

CAPÍTULO 3

QUALIDADE DO AR INTERIOR

3. QUALIDADE DO AR INTERIOR

3.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR

- 3.1.1. Em Edifícios Habitacionais
- 3.1.2. Em Escolas e Jardim de Infância
- 3.1.3. Em Escritórios

3.2. FACTORES E FONTES QUE AFECTAM A QUALIDADE DO AR INTERIOR

- 3.2.1. Poluentes Originados pela Actividade Humana
- 3.2.2. Poluentes Originados pelos Materiais de Construção
- 3.2.3. Outros Poluentes

3.3. TIPOS DE VENTILAÇÃO

- 3.3.1. Ventilação Natural
- 3.3.2. Ventilação Mecânica
- 3.3.3. Ventilação Mista

3.4. CONFORTO TÉRMICO

3.5. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

3.6. CONCLUSÕES GERAIS

3. QUALIDADE DO AR INTERIOR

3.1. QUALIDADE DO AR INTERIOR

A qualidade do ambiente interior é uma preocupação que acompanha o Homem desde há muitos séculos. É sempre desejável que o ar seja fresco e agradável, isto é, não tenha um impacto negativo na saúde. Existem cada vez mais provas de que a qualidade do ambiente interior pode ter efeitos profundos na saúde dos ocupantes dos edifícios. As condições actuais de ocupação e a própria construção alteraram-se, da seguinte forma ^[10]:

- aumento do tempo de permanência em edifícios (cerca de 90% das nossas vidas) e a maior densidade de ocupação e de equipamentos;
- colocação de caixilharias de reduzida permeabilidade ao ar;
- generalização do recurso a sistemas de ar condicionado complexos;
- maior exigência do utilizador em relação ao conforto;

O conceito de qualidade do ambiente interior é bastante complexo e abrangente, dependendo de um grande número de factores, tais como: a temperatura, a humidade relativa, a velocidade do ar, a existência de odores, a concentração de micro-organismos ou poeiras em suspensão no ar, o nível de ruído, a iluminação, entre outros. Estes factores podem ser agrupados em quatro grandes áreas: a qualidade do ar, a qualidade higrotérmica, a qualidade acústica e a qualidade da iluminação ^[11].

Uma boa qualidade do ar é de uma importância primordial, sempre que um quarto está ocupado. Para obtermos uma boa qualidade do ambiente interior é necessário um elevado grau de pureza do ar, grandes fluxos de ar e uma eficiente filtragem do ar. Estes três parâmetros dependem de diversos factores. O conforto térmico depende de ^[12]:

- a temperatura do ar interior;
- a temperatura da superfície;
- a humidade do ar interior;
- os movimentos do ar interior.

A qualidade do ar depende do grau em que o ar está livre de poluentes que podem ser irritantes ou prejudiciais para os ocupantes ^[12]. Existem, ainda, dois tipos de poluentes: partículas e gases poluentes, que afectam a qualidade do ar.

A pureza do ar depende do grau em que o ar está livre de poluentes que podem afectar ou prejudicar um determinado processo ^[12]. Mesmo neste parâmetro, há dois tipos de poluentes: partículas e gases poluentes, que o afectam.

O ambiente interior dos edifícios é contaminado por diversas substâncias que resultam da utilização corrente dos espaços e dos materiais utilizados na construção. Estas substâncias podem ter efeitos sobre o bem-estar dos ocupantes. O dimensionamento e a implementação de sistemas de ventilação devem ter em conta as fontes de poluição, de forma a proceder à evacuação para o exterior destas substâncias poluentes, evitando assim a contaminação do ar interior.

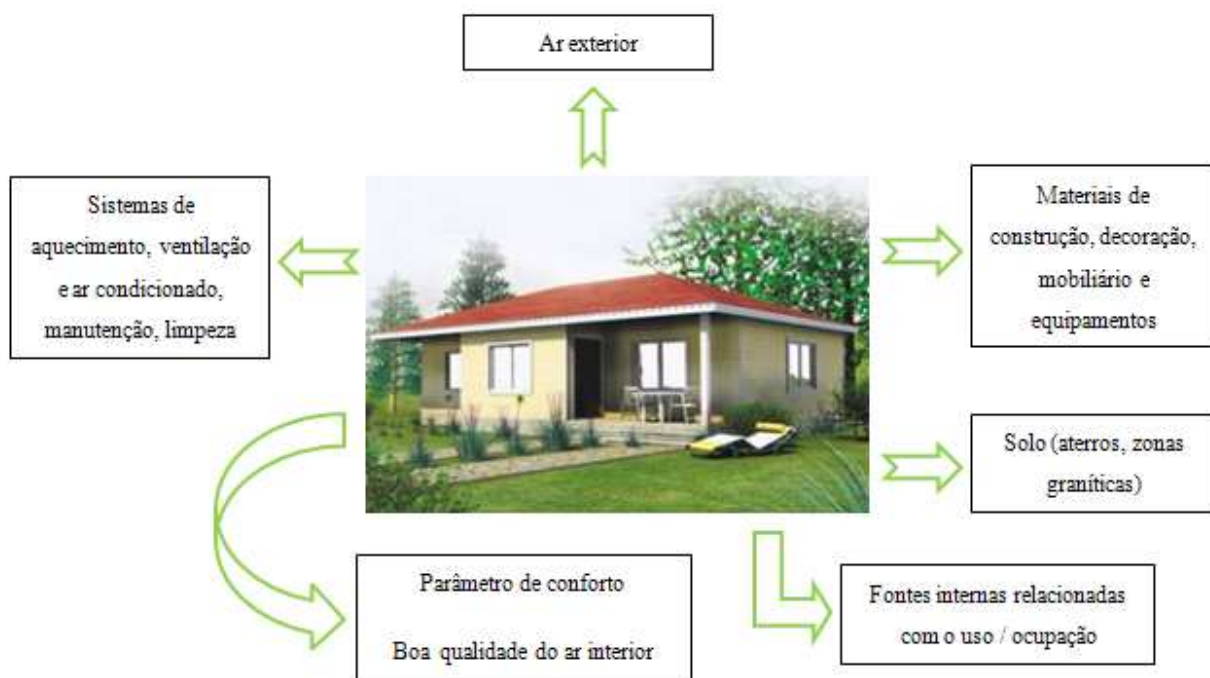


Figura 1 - Complexidade das fontes de poluição. Adaptado de ^[13]

Um dos métodos utilizados para avaliar a qualidade do ar interior dos edifícios, com a intenção de reduzir o risco para a saúde dos ocupantes, consiste na determinação da taxa de produção dos poluentes existentes ^[14]. Como não é conhecido o modo como o conjunto das substâncias poluentes afecta a qualidade do ar interior, estas são geralmente consideradas separadamente.

A qualidade do ar depende, também, directamente da volumetria dos compartimentos e por esta razão, além de razões ergonómicas, é recomendável que não existam pés direitos inferiores aos valores mínimos recomendados.

O impacto sobre a saúde dos indivíduos expostos a uma má qualidade do ar interior costuma dar-se basicamente sobre o sistema respiratório, o sistema imunológico, a pele, o sistema sensorial, o sistema nervoso central, o sistema nervoso periférico e o sistema cardiovascular.

Alguns dos problemas de saúde causados pela má qualidade do ar são parecidas aos sintomas que nos atingem quando temos gripe ou um resfriado: dores de cabeça, problemas com os seios frontais, congestão, enjoos, náuseas, cansaço, irritação dos olhos, do nariz e da garganta. Frequentemente estes sintomas são difíceis de se associar ao lugar de trabalho. O ambiente interior quase nunca é suspeito de ser a causa dos sintomas exibidos pelos ocupantes, a menos que os sintomas sejam partilhados por vários ocupantes, tenham uma persistência nada razoável ou a qualidade do ar seja anormal e suspeita.

Os contaminantes também podem ter origem fora do edifício e trespassar através das entradas de ar exterior ou, nos casos em que a quantidade de ar extraída do edifício pelo sistema de climatização é maior que a quantidade de ar introduzida, fluindo dentro do edifício por qualquer fenda disponível.

3.1.1. Em Edifícios Habitacionais

Em edifícios de habitação, a qualidade do ar interior é assegurada pelos sistemas de ventilação natural, mecânica ou mista. Estes sistemas destinam-se a fornecer ar novo para os ocupantes destes edifícios, para os aparelhos de combustão e assegurar a extracção dos produtos da combustão. Esta ventilação deve ser assegurada em condições de conforto e segurança, minimizando os consumos de energia.



Figura 2 - Edifício de habitação. ^[15]

A admissão de ar exterior é requerida para salvaguardar a saúde dos ocupantes e tem as seguintes funções ^[10]:

- diluição e remoção de poluentes, nomeadamente, substâncias emitidas pelo mobiliário, materiais de construção, produtos de limpeza, odores, dióxido de carbono proveniente do metabolismo humano e vapor de água. A estes poluentes correspondem, normalmente, taxas de emissão baixas mas contínuas e difusas;
- diluição e remoção de poluentes específicos de fontes identificadas, como, por exemplo, odores provenientes de instalações sanitárias, cocção de alimentos, vapor de água da cocção de alimentos ou banhos, fumo do tabaco e produtos da combustão. A estes poluentes correspondem, normalmente, taxas de emissão relativamente altas mas de curta duração e localização específicas;
- provisão de oxigénio para a respiração dos ocupantes;
- controlo da humidade interior proveniente das práticas de higiene pessoal (banhos), da lavagem e secagem de loiça e roupa, etc.;
- provisão de ar para os aparelhos de combustão.

O mesmo autor ^[10] também refere que a utilização dos critérios sensoriais ainda não está fundamentada, mas um estudo recente indica que adoptaram limites para os critérios da qualidade do ar interior nos compartimentos principais (quartos e salas) com o objectivo de determinar as taxas de ventilação:

- concentração de dióxido de carbono (CO₂) menor do que 3500 ppm (critério de saúde);
- concentração de dióxido de carbono (CO₂) com origem no metabolismo humano menor do que 1000 ppm (critério sensorial);
- humidade relativa do ar interior menor do que 80% para uma temperatura interior de 18°C, admitindo que a temperatura do ar exterior é de 10°C e a humidade relativa de 95%;
- percepção da qualidade do ar interior de 1,4 decipol (corresponde a 20% de insatisfeitos).

Nos compartimentos de serviço (cozinhas e instalações sanitárias) o estudo refere os seguintes critérios:

- nas instalações sanitárias: redução da concentração de odores e vapor de água a 40% do seu valor inicial ao fim de 15 minutos;

- nas cozinhas: para o caudal de base considera-se a redução da concentração de poluentes a 40% do seu valor inicial ao fim de 30 minutos (correspondente a 2 renovações por hora); para o caudal máximo, considera-se o caudal maior entre os caudais de 180 m³/h e 216 m³/h, este multiplicado pela largura do fogão.

Nas habitações mais antigas e degradadas a qualidade do ar interior é bastante deficiente e tal deve-se, muitas vezes, a condições de salubridade e a outros factores, tais como se apresentam seguidamente ^[16]:

- os compartimentos interiores têm áreas reduzidas e raramente possuem sistemas de ventilação;
- quando existem compartimentos com janelas para o exterior, funcionam mal, não respeitam as actuais dimensões mínimas regulamentares ou abrem para espaços exteriores limitados (por exemplo janelas para travessas estreitas ou pequenos logradouros; ver figura 3);
- alguns edifícios têm somente uma fachada, impossibilitando a ventilação transversal;
- a renovação do ar em muitas cozinhas ocorre apenas por pequenas frestas;
- a elevada densidade de ocupação de quartos de dormir é usual, prejudicando ainda mais a qualidade do ar;
- encontram-se, usualmente, esquentadores e botijas de gás colocadas em instalações sanitárias interiores;
- existem sistemas de aquecimento com base em lareiras ou braseiras, o que propicia uma situação perigosa associada a uma insuficiente ventilação;



Figura 3 - Vãos que abrem para um arruamento estreito. ^[13]

Antigamente os edifícios eram construídos de uma forma simples, sem materiais e componentes mais luxuosos e complexos, em que a construção era baseada no saber da experiência adquirida. Nestes edifícios eram utilizados materiais de revestimento que ajudavam a estabelecer um equilíbrio higrotérmico, absorviam a humidade em dias húmidos e restituíam ao ambiente em dias quentes e secos [17]. Além deste dois aspectos positivos, os edifícios tinham outros aspectos bastante positivos, tais como, a limpeza era sempre efectuada por lavagem, os tectos em estuque, paredes rebocadas com argamassas de cal e os pavimentos em madeira com areia no interior [17]. Os habitantes abriam as janelas diariamente para arejar as habitações. Em alguns edifícios habitacionais antigos, juntamente com os seus moradores também habitavam animais, no qual a respiração destes ajudava no aquecimento dos quartos durante a noite e acreditava-se que poderia existir alguns benefícios contra a tuberculose [17].

