

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUALIDADE DO AR *INDOOR*:  
AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO, METAIS E  
BIOAEROSSÓIS NO AR EM MUSEUS E GALERIAS.

Luana Gomes Carneiro

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Nuclear.

Orientadores: Delson Braz

Edgar Francisco Oliveira de  
Jesus

Kenya Moore de Almeida Dias  
da Cunha

Rio de Janeiro

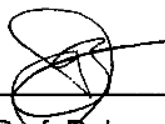
Agosto de 2012

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUALIDADE DO AR *INDOOR*:  
AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO, METAIS E  
BIOAEROSSÓIS NO AR EM MUSEUS E GALERIAS

Luana Gomes Carneiro

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

Examinada por:



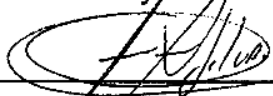
Prof. Delson Braz, D.Sc.



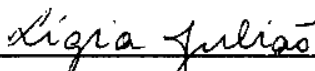
Prof. Edgar Francisco Oliveira de Jesus, D.Sc.




Profª Kenya Dias da Cunha, D.Sc.



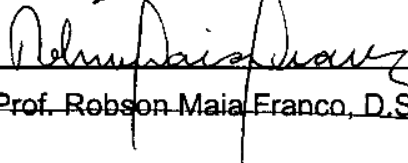
Prof. Ademir Xavier da Silva, D.Sc.



Profª Ligia Mendes Quintães de Castro Julião, D.Sc.



Prof. Jean Remy Davée Guimarães, D.Sc.



Prof. Robson Maia Franco, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
AGOSTO DE 2012

Carneiro, Luana Gomes

Contribuição ao estudo da qualidade do ar *indoor* -  
Avaliação da concentração de radônio, metais e  
bioaerossóis no ar em museus e galerias/ Luana Gomes  
Carneiro. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XVI, 156 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Delson Braz

Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Kenya Moore Dias da Cunha

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de  
Engenharia Nuclear, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 81-101.

1. Qualidade do ar *indoor*. 2. Radônio. 3. Aerossóis.  
I. Braz, Delson *et al.* II. Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III.  
Título.

Dedico este trabalho, de tantos encantos e desencantos aos meus pais que tanto se dedicaram para que eu chegasse até aqui e aos meus afilhados Franchini, Marcelinho, Ruan e Yasmin e ao anjinho Miguel príncipe da titia que ainda está a caminho, porque foi esse amor todo que me ajudou a chegar ao fim da jornada.

## AGRADECIMENTOS

Eis a parte mais doce deste trabalho, agradecer, é com muito prazer que escrevo estas linhas.

Como não poderia deixar de ser meu primeiro agradecimento é a Deus que me proporcionou todos os desafios e toda a força para encará-los, que me deu saúde para suportar, lágrimas para não explodir diante dos problemas e alegria para sorrir mesmo diante do pior momento.

Agradeço aos meus irmãos de luz que estiveram comigo todo este tempo me cercando de bons fluidos e não me deixando perder a força e a fé.

Aos Prof<sup>os</sup> Kenya Moore de Almeida Dias da Cunha, Edgar F. O. de Jesus e Delson Braz pela orientação desta tese, pela dedicação e confiança dedicada a mim durante a realização deste trabalho.

À Maristela Souza Santos, que mais que amiga, foi companheira, mãe e parceira deste trabalho, obrigada por tudo.

Ao querido amigo José Eduardo C. Nascimento por toda ajuda, apoio e mão estendida.

À minha pequena grande amiga Geiza Celeste Medeiros que, além do indispensável auxílio técnico, me dedicou muita amizade, carinho e respeito.

À M.Sc. Kátia Cardozo, do IEN, pelo carinho e apoio técnico crucial para a realização deste trabalho.

Aos verdadeiros e inesquecíveis amigos do SEMIN e SEMEX do IRD, pelas horas de café e sorrisos, pela torcida, pelos conselhos, pelos ombros, pelas palavras em todos os momentos.

Ao meu querido amigo Paulo César Fernandes que hoje habita o plano espiritual pelas horas de sorriso e pela torcida de sempre.

À Bióloga Ana Beatriz Martorell pelo apoio técnico e grande amizade neste período.

À aluna Stella Sallim pelo auxílio técnico no preparo e coleta de amostras.

Aos queridos amigos da Puc-Rio, Sérgio, Edson e Nilton, tão atenciosos e gentis em todo o período em que trabalhamos juntos.

A todos os responsáveis e colaboradores dos prédios utilizados como locais de estudo pela disponibilidade, carinho e dedicação prestados a mim durante a execução deste trabalho.

Aos responsáveis pelos laboratórios onde foram executadas as partes experimentais deste trabalho pela disponibilidade e carinho.

Aos amigos de toda a vida que nunca me deixaram de lado , que acreditaram, torceram e muitas vezes lutaram junto comigo para que eu pudesse estar aqui.

Aos professores da Pós Graduação da COPPE/UFRJ pelos conhecimentos passados.

À Técnica Camilla Sampaio do IRD/ CNEN pelo auxílio técnico e apoio na conclusão deste trabalho.

Aos amigos Sueli Mesquita e Wanderson Oliveira pelo auxílio técnico, respeito e amizade.

A todos os membros da secretaria do Programa de Engenharia Nuclear da COPPE/UFRJ pelo o precioso auxílio e carinho dedicado diversas vezes.

Ao meu pai querido e companheiro que esteve comigo de mãos dadas todo o tempo e torceu todos os dias até que esse momento se realizasse.

À minha mãe, que nunca deixou que eu desistisse dos meus sonhos e que dedicou amor e carinho a minha vida toda..

Ao meu amor grande amigo e companheiro, pelo apoio técnico prestado e por todo o

amor que me dedicou, obrigada por me ajudar a seguir em frente.

A todos aqueles que de alguma forma me ajudaram a chegar até aqui, que me fizeram forte, que torceram pelo meu sucesso mesmo que eu não soubesse.

“Você não sabe, o quanto eu caminhei, pra chegar até aqui...”.

*(A Estrada – Cidade Negra)*

“Um dia me disseram que as nuvens não eram de algodão, um dia me disseram, que os ventos às vezes erram a direção... Somos quem podemos ser, sonhos que podemos ter.”

*(Somos quem podemos ser – Engenheiros do Havaí)*



Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA QUALIDADE DO AR *INDOOR*  
AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE RADÔNIO, METAIS E BIOAEROSSÓIS NO  
AR EM MUSEUS E GALERIAS

Luana Gomes carneiro

Agosto/2012

Orientadores: Delson Braz

Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Kenya Moore de Almeida Dias da Cunha

Programa: Engenharia Nuclear

Objetivou-se neste estudo medir as concentrações de radônio, partículas transportadas pelo ar contendo metais e fungos em galerias de arte e museus a fim de avaliar a exposição ocupacional e do público ao radônio, a metais e a fungos. O radônio é um gás radioativo natural presente em materiais de construção, sua concentração aumenta potencialmente em áreas fechadas com temperatura e umidade controladas, resultando em uma baixa taxa de renovação de ar, conseqüentemente os visitantes e trabalhadores podem estar expostos a partículas contendo metais, fungos e também radônio. A exposição *indoor* a radônio tem sido apontada como o segundo maior fator de risco ao câncer de pulmão após o cigarro. Medidas integradas das concentrações de radônio foram realizadas utilizando amostradores passivo de radônio utilizando o policarbonato Lexan como detector de traços nucleares. Amostras de ar foram coletadas com um amostrador portátil com ciclone e foram analisadas pela técnica de PIXE. Os fungos foram identificados através de uso de meios de cultura seletivos Agar Malte e Agar Saboraud. Os resultados demonstram que as concentrações médias do radônio nos prédios não foram constantes durante o período de amostragem. Embora os prédios antigos tenham apresentado concentrações maiores que os prédios modernos as concentrações médias não excederam  $200 \text{ Bq/m}^3$ , nível de ação mínimo para exposição de membros do público recomendado pela ICRP (1993). Os resultados demonstram que há influencia dos materiais de construção e da ventilação nas concentrações de radônio e as partículas de poeira e fungos são influenciadas pelas condições ambientais externas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF *INDOOR* AIR QUALITY  
DETERMINATION OF RADON, METALS AND AEROSOLS IN THE AIR IN  
MUSEUMS AND GALLERIES

Luana Gomes Carneiro

August/2012

Advisors: Delson Braz

Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Kenya Moore Dias da Cunha

Department: Nuclear Engineering

The aim of this study was to measure the concentrations of radon, airborne particles containing metals and fungi in art galleries and museums in order to evaluate the occupational and public exposure to radon, to metals and to fungi. Art galleries and museums are closed areas with controlled temperature and humidity, resulting in a low rate of air renovation, consequently the visitors and workers can be exposed to metals bearing particles, fungi and also to radon. The indoor exposure to radon has been identified to be the second leading risk factor of lung cancer after tobacco smoking. Integrated radon concentration measurements were performed using the passive radon detector assembled with Lexan as nuclear track detectors. Air samplers with a cyclone were used to collect the airborne particles samples that were analyzed by the Particle Induced X-ray Emission technique. The fungi were identified using Malt Agar and Sabouraud Agar. Although the antiques buildings showed higher concentrations than modern buildings the average concentrations of radon in closed rooms were below 200 Bq/m<sup>3</sup>. The results showed the influence of building materials and the ventilation in the radon concentrations and also showed that the indoor concentrations of radon and dust were also influenced by the outside weather conditions.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
2.1. Introdução	4
2.2. Qualidade do ar indoor	6
2.3. O Radônio	9
2.3.1. Exposição ao radônio	11
2.3.2. Medidas das concentrações de radônio	13
2.4. Exposição a metais	18
2.5. Exposição a fungos	21
2.6. Modelos Biocinéticos	25
2.6.1. Modelo Pulmonar Sugerido na Publicação 66 da ICRP	27
2.6.2. Modelo de deposição	28
2.6.3. Mecanismos de depuração	29
2.6.4. Absorção no sangue	29
2.7. Técnicas de PIXE	30
2.7.1. Fundamentos da técnica	30
2.7.1.1. Incertezas do Método	38
CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODOS	39

3.1. Descrição dos locais de estudo	40
3.1.1. Prédio A	40
3.1.2. Prédio B	40
3.1.3. Prédio C	41
3.1.4. Prédio D	42
3.2. Coleta de amostras	43
3.3. Medidas das Concentrações de Radônio	50
3.3.1. Montagem dos amostradores e arranjo experimental.	50
3.3.2. Revelação, contagem de traços e cálculo da concentração de radônio.	51
3.4. Caracterização de aerossóis	53
3.4.1. Montagem dos amostradores e arranjo experimental.	53
3.4.2. Técnica de PIXE	56
3.4.2.1. Calibração	57
3.4.2.2. Limite de detecção	58
3.4.2.3. Análise de espectros	58
3.5. Isolamento de fungos do ar	61
CAPÍTULO I V - RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1. Concentrações de Radônio	64
4.2. Concentrações de metais	66
4.3. Presença de Fungos	69
4.3.1. Estudo de Caso	72

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	76
CAPÍTULO VI - RECOMENDAÇÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - (a) Série de decaimento radioativo do $^{232}\text{Th}_{90}$ ; (b) Série de decaimento radioativo do $^{238}\text{U}_{92}$	10
Figura 2.2 - Contribuição das diferentes fontes de radiação na dose efetiva da população	11
Figura 2.3 - Câmara de difusão: sequencia: (1) tampa;(2) anel-suporte; (3) filtro; (4) câmara	15
Figura 2.4 - Electro Chemical Etching (ECE) EES8 EKOTRONIC	17
Figura 2.5 - Detector do tipo Lexan após revelação eletroquímica	19
Figura 2.6 - Esquema geral do metabolismo de metais	19
Figura 2.7 - Principais tipos de deposição de partículas no sistema respiratório. 1- impactação; 2 – sedimentação; 3- difusão;	26
Figura 2.8 - Esquema do trato respiratório sugerido ICRP 66	28
Figura 2.9 - Emissão de Raio X característico e espectro de PIXE	31
Figura 3.1 - Foto aérea do bairro da Gávea com a localização dos Prédios A e B	41
Figura 3.2 - Foto aérea do centro da cidade do Rio de Janeiro com a localização dos Prédios C e D	43
Figura 3.3 - Planta baixa, Prédio A, primeiro pavimento.	45
Figura 3.4 - Planta baixa, Prédio A, segundo pavimento.	46
Figura 3.5 - Planta baixa, Prédio A, terceiro pavimento.	47
Figura 3.6 - Planta baixa, Prédio C,primeiro pavimento	48

Figura 3.7 - Planta baixa, Prédio C, segundo pavimento.	49
Figura 3.8 - Câmara de difusão e detector Lexan antes da exposição.	51
Figura 3.9 - Arranjo experimental dos amostradores de radônio	51
Figura 3.10 - (a) e (b) Fotografia do amostrador portátil com ciclone para coleta de partículas na fração fina do aerossol.	54
Figura 3.11 - Arranjo experimental do amostrador portátil com ciclone	55
Figura 3. 12 - Esquema simplificado do arranjo experimental utilizado.	56
Figura 3.13 - Curva de eficiência absoluta do detector de Raios-X.	58
Figura 3. 14 - Curva do limite de detecção do método PIXE, para os elementos leves ( $Z \leq 42$ ), identificados pelas linhas de energia $K\alpha$ .	59
Figura 3.15 - Curva do limite de detecção do método PIXE, para os elementos pesados $Z \geq 43$ ), identificados pelas linhas de energia $L\alpha$ .	60
Figura 3.16 - (a); (b); (c) e (d) Aparência das placas contendo meios de cultura após exposição e período de incubação.	62

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Tipos de detectores plásticos	14
TABELA 4.1. Médias das concentrações de radônio indoor e desvios padrão calculados para cada prédio.	64
TABELA 4.2.- Concentrações médias de metais nos prédios A e C.	67
TABELA 4.3.- Gêneros de fungos anemófilos identificados no Prédio A.	70



# CAPÍTULO I

## ***INTRODUÇÃO***

Processos naturais podem ocasionar intensas mudanças climáticas como as que caracterizaram eras geológicas, embora as mudanças causadas por seres humanos não sejam tão intensas estas podem causar danos permanentes ou não que podem vir a comprometer a existência da espécie humana. (TOKAR, 1993;SUQUIO, 2008).

Estas mudanças se intensificaram após a chamada Revolução Industrial, ocorrida na segunda metade do século XVIII. Porém, somente no final da segunda metade do século XX, este tema tornou-se uma preocupação da sociedade, iniciando-se estudos para identificar as principais fontes e seu impacto no meio ambiente e no homem. (BOWEN, 1973;VICENTINO 1995; BRICKUS, 1999; ODUM, 2007; SUGUIO, 2008; PHALEN AND PHALEN, 2008).

O desenvolvimento tecnológico proporciona diversos benefícios à população, inclusive conforto para enfrentar as adversidades do clima, como por exemplo, o aumento da temperatura global. Sendo assim, tem sido cada vez mais comum o uso de sistemas de refrigeração do ar e climatização em residências, locais de trabalho, meios de locomoção, entre outros. (JANSSEN, 2002; ODUM, 2007; MORAES, 2006)

Nestes microambientes os seres humanos podem estar expostos a aerossóis contendo partículas que podem causar sérios danos à saúde humana. O radônio é um gás nobre que emana de matérias de construção e conseqüentemente pode causar danos a saúde. Partículas contendo elementos tóxicos elemento e fungos podem estar presentes nestes microambientes.

Deste modo, avaliar a qualidade do ar nestes microambientes é importante para avaliar os riscos à saúde humana devido à exposição a aerossóis em ambientes

fechados. Assim, a amostragem utilizando detectores passivos e as técnicas de contagem de traços de produtos de decaimento foi utilizada para determinação da concentração do radônio livre no ar, a concentração de partículas de poeira na fração fina do aerossol foi determinada usando amostradores inerciais e as partículas coletadas nos filtros analisadas pela técnica de PIXE, os bioaerossóis presentes no ambiente foram identificados utilizando a técnica de sedimentação espontânea em meios de cultura.

## **OBJETIVO**

### **Objetivo principal**

Estudar a qualidade do ar em ambientes fechados como museus, galerias de arte e prédios públicos visando avaliar os riscos à saúde humana devido à exposição a partículas de aerossóis tais como o radônio livre no ar, metais na fração respirável e bioaerossóis.

### **Objetivos específicos**

Para atingir este objetivo é necessário executar os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar os prédios que abrigassem museus, galerias de arte e prédios públicos. Estes prédios deveriam possuir microambientes climatizados e que fossem frequentados pelo público em geral.

- Determinar as concentrações de Rn livre indoor em prédios fechados construídos em diferentes épocas.

- Determinar as concentrações de partículas contendo elementos na fração respirável ( $2.5 \mu\text{m}$ ) *indoor* em prédios fechados.

- Determinar as concentrações de bioaerossóis em prédios fechados.

- Para que estes objetivos fossem atingidos foram utilizadas diferentes técnicas para coleta de amostras, como os amostradores passivos para coleta de radônio livre, amostradores seletivos com ciclone para coleta de partículas na fração inalável do aerossol, amostragem de fungos usando a técnica de sedimentação em placas contendo Ágar Sabouraud Dextrose e Ágar Malte e a técnicas analíticas Particle Induced X Rays Emission (PIXE) para análise de partículas contendo metais na fração inalável do aerossol, detectores de traços nucleares para determinação da concentração de radônio livre e comparação para identificação dos fungos.

## CAPÍTULO II

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1. Introdução**

A qualidade do ar sempre foi uma preocupação dos seres humanos, existem relatos que datam da época do Império Romano sobre esta questão, contudo, foi com o desenvolvimento de novas tecnologias que foi possível avaliar a qualidade do ar e seus efeitos sobre a saúde. Este desenvolvimento também trouxe diversas aplicações para o aerossol, como o uso de nebulizadores em tratamento médico, alguns controversos, como o uso de vaporização de pesticidas e fertilizantes na lavoura. Contudo, com o desenvolvimento industrial foi observado um aumento no volume e tipo de aerossóis gerados que poderiam vir a causar danos ao meio ambiente e aos humanos, as novas técnicas também mostram que existe o transporte de partículas a longa distâncias e que partículas de fontes naturais podem causar danos, como os aerossóis gerados por vulcões. Desta forma, nas últimas décadas as preocupações com a qualidade do ar e seus impactos sobre a saúde humana vem aumentando. (GRANDJEAN, 2006; WHO, 2007).

A exposição humana ocorre quando uma pessoa entra em contato com um poluente durante certo período de tempo (KEPLEIS *et al.*, 2001). As principais vias de incorporação são a inalação e a ingestão e, embora possa haver contaminação através da pele, esta pode ser considerada desprezível quando comparada com as duas anteriores. Na maior parte dos estudos sobre a exposição humana a metais e substâncias tóxicas são consideradas apenas fontes externas, sejam de origem natural, antropogênicas ou ocupacionais. Contudo, estudos recentes mostram que a

exposição *indoor* a aerossóis pode causar sérios danos a saúde humana. (IARC 1988; UNSCEAR 2008; MUI *et al.*, 2006; NCI, 2007; STRANGER *et al.* 2007).

Atualmente é muito comum que as pessoas permaneçam a maior parte de seu tempo em áreas fechadas, seja trabalhando, estudando ou se divertindo, desta forma, sinais e sintomas associados à baixa qualidade do ar *indoor* tem sido registrados constantemente. (SUNDELL, 1999; LEE *et al.* 2001; LI *et al.* 2001).

Síndrome do Edifício Doente (*Sick building syndrome* - SBS) é o termo utilizado para identificar o conjunto de sinais e sintomas associados a problemas com a má qualidade do ar indoor (*Indoor Air Quality*-IAQ). As causas mais frequentes da SBS são falhas na manutenção e limpeza dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*-HVAC). As queixas mais comuns associadas a SBS são alergias, dores de cabeça e nos olhos, tosse seca, náuseas, dificuldades de concentração, irritação nos olhos e dificuldade de respirar. (EPA, 1991, O'CONNOR e PRATHER, 2000; CAMUFFO *et al.*, 2001; ESPINOSA *et al.*, 2001; GYSELS *et al.*, 2002; YANG *et al.*, 2002; PAVLOGEORGATOS, 2003; CAO *et al.*, 2004; KOMARNICKI, 2005; SRIVASTAVA e JAIN, 2007; CHIEMEKA, 2010; WITT *et al.*, 2010; AYALA, 2011; WALDIR *et al.*, 2011)

Outras fontes de aerossóis *indoor* consideradas são a emissão de gases através dos materiais de construção, a ventilação inadequada que provoca o aumento da concentração de compostos orgânicos voláteis usados (VOC) e ozônio (subproduto de algum equipamento de escritório), os produtos produzidos pela interação da luz com os produtos químicos industriais utilizados em áreas fechadas, e/ou a falha na adequada alimentação de ar limpo e/ou filtração do ar que circula no ambiente. (EPA, 1988, MISHRA, 1992; CHANG e GERSHWIN, 2004; HARADA *et al.*, 2010).

Os efeitos devido à exposição a estes contaminantes estão associados às características do ambiente, às concentrações e forma química do elemento e às propriedades físico-químicas dos compostos. (APOSTOLLI, 1992, 1998; LHEA, 1997; HINDS, 1998; JONES, 1999; LEE e CHANG, 2000; SCHEFF *et al.*, 2000; DIAS DA

CUNHA, 2002; GIODA, 2003; POUPARD, 2005; REDDY *et al.*, 2005; CHOW *et al.*, 2006; CHAN, 2009; JO e JOHN., 2009; CAI *et al.*,2010;SARAGA *et al.*,2011).

Estudos sobre a qualidade do ar *indoor* realizados mostram que existe uma relação entre o aumento nas concentrações de poluentes como o radônio, fungos e metais e problemas no trato respiratório. Ambientes como residências, escolas, hotéis, estações de metrô, restaurantes, fábricas, escritórios, bibliotecas, museus e galerias de arte estão entre os mais preocupantes devido às altas taxas de ocupação e às características do meio. (VALENTIN, 1998; SMITH, 1998; ACGIH,1999a, 1999b; LEE E CHANG, 2000; LEE *et al.*,2002<sup>a</sup>; KUMAR,2003; BLONDEAUR *et al.*,2005; FABIAN *et al.*, 2005; DENMAN *et al.*, 2007; EVCI *et al.*, 2007; GUTAROWSKA e PIOTROWSKA, 2007; SRIVASTAVA e JAIN , 2007; ESPINOSA *et al.*, 2008; VAUPOTIC *et al.*, 2008; SONG *et al.*, 2011)

## **2.2. Qualidade do ar *indoor***

Estudos para estimar a qualidade do ar em ambientes fechados não industriais como residências, escritórios, e prédios de acesso público como, museus, galerias de arte, aeroportos e lojas, mostram que as pessoas podem estar expostas a diferentes tipos de poluentes nestes ambientes. (VALENTIN, 1998; STOLWIJK, 1992; WIENER, 1993; JONES, 1999; GIODA *et al.*, 2004; SRIVASTAVA, 2007; SCHIRMER, 2011)

Devido à crise energética mundial nos anos 70 houve uma mudança na arquitetura de modo a reduzir o consumo de energia dos sistemas de aquecimento e refrigeração das edificações, desta forma, surgem os chamados “Edifícios Selados”, prédios menos espaçosos, com baixas trocas de ar com o meio externo e com sistemas de ventilação artificial e refrigeração central. Embora o consumo de energia

nestes prédios seja reduzido, sua arquitetura proporciona baixa taxa de renovação de ar propiciando a concentração de substâncias que podem ser nocivas à saúde humana. (WILLEKE E BARON, 1993; JONES, 1999; BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; MORAES, 2006)

O aumento no número de “Edifícios Selados” também aumentou o número de queixas a respeito de problemas de saúde, começaram a surgir, problemas respiratórios, ressecamento de pele e mucosas, ardência e irritação nos olhos, eritema, fadiga mental, dor de cabeça, tosse, rouquidão, náuseas e tonturas, sendo todos estes sintomas diminuídos ou extinguidos quando os ocupantes deixavam os prédios. Estes problemas estão entre as principais causas de afastamento de trabalhadores, o que despertou o interesse da comunidade científica pelo tema. (WHO, 1983; JONES, 1999; GIODA, 2003).

No ano de 1982, a OMS definiu esse conjunto de sintomas característicos como “Síndrome do Edifício Doente”, concluindo que esta atinge cerca de 30% dos edifícios selados em todo o mundo. (WHO, 1983; MOLHAVE, 1987; SIQUEIRA, 1988).

Diversos estudos comprovam que efeitos relacionados ao aumento na concentração de poluentes nos ambientes *indoor* não ocorrem somente em edifícios selados. Mudanças no estilo de vida da população têm introduzido novos contaminantes nestes ambientes, incluindo fibras sintéticas, resíduos de vaporizadores, desodorantes, pesticidas, e partículas provenientes de combustão. Aliado a estes aspectos, a proporção de tempo que as pessoas passam *indoor* tem aumentado, atualmente estima-se que as pessoas passem cerca de 90% de seu tempo em ambientes fechados. Há uma estimativa de que cerca da metade da população mundial apresente problemas relacionados com a má qualidade do ar *indoor*. (MYERS, 1983; PARKER, 1993; BRUCE, 2000; MYERS, 2005)

As mudanças climáticas experimentadas pelo mundo nas últimas décadas também podem resultar na degradação da qualidade do ar *indoor*. Os ambientes

climatizados, que visam gerar conforto térmico através do controle da temperatura e da umidade apresentam baixas taxas de ventilação. Além destes, há também os ambientes refrigerados ou aquecidos que, embora não sejam rigorosamente controlados, também apresentam potencial redução nas trocas de ar com o meio externo. (SIQUEIRA, 2000).

Os poluentes do ar *indoor* podem emanar de diferentes fontes, como materiais de construção, atividades dos ocupantes, móveis, combustão, sistemas de ar condicionado e poluentes originados no meio externo. (SPENGLER e SEXTON, 1983; BERNSTEIN, 2004)

A concentração de poluentes *indoor* depende da relação entre o volume de ar no ambiente, a taxa de produção ou emissão do poluente, a taxa de remoção, a taxa de troca de ar com o meio externo e a concentração dos poluentes no meio externo. Deve-se considerar que cada prédio apresenta características distintas uns dos outros, sendo essas características essenciais no estudo da qualidade do ar e suas relações com a saúde dos ocupantes. (MARONI *et al*, 1995)

Os danos causados pela baixa qualidade do ar *indoor* incluem além dos problemas a nível de sistema respiratório, como diminuição da capacidade pulmonar, danos ao trato cardiovascular, redução da expectativa de vida e câncer. (PETERS *et al* , 1999; BRUCE, 2000; WHEELER *et al*, 2000; BERNSTEIN, 2004; SUNDELL,2004; FREW, 2005; MYERS, 2005)

No ano de 1976, diversos participantes da Legião Americana, na cidade de Filadélfia, nos Estados Unidos, foram levados ao óbito por consequência de uma pneumonia provocada pela bactéria *Legionella pneumophila*, disseminada pelo sistema de ar condicionado do hotel onde estavam hospedados (FRASER,1977). No Brasil, em 1998, o ex Ministro das Comunicações Sérgio Motta faleceu devido ao mesmo problema. (SIMÕES, 2011)



Diversos poluentes podem provocar reações diferentes nos indivíduos dependendo da sensibilidade ao contaminante, da concentração do contaminante, do estado físico e psicológico do indivíduo e da duração e frequência da exposição. Desta forma, contaminantes como, por exemplo, algumas espécies de fungos podem ser mais perigosos para indivíduos imunodeprimidos. Este efeito é denominado como "Personal Cloud Effect". (WALLACE, 1991; FURTAW *et al.*, 1996; HARRISON, 1997)

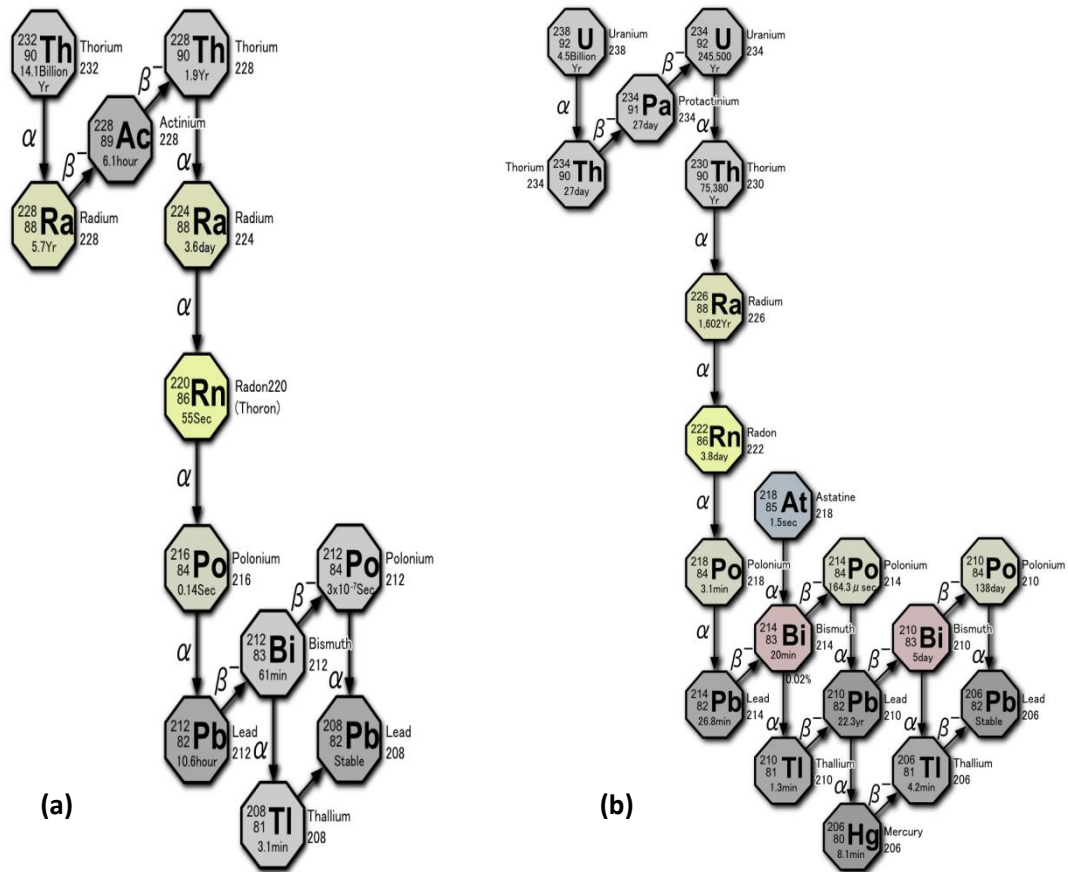
O cigarro é um dos principais poluentes que contribuem para a degradação da qualidade do ar *indoor*. A fumaça do tabaco contém milhares de substâncias na forma de partículas e gases tóxicos que uma vez inalados podem gerar efeitos crônicos ou agudos a saúde. Segundo a IARC o cigarro é a primeira causa de câncer de pulmão no mundo. (IARC, 1986)

### **2.3. O Radônio**

Em 1899, R. B. Ownes observou que a radioatividade dos compostos de tório expostos ao ar era reduzida. Rutherford estudou este fenômeno, e descobriu que o tório emitia um gás radioativo, que na época ficou conhecido por "emanação do tório". Em 1900 F. E. Dorn verificou que o mesmo se passava com o rádio, e, em 1903, A. Debierne e F. O. Giesel reconheceram as mesmas "emanações" no actínio. Estas "emanações" mais tarde foram identificadas como elemento químico do grupo dos gases nobre e denominadas como radônio (Rn). (GEORGE, 2007)

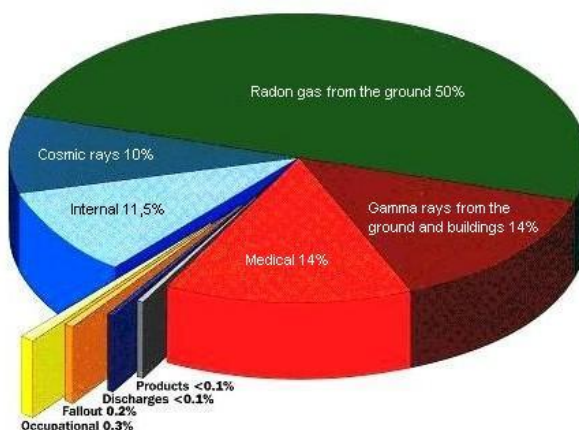
O radônio (Rn) é um gás nobre radioativo de número atômico (Z) 86 e encontra-se no grupo 18, 8A ou 0, da tabela periódica. Os principais isótopos são o  $^{222}\text{Rn}$  e o  $^{220}\text{Rn}$ , conhecidos como radônio e torônio, formados pelo decaimento do  $^{226}\text{Ra}$  (emissor alfa) e do  $^{224}\text{Ra}$  (emissor alfa), produtos da desintegração das séries radioativas do urânio ( $^{238}\text{U}$ ) e do tório ( $^{232}\text{Th}$ ) e com meia-vida de 3,8 dias e 55,6 segundos, respectivamente. (UNSCEAR, 1982; NCRP, 1988)

As séries radioativas do  $^{232}\text{Th}$  e  $^{238}\text{U}$  são apresentadas nas figuras 2.1 (a) e (b), respectivamente.



**Figura 2.1 - (a)** Série de decaimento radioativo do  $^{232}\text{Th}_{90}$ ; **(b)** Série de decaimento radioativo do  $^{238}\text{U}_{92}$

A exposição natural da população ao  $^{222}\text{Rn}$  corresponde a cerca de 50% da dose anual da população devido à radiação a fontes naturais, Na Figura 2.2 é apresentada a contribuição de cada termo fonte na dose efetiva da população. (ICRP, 1993; NCRP, 1999; UNSCEAR, 2000)



**Figura 2.2** - Contribuição das diferentes fontes de radiação na dose efetiva da população

### 2.3.1. Exposição ao radônio

Uma das fontes naturais de radônio é o decaimento do  $^{226}\text{Ra}$  presente em solos e rochas. A emissão do radônio é o processo de escape do radônio do meio resultante do processo de migração no meio. (PORSTENDORFER, 1993; UNSCEAR, 2000; MARQUES, 2004)

Na maioria dos ambientes abertos a concentração de radônio é baixa enquanto em alguns ambientes fechados as concentrações deste gás podem alcançar níveis acima dos naturais que podem causar danos à saúde. O teor de  $^{226}\text{Ra}$ , as condições de ventilação e diversos fatores climáticos, tais como umidade e temperatura contribuem para o aumento ou redução dos níveis de radônio nos ambientes. (PAULO, 1991; ICRP, 1993; GOUVEA, 1996; MARQUES, 2004)

Segundo a publicação nº 65 da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, 1993), os valores de dose devido ao radônio são de 3 a 10 mSv.a<sup>-1</sup>, levando em conta um período de ocupação de 7000 horas e um fator de equilíbrio de 0,4, o que equivale a concentração de 200 e 600 Bq/m<sup>3</sup>, respectivamente.

Os efeitos, danos e riscos de exposição devido à concentração de radônio *indoor* vêm sendo exaustivamente estudados. LIENDO *et al* (1991) realizaram na Venezuela medidas no metrô e os níveis de concentração apresentaram o valor médio de 30 Bq/m<sup>3</sup>. Na Espanha, a Caverna de Nerja foi avaliada e foram encontrados níveis de radônio na faixa de 48 – 168 Bq/m<sup>3</sup> (DUEÑAS, 1999). GERALDO *et al* (2005) calculou as concentrações de radônio em ambientes internos da Baixada Santista (SP) com valores variando de 17 a 263 Bq/m<sup>3</sup>. CORRÊA (2005) determinou a concentração de radônio em ambientes de convívio humano da cidade de Curitiba/PR e Campo Largo (cidade da região metropolitana) obtendo 74% dos resultados na faixa de até 50 Bq/m<sup>3</sup>, 10% na faixa de 50 a 100 Bq/m<sup>3</sup>, 9% de 100 a 200 Bq/m<sup>3</sup> e 7% dos resultados acima de 200 Bq/m<sup>3</sup>. RHAMAN *et al* (2009), realizaram um estudo para avaliar as concentrações de radônio em 120 escolas de diferentes distritos, obtendo uma concentração média de 52 Bq/m<sup>3</sup>.

