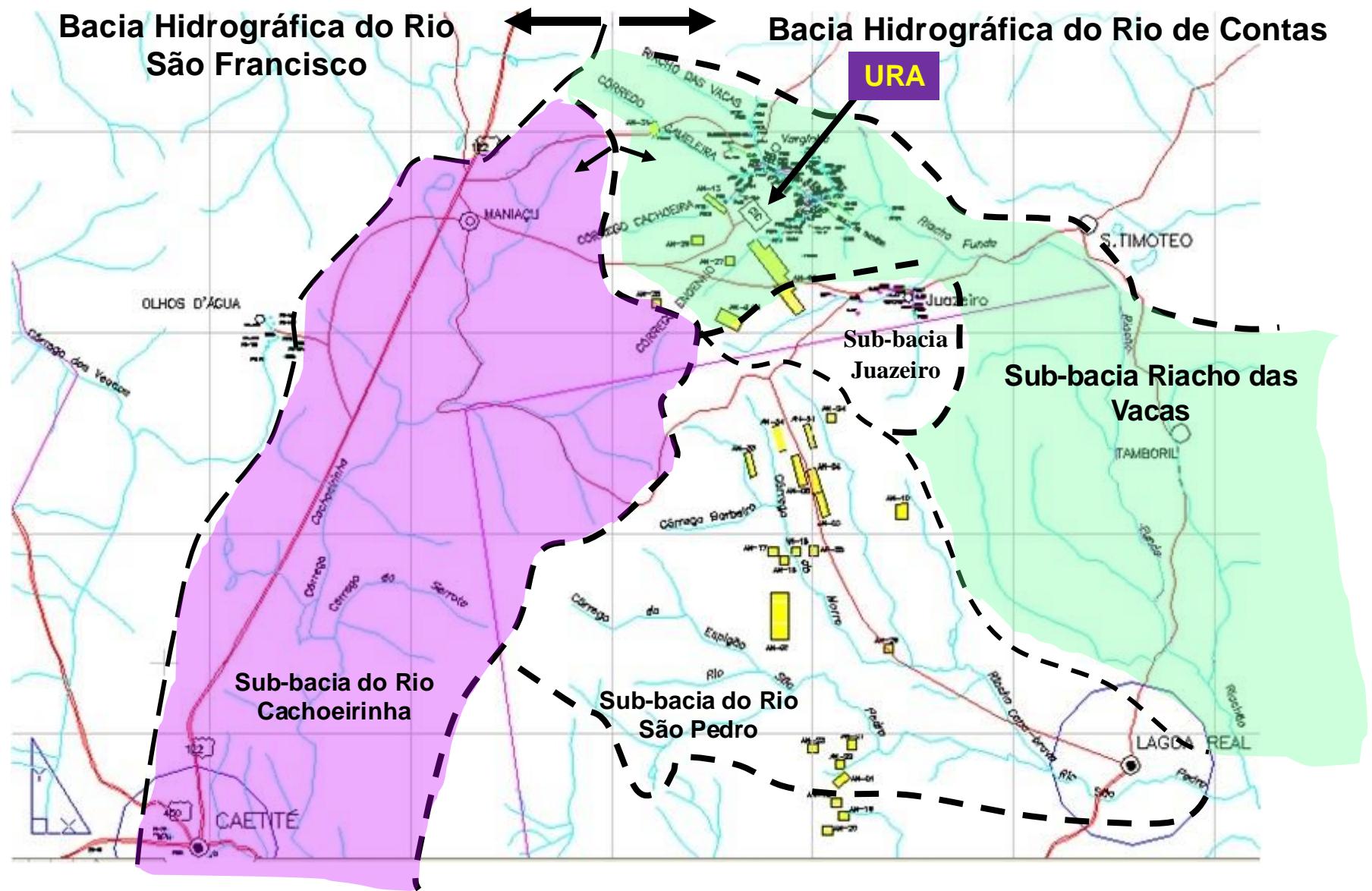
- Produtos Agropecuários
- Solo associado