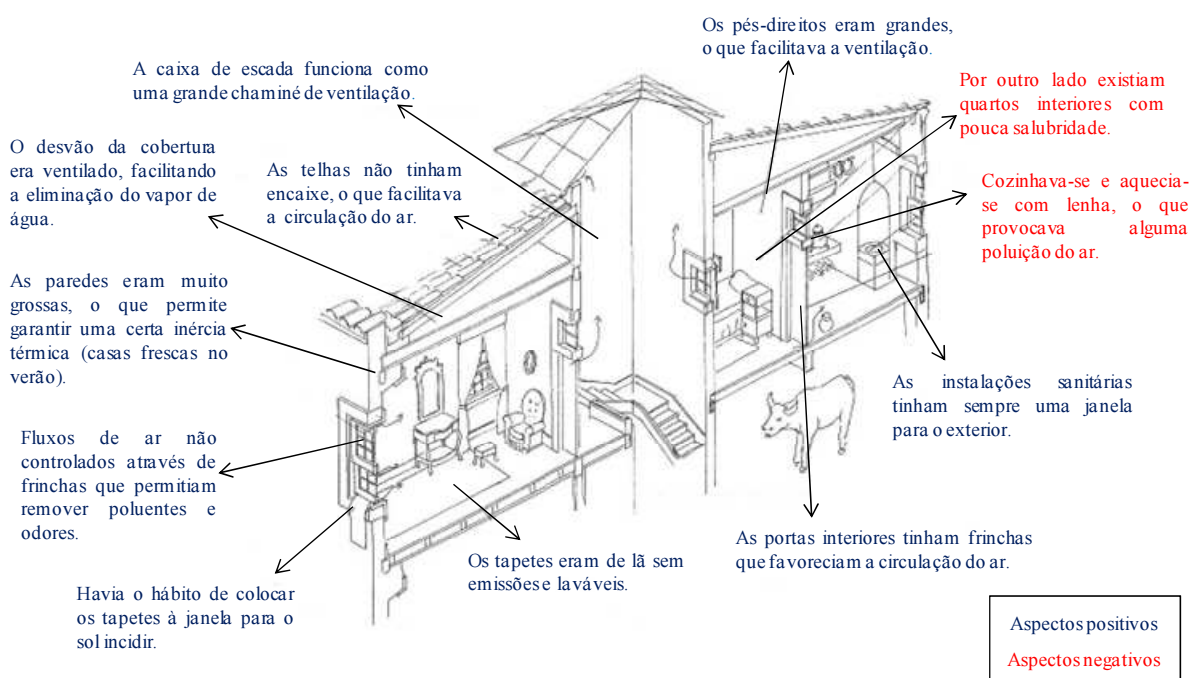


Figura 4 - Condições do ambiente interior em edifícios antigos. Adaptado de [17]

Mas estes edifícios não tinham somente aspectos positivos, como aspecto bastante negativo é de referir a existência de alguma contaminação com metais pesados, tais como: canalizações em chumbo, loiça cerâmica com revestimento vidrado com chumbo e as tintas das paredes e portas à base de chumbo. Remover estes materiais com recurso ao fogo libertava vapores de chumbo e com recurso à raspagem libertava partículas finas [17]. Também é de fazer referência que, por vezes, as velocidades excessivas de escoamento geravam desconforto térmico, correntes de ar e entrada de poeiras e detritos.

Nos anos 50 e 60, mesmo com a utilização corrente de betão, os edifícios mantinham alguma simplicidade no seu funcionamento. Assim como todos os edifícios, estes também tinham aspectos positivos e aspectos negativos. Como aspectos positivos é de referir ^[17]: as janelas ajudavam a eliminar o vapor de água, os estores tinham uma posição de sombreamento, existiam palas de sombreamento em betão nas fachadas, as instalações sanitárias tinham sempre uma janela para o exterior, os pavimentos tinham rodapés arredondados fáceis de limpar e o betão, como material estrutural maciço, tinha uma grande inércia térmica. Além de muitos outros aspectos negativos, tais como as coberturas serem em chapas de amianto, que se demonstram na figura 5, é bastante importante referir que os pés direitos passaram a ter uma dimensão reduzida ^[17].

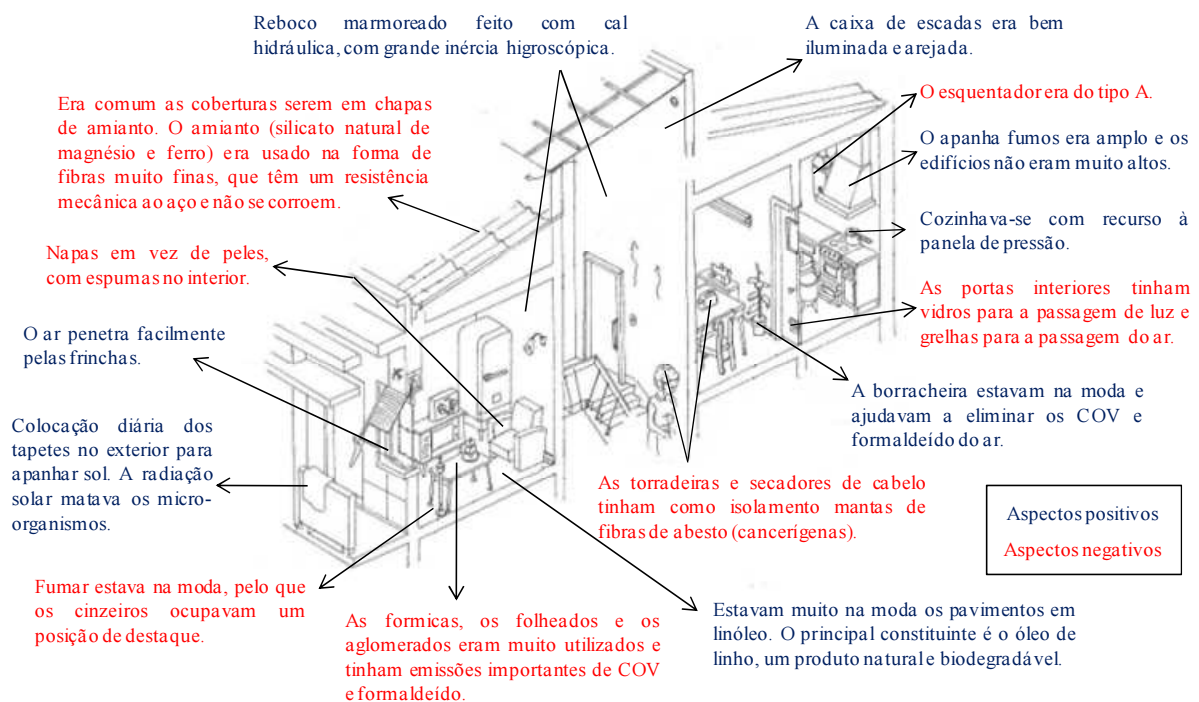


Figura 5 - Condições do ambiente interior nos edifícios dos anos 50 e 60. Adaptado de ^[17]

Nos anos 70, ano de ocorrência da crise do petróleo, os habitantes dos edifícios tentaram reduzir o consumo de energia para o aquecimento, tornando as habitações mais estanques. Contudo nos anos 80 e 90, com Portugal a aderir à União Europeia, surgiram novos materiais e componentes mais estanques importados de países onde era corrente a ventilação mecânica dos edifícios de habitação. Os edifícios apresentavam dificuldades na renovação do ar interior, pois estes são cada vez mais altos, o que dificulta o eficaz funcionamento das condutas de ventilação verticais, e nem sempre os vãos estão dispostos em fachadas opostas, o que dificulta a ventilação transversal ^[17]. Aliás, os edifícios de habitação multifamiliar

apresentam vários factores que dificultam ou impedem a renovação do ar interior, com o propósito de não perder o calor. Mas estes não são as únicas dificuldades para manter uma boa qualidade do ambiente interior de uma habitação, a existência de portas corta-fogo nas caixas de escada impedem que estas funcionem como um sistema de ventilação, assim como a existência de isolamentos térmicos nas paredes e nas coberturas, e os rebocos actualmente serem feitos à base de argamassas de cimento impossibilitam a saída do vapor de água para o exterior e favorecem o aparecimento das condensações.

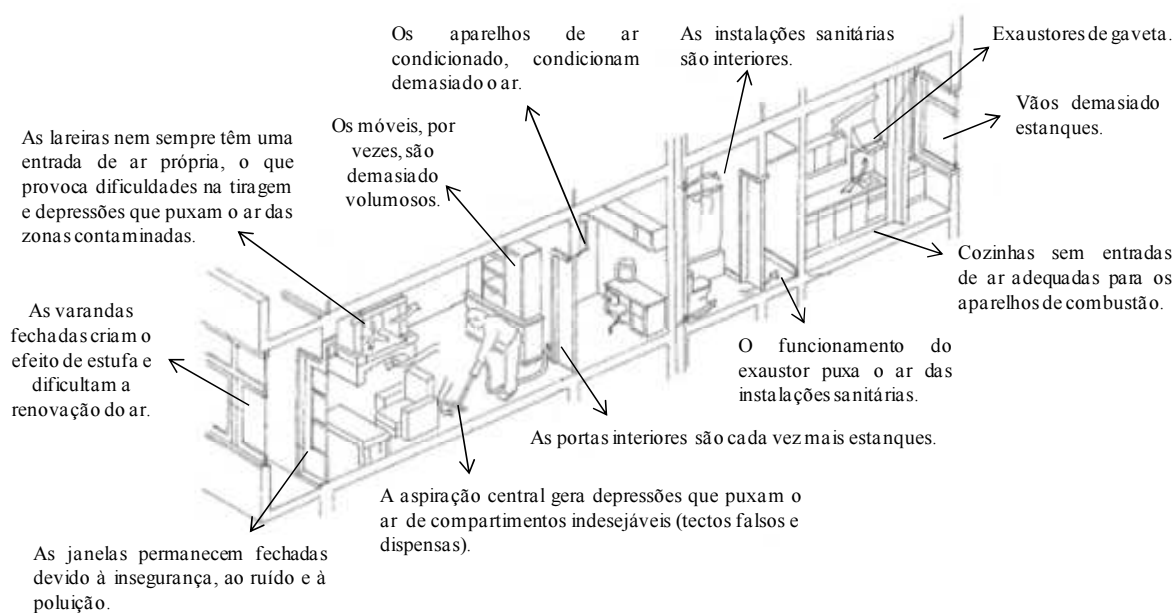


Figura 6 - Condições do ambiente interior em edificios estanques, com deficiente renovação do ar novo. Adaptado de [17]

Além das mudanças que as construções sofreram e continuaram a sofrer ao longo dos anos, as famílias portuguesas também mudam os seus hábitos, o que ajuda a contribuir ainda mais para a deterioração da qualidade do ar interior. Hoje em dia o ser humano é muito menos tolerante ao desconforto e para tal utilizam sistemas de aquecimento mais potentes, os vãos permanecem quase sempre fechados e estes são praticamente herméticos [17]. O uso generalizado de caldeiras tornou habituais banhos muito longos, enquanto as instalações sanitárias se tornam mais interiores e os prédios mais altos. No que se refere à preparação das refeições estas tornaram-se mais longas, devido à utilização de gás natural, que tem um menor poder calorífico, e hoje em dia perdeu-se o hábito de cozinhar com recurso à panela de pressão [17]. Outro parâmetro que prejudica bastante a qualidade do ar interior de uma habitação é a variedade de produtos químicos existentes no mercado para se efectuarem as limpezas e manter a higiene de uma casa [17].