Diversos materiais de construção naturais, como areia, argila, cal e pedra podem conter traços de urânio, rádio, tório entre outros. A exalação do radônio é uma fonte de exposição ao radônio e seus produtos de decaimento. Materiais utilizados no revestimento de paredes, pisos e tetos podem contribuir para a redução ou aumento da exalação de radônio nos ambientes, pois o material de revestimento pode barrar ou contribuir para a exalação. (ABU-JARAD, 1980; RIO DOCE, 1997)

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de avaliar a relação entre as concentrações de radônio *indoor* e os diferentes materiais de construção. KORHONER *et al.*(2001) avaliaram a relação entre as concentrações de radônio em ambientes fechados e os materiais de construção, concluindo que nos ambientes as concentrações eram maiores que nas amostras de materiais de construção isoladamente. FIOR (2008) estudou diferentes materiais de construção e concluiu que materiais como concreto e cerâmica apresentam altas taxas de exalação de radônio,

havendo, porém, uma redução nas concentrações após o revestimento das paredes com tinta óleo e tinta acrílica.

Diversos estudos vêm sendo realizados em prédios antigos ou modernos para avaliar a qualidade do ar, em alguns destes estudos o radônio tem sido considerado como parâmetro para esta avaliação. (MALANCA *et al.*, 1991; ESPINOSA e GAMMAGE *et al.*, 1997; SCHIEWECK *et al.*, 2005; FONT *et al.*, 2008)

O radônio e seus produtos de decaimento ao serem inalados podem atingir as regiões profundas dos pulmões onde podem decair emitindo radiação que deposita sua energia nos tecidos e órgãos vizinhos podendo vir a causar danos às células e aumentando a probabilidade do desenvolvimento de danos à saúde. (LUCIE, 1989; HENSHAW *et al.*, 1990; BERGLUNG *et al.*, 1992; WHO, 2009)

Avaliações dos efeitos sobre a saúde, ocasionados pela exposição ao radônio, foram, em sua grande maioria, baseados em estudos epidemiológicos de populações humanas. Os resultados destes estudos mostraram que o  $^{222}\text{Rn}$  é classificado como um carcinógeno classe I pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC; Agência Nacional de Pesquisa em Câncer) (IARC, 1988).

### **2.3.2. Medidas das concentrações de radônio**

Os métodos utilizados para as medidas das concentrações de radônio podem ser: Instantâneos, Contínuos (tempo real) ou Integradores. Estes tipos de métodos subdividem-se em métodos de medida passiva e métodos de medida ativa. Nos métodos ativos é feita amostragem com bombas de vácuo e estão baseados na retenção dos produtos de decaimento em filtros. Nos métodos passivos a amostragem é feita por meio de deposição ou difusão para o meio de detecção empregado. (PÖRSTENDORFER, 1993; UNSCEAR, 1997; UNSCEAR, 2006)

A escolha dos métodos de amostragem, em geral é baseada em diferentes fatores, que incluem os custos da amostragem, a possibilidade de transporte de amostradores, tipo de área de amostragem. Diversos estudos apontam os detectores passivos de traço como os mais recomendados para a realização de medidas das concentrações de radônio indoor. (KHAN *et al.*, 1993).

Os detectores de traços, conhecidos como SSNTDs (Solid State Nuclear Track Detectors – detectores sólidos de traços nucleares), são os mais utilizados em amostragens de radônio realizadas em residências e outros ambientes. Dos diversos detectores de traço disponíveis no mercado o Makrofol, o Lexan e o CR-39 são apontados entre os mais eficientes (DURANI e BULL, 1987; FRANK e BENTON, 1990;). Na Tabela 2.1 são apresentadas as composições e os fabricantes de ambos os detectores.

**TABELA 2.1** - Tipos de detectores plásticos

MATERIAL	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO BÁSICA
<i>Makrofol</i>	Bayer, Alemanha	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>
<i>Lexan</i>	General Electric, Co, EUA.	C <sub>16</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>
<i>CR 39</i>	Columbia Chemical Co. Inc.	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>7</sub>

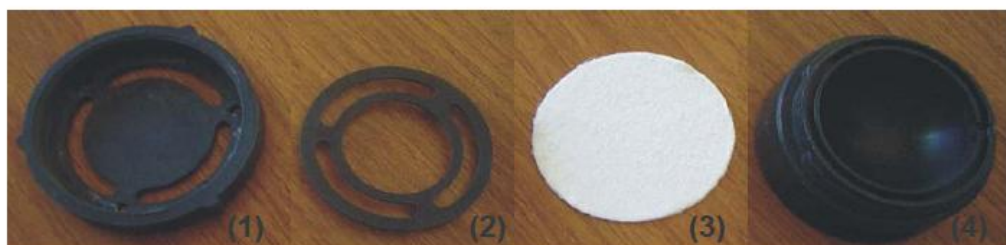
O tempo de exposição desses detectores é variável, podendo ser de alguns dias até anos, porém amostras muito longas, como anos, só ocorre em casos especiais. Para as medições em residências, diversos autores demonstram que o período de exposição ótimo para policarbonatos é de três meses (URBAN, 1981; BAIXERAS, 1997; MÖRE, 1997; PRESSYANOV, 2004).

Os amostradores de radônio que utilizam detectores de traço possuem uma câmara de difusão, com o objetivo de homogeneizar e melhorar a eficiência do

processo de detecção. Assim, justifica-se a adição de um filtro colocado na entrada da câmara.

Estão disponíveis no mercado diversos modelos de câmaras de difusão que são eficientes na detecção de traços. (KHAN, 1993). No KfK (KernforschungsZentrum) da Universidade Karlsruhe na Alemanha foram desenvolvidos dois modelos, que são aplicados tanto para diversos tipos de SSNTDs incluindo o Makrofol, o Lexan e o CR 39.

O modelo desenvolvido por URBAN (1985) é o mais utilizado em medições indoor. Esta câmara possui volume sensível (interno) de 7,1 cm<sup>3</sup> na forma de uma semi-esfera com 1,5 cm de raio e é composta de uma tampa vazada para a passagem de ar que é fixada ao corpo da cápsula através de uma rosca; um anel, que serve como suporte para o filtro, e para o detector, e o corpo da câmara semi-esférica. A altura do conjunto montado é de 2 cm e o diâmetro externo é de aproximadamente 4 cm. Para diminuir a deposição dos produtos de decaimento do <sup>222</sup>Rn sobre o detector, a solução encontrada foi fabricar a câmara com fibra de carbono de alta condutividade elétrica. Com isso, a deposição dos produtos indesejados (plate-out) no detector será feita preferencialmente nas paredes da câmara. Na 2.3 é apresentada uma fotografia dos componentes da câmara de difusão.



**Figura 2.3** - Câmara de difusão: sequencia: (1) tampa;(2) anel-suporte; (3) filtro; (4) câmara

Existem basicamente dois métodos utilizados na revelação dos SSNTDs (Solid State Nuclear Track Detectors): a Chemical Pre Etching (CPE), ou pré-revelação química, e a Electro Chemical Etching (ECE), revelação eletroquímica.

Segundo TOMMASINO (2004), a diferença entre as técnicas de revelação é o padrão de desgaste dos traços. A revelação dos detectores baseia-se, resumidamente, na retirada de suas películas plásticas (fosca-irradiada e lisa) e deposição do detector nas células da câmara de revelação química e eletroquímica. A camada lisa não exposta à radiação deve ser deixada para baixo na cuba, pois terá contato com o gel eletrocardiográfico utilizado na revelação. O equipamento é montado de tal forma que o detector fica exposto com o lado não irradiado para o gel e com o outro lado irradiado, a uma solução de hidróxido de potássio (KOH 6N – 80% em volume) e álcool etílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH - 20% em volume).

Inicialmente o detector fica exposto à solução por três horas para a pré-revelação. O equipamento é ligado a uma frequência de 100 Hz a 1000 V por 1 hora, e após a uma frequência de 3000 Hz a 800 V por mais duas horas e desligado. As células da câmara são neutralizadas com ácido acético 10%. Os detectores são lavados com água a temperatura ambiente e estarão prontos para a leitura de traços.

Na pré-revelação química há a corrosão da superfície do detector e a ampliação do diâmetro dos traços latentes. Neste processo, a velocidade de corrosão da superfície é diferente da mesma na região dos traços, portanto, se um traço ficar tempo demais sob a ação da pré-revelação química, este poderá ser apagado enquanto que os demais traços (de maior energia) vão sendo ampliados e desgastados com o passar do tempo de ataque químico ( $t_1, t_2, t_3, \dots$ ).

Com a revelação eletroquímica, o processo de corrosão funciona de forma diferenciada do método anterior. Enquanto que a pré-revelação química apenas prepara os traços latentes para o próximo passo de revelação, na revelação

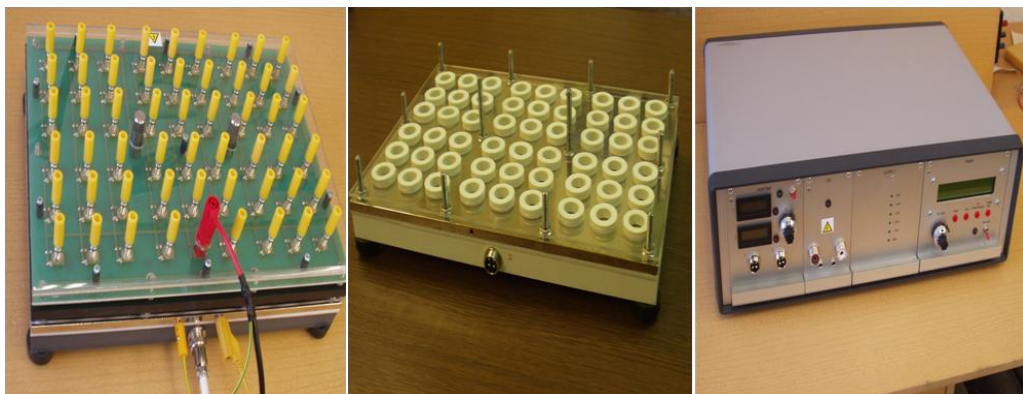


eletroquímica os traços são ampliados até a ordem de  $\mu\text{m}$  de forma a possibilitar a contagem ao final do processo.

O detector plástico ainda está em contato com a solução básica. Neste momento é aplicada uma diferença de potencial. A revelação eletroquímica diferencia as energias de traços latentes através da dimensão final do diâmetro: quanto menor a energia, maior o diâmetro que o traço terá ao longo do tempo de revelação, pois foi corroído por um período de tempo maior. (TOMMASSINO, 2004)

Para a revelação dos traços nos detectores plásticos se faz necessária uma câmara para revelação que possua uma célula para cada detector, isoladas eletricamente uma da outra. Desta forma, podem ser revelados mais do que um detector por vez. (MELO, 1999; PRESSYANOV, 2001)

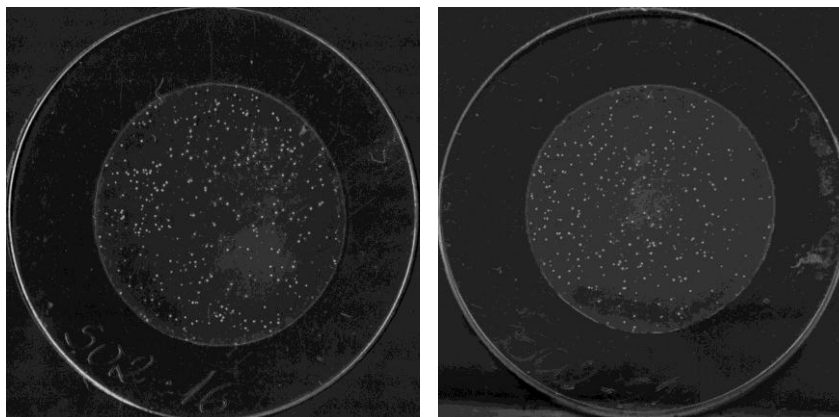
O equipamento comercial de ECE (Electro Chemical Etching) EES8 da EKOTRONIC é composto por um gerador de tensão EEG8 e um módulo de revelação EEB8. Este equipamento é apresentado na Figura 2.4.



**Figura 2.4** - ECE (Electro Chemical Etching) EES8 EKOTRONIC

Após a revelação os traços podem ser contados de diversas maneiras diferentes, uma das formas mais comuns é a contagem manual através da utilização de microscopia ótica, porém, atualmente alguns softwares estão sendo

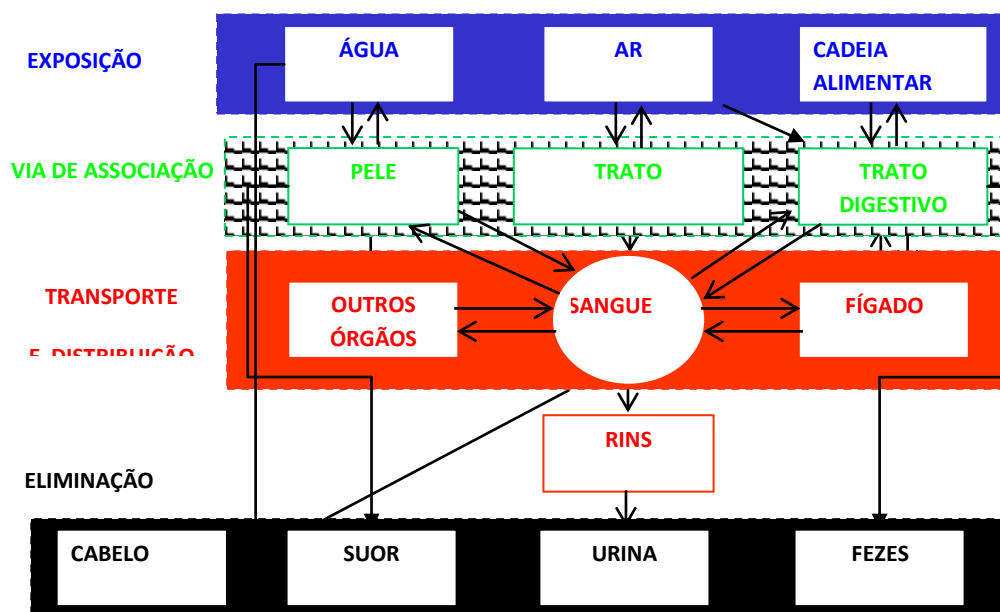
disponibilizados para contagem após scanneamento. Na figura 2.5. é apresentada a imagem de detectores do tipo Lexan revelados.



**Figura 2.5** - Detector do tipo Lexan após revelação eletroquímica

#### **2.4. Exposição a metais**

Uma das principais fontes de poluição do meio ambiente é a liberação de substâncias tóxicas através de efluentes líquidos e na forma de aerossóis (HINDS, 1998). O comportamento e os efeitos das substâncias tóxicas no meio ambiente e sobre os seres humanos estão associados às características do meio às concentrações e forma química do elemento, e às propriedades físico-químicas dos compostos. Na interação dos metais com os organismos vivos podem-se distinguir duas fases principais: fase toxicocinética (metabolismo) e fase toxicodinâmica (efeito). Na Figura 2.6 é mostrado o esquema geral do metabolismo de metais proposto por APOSTOLLI (1992). As principais vias de contaminação interna são a inalação e/ou ingestão de substâncias tóxicas. (ANKE, 2004)



**Figura 2.6** - Esquema geral do metabolismo de metais (modificado de APOSTOLLI, 1992)

O comportamento biocinético dos metais no corpo humano depende de parâmetros fisiológicos, bioquímicos e físico-químicos. Após a inalação ou ingestão do metal, o seu comportamento no organismo é influenciado pela forma e reação química que ocorre nos diferentes compartimentos do corpo humano (especiaçãoção). A idade, as condições de saúde e hábitos alimentares do indivíduo influenciam no processo de absorção.

Para avaliar os riscos devidos à inalação de partículas, é necessário determinar:

O tamanho das partículas às quais o elemento está associado, pois este parâmetro determina o local de deposição da partícula no trato respiratório, a fração inalada depositada em cada compartimento do trato respiratório e a cinética das partículas ao penetrarem no trato respiratório (ICRP, 1979);

a forma química, que determina a solubilidade da partícula no líquido pulmonar e o comportamento biocinético do elemento (WATSON, 1983; SNIPES, 1994; ICRP, 1994). O comportamento biocinético das partículas depende das propriedades físicas

e das propriedades morfológicas e fisiológicas do trato respiratório (LIPPMANN et al, 1969; LIPPMANN, 1970; BARNES, 1971; MORGAN et al., 1983; ICRP, 1994).

O estudo utilizando a técnica de PIXE (Particle Induced X rays Emission) para determinar as concentrações de metais e o tamanho das partículas na poeira de minério gerado durante o beneficiamento de areia monazítica na usina localizada na vila de Buena, concluiu-se que os trabalhadores estavam expostos à poeira contendo tório na fração respirável (Dias da Cunha et al., 1999). Em estudo realizado nesta mesma usina a aplicação da técnica de PDMS (Plasma Desorption Mass Spectrometry) identificou que as partículas que continham tório na fração respirável eram devidas à presença de partículas de torita ( $\text{ThSiO}_4$ ). Esta medida foi realizada durante uma etapa específica de funcionamento da usina, foram identificadas também outras fontes de aerossóis contendo metais como Pb, Fe, Ti, Ca, Ni, Cu, Cr e Mn (DIAS DA CUNHA et al., 2000).

O estudo realizado por TRINDADE *et al.* (1981) para avaliar a qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro, (bairros de Copacabana e São Cristóvão) mostrou que a população estava exposta a partículas contendo of Pb, Mn, V, Cr e Zn e que a maioria das TSP (Total Suspended Particles) eram devido a fontes naturais como aerossol marinho e partículas de poeira.

Em 1994, LIZARRAGA *et al.* estudaram a qualidade do ar no bairro da Gávea na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados indicaram a presença de partículas contendo Na, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu e Zn na fração respirável. A não identificação de partículas contendo Pb é devido à proibição da utilização do Pb como aditivo na gasolina e a ausência de Cr a também proibição da incineração do lixo doméstico.

Em 2000, DIAS DA CUNHA *et al.* (2000) estudaram a qualidade do ar em dois locais da cidade do Rio de Janeiro. As amostras de aerossóis foram coletadas na ilha do Fundão, localizada na baía de Guanabara e na Gávea, uma zona residencial da

cidade próxima a Lagoa Rodrigues de Freitas e a beira mar. Em ambos os locais o elemento mais abundante foi o Cloro (Cl) indicando a presença de aerossol marinho. K, Ca, Ti e Mn que podem ser associados a partículas de solo.

## **2.5. Exposição a fungos**

Bioaerossóis são definidos como aerossóis de origem biológica que podem ser formados por células bacterianas ou fragmentos, patogênicos ou não patogênicos, fungos, vírus, alergênicos de alto peso molecular, endotoxinas bacterianas, micotoxinas, peptidoglicanos, pólen, fibras, entre outros. (BARNETT e HUNTER, 1972; ANGULO-ROMERO *et al.*, 1996; LIMA DE PAULA, 2003; GRIGOREVSKI-LIMA *et al.*, 2006)

Os riscos à saúde associados à exposição de contaminantes biológicos, como as bactérias, fungos e ácaros, em ambientes fechados, principalmente para pessoas alérgicas e/ou com o sistema imunológico debilitado, são frequentemente enfatizados pela literatura (FLANNIGAN e MILLER, 1994; BRICKUS *et al.*, 2004; SIMÕES *et al.*, 2011)

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a contaminação microbiológica do ar é uma das principais causas das faltas ao trabalho, que se devem à infecções agudas e processos alérgicos desencadeados por estes agentes biológicos (KUO e LI, 1992; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998; WHO, 2000a,b; LI, 2001).

Os tamanhos das partículas presentes nos bioaerossóis variam de 0.3 a 100  $\mu\text{m}$ , estando presentes nas frações inalável ( $< 2,5 \mu\text{m}$ ) e respirável ( $2,5 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$ ) do aerossol, sendo esses os principais agentes de doenças no trato respiratório, e as maiores que  $10\mu\text{m}$  são aquelas que normalmente estão associadas a doenças

dermatológicas, infecções oculares entre outros. (PASQUARELLA *et al.*, 2000; BURGE, 2002; MAIN, 2003)

Segundo KANAANI (2008), a taxa de deposição das partículas de fungos, especialmente esporos, ocorre em função de seu diâmetro aerodinâmico, tendo, desta forma, o mesmo comportamento de deposição no trato respiratório de partículas não biológicas do aerossol.

Os agentes biológicos estimulam reações no organismo humano mais complexas e específicas que aquelas desencadeadas por partículas não biológicas, portanto, além do tamanho das partículas a determinação dos agentes biológicos presentes no ar é de extrema importância para a prevenção e mitigação dos efeitos provocados por eles. Normalmente na avaliação da qualidade do ar é avaliada a presença de fungos e bactérias, principais agentes causadores de infecções agudas e processos alérgicos. (ANVISA, 1998; PASQUARELLA *et al.*, 2000; PASTUSZKA *et al.*, 2000)

Os bioaerossóis contribuem com cerca de 5-34% da poluição *indoor*. Desta forma são considerados como um importante parâmetro nas análises da qualidade do ar nesses ambientes. (USEPA, 1987; BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; WESTBROOK e ISARD, 1999 MAIN, 2003)

A avaliação dos resultados de amostras biológicas de ambientes é complexa. A natureza da coleta e análise é muito dependente de diferenças nas condições ecológicas (clima, estação do ano e geografia), do método de coleta e dos procedimentos de laboratório (meio de cultura utilizado, temperatura e tempo de incubação). (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; PASQUARELLA *et al.*, 2000)

Os métodos de coleta de bioaerossóis podem ser ativos ou passivos, ambos são amplamente utilizados. Os métodos ativos são realizados com os denominados amostradores de ar, que coletam um volume conhecido de ar em um meio de cultura,

possibilitando calcular a concentração destes elementos no ar. O método passivo, conhecido como *Settle Plate* consiste na sedimentação passiva de microrganismos em placas de petri contendo meios de cultura seletivos para o microrganismo de interesse.(PASQUARELLA *et al.*, 2000)

A análise final compreende vários dias para crescimento de colônias, sendo que muitos microrganismos não são cultiváveis sem o uso de meios ou condições de cultivo especiais além da possibilidade de crescimento confluyente em função de contaminação excessiva. Não há métodos e padrões, amplamente aceitos, para análise e amostragem de agentes microbianos no ar, dificultando o estabelecimento de padrões destes agentes suspensos no ar *indoor*. (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999; SRIKANTH *et al.*, 2008)

Os fungos, considerados, junto com as bactérias, como os principais microrganismos que contribuem na degradação da qualidade do ar *indoor*. Estes organismos são eucarióticos, heterotróficos e, em sua maioria filamentosos, são os principais decompositores da biosfera. Através principalmente da disseminação de esporos esses organismos são capazes de colonizar diversos substratos, orgânicos ou inorgânicos, incluindo tecidos, tintas, papelão, couro, ceras, combustíveis, petróleo, madeiras, papéis, isolamentos de cabos e fios, filmes fotográficos, pães, frutas, vegetais, carnes e outros produtos. Muitas espécies produzem micotoxinas que podem provocar infecções agudas no trato digestório, além de serem importantes agentes causadores de doenças no sistema respiratório. (SRIKANTH *et al.*, 2008)

Micotoxinas podem ser associadas também a efeitos carcinogênicos, a aflatoxina produzida por fungos da espécie *Aspergillus flavus*, é a micotoxina mais bem estudada como carcinógeno humano, sendo sua principal via de incorporação a ingestão, porém, pode ocorrer a inalação. (SRIKANTH, 2008)

A incidência de manifestações alérgicas e doenças infecciosas causadas por fungos anemófilos vêm aumentando potencialmente nas últimas décadas, associadas

principalmente a ambientes hospitalares, onde afetam mais frequentemente indivíduos imunocomprometidos. Contudo, estes organismos podem provocar efeitos adversos à saúde de indivíduos não hospitalizados uma vez que estes podem ser expostos de forma constate a esses agentes infecciosos. (MADIGAN *et al.*, 2004 ; FUNKE e CASE, 2005)

Entre as espécies de fungos mais frequentes em amostras clínicas estão a *Candida albicans*, espécie responsável por infecções genitais, orais e pulmonares denominadas candidíases. Em indivíduos aidéticos o gênero *Pneumocystis* spp. é o mais frequentemente isolado. Espécies dos gêneros *Rhizopus* e *Mucor* afetam frequentemente indivíduos portadores de diabetes melitus e leucemia. (BROOKS *et al.*, 2004; BURTON e ENGELKIRK, 2005; TORTORA *et al.*, 2005)

As espécies de fungos mais frequentemente envolvidas em processos alérgicos incluem espécies dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*, que ocorrem no ar *indoor* em altas concentrações. (BOWEN, 1973; PASQUARELLA *et al.*, 2000; DOUWES *et al.*, 2003).

MENEZES *et al.* (2006), baseando-se nas constantes queixas de alergias respiratórias entre os usuários, realizaram um estudo para a determinação da microbiota fúngica anemófila em uma biblioteca na região Nordeste do Brasil, identificando como gêneros mais frequentes: *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Curvularia* spp., *Cladosporium* spp. e a espécie *Myceila sterilia*, concluindo que a biblioteca era um ambiente insalubre.

PANJOTA *et al.* (2007), avaliou a diversidade de bioaerossóis no Campus Universitário do Itaperi na Universidade Estadual do Ceará (UECE) identificando os gêneros *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp. Neste estudo não foi observada correlação entre a incidência destes gêneros e a sazonalidade e as salas de aula, locais de maior ocupação na área foram identificadas como os ambientes com maior contaminação.



## 2.6. Modelos Biocinéticos

Os dados existentes na literatura sobre o comportamento biocinético dos metais baseiam-se em estudos com voluntários, vítimas de acidentes e principalmente com animais, sendo a especiação dos elementos determinada através de medidas indiretas. Estes estudos mostram que as análises de amostras de fluidos biológicos de indivíduos expostos fornecem importantes informações sobre o comportamento dos metais. A excreção fecal caracteriza a incorporação via ingestão enquanto que a excreção urinária caracteriza a incorporação sistêmica.

Para avaliar os riscos devido à incorporação de partículas, é necessário determinar as taxas de deposição, a concentração e a cinética destas partículas ao penetrarem no trato respiratório (LIPPMANN, 1969; LIPPMANN, 1970; BARNES, 1971; COOKE, 1974; MORGAN *et al.*, 1983).

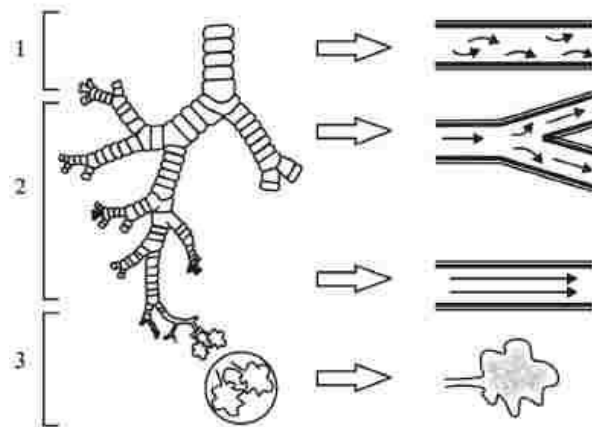
Para o estudo do comportamento de um composto estável ou radioativo, deve-se avaliar a incorporação e a deposição desse composto nos diversos órgãos do corpo humano. No caso específico de indivíduos e trabalhadores expostos a radionuclídeos, a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) publica periodicamente modelos biocinéticos para a descrição dos casos de inalação, ingestão e contaminação através de ferimentos na pele.

Para o urânio, o modelo sistêmico mais recente está publicado na ICRP 67 (ICRP, 1994). No caso do trato respiratório, o modelo hoje adotado é o da publicação 66 (ICRP, 1994).

Devido às características de seletividade do trato respiratório, as partículas com diâmetros aerodinâmicos entre 3 e 4  $\mu\text{m}$  são depositadas, preferencialmente, nas vias aéreas superiores e na região traqueobronquial. As partículas com diâmetro aerodinâmico abaixo de 2,5  $\mu\text{m}$  são depositadas, preferencialmente, na região pulmonar (ICRP, 1966, LIPPMANN, 1969; LIPPMANN, 1970).

As taxas de deposição das partículas variam de acordo com inúmeros fatores, dentre eles idade, condições de respiração, volume respirado e se a respiração é oral ou nasal (ICRP, 1966; ICRP, 1994). Observa-se que a maior fração do material inalado é depositado próximo às bifurcações e entradas dos dutos alveolares (ICRP, 1994).

Existem três mecanismos principais de deposição das partículas inaladas no trato respiratório: impactação, sedimentação e difusão. Os mecanismos de deposição de partículas por impactação e sedimentação predominam para partículas com diâmetros aerodinâmicos iguais ou maiores que  $0,1\mu\text{m}$ . Na Figura 2.7 é apresentado um esquema dos principais tipos de deposição.



**Figura 2.7.** - Principais tipos de deposição de partículas no sistema respiratório. 1- impactação; 2 – sedimentação; 3- difusão;

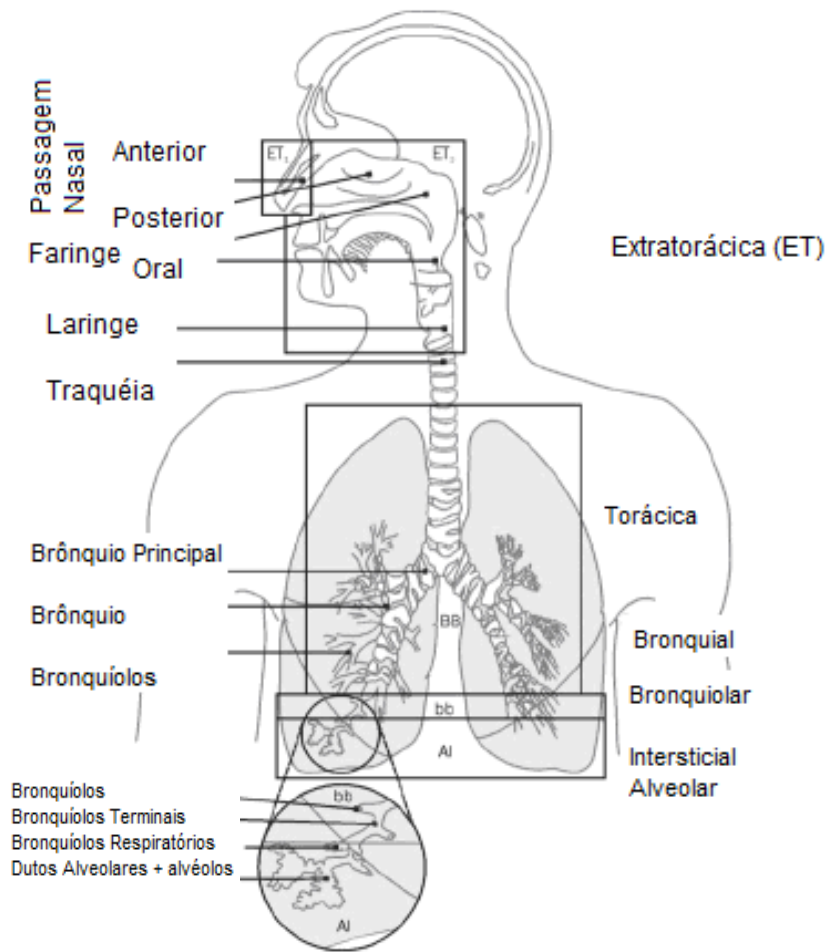
As partículas inaladas são depositadas no tecido pulmonar como resultado de processos físicos, anatômicos e fisiológicos, que podem ocorrer durante qualquer fase do ciclo respiratório. Entre os fatores que afetam a deposição, destacam-se o diâmetro aerodinâmico, a forma, a higroscopicidade e a carga elétrica da partícula. Os fatores físicos determinam a extensão da sedimentação, da impactação, da difusão e da

precipitação eletrostática das partículas depositadas. A anatomia e a geometria do trato respiratório são importantes fatores biológicos que determinam os principais sítios de deposição. A deposição ocorre durante a inspiração e também pode ocorrer durante a expiração (WHO, 2001).

A deposição de partículas na região pulmonar não é aleatória, sendo influenciada por fatores físicos. Observou-se que a maior fração do material inalado é depositado próximo às bifurcações e entradas dos dutos alveolares (ICRP 66, 1994).

### **2.6.1. Modelo Pulmonar Sugerido na Publicação 66 da ICRP**

O modelo, proposto na publicação 66 (ICRP, 1994) leva em consideração informações sobre a deposição e retenção de particulados entre 0,0006 e 100 $\mu$ m, distribuição e absorção de gases inalados, mecanismos de liberação mecânica, influência do fumo, poluentes no ar e doenças do trato respiratório. São feitas considerações de diferentes faixas etárias (recém-nascido, 1 ano, 5 anos, 10 anos, 15 anos e indivíduo adulto), sexo e é aplicável tanto para inalação de gases quanto para inalação de particulados. O modelo divide o trato respiratório em duas regiões principais: extratorácica e torácica. A região extratorácica é composta pelas passagens respiratórias: anterior (nariz – ET1) e posteriores (laringe, faringe e boca – ET2). Um esquema simplificado do modelo de pulmão proposto pelo ICRP 66 é apresentado na Figura 2.8.



**Figura 2.8-** Esquema do trato respiratório sugerido ICRP 66.

### 2.6.2. Modelo de deposição

O modelo de deposição avalia a fração de um determinado aerossol que se deposita em cada região do trato respiratório, para todos os tamanhos de aerossol de interesse prático (0,6 nm – 100 µm). Para a região extratorácica (ET), as medidas de eficiência de deposição estão relacionadas ao tamanho do particulado e ao fluxo de ar inalado, são classificadas por dimensões anatômicas para permitir a avaliação da deposição em diferentes grupos (sexo, idade e etnia). Para a região torácica, um modelo teórico de transporte de gases e deposição de partículas é usado para calcular a deposição nas regiões BB, bb e AI e quantificar os efeitos do tamanho dos pulmões

dos indivíduos e a taxa de respiração. No modelo de deposição de partículas, as regiões são tratadas como uma série de filtros, durante a inalação e a exalação, e a eficiência é avaliada considerando que propriedades aerodinâmicas e termodinâmicas do aerossol atuam de maneira competitiva. As frações de deposição nas regiões do trato respiratório são calculadas para partículas que possuem uma distribuição de tamanho do tipo log-normal, com desvio padrão geométrico ( $\sigma_g$ ) obtido como uma função do diâmetro mediano do particulado, valendo 1,0 para diâmetros de 0,6 nm até 1  $\mu\text{m}$ , e 2,5 para diâmetros de 1  $\mu\text{m}$  ou superiores. Os parâmetros de deposição são estabelecidos para quatro níveis distintos de atividade: dormindo, sentado, exercício leve e exercício pesado. (ICRP, 1994)

### **2.6.3. Mecanismos de depuração**

Assume-se que as partículas depositadas na passagem nasal (ET1) são removidas por meios extrínsecos, como o assoar do nariz. Em outras regiões os mecanismos de liberação competem entre si, entre os quais: o transporte de partículas para o trato gastrointestinal e para os nódulos linfáticos (liberação mecânica) e a absorção no sangue. (ICRP, 1994)

### **2.6.4. Absorção no sangue**

A absorção no sangue depende da forma química e física do material depositado e assume-se que ela ocorre a uma mesma taxa em todas as regiões do trato respiratório, com exceção da região ET1, onde é desconsiderada. O processo de absorção sangüínea apresenta dois estágios: (a) dissociação das partículas do material inalado e (b) absorção do material dissociado. A ICRP na sua publicação 66, (ICRP, 1994), utiliza um modelo compartimental simples para representar a

dependência temporal da dissolução, o qual assume que uma fração do material depositado dissolve-se rapidamente, e o restante do material dissolve-se mais lentamente.

