



# Radão Desafios para a Engenharia

**Margarida Malta e Heloísa Fonseca**

Divisão de planeamento e Proteção Ambiental  
Departamento de Emergências e Proteção Radiológica

[margarida.malta@apambiente.pt](mailto:margarida.malta@apambiente.pt)  
[heloisafonseca@apambiente.pt](mailto:heloisafonseca@apambiente.pt)



**REPÚBLICA  
PORTUGUESA**

AMBIENTE E  
AÇÃO CLIMÁTICA

# ÍNDICE DA APRESENTAÇÃO

1. O radão
2. Quantidades e Unidades do sistema internacional
3. Enquadramento legislativo
4. Plano Nacional para o Radão
5. Remediação e Prevenção ao Radão
6. Os Desafios da Engenharia



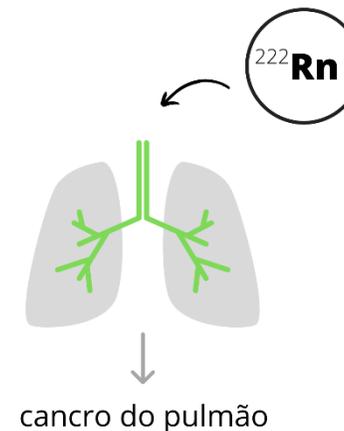
# RADÃO



# Radão

O radão é um gás radioativo de origem natural, incolor e inodoro, estando classificado como um agente carcinogénico do Grupo 1

*IARC\*, 1988*



## Riscos da exposição

A exposição prolongada ao radão no interior de edifícios é a **segunda causa** de **cancro do pulmão**, depois do tabaco, e a **primeira causa** em **não-fumadores**.

**Risco de cancro do pulmão aumenta com a exposição**



Por cada **100 Bq/m<sup>3</sup>** de aumento na concentração de radão medida no interior de edifícios, o risco de **cancro do pulmão aumenta 16%**.

**3 a 14%** dos **cancros do pulmão** a nível mundial são resultantes da **exposição ao radão**.

*\* International Agency for Research on Cancer*

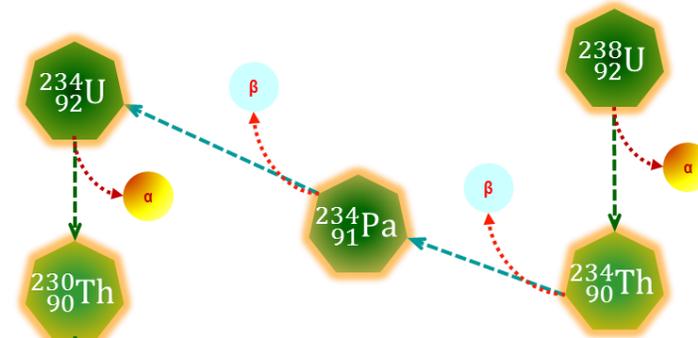


# Decaimento radioativo

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS  
2013 - ANO INTERNACIONAL / 150 ANOS

CIÊNCIA VIVA

Sólidos



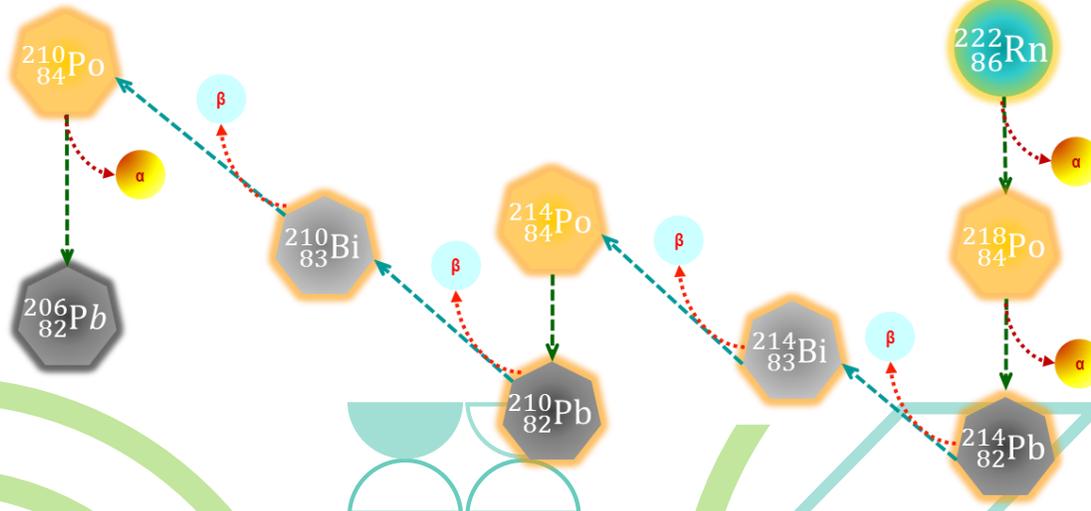
## Tempo de semi-vida

U-238 - 4 500 000 000 anos

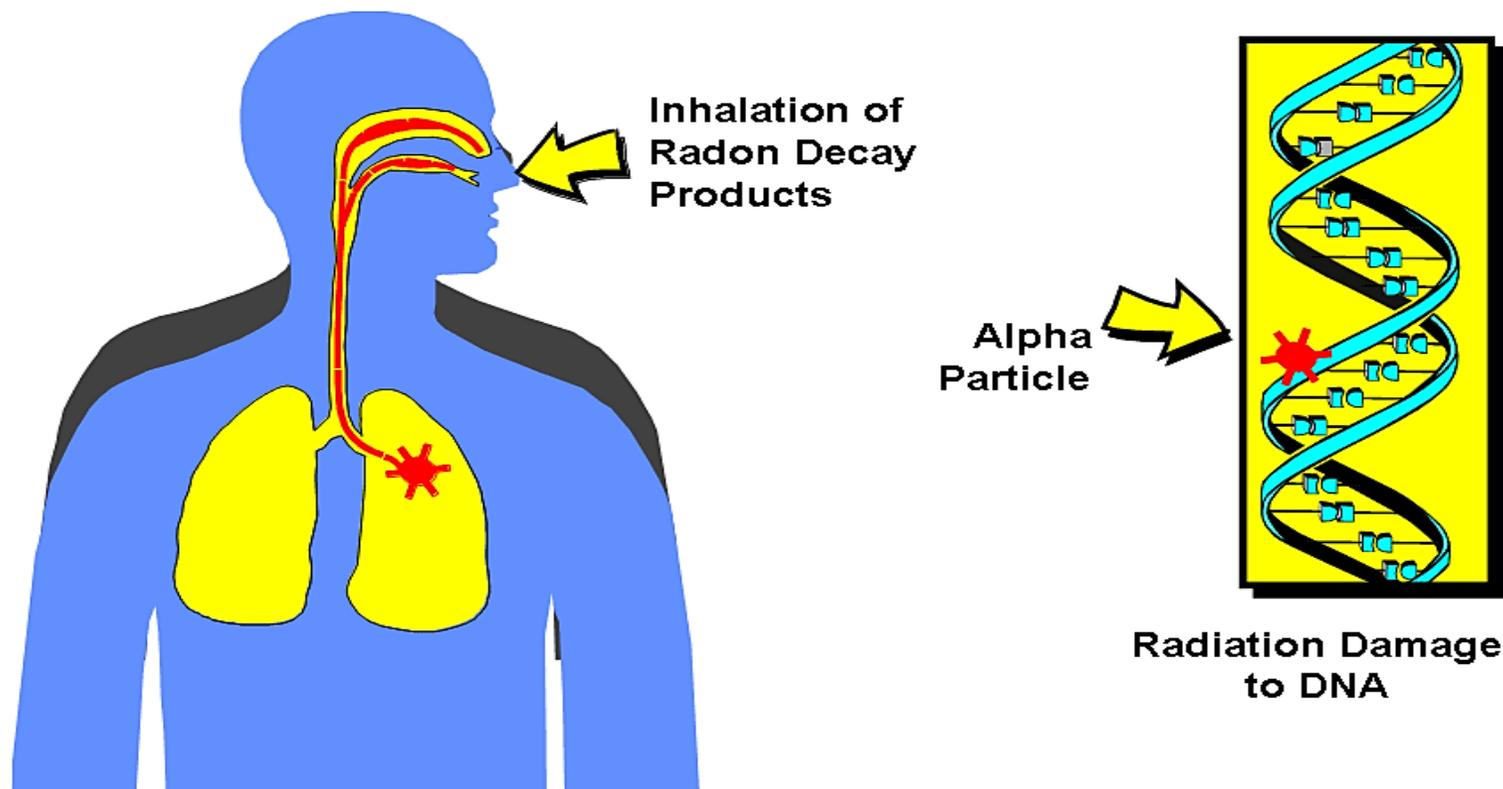
Ra-226 - 1600 anos

Rn-222 - 3,8 dias

Gás



# Efeitos da exposição ao radão



Quando o radão é inalado, as partículas alfa resultantes do decaimento radioativo podem interagir com os tecidos do pulmão provocando **lesões no DNA das células**.