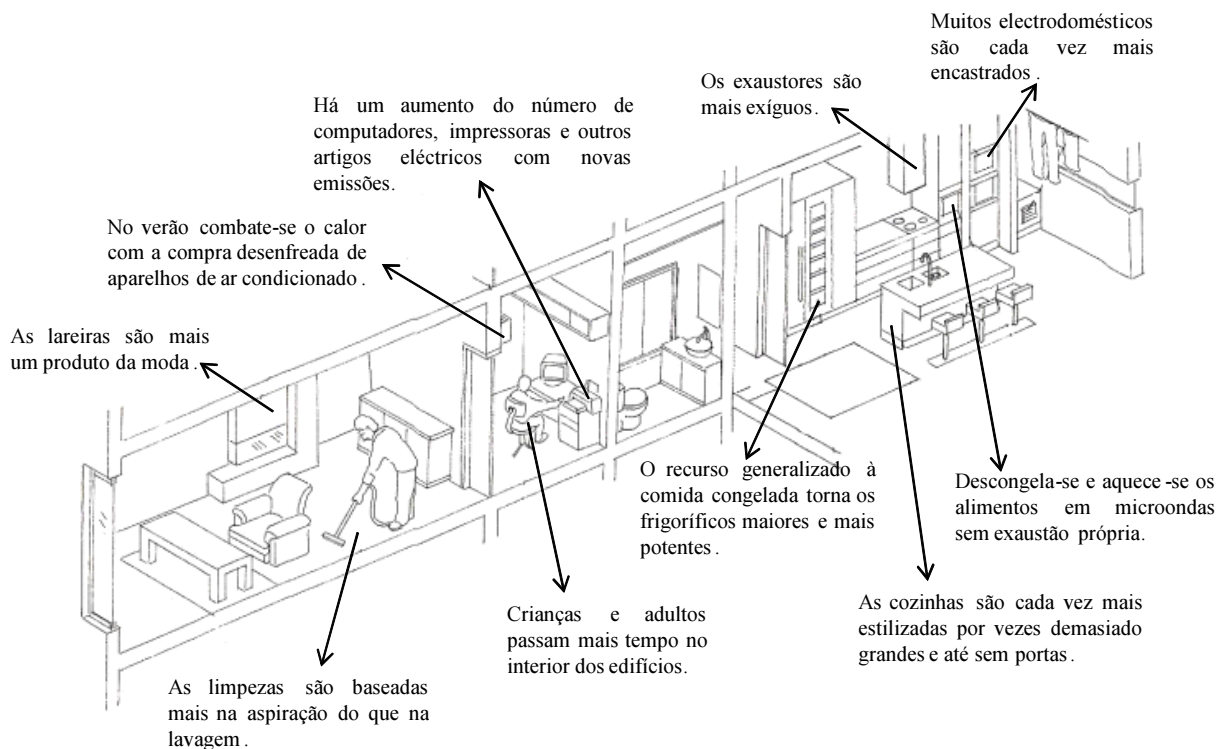


Figura 7 - Mudança de hábitos. Adaptado de [17]

A resolução de problemas do ambiente interior, tais como o frio, a humidade, a falta de luz, entre outros, têm de ser articuladas. As condições ambientais deficientes resultantes do reduzido contacto dos compartimentos habitáveis com o exterior podem ser resolvidas, recorrendo a sistemas mecânicos de ventilação e a sistemas de iluminação artificiais. No entanto a resolução destes problemas não eliminam as repercussões psicológicas e fisiológicas sobre os habitantes.

3.1.2. Em Escolas e Jardim de Infância

A má qualidade do ar nas escolas pode causar muitas doenças e a protecção da saúde é a questão principal das acções tomadas para otimizar os sistemas de gestão de ventilação em edifícios escolares e controlar as fontes dos poluentes. Além disso, por razões de conservação de energia, podemos ser tentados a reduzir a taxa de ventilação, como factores importantes da perda de energia, que pode levar à deterioração da qualidade do ar. Encontrar o melhor compromisso entre a qualidade do ar e conservação de energia continua a ser um grande desafio. Há também muitas razões para considerar a qualidade do ar interior uma prioridade no ambiente das escolas, sendo que uma delas é que as crianças ainda estão em

desenvolvimento e estão mais susceptíveis a sofrer as consequências dos poluentes do ambiente interior ^[18].



Figura 8 - Sala de aula. ^[19]

O Grupo de Coordenação da Qualidade de Ambientes (GPQA) ^[20], em França, seleccionou algumas escolas primárias e alguns jardins de infância com base em critérios específicos, tais como a idade do edifício. O procedimento experimental baseou-se em três campanhas de uma semana de acção, em duas salas de aula em cada uma das escolas, na metade do inverno do ano e no final do ano escolar. Os parâmetros medidos nas salas de aula e fora foram a temperatura, a humidade, a concentração de CO₂, os compostos orgânicos voláteis (COV), as bactérias e fungos da flora total. Além disso, também caracterizaram os edifícios e os equipamentos através das formas de observação e medição das taxas de ventilação. Os resultados mostram que a primeira medição dos níveis de CO₂ muitas vezes ultrapassa o valor de 1000 ppm, o que reflecte uma ventilação insuficiente, especialmente nas escolas que não estejam equipados com sistemas de ventilação mecânica. A principal fonte de bactérias no ar interior está ligada à presença humana e a origem fúngica é causada pelo ambiente.

Também em França, o Secretário de Estado para a Ecologia, Chantal Jouanno, com a ajuda do Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) ^[21], lançou a campanha de monitorização da qualidade do ar interior em escolas e creches. O programa realizou-se em cerca de 160 creches, jardins de infância e escolas primárias em 12 regiões da França, onde foram medidos três indicadores: as concentrações de benzeno e de formaldeído (medição feita por meio de tubos passivos expostos por uma semana, para duas estações - verão e inverno) e confinamento (medido apenas no inverno para duas semanas). Estes parâmetros foram determinados com a ajuda do CSTB, no âmbito do Observatório da Qualidade do Ar Interior. Esta campanha é um dos compromissos do projecto de lei "Grenelle 2", que propõe fazer a

monitorização da qualidade do ar prevista até 2012. Também se enquadra nas prioridades do segundo Plano Nacional de Saúde e Meio Ambiente 2009-2013, que aponta como uma ajuda significativa para o desenvolvimento da consultoria ambiental interior.

Assim como em França, a Região Autónoma da Madeira, desde o ano de 2008, anda a efectuar a avaliação da qualidade do ar interior das escolas nas várias zonas geográficas da Madeira, através do projecto EcoQAI/QAIRAM - Escolas ^[22]. O projecto tem como objectivo sensibilizar alunos, professores e funcionários para a importância da boa qualidade do ar interior, bem como conhecer e preparar o parque escolar regional para aplicação do Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril. O projecto começou por ser aplicado numa escola piloto e foi posteriormente alargado a um total de 12 escolas da RAM, no qual foram efectuadas medições em várias salas e num contexto de normal funcionamento das aulas. Os parâmetros em análise foram: a temperatura, a humidade relativa, as partículas inaláveis (PM_{10}), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO_2), o ozono (O_3), o formaldeído, os compostos orgânicos voláteis, o óxido nítrico (NO), o dióxido de azoto (NO_2), o dióxido de enxofre (SO_2), o sulfato de hidrogénio (H_2S), os fungos e as bactérias.

3.1.3. Em Escritórios

Através da empresa AIRIMUV ^[23] é possível constatar que a Organização Mundial da Saúde estima que mundialmente até 30 por cento dos edifícios de escritório podem ter problemas significativos, e que entre 10 e 30 por cento dos ocupantes dos edifícios sofram efeitos de problemas de saúde que estão, ou se percebe que estão, relacionados com uma Qualidade do Ar Interior deficiente.



Figura 9 - Edifício de escritórios. ^[24]

A qualidade do ar interior é uma preocupação cada vez entre as pessoas que permanecem durante os seus horários de trabalho em edifícios estanques, isto é, sem janelas e com sistemas centrais de ar condicionado. O ar dentro destes edifícios é colocado novamente a circular e os contaminantes mais conhecidos no interior destes são: os materiais de construção, os materiais de isolamento, os adesivos utilizados, as alcatifas, o fumo de tabaco, o pó, a manutenção deficiente dos sistemas de ventilação e ar condicionado, os pesticidas, os móveis, os produtos metabólicos dos ocupantes (respiração e transpiração), os cosméticos, os produtos utilizados para limpeza e os produtos químicos usados em aparelhos de escritório, tais como fotocopiadoras e faxes. Para além destes contaminantes, anteriormente referidos, não é possível esquecermo-nos de contaminantes como o ozono (O₃), o monóxido de carbono (CO) e o dióxido de enxofre (SO₂).

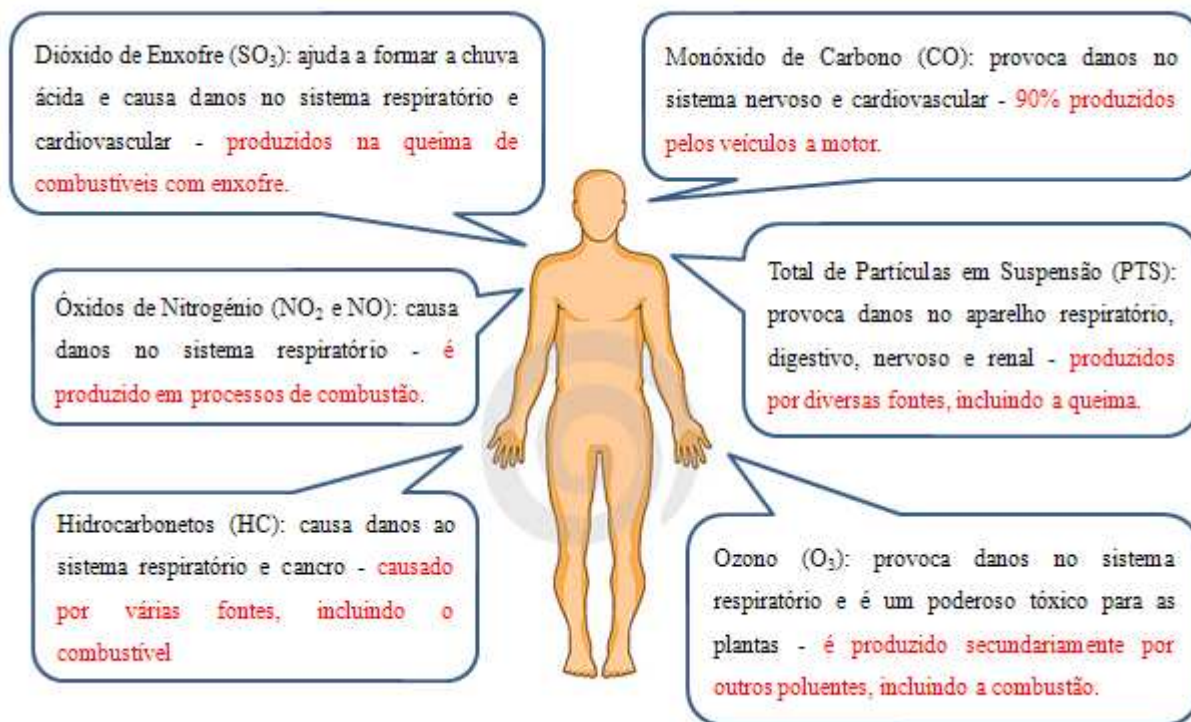


Figura 10 - Os principais contaminantes do ambiente. Adaptado de [23]

As superfícies poeirentas, a água estagnada e os materiais húmidos oferecem um ambiente ideal para o crescimento de bactérias. Quando o bolor e outras partículas microbianas são levadas pelo ar, alguns ocupantes dos edifícios de escritório podem sofrer reacções alérgicas e outros tipos de sintomas.

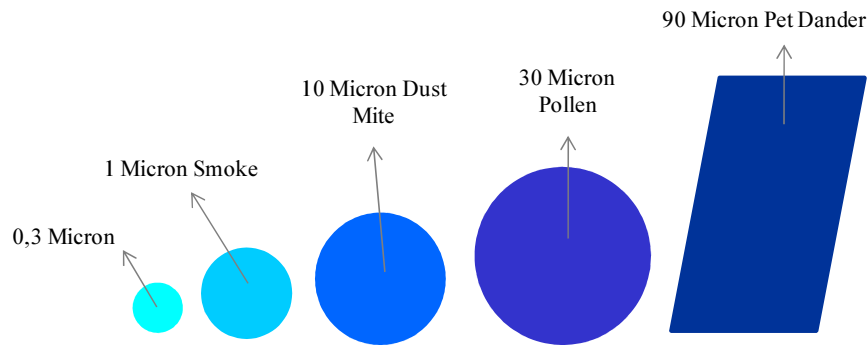


Figura 11 - Tamanhos relativos de vários contaminantes. Adaptado de [23]

3.2. FACTORES E FONTES QUE AFECTAM A QUALIDADE DO AR INTERIOR

A elevada taxa de geração de poluentes no interior dos edifícios têm origem na densidade de ocupação e nos equipamentos e materiais sintéticos de revestimento. A má qualidade do ar pode originar efeitos imediatos, efeitos a curto prazo e até efeitos a médio e longo prazo.

A qualidade do ar interior é, na generalidade, significativamente inferior à qualidade do ar exterior e também inferior ao desejável. Sendo assim é fundamental acautelar a qualidade do ar interior, nomeadamente ao nível do projecto, da instalação e da própria exploração do edifício.

O grau de importância de alguns poluentes nos diferentes compartimentos de uma habitação é apresentado no seguinte quadro [10].

<i>Poluentes</i>										
Compartimentos	Fumo de tabaco	Odor corporal (dióxido de carbono)	Vapor de água	Produtos da combustão	Formaldeído	Orgânicos	Partículas ^(a)	Micro-organismos	Radão	Outros
Salas	++	++	o	++	o	p	p	o	o	
Quartos	++	++	oo	oo	o	p	p	o	o	
Cozinha	+	+	oo	++	o	p	p	oo	o	
Inst. sanitárias			oo	oo				oo		odor
Inst. sanitárias sem banheira								p		odor
Notas:										
Nível de importância: ++ Muito importante; + Importante; o Importante em situações específicas; oo Muito importante em situações específicas; p Possivelmente importante, mas até ao momento conhecimento limitado;										
a: muito importante no caso de sensibilidade contra reacções alérgicas;										

Quadro 2 - Grau de importância de alguns poluentes nos diferentes compartimentos. [10]

Quer as actividades que decorrem no interior dos edifícios, quer os próprios materiais integrados na construção podem produzir ou libertar substâncias indesejáveis no ambiente interior.