## **2.7. Técnica de PIXE**

### **2.7.1. Fundamentos da técnica**

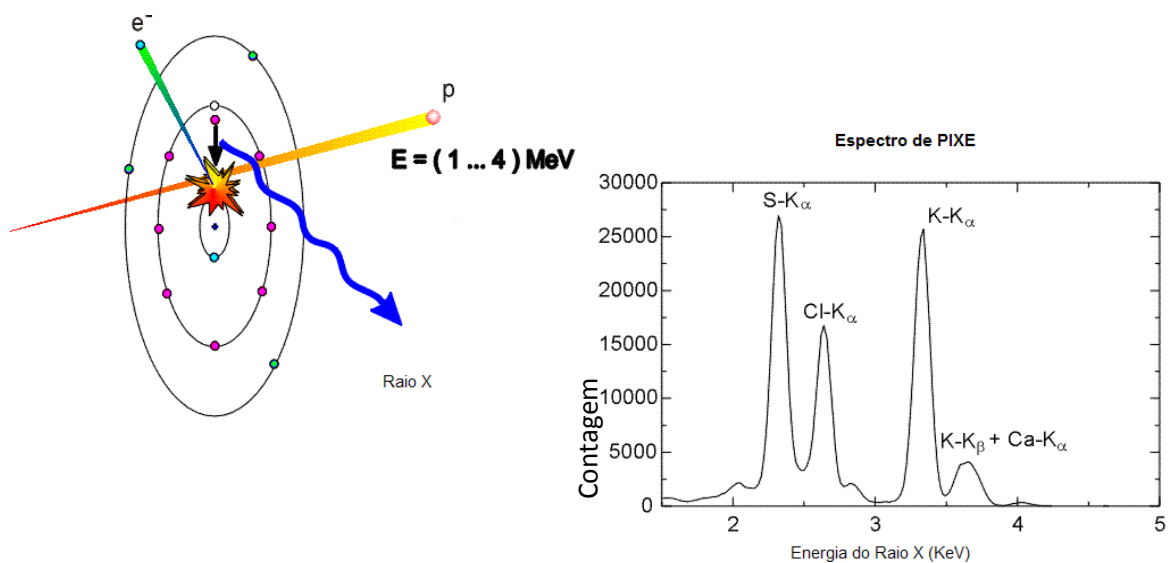
A técnica de PIXE baseia-se na produção de raios X devido à interação entre um feixe de partículas carregadas e os átomos dos elementos presentes na amostra. Quando uma partícula carregada incide em um alvo, existe uma probabilidade de que um elétron de uma camada interna seja ejetado como resultado da colisão da partícula com um átomo da amostra. A ejeção do elétron resulta na criação de uma vacância e deixa o átomo num estado excitado. A desexcitação do átomo ocorre quando um elétron de uma camada ou subcamada imediatamente superior preenche a vacância. A energia liberada pode ser cedida a um elétron ou emitida na forma de raios X característicos, que se deve ao fato dos fótons emitidos serem monoenergéticos e revelarem detalhes da estrutura atômica do elemento químico, assim sua energia e intensidade relativa permitem a identificação do elemento de origem. Na Figura 2.9 é apresentado um esquema simplificado da emissão do raios X induzido pela colisão de um próton assim como o espectro de raios X do S, Cl e K. (JOHANSSON e JOHANSON, 1976)

A demanda pelo PIXE no campo das ciências ambientais aumentou muito nos últimos anos. Nesse campo, existe a necessidade da análise de muitas amostras de aerossóis compostas por elementos de número atômico ( $Z$ ) alto.

Em relação aos diversos métodos de espectrometria o PIXE tem algumas vantagens importantes: seção de choque para a excitação dos átomos com feixe de

prótons de baixa energia não varia muito com Z se comparado aos métodos de ativação neutrônica. Em combinação com um método de concentração o método de PIXE é capaz de determinar elementos de interesse em níveis de ppm, ppb e até mesmo sub-ppb. (JOHANSSON e CAMPBELL, 1995). Então esse método torna-se uma importante ferramenta de pesquisa em para determinação de elementos traços no meio ambiente assim como em organismos humanos e tecidos.

Devido às suas características como a rapidez nas respostas e baixo limite de detecção, da ordem de nanogramas, esta técnica vem sendo amplamente usada em todo o mundo na análise de aerossóis (JOHANSSON e JOHANSON, 1976; NELSON e COURTNEY; 1977; DE PINHO *et al.*, 1979; KISS *et al.*, 1980; BOHGARD, 1983; ARTAXO *et al.*, 1992; FLORES *et al.*, 1993; DIAS DA CUNHA *et al.*, 1995; DIAS DA CUNHA *et al.*, 2000; SUGIHARA *et al.*, 2001; LUCARELLI *et al.*, 2011).



**Figura 2.9** - Emissão de Raio X característico e espectro de PIXE.

Seja um elemento de volume  $dx dy dz$  de uma amostra contendo  $n(x, y, z)$  átomos por unidade de volume de um elemento estudado. Escolhendo o eixo  $z$  como direção dos prótons incidentes, e sendo  $P(x, y)$  a distribuição espacial da intensidade do feixe normalizada para um número total de  $P$  prótons, o número de partículas que

atingem o elemento de volume é dado por  $P(x,y)dxdy$ . Sendo  $\sigma_x(E)$  a seção de choque para produção de raios X por prótons com energia E, o número de fótons emitidos pelos átomos contidos no elemento de volume é: (DE PINHO, 1979).

$$dN_x(\text{produzidos}) = \sigma_x(E) P(x, y) n(x, y, z) dx dy dz \quad \text{eq. (2)}$$

Onde:

$dx dy dz \rightarrow$  elemento de volume;

$n(x, y, z) \rightarrow$  número de átomos do elemento por elemento de volume;

$P(x, y) \rightarrow$  a distribuição espacial da intensidade do feixe normalizada para um número total de P prótons com energia E;

$\sigma_x(E) \rightarrow$  seção de choque do elemento para produção de raios X por prótons com energia E;

Para se calcular a fração detectada destes fótons que é detectada deve-se considerar a probabilidade destes fótons serem emitidos numa direção compreendida pelo ângulo sólido do detector ( $\Omega/4\pi$ ), e de serem registrados pelo sistema de detecção ( $\varepsilon$ ). Além disto deve-se levar em conta a probabilidade de um fóton emitido na direção do detector ser absorvido pela amostra, que é dada por  $e^{-\mu \ell}$  onde  $\ell$  é a distância percorrida na amostra pelos fótons de raios X, e  $\mu$  o chamado coeficiente de absorção linear. Desta forma, o número de fótons detectados provenientes do elemento de volume  $dx dy dz$  é dado por:

$$dN_x = \varepsilon \times \sigma_x(E) \times e^{-\mu \ell} \times \frac{\Omega}{4\pi} \times P(x, y) n(x, y, z) dx dy dz \quad \text{eq. (3)}$$



A seção de choque para produção de raios X depende da energia dos prótons incidentes. Como os prótons perdem energia ao atravessar a amostra, a energia E com a qual chegam ao elemento de volume considerado não é necessariamente igual à energia original  $E_0$  das partículas do feixe.

A fração de raios X detectada pelo detector depende da geometria o arranjo experimental. Como a amostra e o detector estão em vácuo ( $10^{-6}$  torr), pode-se desprezar a atenuação dos raios X pelo meio.

O número total de raios X detectados associados à transição, quando se irradia uma amostra com uma distribuição  $n(x,y,z)$  de átomos do elemento estudado, é dado por:

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \int \sigma_x(E) \times P(x,y) \times n(x,y,z) \times e^{-\mu \ell} \times dx dy dz \quad \text{eq.(4)}$$

Onde:

$\frac{\Omega}{4\pi}$  → ângulo sólido do detector;

t → espessura do alvo;

$\mu$  → coeficiente de absorção linear da amostra;

$\varepsilon$  → eficiência do detector;

Onde o valor da seção de choque é mantido dentro da integral uma vez que ele depende da posição do elemento de volume considerando. Entretanto, se a amostra irradiada é suficientemente fina, pode-se desprezar tanto o efeito de auto-absorção de fótons pela amostra, como a perda de energia dos prótons ao penetrarem no alvo. Nesta aproximação pode-se também desprezar o efeito de absorção dos raios X emitidos. No caso de alvos finos a seção de choque de produção

de raios X para prótons incidindo com uma energia  $E_0$ ,  $[\sigma_X(E_0) = \sigma_X(E)]$  sendo E a energia do próton depois de atravessar o alvo.

Com estas duas aproximações, obtêm-se:

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_X(E_0) \times \int P(x, y) \times n(x, y, z) \times dx dy dz \quad \text{eq. (4)}$$

Procura-se uma relação unívoca entre o número de raios X detectados  $N_x$  e o número total de átomos  $N$  do elemento estudado que estão presentes na amostra. Esta relação permite determinar o número de raios X característicos detectados.

Uma vez que:

$$N = \int [n(x, y, z) dx dy dz] \quad \text{eq. (5)}$$

Observa-se que se o feixe de partículas tem uma distribuição retangular, isto é, se o feixe é uniforme, tem-se que:

$$P(x, y) = \frac{P}{S} \quad \text{eq. (6)}$$

Onde P é o número total de prótons incidindo sobre o alvo e S é a área do feixe definida pelo colimador. Neste caso, independentemente da distribuição dos átomos sobre a amostra, tem-se:

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_X(E_0) \times \frac{P}{S} \int n(x, y, z) \times dx dy dz \quad \text{eq. (7)}$$

E, portanto:

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_X(E_0) \times \frac{P}{S} \times N \quad \text{eq. (8)}$$

A expressão acima permite que se calcule a quantidade de um elemento existente em uma amostra suficientemente fina, desde que se irradie o alvo com um feixe uniforme.

Por outro lado, caso o feixe utilizado não seja uniforme, para que se possa resolver a integral da expressão é dada necessariamente que a distribuição  $n(x,y,z)$  seja constante sobre toda a amostra, sendo  $t$  a espessura da amostra, e considerando a área de incidência do feixe totalmente coberta pela área da amostra, tem-se

$$\frac{N}{St} = n(x, y, z) \quad \text{eq. (9)}$$

E, portanto

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_x(E_0) \times \frac{N}{St} \int P(x, y) \times dx dy dz \quad \text{eq. (10)}$$

Que fornece

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_x(E_0) \times \frac{P}{S} \times N \quad \text{eq. (11)}$$

A condição de que os alvos sejam suficientemente finos para que se possa desprezar a variação da seção de choque, e a auto-absorção pela amostra dos raios X, é discutida por Montenegro (Mo, 77). Chega-se a conclusão de que para alvos de espessura inferior a  $300\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , as correções devido a efeitos de absorção a serem feitas no resultado previsto pela equação 3 são menores ou da ordem de 5%.

N se relaciona com a massa ( $M$ ) do elemento presente na amostra através da seguinte expressão:

$$N = \frac{M \times N_a}{A} \quad \text{eq. (12)}$$

Onde:

M → massa do elemento;

Na → número de Avogrado;

A → massa atômica do elemento;

Assim o número de raios X produzidos por um feixe de prótons com energia  $E_0$  é:

$$N_x = \frac{\Omega}{4\pi} \times \varepsilon \times \sigma_x(E_0) \times \frac{Q \times M}{2,66 \times 10^{-9} \times S \times A} \quad \text{eq. (13)}$$

Onde:

M → massa do elemento presente na amostra ( $\mu\text{g}$ )

$\frac{\Omega}{4\pi}$  → ângulo sólido do detector (esterorradianos)

S → área coberta pelo feixe ( $\text{mm}^2$ )

Q → carga total que atravessa a amostra ( $\mu\text{C}$ )

$\sigma_x(E_0)$  - seção de choque do elemento para a produção de raios X induzida por prótons de energia  $E_0$  (barns)

$2,66 \times 10^{-9}$  → fator de correção de unidades.

Usando a eq. (8) pode-se determinar a massa do elemento presente no volume da amostra irradiado pelo feixe de prótons.

#### 2.7.1.1. Incertezas do Método

As principais fontes de erro no método PIXE são a espessura do alvo, a não homogeneidade do feixe, o aquecimento da amostra e a superposição no espectro de picos de diferentes elementos.

A espessura não nula das amostras ocasiona a diminuição da energia dos prótons ao penetrar no material, causando uma variação na seção de choque de ionização e conseqüentemente no número de raios X emitidos. A absorção destes raios pela própria amostra é também causada pela espessura das amostras. Estes efeitos podem conduzir a uma quantificação errônea dos elementos presentes. Efetuando as correções para amostras espessas ou preparando amostras suficientemente finas para que a perda de energia e a auto-absorção possam ser consideradas desprezíveis, então o erro se torna desprezível (JOHANSSON e JOHANSSON, 1976).

A distribuição dos elementos na amostra geralmente não é homogênea, e é por esta razão que se precisa utilizar um feixe homogêneo para bombardear as amostras. A utilização de um difusor produz um feixe com uma distribuição aproximadamente gaussiana, e atravessando o colimador, com um diâmetro menor do que a largura da gaussiana permite que só a parte central do feixe atinja a amostra. Desta forma é possível conseguir um feixe uniforme, de modo que a taxa de raios X emitidos por cada elemento corresponda apenas ao número de átomos do mesmo presente na amostra (DE PINHO *et al*, 1979).

Quando um feixe muito intenso incide sobre a amostra, pode provocar aquecimento e perda de massa de elementos voláteis. Para eliminar esta fonte de incerteza deve ser utilizado um feixe de baixa intensidade.

Ao analisar o espectro de raios X de amostras multielementares se observa a superposição de linhas de raios X dos elementos presentes. Para elementos com número atômico entre 20 e 50 é freqüente encontrar superposição da linha  $K\beta$  de um elemento com número atômico Z com a linha  $K\alpha$  do elemento com

número atômico  $Z+1$ . Para elementos com número atômico maior que 50 a superposição ocorre entre as linhas  $L\alpha$  e  $L\beta$  (DE PINHO *et al*, 1979).

Para identificar e quantificar os elementos presentes na amostra é preciso conhecer a contribuição de cada um deles ao espectro de raios X total. A análise é feita com espectros padrões, estes são espectros obtidos a partir da irradiação de amostras monoelementares de elevado grau de pureza, nas mesmas condições que a amostra que se deseja analisar.

## CAPÍTULO III

### ***MATERIAIS E MÉTODOS***

A obtenção das amostras para a avaliação da qualidade do ar foi realizada entre os anos de 2009 e 2011. Levando em conta as características arquitetônicas e estruturais, além do fato de serem locais de visitação pública, foram selecionados quatro prédios distintos localizados na cidade do Rio de Janeiro. Em respeito à solicitação da administração das instituições que aceitaram colaborar com o nosso estudo que ocupavam os prédios selecionados a identidade das mesmas foi mantida em sigilo neste trabalho. Assim sendo, cada um dos prédios denominados como Prédio A, Prédio B, Prédio C e Prédio D.

Os Prédios A e B estão situados na Zona Sul da cidade enquanto os Prédios C e D estão situados na Região Central. Os Prédios A e C caracterizam-se por serem prédios antigos, com arquitetura diferenciada dos Prédios B e D, que são construções modernas.

Foram avaliadas as concentrações de radônio *indoor* em todos os prédios a fim de avaliar as possíveis diferenças relativas à idade, à localização e à arquitetura dos prédios.

As concentrações de metais foram avaliadas nos prédio A e C, levando em consideração a localização geográfica diferente a fim de avaliar as contribuições do ambiente externo.

A presença de fungos anemófilos foi avaliada no prédio A, a fim de relacionar os diferentes gêneros isolados no ambiente a queixas apresentadas pelos ocupantes do prédio.

### **3.1. Descrição dos locais de estudo**

#### **3.1.1. Prédio A**

O Prédio A, localizado no bairro da Gávea, Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, foi construído no século XIX. Na construção do prédio foi empregado o granito carioca, barro, pedras e material biológico como sangue, excremento de gado e outros, com janelas de madeira com grades de ferro.

O prédio foi tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1838, após o reconhecimento de seu inestimável valor artístico e histórico, sendo, atualmente, um Centro Cultural onde são realizados eventos culturais e exposições de arte.

As instalações do Prédio consistem em três pavimentos, os dois pavimentos superiores fazem parte , do Centro Cultural que é aberto ao público e onde ocorrem exposições de diversos artistas; e o pavimento inferior, que na construção original tratava-se de um porão suspenso, foi remodelado e atualmente é utilizado como escritório de uma Fundação artística que trabalha com levantamento e organização de obras de arte.

No primeiro pavimento portas e janelas permanecem abertas a maior parte do dia enquanto que no segundo pavimento o ambiente é refrigerado e mantido fechado a maior parte do dia.

Ambos os pavimentos possuem um pequeno número de funcionários que tem uma carga horária aproximada de 40 h semanais.

#### **3.1.2. Prédio B**



O Prédio B, que também está localizado no bairro da Gávea, foi inaugurado no ano de 2005 e caracteriza-se pela sua arquitetura moderna e sua área de 700 m<sup>2</sup>.

Esta construção é rica em granito em suas paredes e em outras estruturas que compõem o ambiente. As janelas são compostas de ferro e vidro. Há estruturas construídas com pó de mármore, resina e pedras, o piso é constituído de material cerâmico. O ambiente é refrigerado, contudo, portas e janelas ficam abertas a maior parte do dia.

Este prédio possui um reduzido número de funcionários com uma carga horária de aproximadamente 30 h semanais e é um espaço de grande circulação pública.

Na figura 3.1 é apresentada uma foto aérea do bairro da Gávea indicando a localização dos Prédios A e B.



**Figura 3.1** - Foto aérea do bairro da Gávea com a localização dos Prédios A e B

### 3.1.3. Prédio C

O Prédio C localiza-se no centro da cidade do Rio de Janeiro, próximo ao aeroporto Santos Dumont e em frente a algumas das principais vias de acesso à cidade, como, por exemplo, a Avenida Perimetral.

O conjunto arquitetônico tornou-se público em 1922 ocupando uma área de 18 mil m<sup>2</sup>. Está instalado em três prédios distintos, construídos em diferentes épocas: 1762; 1822; e 1835.

A construção dos prédios é a base de pedras, granito, mármore, argila, óleo de baleia nas junções e camadas de areia, material normalmente utilizado em construções da época.

Um grande número de funcionários está envolvido no funcionamento da instituição, entre eles estão, pessoal administrativo, pesquisadores, recepcionistas, estagiários, auxiliares de serviços gerais, seguranças, entre outros, que passam longos períodos do dia nestes ambientes. O prédio recebe em média 300.000 visitantes por mês que incluem indivíduos de todas as faixas etárias.

#### **3.1.4. Prédio D**

O Prédio D, considerado órgão de utilidade pública, foi fundado em 5 de agosto de 1946. Localiza-se nas proximidades do Aeroporto Santos Dumont e do corredor cultural do Centro do Rio de Janeiro.

Possui instalações modernas, restaurante com *deck* debruçado sobre a Baía de Guanabara, salões de festas com infraestrutura para realização de eventos para até 500 pessoas. Além disso, abriga os gabinetes da Presidência, Vice-Presidências, Departamentos, Assessorias, Secretaria e Superintendência da Sede.

Na figura 3.2 é apresentada uma foto aérea do Centro da cidade do Rio de Janeiro indicando a localização dos Prédios C e D.



**Figura 3.2** - Foto aérea do centro da cidade do Rio de Janeiro com a localização dos Prédios C e D

### **3.2. Coleta de amostras**

#### **Introdução**

Para avaliação da qualidade do ar foram realizadas amostragens para determinação da concentração de radônio, de metais e avaliação para identificação dos fungos anemófilos nos locais de estudo.

As amostras para determinação da concentração de Rn foram realizadas empregando-se câmaras de difusão com detector Lexan (policarbonato, General Electric), denominados detectores passivos de radônio. Estas medidas foram realizadas em todos os prédios (A, B, C e D) nos anos de 2009 e 2011.

Para as medidas das concentrações de metais as amostras foram obtidas com o auxílio de amostradores de ar portáteis com ciclone, desenvolvidos para a obtenção de amostras na fração respirável do aerossol (partículas < 2,5  $\mu\text{m}$ ). As medidas foram realizadas no ano de 2009 nos prédios A e C.

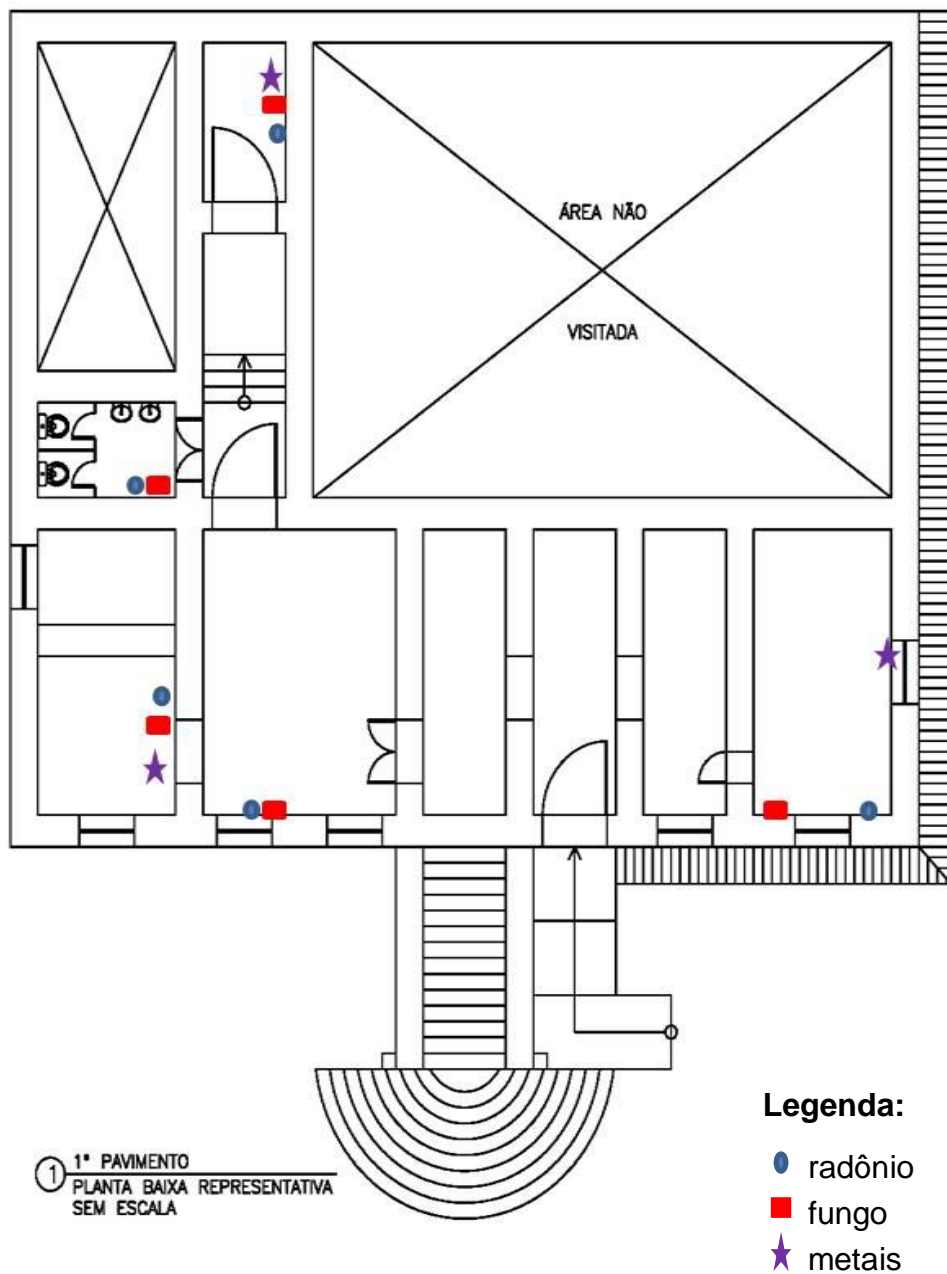
Para a obtenção de amostras de bioaerossóis (fungos anemófilos), foram utilizados meios de cultura seletivos para este tipo de microrganismo. Foi utilizado um método de amostragem passiva baseado na sedimentação de esporos nas placas contendo os meios de cultura. As medidas foram realizadas no prédio A nos anos de 2009 e 2011

## Local de coleta

Nas figuras 3.3, 3.4 e 3.5 é apresentada a planta baixa do 1º, 2º e 3º pavimentos do Prédio A, respectivamente, assim como a demarcação dos pontos de amostragem.

Nas figuras 3.6 e 3.7 é apresentada a planta baixa do 1º e 2º pavimentos do Prédio C, respectivamente, assim como a demarcação dos pontos de amostragem.

Não foram fornecidas as plantas baixas dos demais prédios.



**Figura 3.3** - Planta baixa, Prédio A, primeiro pavimento.

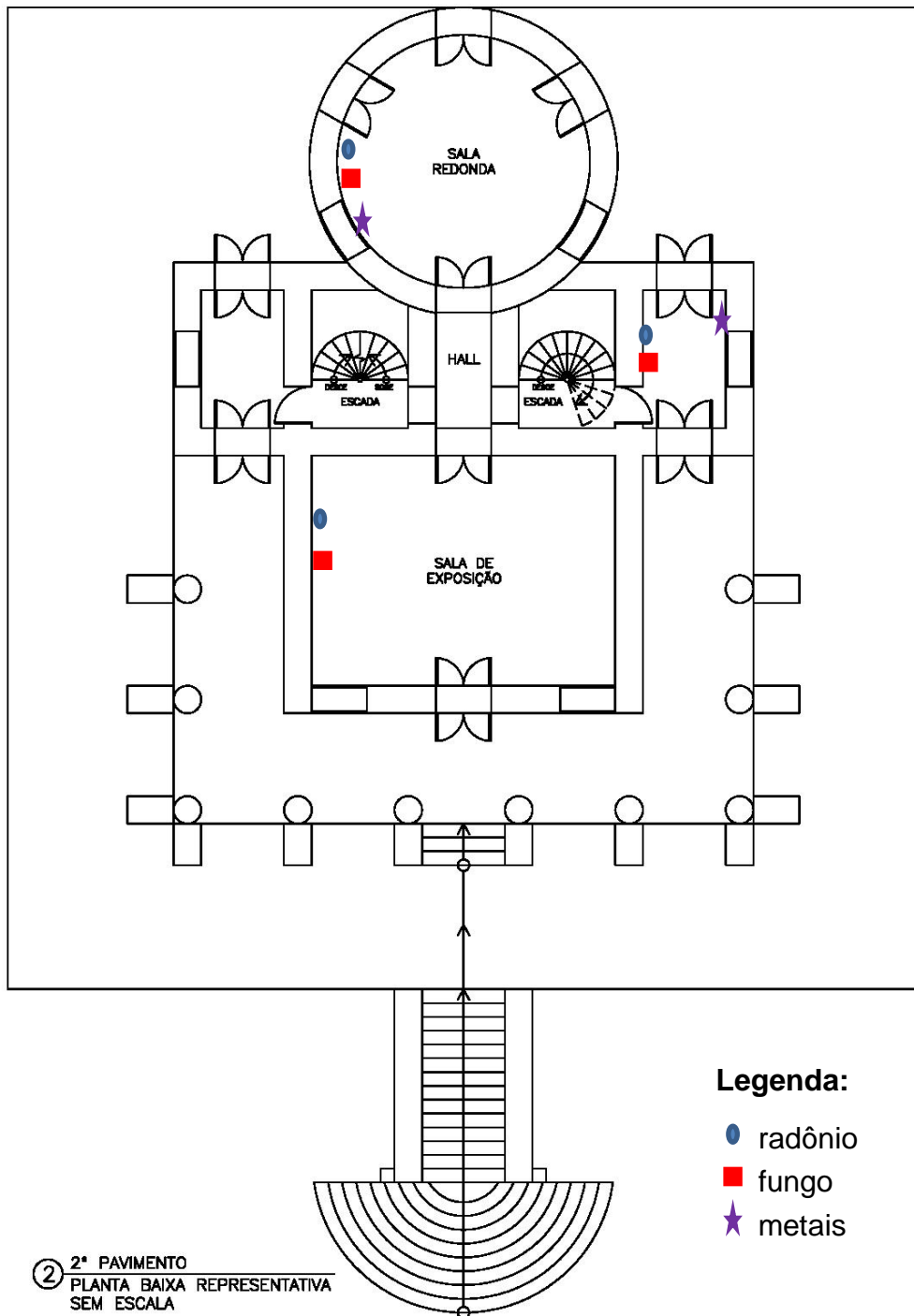


Figura 3.4 - Planta baixa, Prédio A, segundo pavimento.

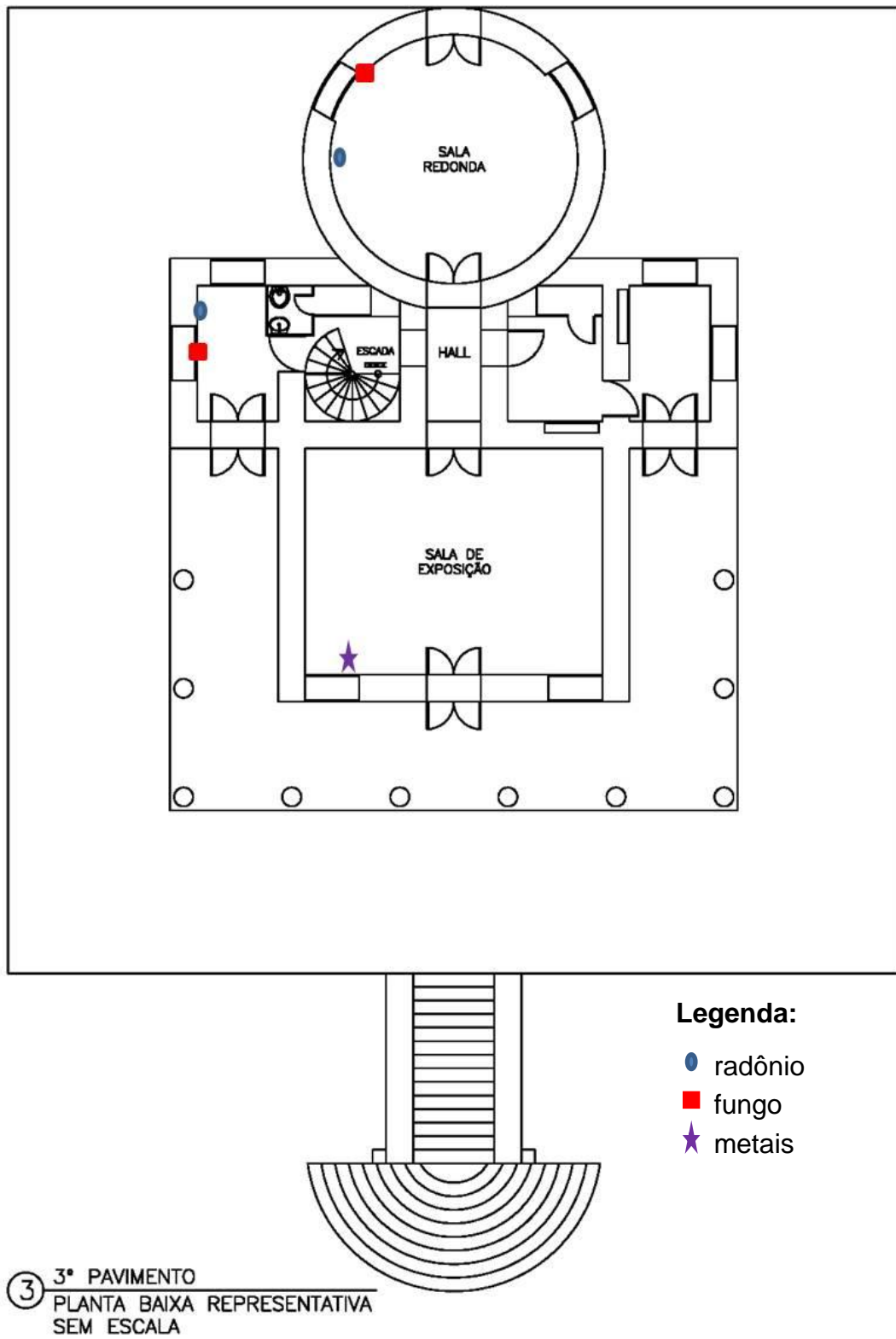


Figura 3.5 - Planta baixa, Prédio A, terceiro pavimento.

