



IGAMAOT
Inspeção-Geral da Agricultura,
do Mar, do Ambiente e do
Ordenamento do Território

Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013

QAI_1.0

Fevereiro 2015

Título: Metodologia de avaliação da qualidade do ar no interior de edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro

Versão QAI_1.0

Autores

Grupo de Trabalho

Dília Jardim, Agência Portuguesa do Ambiente

Paulo Diegues, Direção-Geral da Saúde

Anabela Santiago, Direção-Geral da Saúde

Paula Matias, Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território

Vanda Reis, Laboratório da Agência Portuguesa do Ambiente

João Matos, Laboratório da Agência Portuguesa do Ambiente

Teresa Anacleto, Agência Portuguesa do Ambiente

Manuela Cano, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge

Ana Nogueira, Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge

Mário Capucho, Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico

Paulo Gomes, RELACRE

Susana Francisco, Instituto Português da Qualidade

Edição: Agência Portuguesa do Ambiente em parceria com a Direção-Geral da Saúde

Data de Edição: Fevereiro 2015

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO.....	4
2. DEFINIÇÕES E CONCEITOS BASE.....	4
3. POLUENTES A MEDIR	5
4. AMOSTRAGEM	5
4.1 Recolha de informação relevante.....	5
4.2 Poluentes físico-químicos, bactérias e fungos.....	6
4.3 Legionella na água dos sistemas de climatização.....	8
4.4 Radão	8
5. MÉTODOS DE MEDIÇÃO.....	9
5.1 Poluentes físico-químicos	9
5.2 Bactérias e fungos no ar interior	10
5.3 Legionella na água dos sistemas de climatização.....	10
5.4 RADÃO	11
6. TRATAMENTO DE RESULTADOS	11
6.1 Poluentes físico-químicos	11
6.2 Bactérias e fungos no ar interior	12
6.3 Legionella na água dos sistemas de climatização.....	12
6.4 Radão	12
7. CRITÉRIOS DE CONFORMIDADE	13
7.1 Poluentes físico-químicos	13
7.2 Bactérias e fungos.....	14
7.3 Legionella na água dos sistemas de climatização.....	14
7.4 Radão	14
8. BIBLIOGRAFIA.....	15
ANEXOS	20

1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

A Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro, relativa à ventilação e qualidade do ar interior (QAI), determina que a fiscalização da QAI, em grandes edifícios de comércio e serviços, deva ser efetuada pela Inspeção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território (IGAMAOT) e de acordo com metodologia a estabelecer pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e pela Direção-Geral da Saúde (DGS).

Os operadores dos edifícios de comércio e serviços que voluntariamente pretendam proceder à avaliação da QAI nas suas instalações, para que a mesma releve para efeitos de fiscalização, devem recorrer a laboratórios que apliquem a metodologia ora estabelecida.

Os laboratórios que efetuem avaliação no contexto da fiscalização devem utilizar os métodos de referência ou equivalentes e demonstrar a implementação de programas de controlo e garantia de qualidade relativas às metodologias de amostragem e medição, de acordo com as normas nacionais e internacionais na matéria.

O normativo ora em implementação enquadra-se na abordagem de que nas sociedades atuais, os cidadãos permanecem a maior parte do seu tempo em ambientes interiores tornando-se imperativo tornar estes espaços saudáveis. Efetivamente, o aumento do número de casos de doenças, tais como a asma e as alergias, e a existência de condições deficientes na qualidade do interior dos edifícios são uma realidade que importa corrigir com vista à melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

Neste contexto e face às condições climatéricas do nosso país, a ventilação natural deve ser promovida no âmbito da eficiência energética e de racionalização de custos operacionais de funcionamento do edifício, sem descurar os parâmetros de conforto, o nível de ocupação dos espaços e os graus de contaminação do ar pelas atividades exercidas. Nesta metodologia apresenta-se alguma diferenciação de critérios na amostragem e verificação de conformidade em função do tipo de ventilação existente no edifício.

Salienta-se ainda que o presente documento complementa os métodos de amostragem e de ensaio descritos nos referenciais normativos indicados na bibliografia, ou aqueles que os venham a substituir.

2. DEFINIÇÕES E CONCEITOS BASE

Considerando as definições existentes no Decreto-Lei nº 118/2013, de 20 de agosto e demais legislação, destacando-se as seguintes definições para aplicação desta metodologia:

- **Grandes edifícios de comércio e serviços (GES)** – edifício de comércio e serviços cuja área interior útil de pavimento, descontando os espaços complementares, iguale ou ultrapasse 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- **Ventilação natural** – ventilação ao longo do trajeto de fugas e de aberturas no edifício, em consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação de ar.

3. POLUENTES A MEDIR

Os poluentes que devem ser objeto de medição numa avaliação de qualidade do ar interior realizada no âmbito da Portaria acima referida estão especificados nas Tabelas I.08, I.09 e I.10 e I011 e I.12:

- Poluentes físico-químicos no ar interior: partículas em suspensão (frações PM₁₀ e PM_{2,5}), compostos orgânicos voláteis totais (COVs Totais), monóxido de carbono (CO), formaldeído (CH₂O) e dióxido de carbono (CO₂);
- Poluentes microbiológicos no ar interior: bactérias e fungos;
- *Legionella spp* na água dos sistemas de climatização;
- Radão.

Para uma melhor avaliação da QAI podem também realizar-se, a título complementar, medições dos seguintes parâmetros:

- Temperatura do ar;
- Temperatura média de radiação das superfícies;
- Humidade relativa do ar;
- Pressão atmosférica;
- Velocidade do ar (à saída dos difusores de ar e/ou ao nível dos ocupantes).

Estes parâmetros são considerados uma mais-valia na interpretação de resultados, na avaliação do conforto térmico, podendo contribuir para a deteção de eventuais situações anómalas de não cumprimento, por exemplo devido a bloqueios, estagnação ou presença de fontes emissoras no interior do sistema de ventilação.