3.2.1. Poluentes Originados pela Actividade Humana

Segundo o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização (RSECE), os principais poluentes originados pela actividade humana são:

- *Vapor de água / Humidade relativa*

A humidade relativa do ar interior pode influenciar, directa e indirectamente, a actividade dos ocupantes. Os baixos valores de humidade relativa podem provocar sensações de secura, irritação na pele e nas membranas mucosas, infecções das vias respiratórias ou desconforto no contacto com alguns materiais devido à geração de electricidade estática. Os valores altos de humidade relativa podem também originar desconforto, inibindo a transpiração através da pele, e o desenvolvimento de bolores e ácaros causadores de alergias, irritações e, em casos mais graves, asma. Os valores de humidade relativa, considerados adequados, devem estar entre 30 a 70 %.

O vapor de água é um dos principais responsáveis pela fraca qualidade do ar interior das habitações, que raramente consegue sair para o exterior. As superfícies impermeáveis e as pontes térmicas favorecem bastante as condensações. O excesso de vapor de água provoca condensações nas superfícies, que são responsáveis pela degradação das superfícies dos materiais, pelo incremento da libertação de componentes tóxicos dos materiais e pelo crescimento de fungos e bolores que libertam esporos finos no ar ^[17]. Como fontes de vapor podemos referir as lareiras, a preparação de alimentos, a respiração dos residentes, os banhos, a lavagem de roupa, entre outros. Estes vapores não conseguem sair para o exterior porque encontram barreiras, tais como vãos demasiado estanques, varandas fechadas e paredes com isolamentos impermeáveis.

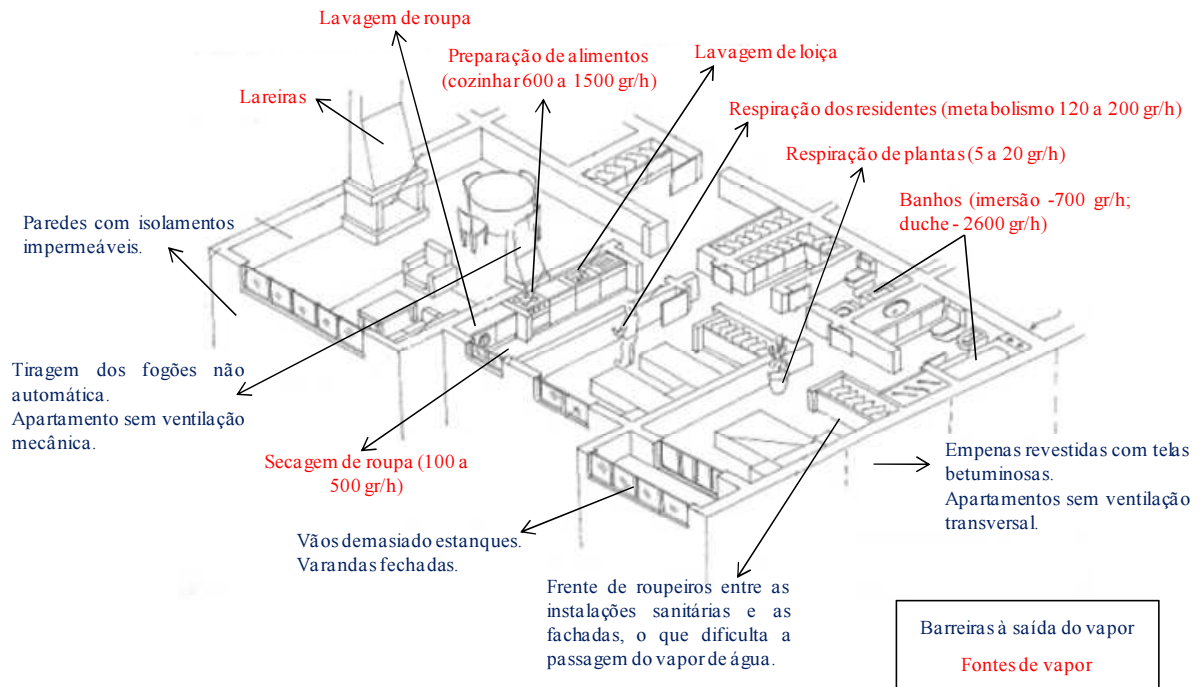


Figura 12 - Fontes de produção e barreiras à saída do vapor de água. Adaptado de ^[17]

- *Dióxido de carbono (CO₂)*

O metabolismo e a actividade dos ocupantes produz dióxido de carbono (um gás incolor e inodoro) e vapor de água. A combustão de gás também liberta dióxido de carbono e produz vapor de água. À quem considere que este gás não é tóxico mãos um asfixiante simples ^[17]. A baixas concentrações de dióxido de carbono, tipicamente ocorridas no interior de edifícios, é inofensivo. Mas se as concentrações presentes forem elevadas, pode originar sonolência, afectações da respiração, dores de cabeça, fadiga, náuseas, dificuldades de concentração, etc. Quanto a valores limite, a Organização Mundial de Saúde (OMS) não define um valor limite para a concentração deste gás no interior de edifícios não industriais. Contudo exposições prolongadas alteram o equilíbrio ácido-base do organismo, provocando a perda de cálcio nos ossos.

As principais fontes de produção de CO₂ são o metabolismo humano e todas as fontes de combustão existentes numa habitação.

- *Monóxido de carbono (CO)*

É um gás inodoro, insípido e incolor mas venenoso, resultante da combustão, em especial quando esta ocorre em ambientes pouco ricos em oxigénio. Em concentrações

extremamente baixas, o monóxido de carbono provoca dores de cabeça e sonolência, e à medida que a concentração vai aumentando os sintomas passam a incluir problemas de concentração, visão e náuseas e, em casos limites, pode levar à morte, visto que a hemoglobina do sangue reduz o oxigénio para níveis insuficientes, pelo facto de ter maior afinidade com o monóxido de carbono. Concentrações muito elevadas deste gás podem provocar palpitações, vómitos, problemas cardiovasculares, entre outros.

Todos estes poluentes referidos anteriormente provocam diversas anomalias nos edifícios, que por sua vez prejudicam a qualidade do ambiente interior. Algumas das anomalias possíveis de verificação são:

- Manchas escuras sob os beirais do telhado ou nos tectos

Quando a água se infiltra debaixo das telhas, tende a depositar-se nos beirais ou no tecto, como mostra a figura 13. Para evitar infiltrações no telhado, devem limpar-se calhas e caleiras, cortar ramos de árvores que toquem no telhado e pedir uma vistoria de três em três anos. Quando uma mancha destas é detectada a tempo, a infiltração pode ser reparada, procedendo-se também à secagem e reparação das áreas consequentemente afectadas. Se o problema persistir, o telhado poderá mesmo apodrecer ou ceder, obrigando a obras com custos significativos ^[25].

- Manchas brancas nas paredes, deterioração do estuque ou poças de água no exterior

Quando se encontra uma camada espessa de pó branco nas paredes, como é possível observar na figura 14, é provável que o solo exterior esteja saturado de água e a humidade e o salitre comecem a manifestar-se.

Outros sinais de aviso incluem manchas negras ou bolhas de água sob a tinta das paredes (ver figura 15) e poças de água permanentes ao longo das paredes exteriores dias após uma chuvada. Por isso deverão ser usadas tintas de água em vez de tintas plásticas ^[25].



Figura 13 - Mancha escura no tecto. ^[26]



Figura 14 - Manchas brancas nas paredes. ^[27]



Figura 15 - Deterioração do estuque. ^[27]

- Bolhas de água sob a tinta das paredes

Quando se formam bolhas em superfícies exteriores pintadas, é porque há demasiada humidade nas paredes ou porque a tinta foi mal aplicada. As bolhas derivadas da humidade aparecem normalmente nas partes mais altas das casas porque é por aí que a água entra primeiro. Também podem aparecer primeiro em superfícies horizontais, como parapeitos de janelas. As bolhas derivadas de uma má pintura

aparecem frequentemente ao longo de um dos lados da casa. Se detectada a tempo, a área afectada por um mau trabalho de pintura pode ser limpa e pintada de novo [25].



Figura 16 - Bolhas sob a tinta das paredes. [28]

3.2.2. Poluentes Originados pelos Materiais de Construção

Os poluentes originados pelos materiais de construção apresentados seguidamente, também referidos pelo RSECE, são:

- *Compostos orgânicos voláteis*

As principais fontes de compostos orgânicos voláteis são os materiais utilizados no revestimento interior dos edifícios, os respectivos componentes, o mobiliário, os produtos de limpeza (acetona, benzeno, fenol e tolueno) e o tabaco.

Os efeitos indesejáveis resultantes da exposição a concentrações excessivas destes compostos dependem do composto e podem-se apontar como sintomas mais comuns: dores de cabeça, náuseas, sensação de fadiga e outros sintomas de depressão do sistema nervoso central, arritmias cardíacas, afectações do fígado, irritação ao nível do sistema respiratório e irritação oftalmológica.

O valor máximo de concentração no ar é de $0,6 \text{ mg/m}^3$ [17].

No interior de uma habitação existem vários produtos que emitem produtos orgânicos voláteis, como mostra a figura 18.

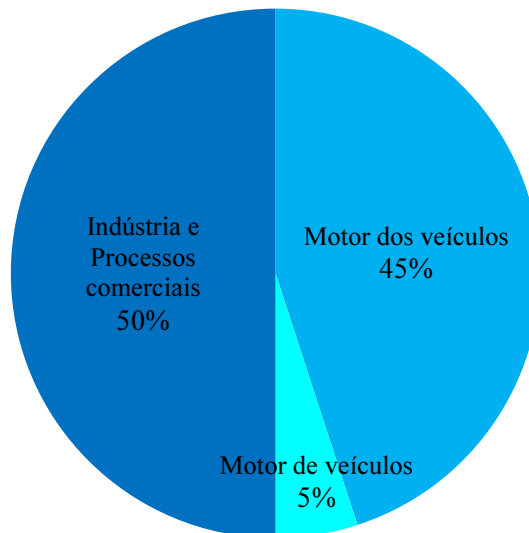


Figura 17 - Fontes de compostos orgânicos voláteis. Adaptado de ^[29]

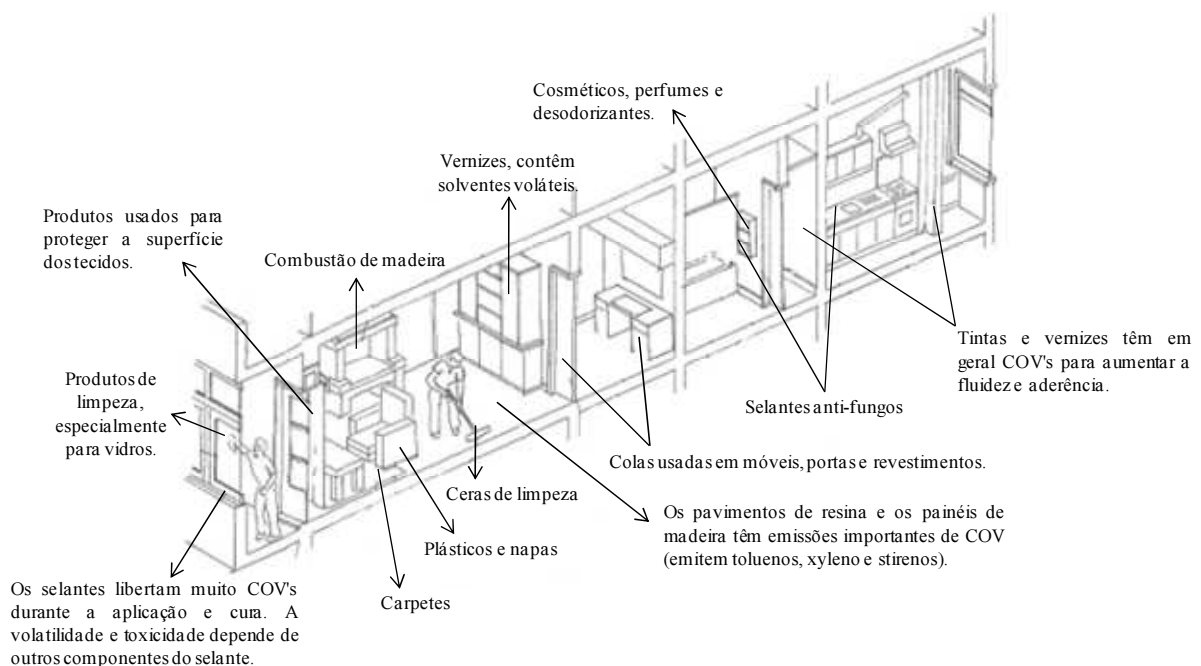


Figura 18 - Fontes de compostos orgânicos voláteis, no interior de uma habitação. Adaptado de ^[17]

- *Formaldeído*

É um gás incolor com um odor forte, pelo que é facilmente detectado pelo homem. Este gás é altamente solúvel pelo que se torna fortemente irritante e tóxico em contacto com o sistema respiratório, com a pele ou por ingestão. No interior dos edifícios, as principais fontes são as resinas utilizadas nos aglomerados de madeira e a combustão. É o poluente que ocorre com maior frequência nas atmosferas interiores,

pois a humidade ambiente aumenta o seu efeito. Os sintomas associados à exposição deste, especialmente manifestados pelas crianças, incluem irritação oftalmológica, dores de cabeça, náuseas, sensação de fadiga, tosse e espirros. A longo prazo este gás pode provocar hipersensibilidade, asma, desordens menstruais e nascimento de fetos com pouco peso.

