

Universidade de São Paulo
Instituto de Física

Disciplina: Física da Poluição do Ar

3ª Apresentação

Grupo 2 - Integrantes:

Caio

Leandro

Valdir

Rubens

Zhouren Zhu

Professor: Henrique de Melo Jorge Barbosa

16/11/2016

Poluição e a Epidemiologia de Edifícios Doentes



Matéria exibida no Fantástico (08/02/2009) sobre contaminação de dutos de equipamentos de ar condicionado.

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=gjKlpl9fHjY&t=13s>

A Qualidade do Ar Interior

- Termo usado para edifícios residenciais, comerciais e serviços.
- Na poluição ambiental , a concentração de poluentes varia conforme a instabilidade meteorológica e fontes.
- Em ambientes internos o indivíduo está exposto por longos períodos.
- Concentrações mais ou menos constantes, embora a poluição exterior também contribui.
- A QAI resulta também do nível de conforto (temperatura, umidade relativa, etc.).
- A temperatura e umidade podem afetar a qualidade do ar e prejudicar a saúde.

A Qualidade do Ar Interior

- Ambientes com reduzida ventilação apresentam taxas altas de CO₂, partículas e microrganismos.
- Umidade nos edifícios associada a uma baixa ventilação potencializa a presença de fungos e bactérias relacionadas a doenças respiratórias.
- Estima-se que cerca de 20% da população mundial sofra de doenças alérgicas.
- A asma afeta cerca de 150 milhões de pessoas.

A Qualidade do Ar Interior

- O artigo “Contaminação do ar interior por bioaerossóis”, 2002, Gomes afirma que nas últimas décadas as taxas de poluentes pulmonares irritantes e partículas no ar ambientes tem vindo a baixar em grande parte das cidades.
- Gomes sugere que a poluição exterior não é majoritariamente responsável pelo aumento de patologias respiratórias.
- Segundo a OMS, mais da metade de ambientes internos apresenta má qualidade do ar.
- 30% dos ocupantes do edifícios novos apresentam queixas compatíveis com má qualidade do ar em ambientes internos.

A OMS e a Qualidade do Ar

- A OMS tem papel primordial da defesa e interação da saúde a nível internacional.
- Estabelece orientações e diretrizes para a qualidade do ar externo e interno.
- Em 1987 o Escritório Regional para a Europa da OMS, publica 1ª Edição da "Qualidade do Ar e Diretrizes para a Europa".
- Avalia os riscos de 28 contaminantes químicos no ar.

A OMS e a Qualidade do Ar

- Em 2000, a segunda edição já continha uma seção sobre poluentes internos.
- Em 2005 atualiza as orientações sobre a qualidade do ar e desenvolveu diretrizes específicas para a QAI.
- Necessidade de uma abordagem distinta da utilizada para a qualidade do ar exterior.

A OMS e a Qualidade do Ar

- Critérios para a seleção dos poluentes para o desenvolvimento de recomendações:
- Existência de variedade de fontes interiores.
- Disponibilidade de dados toxicológicos e epidemiológicos.
- Níveis interiores que excedam os valores limites.

A OMS e a Qualidade do Ar

- Os poluentes são divididos em 2 categorias:
- Grupo 1: inclui poluentes para os quais é necessária a existência de uma diretriz da OMS para o ar interior.
- Grupo 2: inclui poluentes de interesse potencial.
- Artigo da OMS " Who Guidelines for Indoor Air Quality-Selected Pollutants", 2010
- Publicação do padrão de 9 poluentes do ar interno.

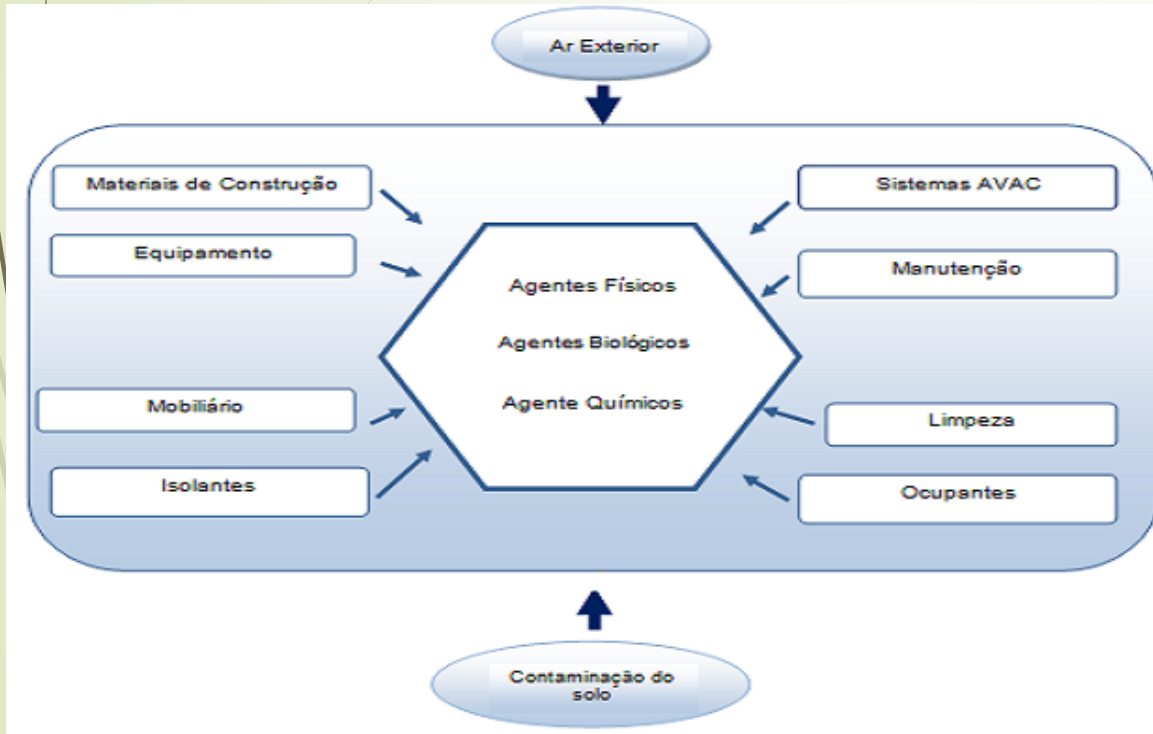
A OMS e a Qualidade do Ar

- Artigo da OMS " Who Guidelines for Indoor Air Quality-Selected Pollutants", 2010
- Publicação do padrão de 9 poluentes do ar interno
- Para cada poluente o estudo contempla:
 - Descrição geral do composto
 - Fontes interiores e vias de exposição
 - Níveis interiores atuais e relação com níveis exteriores
 - Efeitos na saúde
 - Avaliação de risco para a saúde humana
- Diretrizes e orientações

Fontes de Poluição e Fatores que Afetam a QAI

- Até final dos anos 90, uma boa ventilação era suficiente para uma boa QAI.
- Apenas os ocupantes eram responsáveis pela emissão de poluentes como o CO₂.
- Ultrapassada essa visão, reconheceu-se que não apenas os ocupantes e suas atividades eram os responsáveis.
- Materiais usados na construção dos edifícios, equipamentos, mobiliários e a QAE.