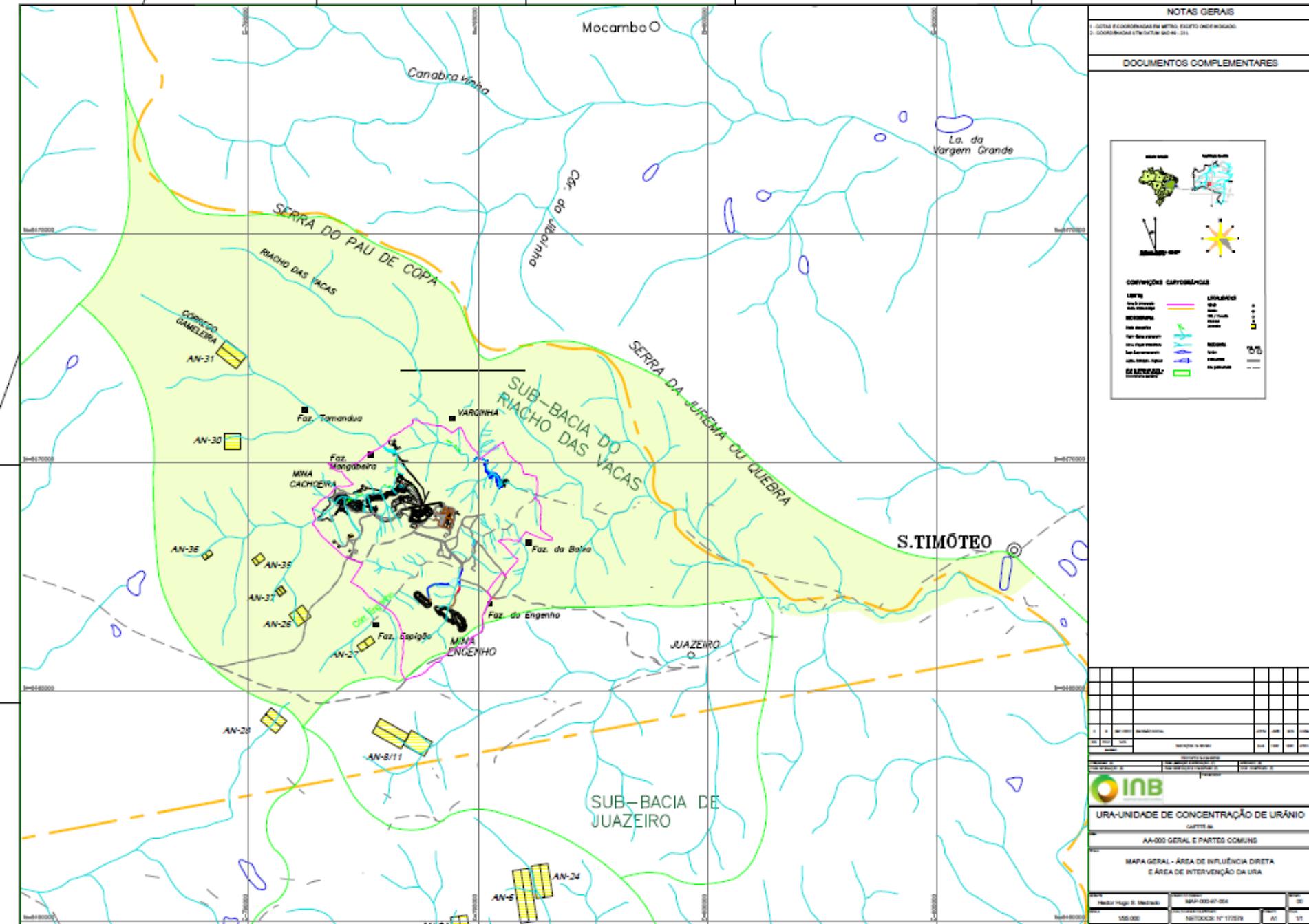


Digestão
ácida