As resinas de formaldeído são baratas e muito utilizadas no fabrico de diversos produtos podendo ter várias funções, tais como ^[17] preservantes que inibem o apodrecimento dos materiais naturais, cola e protector de tecidos e outros materiais

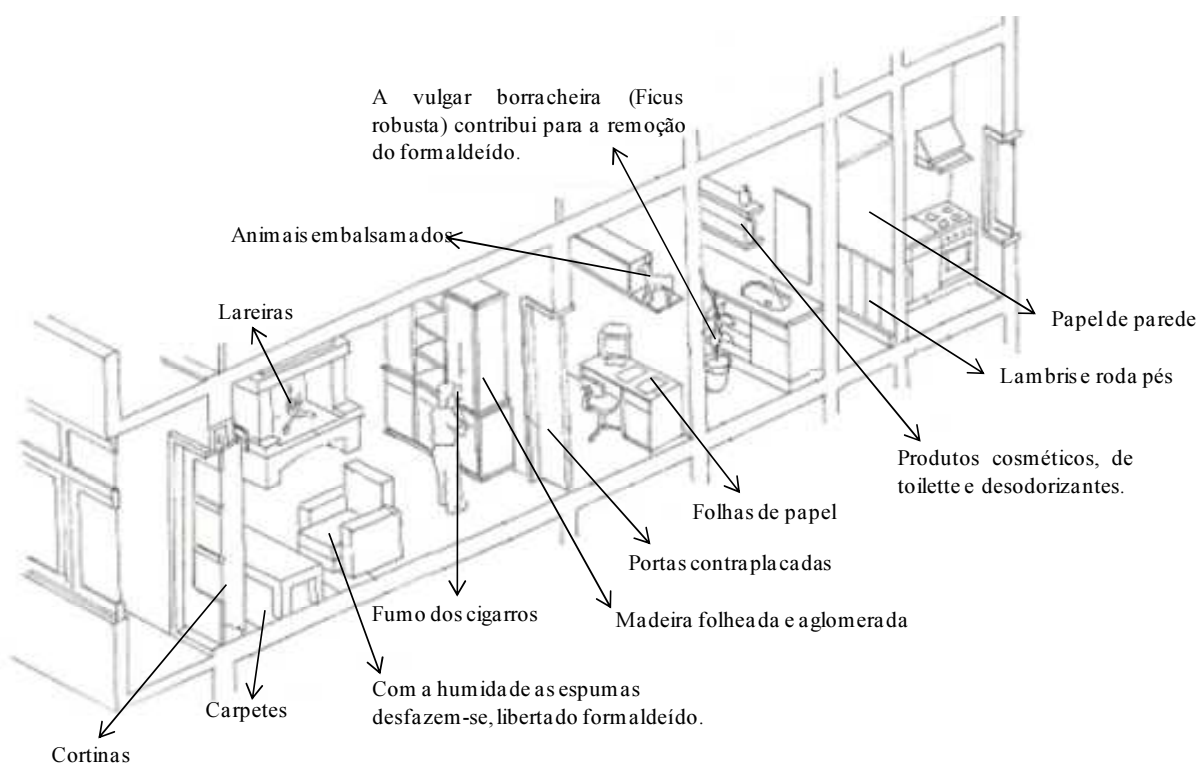


Figura 19 - Fontes de formaldeído, no interior de uma habitação. Adaptado de ^[17]

3.2.3. Outros Poluentes

Outros poluentes também referenciados no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) são:

- *Radão (Rn)*

É um gás inodoro, insípido e incolor, que existindo naturalmente no solo, é facilmente introduzido nos edifícios, quer por efeito de difusão quer por depressão dos ambientes interiores provocados por sistemas de ventilação ou por efeito de chaminé.

A penetração de radão em um edifício deve-se a muitos factores (concentração na permeabilidade do solo e humidade, fendas na rocha subjacente), incluindo as características da habitação (construção, fendas da superfície em contacto com o solo, sistema de ventilação, etc.). O radão quando inalado é uma substância cancerígena responsável pelo incremento da incidência de casos de cancro nos pulmões em populações expostas.

Portugal é um país exposto ao radão, principalmente a norte e interior, como é visível na figura 15. A população está exposta a radiação externa e os valores verificados são: 56,7% ao radão, 18,8% a exposição médica, 18,2% a radiação gama terrestre, 6,2% a radiação cósmica e finalmente 0,1% a exposição ocupacional (ver figura 16).

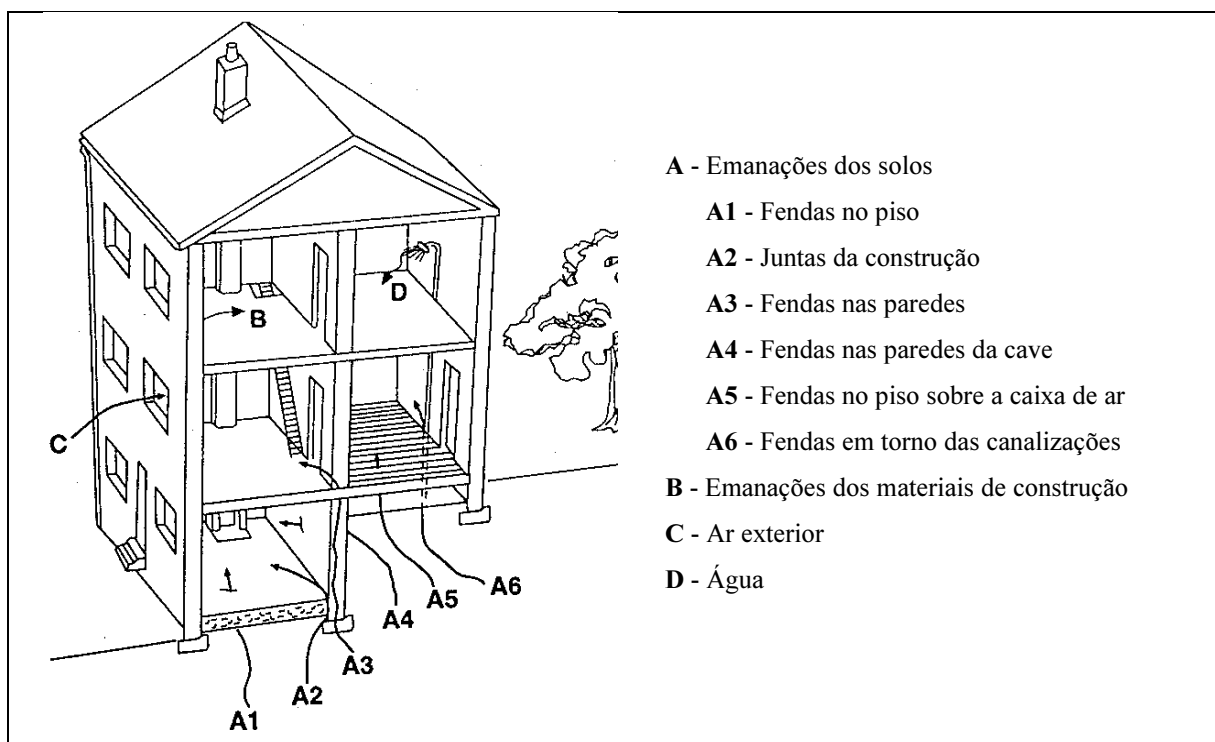


Figura 20 - Fontes típicas da entrada de radão nas habitações. ^[31]

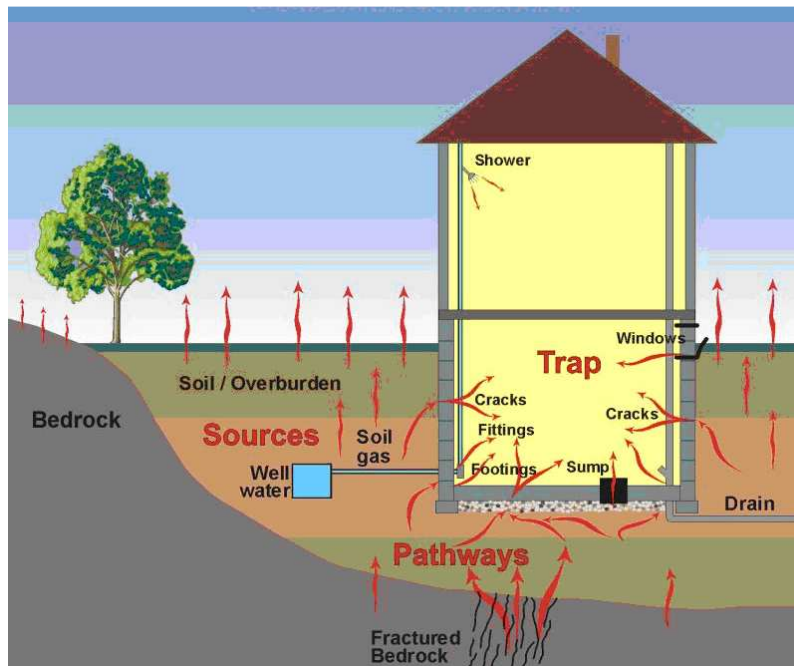
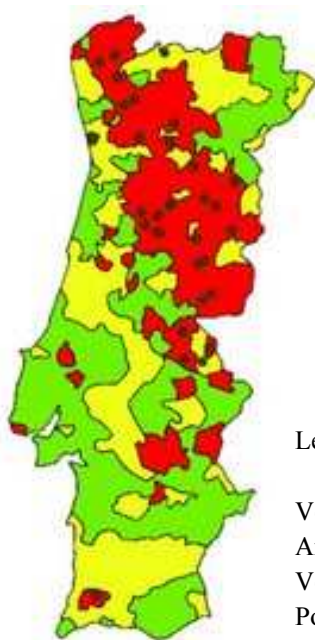


Figura 21 - Mecanismos de “transporte” do radão do subsolo até à atmosfera. [30]



CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS DE RADÃO

Legenda: (médias anuais)

Verde: $< 25 \text{ Bq/m}^3$

Amarelo: $25 \text{ a } 50 \text{ Bq/m}^3$

Vermelho: $50 \text{ a } 200 \text{ Bq/m}^3$

Ponto Negro: locais com concentrações superiores a 400 Bq/m^3

Figura 22 - Dose média de radiação externa em Portugal. [32]



Figura 23 - Dose média de radiação externa em Portugal. ^[33]

- *Partículas*

As partículas dos ambientes interiores podem ter diversos diâmetros, diversas tipologias e podem transportar organismos vivos como vírus, fungos e bactérias. Estas partículas podem ter proveniência do fumo do tabaco, dos produtos da combustão ou do ar exterior.

As partículas podem ser poeiras, fibras, pólenes, etc. As poeiras são partículas finas de pó que têm, em geral, origem nas poeiras exteriores, e ao serem inspiradas depositam-se no sistema respiratório e provocam rinites, asma, bronquites e alergias respiratórias. As fibras têm origem nas fibras de vidro e de rocha existentes em diversos produtos, e provocam irritações dos olhos, pele e vias respiratórias. Os pólenes são produzidos pelas plantas no exterior, mas uma vez no interior persistem durante muito tempo.

A composição química e a forma geométrica destas são muito variáveis pelo que os seus efeitos sobre o organismo humano são muito diversos. No entanto, quanto mais pequenas as partículas, mais os efeitos são adversas para a saúde, podendo-se associar a problemas respiratórios, agravamento de sintomas em doentes com asma, redução das funções pulmonares, etc. Uma exposição prolongada a este tipo de partículas também pode resultar em bronquite crónica.