Fontes de Poluição e Fatores que Afetam a QAI

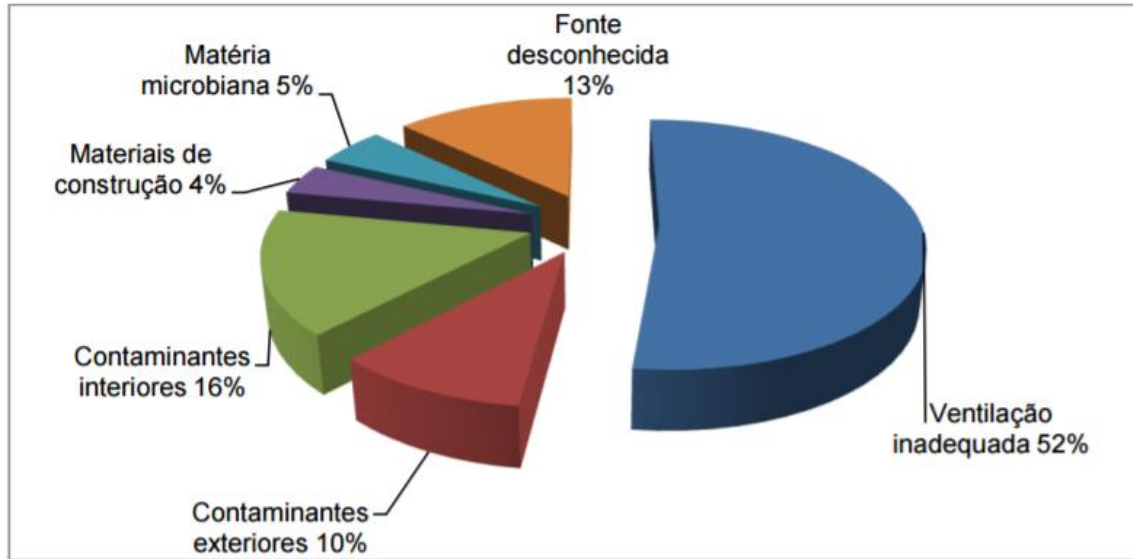


A QAI de uma construção qualquer é determinada pela interação da sua localização, do clima, do sistema de ventilação do local, das fontes de contaminação (mobiliário, processos de trabalho e atividades, fontes de umidade e poluentes exteriores), e do número de ocupantes.

Fontes de Poluição e Fatores que Afetam a QAI

- A fonte é um ponto de emissão de um poluente.
- A caracterização de uma fonte envolve:
 - A identificação de sua origem.
 - Medição da intensidade das emissões.
 - Avaliação dos possíveis efeitos na saúde e conforto.
- Estudos em diversos edifícios pelo National Institute for Occupational Safety and Health identificaram fontes associadas a baixa QAI.

Fontes de Poluição e Fatores que Afetam a QAI



Fontes associadas à poluição interior

A poluição do ar interior é determinada pela presença de um ou vários poluentes no ar interior, que constituem um certo grau de risco para a saúde humana. Estes poluentes podem ser gerados por fontes externas ou internas, incluindo as atividades de manutenção e remodelação de edifícios e as atividades dos seus ocupantes.

Quadro 1^A: Principais poluentes do ar interno e suas fontes

Poluente	Principais fontes	
Poluentes de origem não biológica	Compostos orgânicos voláteis (COV)	Adesivos, tintas, solventes, materiais de construção, combustão, fumaça de tabaco.
	Dióxido de carbono (CO ₂)	Atividade metabólica, combustão, motores veiculares em garagens.
	Monóxido de carbono (CO)	Queima de combustíveis, aquecedores de água, fornos, fogões, aquecedores a gás ou a querosene, fumaça de tabaco.
	Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Óxido de Nitrogênio (NO)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	Ar externo, queima de combustíveis, motores veiculares (garagens).
	Formaldeído (H ₂ CO)	Materiais de isolamento, móveis, madeira compensada.
	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	Queima de combustíveis, fumaça de cigarro.
	Ozônio (O ₃)	Reações fotoquímicas, campos eletrostáticos (equipamentos eletrônicos).
	Radônio (Rn)	Solo, materiais de construção (pedras, concreto).
	Material Particulado	Re-Suspensão, fumaça de tabaco, combustão.
	Fibra de asbesto ou amianto	Insulação, materiais anti-chama.
	Calor	Metabolismo humano, sistema de ar condicionado, cozinhas.
Origem Biológica	Alergênicos	Poeira, animais domésticos, insetos.
	Pólen	Plantas de exterior e de interior.
	Microrganismos (fungos, bactérias, vírus)	Pessoas, animais, plantas e vasos, sistemas de ar condicionado.
	Esporos de Fungos	Solo, plantas, alimentos, superfícies internas.

Fonte: Adaptado de Jones et al., 1999.

Algumas das substâncias são constituintes comuns do ar, e só quando atingem concentrações suficientes para a diminuição da qualidade do ar podendo causar efeitos nocivos sobre a saúde são classificados de contaminantes ou poluentes.