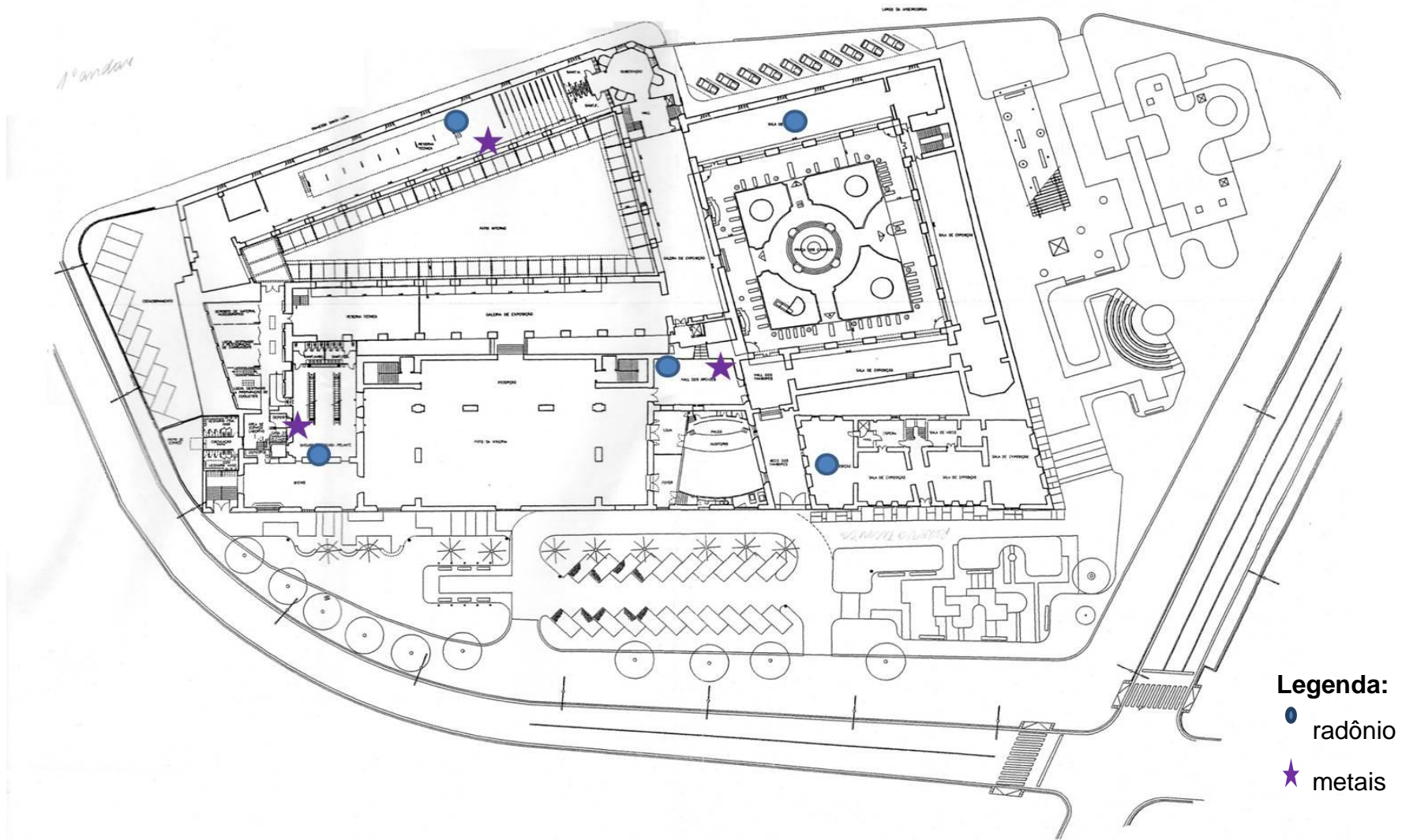
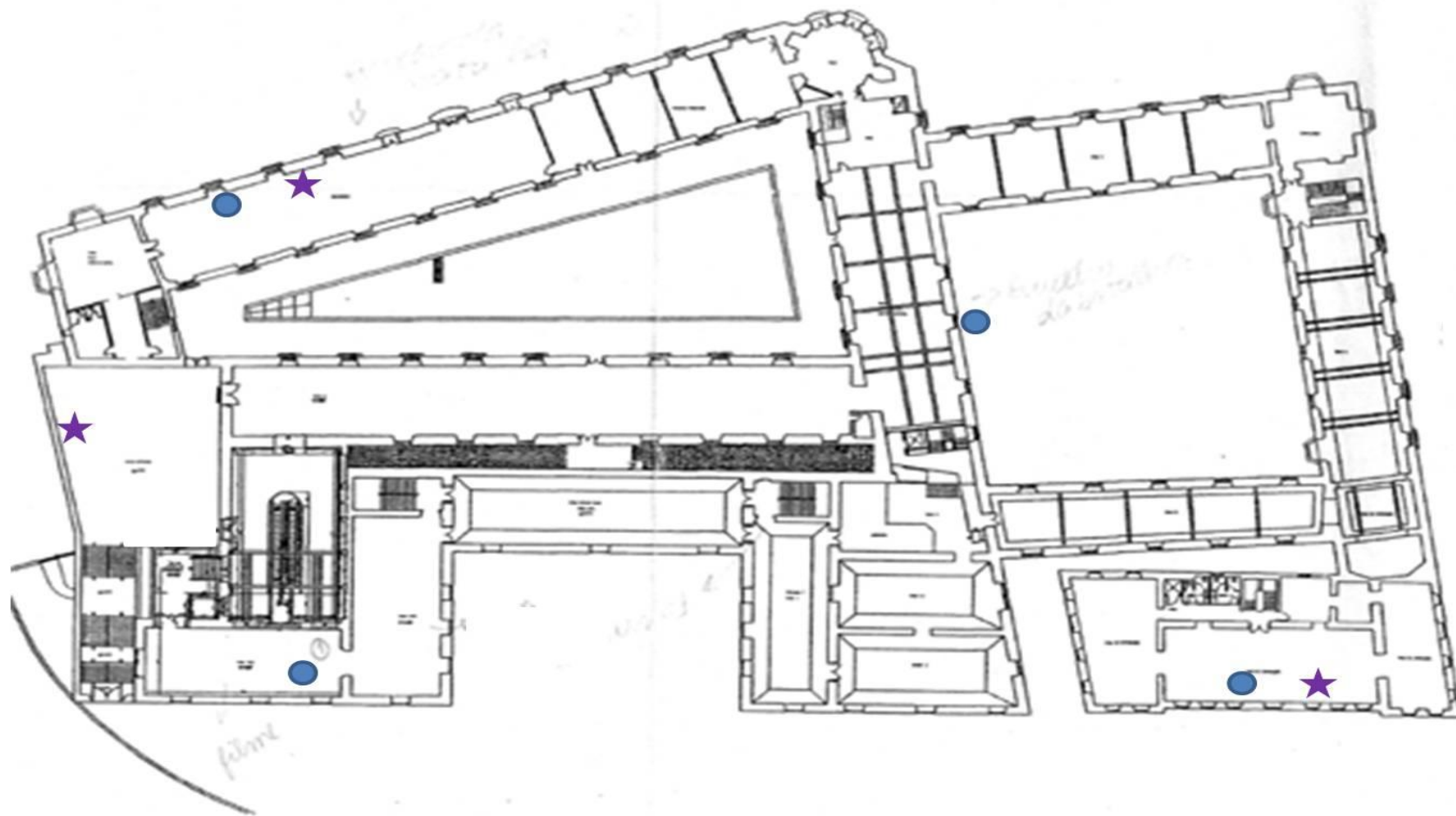


Figura 3.6 - Planta baixa, Prédio C, primeiro pavimento





**Legenda:**  
● radônio  
★ metais

Figura 3.7 - Planta baixa, Prédio C, segundo pavimento.

### 3.3. Medidas das Concentrações de Radônio

#### 3.3.1. Montagem dos amostradores e arranjo experimental.

Para realização das medidas das concentrações de radônio foram utilizadas câmaras de difusão desenvolvidas no Forchungszentrum Karlsruhe (FGK), através da detecção de partículas carregadas em detectores plásticos de traços.

Os detectores de traços têm a propriedade de registrar danos submicroscópicos produzidos em sua estrutura por partículas carregadas. A técnica de medida de concentração de radônio através de detectores de traços já foi bem descrita na literatura. (KNOLL 1979, URBAN *et al.* , 1985, MILES, 1992. MELO *et al.*, 1997)

Na montagem das câmaras de difusão foram utilizadas membranas de fibra de vidro, com aproximadamente 35 mm de diâmetro e 0,35 mm de espessura, onde o material particulado é retido, impedindo que produtos de decaimento do radônio que se encontram em suspensão no ar e as partículas de radônio em *attachment* registrem traços no detector superestimando as medidas. (URBAN *et al.*,1985, MELO *et al.* , 1997 ; BINNS *et al.* 1998; TOMMASINO, 1990)

Os detectores plásticos, as câmaras de difusão e os filtros de fibra de vidro foram todos disponibilizados pelo Laboratório de Medidas de Radônio do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN). Para estas medidas foi utilizado o detector Lexan (policarbonato, General Eletric).

Na figura 3.8 é apresentada uma foto da câmara de difusão e de um detector do tipo Lexan antes da exposição.



**Figura 3.8** - Câmara de difusão e detector Lexan antes da exposição.

Os amostradores foram distribuídos pelos prédios, sendo fixados em paredes, móveis ou pendurados de forma a permanecerem a uma altura média do solo de 1,5 metros de modo a ficar na altura média do nariz humano, por um período de 90 dias (Figura 3.9).



**Figura 3.9-** Arranjo experimental dos amostradores de radônio.

### **3.3.2. Revelação, contagem de traços e cálculo da concentração de radônio.**

Para avaliação da densidade de traços presentes no detector é necessário realizar um processo de revelação eletroquímica, denominado *etching*. Este processo amplia o diâmetro dos traços produzidos no detector, permitindo que estes sejam visualizados a olho nu, sendo possível a contagem dos mesmos.

Após a exposição das câmaras nas áreas de estudo (90 dias), estas foram retiradas, vedadas e levadas até o Laboratório de Medidas de Radônio do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) onde foram desmontadas para a retirada do detector Lexan. Após a retirada da camada de *Mylar* protetora que compõe o detector este foi encaminhado para a etapa de revelação.

Os detectores Lexan passaram por um *Chemical Pre Etching* (CPE) (1000V a 100Hz) durante 40 minutos e após esse período passaram por um processo de *etching* (800 V a 3000 Hz) em 30 ° em uma solução de KOH 6N + 80% de C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH durante três horas. Para este processo foi utilizado o equipamento EES8 marca EKOTRONIC Ltd., disponível no Laboratório.

Após a revelação eletroquímica os detectores foram encaminhados para a etapa de contagem, realizada com o auxílio de um *software* desenvolvido especificamente para este fim, de uso exclusivo do Laboratório, desenvolvido com esta finalidade por PINHEIRO e CARDOZO (2009). Para a realização das contagens os detectores foram digitalizados por um scanner de mesa comum da marca HP modelo 550.

Após contagem dos traços foram realizados os cálculos de concentração do radônio, a concentração de radônio é expressa em Bq/m<sup>3</sup> e é baseada na densidade de traços obtida no detector, na área de contagem, nos dias de amostragem e na sensibilidade do detector (S).

A sensibilidade do detector a partículas alfa na câmara é  $S=13,8$  (traços.  $\text{cm}^{-2}/\text{kBq.m}^{-3}.\text{dia}$ ) . Maiores informações sobre o método esta disponível na literatura. (MELO, 1999).

Desta forma a concentração de radônio é dada por:

$$C = (N / 13,8.a.d).1000 \quad \text{Eq (4.1)}$$

Onde,

$N \rightarrow$  número de traços líquido no detector

$13,8 \rightarrow$  Sensibilidade do detector [ $\text{traços}/\text{cm}^2$ ]/[ $\text{kBq.m}^3.\text{d}$ ]

$a \rightarrow$  área contada  $d \rightarrow$  dias de exposição

Vale ressaltar que, o tempo de exposição dos detectores utilizado neste trabalho (90 dias) foi baseado na calibração das câmaras previamente realizadas no Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN). Esse tempo é considerado ótimo para exposição de policarbonatos segundo diversos autores. (URBAN e PIESCH, 1981; BAIXERAS *et al.*, 1997; MÖRE e HUBBARD, 1997; PRESSYANOV *et al*, 2004).

### **3.4. Caracterização de aerossóis**

A caracterização dos aerossóis foi realizada identificando os elementos presentes, determinando a concentração na fração respirável do aerossol.

As amostras de aerossóis foram coletadas utilizando amostradores seletivos portáteis com ciclone para determinação das concentrações dos metais. As amostragens foram realizadas nos Prédios A e C.

#### **3.4.1. Montagem dos amostradores e arranjo experimental.**

O amostrador portátil com ciclone é constituído por um conjunto de bomba de aspiração e medidor de fluxo (rotâmetro), que é colocado em um suporte de PVC distando 1,50 m do chão. O princípio de funcionamento destes amostradores baseia-se nas propriedades aerodinâmicas das partículas (HINDS, 1998). Nas Figuras 3.10 (a) e (b) são apresentadas fotografias do amostrador portátil de com o ciclone.



(a)



(b)

**Figura 3.10 - (a) e (b)** Fotografias mostrando o amostrador portátil com ciclone para coleta de partículas na fração fina do aerossol.

As partículas presentes na fração respirável do aerossol ( $< 2,5 \mu\text{m}$ ) foram depositadas sobre filtros de polycarbonato Nuclepore com porosidade de  $0,4 \mu\text{m}$  com  $37 \text{ mm}$  de diâmetro. O diâmetro de corte do ciclone é de  $2,4 \mu\text{m}$  e a vazão de operação foi de  $2 \text{ L/min}$ , todos os amostradores foram calibrados usando um calibrador primário de vazão da Gillian®. As vazões dos amostradores foram mantidas constantes, pois uma variação de  $10\%$  na vazão acarreta uma diferença de  $1\%$  no valor do diâmetro de corte (DIAS DA CUNHA, 1997).

A altura de  $1,50 \text{ m}$  do chão foi mantida com o auxílio de tripés desenvolvidos no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD). Na figura 3.11 é apresentado um exemplo do arranjo experimental do amostrador portátil com ciclone nos locais de estudo.



**Figura 3.11** - Arranjo experimental do amostrador portátil com ciclone.

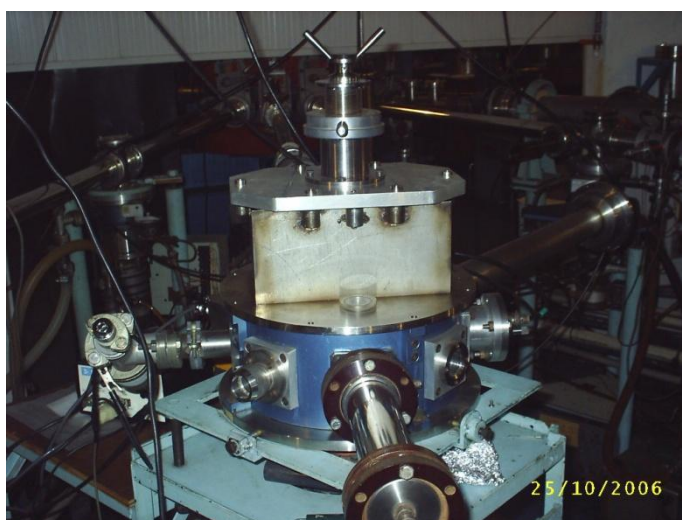
Cada um dos amostradores foram expostos por um período de 15 dias, utilizando o mesmo filtro, no horário de funcionamento dos prédios (horário comercial, cerca de oito horas por dia) e após a amostragem estes filtros foram preparados para análise pela técnica de PIXE, que permite a identificação e quantificação dos elementos presentes nesta fração do aerossol.

### 3.4.2. Técnica de PIXE

As amostras foram analisadas pelo método PIXE (Particle Induced X Ray Emission) para determinação da concentração elementar.

As amostras foram irradiadas na câmara de espalhamento localizada na linha a  $15^\circ$  do acelerador eletrostático Van de Graaff, de 4 MV, do Departamento de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). Foi usado um feixe de prótons de 2,0 MeV e uma corrente média no alvo de 20 nA.

Na Figura 3.12 é apresentada uma fotografia do arranjo experimental usado na linha de PIXE do acelerador van de Graaff..



**Figura 3. 12** - Arranjo experimental utilizado.

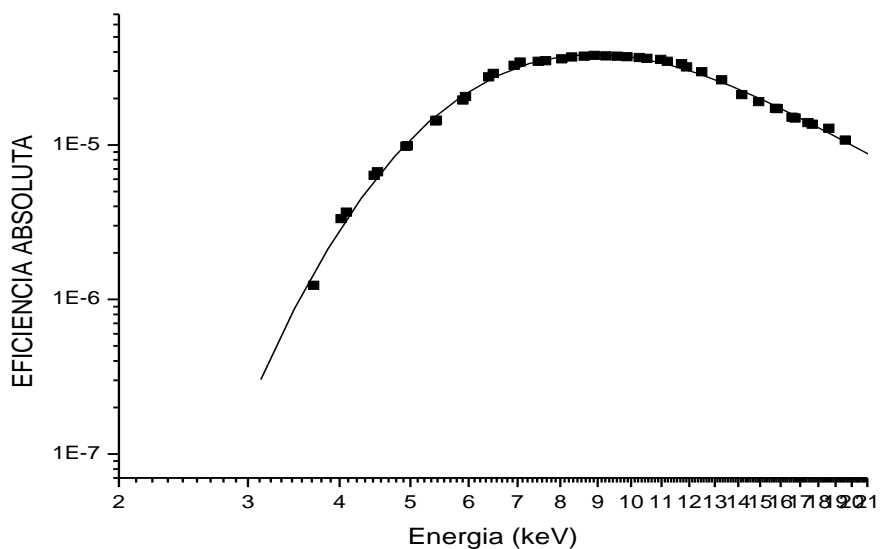


As amostras foram colocadas na torre de suporte da câmara que permite colocar 39 alvos no interior da câmara simultaneamente, ele foi disposto perpendicularmente à direção do feixe de prótons. A pressão interna na câmara de espalhamento é inferior a  $2 \times 10^{-6}$  torr.

Na entrada da câmara estão localizados dois colimadores de 4 e 5 mm de diâmetro cada um. O copo de Faraday, utilizado para determinação da corrente que passa pelo alvo, foi colocado diametralmente oposto à entrada do feixe na câmara. O detector de raios X foi colocado a  $135^\circ$  em relação à direção do feixe incidente sobre as amostras. Os raios X característicos emitidos pelos elementos presentes nas amostras são detectados por um detector do tipo Si-PIN, com janela de berílio, modelo Amptex XRT-100. Os espectros de raios X são analisados em um analisador multicanal (marca NORLAND) e armazenados em um computador conectado à saída do multicanal situado após o alvo. A carga e o tempo de irradiação são contados utilizando um Timer Counter, modelo Ortec EG7G 994.

#### 3.4.2.1. Calibração

A curva de eficiência absoluta é determinada irradiando-se alvos padrões conhecidos nas mesmas condições experimentais das amostras e determinando as relações  $K_\alpha/K_\beta$  para cada elemento. A curva foi obtida normalizando a razão  $K_\alpha/K_\beta$  do elemento Z+1 em relação à razão  $K_\alpha/K_\beta$  do elemento Z. Este procedimento, descrito em detalhes na literatura, evita a necessidade de correções devido à geometria do arranjo experimental (PASCHOA, *et al.*, 1977; DIAS DA CUNHA, 1988). A curva de eficiência absoluta está representada na Figura 3.13.



**Figura 3.13** - Curva de eficiência absoluta do detector de Raios-X.

Como absorvedor foi utilizada uma folha de Al com 0,2 mm de espessura na janela do detector de raios X. O uso de absorvedores sobre a janela do detector tem por objetivo atenuar os raios X das linhas L, M, N de baixa energia, possibilitando obter-se um espectro com baixo ruído de fundo e, portanto, mais fácil de analisar. Uma desvantagem no uso de absorvedores é a atenuação dos raios X de elementos leves como S, Si e K.

#### 3.4.2.2. Limite de detecção

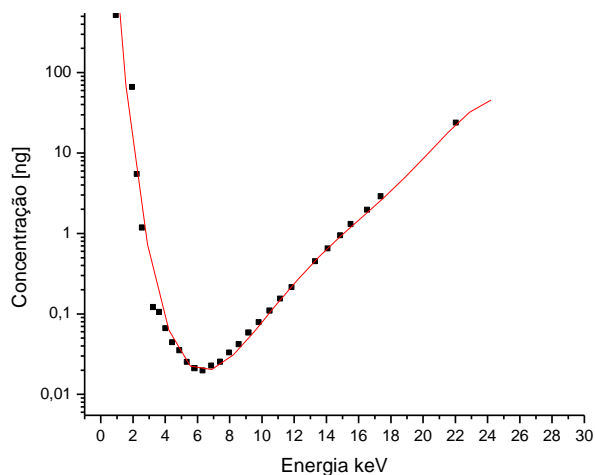
O limite de detecção do método PIXE foi determinado pela seguinte equação (KNOLL, 1979):

$$LMD = 3\sqrt{N_{xBg}} \tag{eq (14)}$$

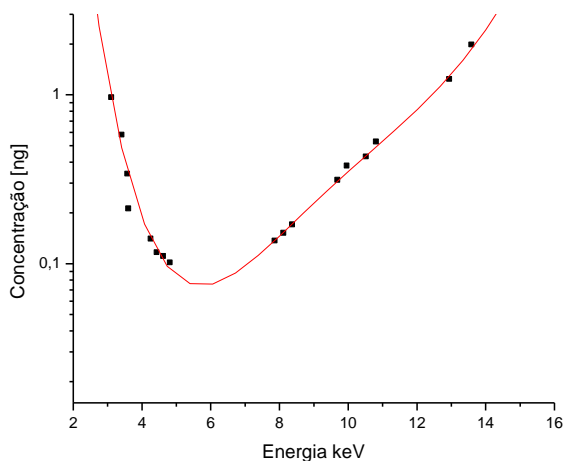
Onde:

$N_{xBg}$  → número de contagem da radiação de fundo na região de interesse.

O limite de detecção da técnica de PIXE para cada elemento depende da energia das partículas incidentes, da seção de choque dos elementos irradiados e do arranjo experimental. Devido à variação da seção de choque foram determinadas duas curvas de limite de detecção, uma para os elementos leves ( $Z \leq 42$ ), identificados pelas linhas  $K\alpha$  e outra para os elementos pesados ( $Z \geq 43$ ), identificados pelas linhas  $L\alpha$ . Nas Figuras 3.14 e 3.15, são apresentadas as curvas dos limites de detecção para os elementos de linhas de energia  $K\alpha$  e  $L\alpha$ , respectivamente. Estas curvas foram ajustadas aos pontos experimentais, com auxílio do programa Origin® 6.0 (Microcal Software Inc.).



**Figura 3. 14** - Curva do limite de detecção do método PIXE, para os elementos leves ( $Z \leq 42$ ), identificados pelas linhas de energia  $K\alpha$ .



**Figura 3.15** - Curva do limite de detecção do método PIXE, para os elementos pesados ( $Z \geq 43$ ), identificados pelas linhas de energia  $L\alpha$ .

A uniformidade do feixe foi obtida com o sistema de colimadores utilizados. Assim, ao garantirmos que toda amostra estava dentro da área do feixe, foram eliminadas as incertezas associadas à não uniformidade do feixe e não homogeneidade da amostra.

### 3.4.2.3. Análise de espectros

Os espectros multielementares obtidos das amostras foram analisados através do programa de computador FITU, desenvolvido para este fim no laboratório Van de Graaff (BARROS LEITE *et al*, 1979). A contribuição de cada elemento presente na amostra foi determinada comparando-se ao espectro padrão. O espectro padrão é obtido irradiando, nas mesmas condições experimentais das amostras, um alvo do elemento de interesse. O espectro padrão (espectro monoelementar) é sobreposto ao espectro da amostra (espectro multielementar). O alvo padrão é normalizado em relação à contribuição do elemento no espectro da amostra e em seguida é subtraída a contribuição do elemento no espectro da amostra. Os espectros dos elementos com

$Z \leq 42$  (Mo) são normalizados em relação as linhas  $K\alpha$  e  $K\beta$  e os espectros dos elementos mais pesados  $Z \geq 42$  são normalizados em relação as linhas  $L\alpha$  e  $L\beta$ .

### 3.5. Isolamento de fungos do ar

Para isolamento de fungos presentes no ar (anemófilos) foi escolhida uma técnica qualitativa amplamente utilizada e descrita na literatura baseada nas características de esporulação dos fungos.

Esta técnica, conhecida como *Settle Platte*, consiste na amostragem passiva por sedimentação dos esporos em suspensão no ar em placas contendo meios de cultura seletivos durante tempos pré-fixados de forma que os esporos em suspensão no ar sejam sedimentados na superfície do meio com uma taxa de deposição média de  $0,46 \text{ cm}^3/\text{s}$ . (PASQUARELLA *et al*, 2000).

Foram utilizados dois meios de cultura:

- Meio “Malt Extract Agar – Yeast na Molds” (MEAYM): amplamente utilizado para isolamento e cultivo de leveduras e bolores, além de organismos acidúricos, é recomendado pela ANVISA (RE-176) como meio seletivo para fungos anemófilos.

- Meio “Saboraud Dextrose 4% Agar” (SDA): meio com altas concentrações de carboidratos, favorecendo o crescimento de diversas espécies de fungos é recomendado pela ANVISA (RE-176) para isolamento de fungos anemófilos. (ANVISA, 2003; GAVA, 2002)

A composição e modo de preparo dos meios são apresentados no Anexo A.

Os meios foram preparados no Laboratório de Controle Microbiológico de Produtos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia dos Alimentos da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal Fluminense, vertidos em placas de

Petri de 9 cm de diâmetro esterilizadas e após a solidificação foram mantidas fechadas e refrigeradas até o momento da amostragem.

Nos pontos de amostragem as placas foram dispostas de forma a permanecerem a uma altura de 1,20 a 1,50 m, sendo abertas e mantidas em exposição por 20 minutos corridos, sendo aplicado o mesmo procedimento nos períodos da manhã e da tarde.

Após a exposição os meios foram lacrados com fita transparente e encaminhados (sendo mantidas resfriadas durante todo o trajeto) imediatamente para o Laboratório de Caracterização de Aerossóis do Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) onde foram incubadas à temperatura ambiente (25 °C) por 7 , tempo apropriado para crescimento das Unidades Formadoras de Colônias (UFC). (GAMBALE *et al.* 1993).

Nas figuras 3.16 (a), (b), (c), (d), são apresentadas placas expostas nas áreas de estudo após o período de incubação.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 3.16 - (a); (b); (c) e (d)** Aparência das placas contendo meios de cultura após exposição e período de incubação.

Após decorrido o período de incubação foram realizadas avaliações macroscópicas (visualização das colônias) até o nível de gênero com o auxílio do Banco de Imagens *doctorfungus.org.*, permitindo uma avaliação qualitativa dos ambientes estudados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Concentrações de Radônio

Amostradores passivos contendo detectores de policarbonatos (Lexan) foram utilizados para coletar amostras de radônio livre em quatro prédios diferentes. A concentração de radônio livre foi determinada com base no número de traços produzidos pelas partículas alfas no detector durante o decaimento do radônio. As amostras foram coletadas 4 prédios em 2009 e 2011.

Os valores da concentração médias de radônio estão expressos ( $\text{Bq/m}^3$ ). As concentrações médias de radônio e os desvios padrão calculados para cada prédio são apresentados na tabela 4.1.

**Tabela 4.1.** Médias das concentrações de radônio *indoor* e desvios padrão calculados para cada prédio.

PRÉDIO	ANO	CONCENTRAÇÕES ( $\text{Bq/ m}^3$ )			
		MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MÍNIMO	MÁXIMO
A	2009	57.7	26.5	13.9	157
	2011	146	41.6	86.7	247
B	2009	48.1	12.6	32.2	66.8
	2011	136.1	25.6	85.3	166
C	2009	86.8	26.7	47.4	136
	2011	95.2	26.4	59.9	150
D	2009	35.9	9.07	22.4	54.5
	2011	70.3	19.0	40.5	122

As concentrações médias de radônio calculadas indicam que houve um aumento da concentração em 2011 em relação ao ano de 2009, estando, contudo, abaixo dos valores médios de concentração de radônio abaixo das médias em



ambientes de trabalho fechados na Itália (TREVESI *et al.*, 2012) ( $153 \text{ Bq/m}^3$ ) contudo acima do valor médio de concentração em residências da cidade do Rio de Janeiro (de  $40 \text{ Bq/m}^3$ ) exceto no prédio D em 2009 (MAGALHÃES (1999)

As concentrações de radônio nos prédios antigos (prédios A e C) e nos prédios modernos (prédios B e D) variaram de 13,9 a 247 e de 22,37 a  $122 \text{ Bq/m}^3$ , respectivamente. Em apenas duas amostras coletadas em um dos prédios antigos os valores da concentração estavam acima dos valor máximo de concentração medido em residências localizadas na cidade do Rio de Janeiro ( $40 \text{ Bq/m}^3$ ) (MAGALHÃES 1999). As concentrações médias de radônio nos prédios modernos estavam na mesma faixa das concentrações de radônio determinadas nas residências.

As distribuições das concentrações de radônio em cada prédio foram comparadas utilizando o teste estatístico não-paramétrico ordenado de Mann-Whitney, com nível de confiança de 95%. (ZAR, 1999). As Tabelas F1,F2,F3,F4,F5,F6,F7 e F8 no Anexo F apresentam os resultados dos testes estatísticos

Os resultados do teste estatístico mostram que a distribuição das concentrações de radônio em todos os prédios variaram durante a amostragem, nas amostras coletadas em 2009 os valores das concentrações de radônio foram inferiores aos valores calculados nas amostras coletadas em 2011. Esta variação temporal nos valores das concentrações pode ser atribuída a variação climática no período de amostragem. Em 2009 no período da amostragem, a temperatura média variou de 25,7 a 26,6 °C e a umidade relativa do ar média variou de 82,9% a 84,2% enquanto que em 2011 a temperatura média variou de 25,3 a 28 °C e a umidade relativa do ar variou de 73,2 a 86,3%. Embora as amostras tenham sido coletadas em áreas fechadas essas variações de temperatura e umidade podem ter interferido na variação nas concentrações de radônio.

Os resultados dos testes estatísticos também indicam que as concentrações médias nos prédios antigos não foram iguais às concentrações nos prédios modernos.

As concentrações médias de radônio em prédios antigos foram maiores que nos modernos como previamente concluído. Esta variação na concentração entre prédios antigos e novos foi atribuída a diferença entre os projetos, pois os prédios modernos são mais ventilados que os prédios antigos e também ao material de construção, pois na construção dos prédios antigos foram utilizadas mais pedras que no moderno e a camada de reboco que recobre a parede de pedra é mais fina que nos modernos ou em alguns casos inexistente.

Os resultados mostram que as concentrações médias estão abaixo dos valores de Rn recomendado pela USEPA 148 mBq/m<sup>3</sup>.

#### **4.2. Concentrações de metais**

As amostras de partículas de poeira na fração fina foram coletadas para avaliar o possível transporte de partículas do exterior para o interior dos prédios. As concentrações de metais no ar foram medidas no interior do prédio A e do prédio C. As concentrações médias de metais *indoor* nesses prédios foram comparadas com as concentrações de metais medidas externamente nas áreas onde localizam-se os prédios encontrados na literatura. As concentrações médias de metais são apresentadas na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2.-** Concentrações médias de metais nos prédios A e C.

Elemento	Concentrações ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
	Média		Desvio Padrão		Mínimo		Máximo	
	A	C	A	C	A	C	A	C
S	<DL*	4.6E+00	<DL*	3.8E+00	<DL*	7.0E+01	<DL*	1.8E+02
Cl	1.2E+02	2.5E-01	7.6E+01	1.9E-01	7.0E+01	9.2E-04	1.8E+02	1.6E+00
K	7.6E-01	<DL*	8.1E-01	-	9.2E-04	<DL*	1.6E+00	<DL*
Ca	2.9E-01	<DL*	5.4E-01	-	2.1E-01	<DL*	1.2E+00	<DL*
Cr	1.5E-03	9.9E-04	9.1E-04	6.9E-04	5.2E-04	1.0E-02	3.2E-03	2.1E-02
Ti	1.6E-02	<DL*	7.7E-03	-	1.0E-02	<DL*	2.1E-02	<DL*
Mn	2.4E-04	1.8E-04	1.7E-04	2.1E-04	7.6E-05	1.2E-04	6.8E-04	2.5E-04
Fe	1.4E-02	5.0E-03	2.4E-02	6.5E-03	1.3E-03	4.0E-02	9.1E-02	9.1E-02
Ni	3.3E-04	3.5E-04	2.0E-04	2.5E-04	4.0E-05	4.0E-05	6.3E-04	6.0E-05
Cu	6.6E-04	1.2E-04	8.1E-04	2.5E-05	7.5E-05	1.0E-03	2.3E-03	2.3E-03
Zn	8.5E-04	3.6E-04	8.3E-04	2.1E-04	1.9E-04	1.7E-03	2.4E-03	2.4E-03

\*Detection limit (limite de detecção)

Os resultados da análise das amostras de poeira coletadas no prédio A indicam a presença de partículas contendo Cl, K, Ca, Cr, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu e Zn. Estudos anteriores avaliaram a qualidade do ar em áreas externas próximas ao ao prédio A (LIZARRAGA *et al* 1995; DIAS DA CUNHA *et al.* 2000), embora esses estudos tenham sido realizados em áreas externas foram identificadas partículas de aerossol contendo os mesmos metais, indicando que a fonte das partículas contendo metais identificadas no interior do prédio A pode estar localizada no exterior do prédio. Estes resultados indicam o transporte de partículas geradas nas áreas externas é uma importante fonte de partículas mesmo em áreas fechadas. Embora o prédio A esteja localizado a 3 km da praia, foram identificadas partículas contendo cloro que caracterizam o aerossol marinho que foram geradas na praia. Estas partículas também foram identificadas por LIZARRAGA *et al* (1995); as partículas contendo K, Ca, Ti e Mn indicam que partículas de solo foram transportadas para dentro do prédio. As partículas transportadas pelo ar contendo K e Ca podem indicar a presença de partículas de origem vegetal, pois estas podem ter sido geradas pela vegetação próxima ao prédio. Partículas contendo Cr, Ni e Cu podem ser geradas por fontes antropogênicas. Partículas contendo Fe e Zn podem ser originadas de fontes naturais ou antropogênicas.

No prédio C foram identificadas partículas na fração respirável do aerossol contendo S, Cl, Cr, Mn, Fe, Ni. Contudo não foram identificadas partículas transportadas pelo ar contendo K, Ca e Ti, sugerindo que não existia fontes destas partículas próximas a esse prédio. O prédio C está localizado em uma área da cidade sem vegetação ou solo expostos. As partículas contendo S e Cl indicam a presença de aerossol marinho em áreas fechadas do prédio C. Estas partículas foram geradas na Baía de Guanabara que se localiza a cerca 50 m do prédio, sendo transportadas para o interior do prédio. Partículas contendo Cr e Ni são de origem antropogênica e

podem ter sido geradas pelo intenso tráfego de automóveis nas vias que circundam o prédio C.

Esses resultados demonstram que a qualidade do ar no ambiente no entorno do prédio pode ser uma fonte de aerossóis indoor no prédio, mesmo que este seja um prédio fechado, contribuindo para a qualidade do ar *indoor*. Deste modo, os estudos de avaliação da qualidade do ar indoor devem incluir o estudo do ambiente externo. O controle ambiental e a redução de poluentes no ar externo são fatores importantes na qualidade ar no interior dos prédios. Os resultados deste estudo também indicam que o transporte de aerossóis de fontes distantes pode ser uma fonte de aerossol indoor. Assim, as pessoas em ambientes fechados estão expostas tanto aos aerossóis gerados no interior dos prédios com aos aerossóis externos.

No caso específico de museus e galerias de arte deve ser dada atenção especial ao aerossol marinho que pode causar danos ao arco do museu devido a presença do cloreto de sódio e enxofre.

### **4.3. Presença de Fungos**

Como apenas alguns dos trabalhadores do prédio A apresentavam queixas de possíveis patologias respiratórias que poderiam ser causadas por exposição a fungos, o estudo sobre a exposição a fungos foi feito apenas neste prédio.

As amostras foram coletadas utilizando o método de sedimentação em placas de meio de cultura (*settle plate*) (PASQUARELLA *et al.*, 2000). Como meios de cultura foram utilizados os meios Sabouraud Dextrose Agar (Ágar Sabouraud) e o meio Malt Agar (Ágar Malte).

Foram feitas análises qualitativas com identificação destes organismos até o nível de gênero através da identificação morfológica macroscópica de colônias com o auxílio do Banco de Imagens *doctorfungus.org*.

Na tabela 4.3 são apresentados os gêneros encontrados no Prédio A e a frequência relativa para cada gênero em relação ao total.

**Tabela 4.3.** Gêneros de fungos anemófilos identificados no Prédio A.

Gêneros	Frequência relativa (%)			
	Meio de cultura			
	Ágar Sabouraud		Ágar Malte	
	Ano		Ano	
	2009	2011	2009	2011
<i>Aspergillus</i>	39,2	82,4	46,7	60,5
<i>Candida</i>	14,0	6,0	14,3	32,4
<i>Saccharomycopsis</i>	1,1	0,4	1,7	0,0
<i>Phaffia</i>	6,5	0,0	10,4	0,0
<i>Aurobasidium</i>	0,4	0,0	0,0	0,0
<i>Penicillium</i>	1,7	3,9	0,4	2,7
Não identificado	37,1	7,3	24,0	4,4

Segundo a análise qualitativa foram identificados seis diferentes gêneros de fungos anemófilos, sendo, entre eles, o mais frequente o gênero *Aspergillus* spp., com uma frequência relativa variando de 39,2 a 82,4 %.

As amostras foram coletadas durante dois períodos do dia manhã e tarde de modo a verificar uma possível variação na concentração de alguns gêneros de fungos devido as mudanças climática ao longo do dia, como variação de temperatura, ventilação, umidade e incidência de raios solares no interior do prédio que costumam ocorrer ao longo do dia.

A distribuição da concentração entre manhã e tarde foram comparadas utilizando o teste não-paramétrico ordenado de Mann-Whitney, com nível de confiança

de 95%. (ZAR, 1999). Os resultados obtidos através da aplicação dos testes estatísticos indicaram que não houve variação entre as amostras coletadas durante o período da manhã e da tarde, desta forma, podemos supor que indicando que as variações climáticas de temperatura e umidade registradas durante a coleta das amostras) externas que ocorrem ao longo do dia não influenciaram na concentração dos microrganismos no ar.

As amostras de bioaerossóis foram coletadas utilizando dois meios de cultura. As concentrações de *Aspergillus* spp. e de *Candida* spp. Também foram comparadas utilizando também o teste não paramétrico ordenado de Mann-Whitney, com nível de confiança de 95% (Zar 1999) que foi usado para estudar as variações temporais da concentração dos microrganismos. Estes dois gêneros foram escolhidos para o estudo da variação do tipo de meio de cultura por apresentarem as concentrações mais altas em relação os demais gêneros identificados no prédio. Os resultados do teste estatístico indicaram que não houve variação na distribuição da concentração do *Aspergillus* spp. e da *Candida* spp. quando coletadas utilizados os meios Sabouraud Dextrose Agar (Ágar Sabouraud) e o meio Malt Agar (Ágar Malte). Contudo variações climáticas intensas observadas durante o período de coleta, como estações do ano e variações de um ano para outro influenciaram nas concentrações destes microrganismo no interior do prédio.