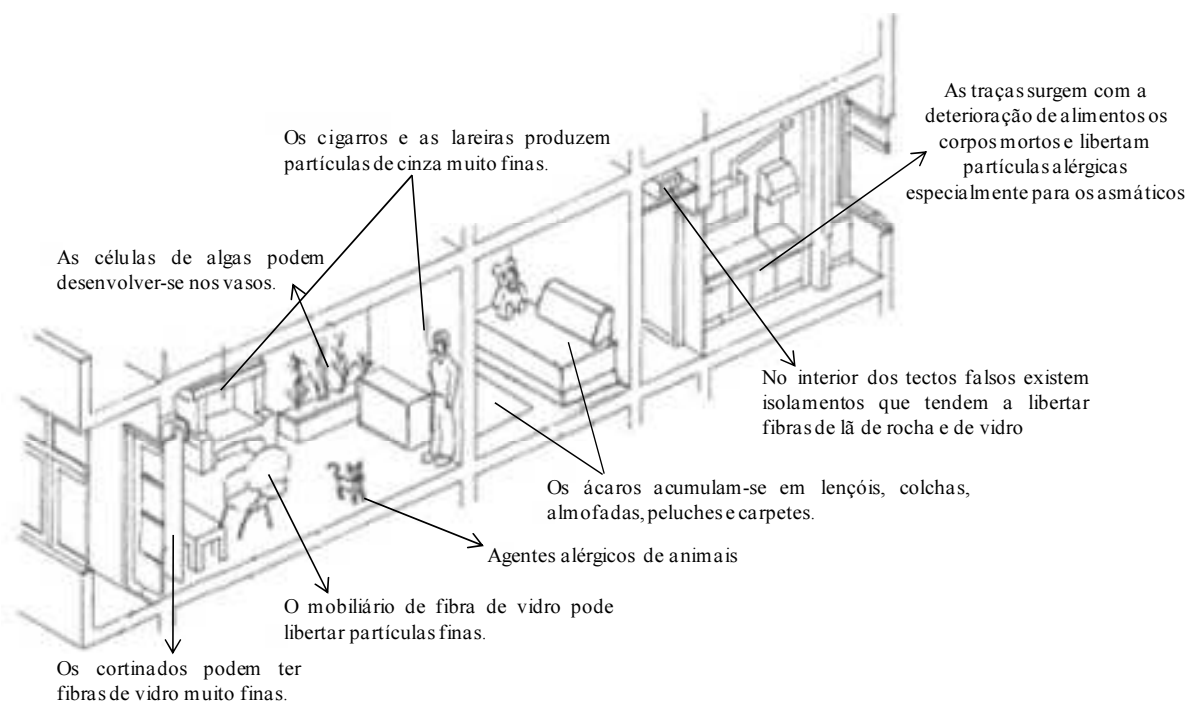


Figura 24 - Fontes de partículas, no interior de uma habitação. Adaptado de ^[17]

- *Ozono*

O ozono é um composto que produz efeitos adversos, podendo afectar gravemente a saúde e o bem-estar humano. No interior dos edifícios, o ozono é libertado, por exemplo, por fotocopiadores e impressoras a laser. O ozono pode ser altamente oxidante e reage com diversas substâncias no exterior e no interior, como perfumes, móveis, carpetes, tintas, vernizes, produtos de limpeza, entre outros, que por sua vez geram partículas tóxicas ultra finas

Os sintomas da exposição ao ozono relacionam-se, nomeadamente, com alteração das funções pulmonares e inflamações nas vias respiratórias assim como o agravar de problemas de asma. Outros sintomas são: irritação dos olhos, dores de cabeça e aceleração do ritmo cardíaco.

- *Micro-organismos*

As quatro maiores categorias de micro-organismos que ocorrem em ambientes interiores de habitações são: bactérias, ácaros, micro-organismos provenientes de animais de estimação e fungos.

A variedade e a concentração destes micro-organismos aumentam com o número de ocupantes. Estes micro-organismos podem provocar manifestações de alergia do tipo rinites (inflamação da mucosa do nariz), asma, espirros, lágrimas, constipações, dificuldades respiratórias, problemas digestivos, etc.

Algumas das anomalias provocadas por estes poluentes são:

- Pó de serradura no chão e buracos nas madeiras

Os insectos xilófagos, vulgarmente conhecidos como «bichos da madeira» são conhecidos pelos estragos que causam nos pavimentos, mobiliário, rodapés e janelas, quer na madeira nacional, quer na importada. É de tal forma grave a sua presença que em determinadas situações de contaminação poderão ser responsáveis pela destruição estrutural de uma casa ou edifício ^[25].

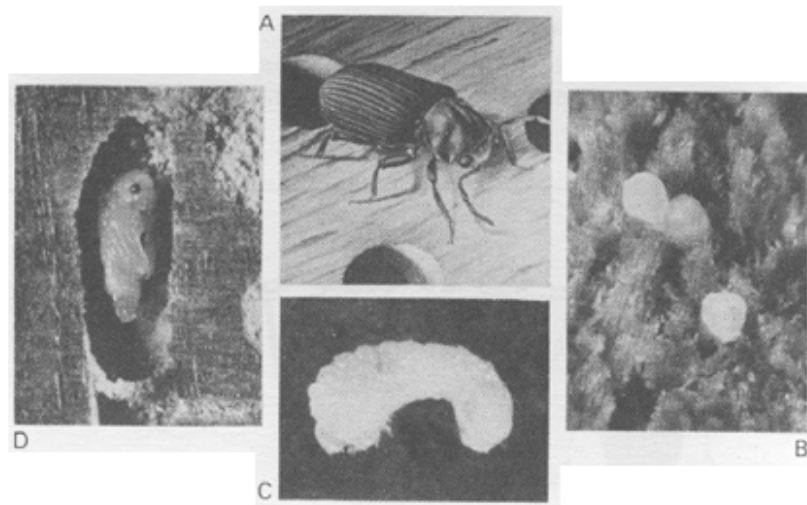


Figura 25 - Bicho da madeira (caruncho): A - adulto; B - ovos; C - larva; D - pupa. ^[27]

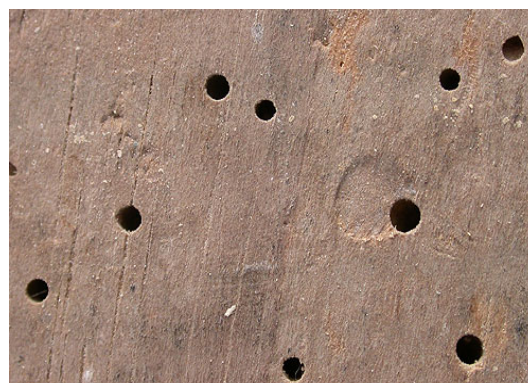


Figura 26 - Orifícios feitos pelo caruncho. ^[34]

- Cheiro a mofo, manchas na parede e uma humidade constante

O bolor é um organismo microscópico que entra em sua casa através das janelas e sistemas de ventilação ou até nos seus sapatos. Uma vez dentro de casa, os esporos do bolor hibernam até encontrarem uma fonte de água e alimentação, tais como madeiras, tapetes ou carpetes húmidas.

O bolor pode estar a crescer em grande escala na sua casa se sentir um odor forte a mofo ou se tem um caso de humidade ou infiltrações nas paredes. Se pairar no ar uma grande quantidade de esporos de bolor não-tóxico, estes podem afectar a saúde de pessoas com alergias, com sistemas imunitários enfraquecidos ou deficiências respiratórias. Isto para não falar nos casos raros de bolores tóxicos que atacam até o sistema respiratório de pessoas saudáveis ^[25].



Figura 27 - Manchas de humidade (bolor). ^[27]

- Ácaros

A presença destes micro-organismo em um edifício está associada com o parente humidade do ar interior. Os ácaros exigem uma humidade relativa do ar acima de 45 - 50% e para que a sua multiplicação não aconteça a humidade relativa do ar, durante o período de aquecimento, deve ser inferior a este valor.

Figura 28 - Ácaro. ^[35]

- Vírus

Os vírus são trazidos, hospedados e transmitidos pelo homem. Estes replicam-se apenas no interior de células vivas provocando doenças víricas e conseguem sobreviver fora de organismos, humanos, animais, plantas e bactérias por muito pouco tempo, pois são capazes de produzir enzimas. Estes transmitem-se, em geral, pelo ar, provocando gripes, constipações, rubéola, varicela, varíola, etc.

- Fungos

A maioria parte dos fungos responsáveis por problemas pertence a um grupo normalmente designado por bolor (fungo com estrutura de filamentos e reprodução através de esporos). A água que favorece o seu desenvolvimento provém, normalmente, da condensação superficial ou intersticial. A presença destes varia conforme a estação do ano e o maior número ocorre nas estações do Outono e do Verão, durante estas estações o ar exterior é a maior fonte de fungos no ambiente interior.

Figura 29 - Esporo de fungo. ^[36]



Figura 30 - Fungos no interior dos edifícios. ^[37]

Os fungos produzem toxinas que estão na origem de problemas respiratórias, problemas de pele, irritabilidade e fadiga.

- Bactérias

As bactérias são transportadas e desenvolvem-se em animais, plantas e alimentos. Este tipo de micro-organismos requer mais água para crescer e crescem em líquidos ou periodicamente em superfícies húmidas. Em condições favoráveis de calor e humidade, podem ficar alojadas e desenvolverem-se em carpetes, águas paradas, vasos e alimentos. O crescimento destes está associado a medidas inadequadas de manutenção de locais onde a água é retida ou fugas de água criando água estagnada.

A contaminação pode ocorrer por contacto, pelo ar, pela água, pelos alimentos ou por insectos. E podem provocar doenças tais como: tuberculose, tétano, febre tifóide, pneumonia, sífilis, cólera e meningite.

As bactérias nem sempre são nocivas, algumas até são úteis na decomposição dos húmus, na fermentação do álcool e no tratamento das águas residuais.



Figura 31 - Bactérias. ^[23]

3.3. TIPOS DE VENTILAÇÃO

A qualidade do ar interior pode ser controlada, quer através de uma estratégia de controlo, quer através da implementação de estratégias de ventilação adequadas.

A ventilação surge como uma estratégia fundamental no controlo da qualidade do ar interior, devendo privilegiar-se a extracção localizada quando em presença de fontes de emissão intensas e pontuais, como é caso da cozinha. A diluição e remoção deverão ser encaradas como mecanismos para a eliminação dos poluentes gerados de uma forma dispersa.

Os sistemas de ventilação têm a função de fornecer ar novo para os ocupantes das habitações, para os aparelhos de combustão e assegurar a extracção dos produtos da combustão. As condições insuficientes de ventilação transmitem reflexos bastante negativos na qualidade do ar interior. A admissão do ar exterior é requerida para salvaguardar a saúde dos ocupantes e tem as seguintes funções:

- diluição e/ou remoção de substâncias poluentes e poluentes específicos de fontes identificadas;
- provisão de oxigénio para a respiração dos ocupantes;
- controlo da humidade relativa interior;
- provisão do ar para os aparelhos de combustão;

A humidade relativa é frequentemente o factor determinante no estabelecimento dos caudais de extracção nos compartimentos de serviço. As admissões situam-se nos compartimentos principais de um modo a fornecer oxigénio metabólico e diluir os poluentes e odores dos ocupantes.

O clima influencia naturalmente a escolha do sistema de ventilação, variando este entre sistemas totalmente controláveis e baixa permeabilidade ao ar da envolvente, até sistemas de ventilação natural e alta permeabilidade da envolvente.

O dimensionamento dos sistemas de ventilação deverá ser criterioso. Os sistemas de ventilação mecânica accionada de acordo com as necessidades de remoção de poluentes, necessitam de maiores caudais. Na maioria dos edificios de habitação o sistema instalado é um sistema misto.

O quadro 3 apresenta uma análise comparativa entre os sistemas correntes, sistemas de ventilação natural, mecânica centralizada e ventilação mista ^[11].

Os sistemas de ventilação devem respeitar os princípios de localização da evacuação preexistentes e devem tirar partido das acções que promovem a evacuação para permitir uma

melhor ventilação de todo o fogo. Devem de ser especificadas a permeabilidade ao ar e os caudais de ventilação, o qual depende das actividades desenvolvidas no interior dos edifícios e da sua ocupação.