Poluente	Características físico-químicas	Efeitos na saúde
CO (Monóxido de carbono)	Incolor; Inodoro	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens Carboxihemoglobinemia (impede a captação de oxigénio) Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular
CO₂ (Dióxido de carbono)	Incolor	Dores de cabeça, irritação dos olhos e garganta, fadiga, falta de ar Efeitos no sistema nervoso central e no sistema cardiovascular
HCHO (Formaldeído)	Incolor, odor forte, solúvel em água, muito reactivo	Irritação dos olhos, nariz, garganta, dificuldades respiratórias, enjoos, fadiga
O₃ (Ozono)	Incolor, poderoso oxidante	Problemas respiratórios, reacções asmáticas e alérgicas, pressão no peito e tosse, alterações da vigilância e da actuação, edema pulmonar se a exposição for prolongada ou repetida
COV'S (Compostos orgânicos voláteis)	Solventes de uso comum (benzeno, tolueno, xileno, tricloroetileno, tetracloroetileno, entre outros)	Odores, sintomas de alergia, náuseas, vertigens, fadiga, dores de cabeça, olhos vermelhos, secura das mucosas do nariz e garganta, cancro da pele e do pulmão, leucemia
PM₁₀	Material sólido ou pequenas gotículas de vapor, fumo e poeiras	Problemas respiratórios, olhos secos, asma e alergias, irritação da pele e mucosas, tosse e espirros, doenças profissionais (metais)
Benzeno	Líquido volátil, incolor, pouco solúvel em água, altamente inflamável	Depressão do sistema nervoso central, perda de consciência, leucemia

Os efeitos de cada um dos poluentes na saúde humana são diferentes, sendo agravados em caso de exposição simultânea a vários poluentes. A exposição simultânea a vários produtos químicos, ainda que em baixas concentrações, pode causar problemas de saúde. Os efeitos a este tipo de exposição combinada são conhecidos como Sensibilidade Química Múltipla.

Síndrome do Edifício Doente

➤ Refere-se à relação de causa e efeito das condições de um ambiente interno e a agressão à saúde dos ocupantes, com fontes poluentes de origem física, química ou biológica. Um edifício é considerado doente quando cerca de 20% de seus ocupantes apresentam sintomas associados à permanência em seu interior.

➤ A contaminação do ambiente pode ocasionar novos distúrbios, exacerbar doenças pré-existentes (como rinite e asma) e desencadear distúrbios causados pela exposição no local de trabalho (como asma ocupacional, pneumonite de hipersensibilidade). De acordo com dados da revista *Environmental Health*, cerca de 60% das pessoas que convivem nesses ambientes doentes podem apresentar complicações com origem na síndrome. Esses locais facilitam o aumento da taxa de absenteísmo (trabalhadores que faltam no trabalho). A qualidade do ar tem influência direta na saúde ocupacional, pois, em um ambiente comprometido, a produtividade e qualidade de vida dos trabalhadores são prejudicadas.



Irritação



Dor de cabeça



Acordar cansado



Problemas respiratórios



A OMS identificou dois tipos distintos de edifícios doentes:

- Edifícios temporariamente doentes, entre os quais se incluem edifícios novos ou de remodelação recente, onde os sintomas desaparecem com o tempo (aproximadamente meio ano). Originando o SED temporal, o sintoma diminui ou desaparece com o decorrer do tempo.
- Edifícios permanentemente doentes, quando os sintomas persistem apesar de se tomarem medidas para solucionar os problemas. O SED é permanente quando os sintomas continuam apesar das medidas adoptadas.



Fatores de Risco - SED



Fatores biológicos: Bactérias, fungos, protozoários, artrópodes, vírus e excrementos de animais em geral, são elementos que podem contaminar o ambiente. Partículas de origem biológica, suspensas no ar do ambiente, são chamadas de aerossóis. A inalação dessas partículas pode provocar muitas complicações, e diversos fatores influenciam no nível do distúrbio: as propriedades biológicas e químicas das partículas, a quantidade inalada, o local onde se depositam no sistema respiratório e a sensibilidade do indivíduo. Os fungos mais comuns são: *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* e *Aspergillus*, e as principais bactérias: *Bacillus Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Legionella Pneumophila*.

Fatores de Risco - SED



Fatores Físicos: iluminação, nível de ruídos, campos eletromagnéticos, temperatura e umidade do ambiente. Tudo isso pode ocasionar complicações aos ocupantes, se não estiverem em níveis adequados.

A iluminação excessiva, bem como deficiente, pode causar fadiga visual, dores de cabeça, tensão, queda de rendimento e até acidentes.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o ruído acima de 50 decibéis acústicos tem impacto negativo no organismo humano. A poluição sonora provoca estresse e desconforto, e, em altos níveis, pode provocar desequilíbrio bioquímico, elevando o risco de enfarte, derrame cerebral, infecções, osteoporose e outros.

Fatores de Risco - SED



Fatores Químicos: monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, formaldeído, dióxido de enxofre, amônia e radônio 222 (oriundo do decaimento radioativo do rádio 226), presente nos solos, lençóis freáticos e materiais como pedras, tijolos e concreto. Os materiais sintéticos de revestimento, aglomerados de madeira, alcatifas, papéis de parede, colas, removedores, cera, espumas de isolamento, solventes, tintas, vernizes, além de equipamentos como impressoras e fotocopiadoras e produtos de limpeza, são potenciais fontes de contaminação.

Os móveis e utensílios podem liberar substâncias danosas em pequenas quantidades durante anos. As substâncias químicas liberadas por esses produtos são dispersas no ar, os compostos orgânicos voláteis têm destaque nessa contaminação. O nível de poluentes no ar interno pode ser até superior ao ar exterior. Os compostos orgânicos voláteis têm propriedades irritantes e odor desagradável, e podem desencadear sintomas de irritação, como espirros, tosse, rouquidão, olhos irritados, reações de hipersensibilidade, vômitos etc.

Pisos suspensos com fios por baixo são esconderijos para baratas, roedores, pulgas e carrapatos.

Carpets acumulam sujeira. O aspirador de pó elimina apenas partículas sólidas. E ainda levanta a poeira e os ácaros que estavam no chão, que voltam a ser inalados pelas pessoas



PISOS



Pisos frios, como cerâmica e cimento queimado, ou de madeira. Não criam ambientes favoráveis aos agentes causadores de doenças, já que não são úmidos ou quentes. Além de serem mais fáceis de limpar

Diagnóstico

Se 20% da população de um prédio apresenta as reações abaixo e melhoram após deixar o local, é sinal de que o edifício está enfermo

- Cansaço constante
- Dores de cabeça
- Alta sensibilidade a odores
- Náusea
- Tontura
- Tosse seca
- Boca e mucosa na sal ressecadas

CAULEUADVERTE: Ao persistirem os sintomas, procure o FBI

SÍNDROME DO EDIFÍCIO ESPELHADO

Esse é o apelido que o problema dos prédios doentes vem ganhando por aí. "Edifícios que usam material espelhado na fachada geralmente têm ar-condicionado central, para economizar energia e manter a aparência externa bonita", afirma Viviane Martins, arquiteta especialista em bioconstrução. "Acaba-se esquecendo de quem trabalha lá dentro durante até 12 horas por dia."