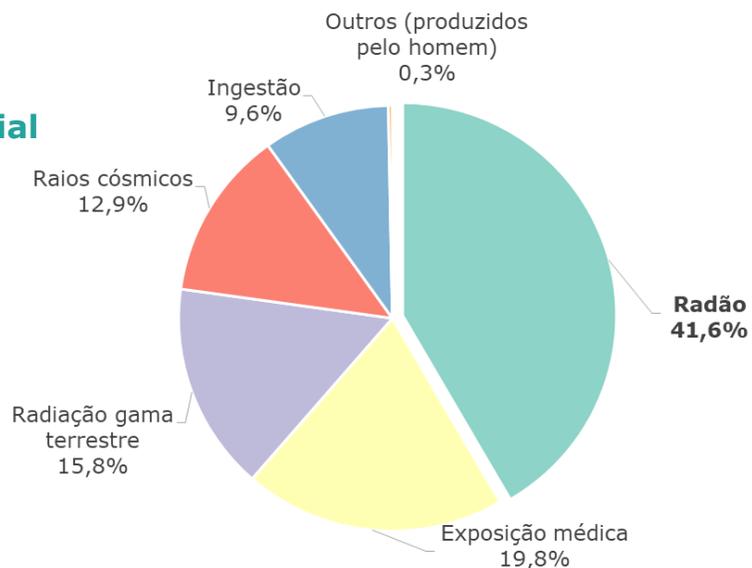
# Exposição ao radão

**Maior fonte de exposição** à radiação ionizante contribuindo com **mais de 40%** para a dose efetiva, na população mundial

**Exposições mais elevadas ocorrem em países com um clima temperado e onde existe a necessidade de aquecimento durante o inverno**

O radão presente nos edifícios provém essencialmente do urânio contido nas rochas e solos e que penetra nos edifícios

## Percentagem da dose anual média recebida pela população mundial



Adaptado de *UNSCEAR, 2008*

## Como entra o radão nos edifícios?



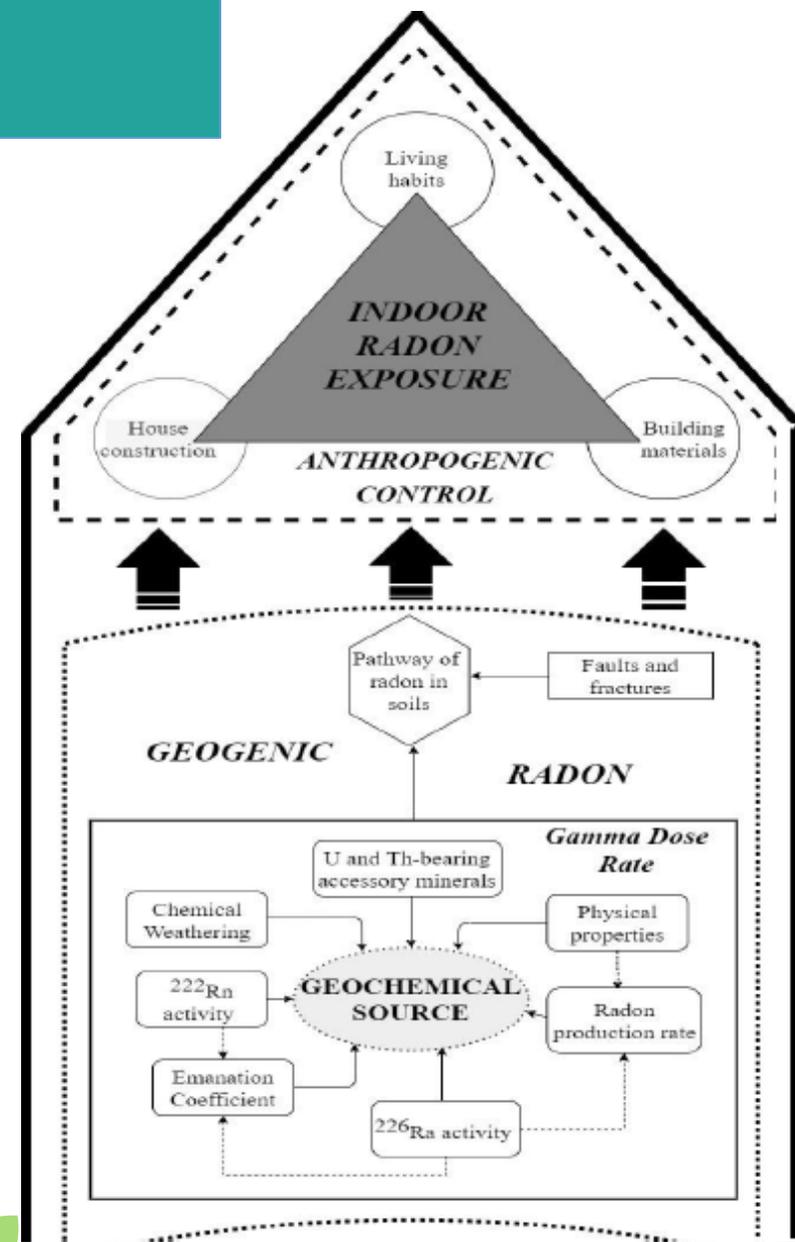
# Fatores que influenciam a concentração de radão no interior de edifícios

## Radão geogénico

- atividade de rádio-226 e radão-222 no solo
- Concentração de urânio no solo
- Permeabilidade do solo

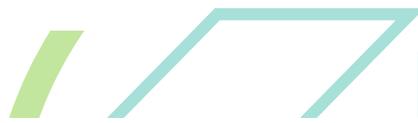
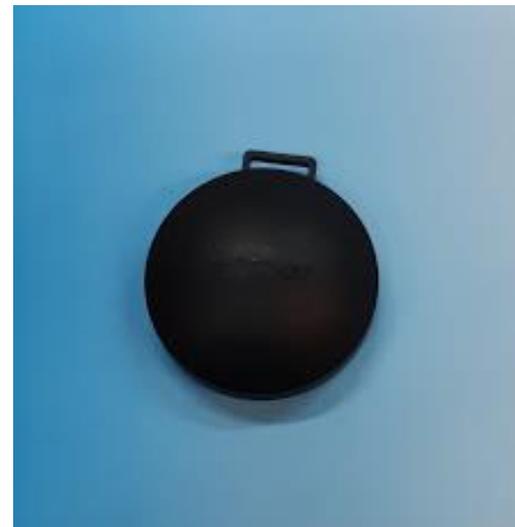
## Radão no interior de edifícios

- Hábitos de vida
- Construção do edifício
- Condições meteorológicas
- Materiais de construção e radão na água