<i>Sistemas</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Ventilação Natural	<ul style="list-style-type: none"> • sem consumo de energia para o seu funcionamento; • baixo custo do sistema (instalação, operação e manutenção); • sem ruído emitido pelo funcionamento do sistema; 	<ul style="list-style-type: none"> • caudais e padrão de escoamento variáveis, podendo haver fases em que é necessário incrementar a ventilação por actuação nos dispositivos de ventilação ou abertura de janelas; • possibilidade de inversão do fluxo e, condutas na presença de gradientes térmicos com temperatura exterior superior à interior ($T_{int} \leq T_{ext}$);
Ventilação Mecânica Centralizada	<ul style="list-style-type: none"> • permite assegurar em contínuo as taxas de ventilação pretendidas; • maior eficiência na extracção de poluentes na fonte; • reduzido espaço ocupado por condutas; 	<ul style="list-style-type: none"> • custo do sistema; • consumo de energia; • nível de ruído (nos casos de implementação deficiente); • custo de manutenção; • quando desligado, a ventilação fica reduzida a valores excessivamente reduzidos; • possibilidade de desconforto devido a correntes de ar; • possibilidade de perturbações na saúde dos ocupantes por falta de manutenção;
Ventilação Mista: ventilação mecânica descentralizada (ventiladores em cada habitação e frequentemente só na cozinha)	<ul style="list-style-type: none"> • menor consumo de energia que o sistema anterior; • no caso de funcionamento intermitente, maiores taxas de ventilação somente quando são necessárias; 	<ul style="list-style-type: none"> • custo do sistema (menor que o anterior); • consumo de energia (menor que o anterior); • nível de ruído (maior que o anterior); • custo de manutenção; • espaço ocupado por condutas; • correntemente funcionam intermitentemente; • possibilidade de inversão de fluxo na instalação sanitária; • possibilidade de perturbações na saúde dos ocupantes por falta de manutenção; • normalmente são muito mal implementos, devido a não existirem normas ou métodos de cálculo;

Quadro 3 - Análise comparativa entre os sistemas de ventilação mais usados. ^[11]

3.3.1. Ventilação Natural

A ventilação natural nos edifícios de habitação deve ser seguida as especificações da norma NP 1037-1: 2002 (Ventilação e evacuação dos produtos da combustão dos locais com aparelhos a gás. Parte I: Edifícios de habitação). Esta especifica o seguinte ^[16]:

“O caudal-tipo é determinado tendo em atenção o volume dos compartimentos a ventilar e as respectivas exigências mínimas de renovação do ar, definidas da seguinte forma:

- a) *uma renovação por hora nos compartimentos principais;*
- b) *quatro renovações por hora nos compartimentos de serviço.”*

O sistema de ventilação destina-se a assegurar a qualidade do ar interior, fornecendo ar “novo” para os aparelhos de combustão e assegurando a exaustão dos produtos da combustão, o qual deve ser assegurado em condições de conforto e segurança. As taxas de ventilação deste sistema dependem do tamanho e distribuição das aberturas na envolvente do edifício e da pressão do vento. Pressão do vento depende das condições meteorológicas e as aberturas na envolvente do edifício deve ser controlada acordo com o tempo. Segundo a Organização Mundial de Saúde ^[38], as taxas de ventilação muito altas devem ser evitadas.

A ventilação natural tem um projecto e uma construção cuidadosa, para que as taxas de ventilação a fornecer sejam adequadas, embora o ocupante normalmente tenha que ajustar as aberturas de ventilação, quando necessário.

Assim como tantos outros sistemas, a ventilação natural tem as suas vantagens e desvantagens ^[38].

Como vantagens podemos referir:

- adequa-se a muitos tipos de edifícios, em climas leves ou moderados;
- as taxas de fluxo de ar para o arrefecimento é alta;
- curtos períodos de desconforto durante os períodos de clima quente;
- há a necessidade de proporcionar espaço para uma unidade de ventilação;
- a manutenção é mínima;
- menor custo de instalação e operação do que a ventilação mecânica;
- ausência do ventilador e/ou do ruído de um sistema.

As desvantagens da ventilação natural são:

- falta de capacidade para climas rígidos, onde a entrada de ar muito frio provoca desconforto, condensação e perda de energia;
- controle inadequado da taxa de ventilação, que pode levar a uma qualidade do ar interior pobre e a uma perda de calor excessiva;
- as taxas de fluxo de ar vão variando;
- inadequado em casos de ganhos de calor elevado;
- inadequado para locais barulhentos e poluídos;

- obriga a ajustar a abertura, quando necessário;
- é incapaz de filtrar o ar que entra e os poluentes;
- aumenta a ocorrência de humidade e o crescimento de fungos em climas húmidos.

Os aspectos a ter em conta para que a qualidade do ar interior seja boa através da ventilação natural são ^[17]:

- deve-se evitar construir junto a grandes estuários, onde as massas de vapor de água são maiores podendo por isso provocar facilmente condensações no interior;
- deve-se evitar construir sobre terrenos contaminados como de antigas lixeiras ou refinarias;
- como a ventilação é favorecida pelas diferenças de temperatura entre o exterior e o interior deve-se assegurar a inércia térmica através de elementos maciços;
- a acção do vento é importante para incrementar a ventilação.

Existem diversos tipos de sistemas de ventilação natural, dos quais podemos referir os seguintes ^[38]:

- Sistema de ventilação em fachada única

É um processo no qual o ar entre e sai do edifício do mesmo lado. A ventilação é feita através de uma pequena abertura e é impulsionada pela turbulência aleatória da pressão do ar sobre a fachada do edifício.

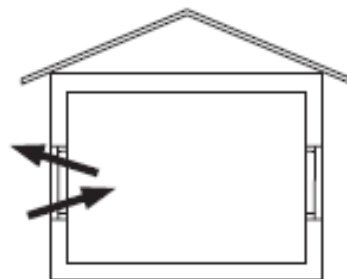


Figura 32 - Sistema de ventilação em fachada única. ^[38]

- Sistema de ventilação cruzado

É o processo pelo qual o ar entra no prédio de um lado e deixa um espaço através de uma abertura no lado oposto. A diferença de pressão entre as fachadas é influenciada pelo vento e assim a taxa de ventilação adequada para o espaço é mais fácil de se obter. O sistema de ventilação cruzada tem limitações em relação à ventilação de diversos espaços do edifício.

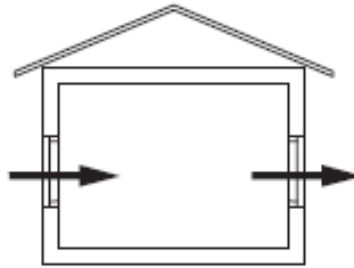


Figura 33 - Sistema de ventilação com uma única entrada de ar. [38]

- Ventilação pelo átrio

Usa um pátio coberto de vidro que fornece um espaço para todos os ocupantes do edifício. É comum em edifícios de escritórios e lojas. A ventilação natural pode ser aplicada usando o átrio como uma coluna passiva. Os padrões de fluxo podem ser interrompidos pelo vento, induzido pressões. As aberturas superiores não são muito acessíveis, tornando o ajustamento inacessível. O controle das aberturas pode ser necessário.

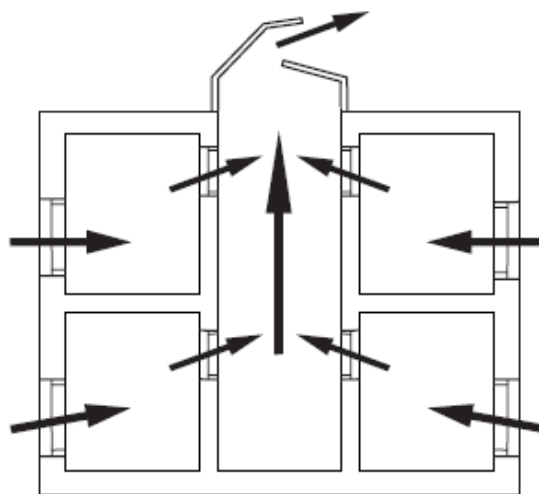


Figura 34 - Sistema de ventilação com uma única entrada de ar. [38]

3.3.2. Ventilação Mecânica

A ventilação mecânica é baseada na exigência de que a taxa de ventilação ser mantida em todas as condições de tempo, sem envolver os ocupantes do edifício. Quando a ventilação é fornecida por uma fonte mecânica, a envolvente do edifício pode ser fechada e as perdas de energia devido à infiltração e extração pode ser reduzida. Pode ser usado em qualquer tipo de construção e permite uma liberdade de concepção arquitectónica.

A eficiência energética de ventilação pode ser melhorada através da recuperação de calor do ar de exaustão e da ventilação controlada. O ar fornecido para a ventilação pode ser limpo, isto é, sem os poluentes do ar exterior. Além disso, o aquecimento e o arrefecimento podem ser facilmente combinado com os sistemas de ventilação mecânica. Estes sistemas também podem controlar as diferenças de pressão sobre a envolvente do edifício e prevenir danos como é o caso da humidade nas estruturas do edifício.

Este tipo de sistema de ventilação, assim como os restantes, também tem as suas vantagens e desvantagens ^[38]. As suas vantagens são:

- ventilação constante;
- a taxa do ar e a pressão ligeiramente negativa, impede que ocorram humidades em paredes externas e evita as condensações.

Como desvantagens deste sistema, são de referir:

- o ar que entra gera correntes de ar no inverno, em climas frios;
- é difícil recuperar o calor do ar extraído;
- quando é recuperado o calor, este não pode ser usado para aquecer o ar, mas pode ser usado, por exemplo, para pré-aquecer a água quente para uso doméstico com uma bomba de calor.

O sistema de ventilação mecânica pode ocorrer formas distintas ^[38]:

- Ventilação por exaustão mecânica

O ar é libertado com uma maior quantidade de poluentes e uma menor qualidade do ar. A infiltração do ar através da envolvente do edifício traz ar exterior. A exaustão pode ser feita através de uma conduta comum, que conecta diferentes pisos, isto se a queda de pressão for alta o suficiente para impedir o fluxo de andar em andar.

Os fluxos de ar podem ser controlados por grelhas reguláveis, de acordo com a humidade existente e/ou a concentração de dióxido de carbono e outros poluentes, mas em algumas condições meteorológicas o fluxo pode ser revertido.

Como exemplo deste sistema de ventilação podemos observar a seguinte figura.

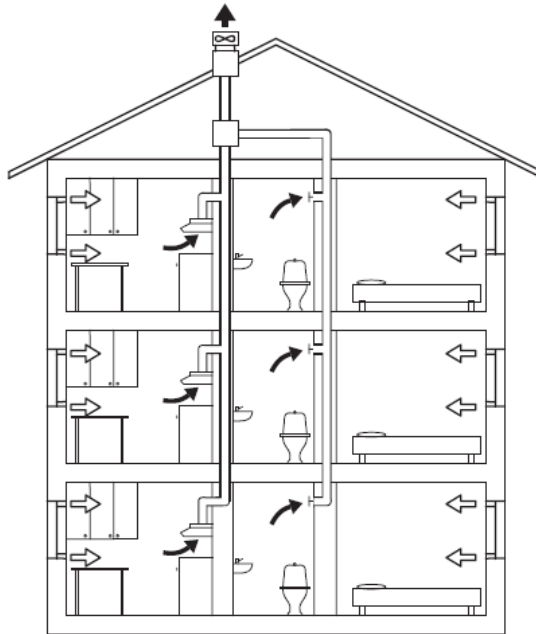


Figura 35 - Sistema de ventilação por exaustão mecânica. ^[38]

- Ventilação por exaustão e abastecimento mecânico

O ar é fornecido através de condutas e ventiladores para quartos e salas, em edifícios habitacionais. Em outros tipos de edifícios, o ar é fornecido para todos os espaços ocupados. O ar pode fluir através de um trocador de calor, mas uma grande parte deste calor é recuperado e utilizado para aquecer o ar exterior e também é recuperado para a água quente sanitária. O sistema de exaustão pode ser centralizado ou descentralizado.

O modelo deste sistema está explicado na figura 36.

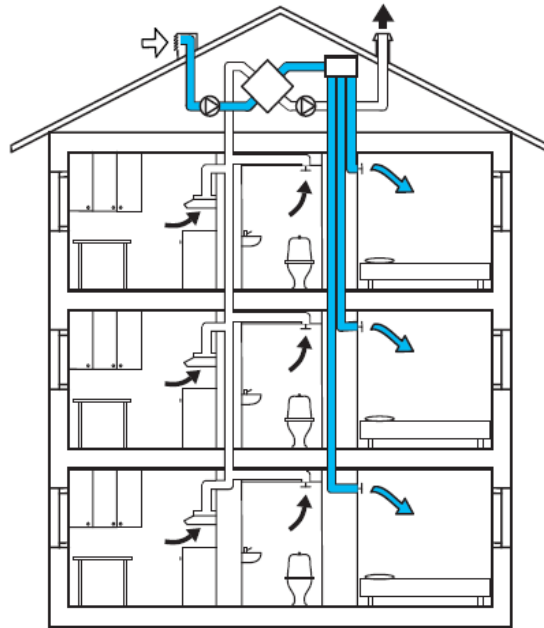


Figura 36 - Sistema de ventilação por exaustão e abastecimento mecânico, centralizado. ^[38]

- Ventilação mecânica de duplo fluxo

Admissão e extracção de ar através de rede de condutas e ventiladores, onde o caudal de extracção é ligeiramente superior ao caudal de insuflação. O sistema é controlado num único ponto e permite a utilização de filtros de ar e permutadores de calor.

3.3.3. Ventilação Mista

É possível melhorar a resolução do sistema de ventilação natural através da introdução de apoio mecânico. Muitas vezes, a ventilação mista consiste em utilizar um ventilador de extracção auxiliar de baixa energia localizado numa conduta de ventilação natural de extracção. O ventilador é operado quando as forças são baixas ou quando pretende-se evitar o reverso do fluxo. E a sua eficiência pode ser melhorada através da zona do edifício de modo a que algumas partes operarem em condições naturais, enquanto as outras estão em ventilação mecânica

Um sistema misto pode incluir um sistema de ventilação natural combinado com uma ventilação mecânica totalmente independente do sistema. Assim, a ventilação natural é usado por tanto tempo quanto o permitam e quando tal já não ocorrer o sistema de ventilação mecânico assume o cargo.