Automedicação

Se você trabalha em um edifício enfermo, veja como se cuidar ao longo do expediente

- Beba bastante água
- Faça intervalos e aproveite para sair das áreas de ar refrigerado
- Escove os dentes ao menos duas vezes por dia para colocar água em contato com a região da boca e do nariz
- Limpe as mãos com álcool gel
- Evite dividir o telefone com os colegas, devido à troca de microorganismos

Janelas constantemente fechadas diminuem a circulação de ar. Cortinas de tecido acumulam pó e microorganismos que causam alergia



poeira

JANELAS E CORTINAS



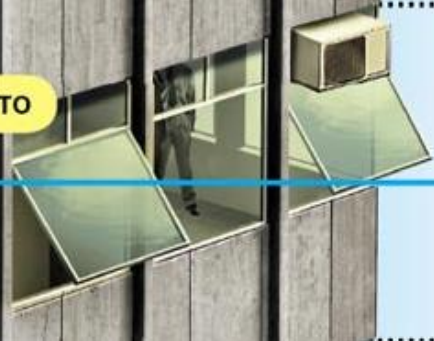
Janelas abertas à noite, quando o ar é mais fresco e menos carregado de poluentes. Persianas de madeira, alumínio ou PVC, que devem ser limpas com frequência

Canos velhos, goteiras e infiltrações facilitam a formação de lodo e algas, que contaminam a água. Produtos de limpeza com cheiros fortes irritam olhos e nariz. Sem janelas, o sistema de ventilação acaba sendo feito por outro vilão: o ar-condicionado



ferrugem

BANHEIROS E ENCANAMENTO



Canos novos e de plástico PVC, que demoram mais tempo para criar lodo e algas. **Limpeza dos banheiros** com produtos químicos em horários de menor circulação de pessoas. Após a aplicação, o ambiente é bem ventilado

S.O.S.

Problemas dos edifícios doentes

No ar-condicionado central, os **filtros acumulam sujeira** rapidamente devido ao grande fluxo de vento. Impurezas, como pelos de animais que as pessoas carregam nas roupas, ficam presas na tela e na bandeja de água do aparelho

Revestimentos à base de plástico, como mantas de acrílico, absorvem vapor d'água e umidade, criando mofo, fungos e bactérias. Tintas com metais pesados emitem toxinas como o chumbo

QUE SAÚDE

Soluções dos edifícios saudáveis

Pequenos aparelhos de ar condicionado para cada área do edifício. Acumulam menos ácaros e poeira. Ainda são mais baratos para limpar

Os bons velhos **tijolos e pintura** com tintas à base de água — além de não serem tóxicas, não deixam cheiro forte



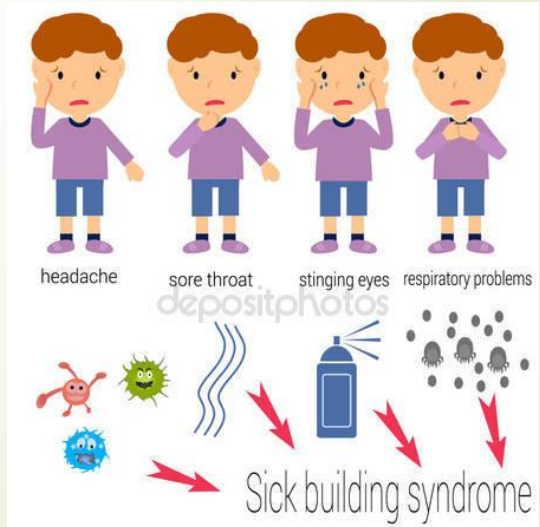
AR-CONDICIONADO

PAREDES



Sintomas da Síndrome dos Edifícios Doentes

- I. Manifestações nasais - o sintoma mais frequente é a congestão nasal, surge quando o indivíduo entra no edifício e desaparece quando abandona o espaço interior; Outros sintomas nasais referidos são a irritação nasal e a rinorreia.
- II. Manifestações oculares – irritação ocular, sensação de ardor e olhos secos, sem sinais de inflamação.
- III. Manifestações orofaríngeas – perturbações na garganta e sistema respiratório, sensação de secura e irritação da garganta.
- IV. Manifestações cutâneas – pele seca e irritada, são uma queixa frequente no SED. O ar seco quente ou uma circulação excessiva de ar pode levar ao aparecimento de certo tipo de dermatose.
- V. Manifestações gerais – as cefaleias são normalmente o sintoma mais presente, podendo ocorrer diariamente e variar de moderadas a graves enxaquecas. As dores de cabeça, fadiga generalizada, tonturas, dificuldade de concentração e mal-estar geral são os sintomas mais frequentes citados nos casos de edifícios doentes.