As concentrações dos fungos do gênero *Aspergillus* spp. variaram de um período de coleta para outro, tanto nas amostras coletadas usando o meio Sabouraud Dextrose Agar (Ágar Sabouraud) e o meio Malt Agar (Ágar Malte), em 2011 os valores de concentração foram mais elevados que em 2009. Embora, as amostras do gênero *Candida* spp. também tenham variado nos dois períodos de coleta elas não apresentaram uma constante de comportamento nos dois meios de cultura. Como não foram observadas mudanças significativas nas taxas de ventilação dos prédios ou

qualquer outra modificação nos prédios as variações das condições climáticas externas podem ter influenciado no desenvolvimento das colônias de fungos.

Os fungos do gênero *Aspergillus* spp. são agentes etiológicos de infecções oportunistas, que podem ser graves como a Aspergilose Invasiva (AI), que afeta indivíduos imunodeprimidos, afetando os pulmões ou mais simples como alergias respiratórias e tóxicas. (RICHARDSON e WARNOCK, 2003; RAJA e SINGH, 2006).

O gênero *Candida* spp. possui cerca de sete espécies patogênicas que podem estar envolvidas em infecções boca, garganta, couro cabeludo, vagina, dedos, unhas, brônquios, pulmões, trato gastrointestinal ou generalizado, como na septicemia, endocardite e meningite. Neste trabalho não foram identificadas espécies, logo, não foi possível avaliar a presença de alguma das espécies patogênicas. Diversas espécies de *Candida* spp. podem gerar infecções oportunistas.

O gênero *Penicillium* spp. é um dos mais encontrados nos “Edifícios Doentes”, é responsável por desencadear reações alérgicas, asma e infecções oportunistas. (EZEAMUZIE *et al.*, 2000; LANDER *et al.*, 2001; NOLLES *et al.*, 2001)

Os demais gêneros identificados são frequentemente encontrados em amostras ambientais e raramente estão envolvidos em manifestações clínicas.

#### **4.3.1. Estudo de Caso**

A exposição direta ou indireta a fungos pode causar danos à saúde humana, contudo existe uma grande variedade de fungos que podem causar patologias diferentes com diferentes graus de risco para a saúde. Dentre estes tipos de fungos destacam-se os fungos anemófilos visto que, a exposição crônica a diversas espécies pode gerar efeitos indesejados (SRIKANTH *et al.*, 2008).



Dentre os trabalhadores do prédio A que se queixavam de alguma patologia respiratória foi selecionado um que se dispôs a colaborar com o projeto. Este trabalhador fez um breve relato de seu histórico médico anterior a identificação dos fungos e pós a identificação dos mesmos.

A rotina de trabalho deste trabalhador inclui 8 horas por dia no interior do prédio A. No ano de 2010 este trabalhador começou a observar e sentir-se desconfortável com as seguintes manifestações clínicas: aumento de secreção de muco pelos brônquios, tosse seca e chiado no peito durante a noite, ao deitar.

Após avaliação médica foi observada um problema pulmonar crônico, tendo sido, então iniciado um tratamento com os medicamentos *Levofloxacino*, antibiótico amplamente utilizado em infecções bacterianas em diversos órgãos. Além do medicamento anterior foram prescritos também *Bromhexine* e *N-acetylcysteine* visando a redução da produção de muco, e *Tiotropium*, utilizado na prevenção de chiados e de paradas respiratórias em pacientes portadores de doenças obstrutivas crônicas (COPD).

Algum tempo após o início do tratamento não foi observada evolução positiva no quadro clínico do paciente, logo, tornou-se necessário realizar uma busca mais específica sobre as possíveis causas da infecção.

Após a identificação da presença dos gêneros *Aspergillus* spp. e *Candida* spp. no ar do prédio A, o trabalhador informou à equipe médica que o acompanhava na busca do tratamento para a seu problema de trato respiratório. De posse desta informação a equipe pode medicar o paciente adequadamente e não apenas os sintomas desapareceram como a patologia também. Deste modo foi concluído que a presença dos gêneros *Aspergillus* spp. e *Candida* spp. Era, se não a principal, uma das responsáveis pelo processo infeccioso desenvolvido pelo trabalhador.

Os resultados deste estudo de qualidade do ar no prédio A indicam a direta correlação entre a presença de fungos e o desenvolvimento de patologias em ambientes fechados, quando os gêneros destes microrganismos são do tipo patológico.

A observação do local indicou que fatores como falta de renovação do ar e umidade proporcionam o aumento destes microrganismos no ambiente. A incidência de doenças como alergias e doenças pulmonares crônicas é frequente nestes ambiente e responsável pelo considerável número de afastamento de funcionários por problemas de saúde. Os resultados indicam que a identificação do gênero presente do ar ajuda ao processo de cura, mas não elimina o problema, sendo necessárias providências estruturais no local para a redução dos microrganismos a níveis não patológicos.

A exposição contínua a mais de um agente tóxico pode comprometer a saúde, assim, a avaliação da exposição de trabalhadores e de pessoas do público em áreas fechadas e deve considerar não apenas os microrganismos, mas também partículas de poeira, aerossol químico e a exposição ao radônio.

Embora os níveis de microrganismos estivessem abaixo do mínimo recomendado pela organização mundial de saúde, a exposição continua ocasionou a patologia no trabalhador.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSÕES**

Os resultados deste estudo mostram que em todos os prédios os indivíduos do público e trabalhadores estavam expostos a radônio livre, embora os valores médios das concentrações estivessem abaixo dos limites internacionais recomendados .

Os resultados do estudo para a avaliação da exposição ao radônio indicam que houve uma variação significativa na concentração de radônio nos ambientes estudados. Os valores das concentrações em 2011 foram superiores as concentrações calculadas em no ano de 2009 devido as variações dos índices pluviométrico durante os períodos de amostragem mostrando a influência das condições meteorológicas do ambiente externo em microambientes fechados.

Os resultados da amostragem para caracterização da poeira no prédio A indicam a presença de partículas contendo Cl, K, Ca, Cr, Ti, Mn, Fe, Ni, Cu e Zn.

Os resultados da avaliação da concentrações de metais também indicam o transporte de partículas do ambiente externo para os microambientes fechados. Como foi observado o transporte de partículas geradas no exterior para os microambientes no caso específico de museus e galerias de arte deve ser dada atenção especial ao aerossol marinho que pode causar danos ao arco do museu devido a presença do cloreto de sódio e enxofre.

Os resultados do estudo para identificação de fungos no prédio A identificou 6 diferentes gêneros de fungos anemófilos.

No prédio A o gênero com maior frequência foi o *Aspergillus* spp., com frequência relativa variando em torno de 39,2 a 82,4%.

Como observado nos resultados da avaliação das concentração de radônio e metais as variações índices pluviométricos observadas durante o período de coleta em 2009 e 2011 podem justificar as variações nas concentrações do *Aspergillus* spp. e da *Candida* spp. no interior do prédio., no entanto as pequenas variações climáticas externas que ocorrem ao longo do dia não influenciaram na concentração dos microrganismos no ar.

Também não foi observada variação na distribuição da concentração do *Aspergillus* e da *Candida* quando coletadas utilizados os meios Sabouraud Dextrose Agar (Ágar Sabouraud Dextrose) e o meio Malt Agar (Ágar Malte).

O único estudo de caso realizado neste estudo mostra uma correlação entre a presença de fungos e o desenvolvimento de patologias em ambientes fechados, quando o gênero destes microrganismos são do tipo patológicos.

Os resultados confirmam mais uma vez que a falta de renovação do ar e umidade proporcionam o aumento destes microrganismos no ambiente.

A identificação dos gêneros presentes no ar podem ajudar no processo de cura, mas contudo, não elimina o problema, sendo necessárias providências estruturais no local para a redução dos microrganismos em níveis não patogênicos.

Embora os níveis de microrganismos estivessem abaixo do mínimo recomendado pela organização mundial de saúde, a exposição continua ocasionou a patologia no trabalhador.

## **CAPÍTULO VI**

### ***RECOMENDAÇÕES***

Os resultados deste estudo mostram que em todos os prédios os indivíduos estavam expostos a radônio livre indicando que este estudo deve ser expandido a outros prédios fechados, principalmente museus e galerias de arte.

O estudo para identificação de fungos mostrou que este estudo deve ser feita não apenas a identificação do gênero mas também a identificação das espécies.

Recomenda-se que seja desenvolvido um estudo para avaliar a eficiência do uso de luz ultravioleta para esterilizar ambientes e eliminar os fungos presentes no ambiente.

Recomenda-se que seja desenvolvido um estudo para avaliar a eficiência do uso de radiação gama para esterilizar ambientes e eliminar os fungos presentes nas obras de arte e livros arquivados nestes locais.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABUD-JARAD, F., FREMLIN, J. H., BULL, R, 1980, "A study of radon emitted from A study of radon emitted from building materials using plastic alpha-track detectors." *Physics in Medicine and Biology*, v. 25, n. 4, pp. 683-684.
- ABUMURAD, K., AL-TAMIMI., M., 2005, "Natural radioactivity due to radon in Soum region". *Jordan. Radiat.Meas.*,v. 39,pp. 77-80.
- ACGIH , 1999a. "Bioaerosols: assessment and control (1ste ed.) Cincinnati", OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999b, "Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure índices -1998-1999.", Cincinnati: ACGIH, Ohio, 48p.
- ANDAM, A.A.B, 1991, "Indoor and Soil Radon Measurements in a Tropical Climate." *Nuclear Tracks Radiation Measurements*, v.20, p. 371-375.
- ANGULO-ROMERO, J., F. INFANTE-GARCÍA-PANTALEON, E. DOMINGUEZ, M. MEDIAVILLA-MOLINA AND J. M. CARIDAD-OCERÍN, 1996, "Pathogenic and antigenic fungi in school dust of the south of Spain". In: M. MUILENBERG AND H. BURGE (eds), *Aerobiology*.p. 49-65, Lewis Publisher, New York.
- ANKE, M., IHNAT, M. E, STOEPLER, M.,2004, "Metal and their compounds". In: MERIAN, E., *et al.* (eds), *Elements and their compounds in the environment*. 2 ed. New Jersey, Wiley – VCH.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde, 1998, "Portaria nº 3523/GM de 28 de agosto de 1998 - Dispõe sobre a orientação de medidas para controle do ar de interiores em ambientes climatizados.", Diário Oficial, Seção 1, p.41-42. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.com.br>. Acesso em: 10 fev. 2010, 17:00:55.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde, 2000, "Resolução RE nº 176, de 24 de outubro de 2000". Brasília.

- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde, 2003, "Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Orientação Técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo."
- APOSTOLLI, P, 1992, "Apostila do curso: "Riscos Associados á Exposição de Metais"." edited by Fundação Osvaldo Cruz Escola Nacional de Saúde Pública/ ENSP. Rio de Janeiro, FIOCRUZ.
- APOSTOLLI, P, 1998, "La medicina del lavoro", *Clinica del Lavoro*, v. 89, n. 1.
- ARTAXO P., RABELLO M.L.C., MAENHAUT W. *et al.*, 1992, "Trace Aerosols from Antarctic Peninsula". *Tellus*, v.44B, n. 4, pp. 318-334.
- ARAÚJO, G, 2003, *Estudo dos níveis de emanção <sup>222</sup>Rn de alguns materiais de construção civil e áreas públicas*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- AYALA, A.; BRAUER, M., MAUDERLY, J.L., SAMET, J.M., 2011, "Air pollutants and sources associated with health effects". *Air Qual Atmos Health*, v. 5, n. 2.
- BAIXERAS, C., CLIMENT, H., FONT, LL. BACMEISTER, G.U., ALBARRACÍN, D., MONNIN, M.M., 1997, "Using SSNTDs in soil and indoors in two mediterranean locations for radon concentration measurement", *Radiation Measurement*, v. 28, n. 1- 6, pp. 713 – 716
- BARNES J., 1971, "Distribution of Inhaled Radionuclides in Respiratory Tract.", *Health Physics*, v.21, pp.227-232.
- BARNETT, HL, HUNTER, BH, 1972, *Illustrated genera of imperfect fungi*. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 241p.
- BARROS LEITE, C. V.; MONTENEGRO, E. C.; BAPTISTA, G. B. ; PASCHOA, A. S., 1979, "Uncertainties in elemental quantitative analysis by pixe". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, n. 159, pp. 153.

- BATISTA, C., 2008, *Comparative evaluation of the air quality in rural, urban and industrial areas of Portugal*. Dissertação de M.Sc., Department of Environment. University of Aveiro.
- BERGLUND B., BRUNEKREEF B., KNÖPPEL H., LINDVALL T., MARONI M.MOLHAVE L., SKOV P. , 1992, “Effects of indoor air pollution on human health”, *Indoor air*, v. 2, pp 2-25.
- BERNSTEIN, J.A., 2004, “Health effects of air pollution”, *J. Allergy, Clin. Immunol.*, v. 14 , n. 5, pp. 1116 – 1123.
- BINNS, D.A.C., FIGUEIRESO, N., MELO, V.P., GOUVEA, V.A., 1998, “Radon-222 Measurements in a uranium-prospecting area in Brazil.” *Journal Environmental Radioactivity*, pp. 249-254.
- BLONDEAU,P., IRODACHE,V., POUPARD,O., GENIN, D., ALLARD, F., 2005, “Relationship between outdoor and indoor air quality in eight French schools, *Indoor Air*, v. 15, pp. 2-12.
- BOHGARD, M., 1983, *Particule-Induced X-Ray Emission Analysis Complementary Techniques for Examination of Aerosol in the Environment of Industry Worker*. Ph.D. thesis, University of Lund, Suécia.
- BOWEN, D. H. M. 1973, “Air Pollution”, American Chemical Society, D.C., pp. 130 – 155.
- BROOKS, G., BUTEL, J. S., MORSE, S. A., JAWETZ, E., 2004, *Medical Microbiology*, 23rd Ed. McGraw-Hill Professional, 704 p.
- BRICKUS, L.S.R, AQUINO NETO F.R., 1999, “A qualidade do ar de interiores e a química”, *Química Nova*, v. 22, n. 1, pp. 1-10.
- BRICKUS, L. S. R. *et al.*, 2004, “Fungi surveys in Tropical Southeastern Brazil”. In: *International Bioaerosol Conference*, 5, 2004, New York. Abstract. NewYork: s.n.
- BRUCE, N., PEREZ-PADILLA, R., ALBALAK, R., 2000, “Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challeng”, *Bulletin of the World Health Organization*, v. 78, n. 9, pp. 1078 – 1092.



- BURGE H A, 2002, "An update on pollen and fungal spore aerobiology", *J. Allergy Clin. Immunol.* v.110, pp. 544–52.
- BURTON GRW, ENGELKIRK PG., 2005, *Microbiologia para a Ciência da Saúde*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan., 426 p.
- CAMUFFO, D., GRIEKEN, R. V., BUSSE H.J. *et al.*, 2001, "Environmental monitoring in four European museums", *Atmospheric Environment*, v. 35, pp. 127-140
- CAI, X *et al.*, 2010, "Land Availability for Biofuel Production", *Environ. Sci.*, v. 45, pp. 334-339.
- CAO, J.J.; B. RONG; S.C. LEE; J.C. CHOW; K.F. HO; S. LIU; AND C.S. ZHU, 2005, "Composition of indoor aerosols at Emperor Qin's Terra-Cotta Museum, Xi'an, China, during Summer, 2004". *China Particuology*, v.3, n. 3, pp.170-175
- CHAN, W., LEE, S.C., CHEN, Y., MAK, B., WONG, K., CHAN, C.S., ZHENG, C., GUO, X., 2009, "Indoor air quality in new hotels guest rooms of the major world factory region", *International Journal of Hospitality Management.*, v. 28, pp. 26-32.
- CHANG, C.; GERSHWIN, M.E., 2004, "Indoor air quality and human health: truth vs mass hysteria". *Clin. Rev. Allergy Immunol.* v.27, pp. 219 – 239.
- CHIEMEKA, I. U., 2010, "Air aerosol metal constituent and concentration at Okigwe, Nigeria", *International Journal of Physical Sciences*, v. 5, n. 4, pp. 283-286.
- CHOW, J.C.; WATSON, J.G.; MAUDERLY, J.L.; COSTA, D.L.; WYZGA, R.E.; VEDAL, S.; HIDY, G.M.; ALTSHULER, S.L.; MARRACK, D.; HEUSS, J.M.; WOLFF, G.T.; POPE, C.A., III; DOCKERY, D.W., 2006, "Critical review discussion - Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect", *J. Air Waste Manage. Assoc.*, v. 56, n. 10, pp. 1368-1380.
- COOK RD, KING AS., 1969, "A neurite-receptor complex in the avian lung: electron microscopical observations." *Experiential*, v. 15, n.25, pp. 1162–1164.

- CORRÊIA, J. N., 2006, *Avaliação da contaminação pelo gás radônio em ambientes de convívio humano na região metropolitana de Curitiba*. Dissertação de M. Sc., UTFPR, Curitiba, PR, Brasil.
- COX, C. S., WATHES. C. M., 1995, *Bioaerosols Handbook*, Lewis: London, 623 p.
- DALES, R., WHEELER A. J, E GILBERT N. L., 2008, "Quality of indoor residential air and health", *CMAJ*, v. 179, n. 2, pp.147-152.
- DENMAN, A.R., GROVES- KIRKBY, N.P., GORVES- KIRKBY, C.J., CROCKETT,R.G.M. PHILLIPS, P.S., WOOLRIGGE, A.C., 2007, "Health implications of radon distribution in living rooms and bedrooms in U.K. dwellings – a case study in Northamptonshire", *Environ. Int.*, v. 33, pp. 999-1011.
- DE PINHO A.G., MONTENEGRO E.C., BARROS LEITE C.V., BAPTISTA G.B., PASCHOA A.S., 1979, "Potencialidades e Possíveis Aplicações de um novo Método Analítico (PIXE)". *Anais Academia Brasileira de Ciência*, v. 51, n.3, pp. 365-393
- DIAS DA CUNHA, K.M.A ., LIPSZTEIN J.L., BARROS LEITE, C.V., 1995, "Utilização do método para análise de poeira de minério". In: *Anais do III encontro de aplicações nucleares*. Águas de Lindóia, Brasil.
- DIAS DA CUNHA, K., PEREIRA J. A. M., BARROS LEITE C.V., 2000, "Pixe and PDMS Methods Applied to Aerosol Analysis", *J. Aerosol Science and Technology*, v. 32, pp. 453-464.
- DIAS DA CUNHA, K., BARROS LEITE, C. V., 2002, "Metal trace analysis by PIXE and PDMS techniques". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, v.187, pp.401 – 407.
- DOUWES, J, PEARCE, N, HEEDERIK, D., 2002, "Does environmental endotoxin exposure prevent asthma?", *Thorax - An International Journal of Respiratory Medicine*, v. 57, pp. 86–90.
- DOUWES, J., THORNE, P., PEARCE, N., HEEDERIK, D., 2003, "Bioaerosol health effects and exposure assessment progress and prospects", *Annals of Occupational Hygiene*, v. 47, n. 3, pp. 187-200.

- DUEÑAS C, FERNÁNDEZ MC, CAÑETE S, CARRETERO J, LIGER E., 1999, “ $^{222}\text{Rn}$  concentrations, natural flow rate and the radiation exposure levels in the Nerja Cave”, *Atmospheric Environment*, v. 33, pp. 501–10.
- DURRANI, S.A., BULL, R.K., 1987. *Solid State Nuclear Track Detection: Principles, Methods and Applications*. Pergamon Press, Oxford, v. 111, 284 p.
- EL-BAHI, S.M., 2004, “Assessment of radioactivity and radon exhalation rate in Egyptian cement.” *Health Phys.*, v. 86, pp. 517-522.
- EPA - Environmental Protection Agency., 1988, “ Indoor Air Quality in Public Buildings : Volume I”, EPA Project Summary.
- EPA - Environmental Protection Agency., 1991, “Sick Building Syndrome”, *Indoor Air Fact n° 4* ,4 p.
- EPA - Environmental Protection Agency, 2001, “Draft guidance for estimating natural visibility conditions under the regional haze rule”, U.S. EPA, OAQPS Report, Washington.
- ESPINOSA, G. and R. B. GAMMAGE, 1997, “Long-Term Radon Survey in Mexico City and other Regions of the Country”, *Radiat. Meas.*, v.28, pp. 663-666.
- ESPINOSA, A.J., TERNERO RODRIGUEZ, M., BARRAGAN DE LA ROSA, F.J., JIMENEZ SANCHEZ, J.C., 2001, “ Size distribution of metals in urban aerosols in Seville (Spain)”. *Atmospheric Environment* , v. 35, pp. 2595-2601.
- ESPINOSA, G., GOLZARRI, J.I., BOLGARD, J., GASO, I., PONCIANO, G. MENA, M., SEGOVIA, N., 2008, “Indoor radon measurements in Mexico City”, *Radiation Measurement*, v. 43, pp. S431-S434.
- EVCI, E.D., BILGIN, M.D.; AKGOR, S. ZENCIRCI, S.G. ERGIN, F. BESER, E., 2007, “Measurement of selected indoor physical environmental factors in hairdressers salons in a Turkish city”, *Environmental Monitoring Assessment*, v. 134, pp. 471-477.
- EZEAMUZIE, C., AL-ALI, S., KHAN, M., HIJAZI, Z., DOWAISAN, A., THOMSON, M. S., GEORGI, J., 2000, “IgE-mediated sensitization to mould allergens among

patients with allergic respiratory diseases in a desert environment”, “Int. Arch. Allergy Immunol.”, v.121, pp. 300–307.

FABIAN, M.P., MILLER, S.L., REPONEN, T., HERNANDEZ, M.T., 2005, “Ambient bioaerosol indices for indoor air quality assessments of flood reclamation”, *Journal of Aerosol Science.*, v. 36, pp. 763-783.

FIOR, L., 2008, *Análise da concentração de radônio proveniente dos materiais de construção*, Dissertação de M. Sc., UTFP, Curitiba, PR, Brasil.

FLANNIGAN, B. ,MILLER, J. D., 1994, “Health implications of fungi in indoor environments-an overview. In Health Implications of Fungi in Indoor Environments”, Elsevier, Amsterdam, pp. 1-28.

FLORES, J.; ADALPE F.; DÍAZ R.V., 1993, “Crompton d. Set – up and Improvements of PIXE Facility at ININ, México”, *Nuclear Instruments and Methods*, v. 75 B, pp. 116-119.

FONT, L. I., BAIXERAS, C., MORENO, V., BACH, J., 2008, “Soil radon levels across the Amer Fault.”, *Radiation Measurements*, v. 43, pp. S319–S323.

FRANK, A., BENTON, E.V., 1990, “Radon Dosimetry Using Plastic Nuclear Track Detectors”, *Nuclear Track Detection*, v.1, n. 1-3, pp. 149-179.

FRASER, D.W., TSAI, T.R., ORENSTEIN W, 1977, “Legionnaires’ disease, description of an epidemic of pneumonia”, *N.E.J.M.*, v. 297, n.22, pp 1189-1197.

FREW, J.A., 2005, “Advances in environmental and occupational diseases 2004”, *J. Allergy. Clin. Immunol.*, v. 115, n. 6, pp. 1197-12202.

FUNKE, B. R; CASE, C., 2005, *Microbiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 893p.

FURTAW, E.J., PANDIAN, M.D., NELSON, D.R., BEHAR, J., 1996, “Modeling indoor air concentrations near emission sources in imperfectly mixed rooms.” *J. Air Waste Mgmt. Assoc.*, v.46, pp.861-868.

GAMBALE, W.; CROCE, J.; MANSO, E.R.C.; CROCE, M.; SALES, J.M., 1993, “Library fungi at the University of São Paulo and their relationship with respiratory allergy”, *J. Invest. Allergol. Clin. Immunol.*, v. 3, pp.45-50.

- GAVA, M. A, 2002, *Desempenho de diferentes meios de cultura utilizados na avaliação de fungos presentes em ambientes de produção de alimentos*. Dissertação de M.Sc. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz/USP. São Paulo, Brasil.
- GEORGE, A.C., 2007, "World History of radon Research and Measurements From the early 1900's to today". In Proceedings of 8th International Symposium The Natural Radiation Environment. P. 20- 33.
- GERALDO, L.P., DOS SANTOS, W. A., MARQUES, L., BOTAR, E A., 2005, "Medidas dos Níveis de radônio em diferentes tipos de ambientes internos na região da Baixada Santista, Sp.", *Radiologia Brasileira*, v.39, n.3, PP. 283- 286.
- GIODA, A., 2003, *Poluição Atmosférica e de Interiores: Influência Mútua e Seus Reflexos na Saúde*. Tese D.Sc., UFRJ, Rio de Janeiro,RJ, Brasil.
- GIODA, A., SALES, J.A., CAVALCANTI, P.M.S., MAIA, M.F., MAIA, L.F.P.G., AQUINO NETO, F.R.,2004, "Evaluation of Air Quality in Volta Redonda, the Main Metallurgical Industrial City in Brasil", *J. Braz. Chemi. Soc.*, v. 15, n. 6, pp. 856- 864.
- GOUVEA, V.A. *et al.*, 1996, "Concentração de radônio - 222 nos ambientes internos das residências de Monte Alegre - Pa". In: *Anais do I Workshop de Geofísica aplicada ao meio ambiente*, pp. 22-25.
- GRANDJEAN, P.; LANDRIGAN, P. J., 2006, "Developmental neurotoxicity of industrial chemicals", *The Lancet*, v. 368, pp. 2167-2178.
- GYSELS K, DEUTSCH F, VAN GRIEKEN R, 2002, "Characterisation of particulate matter in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp, Belgium", *Atmos. Environ.*, v. 36, pp. 4103 - 4113.
- GUTAROWSKA, B., PIOTROWSKA,M., 2007, "Methods of mycological analysis in building", *Building and environment*. v.42, pp. 1843-1850.
- HAMEED, A. A. A., Y. IH, K. IM., 2004, "Indoor air quality during renovation actions: a case study", *J Environ Monit*, v. 6, pp.740–744.

- HARADA, K.; HASEGAWA, A.; WEI, C. *et al*, 2010, “ A review of indoor air pollution and health problems from the Viewpoint of Environmental Hygiene: Focusing on the Studies of Indoor Air Environmen in Japan Compared of Foreing Countries”. *Journal of Health Science*, v. 56, n. 5, pp. 488-501.
- HARRISON, R.M., 1986, “Handbook of air pollution analysis”. 2º ed., Chapman and Hall:London, 634 p.
- HARRISON, P.T.C.,1997, “Health impacts of indoor air pollution”, *Chemistry and Industry* , v. 17, pp. 677-681.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE –HSE, 2002, “Guidance Note EH40: occupational exposure limits”, HMSO, London.
- HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – HSE, 2003, “Occupational and environmental exposure to bioaerosols from composts and potential health effects -A critical review of published data”, HMSO, London.
- HENSHAW. D.L.; EABUGH, J. P.; RICHARDSON, R. B., 1990, “Radon as a causative factor in induction of nyleoid leukaemia and other cancers”, *The Lancet*, v. 335, pp.1008-1012.
- HINDS, W., 1998, *Aerosol Technology: properties, behavior and measurement of airborne particles*. New York: Willey Interscience Publication,Jonh Willey e Sons, Inc., 504 p.
- IAEA - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2000 “Instrumentation for PIXE and RBS”, IAEA-TECDOC-1190, Vienna, 78p.
- IARC - International Agency for Research on Cancer, 1986, “Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans: Tobacco smoking”. v. 38. Lyon:IARC
- IARC- International Agency for Research on Cancer, 1988, “Man-made mineral fibers.” In: *Man-made Fibers and Radon. IARC Monographs Evaluation of Carcinogenic Risks of Chemicals to Humans*, v. 43. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. pp. 39-171.

- ICRP - International Commission on Radiological Protection, 1993, "Protection Against Radon - 222 at Home and at Work", ICRP Publication 65. New York: Pergamon Press, Oxford.
- ICRP - International Commission on Radiological Protection, 1994, "Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection". ICRP Publication 66, New York: Pergamon Press.
- ICRP- International Commission on Radiological Protection, 1979, "Limits for intakes of radionuclides by workers", ICRP Publication 30, New York: Pergamon Press, Oxford.
- ICRP-International Commission on Radiological Protection.1994, "Human respiratory tract model for radiological protection", ICRP Publication 66, New York: Pergamon Press, Oxford.
- JANSSEN, N.A.H, SCHWARTZ, J., ZANOBETTI, A., SUH, H.H., 2002, "Air conditioning and source-specific particles as modifiers of the effect of PM on hospital admissions for heart and lung disease." *Environmental Health Perspective*, v. 110, n.43-9.
- JOHANSSON, S.A .E, JOHANSSON T.B.,1976, "Analytical Application of Particle Induced X Ray Emission". *Nucl. Inst. Meth.*, v. 137, pp. 473-516.
- JOHANSSON, S. A. E.; CAMPBELL, J. L., 1995, *Particle Induced X Ray Emission Spectrometry*. Chichester: Wiley, 451p.
- JONES,A.P., 1999, "Indoor Air quality and health". *Atmospheric Environment*, v.33, pp. 4535 – 4564.
- JONG, P., VAN DIJK, W., ROOIJ, M., 2011, "Influence of the porosity on the <sup>222</sup>Rn Exhalation rate of concrete", *Health Physics*, v. 100, n 2, pp. 127 – 137.
- JO, W., SOHN, J.Y., 2009, "The effects of environmental and structural factors on Indoor Air Quality Of Apartments In Korea", *Building and Environment*, v.44, pp. 1794-1802.

- KANAANI, H., HARGREAVES, M., RISTOVSKI, Z., MORAWSKA, L., 2008, "Deposition rates of fungal spores in indoor environments, factors effecting them and comparison with non-biological aerosols", *Atmos Environ*, v. 42, pp. 7141-7154.
- KEPLEIS NE, NELSON WC, OTT WR, ROBINSON JP, TSANG AM, SWITZER P, BEHAR JV, HERN SC, ENGELMANN WH., 2001, "The national Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants". *J Expo Anal Environ Epidemiol* , v.11, pp.231-252.
- KHAN, H. A., QURESHI I. E., E TUFAIL M., 1993, "Passive dosimetry of radon and its daughters using solid state nuclear track detectors (SSNTDs)." *Radiation Protection Dosimetry*, v. 46, n. 3, pp. 149-170.
- KISS, KOLTAY E., SZABÓ G.Y., MÈSZÀROS A., LÀSZLÒ S. & GODÉNEY S., 1980, "Proton Induced X Ray Emission as tool for analysis in biological and atmospherical samples". In: *Anais do 10º Annual Meeting of European Society of Nuclear Methods in Agriculture*.
- KNOLL, G.F, *Radiation Detection and Measurements*.,1979, 2ª ed., New York: John Wiley,800p.
- KOMARNICKI, G. J. K., 2005,. "Lead and cadmium in indoor air and the urban environment." ,*Environmental Pollution*, v. 136, n.1, pp. 47-61.
- KORHONEN, P; HALONEN, R; KALLIOKOSKI, P; KOKOTTI, H., 2001, "Indoor radon concentrations caused by construction materials in 23 workplaces", *The Science of The Total Environment*, v 272, p. 143-145, May 2001.
- KUMAR, P., 2003, "Characterization of indoor and outdoor air in Delhi", *Indoor and Built Environment*, v. 12, n. 3, pp. 159-165.
- KUO, Y., LI, C. "Airbone characterization of fungi indoors and outdoors", *Journal of Aerosol Science*, v.23, n.1, pp.667-670.
- LANDER, F., MEYER, H. W., AND NORN, S., 2001, "Serum IgE specific to indoor moulds, measured by basophil histamine release, is associated with building-related symptoms in damp buildings". *Inflamm. Res.*, v. 50, pp. 227–231.



- LEE, S.C., CHANG, M., 2000, "Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong", *Chemosphere*, v. 41, pp. 109- 113.
- LEE, S. C., LI, W. M. AND CHAN, L. Y., 2001, "Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong", *Sci. Total Environ.*, v. 279, n. 1-3, pp. 181-193.
- LEE, S. C., GUO, H., LI, W. M. AND CHAN, L. Y., 2002a, "Inter-comparison of air pollutant concentrations in different indoor environments in Hong Kong", *Atmos. Environ.*, v.36, n.12, pp. 1929-1940.
- LEE, S. C., LI, W. M. AND AO, C. H., 2002b. Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong- case study. *Atmos. Environ.*, v. 36, n.2, pp. 225-237.
- LEE, H , AWBI, H.B., 2004, "Effect of internal partitioning on indoor air quality of rooms with mixing ventilation - Basic study", *J. Building and Environment*, v. 39, n. 2, pp. 127-141.
- LHEA - London Health Education Authority, 1997. "What people think about air pollution, their health in general, and asthma in particular", *Health Education Authority*, London.
- LIENDO J, SAJÓ-BOHUS L, PÁLFALVI J, GREAVES ED, GOMEZ N., 1991, "Radon monitoring for health studies in the Caracas subway using SSNT detectors", *Radiat Meas*, v. 28, pp.729–32.
- LI, W. M., LEE, S. C. AND CHAN, L. Y., 2001, "Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong". *Sci. Total Environ.*, v. 273, n. 1-3, pp. 27-40.
- LIMA DE PAULA, Juliana F., 2003, *Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial*, *Dissertação de M.Sc.*, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, Sp, Brasil.
- LIPPMANN, M. A., 1969, "The effects of particles size on the regional deposition of inhaled aerosols in the human respiratory tract", *American Industrial Hygiene Journal*, v. 30, pp. 257.

- LIPPMANN, M., 1970, "Deposition and Clearance of Inhaled Particles in the Human Nose", *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* v.79, pp. 519-578.
- LIZARRAGA, M.; DIAS DA CUNHA, K.; ALVES, R. N. D'OLIVEIRA, D., 1995, *Annals of III ENAN*, Águas de Lindóia, SP, v. 1, pp. 292-297.
- LUCARELLI, F., NAVA, S., CALZOLAI, G, CHIARI, M., UDISTI, R., MARINO, F., 2011, "Is PIXE still a useful technique for the analysis of atmospheric aerosols? The LABEC experience, X-Ray Spectrometry". *X-Ray Spectrometry*, v. 40, n. 2011, pp., 162-167.
- LUCIE NP, 1989. "Radon exposure and leucemia" *The Lancet*, v. ii, pp. 99-100.
- MADIGAN, M., T., MADINGO, J., M. ,PARKER, J.,2004, *Microbiologia de Brock*, 10a ed. São Paulo: Person / Prentice-Hall, 608p.
- MAGALHAES, M. H., 1999, *Dinâmica do radônio no ar em ambientes tropicais*. Dissertação de M.Sc., UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MAIN, C.E., 2003, Aerobiological, *Ecological, and Health*, Linkages. *Environ. Int.* 29, pp. 347–349.
- MALANCA, A.; PESSINA, V.; DALLARA, G; LUCE, C.N.; GAIDOLFI, L., 1991, "Natural radioactivity in building materials from the Brazilian state of Espírito Santo", *Appl. Radiat Isot*, v. 46, n. 12, pp. 1387-1392.
- MARONI, M. SEIFERT, B., LINDVALL, T. (Eds), 1995, *Indoor Air Quality – a Comprehensive Reference Book*. Elsevier, Amsterdam.
- MARQUES, A.L., 2004, "Direct measurement of radon activity in water from various natural sources using nuclear track detectors", *Appl Radiat Isot*, v. 60, n. 6, pp 801-804.
- MARTINEZ-CARILLO, M.A., SOLÍS, C., ANDRADE, E., ISAAC-OLIVÉ, K., BELTRÁN-HERNANDEZ, R.I., MORENO, S.A.M., MARTÍNEZ-REZENDIZ, REYES, A.R., LUCHO-CONSTANTINO, C.A., DEL RAZO, L.M., 2009, "Aerosol composition from Tlaxcoapan, Hidalgo in central Mexico". *Revista Mexicana de Física*, v.56, n.1, pp. 62-66.