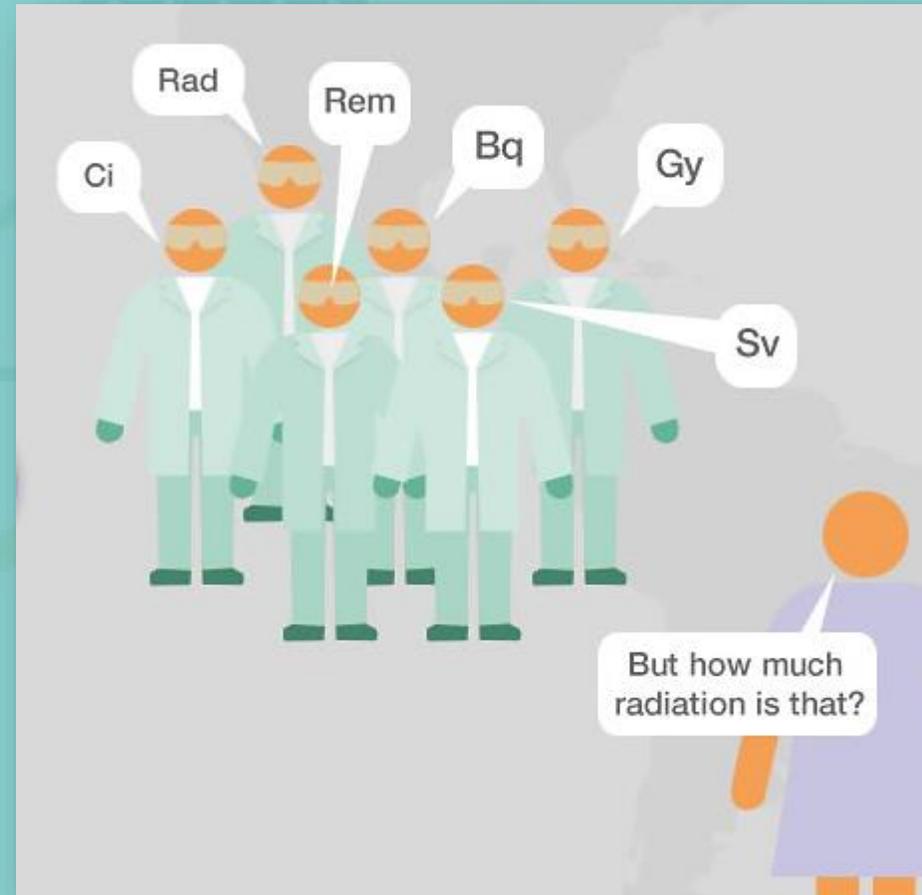


# O Radão - Detetores

- Detetores Passivos
- Detetores Ativos



# Quantidades e Unidades do sistema internacional

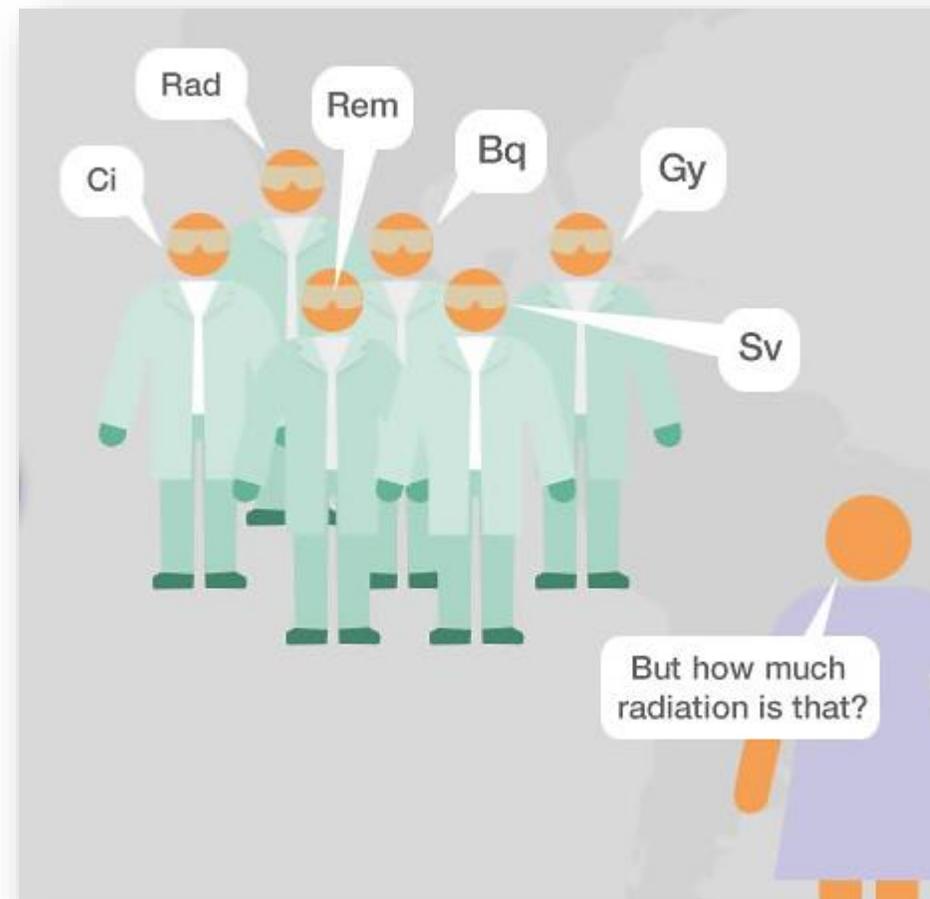


## Atividade (A)

**Definição:** Número de desintegrações ou transformações nucleares ocorridas no material radioativo por unidade de tempo.

**Unidade:** Becquerel (desintegrações por segundo,  $s^{-1}$ )

**Símbolo:** Bq



# Dose Efetiva (E)

**Quantidade:** Dose Efetiva (E)

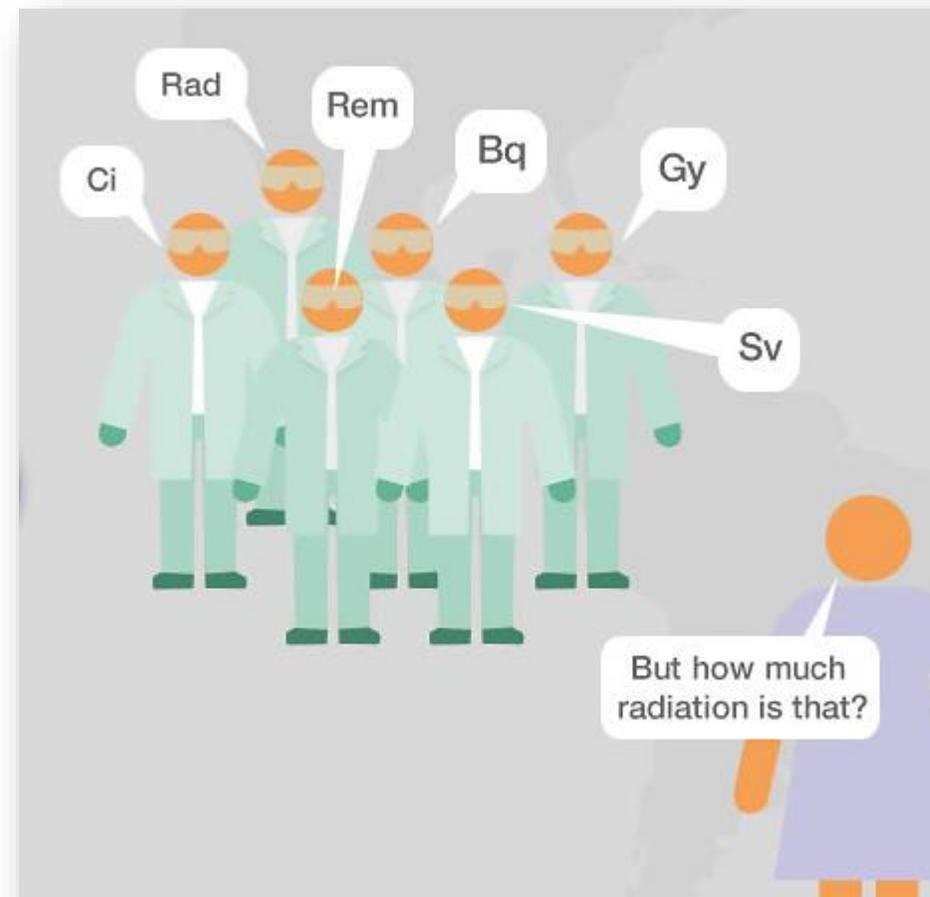
Toma em consideração a **radiossensibilidade** dos diferentes tecidos ou órgãos e a ponderação dos **diferentes tipos de radiação**