Síndrome dos Edifícios Doentes - Brasil

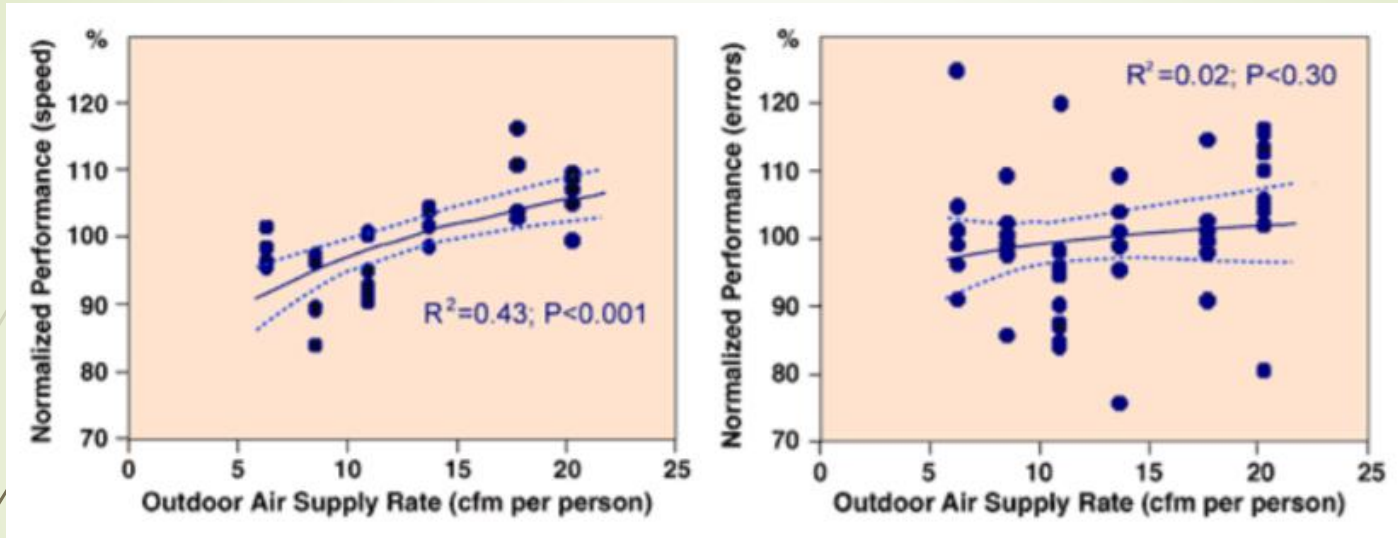
- Um estudo realizado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) em 78 estabelecimentos de uso privado e coletivo, entre eles supermercados, cinemas e shoppings, climatizados artificialmente, revelou que, cerca de 42,3% desses locais apresentam contaminação por poluentes químicos, como elevada concentração de CO₂. Além disso, 56,4% dos edifícios apresentaram problemas de baixa temperatura e umidade.
- A primeira legislação voltada para a garantia da qualidade do ar em ambientes climatizados foi a Portaria 3.523/98, do Ministério da Saúde, que estabeleceu uma rotina de procedimentos de limpeza em sistemas de refrigeração de grande porte. Ela foi atualizada em 2000 e em 2002.
- A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) determina padrões referenciais de qualidade de ar interior para ambientes de uso público e coletivo, climatizados artificialmente. Na resolução, você pode conferir os índices máximos de poluentes de contaminação biológica e química, além de parâmetros físicos do ar interior. O documento apresenta, também, recomendações para controle e correção, caso os padrões de ar sejam considerados regulares ou ruins. A atenção deve ser redobrada em locais onde o risco de contaminação pode ser fatal para pessoas com organismo debilitado, como hospitais e locais com idosos e crianças

Qualidade do Ar X Desempenho de Alunos

Existem vários modos em que os aspectos da QAI podem afetar a performance dos ocupantes dos edifícios. No caso dos estabelecimentos de ensino, a QAI pode afetar a saúde dos estudantes e professores, que por sua vez pode influenciar o desempenho direta ou indiretamente pelos efeitos na assiduidade ou prejudicando a qualidade do ensino. Pesquisas efetuadas, pela Universidade de Tulsa, no âmbito de um Programa sobre o ar ambiente interior, apontam para um desempenho significativamente melhor na realização de testes padronizados por parte dos estudantes de salas bem ventiladas do que o dos seus colegas em salas inadequadamente ventiladas.



Qualidade do Ar X Desempenho de Alunos



Num estudo dinamarquês realizado em quatro salas de aula, Wargocki e Wyon utilizaram tarefas de desempenho representativas de vários aspectos do trabalho escolar, desde a leitura à matemática, incorporadas em trabalhos escolares. Este estudo relatou um aumento estatisticamente significativo de 8% na rapidez na realização das tarefas com a duplicação da taxa de ventilação. Quanto ao número de erros não se verificou uma influência significativa com a alteração da taxa de ventilação

Qualidade do Ar X Desempenho de Alunos

Na Noruega, num estudo realizado em 35 salas de aulas localizadas em oito escolas, foi utilizado o tempo de reação num teste padronizado para medir a concentração e vigilância dos estudantes. As reações foram 5,4% mais rápidas com uma taxa de ventilação de 8,1 trocas de ar por hora correspondendo a 26 cfm por pessoa comparada com 2,6 trocas de ar por hora e 8 cfm por pessoa.

Num estudo realizado numa escola de Devon, com alunos de dez e onze anos de idade, em que foram utilizados testes de computador sobre a função cognitiva, ficou demonstrado que o nível dos processos da atenção era significativamente mais lento, quando os níveis de CO₂ nas salas de aula eram mais elevados. Os efeitos foram analisados pelo factor "Poder da atenção", que representa a intensidade da concentração num momento particular, com respostas mais rápidas, reflectindo níveis mais elevados de atenção concentrada. O aumento dos níveis de CO₂ levou a uma diminuição do poder da atenção de aproximadamente 5%. Em salas de aula com níveis elevados de CO₂ os estudantes tendem a ser menos atentos e concentrados naquilo que o professor diz, o que com o passar do tempo pode conduzir a efeitos prejudiciais na aprendizagem e sucesso escolar

Concentrações máximas de referência

Tipo	Parâmetros	Concentração máxima de referência	
		mg/m ³	ppm
Físico-Químicos	Partículas suspensas no ar (PM ₁₀)	0,15	-
	Dióxido de carbono	1800	984
	Monóxido de carbono	12,5	10,7
	Ozono	0,2	0,10
	Formaldeído	0,1	0,08
	Compostos orgânicos voláteis totais (COV _{totais})	0,6	0,26 (isobutileno) 0,16 (tolueno)
	Radão	400 Bq/m	
Microbiológicos	Bactérias	500 UFC/m ³	
	Fungos	500 UFC/m ³	
	Legionella	100 UFC/L água	

Concentrações máximas de referência

Para os poluentes gasosos (CO₂, CO, O₃, HCHO), as concentrações máximas de referência (MR) em ppm (partes por milhão) inscritas no Quadro 1 referem-se à temperatura de 20 °C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa). Para valores diferentes de pressão e/ou temperatura, a conversão de unidades de (mg/m³) para ppm é feita através de expressões equivalentes, como por exemplo:

$$C(\text{ppm}) = C(\text{mg/m}^3) \times \frac{\mathfrak{R} \times (273,15+t)}{M_{\text{mol}} \times p}$$

Onde:

\mathfrak{R} - Constante universal dos gases perfeitos (8314,5 J/(kmol.K))

t - temperatura (°C)

M_{mol} - massa molar do composto gasoso (kg/Kmol)