4. AMOSTRAGEM

4.1 Recolha de informação relevante

A entidade que efetua a avaliação da qualidade do ar interior deve diligenciar, junto do proprietário ou responsável do edifício ou fração, a obtenção da informação que apoie e documente as ações executadas.

Elementos a solicitar (se aplicável):

- Memória descritiva do sistema de AVAC e peças desenhadas atualizadas do edifício (plantas, alçados e cortes)
- Plantas finais dos traçados das várias redes de fluídos bem como os respetivos esquemas de princípio de funcionamento, incluindo o comando e controlo dos equipamentos de AVAC;
- Identificação e caracterização de áreas com uso especial (ex., cafetarias, salas de impressão e cópia, laboratórios, elevadores, salas de lazer, salas de conferência, áreas de armazenagem, etc.);
- Número de ocupantes e padrão de ocupação dos diferentes tipos de espaços;
- Planos de manutenção;
- Registos de queixas com identificação do local do edifício onde ocorreram e informação relativa aos sintomas e ao período de duração dos mesmos.

4.2 Poluentes físico-químicos, bactérias e fungos

A estratégia de amostragem deve conter para além da identificação dos locais, o número de amostras e o período de duração, respeitando as normas EN ISO 16000 nas partes relevantes.

4.2.1 Definição de áreas de estudo de medição no edifício

Num edifício (ou fração autónoma) objeto de análise, os espaços (ou compartimentos) devem ser agrupados em áreas de medição nas quais deve ser feita pelo menos uma medição de cada parâmetro exigido.

Na definição das áreas de medição no edifício, devem ser aplicados os seguintes critérios:

- Os espaços a agrupar na mesma área devem ser servidos pela mesma Unidade de Tratamento de Ar (UTA) ou na ausência de UTA ou Unidade de Tratamento de Ar Novo (UTAN), pelo mesmo sistema de ventilação;
- Os espaços devem ainda apresentar semelhantes tipos e níveis de atividades, de cargas térmicas e de fontes de emissão de poluentes;
- Deve ser efetuada a compartimentação e organização dos espaços semelhantes;
- Constituem ainda áreas distintas de medição os espaços relativamente aos quais existam registos semelhantes de reclamações/queixas, os espaços com características semelhantes onde existam ocupantes mais suscetíveis (idosos e crianças), bem como os espaços com ventilação natural.

A realização das amostragens deve ser efetuada nos espaços cujo normal funcionamento esteja estabilizado (em regra 1,5 horas após o início do funcionamento), devendo igualmente serem monitorizadas as condições ambientais relacionadas com a ventilação, a temperatura e a humidade.

4.2.2 Locais de colheita

Na localização dos pontos de amostragem no interior do edifício deve ter-se em conta o seguinte:

- sempre que possível, existir um afastamento de pelo menos 1 a 2m dos cantos das paredes, das janelas, divisórias e de outras superfícies verticais (por ex. armários de arquivo);
- não estar diretamente debaixo ou em frente dos difusores de ar, unidades de difusão, ventoinhas ou aquecedores;
- estar distanciados a pelo menos de 1m de fontes (ex. fotocopiadoras, impressoras,);
- ser colocadas a uma altura de $1,5 \pm 0,5$ m acima do nível do solo.

Na localização dos pontos de amostragem no exterior do edifício deve ter-se em conta o seguinte:

- ser próximo da entrada de ar exterior da principal UTA/UTAN que serve a área objeto de medição;
- as tomadas de ar e os sensores dos monitores devem ser colocados, a uma distância de pelo menos 1m da entrada de ar e de 1,8m acima do nível do solo ou do telhado.

Nº de locais de amostragem em edifícios com ventilação forçada

Para verificação da conformidade legal com a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro são estabelecidos locais fixos de amostragem, sendo que o número mínimo de pontos a observar tem por base o sistema de ventilação servido pela mesma UTA ou UTAN ou na ausência desta pelo mesmo sistema de ventilação.

As medições serão executadas em 3 locais fixos, F1, F2 e F3 por UTA ou UTAN. Quando da existência de queixas, reclamações, serão executadas num local fixo adicional, F4, e assim sucessivamente se mais reclamações existirem. Nestes locais poderão ser também realizadas medições de temperatura, temperatura média de radiação das superfícies, humidade relativa e velocidade do ar junto dos difusores e/ou ao nível dos ocupantes, para complemento da informação de QAI, quer para verificação do funcionamento do sistema, quer para a avaliação de conforto térmico.

Os locais de monitorização servidos pela mesma UTA ou UTAN, ou na sua ausência pelo mesmo sistema de ventilação serão escolhidos aleatoriamente (por exemplo utilizando um gerador de números aleatórios de acordo com a metodologia do Anexo I), atendendo aos critérios da definição das áreas de estudo mencionados anteriormente.

Deve ainda ser selecionado um local de monitorização fixo exterior, Fext., localizado o mais perto possível da entrada de ar da UTA ou UTAN, que serve o espaço objeto de medição. Para o exterior poderão utilizar-se os dados meteorológicos obtidos a partir de uma estação meteorológica local ou do serviço meteorológico nacional.

Nº de locais de amostragem em edifícios com ventilação natural

A localização dos pontos de amostragem deve ser aleatória e o número mínimo de pontos por zona deve obedecer a seguinte fórmula:

$$N_i = 0,15\sqrt{A_i}$$

Onde:

N_i – nº de pontos de medida na zona i ($N_i \geq 1$);

A_i – área da zona i em m^2

Quando da existência de queixas e reclamações, serão executadas adicionalmente mais local fixo no ponto da reclamação.

Especificidades de amostragem para bactérias e fungos

Na colheita para as bactérias e fungos deve ser em conta o seguinte:

- As colheitas em placa com meio de cultura devem ser efetuadas em duplicado, idealmente em paralelo e no mínimo, um branco de campo por cada 10 amostras.
- A colheita é normalmente efetuada por impacto direto em meio semi-sólido com recurso a bombas de amostragem que devem possuir calibração válida.
- O tempo de colheita t deve ser estimado por:

$$t(\text{min}) = \frac{V}{Q}$$

Onde:

Q é o caudal do amostrador, em L/min;

V é o volume pretendido da colheita, em litros, que geralmente se situa entre 200 e 300 litros de ar.