Estes sistemas podem ser aplicados em grande diversidade de edifícios, incluindo edifícios de vários andares, localidades urbanas e centros comerciais. Não sendo a grande variedade das condições climáticas das regiões um problema.

A utilização deste tipo de sistema de ventilação proporciona vantagens em relação ao consumo energia e ao custo.

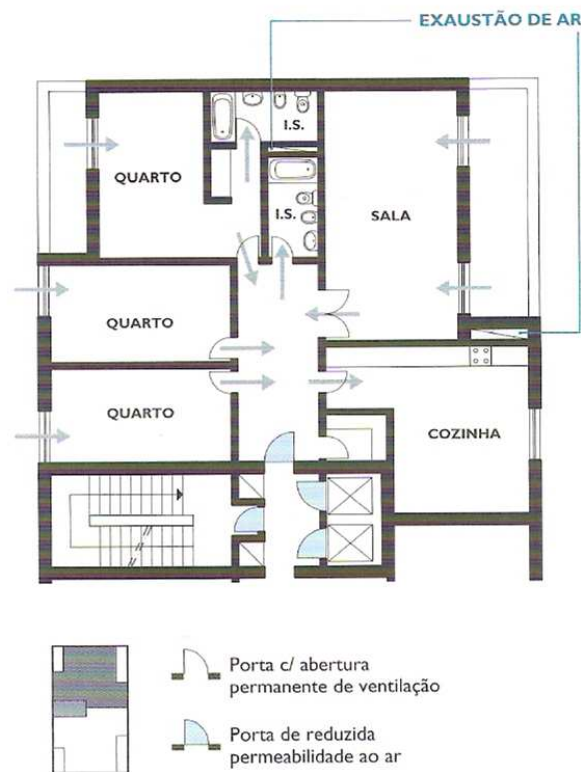


Figura 37 - Sistema de ventilação misto. ^[16]

3.4. CONFORTO TÉRMICO

De um ponto de vista geral, a sensação de conforto térmico pode ser definida como “o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico”, isto é, uma pessoa está termicamente confortável quando não sente nem calor nem frio. O conforto térmico resulta das condições de trocas de calor existentes entre o corpo humano e o ambiente. A temperatura e a humidade dentro das casas são aspectos importantes da habitação e da saúde e, estão directamente relacionados com a estrutura e a qualidade dos edifícios e do seu conforto (isolamento térmico, estanquicidade, aquecimento e ventilação). A humidade tem um papel importante na percepção do calor, pois a maioria das pessoas aguenta melhor as baixas e as altas temperaturas com ar seco do que com ar húmido. Sendo que uma das exigências para o bem-estar e conforto é manter o equilíbrio térmico entre o corpo humano e o meio ambiente,

então a temperatura interior do corpo deve ser mantida aproximadamente aos 37°C. As condições térmicas podem causar consideráveis efeitos na saúde quando vão abaixo ou excedem os limites de conforto (18-24°C).

O equilíbrio térmico não deve ser confundido com o conforto térmico, já que pode ser atingido o equilíbrio térmico sob condições de desconforto, graças aos mecanismos de termoregulação do corpo humano. As trocas de calor entre o corpo humano e o meio ambiente realizam-se através dos seguintes modos ^[10]:

- *convecção* - calor trocado para o ambiente devido à diferença de temperatura entre a pele/roupa e o ar ambiente;
- *radiação* - calor trocado directamente entre a pele/roupa e as superfícies envolventes devido às respectivas diferenças de temperatura;
- *respiração* - calor trocado com o ambiente devido à diferença de temperatura entre o ar que se inspira e o ar que se expira;
- *evaporação* - calor dissipado para o ambiente pela evaporação de água à superfície da pele;

Um indivíduo pode considerar que a temperatura ambiente está agradável, mas sentir-se desconfortável em consequência, quer de uma corrente de ar, quer de calor excessivo. Estas situações denominam-se de “desconforto local” e os factores que o provocam são ^[11]:

- assimetria de temperatura radiante;
- velocidade do ar;
- temperatura do pavimento demasiado elevada ou baixa;
- diferenças de temperatura do ar na vertical;

Para que a qualidade do ar interior melhore através de renovações do ar, deve-se ter em conta ^[17]:

- Conforto térmico

A temperatura interna do ser humano permanece sensivelmente constante e a regulação desta é controlada pelo sistema nervoso dependendo de diversos factores, tais como a alimentação.

A temperatura ideal varia entre os 22 e os 28°C, mas segundo o RCCTE, a temperatura ideal de uma habitação para a estação de aquecimento é de 20°C e para a estação de arrefecimento de 25°C.

As respostas do organismo têm diversas variações de indivíduo para indivíduo.

- Conforto higrotérmico

O caudal de ventilação de uma habitação deve ser tal que consiga assegurar a ausência de condensações superficiais.

A humidade relativa ideal varia entre 35 e 55%.

- Concentrações máximas dos contaminantes

- Garantia que o equipamento de queima da cozinha (fogão e aquecimento a gás) funciona em segurança

O ar deve conter oxigénio em quantidade. O espaço onde estão instalados não deve estar em depressão para não provocar a inversão de fluxo. E o seu funcionamento não deve gerar depressões que puxem o ar contaminado de outras divisões.

3.5. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

Como já foi referido, o ambiente interior dos edifícios é contaminado por substâncias que resultam da utilização corrente desses espaços ou que são derivadas dos materiais que os integram. De entre as actividades que constituem fontes de poluentes, são de salientar ^[10]:

- a actividade fisiológica humana;
- o uso de tabaco;
- a combustão nos aparelhos a gás;
- a preparação de alimentos;
- a lavagem e secagem de loiça e roupa;
- a utilização das instalações sanitárias;

De uma forma geral e desde que a qualidade do ar exterior seja aceitável, pode-se obter uma boa qualidade do ambiente interior recorrendo a uma adequada ventilação desses espaços. A estratégia de ventilação, se for deficientemente concebida ou implementada, pode ser causadora de desconforto. Contudo, a sua correcta execução e implementação pode contribuir para a remoção da carga térmica no interior dos edifícios, participando na melhoria das condições de conforto térmico.

A qualidade do ar interior deve ser assegurada com a finalidade de evitar que poluentes perigosos atinjam concentrações que possam pôr em risco a saúde dos ocupantes, mantendo ao mesmo tempo, um ambiente agradável. Para a qualidade do ar interior ser boa, é importante existirem dois critérios ^[11]:

- estabelecimento de valores limite para as substâncias poluentes em função do tempo de permanência dos ocupantes no ambiente contaminado;
- estabelecimento de critérios relacionados com os efeitos sensoriais causados pelas substâncias poluentes nos seres humanos;

Quando a fonte mais importante de poluição é a ocupação humana é corrente ser utilizado o dióxido de carbono como indicador para o critério sensorial. No entanto, as concentrações máximas de referência de poluentes no interior dos edifícios estão estabelecidas no Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização (RSECE: DL 79/06, de 4 de Abril) e são as apresentadas no quadro 4.

<i>Parâmetros</i>	<i>Concentração máxima de referência</i>
Partículas suspensas no ar (PM_{10})	0,15 mg/m ³
Dióxido de carbono	1800 mg/m ³ (c)
Monóxido de carbono	12,5 mg/m ³
Ozono	0,2 mg/m ³
Formaldeído	0,1 mg/m ³
Compostos orgânicos voláteis totais ($COVT$)	0,6 mg/m ³
Micro-organismos (bactérias ou fungos)	500 UFC/m ³ (d)
Legionella ^(a)	100 UFC/l (d)
Radão ^(b)	400 Bq/m ³
Notas: a: pesquisa obrigatória em edifícios com sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), com produção de aerossóis; b: pesquisa obrigatória em zonas graníticas, nomeadamente, nos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco; c: presumivelmente, o valor limite de CO ₂ prende-se com critérios sensoriais; d: UFC = unidades formadoras de colónias; esta unidade não está explicitamente apresentada no texto original	

Quadro 4 - Concentrações máximas da referência de poluentes no interior dos edifícios. ^[11]

A qualidade do ar num edifício é avaliada de forma a satisfazer os critérios de saúde e de conforto ^[14]. Os critérios de saúde devem ter em consideração a exposição dos ocupantes aos poluentes do espaço interior. Já os critérios de conforto permitem determinar as taxas de ventilação que procuram minimizar as percepções desagradáveis dos ocupantes bem como de outros produtos originados pela actividade dos ocupantes ou pelo próprio edifício.

<i>Tipo de Actividade</i>		<i>Caudais Mínimos de Ar Novo</i>	
		[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]
Residencial	Salas de estar e quartos	30	
Comercial	Salas de espera	30	
	Lojas de comércio		5
	Áreas de armazenamento		5
	Vestiários		10
	Supermercados	30	5
Serviço de refeições	Salas de refeições	35	
	Cafetarias	35	35
	Bares, salas de cocktail	35	35
	Sala de preparação de refeições	30	
Empreendimentos turísticos	Quartos / suites	30	
	Corredores / átrios		5
Entretenimento	Corredores / átrios		
	Auditório	30	5
	Zona de palco, estúdios	30	
	Café	35	35
	Piscinas		10
	Ginásio	35	
Serviços	Gabinetes	35	5
	Salas de conferência	35	20
	Salas de assembleia	30	20
	Salas de desenho	30	
	Consultórios médicos	35	
	Salas de recepção	30	15
	Salas de computadores	30	
	Elevadores		15

Quadro 5 - Caudais mínimos de ar novo no interior de edifícios em Portugal. ^[14]

<i>Tipo de Actividade</i>		<i>Caudais Mínimos de Ar Novo</i>	
		[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]
Escolas	Salas de aulas	30	
	Laboratórios	35	
	Auditórios	30	
	Bibliotecas	30	
	Bares	35	
Hospitais	Quartos	45	
	Áreas de recuperação	30	
	Áreas de terapia	30	

Quadro 6 - Caudais mínimos de ar novo no interior de edifícios em Portugal (continuação). ^[14]

3.6. CONCLUSÕES GERAIS

A qualidade do ambiente interior é um tema bastante complexo, abrangente e de grande importância, no entanto depende de diversos factores, tais como os materiais utilizados na construção. Para que haja uma boa qualidade do ar no interior dos edifícios, é sempre desejável que o ar que circule seja fresco e agradável e não tenha nenhum tipo de impacto negativo na saúde dos ocupantes. Mas, hoje em dia, existem cada vez mais provas de que o ambiente interior pode ter efeitos profundos na saúde dos ocupantes dos edifícios.

A densidade de ocupação dos edifícios e os equipamentos instalados são alguns dos factores que poluem o seu interior. Os poluentes do ar podem ter origem na actividade humana (por exemplo, o vapor de água e a humidade relativa), nos materiais de construção (compostos orgânicos voláteis), assim como podem ser outros tipos de poluentes, como é o caso do radão. Todos os poluentes provocam uma má qualidade do ar que pode originar diversos efeitos na saúde do Homem.

A qualidade do ar interior é um parâmetro que afecta todo o tipo de edifícios, desde os edifícios de habitação, de escritório e de escolas, creches e jardins de infância. Nestes locais, este parâmetro é assegurado pelos sistemas de ventilação que se destinam a fornecer ar novo para os aparelhos de combustão e assegurar a extracção dos produtos da combustão, e deve ser assegurada em condições de conforto e segurança.

Para a qualidade do ar interior ser boa, é importante que exista e sejam respeitados os dois critérios estabelecidos, que são: determinação de valores limite para as substâncias poluentes em função do tempo de permanência dos ocupantes no ambiente contaminado e determinação de critérios relacionados com os efeitos sensoriais causados pelas substâncias

poluentes nos seres humanos. Contudo, a qualidade do ar num edifício é avaliada de forma a satisfazer os critérios de saúde e de conforto dos habitantes/ocupantes.

A ventilação é fundamental para controlar a qualidade do ar interior. Os sistemas mais utilizados, tanto em Portugal como nos restantes países, são os sistemas de ventilação natural, mecânica e mista. Contudo o sistema mais utilizado é o sistema de ventilação natural, pois permite assegurar as taxas de ventilação pretendidas e tem uma maior eficiência na extracção dos poluentes. Ao dimensionar um sistema deste género é obrigatório que este seja bastante criterioso.

O conforto térmico depende, essencialmente, da temperatura e da humidade relativa do ar, mas também depende da velocidade do ar, da assimetria da temperatura radiante, da temperatura do pavimento e da diferença de temperaturas do ar. Caso os ocupantes sintam uma simples corrente de ar ou uma diferença de temperatura bastante acentuada, sentir-se-ão bastante desconfortáveis.