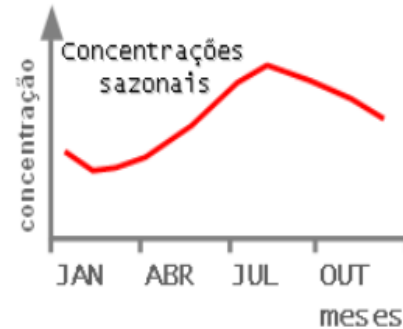
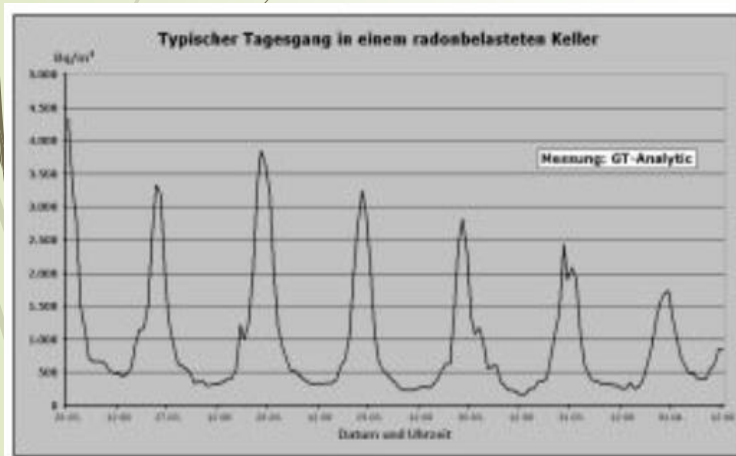
p - pressão (Pa)

- Exemplo: O gás radão é diferente do que diz respeito ao que ocorre naturalmente. O gás radão é radioativo e é continuamente produzido pelo decaimento natural do urânio que se encontra em quase todos os solos e, que está presente em toda a parte, solo, água e ar. Níveis particularmente elevados de radão ocorrem em regiões onde os solos ou rochas são ricos em urânio.

Dado que o radão é um gás, a fracção de radão produzido no solo pode entrar num edifício através de rachas nas fundações, afrouxamento das penetrações dos canos, abertura de fossas/reservatórios, etc, e, acumular-se em áreas mal ventiladas.

- O radão é um gás quimicamente inerte. Não reage com os tecidos do corpo humano, embora algum do radão inalado se dissolva nos fluidos corporais e, a concentração resultante é tão baixa que a dose de radiação proveniente do próprio radão é negligenciável. São os produtos de decaimento do radão, que quando respirados, causam os efeitos negativos na saúde.

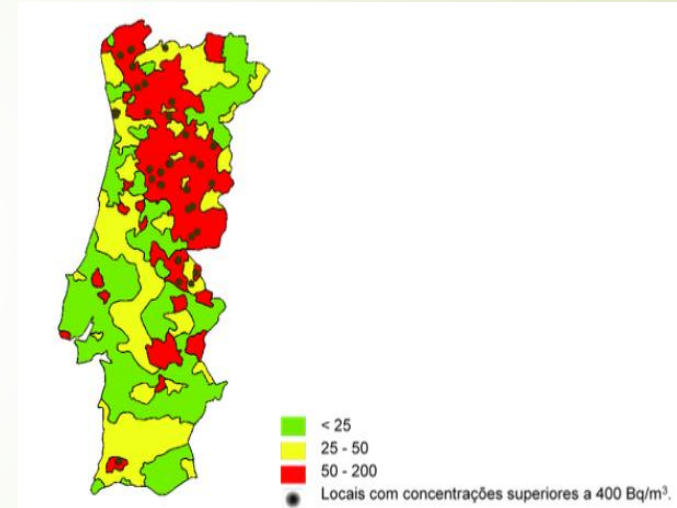
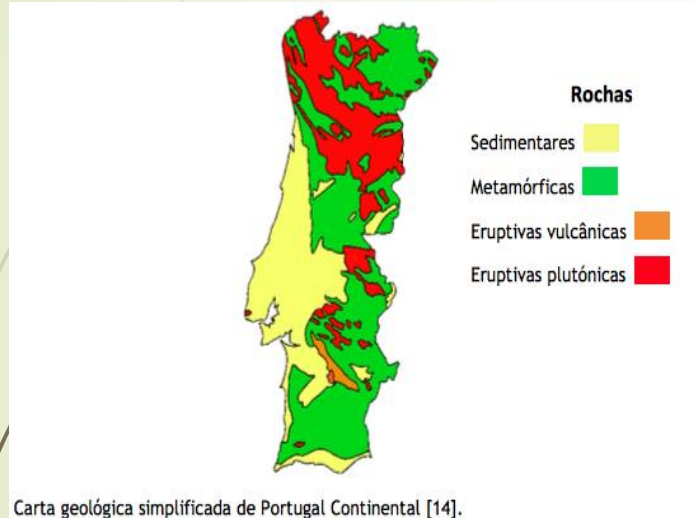
- Quanto maior a concentração de radão no ar, maior é o potencial de desenvolver cancro nos pulmões, uma vez que mais radão significa que também mais *partículas-filhas* serão produzidas que podem ser inaladas e retidas nos pulmões.



Os níveis de radão mostram frequentemente variações significativas ao longo do dia. Uma vez que o radão é um gás, as variações da pressão atmosférica também afectam a sua emissão do solo e, a sua acumulação no ar do edifício. Mas são também os hábitos dos ocupantes que contribuem muito para as variações das concentrações de radão. Quando as portas e janelas estão abertas durante o dia, o radão é diluído com o ar fresco e os níveis de radão baixam. Por outro lado durante a noite, se as portas e janelas estiverem fechadas, os níveis de radão podem voltar a subir.

Nos solos e rochas, a distribuição do urânio e rádio não é uniforme. As concentrações mais elevadas ocorrem, usualmente, em rochas graníticas (plutônicas) sendo mais baixas em rochas sedimentares como os calcários.

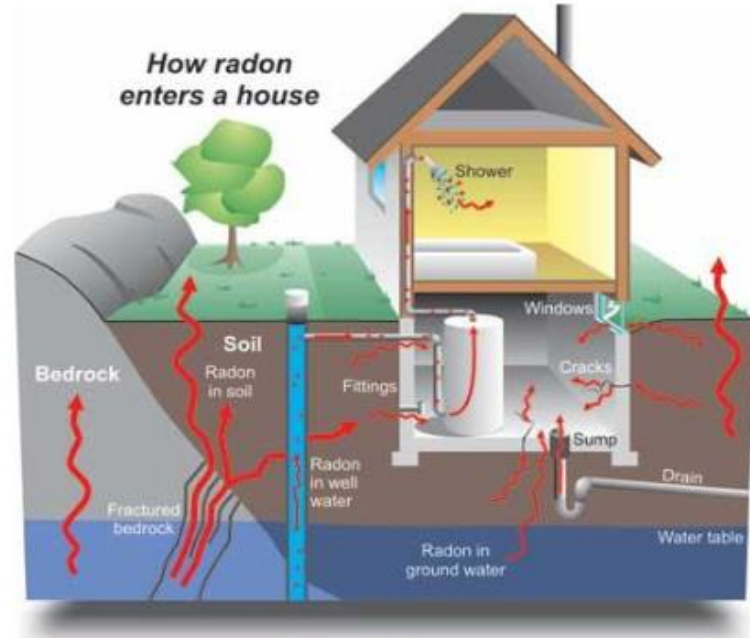
A libertação de radão para a atmosfera (exalação) está ainda condicionada pela permeabilidade e porosidade dos solos e rochas. Parâmetros meteorológicos, como a pressão atmosférica, humidade e temperatura, também influenciam a exalação do radão. Por estas razões, a sua concentração na atmosfera não é constante, variando de uma região para outra e ao longo do tempo.