**Unidade:** Sievert

**Símbolo:** (Sv)

**Exemplo:**

Cálculo da dose efetiva (mSv/ano) recebida pelos trabalhadores devido à exposição ao radão



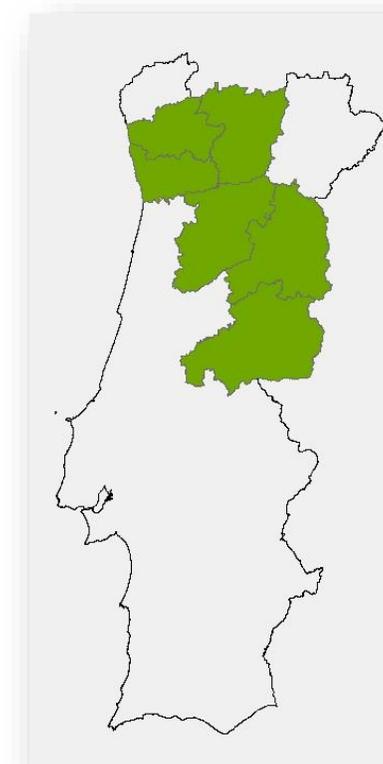
$$\text{Dose efetiva} = \text{Coeficiente de dose} (mSv / Bq h m^{-3}) \times \text{Concentração de radão} (Bq m^{-3}) \times \text{horas de trabalho anuais} (h)$$

# Enquadramento legislativo

**Desde 2006 que o radão está contemplado na legislação nacional**

## Âmbito: desempenho energético dos edifícios

- O Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (RSECE, definido no **Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de abril**)
  - Limiar de proteção para o radão 400 Bq/m<sup>3</sup>
  - Pesquisa obrigatória apenas em edifícios construídos em zonas graníticas, nomeadamente nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco
- **Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro**, mantém-se o disposto no anterior diploma para o radão para edifícios de comércio e serviços



# Enquadramento legislativo

## Novo enquadramento legal para o radão: Decreto-Lei n.º 108/2018 de 3 de dezembro

**Âmbito: proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes**

### **Nível de referência (NR):**

- de **300 Bq/m<sup>3</sup>** para habitações e outros edifícios com altos fatores de ocupação por membros do público e para locais de trabalho (artigo 145.º)

### **Entidades empregadoras:**

- Garantir que a concentração de atividade de radão no local de trabalho seja tão baixa quanto razoavelmente possível abaixo do NR (artigo 146.º)
- O PNR identifica os locais onde as entidades empregadoras realizam medições de radão com uma periodicidade não superior a 12 meses (artigo 147.º)

### **Elaboração de um Plano Nacional para o radão**



# Metodologia para a gestão do risco de exposição ao radão no local de trabalho



**Avaliar** - determinar a necessidade e frequência da monitorização;

**Medir** - determinar os locais a monitorizar e o número de detetores que são necessários;

**Agir** - interpretação dos resultados da medição e ações a serem implementadas se necessário;

**Rever** - definir estratégias de revisão e manutenção das medidas implementadas com base nos resultados da fase anterior.



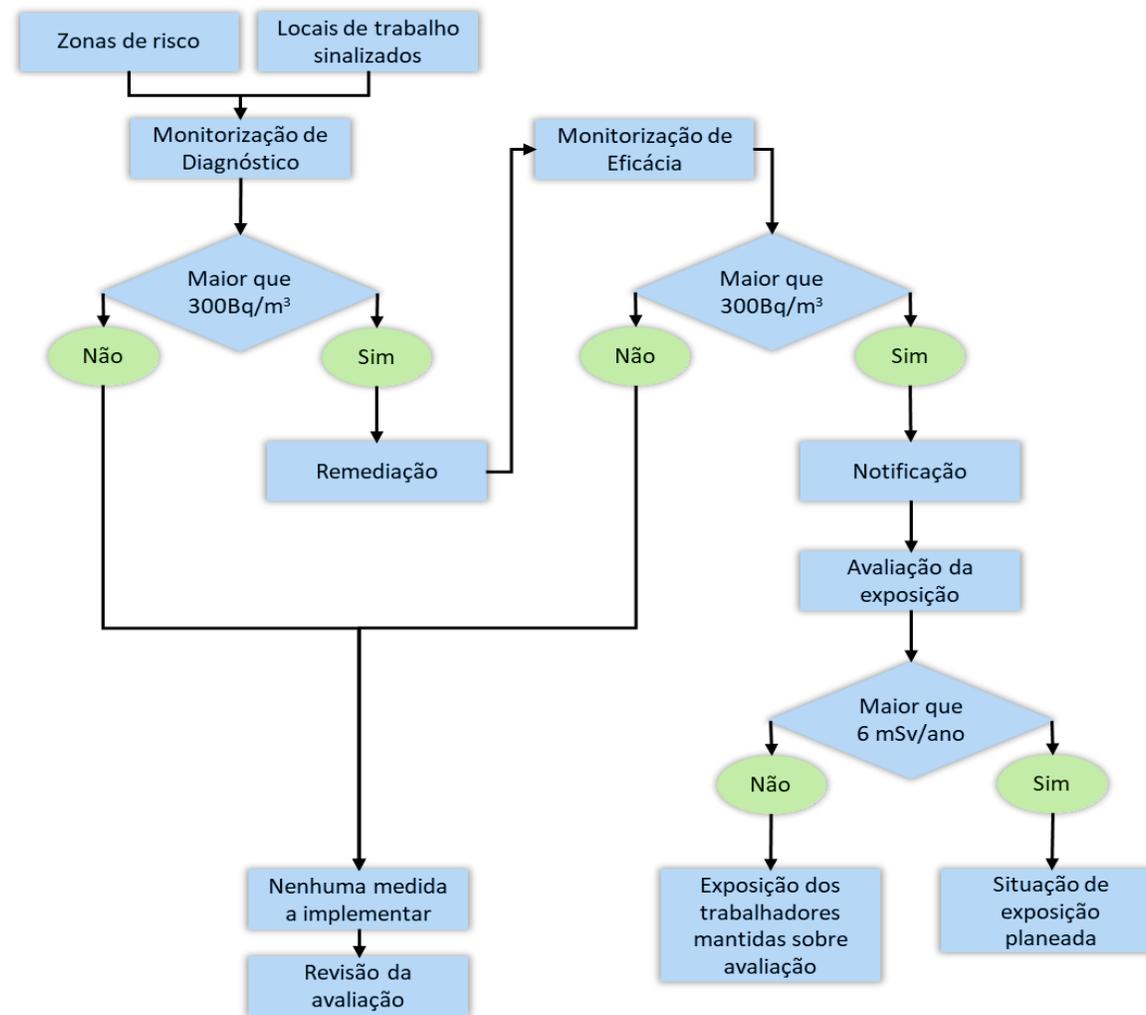
# Obrigatoriedade de monitorização

**Decreto Lei nº 108/2018**

Artigo 146.º **Obrigações das entidades empregadoras**

Artigo 147.º **Monitorização do radão nos locais de trabalho**

Artigo 148.º **Proteção dos locais de trabalho**

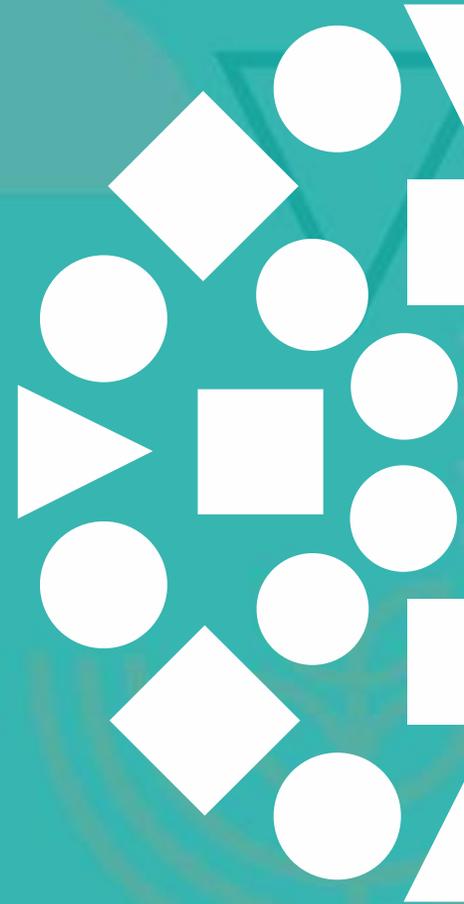


# Plano Nacional para o Radão

O **Plano Nacional para o Radão (PNR)** irá constituir-se como um instrumento de planeamento macro da política de proteção efetiva à exposição de trabalhadores e da população ao radão no interior dos edifícios, estabelecendo as orientações estratégicas, de âmbito nacional, no sentido da concretização dos princípios enunciados na legislação comunitária e nacional, na ótica da proteção radiológica.