O volume de ar e o tempo de colheita devem ser otimizados de acordo com a contaminação espectável do ambiente.

4.3 *Legionella* na água dos sistemas de climatização

As recolhas de água devem ser efetuadas nos principais locais de risco nomeadamente:

- sistemas de climatização em que haja produção de aerossóis (tanques de torres de arrefecimento e de humidificadores por pulverização, etc.);
- tanques dos humidificadores por pulverização (lavadores de ar) em unidades de tratamento de ar.

O responsável pela colheita deve usar equipamento de proteção individual adequado.

A colheita da amostra de água em depósitos de pouca profundidade (ex. tanque de uma torre de arrefecimento) deve ser feita diretamente mergulhando o frasco de colheita virado para baixo em posição horizontal.

A colheita de águas de condensação, biofilmes ou sedimentos deve ser feita com utilização de zaragatoas diretamente sobre as superfícies a analisar.

4.4 Radão

4.4.1 Locais de colheita

Em edifícios construídos em zonas graníticas, em particular quando estas se situam nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

Os pontos de medição devem ser distribuídos pelos três pisos ocupados de menor cota, de acordo com a seguinte expressão e arredondando para a unidade:

$$N_j = \frac{0,125 \times \sqrt{A_j}}{j^2}$$

onde:

N_j - número mínimo de pontos de medição no piso de índice j

A_j - área do piso j (m^2)

j - índice de numeração do piso, desde o piso ocupado de menor cota ($j = 1$) até o máximo de $j = 3$.

Contudo, se o piso habitado de menor cota, coincidir com o piso térreo, e neste não forem registados valores de concentrações acima do limiar de proteção para o radão não será necessário proceder a medições nos dois pisos seguintes.

Caso o número de pisos habitados parcial ou totalmente subterrâneos seja superior a 3, deve garantir-se o mínimo de um ponto de medição em cada um deles.

Ainda relativamente ao radão, o recurso a medições integradas implica um período de exposição dos detetores de pelo menos 2 meses.

Na localização dos pontos de amostragem/medição devem ser garantidos os seguintes critérios:

- os detetores não devem estar diretamente expostos a radiação solar direta;
- não devem ser colocados junto a fontes de calor ou fontes de ventilação nem em zonas de grande circulação;
- devem ser colocados a uma altura de $1,5\pm 0,5$ m acima do nível do solo.

5. MÉTODOS DE MEDIÇÃO

Os laboratórios que efetuem avaliação, no contexto da fiscalização, devem utilizar métodos de referência ou equivalentes e demonstrar a implementação de programas de controlo e garantia de qualidade relativos às metodologias de amostragem e medição, de acordo com as normas nacionais e internacionais na matéria.

5.1 Poluentes físico-químicos

Os métodos de medição utilizados e os programas de Controlo e Garantia de Qualidade (QA/QC) devem respeitar as normas nacionais e internacionais relativas à qualidade do ar interior nesta matéria. (ver Anexo II)

A monitorização de poluentes pode ser efetuada através de métodos automáticos em contínuo (medições contínuas) ou através de amostragem passiva ou ativa e posterior análise em laboratório (medições integradas).

Medições contínuas

Os analisadores que efetuam medições em contínuo devem permitir a medição por períodos adequados à avaliação de conformidade com os valores constantes da Portaria, num período mínimo de 8h durante o horário de ocupação do edifício.

Medições integradas

As amostras integradas serão recolhidas num período mínimo de 8 horas durante o horário de ocupação do edifício. A hora de início e de fim poderá ser ajustada de acordo com o horário normal de trabalho do espaço em avaliação. A colheita de amostras integradas, em cada zona, deve ser efetuada num único dia nos locais fixos e no local fixo exterior sendo que a amostragem neste local deve iniciar-se antes da monitorização interior e terminar após a sua conclusão.

5.1.1 Formaldeído (CH_2O)

A ocorrência do formaldeído em espaços interiores é devida na maior parte das vezes ao uso de materiais de madeira tratada, como a madeira prensada, contraplacado, isolamentos de espuma de ureia, tecidos, colas, carpetes, mobiliário, papel químico, desinfetantes, tintas. Estas fontes podem funcionar como emissores permanentes ou intermitentes, sabendo-se que o aumento da temperatura e da humidade são variáveis correlacionadas com o aumento das emissões de formaldeído.

A amostragem de curto prazo utiliza métodos ativos que consistem na recolha de amostras de ar em tubos de sílica (*cartridges*) seguido da determinação analítica por cromatografia líquida (HPLC). A amostragem de longo prazo utiliza métodos passivos, que consistem na recolha das amostras de ar em tubos de difusão impregnados com uma substância reativa.

5.1.2 Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV Totais)

A ocorrência de COV em espaços interiores é devida na maior parte das vezes a fontes relacionadas com os materiais de construção, decoração, mobiliário e equipamento bem como as fontes internas associadas ao uso e ocupação

A amostragem de curto prazo utiliza métodos ativos que consistem na recolha de amostras de ar em tubos de adsorção (*cartridges*). A amostragem de longo prazo utiliza métodos passivos, que consistem na recolha das amostras de ar em tubos de difusão impregnados com uma substância reativa seguida de análise por cromatografia gasosa.

5.1.3 Dióxido de carbono (CO₂)

O CO₂ é um gás incolor e inodoro, constituinte da atmosfera cuja concentração em média é superior a 300 ppm (300 µmol/mol) e equivalente a 600 mg/m³. No interior dos edifícios é gerado principalmente através do metabolismo humano e depende da atividade física despendida. A sua concentração no ar interior em edifícios dá uma boa indicação da taxa de ventilação. No ar exterior, nas grandes cidades as concentrações médias são frequentemente superiores a 400 ppm e as concentrações esperadas de CO₂ no ar interior dependem da ventilação e no mínimo serão as mesmas que a concentração do ar exterior se não houver sumidouros ou outras fontes incluindo a presença humana.