- MATSUYAMA, S. , SUGIHARA, S. , ISHII, K. , YAMAZAKI, H. , KATOH, K. , SATOH, T. , AMARTAIVAN, TS. , TANAKA, A. , KOMORI, H. , ORIHARA, H. , NAKAMURA, E. , SATOH, N. , FUTATSUGAWA, S. , SERA, K., 2001, "Development of a Mini Step Sumpler for Air-Pollution Monitoring". *CYRIC annual report*, pp.79-84.
- MELO V. P., GOUVEA, V.A., BINNS D.A., COSTA E SILVA, L.M.C., 1997, "Concentração de radônio-222 nos ambientes internos das residências do município de Monte Alegre - Pa." In: *Enan: Encontro Nacional De Aplicações Nucleares. 4<sup>th</sup> Brazilian Meeting On Nuclear Applications*, Poços De Caldas – Mg.
- MELO, V.P., 1999, "Avaliação da concentração de radônio em residências do município de Monte Alegre-Pa,." Dissertação de M.Sc., UFRJ, Rio De Janeiro, RJ, Brasil.
- MENEZES, E.A.,ALCANFOR, A.C., CUNHA, F.A., 2006, "Fungos anemófilos na sala de periódicos da biblioteca de ciências da saúde da Universidade Federal do Ceará", *RBAC*, v. 38, n. 3, pp.: 155-158.
- MILES, J.C.H., 1992, "Improvements In Passive Etched Track Radon Detectors", *Radiation Protection Dosimetry*, v. 45, n. 1- 4, pp. 47-50.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria MS 3.523. 28 ago. 1998.
- MISHRA, A. K., 1992, "Organizational responses to crisis: The role of mutual trust and top management teams". Unpublished dissertation. Ann Arbor, MI: The University of Michigan School of Business Administration.
- MOLHAVE, L., 1987, "The sick buildings -- a sub-population among the problem buildings?" In: B. SEIFERT, H. EDSON, M. FISCHER, H. RUDEN, AND J. WEGNER, (eds.), *Indoor Air '87; Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, v. 2., West Berlin, 17-21 August. Berlin: Institute for Water, Soil and Air Hygiene, pp. 469-473.
- MORAES AP., 2006, *Qualidade do Ar Interno com Ênfase na Concentração de Aerodispersóides nos Edifícios*. Dissertação de M.Sc., Universidade de São Paulo; São Paulo, Sp, Brasil.

- MÖRE H., HUBBARD L. M., 1997, "Radon absorption in plastic holders for alpha track detectors: a source of error.", *Radiation protection dosimetry*, v. 74, pp. 85-91.
- MORGAN A., BLACK A., MOORES S.R., PRITCHARD J.N., WALSH M., LAMBERT B.E., 1983, "Alveolar deposition of sized particles of  $^{239}\text{PuO}_2$  in mouse.", *Radiation Research*, v. 93, n. 1, pp. 85-92.
- MUI K. W., WONG L. T., HUI P. S., 2006, "A new sampling approach for assessing indoor air quality.", *Indoor and Built Environment*, v. 15, pp. 165-172.
- MYERS, B, 1983, "Indoor air quality". 1st Ed. Massachusetts: Addison – Wesley Publishing Company, Inc., 434p.
- MYERS, I. MAYANARD, R.L., 2005, "Polluted air – outdoors and indoors". *Occupational Medicine*, v. 55, pp. 432 – 438.
- NCI – NATIONAL CANCER INSTITUTE, 2007, *2007 Fact Book*, National Institutes of Health, 66p.
- NCRP - National Council on Radiation Protection and Measurements, 1988, *Measurement of Radon and Radon Daughters* Bethesda, MD: NCRP. NCRP Report No. 97.
- NELSON, J.W., COURTNEY W.J., 1977, "Light Elements Analysis by Proton Scattering", *Nucl. Inst. Meth*, v.142, pp.127-130.
- NOLLES, G., HOEKSTRA, M. O., SCHOUTEN, J. P., GERRITSEN, J., AND KAUFFMAN, H. F., 2001, "Prevalence of immunoglobulin E for fungi in atopic children". *Clin. Exp. Allergy*, v. 31, pp. 1564–1570.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1999, "Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR VI). Washington, D.C.: National Academy Press.
- O'CONNOR, B.,K., PRATHER, K.,A. , "Identification of metal aerosols from a machine shop using aerosol time-of-flight mass spectrometry", *Journal of Aerosol Science*, v. 31, n.1, pp. 494-495.

- ODUM, E, GARY W. B., 2007, *Fundamentos da Ecologia*. São Paulo: Thomson Learning, 632p.
- ORLANDO, P., 2004, "A study about remedial measures to reduce  $^{222}\text{Rn}$  concentration in an experimental building", *Journal of Environmental Radioactivity*, v 73, pp. 257-266.
- PACYNA, J.M., 1998, "Source inventories for atmospheric trace metals" In: HARRISON, R.M., VAN GRIEKEN, R.E. (Eds), *Atmospheric Particles*, IUPAC Series on Analytical and Physical Chemistry of Environmental Systems, v. 5., Wiley, Chichester, UK, pp. 385 – 423.
- PANJOTA, D.M., COUTO, M.S, PAIXÃO, G.C., 2007, "Diversidade de bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um campus universitário", *Biológico*, São Paulo, v.69, n.1, p.41-47.
- PARKER, J., 1993, "The toxic zone", *Buildings Services the CIBSE journal*, v.15, n.03, p. 24-26.
- PASCHOA, A. S., E. C. MONTENEGRO, MARGULIS W., 1977, "Pixe Elemental Analysis Of Air Particulates And A Geochemical Reference Sample." , In: *Proceedings Of The Third International Conference On Nuclear Methods In Environmental And Energy Research.*, pp. 21-32.
- PASQUARELLA, C., PITZURRAT, O., SAVINO, A., 2000, "The Index Of Microbial Air Contamination.", *Journal Of Hospital Infection*, pp. 241 – 256.
- PASTUSZKA J., THA-PAW U. K., LIS D. O., WLAZLO A., ULFIG K., 2000, "Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland.", *Atmospheric Environment*, v. 34, pp. 3833 – 3842.
- PAULO, S.R. 1991. *Dosimetria ambiental de Rn-222 e filhos: Medida da eficiência absoluta do CR-39 levando-se em conta os efeitos do plate-out e fatores ambientais*. Tese D.Sc., Universidade de Campinas, Campinas, Brasil
- PAVLOGEORGATOS, G, 2003, "Environmental parameters in museum", *Building and Environment* , v.38, pp.1457 – 1462

- PETERS RR, SALEH TF, LORA M, PATRY C, DE BRUM-FERNANDES AJ, FARIAS MR, RIBEIRO-DO- VALLE RM, 1999, "Anti-inflammatory effects of the products from *Wilbrandia bracteata* on carrageenan-induced pleurisy in mice", *Life Sci.*, v. 64, pp. 2429-2434.
- PHALEN, R.F., PHALEN, R.N., 2008, *Introduction to Air Pollution Science – A Public Health Perspective*. Introduction to Air Pollution Science, 18p.
- PINHEIRO, M. A. A., CARDOZO, K., 2009, "A Reliable Method To Count Tracks From Solid State Nuclear Track Detectors In The Measurement Of Radon Concentration". In: *International Nuclear Atlantic Conference (Inac/Enan 2009)*, Rio de Janeiro.
- PÖRSTENDORFER, J., 1993, "Properties and behaviour of radon and thoron and their decay products in the air", In: *Fifth International Symposium on the Natural Radiation Environment*. Commission of the European Communities.
- POUPARD, O., BLONDEAU, P., IORDACHE, V., ALLARD, F., 2005, "Statistical analyses of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools", *Atmospheric Environment*, v. 39, pp. 2071 – 2080.
- PRESSYANOV, D., J. BUYSSE, A. POFFINJN, A. V. DEYNSE, E G. MEESEN., 2004, "Integrated Measurements Of <sup>222</sup>Rn By Absorption In Makrofol." *Nuclear Instruments & Methods In Physics Research*, pp. 203-208.
- PRESSYANOV, D.; BUYSSE, J.; VAN DEYNSE, A.; POFFIJN, A.; MEESEN, G., 2001, "Indoor Radon Detected By Compact Discs.", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, pp. 665 – 666.
- RAJA, N. S. AND N. N. SINGH, 2006, "Disseminated invasive aspergillosis in an apparently immunocompetent host." *J Microbiol Immunol Infect*, v. 39, n.1, pp. 73-7.
- RAHMAN A, VAHTER M, SMITH AH, NERMELL B, YUNUS M, EL ARIFEEN S, *et al.*, 2009, "Arsenic exposure during pregnancy and size at birth: a prospective cohort study in Bangladesh", *Am J Epidemiol* , v.169, n. 3, pp.304–312.

- REDDY, M. S., O. BOUCHER, N. BELLOUIN, M. SCHULZ, Y. BALKANSKI, J.-L. DUFRESNE, AND M. PHAM, 2005, "Estimates of global multicomponent aerosol optical depth and direct radiative perturbation in the Laboratoire de Meteorologie Dynamique general circulation model", *J. Geophys. Res.*, v.110, pp. D10 -S16.
- RICHARDSON, M. D. AND D. W. WARNOCK , 2003, *Fungal Infection Diagnosis and Management*, 3th edition. Victoria, Blackwell Publishing Asia Pty Ltd.
- RIO DOCE, A.P.C., 1997, "Determinação da taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  em materiais de determinação da taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  em materiais de construção ." Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- RYBACH, L. BACHLER, D., BUCHER, B. SCHAWARZ, G., 2002, "Radiation doses of Swiss population from external sources". *J. Environ. Radiact.*, v. 62, pp. 277 – 286.
- SARAGA, D., PATERRAKI,S., PAPADOPOULOS, A., VASILAKOS, CH., MAGGOS, TH., 2011, "Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an Office" , *Build Environ*, v. 46, pp. 2333- 2341.
- SCHEFF, P.A., PAULIUS, V.K., CURTIS, L., CONROY, L.M., 2000, Indoor air quality in a middle school, Part II: development of emission factors for particulate matter and bioaerosols. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 15, 835–842.
- SCHIEWECK A., LOHRENGEL B., SIWINSKI N., GENNING C. AND SALTHAMMER T., 2005, "Organic and inorganic pollutants in storage rooms of the Lower Saxony State Museum Hanover, Germany", *Atmospheric Environment*, v. 39, n. 33, pp. 6098-6108.
- SCHIRMER WN, PIAN LB, SZYMANSKI MS, GAUER MA., 2011, "Air pollution in internal environments and sick building syndrome", *Ciencia e Saúde Coletiva*.v.16, n.8, pp. 3583 – 3590.
- SIQUEIRA, L.F. de G., 1988, "Os Ambientes Interiores e a Síndrome dos Edifícios Doentes", *Revista Brasindoor*, v. II, n. 8, pp 7-9.
- SIQUEIRA, L. F. G., 2000, "Síndrome do edifício doente, o meio ambiente e a infecção hospitalar". In: FERNANDES, A. T.; FERNANDES, M. A. V.; RIBEIRO, N.

F. Infecção Hospitalar e suas Interfaces na Área da Saúde. São Paulo: Atheneu., pp.1307- 1322.

SIMÕES, S. A. A., LEITE JÚNIOR, D. P., Hahn, R.C., 2011, "Fungal Microbiota in Air-Conditioning Installed in Both Adult and Neonatal Intensive Treatment Units and Their Impact in Two University Hospitals of the Central Western Region, Mato Grosso, Brazil", *Mycopathologia*, v.172, pp. 109-116.

SMITH, K.R., 1998, "Indoor air pollution in India. National health impacts and cost effectiveness of intervention", *Goregaon*, Mumbai: IGIDR.

SNIPES, M. B., 1994, "Biokinetics of inhaled radonucleides.", *Internal Radiation Dosimetry*, pp. 181-196.

SONG, G., WANG, X., CHEN, D., CHEN, Y., 2011, "Contribution of <sup>222</sup>Rn-bearing water to indoor radon and indoor air quality assessment in hot spring hotels of Guangdong, China", *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 102, pp. 400-406.

SPENGLER, J.D., SEXTON, K., 1983, "Indoor air pollution:a public health perspective", *Science*, v. 221, n.4605, pp. 9-17

SRIKANTH, P., SUDHARSANAM, S., STEINBERG, R., 2008, "Bio-aerosols in Indoor Environmental: Composition, Health Effects an Analysis.", *Indian Journal of Medical Microbiology*, pp. 302-312.

SRIVASTAVA, A., JAIN, V.K., 2007, "A study to characterize the suspended particulate matter in an indoor environment in Delhi, India", *Building and Environment*, v. 42, pp. 2046 – 2052.

STRANGER M, POTGIETER-VERMAAK SS, VAN GRIEKEN R., 2007, "Comparative overview of indoor air quality in Antwerp, Belgium", *Environ Int*, v. 33, pp. 789-797.

STOLWIJK, J.A., 1992. "Risk assessment of acute health and comfort effects of indoor air pollution". *Annals of New York Academy of Sciences*, v. 641, pp 56- 62.

SUGUIO, K, 2008, *Mudanças Ambientais na Terra*. 1ªed. São Paulo, Instituto Geológico.



- SUNDELL, J., 1999, "Indoor Environment and Health, Stockholm, Sweden", *National Institute of Public Health*.
- SUNDELL, J., 2004, "On the history of indoor air quality and health". *Indoor Air*, v. 14, pp. 51 – 58.
- SWAREN, U; EHRENBORG, L.; SWEDJEMARK, G.A.; GRANATH, F., 2002, "SwIP – The Swedish ICRP Project. 2002. Indoor Radon – a background document to the report", *A Radiological Protection Policy Under Discussion*. Annex 3.
- TOKAR JR, FRANK J, E JAMES E. EVANS., 1993, "Depositional Environments of the Pictured Cliffs Sandstone, Late Cretaceous, near Durango, Colorado1.", *OHIO J. SCI.*, v. 93, n. 4, pp. 83-89.
- TOMMASINO, L., 1990, "The present state of track etch process in radiation dosimetry", *Radiation Protection Dosimetry*, v. 34, n.1-4, pp. 1-4.
- TOMMASINO, L., 2004, "Electrochemical Etching Processes For The Detection Of Neutrons And Radon-Decay Products", *Nuclear Technology & Radiation Protection*, v. 19, n.1, pp. 12-19.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L., 2005, *Microbiologia*. 8ª ed., Porto Alegre: Artmed, p. 779-780.
- TREVISI, R., ORLANDO, C., ORLANDO P., AMICI M., SIMEONI C., 2012, "Radon levels in underground workplaces e results of a nationwide survey in Italy", *Radiation Measurements*, v. 47 ,pp.178 – 181.
- TRINDADE, H., PFEIFFER, W. C., LONDRES, H., COSTA RIBEIRO, C. L., 1981, "Atmospheric Concentration of Metals and Total Suspended Particulate in Rio de Janeiro", *Env. Sci. Technology*, v.15, n.1, pp. 84-89.
- UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982, "Annex D - Exposure to radon and thoron and their decay products." In: *Ionising radiation sources and biological effects*. UNSCEAR, Report to the United Nations General Assembly.

- , 1997, "Unsear 1997 Report: Exposures from Natural Radiation Sources". Forty-sixth session of UNSCEAR, Vienna 16-20 June, 1997, 60p.
- , 2000, "Unsear 2000 Report to the general Assembly Volume 1 – Sources and Effects of Ionizing Radiation."
- , 2006, "Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation- UNSCEAR 2006 Report, Volume 1- Report to the General Assembly, with Scientific Annexes A and B." URBAN, M., PIESCH, .E E., 1981, "Low Level Environmental Radon Dosimetry With A Passive Track Etch Detector Device." *Radiation Protection Dosimetry*, v. 1, pp. 97- 109.
- URBAN, M, BINNS, D.A.C, AND ESTRADA, J.J., 1985, "Radon Measurements in Mines and Dwellings.", *Kfk 3866 - Cnen 1101, Join Report*, 68 p.
- URBAN, M., 1985, "Passive One-Element Track Etch Dosimeter For Simultaneous Measurement Of Radon, Thoron, And Decay Products In Air." In: *13th International Conference On Solid State Nuclear Track Detectors*, September.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency, 1987, "Indoor air quality and work environment survey."
- VALENTIN, N., GARCIA, R., DE LUIS, O. MAEKAWA, S., 1998, "Microbial Control in Archives, Libraries and Museums by Ventilation Systems". *Restaurator*, pp. 85-107.
- VALENTIN-BON, I., JACOBSON, A., MONDAY, S.R., FENG, P.C.H., 2008. Microbiological quality of bagged cut spinach and lettuce mixes. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 74, pp. 1240 -1242.
- VAUPOTIC, J., CELIKOV, I., S. NATASA., Z. Z.S., KOBAL, I., 2008, "Concentrations of <sup>222</sup>Rn and <sup>220</sup>Rn in Indoor Air", *Acta Chim. Slov.*, v. 55, pp. 160-165.
- VICENTINO, C., 1995. *História: memória viva - da Pré-História à Idade Média*. São Paulo : Scipione.

- WALDIR NAGEL SCHIRMER, W. N., PIAN, L. B., SZYMANSKI, M.S.E., GAUER, M.A., 2011, “A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes”, *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, n. 8, pp. 3583-3590.
- WALLACE, L.A.; NELSON, W.C., ZIEGENFUS,R., PELLIZZARI,E., 1991, “The Los Angeles TEAM study: Personal exposures, indoor-outdoor air concentrations, and breath concentrations of 25 volatile organic compounds”, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, v.1, n. 2, pp. 37 – 72.
- WATSON, J., 1983, “Deposition and clearance of inhaled particles. International Radiation Dosimetry: Principles and Practice”, *Health Physics Society Summer School*, UK.
- WESTBROOK, J.K. AND S.A. ISARD, 1999, “Atmospheric scale of motion for dispersing biota”, *Agric. For.Meteorol.*, v. 97, pp. 263–274.
- WHEELER,A.J.; WILLIAMS, I; BEAUMONT, R.A.; HAMILTON, R.S., 2000, “Characterization of particulate matter sampled during a study of Children’s exposure to airborne particulate matter in a UK Urban Environment”, *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 65, pp. 69-77.
- WHO - World Health Organization , 1983, “Indoor air pollutants : exposure and health effects”, EURO Reports and Studies No. 78, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO - World Health Organization, 2000a, “WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants”.
- WHO - World Health Organization, 2000b, “The Right to Healthy Indoor Air;report on a WHO Meeting”. WHO Regional Office for Europe,Copenhagen. European Health 21 targets 10, 13p.
- WHO - World Health Organization, 2001, “Depleted uranium: Sources, Exposure and Health Effects”, Department of Protection of the Human Environment. World Health Organization,221 p.

- WHO - World Health Organization, 2007, "Environmental Health Update". *Sustainable Development and Healthy Environments*, v. 2, n. 8, p. 1-6.
- WHO - World Health Organization, 2009, "WHO Handbook on Indoor Radon - A Public Health Perspective"
- WIENER, R.W; RODES, C.E., 1993, "Indoor Aerosols and Aerosol Exposure." In: *Aerosol Measurement*, Willeke, K.; Baron, P.A. (Ed), Van Nostrand Reinhold, new York. p.659 – 689.
- WILLEKE, K. e BARON, P.A. 1993. *Aerosol measurement – Principles Techniques and Applications*. K. Willeke e P.A. Baron (eds), Van Nostrand Reinhold: New York
- WITT *et al*, 2010, "Aerosol trace metals, particle morphology and total gaseous mercury in the atmosphere of Oxford, UK.", *Atmospheric Environment*, v. 44, n. 12, pp. 1524 – 1538.
- YANG, H., N. L. ROSE & R.W. BATTARBEE, 2002, "Distribution of trace metals in Lochnagar, a Scottish mountain lake ecosystem and its catchment". *Sci. Total Environ.* v. 285, pp. 197–208.
- ZAR JH, 1999, *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ

## ANEXO A

### DESCRIÇÃO DOS MEIOS DE CULTURA UTILIZADOS

Para o isolamento dos fungos anemófilos foram utilizados dois diferentes meios de cultura da MERCK, seletivos para fungos, a composição e a forma de preparo dos meios são descritos a seguir:

#### 1) “MALT EXTRACT AGAR – YEAST AND MOLDS” (MEAYM):

Composição:

Extrato de malte em pó ----- 20,0 g  
Glicose ----- 20,0 g  
Peptona ----- 1,0 g  
Agar ----- 20,0 g  
Água destilada ----- 1 L

pH final : 5,4

#### 2) MEIO SABORAUD DEXTROSE A 4% AGAR

Composição:

Polipetona ou neopeptona ----- 10,0 g

Dextrose ----- 40,0 g

Ágar ----- 15,0 g

Água destilada ----- 1L

pH final: 5,6

Modo de Preparo:

Os meios são diluídos na água destilada e fervidos para dissolução do Agar. Após a dissolução o meio passa por esterilização em autoclave à 120°C por 15 min.

Após a esterilização o meio é resfriado a aproximadamente 50°C e vertido em placas de petri sob condições assépticas.

Após a solidificação o meio é mantido fechado e refrigerado até o momento do uso.

## Anexo B

Parâmetros da coleta de amostras de partículas na fração respirável nos prédios A e C.

Tabela B1. Parâmetros da coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas usando o amostrador pessoal com ciclone. Amostras coletadas no Prédio A em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem	Vazão		Vazão média	Volume total	
	Inicial	Final		Inicial	Final		[L]	[m3]
27/01/2009	11:10	16:40	330 min.	2	2	2	660	0,66
28/01/2009	8:40	16:45	485 min.	2	2	2	970	0,97
29/01/2009	8:45	16:45	480 min.	2	2	2	960	0,96
30/01/2009	8:30	16:30	480 min.	2	2	2	960	0,96
02/02/2009	9:25	16:00	395 min.	2	2	2	790	0,79
03/02/2009	8:25	16:30	485 min.	2	2	2	970	0,97
04/02/2009	8:50	16:30	460 min.	2	2	2	920	0,92
05/02/2009	8:55	16:20	445 min.	2	2	2	890	0,89
06/02/2009	9:55	16:15	380 min.	2	2	2	760	0,76
09/02/2009	8:50	14:15	325 min.	2	2	2	650	0,65
10/02/2009	9:15	16:30	435 min.	2	2	2	870	0,87
11/02/2009	8:50	16:30	460 min.	2	2	2	920	0,92
12/02/2009	9:10	16:20	430 min.	2	2	2	860	0,86
13/02/2009	9:10	16:20	430 min.	2	2	2	860	0,86
16/02/2009	8:50	16:35	465 min.	2	2	2	930	0,93

Tabela B2. Parâmetros da coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas usando o amostrador pessoal com ciclone. Amostras coletadas no Prédio A em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem	Vazão		Vazão média	Volume total	
	Inicial	Final		Inicial	Final		[L]	[m3]
28/04/2011	9:03	15:50	407 min.	2	2	2	814	0,81
29/04/2011	9:20	15:10	350 min.	2	2	2	700	0,70
01/05/2011	10:06	15:58	352 min.	2	2	2	704	0,70
02/05/2011	9:30	15:55	385 min.	2	2	2	770	0,77
03/05/2011	9:38	15:53	375 min.	2	2	2	750	0,75
04/05/2011	9:45	15:03	318 min.	2	2	2	636	0,64
05/05/2011	10:10	15:55	345 min.	2	2	2	690	0,69
06/05/2011	9:55	15:50	355 min.	2	2	2	710	0,71
09/05/2011	10:45	15:42	297 min.	2	2	2	594	0,59
10/05/2011	10:11	16:00	349 min.	2	2	2	698	0,70
11/05/2011	10:25	15:18	293 min.	2	2	2	586	0,59
12/05/2011	10:30	16:00	330 min.	2	2	2	660	0,66
13/05/2011	9:57	16:00	363 min.	2	2	2	726	0,73
16/05/2011	9:39	15:53	374 min.	2	2	2	748	0,75
17/05/2011	9:46	15:07	321 min.	2	2	2	642	0,64



Tabela B3. Parâmetros da coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas usando o amostrador pessoal com ciclone. Amostras coletadas no Prédio C em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem	Vazão		Vazão média	Volume total	
	Inicial	Final		Inicial	Final		[L]	[m3]
13/07/2009	12:22	16:06	224 min.	2	2	2	448	0,45
14/07/2009	10:55	16:30	335 min.	2	2	2	670	0,67
15/07/2009	10:44	16:00	316 min.	2	2	2	632	0,63
16/07/2009	10:15	16:15	360 min.	2	2	2	720	0,72
17/07/2009	10:45	16:15	330 min.	2	2	2	660	0,66
20/07/2009	10:28	17:00	392 min.	2	2	2	784	0,78
21/07/2009	10:25	16:20	355 min.	2	2	2	710	0,71
22/07/2009	10:34	16:30	356 min.	2	2	2	712	0,71
23/07/2009	10:22	16:30	368 min.	2	2	2	736	0,74
24/07/2009	10:15	16:30	375 min.	2	2	2	750	0,75
27/07/2009	10:45	16:30	345 min.	2	2	2	690	0,69
28/07/2009	10:36	17:00	384 min.	2	2	2	768	0,77
29/07/2009	10:28	16:20	352 min.	2	2	2	704	0,70
30/07/2009	10:40	16:30	350 min.	2	2	2	700	0,70
31/07/2009	10:25	16:30	365 min.	2	2	2	730	0,73

Tabela B4. Parâmetros da coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas usando o amostrador pessoal com ciclone. Amostras coletadas no Prédio C em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem	Vazão		Vazão média	Volume total	
	Inicial	Final		Inicial	Final		[L]	[m3]
28/04/2011	10:33	16:20	347 min.	2	2	2	694	0,69
29/04/2011	10:30	15:54	324 min.	2	2	2	648	0,65
01/05/2011	10:50	16:00	310 min.	2	2	2	620	0,62
02/05/2011	12:10	16:50	280 min.	2	2	2	560	0,56
03/05/2011	10:30	17:03	393 min.	2	2	2	786	0,79
04/05/2011	11:21	16:00	279 min.	2	2	2	558	0,56
05/05/2011	11:00	16:12	312 min.	2	2	2	624	0,62
06/05/2011	11:10	16:23	313 min.	2	2	2	626	0,63
09/05/2011	11:00	16:30	330 min.	2	2	2	660	0,66
10/05/2011	11:10	16:30	320 min.	2	2	2	640	0,64
11/05/2011	10:30	17:03	393 min.	2	2	2	786	0,79
12/05/2011	10:45	16:00	315 min.	2	2	2	630	0,63
13/05/2011	11:00	16:12	312 min.	2	2	2	624	0,62
16/05/2011	11:00	16:23	323 min.	2	2	2	646	0,65
17/05/2011	10:45	16:30	345 min.	2	2	2	690	0,69

## Anexo C

Parâmetros climáticos durante coleta de amostras de partículas na fração respirável nos prédios A e C.

Tabela C1. Parâmetros climáticos durante a coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas no Prédio A em 2009.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação** (mm)</b>
27/01/2009	24,8	1033	82	3
28/01/2009	26,4	1020	87	11
29/01/2009	24,7	1010	89	1
30/01/2009	25,8	1032	86	2
02/02/2009	27,3	1050	81	0
03/02/2009	25,2	1032	77	0
04/02/2009	27,9	1031	79	0
05/02/2009	26,8	1032	70	11
06/02/2009	26,7	1050	82	3
09/02/2009	24,7	1033	83	0
10/02/2009	27,6	1050	81	2
11/02/2009	24,7	1031	79	0
12/02/2009	25,5	1032	77	24
13/02/2009	27,8	1050	71	6
16/02/2009	22,9	1033	82	13

\*Medidas realizadas com a Estação Meteorológica portátil Oregon Scientific, modelo WR928NX do laboratório de Caracterização de Aerossol.

\*\* Fonte: INMET (Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela C2. Parâmetros climáticos durante a coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas no Prédio A em 2011.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação** (mm)</b>
28/04/2011	27,6	1022	68	0
29/04/2011	24,6	1017	66	2
01/05/2011	26,0	1007	63	2
02/05/2011	23,7	1016	65	1
03/05/2011	28,8	1015	73	2
04/05/2011	24,9	1022	69	1
05/05/2011	24,4	1007	63	1
06/05/2011	25,2	1015	68	1
09/05/2011	26,3	1015	67	0
10/05/2011	26,2	1012	61	21
11/05/2011	25,2	1006	64	0
12/05/2011	28,5	1016	68	0
13/05/2011	26,3	1015	71	20
16/05/2011	26,3	1007	69	3
17/05/2011	25,3	1015	68	2

\*Medidas realizadas com a Estação Meteorológica portátil Oregon Scientific, modelo WR928NX do laboratório de Caracterização de Aerossol.

\*\* Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela C3. Parâmetros climáticos durante a coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas no Prédio C em 2009.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação** (mm)</b>
13/07/2009	27,1	1017	71	3
14/07/2009	23,8	1017	63	2
15/07/2009	25,0	1015	71	1
16/07/2009	27,3	1016	70	1
17/07/2009	28,3	1014	70	0
20/07/2009	27,0	1014	69	4
21/07/2009	25,5	1014	74	2
22/07/2009	26,6	1018	69	0
23/07/2009	26,2	1016	76	2
24/07/2009	24,4	1017	70	4
27/07/2009	24,5	1033	62	1
28/07/2009	24,9	1021	59	0
29/07/2009	23,3	1026	62	5
30/07/2009	26,4	1036	61	3
31/07/2009	24,2	1018	68	10

\*Medidas realizadas com a Estação Meteorológica portátil Oregon Scientific, modelo WR928NX do laboratório de Caracterização de Aerossol.

\*\* Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela C4. Parâmetros climáticos durante a coleta de amostras de partículas na fração respirável. Amostras coletadas no Prédio C em 2011.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação** (mm)</b>
28/04/2011	27,6	1022	68	0
29/04/2011	24,6	1017	66	2
01/05/2011	26,0	1007	63	2
02/05/2011	23,7	1016	65	1
03/05/2011	28,8	1015	73	2
04/05/2011	24,9	1022	69	1
05/05/2011	24,4	1007	63	1
06/05/2011	25,2	1015	68	1
09/05/2011	26,3	1015	67	0
10/05/2011	26,2	1012	61	21
11/05/2011	25,2	1006	64	0
12/05/2011	28,5	1016	68	0
13/05/2011	26,3	1015	71	20
16/05/2011	26,3	1007	69	3
17/05/2011	25,3	1015	68	2

\*Medidas realizadas com a Estação Meteorológica portátil Oregon Scientific, modelo WR928NX do laboratório de Caracterização de Aerossol.

\*\* Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

## Anexo D

Parâmetros da coleta de amostras de radônio nos 4 (quatro) prédios.