# Remediação e Prevenção ao Radão



# Remediação

## Remediação – Edifícios existentes

- Habitação
- Locais de trabalho
- Edifícios de uso público
- Mistos



## Fatores influenciadores dos níveis de radão:

- Elementos em contacto com o terreno
- Tipo de pavimentos, paredes e tetos
- Taxa de ventilação e de ocupação
- Tipo de comunicações entre espaços

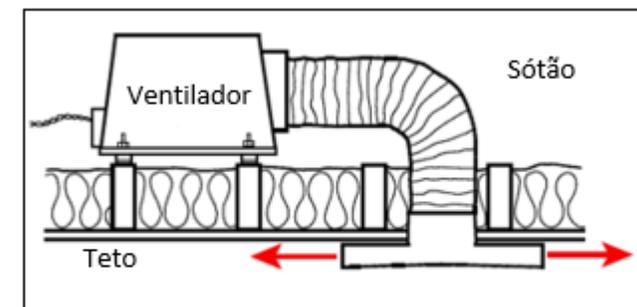
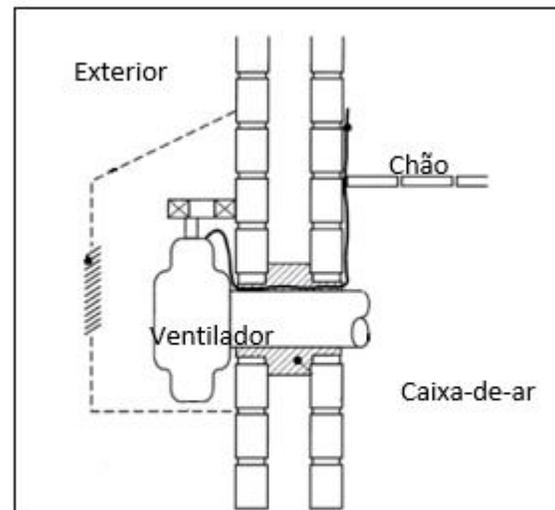
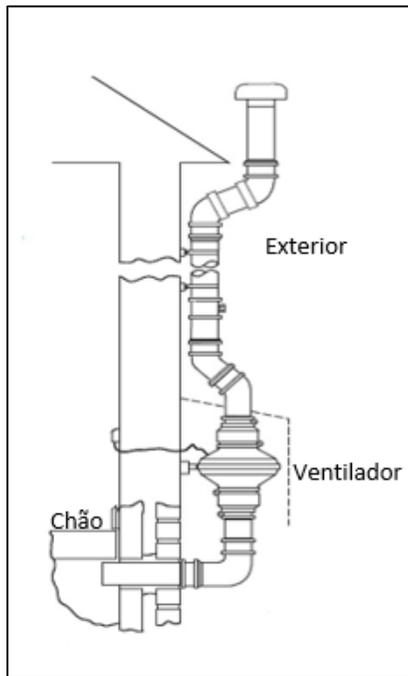
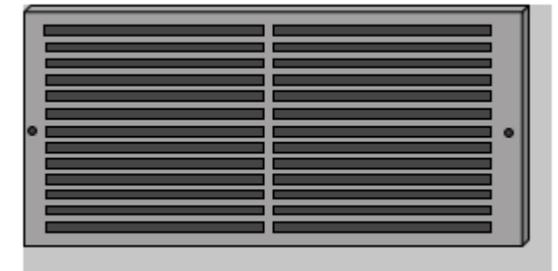
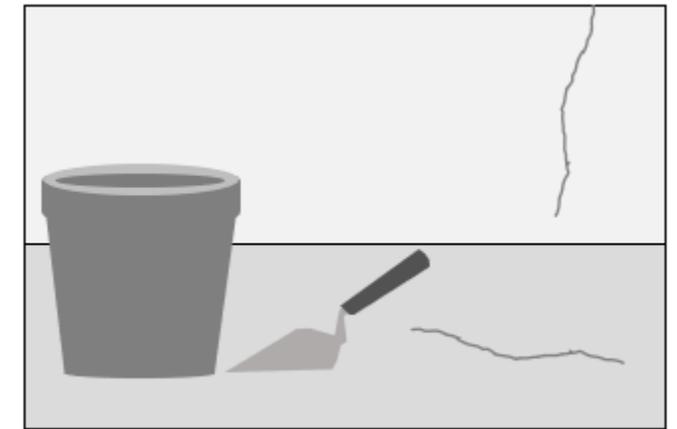


Fonte: GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES, LNEC 2020



# Remediação

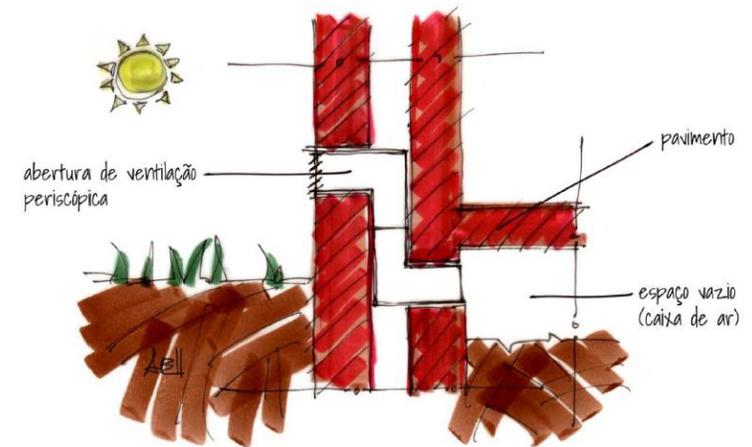
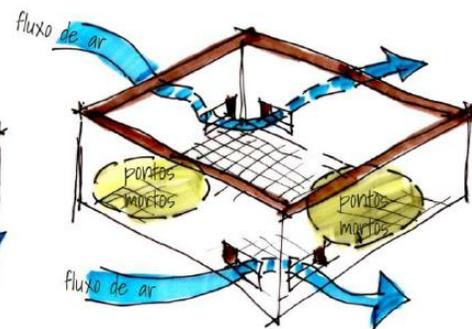
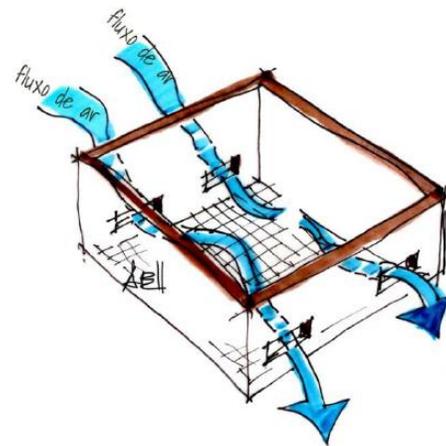
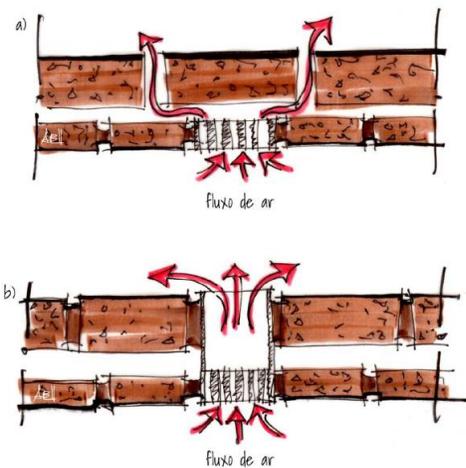
- Métodos passivos – Ventilação natural
- Métodos ativos – Ventilação mecânica