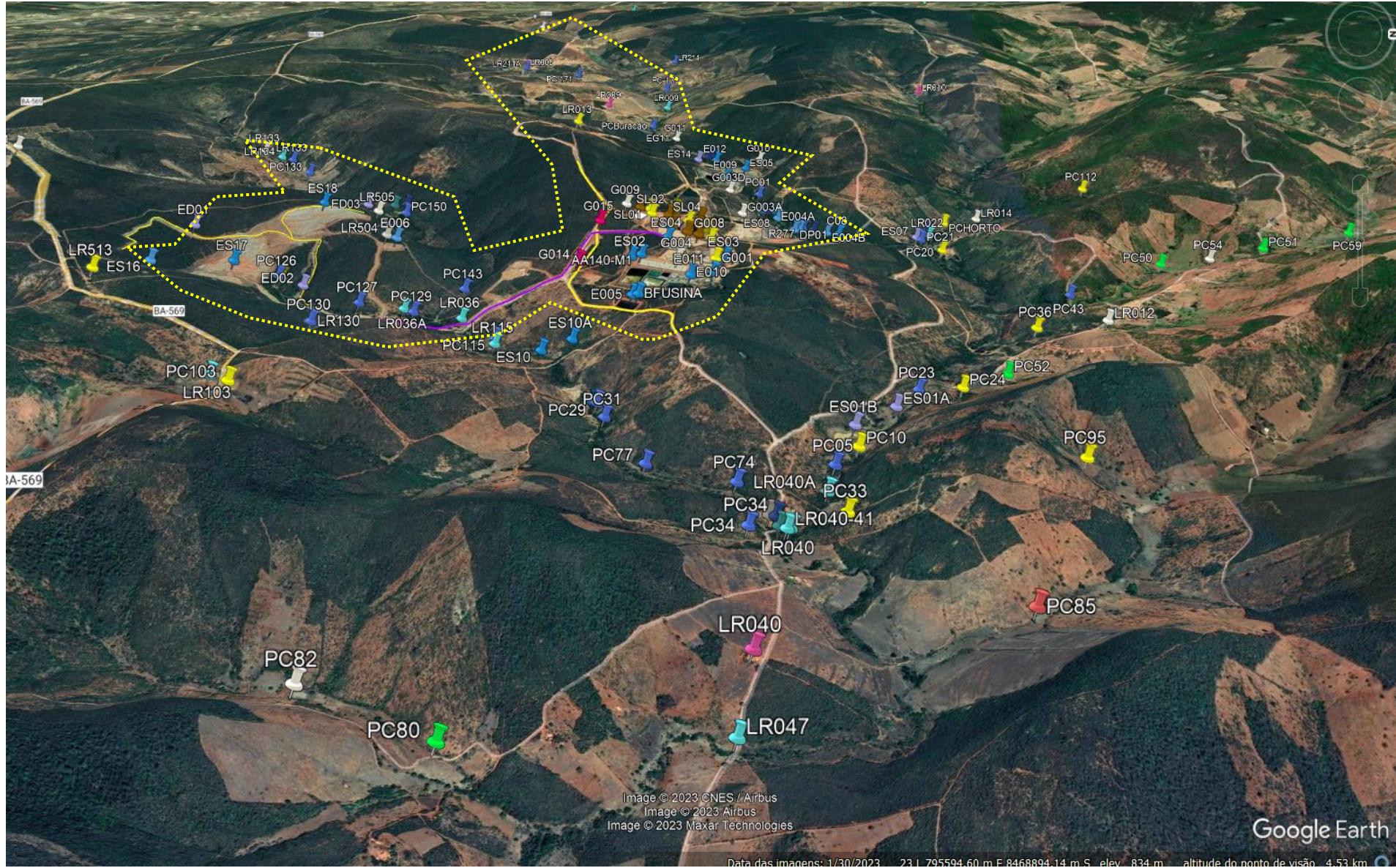


Radionuclídeos