Tabela D1. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio A em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
26/01/2009	10:30	23:59	13h e 30 min
27/01/2009	00:00	23:59	24h
28/01/2009	00:00	23:59	24h
29/01/2009	00:00	23:59	24h
30/01/2009	00:00	23:59	24h
31/01/2009	00:00	23:59	24h
01/02/2009	00:00	23:59	24h
02/02/2009	00:00	23:59	24h
03/02/2009	00:00	23:59	24h
04/02/2009	00:00	23:59	24h
05/02/2009	00:00	23:59	24h
06/02/2009	00:00	23:59	24h
07/02/2009	00:00	23:59	24h
08/02/2009	00:00	23:59	24h
09/02/2009	00:00	23:59	24h
10/02/2009	00:00	23:59	24h
11/02/2009	00:00	23:59	24h
12/02/2009	00:00	23:59	24h
13/02/2009	00:00	23:59	24h
14/02/2009	00:00	23:59	24h
15/02/2009	00:00	23:59	24h
16/02/2009	00:00	23:59	24h
17/02/2009	00:00	23:59	24h
18/02/2009	00:00	23:59	24h
19/02/2009	00:00	23:59	24h
20/02/2009	00:00	23:59	24h
21/02/2009	00:00	23:59	24h
22/02/2009	00:00	23:59	24h
23/02/2009	00:00	23:59	24h
24/02/2009	00:00	23:59	24h
25/02/2009	00:00	23:59	24h
26/02/2009	00:00	23:59	24h
27/02/2009	00:00	23:59	24h
28/02/2009	00:00	23:59	24h
01/03/2009	00:00	23:59	24h
02/03/2009	00:00	23:59	24h
03/03/2009	00:00	23:59	24h
04/03/2009	00:00	23:59	24h
05/03/2009	00:00	23:59	24h
06/03/2009	00:00	23:59	24h
07/03/2009	00:00	23:59	24h
08/03/2009	00:00	23:59	24h
09/03/2009	00:00	23:59	24h
10/03/2009	00:00	23:59	24h

11/03/2009	00:00	23:59	24h
12/03/2009	00:00	23:59	24h
13/03/2009	00:00	23:59	24h
14/03/2009	00:00	23:59	24h
15/03/2009	00:00	23:59	24h
16/03/2009	00:00	23:59	24h
17/03/2009	00:00	23:59	24h
18/03/2009	00:00	23:59	24h
19/03/2009	00:00	23:59	24h
20/03/2009	00:00	23:59	24h
21/03/2009	00:00	23:59	24h
22/03/2009	00:00	23:59	24h
23/03/2009	00:00	23:59	24h
24/03/2009	00:00	23:59	24h
25/03/2009	00:00	23:59	24h
26/03/2009	00:00	23:59	24h
27/03/2009	00:00	23:59	24h
28/03/2009	00:00	23:59	24h
29/03/2009	00:00	23:59	24h
30/03/2009	00:00	23:59	24h
31/03/2009	00:00	23:59	24h
01/04/2009	00:00	23:59	24h
02/04/2009	00:00	23:59	24h
03/04/2009	00:00	23:59	24h
04/04/2009	00:00	23:59	24h
05/04/2009	00:00	23:59	24h
06/04/2009	00:00	23:59	24h
07/04/2009	00:00	23:59	24h
08/04/2009	00:00	23:59	24h
09/04/2009	00:00	23:59	24h
10/04/2009	00:00	23:59	24h
11/04/2009	00:00	23:59	24h
12/04/2009	00:00	23:59	24h
13/04/2009	00:00	23:59	24h
14/04/2009	00:00	23:59	24h
15/04/2009	00:00	23:59	24h
16/04/2009	00:00	23:59	24h
17/04/2009	00:00	23:59	24h
18/04/2009	00:00	23:59	24h
19/04/2009	00:00	23:59	24h
20/04/2009	00:00	23:59	24h
21/04/2009	00:00	23:59	24h
22/04/2009	00:00	23:59	24h
23/04/2009	00:00	23:59	24h
24/04/2009	00:00	23:59	24h
25/04/2009	00:00	16:00	16h

---



Tabela D2. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio A em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
28/04/2011	09:30	23:59	14h e 30 min
29/04/2011	00:00	23:59	24h
30/04/2011	00:00	23:59	24h
01/05/2011	00:00	23:59	24h
02/05/2011	00:00	23:59	24h
03/05/2011	00:00	23:59	24h
04/05/2011	00:00	23:59	24h
05/05/2011	00:00	23:59	24h
06/05/2011	00:00	23:59	24h
07/05/2011	00:00	23:59	24h
08/05/2011	00:00	23:59	24h
09/05/2011	00:00	23:59	24h
10/05/2011	00:00	23:59	24h
11/05/2011	00:00	23:59	24h
12/05/2011	00:00	23:59	24h
13/05/2011	00:00	23:59	24h
14/05/2011	00:00	23:59	24h
15/05/2011	00:00	23:59	24h
16/05/2011	00:00	23:59	24h
17/05/2011	00:00	23:59	24h
18/05/2011	00:00	23:59	24h
19/05/2011	00:00	23:59	24h
20/05/2011	00:00	23:59	24h
21/05/2011	00:00	23:59	24h
22/05/2011	00:00	23:59	24h
23/05/2011	00:00	23:59	24h
24/05/2011	00:00	23:59	24h
25/05/2011	00:00	23:59	24h
26/05/2011	00:00	23:59	24h
27/05/2011	00:00	23:59	24h
28/05/2011	00:00	23:59	24h
29/05/2011	00:00	23:59	24h
30/05/2011	00:00	23:59	24h
31/05/2011	00:00	23:59	24h
01/06/2011	00:00	23:59	24h
02/06/2011	00:00	23:59	24h
03/06/2011	00:00	23:59	24h
04/06/2011	00:00	23:59	24h
05/06/2011	00:00	23:59	24h
06/06/2011	00:00	23:59	24h
07/06/2011	00:00	23:59	24h
08/06/2011	00:00	23:59	24h
09/06/2011	00:00	23:59	24h
10/06/2011	00:00	23:59	24h
11/06/2011	00:00	23:59	24h
12/06/2011	00:00	23:59	24h
13/06/2011	00:00	23:59	24h
14/06/2011	00:00	23:59	24h
15/06/2011	00:00	23:59	24h
16/06/2011	00:00	23:59	24h
17/06/2011	00:00	23:59	24h
18/06/2011	00:00	23:59	24h
19/06/2011	00:00	23:59	24h

20/06/2011	00:00	23:59	24h
21/06/2011	00:00	23:59	24h
22/06/2011	00:00	23:59	24h
23/06/2011	00:00	23:59	24h
24/06/2011	00:00	23:59	24h
25/06/2011	00:00	23:59	24h
26/06/2011	00:00	23:59	24h
27/06/2011	00:00	23:59	24h
28/06/2011	00:00	23:59	24h
29/06/2011	00:00	23:59	24h
30/06/2011	00:00	23:59	24h
01/07/2011	00:00	23:59	24h
02/07/2011	00:00	23:59	24h
03/07/2011	00:00	23:59	24h
04/07/2011	00:00	23:59	24h
05/07/2011	00:00	23:59	24h
06/07/2011	00:00	23:59	24h
07/07/2011	00:00	23:59	24h
08/07/2011	00:00	23:59	24h
09/07/2011	00:00	23:59	24h
10/07/2011	00:00	23:59	24h
11/07/2011	00:00	23:59	24h
12/07/2011	00:00	23:59	24h
13/07/2011	00:00	23:59	24h
14/07/2011	00:00	23:59	24h
15/07/2011	00:00	23:59	24h
16/07/2011	00:00	23:59	24h
17/07/2011	00:00	23:59	24h
18/07/2011	00:00	23:59	24h
19/07/2011	00:00	23:59	24h
20/07/2011	00:00	23:59	24h
21/07/2011	00:00	23:59	24h
22/07/2011	00:00	23:59	24h
23/07/2011	00:00	23:59	24h
24/07/2011	00:00	23:59	24h
25/07/2011	00:00	23:59	24h
26/07/2011	00:00	16:00	16h

---

Tabela D3. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio B em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
26/01/2009	11:30	23:59	12h e 30 min
27/01/2009	00:00	23:59	24h
28/01/2009	00:00	23:59	24h
29/01/2009	00:00	23:59	24h
30/01/2009	00:00	23:59	24h
31/01/2009	00:00	23:59	24h
01/02/2009	00:00	23:59	24h
02/02/2009	00:00	23:59	24h
03/02/2009	00:00	23:59	24h
04/02/2009	00:00	23:59	24h
05/02/2009	00:00	23:59	24h
06/02/2009	00:00	23:59	24h
07/02/2009	00:00	23:59	24h
08/02/2009	00:00	23:59	24h
09/02/2009	00:00	23:59	24h
10/02/2009	00:00	23:59	24h
11/02/2009	00:00	23:59	24h
12/02/2009	00:00	23:59	24h
13/02/2009	00:00	23:59	24h
14/02/2009	00:00	23:59	24h
15/02/2009	00:00	23:59	24h
16/02/2009	00:00	23:59	24h
17/02/2009	00:00	23:59	24h
18/02/2009	00:00	23:59	24h
19/02/2009	00:00	23:59	24h
20/02/2009	00:00	23:59	24h
21/02/2009	00:00	23:59	24h
22/02/2009	00:00	23:59	24h
23/02/2009	00:00	23:59	24h
24/02/2009	00:00	23:59	24h
25/02/2009	00:00	23:59	24h
26/02/2009	00:00	23:59	24h
27/02/2009	00:00	23:59	24h
28/02/2009	00:00	23:59	24h
01/03/2009	00:00	23:59	24h
02/03/2009	00:00	23:59	24h
03/03/2009	00:00	23:59	24h
04/03/2009	00:00	23:59	24h
05/03/2009	00:00	23:59	24h
06/03/2009	00:00	23:59	24h
07/03/2009	00:00	23:59	24h
08/03/2009	00:00	23:59	24h
09/03/2009	00:00	23:59	24h
10/03/2009	00:00	23:59	24h
11/03/2009	00:00	23:59	24h
12/03/2009	00:00	23:59	24h
13/03/2009	00:00	23:59	24h
14/03/2009	00:00	23:59	24h
15/03/2009	00:00	23:59	24h
16/03/2009	00:00	23:59	24h
17/03/2009	00:00	23:59	24h
18/03/2009	00:00	23:59	24h
19/03/2009	00:00	23:59	24h

20/03/2009	00:00	23:59	24h
21/03/2009	00:00	23:59	24h
22/03/2009	00:00	23:59	24h
23/03/2009	00:00	23:59	24h
24/03/2009	00:00	23:59	24h
25/03/2009	00:00	23:59	24h
26/03/2009	00:00	23:59	24h
27/03/2009	00:00	23:59	24h
28/03/2009	00:00	23:59	24h
29/03/2009	00:00	23:59	24h
30/03/2009	00:00	23:59	24h
31/03/2009	00:00	23:59	24h
01/04/2009	00:00	23:59	24h
02/04/2009	00:00	23:59	24h
03/04/2009	00:00	23:59	24h
04/04/2009	00:00	23:59	24h
05/04/2009	00:00	23:59	24h
06/04/2009	00:00	23:59	24h
07/04/2009	00:00	23:59	24h
08/04/2009	00:00	23:59	24h
09/04/2009	00:00	23:59	24h
10/04/2009	00:00	23:59	24h
11/04/2009	00:00	23:59	24h
12/04/2009	00:00	23:59	24h
13/04/2009	00:00	23:59	24h
14/04/2009	00:00	23:59	24h
15/04/2009	00:00	23:59	24h
16/04/2009	00:00	23:59	24h
17/04/2009	00:00	23:59	24h
18/04/2009	00:00	23:59	24h
19/04/2009	00:00	23:59	24h
20/04/2009	00:00	23:59	24h
21/04/2009	00:00	23:59	24h
22/04/2009	00:00	23:59	24h
23/04/2009	00:00	23:59	24h
24/04/2009	00:00	23:59	24h
25/04/2009	00:00	17:00	17h

---

Tabela D4. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio B em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
28/04/2011	11:30	23:59	11h e 30 min
29/04/2011	00:00	23:59	24h
30/04/2011	00:00	23:59	24h
01/05/2011	00:00	23:59	24h
02/05/2011	00:00	23:59	24h
03/05/2011	00:00	23:59	24h
04/05/2011	00:00	23:59	24h
05/05/2011	00:00	23:59	24h
06/05/2011	00:00	23:59	24h
07/05/2011	00:00	23:59	24h
08/05/2011	00:00	23:59	24h
09/05/2011	00:00	23:59	24h
10/05/2011	00:00	23:59	24h
11/05/2011	00:00	23:59	24h
12/05/2011	00:00	23:59	24h
13/05/2011	00:00	23:59	24h
14/05/2011	00:00	23:59	24h
15/05/2011	00:00	23:59	24h
16/05/2011	00:00	23:59	24h
17/05/2011	00:00	23:59	24h
18/05/2011	00:00	23:59	24h
19/05/2011	00:00	23:59	24h
20/05/2011	00:00	23:59	24h
21/05/2011	00:00	23:59	24h
22/05/2011	00:00	23:59	24h
23/05/2011	00:00	23:59	24h
24/05/2011	00:00	23:59	24h
25/05/2011	00:00	23:59	24h
26/05/2011	00:00	23:59	24h
27/05/2011	00:00	23:59	24h
28/05/2011	00:00	23:59	24h
29/05/2011	00:00	23:59	24h
30/05/2011	00:00	23:59	24h
31/05/2011	00:00	23:59	24h
01/06/2011	00:00	23:59	24h
02/06/2011	00:00	23:59	24h
03/06/2011	00:00	23:59	24h
04/06/2011	00:00	23:59	24h
05/06/2011	00:00	23:59	24h
06/06/2011	00:00	23:59	24h
07/06/2011	00:00	23:59	24h
08/06/2011	00:00	23:59	24h
09/06/2011	00:00	23:59	24h
10/06/2011	00:00	23:59	24h
11/06/2011	00:00	23:59	24h
12/06/2011	00:00	23:59	24h
13/06/2011	00:00	23:59	24h
14/06/2011	00:00	23:59	24h
15/06/2011	00:00	23:59	24h
16/06/2011	00:00	23:59	24h
17/06/2011	00:00	23:59	24h
18/06/2011	00:00	23:59	24h
19/06/2011	00:00	23:59	24h

20/06/2011	00:00	23:59	24h
21/06/2011	00:00	23:59	24h
22/06/2011	00:00	23:59	24h
23/06/2011	00:00	23:59	24h
24/06/2011	00:00	23:59	24h
25/06/2011	00:00	23:59	24h
26/06/2011	00:00	23:59	24h
27/06/2011	00:00	23:59	24h
28/06/2011	00:00	23:59	24h
29/06/2011	00:00	23:59	24h
30/06/2011	00:00	23:59	24h
01/07/2011	00:00	23:59	24h
02/07/2011	00:00	23:59	24h
03/07/2011	00:00	23:59	24h
04/07/2011	00:00	23:59	24h
05/07/2011	00:00	23:59	24h
06/07/2011	00:00	23:59	24h
07/07/2011	00:00	23:59	24h
08/07/2011	00:00	23:59	24h
09/07/2011	00:00	23:59	24h
10/07/2011	00:00	23:59	24h
11/07/2011	00:00	23:59	24h
12/07/2011	00:00	23:59	24h
13/07/2011	00:00	23:59	24h
14/07/2011	00:00	23:59	24h
15/07/2011	00:00	23:59	24h
16/07/2011	00:00	23:59	24h
17/07/2011	00:00	23:59	24h
18/07/2011	00:00	23:59	24h
19/07/2011	00:00	23:59	24h
20/07/2011	00:00	23:59	24h
21/07/2011	00:00	23:59	24h
22/07/2011	00:00	23:59	24h
23/07/2011	00:00	23:59	24h
24/07/2011	00:00	23:59	24h
25/07/2011	00:00	23:59	24h
26/07/2011	00:00	16:30	16h e 30 min.

Tabela D5. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio C em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
13/07/2009	10:20	23:59	13h e 20 min
14/07/2009	00:00	23:59	24h
15/07/2009	00:00	23:59	24h
16/07/2009	00:00	23:59	24h
17/07/2009	00:00	23:59	24h
18/07/2009	00:00	23:59	24h
19/07/2009	00:00	23:59	24h
20/07/2009	00:00	23:59	24h
21/07/2009	00:00	23:59	24h
22/07/2009	00:00	23:59	24h
23/07/2009	00:00	23:59	24h
24/07/2009	00:00	23:59	24h
25/07/2009	00:00	23:59	24h
26/07/2009	00:00	23:59	24h
27/07/2009	00:00	23:59	24h
28/07/2009	00:00	23:59	24h
29/07/2009	00:00	23:59	24h
30/07/2009	00:00	23:59	24h
31/07/2009	00:00	23:59	24h
01/08/2009	00:00	23:59	24h
02/08/2009	00:00	23:59	24h
03/08/2009	00:00	23:59	24h
04/08/2009	00:00	23:59	24h
05/08/2009	00:00	23:59	24h
06/08/2009	00:00	23:59	24h
07/08/2009	00:00	23:59	24h
08/08/2009	00:00	23:59	24h
09/08/2009	00:00	23:59	24h
10/08/2009	00:00	23:59	24h
11/08/2009	00:00	23:59	24h
12/08/2009	00:00	23:59	24h
13/08/2009	00:00	23:59	24h
14/08/2009	00:00	23:59	24h
15/08/2009	00:00	23:59	24h
16/08/2009	00:00	23:59	24h
17/08/2009	00:00	23:59	24h
18/08/2009	00:00	23:59	24h
19/08/2009	00:00	23:59	24h
20/08/2009	00:00	23:59	24h
21/08/2009	00:00	23:59	24h
22/08/2009	00:00	23:59	24h
23/08/2009	00:00	23:59	24h
24/08/2009	00:00	23:59	24h
25/08/2009	00:00	23:59	24h
26/08/2009	00:00	23:59	24h
27/08/2009	00:00	23:59	24h
28/08/2009	00:00	23:59	24h
29/08/2009	00:00	23:59	24h
30/08/2009	00:00	23:59	24h

31/08/2009	00:00	23:59	24h
01/09/2009	00:00	23:59	24h
02/09/2009	00:00	23:59	24h
03/09/2009	00:00	23:59	24h
04/09/2009	00:00	23:59	24h
05/09/2009	00:00	23:59	24h
06/09/2009	00:00	23:59	24h
07/09/2009	00:00	23:59	24h
08/09/2009	00:00	23:59	24h
09/09/2009	00:00	23:59	24h
10/09/2009	00:00	23:59	24h
11/09/2009	00:00	23:59	24h
12/09/2009	00:00	23:59	24h
13/09/2009	00:00	23:59	24h
14/09/2009	00:00	23:59	24h
15/09/2009	00:00	23:59	24h
16/09/2009	00:00	23:59	24h
17/09/2009	00:00	23:59	24h
18/09/2009	00:00	23:59	24h
19/09/2009	00:00	23:59	24h
20/09/2009	00:00	23:59	24h
21/09/2009	00:00	23:59	24h
22/09/2009	00:00	23:59	24h
23/09/2009	00:00	23:59	24h
24/09/2009	00:00	23:59	24h
25/09/2009	00:00	23:59	24h
26/09/2009	00:00	23:59	24h
27/09/2009	00:00	23:59	24h
28/09/2009	00:00	23:59	24h
29/09/2009	00:00	23:59	24h
30/09/2009	00:00	23:59	24h
01/10/2009	00:00	23:59	24h
02/10/2009	00:00	23:59	24h
03/10/2009	00:00	23:59	24h
04/10/2009	00:00	23:59	24h
05/10/2009	00:00	23:59	24h
06/10/2009	00:00	23:59	24h
07/10/2009	00:00	23:59	24h
08/10/2009	00:00	23:59	24h
09/10/2009	00:00	23:59	24h
10/10/2009	00:00	15:00	15h

---



Tabela D6. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio C em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
18/07/2011	12:30	23:59	12h e 30 min
19/07/2011	00:00	23:59	24h
20/07/2011	00:00	23:59	24h
21/07/2011	00:00	23:59	24h
22/07/2011	00:00	23:59	24h
23/07/2011	00:00	23:59	24h
24/07/2011	00:00	23:59	24h
25/07/2011	00:00	23:59	24h
26/07/2011	00:00	23:59	24h
27/07/2011	00:00	23:59	24h
28/07/2011	00:00	23:59	24h
29/07/2011	00:00	23:59	24h
30/07/2011	00:00	23:59	24h
31/07/2011	00:00	23:59	24h
01/08/2011	00:00	23:59	24h
02/08/2011	00:00	23:59	24h
03/08/2011	00:00	23:59	24h
04/08/2011	00:00	23:59	24h
05/08/2011	00:00	23:59	24h
06/08/2011	00:00	23:59	24h
07/08/2011	00:00	23:59	24h
08/08/2011	00:00	23:59	24h
09/08/2011	00:00	23:59	24h
10/08/2011	00:00	23:59	24h
11/08/2011	00:00	23:59	24h
12/08/2011	00:00	23:59	24h
13/08/2011	00:00	23:59	24h
14/08/2011	00:00	23:59	24h
15/08/2011	00:00	23:59	24h
16/08/2011	00:00	23:59	24h
17/08/2011	00:00	23:59	24h
18/08/2011	00:00	23:59	24h
19/08/2011	00:00	23:59	24h
20/08/2011	00:00	23:59	24h
21/08/2011	00:00	23:59	24h
22/08/2011	00:00	23:59	24h
23/08/2011	00:00	23:59	24h
24/08/2011	00:00	23:59	24h
25/08/2011	00:00	23:59	24h
26/08/2011	00:00	23:59	24h
27/08/2011	00:00	23:59	24h
28/08/2011	00:00	23:59	24h
29/08/2011	00:00	23:59	24h
30/08/2011	00:00	23:59	24h
31/08/2011	00:00	23:59	24h
01/09/2011	00:00	23:59	24h
02/09/2011	00:00	23:59	24h
03/09/2011	00:00	23:59	24h
04/09/2011	00:00	23:59	24h
05/09/2011	00:00	23:59	24h
06/09/2011	00:00	23:59	24h
07/09/2011	00:00	23:59	24h
08/09/2011	00:00	23:59	24h

09/09/2011	00:00	23:59	24h
10/09/2011	00:00	23:59	24h
11/09/2011	00:00	23:59	24h
12/09/2011	00:00	23:59	24h
13/09/2011	00:00	23:59	24h
14/09/2011	00:00	23:59	24h
15/09/2011	00:00	23:59	24h
16/09/2011	00:00	23:59	24h
17/09/2011	00:00	23:59	24h
18/09/2011	00:00	23:59	24h
19/09/2011	00:00	23:59	24h
20/09/2011	00:00	23:59	24h
21/09/2011	00:00	23:59	24h
22/09/2011	00:00	23:59	24h
23/09/2011	00:00	23:59	24h
24/09/2011	00:00	23:59	24h
25/09/2011	00:00	23:59	24h
26/09/2011	00:00	23:59	24h
27/09/2011	00:00	23:59	24h
28/09/2011	00:00	23:59	24h
29/09/2011	00:00	23:59	24h
30/09/2011	00:00	23:59	24h
01/10/2011	00:00	23:59	24h
02/10/2011	00:00	23:59	24h
03/10/2011	00:00	23:59	24h
04/10/2011	00:00	23:59	24h
05/10/2011	00:00	23:59	24h
06/10/2011	00:00	23:59	24h
07/10/2011	00:00	23:59	24h
08/10/2011	00:00	23:59	24h
09/10/2011	00:00	23:59	24h
10/10/2011	00:00	23:59	24h
11/10/2011	00:00	23:59	24h
12/10/2011	00:00	23:59	24h
13/10/2011	00:00	23:59	24h
14/10/2011	00:00	23:59	24h
15/10/2011	00:00	16:30	16h e 30 min.

---

Tabela D7. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio D em 2009.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
13/07/2009	09:30	23:59	14h e 30 min
14/07/2009	00:00	23:59	24h
15/07/2009	00:00	23:59	24h
16/07/2009	00:00	23:59	24h
17/07/2009	00:00	23:59	24h
18/07/2009	00:00	23:59	24h
19/07/2009	00:00	23:59	24h
20/07/2009	00:00	23:59	24h
21/07/2009	00:00	23:59	24h
22/07/2009	00:00	23:59	24h
23/07/2009	00:00	23:59	24h
24/07/2009	00:00	23:59	24h
25/07/2009	00:00	23:59	24h
26/07/2009	00:00	23:59	24h
27/07/2009	00:00	23:59	24h
28/07/2009	00:00	23:59	24h
29/07/2009	00:00	23:59	24h
30/07/2009	00:00	23:59	24h
31/07/2009	00:00	23:59	24h
01/08/2009	00:00	23:59	24h
02/08/2009	00:00	23:59	24h
03/08/2009	00:00	23:59	24h
04/08/2009	00:00	23:59	24h
05/08/2009	00:00	23:59	24h
06/08/2009	00:00	23:59	24h
07/08/2009	00:00	23:59	24h
08/08/2009	00:00	23:59	24h
09/08/2009	00:00	23:59	24h
10/08/2009	00:00	23:59	24h
11/08/2009	00:00	23:59	24h
12/08/2009	00:00	23:59	24h
13/08/2009	00:00	23:59	24h
14/08/2009	00:00	23:59	24h
15/08/2009	00:00	23:59	24h
16/08/2009	00:00	23:59	24h
17/08/2009	00:00	23:59	24h
18/08/2009	00:00	23:59	24h
19/08/2009	00:00	23:59	24h
20/08/2009	00:00	23:59	24h
21/08/2009	00:00	23:59	24h
22/08/2009	00:00	23:59	24h
23/08/2009	00:00	23:59	24h
24/08/2009	00:00	23:59	24h
25/08/2009	00:00	23:59	24h
26/08/2009	00:00	23:59	24h
27/08/2009	00:00	23:59	24h
28/08/2009	00:00	23:59	24h
29/08/2009	00:00	23:59	24h
30/08/2009	00:00	23:59	24h
31/08/2009	00:00	23:59	24h
01/09/2009	00:00	23:59	24h
02/09/2009	00:00	23:59	24h
03/09/2009	00:00	23:59	24h

04/09/2009	00:00	23:59	24h
05/09/2009	00:00	23:59	24h
06/09/2009	00:00	23:59	24h
07/09/2009	00:00	23:59	24h
08/09/2009	00:00	23:59	24h
09/09/2009	00:00	23:59	24h
10/09/2009	00:00	23:59	24h
11/09/2009	00:00	23:59	24h
12/09/2009	00:00	23:59	24h
13/09/2009	00:00	23:59	24h
14/09/2009	00:00	23:59	24h
15/09/2009	00:00	23:59	24h
16/09/2009	00:00	23:59	24h
17/09/2009	00:00	23:59	24h
18/09/2009	00:00	23:59	24h
19/09/2009	00:00	23:59	24h
20/09/2009	00:00	23:59	24h
21/09/2009	00:00	23:59	24h
22/09/2009	00:00	23:59	24h
23/09/2009	00:00	23:59	24h
24/09/2009	00:00	23:59	24h
25/09/2009	00:00	23:59	24h
26/09/2009	00:00	23:59	24h
27/09/2009	00:00	23:59	24h
28/09/2009	00:00	23:59	24h
29/09/2009	00:00	23:59	24h
30/09/2009	00:00	23:59	24h
01/10/2009	00:00	23:59	24h
02/10/2009	00:00	23:59	24h
03/10/2009	00:00	23:59	24h
04/10/2009	00:00	23:59	24h
05/10/2009	00:00	23:59	24h
06/10/2009	00:00	23:59	24h
07/10/2009	00:00	23:59	24h
08/10/2009	00:00	23:59	24h
09/10/2009	00:00	23:59	24h
10/10/2009	00:00	16:00	16h

---

Tabela D8. Parâmetros da coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio D em 2011.

Data	Hora		Período de amostragem
	Inicial	Final	
18/07/2011	11:30	23:59	11h e 30 min
19/07/2011	00:00	23:59	24h
20/07/2011	00:00	23:59	24h
21/07/2011	00:00	23:59	24h
22/07/2011	00:00	23:59	24h
23/07/2011	00:00	23:59	24h
24/07/2011	00:00	23:59	24h
25/07/2011	00:00	23:59	24h
26/07/2011	00:00	23:59	24h
27/07/2011	00:00	23:59	24h
28/07/2011	00:00	23:59	24h
29/07/2011	00:00	23:59	24h
30/07/2011	00:00	23:59	24h
31/07/2011	00:00	23:59	24h
01/08/2011	00:00	23:59	24h
02/08/2011	00:00	23:59	24h
03/08/2011	00:00	23:59	24h
04/08/2011	00:00	23:59	24h
05/08/2011	00:00	23:59	24h
06/08/2011	00:00	23:59	24h
07/08/2011	00:00	23:59	24h
08/08/2011	00:00	23:59	24h
09/08/2011	00:00	23:59	24h
10/08/2011	00:00	23:59	24h
11/08/2011	00:00	23:59	24h
12/08/2011	00:00	23:59	24h
13/08/2011	00:00	23:59	24h
14/08/2011	00:00	23:59	24h
15/08/2011	00:00	23:59	24h
16/08/2011	00:00	23:59	24h
17/08/2011	00:00	23:59	24h
18/08/2011	00:00	23:59	24h
19/08/2011	00:00	23:59	24h
20/08/2011	00:00	23:59	24h
21/08/2011	00:00	23:59	24h
22/08/2011	00:00	23:59	24h
23/08/2011	00:00	23:59	24h
24/08/2011	00:00	23:59	24h
25/08/2011	00:00	23:59	24h
26/08/2011	00:00	23:59	24h
27/08/2011	00:00	23:59	24h
28/08/2011	00:00	23:59	24h
29/08/2011	00:00	23:59	24h
30/08/2011	00:00	23:59	24h
31/08/2011	00:00	23:59	24h
01/09/2011	00:00	23:59	24h
02/09/2011	00:00	23:59	24h
03/09/2011	00:00	23:59	24h
04/09/2011	00:00	23:59	24h
05/09/2011	00:00	23:59	24h
06/09/2011	00:00	23:59	24h

07/09/2011	00:00	23:59	24h
08/09/2011	00:00	23:59	24h
09/09/2011	00:00	23:59	24h
10/09/2011	00:00	23:59	24h
11/09/2011	00:00	23:59	24h
12/09/2011	00:00	23:59	24h
13/09/2011	00:00	23:59	24h
14/09/2011	00:00	23:59	24h
15/09/2011	00:00	23:59	24h
16/09/2011	00:00	23:59	24h
17/09/2011	00:00	23:59	24h
18/09/2011	00:00	23:59	24h
19/09/2011	00:00	23:59	24h
20/09/2011	00:00	23:59	24h
21/09/2011	00:00	23:59	24h
22/09/2011	00:00	23:59	24h
23/09/2011	00:00	23:59	24h
24/09/2011	00:00	23:59	24h
25/09/2011	00:00	23:59	24h
26/09/2011	00:00	23:59	24h
27/09/2011	00:00	23:59	24h
28/09/2011	00:00	23:59	24h
29/09/2011	00:00	23:59	24h
30/09/2011	00:00	23:59	24h
01/10/2011	00:00	23:59	24h
02/10/2011	00:00	23:59	24h
03/10/2011	00:00	23:59	24h
04/10/2011	00:00	23:59	24h
05/10/2011	00:00	23:59	24h
06/10/2011	00:00	23:59	24h
07/10/2011	00:00	23:59	24h
08/10/2011	00:00	23:59	24h
09/10/2011	00:00	23:59	24h
10/10/2011	00:00	23:59	24h
11/10/2011	00:00	23:59	24h
12/10/2011	00:00	23:59	24h
13/10/2011	00:00	23:59	24h
14/10/2011	00:00	23:59	24h
15/10/2011	00:00	17:00	17h

---

## Anexo E

Parâmetros climáticos durante a coleta de amostras de radônio nos 4 (quarto) prédios.

Tabela E1. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio A em 2009.

Data	Temperatura* [°C]	Pressão média* [hPa]	Umidade relativa* [%]	Precipitação* (mm)
26/01/2009	25,4	1014	85	6
27/01/2009	25,4	1015	86	0
28/01/2009	25,0	1013	87	8
29/01/2009	28,0	1011	74	0
30/01/2009	26,5	1010	76	1
31/01/2009	25,5	1009	85	5
01/02/2009	26,0	1014	75	0
02/02/2009	27,7	1015	83	0
03/02/2009	28,6	1012	78	0
04/02/2009	29,2	1012	69	0
05/02/2009	28,3	1012	74	4
06/02/2009	30,5	1012	67	0
07/02/2009	31,2	1013	70	0
08/02/2009	31,5	1011	69	0
09/02/2009	29,9	1011	71	21
10/02/2009	28,5	1013	78	0
11/02/2009	27,8	1007	79	0
12/02/2009	27,9	1007	80	37
13/02/2009	23,0	1011	88	18
14/02/2009	21,7	1012	90	8
15/02/2009	27,8	1012	85	21
16/02/2009	26,0	1013	70	0
17/02/2009	26,1	1015	74	0
18/02/2009	26,2	1015	74	0
19/02/2009	25,9	1016	78	0
20/02/2009	24,8	1013	80	0
21/02/2009	24,9	1010	83	0
22/02/2009	24,2	1012	91	0
23/02/2009	24,5	1011	89	0
24/02/2009	26,2	1011	83	0
25/02/2009	26,1	1014	80	0
26/02/2009	26,4	1013	81	1
27/02/2009	26,6	1012	81	0
28/02/2009	26,8	1012	78	0
01/03/2009	26,1	1014	80	0
02/03/2009	27,0	1012	80	0
03/03/2009	27,7	1011	72	0
04/03/2009	27,0	1012	89	0
05/03/2009	27,4	1010	81	0
06/03/2009	28,4	1009	77	0
07/03/2009	26,6	1013	81	0

08/03/2009	26,2	1015	76	0
09/03/2009	26,3	1012	79	1
10/03/2009	26,4	1013	84	2
11/03/2009	27,0	1013	80	2
12/03/2009	27,1	1010	78	0
13/03/2009	26,3	1012	79	0
14/03/2009	25,4	1014	86	0
15/03/2009	25,8	1016	78	0
16/03/2009	25,8	1014	79	1
17/03/2009	25,5	1016	70	10
18/03/2009	25,7	1015	82	0
19/03/2009	25,0	1017	84	5
20/03/2009	25,0	1017	73	3
21/03/2009	24,6	1017	79	86
22/03/2009	24,7	1014	79	6
23/03/2009	24,2	1013	81	22
24/03/2009	25,4	1012	82	11
25/03/2009	24,5	1012	78	0
26/03/2009	28,3	1013	67	6
27/03/2009	24,7	1013	82	0
28/03/2009	23,9	1009	83	8
29/03/2009	25,1	1009	87	0
30/03/2009	25,1	1011	87	1
31/03/2009	24,9	1010	86	5
01/04/2009	25,2	1011	83	0
02/04/2009	23,6	1014	85	0
03/04/2009	23,0	1016	87	0
04/04/2009	24,0	1015	81	0
05/04/2009	25,0	1012	78	0
06/04/2009	25,2	1012	79	0
07/04/2009	24,3	1013	78	2
08/04/2009	23,6	1012	89	9
09/04/2009	23,7	1014	86	2
10/04/2009	23,8	1011	80	0
11/04/2009	23,6	1016	71	0
12/04/2009	23,7	1018	79	0
13/04/2009	24,3	1019	72	0
14/04/2009	23,7	1015	85	0
15/04/2009	23,5	1017	86	6
16/04/2009	22,7	1021	85	8
17/04/2009	22,8	1019	72	0
18/04/2009	22,1	1019	80	0
19/04/2009	22,3	1016	77	0
20/04/2009	23,7	1017	68	0
21/04/2009	22,7	1021	85	16
22/04/2009	22,2	1019	74	9
23/04/2009	22,6	1013	78	0
24/04/2009	22,2	1013	82	22
25/04/2009	23,1	1015	81	0

---

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)



Tabela E2. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio A em 2011.

Data	Temperatura* [°C]	Pressão média* [hPa]	Umidade relativa* [%]	Precipitação* (mm)
28/04/2011	22,6	1016	77	0
29/04/2011	23,7	1013	77	2
30/04/2011	24,8	1011	79	1
01/05/2011	26,3	1008	74	2
02/05/2011	25,4	1009	79	1
03/05/2011	22,8	1015	68	2
04/05/2011	22,4	1015	73	1
05/05/2011	23,8	1013	75	1
06/05/2011	25,1	1012	78	0
07/05/2011	24,2	1016	75	1
08/05/2011	23,4	1014	75	0
09/05/2011	24,5	1011	79	0
10/05/2011	21,7	1014	91	21
11/05/2011	24,0	1015	70	0
12/05/2011	23,5	1012	78	0
13/05/2011	21,6	1012	90	20
14/05/2011	20,6	1014	84	12
15/05/2011	21,7	1010	75	1
16/05/2011	20,7	1009	87	3
17/05/2011	19,4	1014	81	2
18/05/2011	19,1	1016	83	4
19/05/2011	20,8	1014	74	1
20/05/2011	21,9	1016	78	1
21/05/2011	21,3	1020	77	2
22/05/2011	22,2	1020	64	4
23/05/2011	22,8	1016	67	4
24/05/2011	23,2	1015	69	0
25/05/2011	21,8	1016	77	0
26/05/2011	22,8	1014	69	0
27/05/2011	20,6	1016	93	5
28/05/2011	20,1	1016	84	0
29/05/2011	20,3	1016	68	0
30/05/2011	20,8	1018	68	0
31/05/2011	21,3	1016	72	0
01/06/2011	21,7	1013	76	0
02/06/2011	22,1	1015	81	1
03/06/2011	22,0	1011	83	0
04/06/2011	22,1	1012	77	2
05/06/2011	18,9	1019	73	0
06/06/2011	20,0	1018	62	0
07/06/2011	21,6	1011	63	0
08/06/2011	22,2	1009	62	4
09/06/2011	21,1	1012	72	1
10/06/2011	20,4	1014	79	7
11/06/2011	20,7	1018	69	0
12/06/2011	20,5	1019	66	0
13/06/2011	20,1	1018	76	0
14/06/2011	20,8	1019	79	5
15/06/2011	20,2	1021	75	2
16/06/2011	20,0	1019	70	0
17/06/2011	20,7	1017	70	0
18/06/2011	21,7	1013	75	0

19/06/2011	21,4	1014	71	0
20/06/2011	21,3	1013	74	0
21/06/2011	22,9	1011	74	0
22/06/2011	21,8	1017	85	0
23/06/2011	19,9	1018	93	4
24/06/2011	21,4	1013	78	0
25/06/2011	21,2	1015	84	0
26/06/2011	21,6	1011	84	0
27/06/2011	18,2	1011	92	12
28/06/2011	18,5	1011	67	0
29/06/2011	19,8	1018	66	0
30/06/2011	21,2	1015	77	0
01/07/2011	21,2	1014	86	0
02/07/2011	21,2	1015	84	0
03/07/2011	20,7	1013	88	0
04/07/2011	16,8	1016	93	14
05/07/2011	15,9	1014	91	5
06/07/2011	18,4	1014	83	0
07/07/2011	16,9	1015	90	4
08/07/2011	18,5	1016	67	0
09/07/2011	17,3	1019	69	0
10/07/2011	19,2	1017	71	0
11/07/2011	22,1	1014	62	0
12/07/2011	19,6	1016	86	0
13/07/2011	20,9	1014	69	0
14/07/2011	21,7	1011	69	0
15/07/2011	19,7	1013	87	0
16/07/2011	21,0	1014	75	0
17/07/2011	22,5	1013	67	0
18/07/2011	21,8	1013	82	0
19/07/2011	21,1	1015	86	0
20/07/2011	21,6	1017	88	0
21/07/2011	24,9	1012	55	0
22/07/2011	21,7	1016	85	0
23/07/2011	19,0	1023	93	11
24/07/2011	20,1	1026	78	0
25/07/2011	20,4	1024	69	0
26/07/2011	20,5	1021	71	0

---

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela E3. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio B em 2009.