A norma estabelece como princípio de medição os métodos que utilizam a espectrofotometria do Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) e a espectroscopia Foto Acústica (PAS). Os instrumentos que utilizam estes métodos permitem a monitorização em contínuo do CO₂.

5.1.4 Monóxido de carbono (CO)

Para medições da qualidade do ar interior deste poluente podem ser utilizados os mesmos instrumentos de medição em contínuo que são utilizados nas medições referentes à segurança e saúde no trabalho.

Estabelecem-se como princípios de medição os métodos que utilizam a espectrofotometria do Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) e a espectroscopia Foto Acústica (PAS).

5.1.5 Partículas em suspensões PM_{2,5} e PM₁₀

As partículas em suspensão são partículas sólidas e líquidas transportadas pelo ar sob a forma de pó, fumos, nevoeiros, referidas como aerossóis, cujas fontes podem ser de origem natural ou antropogénica.

O método gravimétrico com filtros é utilizado para determinação da concentração em massa de partículas em suspensão para as frações PM_{2,5}, PM₁₀.

5.2 Bactérias e fungos no ar interior

Os métodos de análise para contagem e identificação de bactérias e fungos devem obedecer às normas nacionais e internacionais relativas à qualidade do ar interior nesta matéria, mencionadas na bibliografia deste documento.

5.3 Legionella na água dos sistemas de climatização

Os métodos de análise para contagem e identificação de *Legionella* devem obedecer às normas nacionais e internacionais relativas à qualidade da água nesta matéria, mencionadas na bibliografia deste documento.

5.4 RADÃO

Os métodos de análise para a determinação do radão devem obedecer às normas nacionais e internacionais neste domínio, mencionadas na bibliografia deste documento.

As medições integradas devem ser efetuadas com recurso a detetores sólidos de traços (passivos) com períodos de exposição mínimos de 2 meses, podendo ainda ser efetuadas medições contínuas utilizando monitores passivos ou ativos.

6. TRATAMENTO DE RESULTADOS

Os resultados obtidos devem ser arredondados utilizando a regra comercial com um número de dígitos usados de acordo com a ordem de grandeza das unidades para os valores limiares de proteção. Os resultados só devem ser arredondados no final do cálculo dos parâmetros, devendo o algarismo menos significativo do resultado ser da mesma ordem de grandeza do algarismo menos significativo da respetiva concentração limiar de proteção.

Os valores medidos devem respeitar a incerteza máxima associada e estabelecida no Anexo II. O valor da incerteza não é considerado para efeitos da verificação da conformidade legal.

6.1 Poluentes físico-químicos

Para efeitos de verificação da conformidade legal, os resultados das medições devem ser tratados no sentido de se obterem valores representativos dos parâmetros estatísticos respetivos.

[Parâmetro] _{Med}	<p>Concentração média do poluente em cada local de amostragem correspondendo à média temporal de 8 horas dos valores de concentração medidos</p> $\bar{C}_{F_i,T} = \frac{\sum \Delta t_i \times C_{F_i,t_i}}{T} \quad \text{sendo } T = \sum t_i$ <p>C_{F_i,t_i} - Concentração do poluente no local de amostragem F_i durante um período de tempo Δt_i; T - tempo total de medição. Considera-se como T válido, o tempo mínimo de 90% de 8 horas desde que distribuídos equitativamente ao longo do período de funcionamento do espaço.</p>
[Parâmetro] _{Max}	Valor máximo das concentrações médias obtidas em todos os locais de amostragem

Nota: Para os parâmetros CO e CO₂ deve ser determinada a média de 8 horas que abranja o período de funcionamento do edifício, calculada com base em valores médios de 15 minutos.

6.1.1.1 Apresentação dos resultados dos COV totais

Segundo a norma, a definição de COV Totais é a soma dos compostos orgânicos voláteis recolhidos num adsorvente Tenax TA, cuja eluição térmica compreende um conjunto de compostos orgânicos entre o n-hexano e o n-hexadecano, que são separados numa coluna cromatográfica capilar não polar utilizando um detector de ionização de chama (FID) e/ou um detector de massa (MS), sendo quantificados em área e convertidos em massa utilizando como

fator de resposta, o tolueno, considerado como o composto de referência pela norma ISO 16500-6:2011.

Os resultados finais das concentrações, em equivalentes de tolueno, são expressos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

6.2 Bactérias e fungos no ar interior

O resultado das leituras deve ser expresso em UFC (unidades formadoras de colónias) por volume amostrado.

Sempre que o amostrador utilizado inclua tabelas de correção, os valores das contagens de bactérias e fungos devem ser alvo de correção estatística.

6.3 *Legionella* na água dos sistemas de climatização

O resultado das leituras deve ser expresso em UFC (unidades formadoras de colónias) por litro de água.

6.4 Radão

Os resultados das medições de radão devem ser comparáveis com o limiar de proteção representativo da concentração média anual, razão pela qual se recomenda que sejam efetuadas medições integradas (cujo resultado seja representativo do valor médio para o período de exposição considerado).

No caso de medições em contínuo, para efeitos de comparação com o limiar de proteção, deve ser calculado o valor médio para o período de exposição considerado.

O resultado das medições deve ser expresso em Bq m^{-3} .

7. CRITÉRIOS DE CONFORMIDADE

A avaliação da conformidade deve ser efetuada atendendo aos parâmetros estatísticos relevantes para cada um dos poluentes medidos.

Para os poluentes físico-químicos, na avaliação de conformidade de edifícios com ventilação natural, deverá ser tida em consideração o limiar de proteção acrescido da respetiva margem de tolerância (Tabela 1).