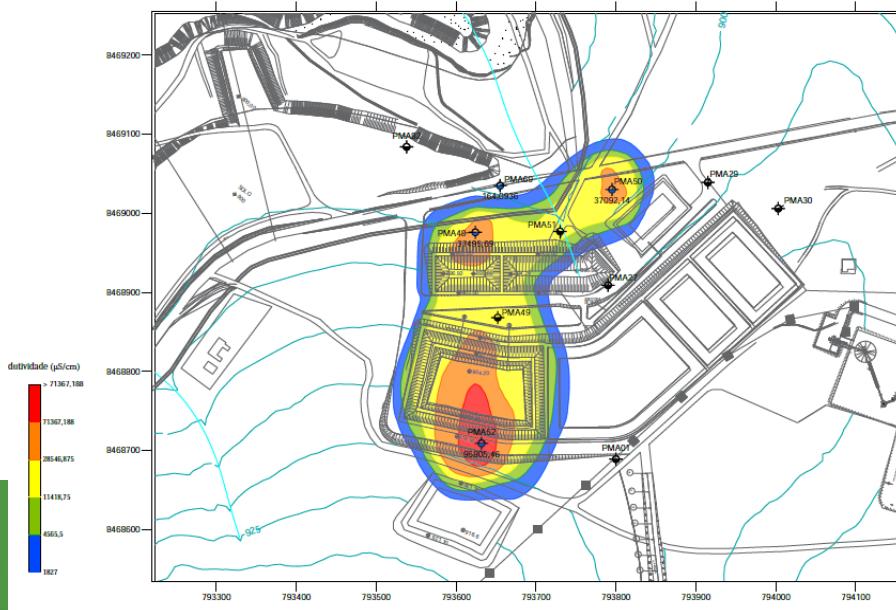
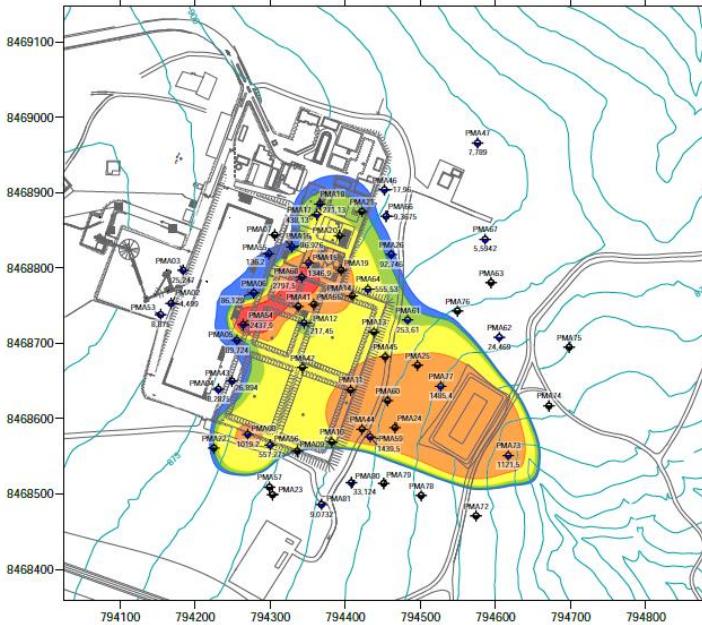