# Remediação

## Ventilação natural por baixo do pavimento térreo

- Caixa de ar
- Aumento da área das aberturas de ventilação (maiores aberturas, em maior número, aberturas adicionais)
- $< 500 \text{ Bq/m}^3$



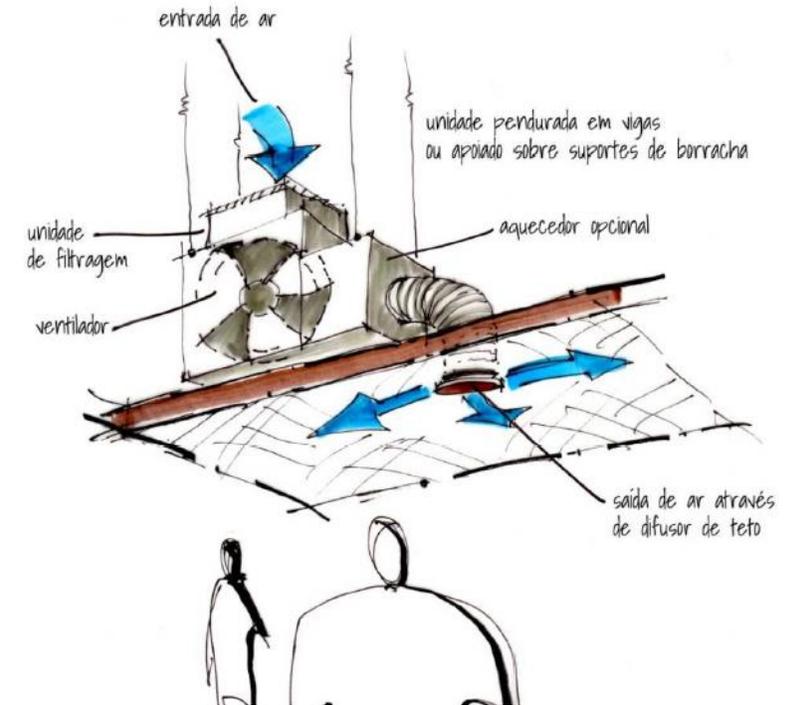
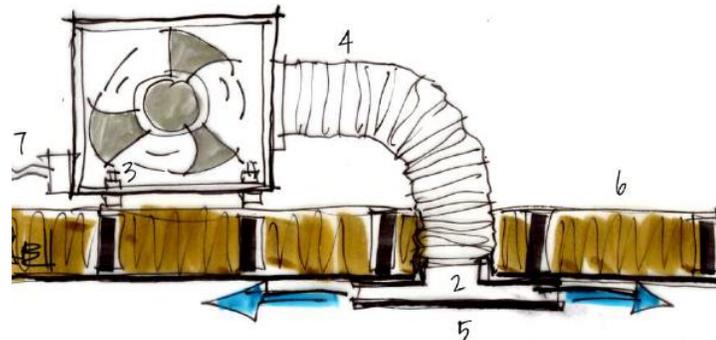
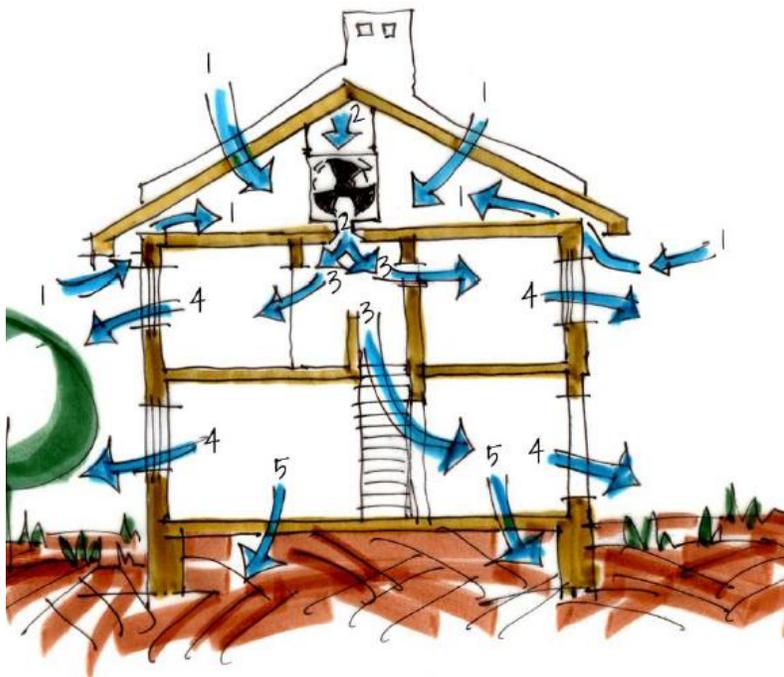
Fonte: GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES, LNEC 2020



# Remediação

## Pressurização positiva no interior do edifício

- Insuflação ar novo filtrado para o interior de um edifício
- $<750 \text{ Bq/m}^3$

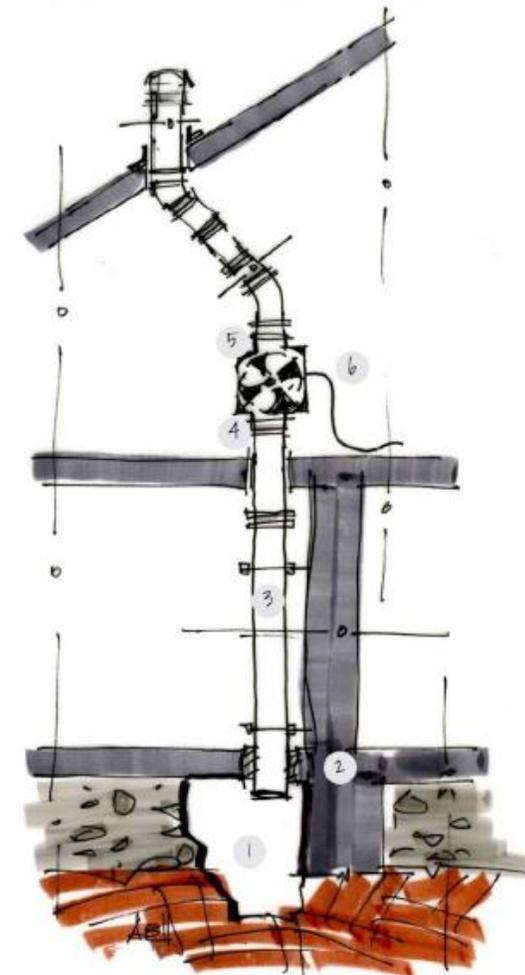
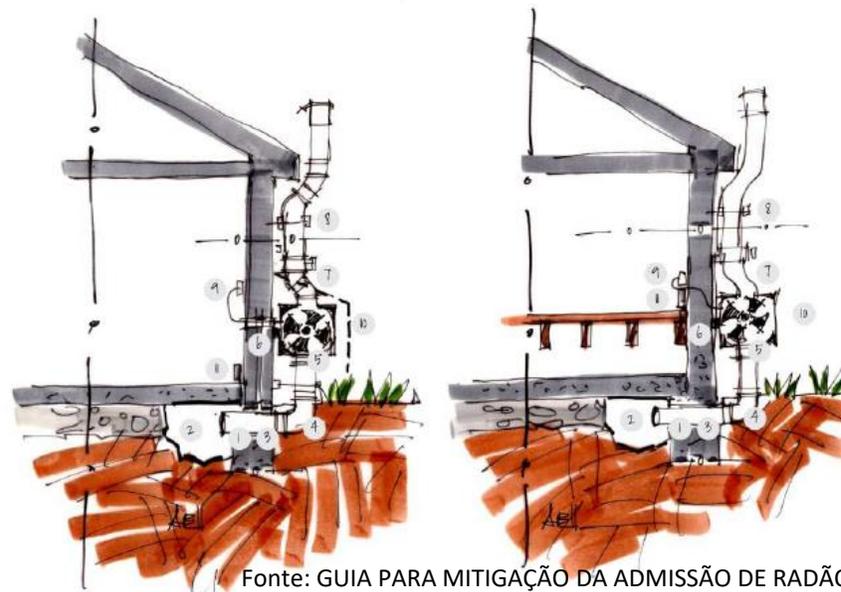
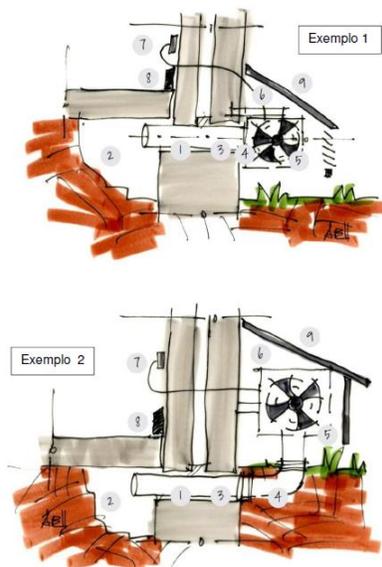