7.1 Poluentes físico-químicos

Os limiares de proteção para os poluentes físico-químicos a considerar são os previstos na Portaria n.º 353-A/2013 e apresentados na tabela seguinte:

Tabela 1 - Limiar de proteção e margem de tolerância para os poluentes físico-químicos

Poluentes	Unidade ^a	Limiar de proteção ^b	Margem de tolerância (MT) ^c [%]
Partículas em suspensão (fração PM ₁₀)	[µg/m ³]	50	100
Partículas em suspensão (fração PM _{2,5})	[µg/m ³]	25	100
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV)	[µg/m ³]	600	100
Monóxido de Carbono (CO)	[mg/m ³] [ppmv]	10 9	—
Formaldeído (CH ₂ O)	[µg/m ³] [ppmv]	100 0,08	—
Dióxido de Carbono (CO ₂)	[mg/m ³] [ppmv]	2250 1250	30

^a as concentrações em µg/m³ e mg/m³ referem-se à temperatura de 20 °C e à pressão de 1 atm (101,325 KPa)
^b os limiares de proteção indicados dizem respeito a uma média de 8 horas
^c as margens de tolerância são aplicadas a edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação

Para os parâmetros CO e COV totais, se as concentrações medidas forem superiores aos limiares de proteção a verificação da conformidade deve ser realizada com base nos critérios específicos indicados nas tabelas abaixo.

Tabela 2 - Condições específicas, simultaneamente obrigatórias, para verificação de conformidade do CO nas situações de excedência de curta duração

Condição	Média temporal
[CO] _{Med} < 100 [mg/m ³] (90 ppm)	15 min
[CO] _{Med} ≤ 35 [mg/m ³] (30 ppm)	1h
[CO] _{Med} ≤ 10 [mg/m ³] (9 ppm)	8h
[CO] _{Med} ≤ 7 [mg/m ³] (6 ppm)	24h

Tabela 3 - Limiares de proteção para compostos orgânicos voláteis específicos a considerar na verificação da conformidade dos COV

Poluentes	Limiar de proteção [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Benzeno	5
Tricloroetileno	25
Tolueno	250
Estireno	260
Tetracloroetileno	250

A conformidade legal dos resultados das medições dos poluentes físico-químicos (CO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, COV totais, CO, CH_2O) deve ser verificada mediante a observação dos seguintes critérios gerais:

Tabela 4 - Critérios de conformidade para poluentes físico-químicos

Poluentes físico-químicos	$[\text{Poluente}]_{\text{Max}} \leq [\text{Poluente}]_{\text{LP}}$
	$[\text{Poluente}]_{\text{Max}} \leq [\text{Poluente}]_{\text{LP}} \times (1 + \text{MT})^a$
<p>$[\text{Poluente}]_{\text{Max}}$ corresponde ao valor máximo das concentrações médias $[\text{Poluente}]_{\text{Med}}$ obtidas em todos os pontos de amostragem;</p> <p>$[\text{Poluente}]_{\text{Med}}$ é a concentração média do poluente em cada ponto de amostragem correspondendo à média temporal dos valores de concentração medidos no ponto de amostragem;</p> <p>$[\text{Poluente}]_{\text{LP}}$ corresponde ao limiar de proteção do poluente;</p> <p>^a no caso de edifícios existentes e edifícios novos sem sistemas mecânicos de ventilação, assim como situações de grande intervenção previstas na alínea b), do número 3 do artigo 44 do Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto;</p> <p>MT é a margem de tolerância expressa em percentagem conforme tabela 1.</p>	

7.2 Bactérias e fungos

As condições de referência para os poluentes microbiológicos a considerar são as previstas nos pontos 4.1 e 4.2 da Portaria n.º 353-A/2013.

7.3 Legionella na água dos sistemas de climatização

As condições de referência para a *legionella* são as previstas na Tabela I.09, do ponto 4.1 da Portaria n.º 353-A/2013.

7.4 Radão

Considerando que a concentração de radão no interior dos edifícios apresenta variações diurnas e sazonais e é fortemente dependente das condições de ventilação e renovação do ar, o valor do limiar de proteção ($\leq 400 \text{ Bq m}^{-3}$) deve ser considerado como o valor médio anual de referência.

8. BIBLIOGRAFIA

EN 13098:2000 – Workplace atmosphere - Guidelines for measurement of airborne micro-organisms and endotoxin;

EN 14412:2004 – Indoor air quality - Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours - Guide for selection, use and maintenance;

EN 14626:2012 – Ambient air – Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy;

EN ISO 11731-2:2008 – Water quality – Detection and enumeration of Legionella – Part 2: Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts;

EN ISO 16000-1:2006 – Indoor air - Part 1: General aspects of sampling strategy;

EN ISO 16000-10:2006 – Indoor air - Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing - Emission test cell method;

EN ISO 16000-11:2006 – Indoor air - Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing - Sampling, storage of samples and preparation of test specimens;

EN ISO 16000-12:2008 – Indoor air -- Part 12: Sampling strategy for polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs);

EN ISO 16000-15:2008 – Indoor air - Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO₂);

EN ISO 16000-19:2014 – Indoor air - Part 19: Sampling strategy for moulds;

EN ISO 16000-2:2006 – Indoor air - Part 2: Sampling strategy for formaldehyde;

EN ISO 16000-26:2012 – Indoor air - Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO₂);

EN ISO 16000-32:2014 – Indoor air - Part 32: Investigation of buildings for the occurrence of pollutants;

EN ISO 16000-5:2007 – Indoor air - Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs);

EN ISO 16000-7:2007 – Indoor air - Part 7: Sampling strategy for determination of airborne asbestos fibre concentrations;

EN ISO 16000-9:2006 – Indoor air - Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing - Emission test chamber method;

EN ISO 16017-1:2000 – Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 1: Pumped sampling;

EN ISO 16017-2:2003 – Indoor, ambient and workplace air – Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography – Part 2: Diffusive sampling;

EN ISO 9169:2006 – Air quality - Definition and determination of performance characteristics of an automatic measuring system (ISO 9169:2006);

European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man – Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, Report Nº19 (EUR 17675 EN), European Commission – Join research Center – Environment Institute, 1997;

Goyer, N., and V.H. Nguyen. Strategy for studying air quality in office buildings. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montreal, Quebec, 1989;

<http://narsto.ornl.gov/Compendium/methods/o3.shtml>;

http://www.epa.gov/iaq/pdfs/ozone_generator.pdf;

<http://www.epi.state.nc.us/epi/oeo/ozone/indoor.html>;

<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>;

ISO 11665-1:2012 – Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods.