350 Pontos de Monitoração

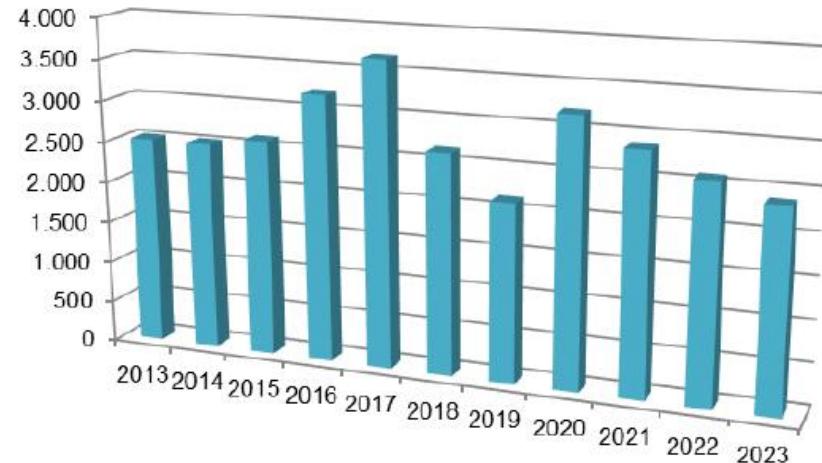
Avaliando os dados...



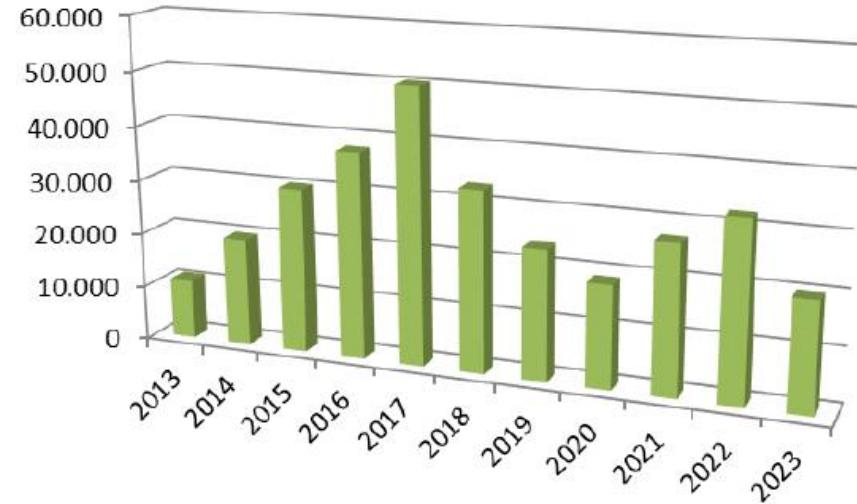
Proteção Radiológica Ambiental

Variáveis Analíticas

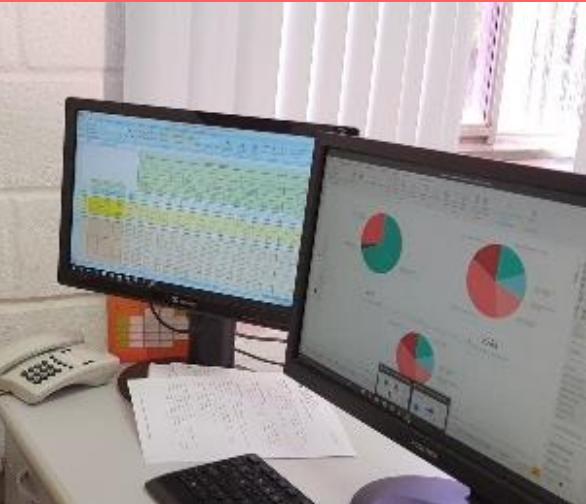
Monitorações ambientais



Análises laboratoriais



Avaliando os dados...



 INB	RELATÓRIO PROGRAMA DE MONITORAÇÃO AMBIENTAL OPERACIONAL E DE EFLuentes E REJEITOS DA MINA CACHOEIRA E PRÉ-OPERACIONAL DA MINA DO ENGENHO 2021	RT-URA-25-22
DRM	Rev.: 00 Data: 30/08/2022 Página: 1/169	



Comunidades

rodrigogois@inb.gov.br

www.inb.gov.br