Fonte: GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES, LNEC 2020

# Remediação

## Despressurização do terreno sob o pavimento térreo

- Pavimentos térreos de betão
- Câmara de captação realizada no terreno
- Câmaras prefabricadas ou executadas no local



Fonte: GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES, LNEC 2020

## Membranas ou filmes contra o radão sobre pavimentos e em paredes

- Impermeabilização de coberturas em terraço, de paredes enterradas e de pavimentos térreos
- Pavimentos sobrelevados com caixa de ar subjacente
- Pavimentos térreos
- Resistência à difusão do gás radão



# Prevenção

## Prevenção – Edifícios novos

- Habitação
- Locais de trabalho
- Edifícios de uso público
- Mistos



# Prevenção

## Metodologia de prevenção:

- Estudo prévio
- Projeto e execução
- Precauções adicionais



Fonte: GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES, LNEC 2020



# Prevenção

## Medidas de prevenção

- Vedação com aplicação de membranas prefabricadas
- Despressurização do terreno
- Ventilação natural
- Ventilação mecânica



Fonte: Guidance on protective measures for new buildings, BRE 2015



## Características das membranas

- Coeficiente de difusão ao radão ( $\text{m}^2/\text{s}$ )   $< 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$
- Transmitância ao radão ( $\text{m}/\text{s}$ )   $< 10^{-9} \text{ m}/\text{s}$
- Resistência ao radão ( $\text{s}/\text{m}$ )   $> 10^7 \text{ s}/\text{m}$



Fonte: Visqueen Radon Membrane

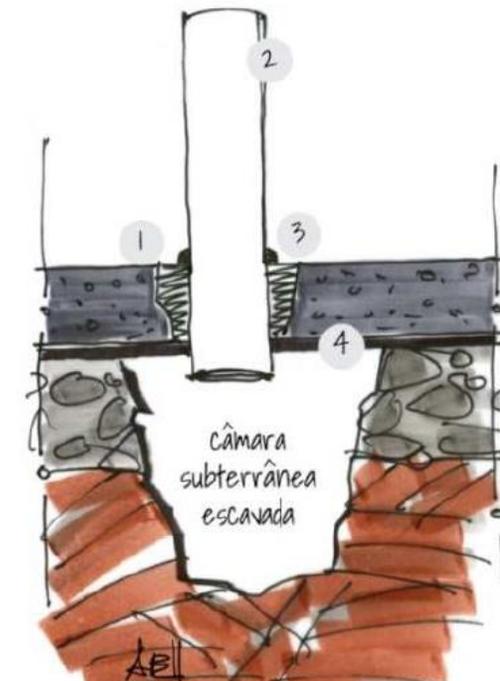
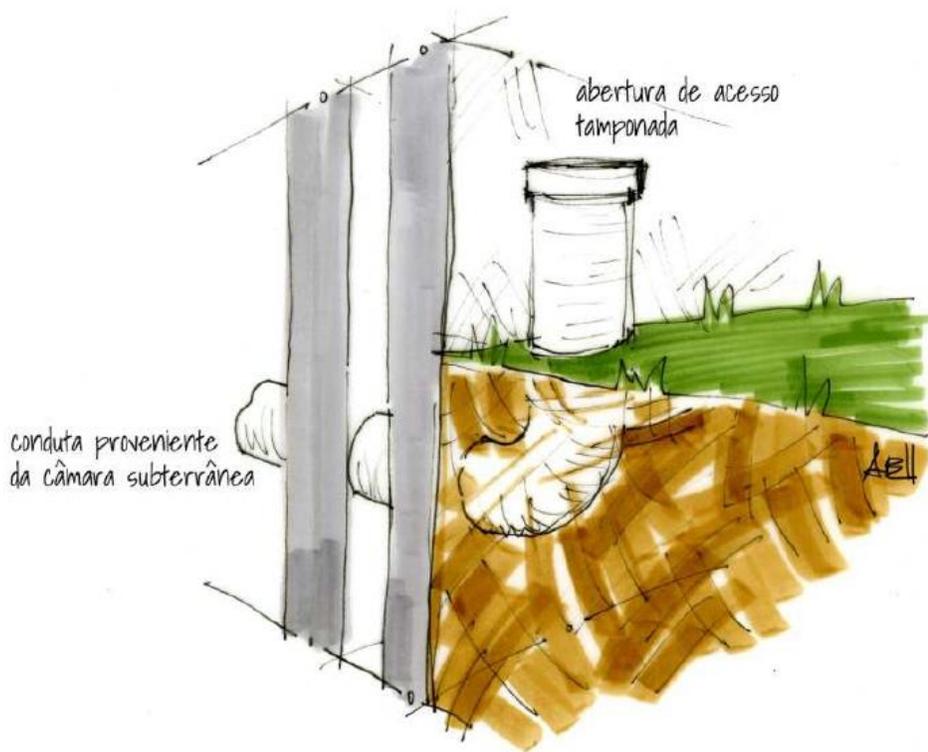
## Tipos de membranas:

- Membranas de PVC (ex: resina de poli(cloreto) de vinilo)
- Membranas com base em borracha (ex: monómeros de etileno-propileno-dieno)
- Membranas betuminosas (ex: betume oxidado)
- **Filmes de plástico** (ex: polietileno, polipropileno)



Fonte: Visqueen Radon Membrane

## Despressurização do solo + membrana

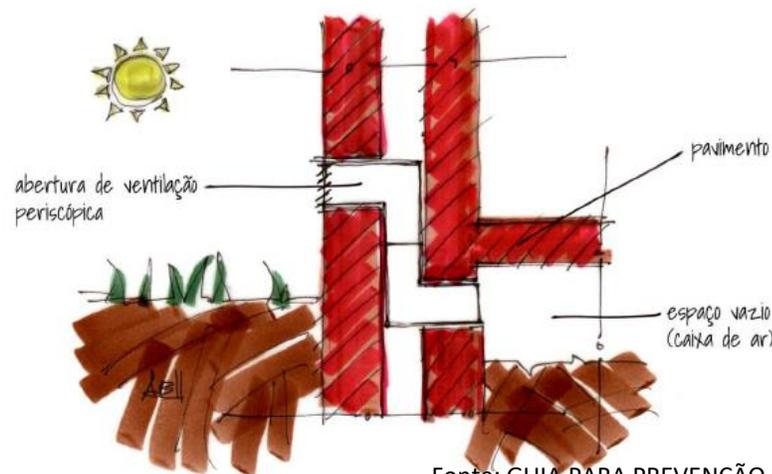


Fonte: GUIA PARA PREVENÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO EM EDIFÍCIOS NOVOS, LNEC 2020