ISO 11665-4:2012 – Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 4: Integrated measurement method for determining average activity concentration using passive sampling and delayed analysis.

ISO 11665-5:2012 – Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 5: Continuous measurement method of the activity concentration

ISO 11731:1998 – Water quality – Detection and Enumeration of Legionella;

ISO 13137:2013 – Workplace atmospheres – Pumps for personal sampling of chemical and biological agents - Requirements and test methods

ISO 16000-13:2008 – Indoor air - Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) -- Collection on sorbent-backed filters;

ISO 16000-14:2009 – Indoor air - Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) -- Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry;

ISO 16000-16:2008 – Indoor air - Part 16: Detection and enumeration of moulds -- Sampling by filtration;

ISO 16000-17:2008 – Indoor air - Part 17: Detection and enumeration of moulds -- Culture-based method;

ISO 16000-18:2011 – Indoor air - Part 18: Detection and enumeration of moulds -- Sampling by impaction;

ISO 16000-20:2014 – Indoor air - Part 20: Detection and enumeration of moulds -- Determination of total spore count;

ISO 16000-21:2013 – Indoor air - Part 21: Detection and enumeration of moulds -- Sampling from materials;

ISO 16000-23:2009 – Indoor air - Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials;

ISO 16000-24:2009 – Indoor air - Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials;

ISO 16000-25:2011 – Indoor air - Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products - Micro-chamber method;

ISO 16000-27:2014 – Indoor air - Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method);

ISO 16000-28:2012 – Indoor air - Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers;

ISO 16000-29:2014 – Indoor air - Part 29: Test methods for VOC detectors;

ISO 16000-3:2001 – Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds -- Active sampling method;

ISO 16000-30:2014 – Indoor air - Part 30: Sensory testing of indoor air;

ISO 16000-31:2014 – Indoor air - Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds - Phosphoric acid ester;

ISO 16000-38 – Indoor air - Part 38: Determination of amines in indoor and test chamber air – Active sampling on samplers containing phosphoric acid impregnated filters;

ISO 16000-39 – Indoor air - Part 39: Determination of amines in indoor and test chamber air – Analysis of amines by means of high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with tandem mass spectrometry (MS MS);

ISO 16000-4:2004 – Indoor air - Part 4: Determination of formaldehyde -- Diffusive sampling method;

ISO 16000-6:2004 – Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID;

ISO 16000-8:2007 – Indoor air - Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions;

ISO 8756:1994 – Handling of temperature, pressure and humidity data;

ISO 8760:1990 – Workplace air – Determination of mass concentration of carbon monoxide – Method using detector tubes for short-term sampling with direct indication;

ISO 8761:1989 – Workplace air – Determination of mass concentration of nitrogen dioxide – Method using detector tubes for short-term sampling with direct indication;

ISO/AWI 16000-34 – Indoor air - Part 34: Strategies for the measurement of airborne particles (PM 2,5 fraction);

ISO/AWI 16000-35 – Indoor air - Part 35: Measurement of polybrominated diphenylether, hexabromocyclododecane and hexabromobenzene

ISO/AWI 16000-36 – Indoor air - Part 36: Test method for the reduction rate of airborne bacteria by air purifiers using a test chamber;

ISO/AWI 16000-37 – Indoor air - Part 37: Strategies for the measurement of PM2,5;

ISO/CD 16000-33 – Indoor air - Part 33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS);

ISO/IEC Guide 99-12:2007 – International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, VIM;

ISO/TC 146/SC 6 – Indoor air

Minister of National Health and Welfare, 1995, Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide, A Report of the Federal - Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health;

North Atlantic Treaty Organization: Committee on the Challenges of Modern Society. Pilot study on indoor air quality. 3rd Plenary Meeting.

Ontario Ministry of Labour. Report of the Interministerial Committee on Indoor Air Quality. Government of Ontario, September 1988;

Public Works Canada and National Research Council. Managing indoor air quality, a manual for property managers. Ottawa, 1990;

Public Works Canada. Indoor air quality test kit user manual. Building Performance Division, Technology, Architectural, and Engineering Services, Ottawa, 1989;

Ste. Adèle, Quebec, August 1990;

U.S. Environmental Protection Agency – A Standard EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings;

United States Environmental Protection Agency and National Institute for Occupational Safety and Health. Preventing indoor air quality problems. Centers for Disease Control, U.S. Department of Health and Human Services, October 1990;

United States Environmental Protection Agency. Introduction to indoor air quality. A reference manual. Health Resources and Health Services Administration Document EPA/400/3-91/003, July 1991;

United States Environmental Protection Agency. Introduction to indoor air quality. A self-paced learning module. Health Resources and Health Services Administration, Document EPA/400/3-91/002, July 1991;

US EPA. An introduction to indoor air quality. Respirable particles. <http://www.epa.gov/iaq/rpart.html>;

US EPA. Benzene. <http://www.scorecard.org/chemical-profiles/benzene.html>;

WHO, 1987. Air quality guidelines for Europe, World Health Organization, Regional Office for Europe, European series, No 23, Copenhagen, Denmark;

WHO, 2000a. The Right to Healthy Indoor Air. Report on a WHO meeting, Bilthoven, the Netherlands, 15-17. May, 2000. <http://www.euro.who.int/document/e69828.pdf>;

WHO, 2000b. Guideline evaluation and use of epidemiological evidence for environmental health risk assessment. Organization, Geneva, Switzerland, Guideline document, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. <http://www.euro.who.int/document/e68940.pdf>;

WHO, 2000c. Air quality guidelines for Europe; Second edition, World Health Organization, Regional Office for Europe, European series No 91, Copenhagen, Denmark;

WHO, 2002. The world health report 2002: Reducing risks, promoting healthy life. World Health Organization, Geneva, Switzerland, http://www.who.int/entity/whr/2002/en/whr02_en.pdf;

WHO, 2005. Air Quality Guidelines Global Update. Report on a working group meeting Bonn, Germany, 18-20 October 2005. <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>;

WHO, 2006 Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality, Report on a Working Group Meeting Bonn, Germany;

WHO, 2006. Air Quality Guidelines Global Update, Executive summary. World Health Organization, Geneva, Switzerland. <http://www.who.int/phe/air/aqg2006execsum.pdf>.