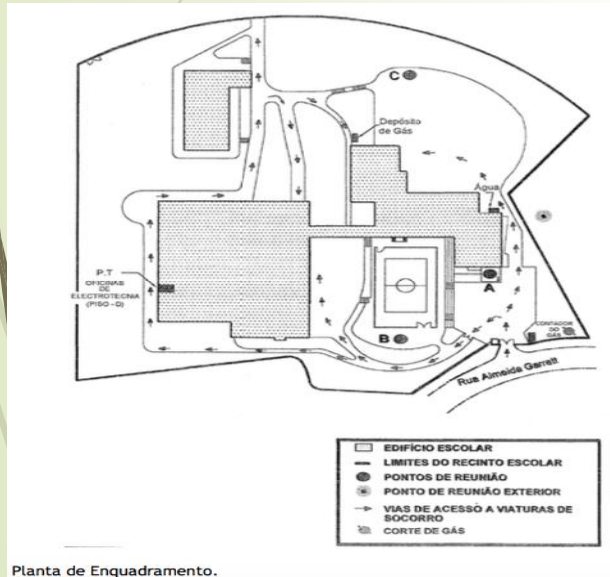
De acordo com fontes do ITN, sabe-se que vários países adoptaram já limites legais de radão nas habitações (por exemplo: Suíça 200Bq/m³). Para alcançar estes níveis há que planear de forma mais cuidadosa a construção dos edifícios (com caixas de ar, ventilação) e dar atenção à escolha dos materiais de construção. Isto é importante, sobretudo, nas regiões de radioactividade natural mais elevada, como é o caso das regiões graníticas com especial incidência na Região da Beira Alta.

Antes de se empreender medidas de redução do radão, é essencial conhecer as concentrações de radão existentes no interior dos edifícios, pelo que, um dos objectivos deste trabalho consiste na medição de radiação natural (alfa e gama), de forma a perceber-se se são, ou não, necessárias medidas de mitigação para melhorar a qualidade do ar no interior da Escola Secundária.

Determinação da Concentração de Radão num Estabelecimento de Ensino Público



Vias de penetração de radão em edifícios [15].



Planta de Enquadramento.

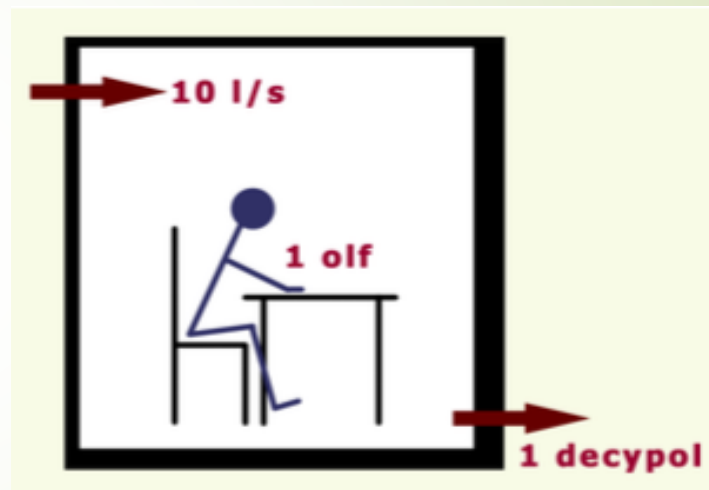
Unidades de medida da qualidade do ar interior - O “olf” e o “decipol”

Contudo, esta metodologia sofre de limitações, uma vez que nem todas as substâncias são percebidas.

O modelo tem sido criticado, alegando-se que usar um painel de pessoas como instrumento de medida induz uma dúvida aleatória nos valores de decipol percebidos. Também as questões: como calibrar as fontes usadas para treinar o painel em termos de decipol? Como avaliar os bons odores? Criaram dúvidas sobre o real valor do modelo.

Valores de olf correspondentes às várias actividades (adaptado de Awbi, 2003)

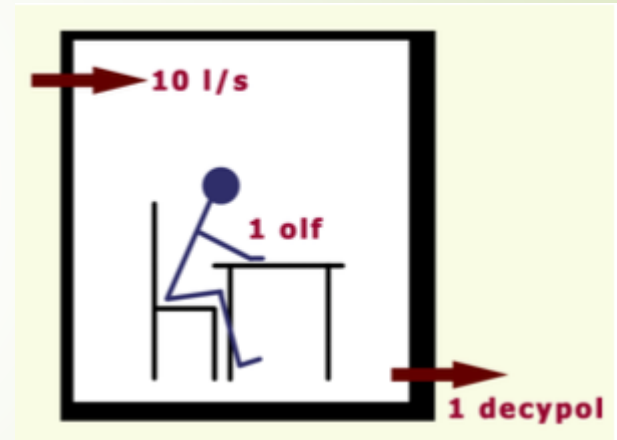
Actividade	Número de olfs
Pessoa sedentária	1
Pessoa Activa	5
Pessoa muito activa	11
Fumador (durante o acto de fumar)	25
Fumador (média)	6



Representação da definição de decipol

Unidades de medida da qualidade do ar interior - O “olf” e o “decipol”

- Contudo, esta metodologia sofre de limitações, uma vez que nem todas as substâncias são percebidas.
- O modelo tem sido criticado, alegando-se que usar um painel de pessoas como instrumento de medida induz uma dúvida aleatória nos valores de decipol percebidos. Também as questões: como calibrar as fontes usadas para treinar o painel em termos de decipol? Como avaliar os bons odores? Criaram dúvidas sobre o real valor do modelo.