## Ventilação natural

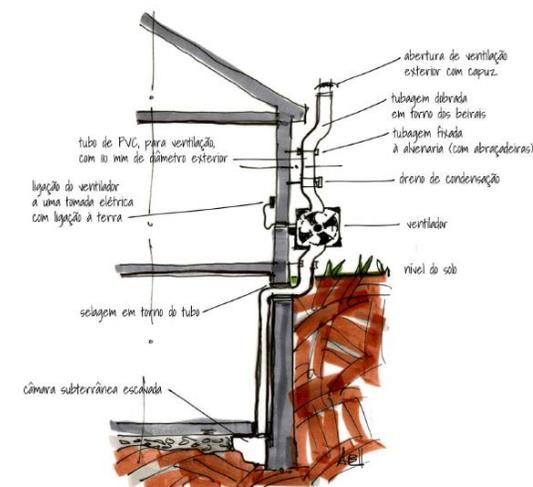
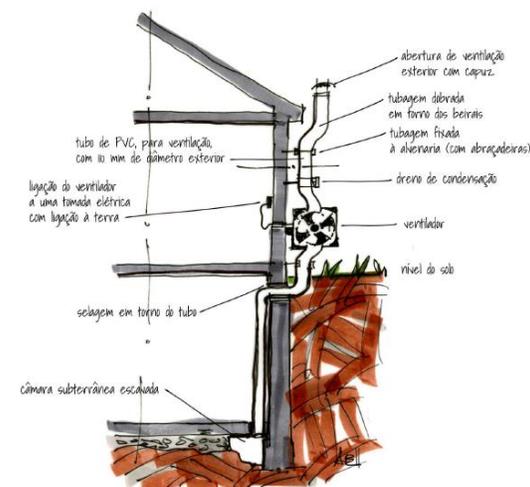
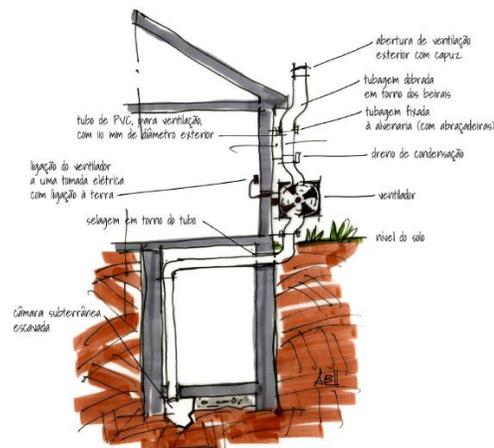
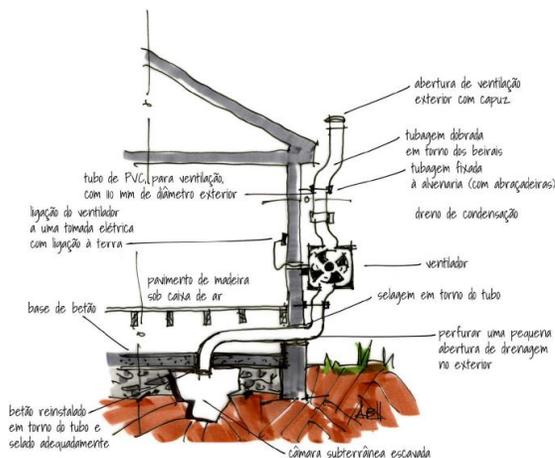
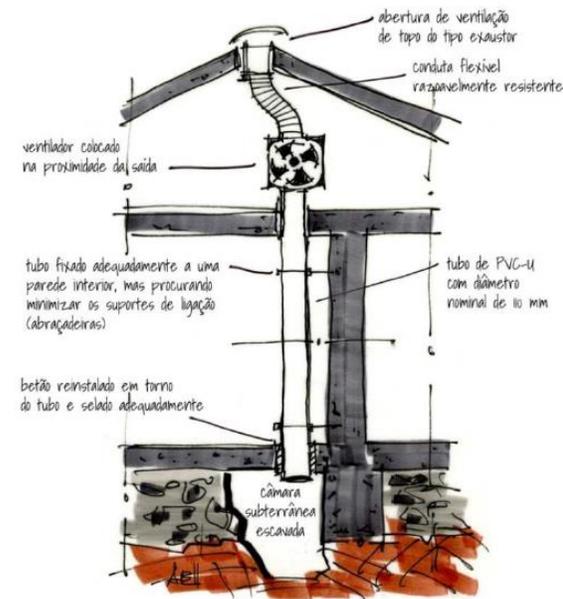
- Despressurização passiva do terreno
- Ventilação periscópica da caixa de ar
- Blocos perfurados, janelas ou grelhas de ventilação



Fonte: GUIA PARA PREVENÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO EM EDIFÍCIOS NOVOS, LNEC 2020

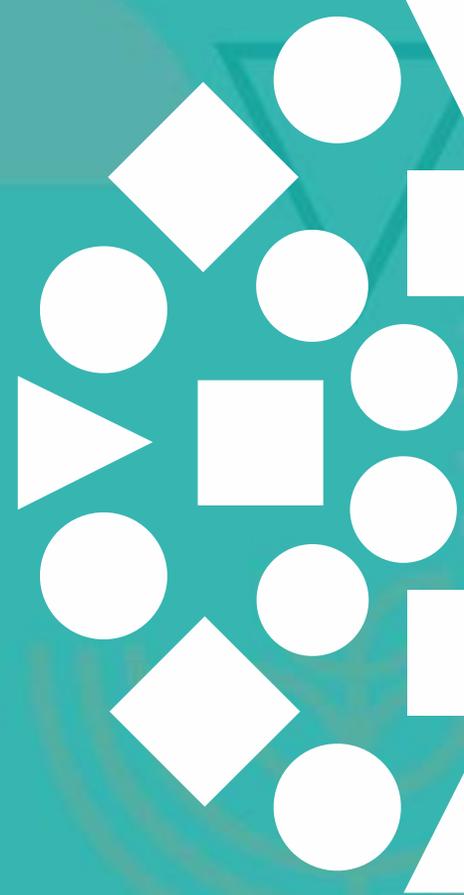
## Ventilação mecânica

- Despressurização passiva do terreno
- Ventilador com potência  $\approx 75$  W



Fonte: GUIA PARA PREVENÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO EM EDIFÍCIOS NOVOS, LNEC 2020

# Os Desafios para a Engenharia



# Os Desafios para a Engenharia

- Eficácia das soluções de remediação
- Eficácia das soluções de prevenção
- Impacto dos métodos na eficiência energética dos edifícios
- Desenvolvimento de soluções com elevada eficiência energética
- Soluções inteligentes - Sistemas dinâmicos de monitorização contínua e mitigação.



# Os Desafios para a Engenharia

- Desenvolvimento de soluções de baixo-custo / utilização de energias renováveis
- Adaptação de soluções a edifícios históricos
- Certificação de membranas
- Desenvolvimento de novos materiais preventivos



# Os Desafios para a Engenharia

- Desenvolvimento de técnicas de inspeção in-situ da estanquidade das membranas – verificação e validação
- Desenvolvimento de metodologia para o estudo prévio no âmbito da prevenção
- Soluções arquitetónicas – traçado do edifício





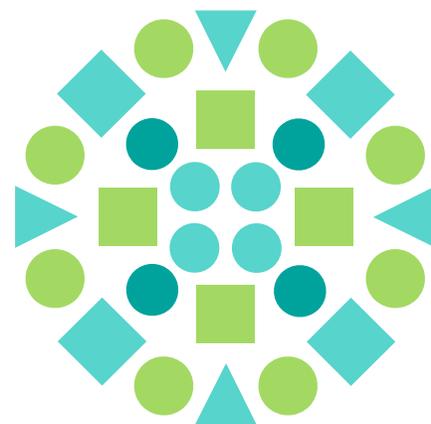
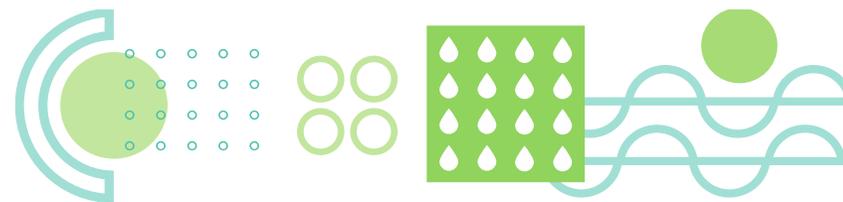
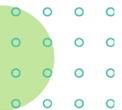
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

**GUIA PARA PREVENÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO  
EM EDIFÍCIOS NOVOS**

**GUIA PARA MITIGAÇÃO DA ADMISSÃO DE RADÃO  
PARA O INTERIOR DE EDIFÍCIOS EXISTENTES**

*\*Disponíveis brevemente para livre consulta no website da APA.*





**OBRIGADO**

[apambiente.pt](http://apambiente.pt)

**apa**

agência portuguesa  
do **ambiente**