ANEXO I

Localização do número mínimo de pontos de amostragem/medição em cada área de medição

Na figura 1 é apresentado um diagrama típico de locais de medição de parâmetros ambientais para os 4 locais fixos interiores, e um local de monitorização exterior.

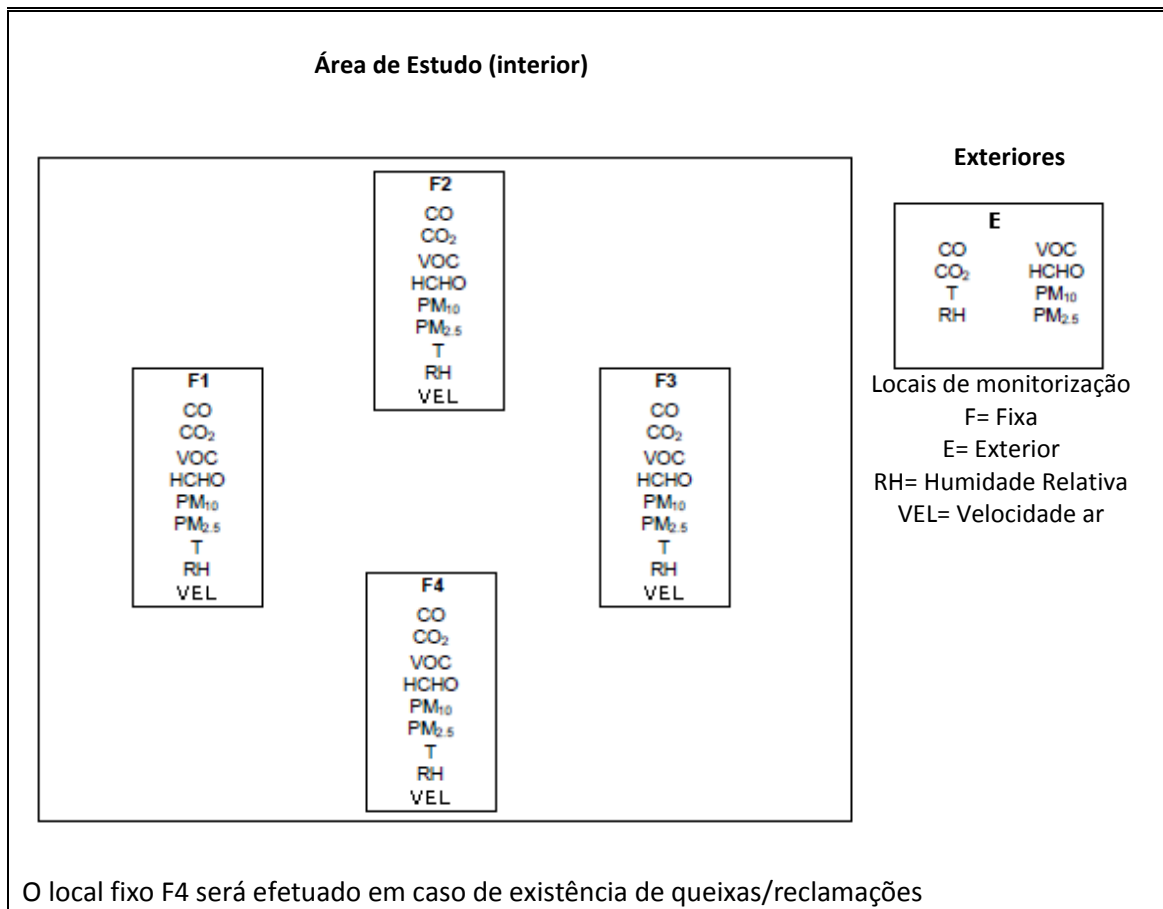


Figura 1 - Esquema das medições em locais fixos no interior da área de estudo selecionada

- Os locais como as salas e gabinetes, onde os ocupantes de tempo integral conduzem as suas atividades normais de trabalho, a monitorizar por área de estudo e que são servidos pela mesma UTA, são numerados atribuindo um número único válido numa ordem sequencial. Os números serão atribuídos no sentido horário em cada piso, correspondendo o número 1 ao local da seção Norte da área de estudo do andar.
- Devem ser removidos do processo de seleção os locais compostos unicamente por casas de banho, corredores, escadas, elevadores, laboratórios, refeitórios, salas de conferências e outras áreas de uso especial, que não são ocupadas em tempo integral.
- Deverão ser selecionados os potenciais locais de monitorização utilizando um processo de amostragem aleatória. Para o efeito, pode gerar 3 números utilizando um gerador de

números aleatórios para escolher os 3 locais de monitorização fixa F_i . Por exemplo, para uma área de estudo com 100 locais (x) e tendo como base os 3 locais fixos de monitorização F_i (y), cada local será selecionado em cada 33 (i) trigésima terceira posição ($100 \div 3 = 33$). Por exemplo, o primeiro número gerado aleatoriamente foi o 47, portanto ao local 47 é atribuído o número 1 da monitorização F_1 . Os locais F_2 e F_3 , serão identificados com os quadrados 80 e 13, respetivamente.

- Para áreas onde os locais de trabalho são open space, ou áreas muito grandes (ex., 1000 m²), como halls de centros comerciais ou similares, divide-se a área de estudo em quadrados por ex., 10 m x 10 m, ou de outras dimensões proporcionais às dimensões do espaço em causa, atendendo aos critérios e requisitos da definição da área de estudo. Cada quadrado representará um potencial local de monitorização. Os quadrados serão definidos de modo a que não haja sobreposição entre os quadrados. O tamanho de alguns quadrados pode exigir ligeiro ajuste para acomodar as dimensões reais e forma (s) da área de estudo. Para um quadrado ser considerado válido para potencial seleção, mais de 50 % do quadrado deve incluir áreas onde há presença de ocupantes em atividades normais de trabalho, ou seja da presença permanente de ocupantes.
- Quadrados que são compostos unicamente por casas de banho, corredores, escadas, elevadores, laboratórios, refeitórios, salas de conferências, e outras áreas de uso especial, onde os ocupantes não ocupam em tempo integral devem ser removidos do processo de seleção.
- Se um ou mais quadrados selecionados aleatoriamente forem invalidados por algum motivo, serão selecionados quadrados de substituição. Os quadrados de substituição serão selecionados usando o quadrado $x - 1$, depois o $x + 1$, etc., até que o quadrado de monitorização adequado seja encontrado.