<b>Data</b>	<b>Temperatura*</b> <b>[°C]</b>	<b>Pressão</b> <b>média*</b> <b>[hPa]</b>	<b>Umidade</b> <b>relativa*</b> <b>[%]</b>	<b>Precipitação*</b> <b>(mm)</b>
26/01/2009	25,4	1014	85	6
27/01/2009	25,4	1015	86	0
28/01/2009	25,0	1013	87	8
29/01/2009	28,0	1011	74	0
30/01/2009	26,5	1010	76	1
31/01/2009	25,5	1009	85	5
01/02/2009	26,0	1014	75	0
02/02/2009	27,7	1015	83	0
03/02/2009	28,6	1012	78	0
04/02/2009	29,2	1012	69	0
05/02/2009	28,3	1012	74	4
06/02/2009	30,5	1012	67	0
07/02/2009	31,2	1013	70	0
08/02/2009	31,5	1011	69	0
09/02/2009	29,9	1011	71	21
10/02/2009	28,5	1013	78	0
11/02/2009	27,8	1007	79	0
12/02/2009	27,9	1007	80	37
13/02/2009	23,0	1011	88	18
14/02/2009	21,7	1012	90	8
15/02/2009	27,8	1012	85	21
16/02/2009	26,0	1013	70	0
17/02/2009	26,1	1015	74	0
18/02/2009	26,2	1015	74	0
19/02/2009	25,9	1016	78	0
20/02/2009	24,8	1013	80	0
21/02/2009	24,9	1010	83	0
22/02/2009	24,2	1012	91	0
23/02/2009	24,5	1011	89	0
24/02/2009	26,2	1011	83	0
25/02/2009	26,1	1014	80	0
26/02/2009	26,4	1013	81	1
27/02/2009	26,6	1012	81	0
28/02/2009	26,8	1012	78	0
01/03/2009	26,1	1014	80	0
02/03/2009	27,0	1012	80	0
03/03/2009	27,7	1011	72	0
04/03/2009	27,0	1012	89	0
05/03/2009	27,4	1010	81	0
06/03/2009	28,4	1009	77	0
07/03/2009	26,6	1013	81	0
08/03/2009	26,2	1015	76	0
09/03/2009	26,3	1012	79	1
10/03/2009	26,4	1013	84	2
11/03/2009	27,0	1013	80	2
12/03/2009	27,1	1010	78	0
13/03/2009	26,3	1012	79	0
14/03/2009	25,4	1014	86	0
15/03/2009	25,8	1016	78	0
16/03/2009	25,8	1014	79	1
17/03/2009	25,5	1016	70	10
18/03/2009	25,7	1015	82	0

19/03/2009	25,0	1017	84	5
20/03/2009	25,0	1017	73	3
21/03/2009	24,6	1017	79	86
22/03/2009	24,7	1014	79	6
23/03/2009	24,2	1013	81	22
24/03/2009	25,4	1012	82	11
25/03/2009	24,5	1012	78	0
26/03/2009	28,3	1013	67	6
27/03/2009	24,7	1013	82	0
28/03/2009	23,9	1009	83	8
29/03/2009	25,1	1009	87	0
30/03/2009	25,1	1011	87	1
31/03/2009	24,9	1010	86	5
01/04/2009	25,2	1011	83	0
02/04/2009	23,6	1014	85	0
03/04/2009	23,0	1016	87	0
04/04/2009	24,0	1015	81	0
05/04/2009	25,0	1012	78	0
06/04/2009	25,2	1012	79	0
07/04/2009	24,3	1013	78	2
08/04/2009	23,6	1012	89	9
09/04/2009	23,7	1014	86	2
10/04/2009	23,8	1011	80	0
11/04/2009	23,6	1016	71	0
12/04/2009	23,7	1018	79	0
13/04/2009	24,3	1019	72	0
14/04/2009	23,7	1015	85	0
15/04/2009	23,5	1017	86	6
16/04/2009	22,7	1021	85	8
17/04/2009	22,8	1019	72	0
18/04/2009	22,1	1019	80	0
19/04/2009	22,3	1016	77	0
20/04/2009	23,7	1017	68	0
21/04/2009	22,7	1021	85	16
22/04/2009	22,2	1019	74	9
23/04/2009	22,6	1013	78	0
24/04/2009	22,2	1013	82	22
25/04/2009	23,1	1015	81	0

---

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela E4. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio B em 2011.

Data	Temperatura* [°C]	Pressão média* [hPa]	Umidade relativa* [%]	Precipitação* (mm)
28/04/2011	22,6	1016	77	0
29/04/2011	23,7	1013	77	2
30/04/2011	24,8	1011	79	1
01/05/2011	26,3	1008	74	2
02/05/2011	25,4	1009	79	1
03/05/2011	22,8	1015	68	2
04/05/2011	22,4	1015	73	1
05/05/2011	23,8	1013	75	1
06/05/2011	25,1	1012	78	0
07/05/2011	24,2	1016	75	1
08/05/2011	23,4	1014	75	0
09/05/2011	24,5	1011	79	0
10/05/2011	21,7	1014	91	21
11/05/2011	24,0	1015	70	0
12/05/2011	23,5	1012	78	0
13/05/2011	21,6	1012	90	20
14/05/2011	20,6	1014	84	12
15/05/2011	21,7	1010	75	1
16/05/2011	20,7	1009	87	3
17/05/2011	19,4	1014	81	2
18/05/2011	19,1	1016	83	4
19/05/2011	20,8	1014	74	1
20/05/2011	21,9	1016	78	1
21/05/2011	21,3	1020	77	2
22/05/2011	22,2	1020	64	4
23/05/2011	22,8	1016	67	4
24/05/2011	23,2	1015	69	0
25/05/2011	21,8	1016	77	0
26/05/2011	22,8	1014	69	0
27/05/2011	20,6	1016	93	5
28/05/2011	20,1	1016	84	0
29/05/2011	20,3	1016	68	0
30/05/2011	20,8	1018	68	0
31/05/2011	21,3	1016	72	0
01/06/2011	21,7	1013	76	0
02/06/2011	22,1	1015	81	1
03/06/2011	22,0	1011	83	0
04/06/2011	22,1	1012	77	2
05/06/2011	18,9	1019	73	0
06/06/2011	20,0	1018	62	0
07/06/2011	21,6	1011	63	0
08/06/2011	22,2	1009	62	4
09/06/2011	21,1	1012	72	1
10/06/2011	20,4	1014	79	7
11/06/2011	20,7	1018	69	0
12/06/2011	20,5	1019	66	0
13/06/2011	20,1	1018	76	0
14/06/2011	20,8	1019	79	5
15/06/2011	20,2	1021	75	2
16/06/2011	20,0	1019	70	0
17/06/2011	20,7	1017	70	0
18/06/2011	21,7	1013	75	0

19/06/2011	21,4	1014	71	0
20/06/2011	21,3	1013	74	0
21/06/2011	22,9	1011	74	0
22/06/2011	21,8	1017	85	0
23/06/2011	19,9	1018	93	4
24/06/2011	21,4	1013	78	0
25/06/2011	21,2	1015	84	0
26/06/2011	21,6	1011	84	0
27/06/2011	18,2	1011	92	12
28/06/2011	18,5	1011	67	0
29/06/2011	19,8	1018	66	0
30/06/2011	21,2	1015	77	0
01/07/2011	21,2	1014	86	0
02/07/2011	21,2	1015	84	0
03/07/2011	20,7	1013	88	0
04/07/2011	16,8	1016	93	14
05/07/2011	15,9	1014	91	5
06/07/2011	18,4	1014	83	0
07/07/2011	16,9	1015	90	4
08/07/2011	18,5	1016	67	0
09/07/2011	17,3	1019	69	0
10/07/2011	19,2	1017	71	0
11/07/2011	22,1	1014	62	0
12/07/2011	19,6	1016	86	0
13/07/2011	20,9	1014	69	0
14/07/2011	21,7	1011	69	0
15/07/2011	19,7	1013	87	0
16/07/2011	21,0	1014	75	0
17/07/2011	22,5	1013	67	0
18/07/2011	21,8	1013	82	0
19/07/2011	21,1	1015	86	0
20/07/2011	21,6	1017	88	0
21/07/2011	24,9	1012	55	0
22/07/2011	21,7	1016	85	0
23/07/2011	19,0	1023	93	11
24/07/2011	20,1	1026	78	0
25/07/2011	20,4	1024	69	0
26/07/2011	20,5	1021	71	0

---

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela E5. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio C em 2009.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação* (mm)</b>
13/07/2009	19,0	1022	72	6
14/07/2009	19,7	1024	75	0
15/07/2009	19,2	1024	84	8
16/07/2009	19,6	1023	73	0
17/07/2009	22,5	1021	67	1
18/07/2009	24,0	1018	59	5
19/07/2009	19,4	1018	80	0
20/07/2009	18,0	1019	89	0
21/07/2009	19,0	1020	75	0
22/07/2009	21,2	1015	72	0
23/07/2009	23,1	1015	72	4
24/07/2009	20,6	1017	85	0
25/07/2009	19,2	1021	89	0
26/07/2009	20,2	1019	88	0
27/07/2009	21,3	1019	82	21
28/07/2009	21,3	1018	89	0
29/07/2009	21,5	1015	68	0
30/07/2009	21,0	1020	86	37
31/07/2009	19,2	1024	89	18
01/08/2009	21,2	1019	80	8
02/08/2009	23,0	1017	71	21
03/08/2009	19,3	1016	72	0
04/08/2009	20,6	1022	76	7
05/08/2009	20,9	1020	79	0
06/08/2009	27,4	1014	45	7
07/08/2009	22,6	1022	80	0
08/08/2009	22,5	1021	78	0
09/08/2009	25,5	1017	52	0
10/08/2009	24,2	1013	62	0
11/08/2009	19,2	1023	57	5
12/08/2009	19,0	1026	75	0
13/08/2009	19,7	1025	68	0
14/08/2009	19,6	1021	75	0
15/08/2009	21,9	1020	70	0
16/08/2009	24,0	1020	54	0
17/08/2009	25,8	1016	52	0
18/08/2009	26,3	1014	45	0
19/08/2009	21,8	1012	81	1
20/08/2009	21,0	1013	84	4
21/08/2009	21,1	1015	83	0
22/08/2009	17,8	1021	83	7
23/08/2009	19,7	1020	68	0
24/08/2009	20,4	1017	76	0
25/08/2009	20,9	1020	83	6
26/08/2009	21,5	1023	71	10
27/08/2009	18,5	1023	83	0
28/08/2009	22,0	1021	69	0
29/08/2009	22,6	1022	71	0
30/08/2009	22,9	1022	66	0
31/08/2009	23,6	1019	63	0
01/09/2009	28,4	1015	45	0
02/09/2009	28,6	1015	47	0

03/09/2009	26,5	1014	63	0
04/09/2009	25,2	1014	71	0
05/09/2009	24,7	1015	74	0
06/09/2009	23,3	1016	85	2
07/09/2009	28,7	1010	55	12
08/09/2009	27,5	1010	59	0
09/09/2009	27,6	1015	59	4
10/09/2009	24,0	1022	78	0
11/09/2009	24,3	1024	77	0
12/09/2009	25,4	1020	70	0
13/09/2009	29,3	1015	52	0
14/09/2009	23,0	1019	80	3
15/09/2009	21,9	1021	74	8
16/09/2009	22,4	1020	69	0
17/09/2009	23,1	1017	65	0
18/09/2009	25,4	1014	61	0
19/09/2009	25,4	1013	70	0
20/09/2009	23,0	1014	85	0
21/09/2009	21,4	1017	81	1
22/09/2009	22,3	1016	77	26
23/09/2009	26,2	1009	70	0
24/09/2009	21,2	1014	80	9
25/09/2009	21,7	1021	67	6
26/09/2009	24,2	1019	58	0
27/09/2009	28,9	1014	51	0
28/09/2009	27,6	1012	60	0
29/09/2009	25,3	1017	70	2
30/09/2009	18,5	1024	84	24
01/10/2009	20,0	1024	68	2
02/10/2009	24,2	1017	61	0
03/10/2009	23,5	1018	75	0
04/10/2009	23,3	1019	80	0
05/10/2009	24,8	1017	70	0
06/10/2009	26,6	1014	67	0
07/10/2009	23,9	1016	79	0
08/10/2009	21,8	1016	88	0
09/10/2009	19,9	1017	88	4
10/10/2009	20,0	1018	88	0

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)



Tabela E6. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio C em 2011.

Data	Temperatura* [°C]	Pressão média* [hPa]	Umidade relativa* [%]	Precipitação* (mm)
18/07/2011	21,8	1013	82	0
19/07/2011	21,1	1015	86	0
20/07/2011	21,6	1017	88	0
21/07/2011	24,9	1012	55	0
22/07/2011	21,7	1016	85	0
23/07/2011	19,0	1023	93	11
24/07/2011	20,1	1026	78	0
25/07/2011	20,4	1024	69	0
26/07/2011	20,5	1021	71	0
27/07/2011	20,5	1021	71	0
28/07/2011	20,9	1009	80	0
29/07/2011	29,4	1009	30	0
30/07/2011	22,1	1013	81	0
31/07/2011	21,9	1009	88	0
01/08/2011	21,8	1005	86	0
02/08/2011	21,4	1009	73	0
03/08/2011	18,4	1016	54	12
04/08/2011	18,2	1021	56	0
05/08/2011	19,8	1016	69	0
06/08/2011	21,8	1017	85	0
07/08/2011	22,7	1012	81	0
08/08/2011	21,7	1013	88	3
09/08/2011	20,6	1018	77	4
10/08/2011	20,4	1013	88	3
11/08/2011	23,3	1018	77	4
12/08/2011	24,4	1016	76	0
13/08/2011	22,2	1012	62	0
14/08/2011	22,8	1011	58	0
15/08/2011	26,6	1018	87	0
16/08/2011	21,7	1015	71	0
17/08/2011	26,7	1011	42	0
18/08/2011	23,5	1013	83	0
19/08/2011	17,2	1006	46	0
20/08/2011	17,2	1007	74	0
21/08/2011	20,6	1021	80	14
22/08/2011	20,7	1018	78	3
23/08/2011	NI	NI	NI	NI
24/08/2011	NI	NI	NI	NI
25/08/2011	NI	NI	NI	NI
26/08/2011	NI	NI	NI	NI
27/08/2011	NI	NI	NI	NI
28/08/2011	NI	NI	NI	NI
29/08/2011	NI	NI	NI	NI
30/08/2011	NI	NI	NI	NI
31/08/2011	NI	NI	NI	NI
01/09/2011	NI	NI	NI	NI
02/09/2011	18,7	1021	54	0
03/09/2011	19,0	1022	63	0
04/09/2011	20,0	1019	61	0
05/09/2011	20,8	1014	63	0
06/09/2011	21,7	1013	79	0
07/09/2011	22,5	1014	83	0

08/09/2011	22,2	1013	79	0
09/09/2011	22,2	1015	78	0
10/09/2011	22,9	1009	73	0
11/09/2011	20,3	1007	87	0
12/09/2011	19,9	1013	84	0
13/09/2011	22,1	1016	70	1
14/09/2011	20,2	1020	92	0
15/09/2011	19,4	1016	86	5
16/09/2011	20,6	1018	70	6
17/09/2011	21,4	1023	56	0
18/09/2011	21,0	1023	67	0
19/09/2011	21,9	1022	63	0
20/09/2011	21,8	1022	60	0
21/09/2011	21,7	1019	69	0
22/09/2011	20,1	1014	88	1
23/09/2011	22,1	1009	81	0
24/09/2011	20,7	1016	86	0
25/09/2011	19,3	1012	82	1
26/09/2011	22,0	1011	59	0
27/09/2011	21,2	1021	68	0
28/09/2011	22,2	1016	68	0
29/09/2011	22,4	1016	83	0
30/09/2011	23,7	1010	71	0
01/10/2011	22,5	1008	82	0
02/10/2011	21,6	1007	82	0
03/10/2011	20,3	1011	90	20
04/10/2011	22,5	1018	90	0
05/10/2011	22,1	1017	70	0
06/10/2011	23,9	1012	73	0
07/10/2011	23,2	1015	79	0
08/10/2011	25,2	1014	74	0
09/10/2011	24,2	1007	68	0
10/10/2011	23,2	1005	77	0
11/10/2011	22,0	1009	89	14
12/10/2011	22,5	1010	85	3
13/10/2011	22,6	1008	87	0
14/10/2011	25,0	1002	76	7
15/10/2011	20,8	1006	91	2

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

\*\*NI: Não Informado

Tabela E7. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio D em 2009.

<b>Data</b>	<b>Temperatura* [°C]</b>	<b>Pressão média* [hPa]</b>	<b>Umidade relativa* [%]</b>	<b>Precipitação* (mm)</b>
13/07/2009	19,0	1022	72	6
14/07/2009	19,7	1024	75	0
15/07/2009	19,2	1024	84	8
16/07/2009	19,6	1023	73	0
17/07/2009	22,5	1021	67	1
18/07/2009	24,0	1018	59	5
19/07/2009	19,4	1018	80	0
20/07/2009	18,0	1019	89	0
21/07/2009	19,0	1020	75	0
22/07/2009	21,2	1015	72	0
23/07/2009	23,1	1015	72	4
24/07/2009	20,6	1017	85	0
25/07/2009	19,2	1021	89	0
26/07/2009	20,2	1019	88	0
27/07/2009	21,3	1019	82	21
28/07/2009	21,3	1018	89	0
29/07/2009	21,5	1015	68	0
30/07/2009	21,0	1020	86	37
31/07/2009	19,2	1024	89	18
01/08/2009	21,2	1019	80	8
02/08/2009	23,0	1017	71	21
03/08/2009	19,3	1016	72	0
04/08/2009	20,6	1022	76	7
05/08/2009	20,9	1020	79	0
06/08/2009	27,4	1014	45	7
07/08/2009	22,6	1022	80	0
08/08/2009	22,5	1021	78	0
09/08/2009	25,5	1017	52	0
10/08/2009	24,2	1013	62	0
11/08/2009	19,2	1023	57	5
12/08/2009	19,0	1026	75	0
13/08/2009	19,7	1025	68	0
14/08/2009	19,6	1021	75	0
15/08/2009	21,9	1020	70	0
16/08/2009	24,0	1020	54	0
17/08/2009	25,8	1016	52	0
18/08/2009	26,3	1014	45	0
19/08/2009	21,8	1012	81	1
20/08/2009	21,0	1013	84	4
21/08/2009	21,1	1015	83	0
22/08/2009	17,8	1021	83	7
23/08/2009	19,7	1020	68	0
24/08/2009	20,4	1017	76	0
25/08/2009	20,9	1020	83	6
26/08/2009	21,5	1023	71	10
27/08/2009	18,5	1023	83	0
28/08/2009	22,0	1021	69	0
29/08/2009	22,6	1022	71	0
30/08/2009	22,9	1022	66	0
31/08/2009	23,6	1019	63	0
01/09/2009	28,4	1015	45	0
02/09/2009	28,6	1015	47	0

03/09/2009	26,5	1014	63	0
04/09/2009	25,2	1014	71	0
05/09/2009	24,7	1015	74	0
06/09/2009	23,3	1016	85	2
07/09/2009	28,7	1010	55	12
08/09/2009	27,5	1010	59	0
09/09/2009	27,6	1015	59	4
10/09/2009	24,0	1022	78	0
11/09/2009	24,3	1024	77	0
12/09/2009	25,4	1020	70	0
13/09/2009	29,3	1015	52	0
14/09/2009	23,0	1019	80	3
15/09/2009	21,9	1021	74	8
16/09/2009	22,4	1020	69	0
17/09/2009	23,1	1017	65	0
18/09/2009	25,4	1014	61	0
19/09/2009	25,4	1013	70	0
20/09/2009	23,0	1014	85	0
21/09/2009	21,4	1017	81	1
22/09/2009	22,3	1016	77	26
23/09/2009	26,2	1009	70	0
24/09/2009	21,2	1014	80	9
25/09/2009	21,7	1021	67	6
26/09/2009	24,2	1019	58	0
27/09/2009	28,9	1014	51	0
28/09/2009	27,6	1012	60	0
29/09/2009	25,3	1017	70	2
30/09/2009	18,5	1024	84	24
01/10/2009	20,0	1024	68	2
02/10/2009	24,2	1017	61	0
03/10/2009	23,5	1018	75	0
04/10/2009	23,3	1019	80	0
05/10/2009	24,8	1017	70	0
06/10/2009	26,6	1014	67	0
07/10/2009	23,9	1016	79	0
08/10/2009	21,8	1016	88	0
09/10/2009	19,9	1017	88	4
10/10/2009	20,0	1018	88	0

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

Tabela E8. Parâmetros climáticos durante a coleta de radônio. Amostras coletadas no Prédio D em 2011.

Data	Temperatura* [°C]	Pressão média* [hPa]	Umidade relativa* [%]	Precipitação* (mm)
18/07/2011	21,8	1013	82	0
19/07/2011	21,1	1015	86	0
20/07/2011	21,6	1017	88	0
21/07/2011	24,9	1012	55	0
22/07/2011	21,7	1016	85	0
23/07/2011	19,0	1023	93	11
24/07/2011	20,1	1026	78	0
25/07/2011	20,4	1024	69	0
26/07/2011	20,5	1021	71	0
27/07/2011	20,5	1021	71	0
28/07/2011	20,9	1009	80	0
29/07/2011	29,4	1009	30	0
30/07/2011	22,1	1013	81	0
31/07/2011	21,9	1009	88	0
01/08/2011	21,8	1005	86	0
02/08/2011	21,4	1009	73	0
03/08/2011	18,4	1016	54	12
04/08/2011	18,2	1021	56	0
05/08/2011	19,8	1016	69	0
06/08/2011	21,8	1017	85	0
07/08/2011	22,7	1012	81	0
08/08/2011	21,7	1013	88	3
09/08/2011	20,6	1018	77	4
10/08/2011	20,4	1013	88	3
11/08/2011	23,3	1018	77	4
12/08/2011	24,4	1016	76	0
13/08/2011	22,2	1012	62	0
14/08/2011	22,8	1011	58	0
15/08/2011	26,6	1018	87	0
16/08/2011	21,7	1015	71	0
17/08/2011	26,7	1011	42	0
18/08/2011	23,5	1013	83	0
19/08/2011	17,2	1006	46	0
20/08/2011	17,2	1007	74	0
21/08/2011	20,6	1021	80	14
22/08/2011	20,7	1018	78	3
23/08/2011	NI	NI	NI	NI
24/08/2011	NI	NI	NI	NI
25/08/2011	NI	NI	NI	NI
26/08/2011	NI	NI	NI	NI
27/08/2011	NI	NI	NI	NI
28/08/2011	NI	NI	NI	NI
29/08/2011	NI	NI	NI	NI
30/08/2011	NI	NI	NI	NI
31/08/2011	NI	NI	NI	NI
01/09/2011	NI	NI	NI	NI
02/09/2011	18,7	1021	54	0
03/09/2011	19,0	1022	63	0
04/09/2011	20,0	1019	61	0
05/09/2011	20,8	1014	63	0
06/09/2011	21,7	1013	79	0
07/09/2011	22,5	1014	83	0

08/09/2011	22,2	1013	79	0
09/09/2011	22,2	1015	78	0
10/09/2011	22,9	1009	73	0
11/09/2011	20,3	1007	87	0
12/09/2011	19,9	1013	84	0
13/09/2011	22,1	1016	70	1
14/09/2011	20,2	1020	92	0
15/09/2011	19,4	1016	86	5
16/09/2011	20,6	1018	70	6
17/09/2011	21,4	1023	56	0
18/09/2011	21,0	1023	67	0
19/09/2011	21,9	1022	63	0
20/09/2011	21,8	1022	60	0
21/09/2011	21,7	1019	69	0
22/09/2011	20,1	1014	88	1
23/09/2011	22,1	1009	81	0
24/09/2011	20,7	1016	86	0
25/09/2011	19,3	1012	82	1
26/09/2011	22,0	1011	59	0
27/09/2011	21,2	1021	68	0
28/09/2011	22,2	1016	68	0
29/09/2011	22,4	1016	83	0
30/09/2011	23,7	1010	71	0
01/10/2011	22,5	1008	82	0
02/10/2011	21,6	1007	82	0
03/10/2011	20,3	1011	90	20
04/10/2011	22,5	1018	90	0
05/10/2011	22,1	1017	70	0
06/10/2011	23,9	1012	73	0
07/10/2011	23,2	1015	79	0
08/10/2011	25,2	1014	74	0
09/10/2011	24,2	1007	68	0
10/10/2011	23,2	1005	77	0
11/10/2011	22,0	1009	89	14
12/10/2011	22,5	1010	85	3
13/10/2011	22,6	1008	87	0
14/10/2011	25,0	1002	76	7
15/10/2011	20,8	1006	91	2

\*Fonte: INMET(Estação A652-Rio de Janeiro – Forte de Copacabana)

\*\*NI: Não Informado

## Anexo F

### Testes estatísticos

Concentrações de radônio (Bq/m<sup>3</sup>)

Teste 1: Prédio A (2009) X Prédio A (2011)

H<sub>0</sub>= Não há diferença entre os prédios

H<sub>1</sub> – Há diferença entre os prédios

(n<sub>1</sub>= 26) 2009 R<sub>1</sub> = 368

(n<sub>2</sub>= 25) 2011 R<sub>2</sub> = 958

U<sub>0</sub> = 17

Z = 5,8

Z > Z<sub>c</sub>

A Hipótese H<sub>0</sub> foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F1. Valores de concentração de Rn no prédio A nos anos de 2009 e 2011

<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>Valores ordenados</b>	<b>Rank</b>
70,80	91,70	13,94	1
69,29	149,87	15,95	2
60,74	169,82	18,97	3
15,95	140,73	35,07	4
59,73	178,96	43,63	5
157,36	246,68	45,64	6
70,30	182,70	46,65	7
35,07	167,32	47,15	8
64,26	118,29	49,16	9

67,78	173,56	53,69	10
70,30	109,26	55,20	11
67,28	102,13	55,71	12
67,28	109,76	58,22	13
63,25	99,08	59,73	14
43,63	139,79	60,74	15
47,15	168,28	63,25	16
45,64	71,60	64,26	17
53,69	79,23	67,28	18
58,22	185,08	67,28	19
72,31	153,02	67,78	20
55,71	79,74	69,29	21
49,16	135,72	70,30	22
46,65	103,66	70,30	23
55,20		70,80	24
		71,60	25
		72,31	26
		79,23	27
		79,74	28
		86,86	29
		91,70	30
		99,08	31
		102,13	32
		103,66	33
		109,26	34
		109,76	35
		118,29	36
		135,72	37
		139,79	38
		140,73	39
		149,87	40
		153,02	41
		157,36	42
		167,32	43
		168,28	44
		169,82	45
		173,56	46
		178,96	47
		182,70	48
		185,08	49
		209,50	50
		246,68	51



Teste 2: Prédio A (2009) X Prédio B (2009)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 26$ ) Prédio A  $R_1 = 509$

( $n_2 = 09$ ) Prédio B  $R_2 = 121$

$U_0 = 262$

$U_{0,05(2),9,26} = 170$

$U_0 > U_{\text{tabelado}}$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F2. Valores de concentração de  $R_n$  nos prédios A e B no ano de 2009

Prédio A	Prédio B	Valores ordenados	Rank
70,80	66,82	13,94	1
69,29	64,31	15,95	2
60,74	45,65	18,97	3
15,95	36,21	32,23	4
59,73	43,97	35,07	5
157,36	32,23	36,21	6
70,30	59,90	37,89	7
35,07	37,89	43,63	8
64,26	46,07	43,97	9
67,78		45,64	10
70,30		45,65	11
67,28		46,07	12
67,28		46,65	13
63,25		47,15	14
43,63		49,16	15
47,15		53,69	16
45,64		55,20	17
53,69		55,71	18
58,22		58,22	19
72,31		59,73	20

---

55,71	59,90	21
49,16	60,74	22
46,65	63,25	23
55,20	64,26	24
13,94	64,31	25
18,97	66,82	26
	67,28	28
	67,28	28
	67,78	29
	69,29	30
	70,30	32
	70,30	32
	70,80	33
	72,31	34
	157,36	35

---

Teste 3: Prédio A (2011) X Prédio B (2011)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 25$ ) Prédio A  $R_1 = 445$

( $n_2 = 10$ ) Prédio B  $R_2 = 185$

$U_0 = 130$

$Z = 5,8$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F3. Valores de concentração de  $R_n$  nos prédios A e B no ano de 2011

Prédio A	Prédio B	Valores ordenados	Rank
91,70	130,63	71,60	1
149,87	128,59	79,23	2
169,82	160,65	79,74	3
140,73	121,47	85,34	4
178,96	138,26	86,86	5
246,68	198,31	91,70	6
182,70	164,21	99,08	7
167,32	166,25	102,13	8
118,29	129,61	103,66	9
173,56	85,34	109,26	10
109,26		109,76	11
102,13		118,29	12
109,76		121,47	13
99,08		128,59	14
139,79		129,61	15
168,28		130,63	16
71,60		135,72	17
79,23		138,26	18
185,08		139,79	19

---

153,02	140,73	20
79,74	149,87	21
135,72	153,02	22
103,66	160,65	23
209,50	164,21	24
86,86	166,25	25
	167,32	26
	168,28	28
	169,82	28
	173,56	29
	178,96	30
	182,70	32
	185,08	32
	198,31	33
	209,50	34
	246,68	35

---

Teste 4: Prédio C (2009) X Prédio C (2011)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 21$ ) 2009  $R_1 = 410$

( $n_2 = 21$ ) 2011  $R_2 = 493$

$U_0 = 305$

$Z = 1,8$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F4. Valores de concentração de Rn no prédio C nos anos de 2009 e 2011

<b>2009</b>	<b>2011</b>	<b>Valores ordenados</b>	<b>Rank</b>
91,70	130,63	71,60	1
149,87	128,59	79,23	2
169,82	160,65	79,74	3
140,73	121,47	85,34	4
178,96	138,26	86,86	5
246,68	198,31	91,70	6
182,70	164,21	99,08	7
167,32	166,25	102,13	8
118,29	129,61	103,66	9
173,56	85,34	109,26	10
109,26		109,76	11
102,13		118,29	12
109,76		121,47	13
99,08		128,59	14
139,79		129,61	15
168,28		130,63	16
71,60		135,72	17
79,23		138,26	18
185,08		139,79	19
153,02		140,73	20

---

79,74	149,87	21
135,72	153,02	22
103,66	160,65	23
209,50	164,21	24
86,86	166,25	25
	167,32	26
	168,28	28
	169,82	28
	173,56	29
	178,96	30
	182,70	32
	185,08	32
	198,31	33
	209,50	34
	246,68	35

---

Teste 5: Prédio C (2009) X Prédio D (2011)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 21$ ) Prédio C  $R_1 = 235$

( $n_2 = 26$ ) Prédio D  $R_2 = 893$

$U_0 = 542$

$Z = 5,76$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F5. Valores de concentração de Rn no prédio B nos anos de 2009 e 2011

Prédio C	Prédio D	Valores ordenados	Rank
59,68	34,32	22,37	1
67,07	31,18	23,21	2
53,21	26,78	25,94	3
64,61	39,36	26,57	4
113,29	35,16	26,78	5
47,35	35,37	28,24	6
88,02	43,97	28,45	7
55,67	23,21	29,71	8
67,69	33,49	30,76	9
76,01	32,86	31,18	10
92,95	42,29	32,86	11
91,41	46,90	33,28	12
127,46	54,45	33,49	13
62,45	33,28	34,32	14
98,50	47,11	35,16	15
89,25	29,71	35,37	16
135,78	30,76	36,21	17
109,28	26,57	39,36	18
80,94	49,42	42,29	19

128,38	25,94	43,97	20
113,29	28,24	45,86	21
	45,86	46,90	22
	22,37	47,11	23
	50,89	47,35	24
	28,45	49,42	25
	36,21	50,89	26
	34,32	53,21	28
	31,18	54,45	28
	26,78	55,67	29
	39,36	59,68	30
	35,16	62,45	32
		64,61	32
		67,07	33
		67,69	34
		76,01	35
		80,94	36
		88,02	37
		89,25	38
		91,41	39
		92,95	40
		98,50	41
		109,28	42
		113,29	43
		113,29	44
		127,46	45
		128,38	46
		135,78	47



Teste 6: Prédio C (2011) X Prédio D (2011)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 21$ ) Prédio C  $R_1 = 573$

( $n_2 = 21$ ) Prédio D  $R_2 = 330$

$U_0 = 342$

$Z = 3,05$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F6. Valores de concentração de Rn nos prédios C e D no ano de 2011

<b>Prédio C</b>	<b>Prédio D</b>	<b>Valores ordenados</b>	<b>Rank</b>
69,05	89,97	40,48	1
87,37	89,04	42,35	2
93,99	121,72	49,82	3
59,89	66,16	50,29	4
66,00	75,50	54,49	5
60,91	49,82	59,89	6
105,69	50,29	60,91	7
98,57	40,48	61,02	8
133,68	65,23	65,23	9
118,92	54,49	65,23	10
133,68	65,23	65,69	11
76,18	71,76	66,00	12
112,31	76,90	66,16	13
104,68	71,30	66,16	14
81,78	66,16	69,05	15
71,60	78,77	71,30	16
86,36	77,83	71,60	17
129,61	96,98	71,76	18
149,97	65,69	75,50	19

---

81,78	42,35	76,18	20
77,71	61,02	76,90	21
		77,71	22
		77,83	23
		78,77	24
		81,78	25
		81,78	26
		86,36	28
		87,37	28
		89,04	29
		89,97	30
		93,99	32
		96,98	32
		98,57	33
		104,68	34
		105,69	35
		112,31	36
		118,92	37
		121,72	38
		129,61	39
		133,68	40
		133,68	41
		149,97	42

---

Teste 7: Prédio A (2009) X Prédio B (2009)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 26$ ) Prédio A  $R_1 = 785$

( $n_2 = 21$ ) Prédio B  $R_2 = 343$

$U_0 = 273$

$Z = 3,4$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F7. Valores de concentração de Rn nos prédios A e B no ano de 2009

Prédio A	Prédio B	Valores ordenados	Rank
70,80	59,68	13,94	1
69,29	67,07	15,95	2
60,74	53,21	18,97	3
15,95	64,61	35,07	4
59,73	113,29	43,63	5
157,36	47,35	45,64	6
70,30	88,02	46,65	7
35,07	55,67	47,15	8
64,26	67,69	47,35	9
67,78	76,01	49,16	10
70,30	92,95	53,21	11
67,28	91,41	53,69	12
67,28	127,46	55,20	13
63,25	62,45	55,67	14
43,63	98,50	55,71	15
47,15	89,25	58,22	16
45,64	135,78	59,68	17
53,69	109,28	59,73	18
58,22	80,94	60,74	19

72,31	128,38	62,45	20
55,71	113,29	63,25	21
49,16		64,26	22
46,65		64,61	23
55,20		67,07	24
13,94		67,28	25
18,97		67,28	26
		67,69	28
		67,78	28
		69,29	29
		70,30	30
		70,30	32
		70,80	32
		72,31	33
		76,01	34
		80,94	35
		88,02	36
		89,25	37
		91,41	38
		92,95	39
		98,50	40
		109,28	41
		113,29	42
		113,29	43
		127,46	44
		128,38	45
		135,78	46
		157,36	47

Teste 8: Prédio A (2011) X Prédio B (2011)

$H_0$  = Não há diferença entre os prédios

$H_1$  – Há diferença entre os prédios

( $n_1 = 25$ ) Prédio A  $R_1 = 740$

( $n_2 = 21$ ) Prédio B  $R_2 = 341$

$U_0 = 415$

$Z = 3,36$

$Z > Z_c$

A Hipótese  $H_0$  foi rejeitada com 95% de confiança.

Tabela F8. Valores de concentração de  $R_n$  nos prédios A e B no ano de 2011

Prédio A	Prédio B	Valores ordenados	Rank
91,70	69,05	59,89	1
149,87	87,37	60,91	2
169,82	93,99	66,00	3
140,73	59,89	69,05	4
178,96	66,00	71,60	5
246,68	60,91	71,60	6
182,70	105,69	76,18	7
167,32	98,57	77,71	8
118,29	133,68	79,23	9
173,56	118,92	79,74	10
109,26	133,68	81,78	11
102,13	76,18	81,78	12
109,76	112,31	86,36	13
99,08	104,68	86,86	14
139,79	81,78	87,37	15
168,28	71,60	91,70	16
71,60	86,36	93,99	17
79,23	129,61	98,57	18
185,08	149,97	99,08	19

153,02	81,78	102,13	20
79,74	77,71	103,66	21
135,72		104,68	22
103,66		105,69	23
209,50		109,26	24
86,86		109,76	25
		112,31	26
		118,29	28
		118,92	28
		129,61	29
		133,68	30
		133,68	32
		135,72	32
		139,79	33
		140,73	34
		149,87	35
		149,97	36
		153,02	37
		167,32	38
		168,28	39
		169,82	40
		173,56	41
		178,96	42
		182,70	43
		185,08	44
		209,50	45
		246,68	46