Medidas de controle da poluição do ar interior

1. **Remoção ou substituição da fonte:** remoção das fontes interiores ou substituição por produtos ou materiais menos perigosos. Aplica-se a substâncias orgânicas, como por exemplo ao fumo do tabaco e à proibição de fumar em edifícios públicos, espaços de trabalho, etc. No caso português a Lei 37/2007 contempla a sua proibição.
2. **Modificação da fonte:** redução dos níveis de emissão através de alterações na concepção, nos processos ou na contenção da emissão por meio de barreiras. Aplica-se ao amianto, ao radão e substâncias orgânicas. Por exemplo a utilização de barreiras plásticas para reduzir os níveis de radão.
3. **Ventilação:** diluição do ar interior com a entrada de ar exterior fresco, por meios mecânicos ou naturais, de modo a diminuir a concentração dos poluentes.
4. **Filtração do ar:** purificação do ar interior utilizando filtros.
5. **Alteração comportamental:** redução da exposição humana com recurso à mudança dos padrões de comportamento, através da responsabilidade legal, e pela educação.



Green Building



Nos anos 90, surgiu esta tendência arquitetônica sustentável, o designado movimento “Green Building”, visando a criação de uma harmonia entre a obra final, o seu processo de construção e o meio ambiente, atendendo ao impacto do edifício sobre os seus ocupantes e no ambiente. Pretende evitar em cada um dos passos agressões desnecessárias para o ambiente, otimizando processos de construção.

HOW TO MAKE YOUR BUILDING GREEN

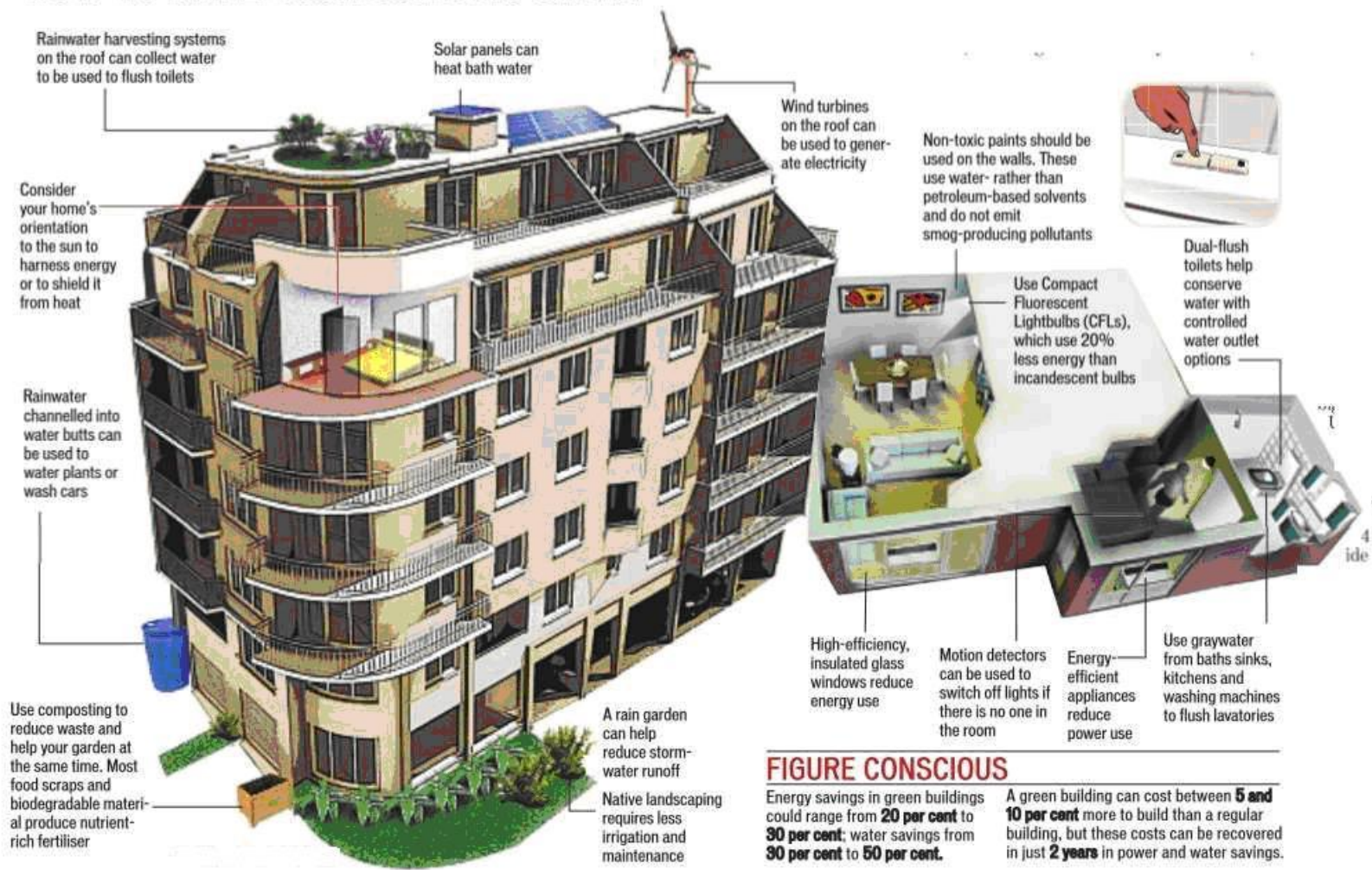


FIGURE CONSCIOUS

Energy savings in green buildings could range from **20 per cent** to **30 per cent**; water savings from **30 per cent** to **50 per cent**. A green building can cost between **5 and 10 per cent** more to build than a regular building, but these costs can be recovered in just **2 years** in power and water savings.

Referências Bibliográficas

<http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/1597/5/S%C3%ADndrome%20dos%20edifícios%20doentes.pdf>

http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap9_qualidade_ar_interno_2007.pdf

<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/42-eco-design/4061-sindrome-do-edificio-doente-conheca-os-sintomas-e-as-causas-alergias-dor-cabeca-vocs-poluicao-contaminantes-saude-trabalho-arquitetura-ar-condicionado-qualidade-quimicos-biologicos-fisicos-ambiente-saudavel-selo-casa-construcao-respiratorios-iluminacao.html>

<http://revistavivasaude.uol.com.br/bem-estar/saiba-tudo-sobre-a-sindrome-do-edificio-doente/2628/#>

<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI156971-17933,00-PREDIOS+DOENTES.html>