Tabela 2 - Localização das monitorizações na área de estudo

Local de monitorização	Código ID	Monitorização efetuada
1	F1	Local-fixo contínuo/integrado
2	F2	Local-fixo contínuo/integrado
3	F3	Local-fixo contínuo/integrado
4	F4	Local-fixo contínuo/integrado

F4 - Local a considerar caso haja reclamação

Anexo II – Métodos de referência

Este anexo estabelece os Métodos de referência, princípio de medição, condições amostragem, número de locais de medição e incerteza máxima da medição, para o valor limiar de proteção, para um período representativo de 8 horas de exposição.

Parâmetro	Método de referência	Princípio de medição	Amostragem / Período de medição	Locais de medição	Incerteza máxima (%)
Dióxido de carbono (CO ₂)	ISO 16000–26- estratégia de amostragem	Espectrofotometria do Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) Espectroscopia Foto Acústica (PAS)	Contínuo	F1, F2, F3, F4*, Ext.	30
Monóxido de carbono (CO)	EN 14626	Espectrofotometria do Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR) Espectroscopia Foto Acústica (PAS)	Contínuo	F1, F2, F3, F4*, Ext.	30
Partículas atmosféricas (PM ₁₀ / PM _{2,5})	ISO/CD 16000-34 / EN 12341	<u>Método referência gravimétrico:</u> Recolha de amostras de ar e pesagem das partículas em filtro <u>Métodos alternativos:</u> <ul style="list-style-type: none"> • fotometria por dispersão de luz (<i>scattered light photometry</i>); • espectrometria optica dos aerossóis (<i>optical aerosol spectrometer</i>); • contador de partículas por condensação (<i>condensati on particle counter</i>); • electrometria dos aerossóis (<i>aerosol electrometer</i>); • espectrometria da dimensão de partículas (<i>particle size spectrometer</i>); • espectrometria de tempo de voo (<i>time-of-flight spectrometer</i>); 	Integrada / 8 horas	F1, F2, F3, F4*, Ext.	30
Formaldeído (CH ₂ O)	ISO 16000-2 ISO 16000-3 ISO 16000-4	<u>Estratégia de amostragem:</u> Localização, período e métodos de amostragem - EN ISO 16000-2 <u>Métodos ativos:</u>	Integrada / 8 horas	F1, F2, F3, F4*, Ext.	30

		<p>Recolha de amostras de ar em tubos de absorção impregnados com DNPH² e análise por cromatografia líquida (HPLC) com detetor UV a 360 nm - ISO 16000-3</p> <p><u>Métodos passivos:</u> Recolha amostras por difusores - ISO 16000-4</p>			
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COV _{Totais})	<p>ISO 16000-5 ISO 16000-6 ISO 16017-1 ISO 16017-2</p>	<p><u>Estratégia de amostragem:</u> Localização, período e métodos de amostragem - ISO 16000-5:2007</p> <p><u>Métodos activos:</u> Recolha de amostras de ar por tubos de absorção impregnados com Tenax, ou <i>Canisters</i>, e análise por cromatografia GC/MS/FID – ISO 16000-6</p> <p>Recolha de amostras métodos ativos e análise por cromatografia gasosa – ISO 16017-1</p> <p><u>Métodos passivos:</u> Recolha de amostras por difusão e análise por cromatografia gasosa – ISO 16017-2</p>	Integrada / 8 horas	F1, F2, F3, F4*, Ext.	30
Radão	<p>ISO 11665-1 ISO 11665-4 ISO 11665-5</p>	Métodos integrados ou contínuos com amostragem passiva ou ativa			
Temperatura (T) (Bolbo seco)	ASHRAE ³ Standard 55 - 2004	Sensor	Contínuo	F1, F2, F3, F4*, Ext.	
Humidade Relativa (HR)	ASHRAE ³ Standard 55 – 2004 ISO 7730	Sensor	Contínuo	F1, F2, F3, F4*, Ext.	
Velocidade (V)	ISO 7730	Sensor / Tubo Pitot	Contínuo	F1, F2, F3, F4*	

Notas:

¹ O método de referência é um método estabelecido por legislação nacional, comunitária, ou internacional (ISO) para a medição de um poluente específico do ar ambiente. Os métodos CEN são considerados métodos de referência;

² Solução absorvente de DiNitro Phenil Hidrazina (DNPH);

³ ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

Ext - Local exterior cujos parâmetros podem ser obtidos por medição ou recorrendo a dados de uma estação meteorológica mais próxima;

* Local adicional a considerar em situações de reclamação;

Todos os métodos de medição devem apresentar um intervalo de medição adequada aos valores limiares de proteção. As calibrações e/ou verificações devem seguir os requisitos técnicos exigidos pelas normas CEN e atendendo às especificações dos fabricantes dos instrumentos;

.

ANEXO III

Exemplos de fontes de poluição do ar interior

As fontes de poluição mais comuns são frequentemente detetadas pelos seguintes indicadores gerais:

- odores;
- sobrelotação;
- falta de condições sanitárias;
- pó ou partículas;
- problemas de humidade, crescimento visível de fungos;
- presença de substâncias químicas;

Quadro 1 - Odores como indicadores de problemas nos edifícios

Indicador	Problema/Fonte	Queixas
Exaustão de produtos de combustão, escape de veículos	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens
Odores corporais	Sobrelotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono)	Dores de cabeça, cansaço, falta de ar
Cheiro a mofo (bafio)	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a químicos	Formaldeído, pesticidas, outros químicos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COVs	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, falha do sistema de humedificação do ar	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros