

Conservação preventiva em contextos culturais. Recursos tecnológicos para gestão de risco ambiental; poluição

Paula Menino HOMEM
FLUP/DCTP

Resumo

Este artigo tem como objetivo a disseminação comentada de algumas estratégias e recursos úteis à gestão integrada de riscos para o património cultural, sensibilizando para as relações sinérgicas entre os diferentes parâmetros ambientais, mas focando atenções na poluição interna.

Palavras-chave: poluição interna, recursos, gestão de riscos, conservação preventiva.

Abstract

This paper aims to a commented dissemination of some strategies and resources useful to integrated risk management for cultural heritage, raising awareness of the synergistic relationships between different environmental parameters, but focusing attention on indoor pollution.

Keywords: indoor pollution, resources, risk management, preventive conservation.

Introdução

O setor da conservação preventiva tem tido, especialmente nas últimas duas décadas, um desenvolvimento notável. Não obstante profícua relativamente à natureza, comportamento e mecanismos de alteração dos materiais de suporte aos testemunhos culturais, a investigação internacional tem congregado esforços no sentido da aposta no desenvolvimento de recursos que auxiliem eficientemente os diversos profissionais da cultura na tarefa de antever, avaliar, prevenir e eliminar ou mitigar o risco de dano por parte dos diferentes agentes, com especial interesse pelos ambientais.

As questões relativas ao ambiente interno em edifícios históricos/museus e à importância dos seus efeitos nos materiais de suporte às coleções não são novas. Sistematizaram-se pela primeira vez em 1967, quando o International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC) patrocinou a conferência Museum

Climatology, em Londres, e ganharam mais visibilidade internacional em 1978, com a 1ª edição da obra de Thomson¹, que se tornou de consulta indispensável, satisfazendo algumas das ansiedades dos profissionais com crescente interesse pela área da conservação preventiva e incentivando a investigação a ela aplicada. A proteção das coleções, especialmente as expostas a contextos ambientais de impossível/difícil controlo, como é o caso das casas-museu, das casas históricas e dos museus instalados em edifícios históricos, torna-se crucial e vários estudos têm ensaiado o desenvolvimento de metodologias profiláticas e de gestão de dano. Para além dos efeitos das condições termohigrométricas e das radiações visíveis e invisíveis, equacionam-se os resultantes da poluição externa e interna. As acuradas revisões de Thomson², Brimblecombe³, Blades⁴, Tétreault⁵ e Ryhl-Svendensen⁶ fornecem informação muito útil sobre a matéria.

Não obstante os alertas para a poluição interna datarem, pelo menos, do século XIX⁷ e a atividade de investigação dedicada ser intensa, as políticas e práticas, às diversas escalas, refletem a necessidade de maior investimento na área da gestão integrada do ambiente e na disseminação de informação. À escala nacional, as carências são evidentes⁸, mas registam-se avanços positivos⁹. Paralela, a escala internacional. Um relatório¹⁰ referente ao estado e necessidades de preservação das coleções de 30000 instituições culturais americanas permite saber que 47% reporta que as suas coleções sofreram danos devido à poluição existente nos ambientes de reserva/exposição e, na Europa, 36.8% das instituições de 14 países, onde não se inclui Portugal, indicam, num inquérito¹¹, ter observado danos devido à poluição interna e, dos restantes 63.2%, apenas 27.8% procede à sua monitorização. Tais resultados ilustram o quanto o estudo e gestão da qualidade do ar dos ambientes dos museus/edifícios históricos/arquivos é, globalmente, uma tarefa sem hábitos de implementação, não só pela forte condicionante de implicar recursos dispendiosos e de difícil acesso em termos de mercado nacional/internacional, mas também por falta de (in)formação dos profissionais. Espera-se que este contributo, simples e com fins pragmáticos, possa auxiliar a mitigar esta falta, especialmente aqueles que se formam e aspiram a ser profissionais.

Materiais e sensibilidades

Os artefactos culturais, muitos deles constituindo coleções museológicas, só

¹ THOMSON 1986

² THOMSON 1965: p. 147

³ BRIMBLECOMBE 1990: p. 1

⁴ BLADES *et alii* 2000

⁵ TÉTREAULT 2003

⁶ RYHL-SVENDSEN 2006: p. 27

⁷ BYNE 1899: p. 172

⁸ SILVA *et alii* 2000

⁹ HOMEM 2004: p. 99

¹⁰ HP 2005

¹¹ SPIEGEL 2012

raramente são feitos a partir de substâncias químicas puras. O número de espécies químicas presentes num artefacto reflete a sua complexidade. Por exemplo, uma pintura pode possuir centenas de espécies, pelo que é considerada um artefacto complexo. Também a atmosfera, longe de ser constituída por apenas uma única espécie química, é uma mistura dinâmica de muitas centenas de substâncias. Algumas delas, mesmo em concentrações ínfimas, podem interagir com os materiais de suporte aos artefactos, provocando-lhes alterações de variada índole. Podem: (i) resultar em alteração da cor ou da resistência, conduzindo-os mesmo à total desintegração; (ii) afetá-los apenas ao nível da superfície ou em toda a sua profundidade; (iii) interferir na sua aparência, mas não na sua esperança de vida ou, pelo contrário, esta pode ser seriamente comprometida sem que seja acompanhada de grandes evidências do processo.

A maioria da investigação aplicada ao património cultural sobre esta matéria é uma extrapolação e/ou um refinamento do grande volume de trabalho desenvolvido noutras áreas, nomeadamente com fortes influências económicas ou militares. Os materiais mais solicitados são os mais estudados, como as rochas e minerais, os metais e suas ligas ou os papéis e tecidos. As referências bibliográficas a efeitos dos poluentes sobre materiais específicos são já bastante numerosas pelo que se recomenda, como ponto de partida, a consulta de revisões genéricas, quer sobre a sensibilidade dos materiais¹² quer sobre mecanismos de atuação¹³ quer, ainda, sobre a gestão do seu risco¹⁴. Pretendendo gerir as reações de alteração e pouco controlo se conseguindo exercer quanto aos artefactos em si mesmos, deve ensaiar-se a gestão do ambiente, integrada em eficientes e sustentáveis políticas e práticas de atuação.

Longe de atingido o consenso e de ser tarefa simples, aferir a relação quantitativa entre um poluente e o seu efeito nos materiais é, no entanto, importante para se estabelecerem limites de segurança à exposição/reserva e se manterem baixas as magnitudes de risco, processo em que a dose tem papel crucial¹⁵. Assim, têm sido propostos dois tipos de abordagem: determinando níveis aos quais não se observam efeitos adversos (no observed adverse effect level - NOAEL); ou, melhor, as doses mais baixas às quais se observam os primeiros efeitos adversos (lowest observed adverse effect dose - LOAED)¹⁶.

Um NOAEL pode ser definido como o nível mais elevado de um poluente que não produz efeitos adversos observáveis numa característica física ou química específica de um material, num contexto experimental também específico. Submeter os materiais a diferentes concentrações de poluentes conduz a uma determinação mais confiável do nível. Será aquele imediatamente abaixo à concentração à qual foi observado determinado efeito adverso. Esta abordagem fundamenta-se em limitações termodinâmicas. No entanto, verifica-se que um NOAEL encontrado experimentalmente pode ser muito

¹² GRAEDEL, MCGILL 1986: p. 1093

¹³ BRIMBLECOMBE 1994: p. 67; CAMUFFO 1998

¹⁴ MICHALSKI 1990: p. 589; ASHLEY-SMITH 1999; BLADES *et alii* 2000; TÉTREAULT 2003

¹⁵ BRIMBLECOMBE 1998

¹⁶ TÉTREAULT 2003: p. 21

diferente se encontrado a partir de cálculos teóricos¹⁷. Dadas as grandes dificuldades reportadas em monitorizar pequenas alterações de concentração durante longos períodos de tempo, até agora têm sido indicados muito poucos NOAEL para sistemas poluente-material.

Não sendo possível a determinação do NOAEL, pode recorrer-se à LOAED para quantificar a relação exposição-efeito. Frequentemente, tem sido aplicado o critério de uma alteração das propriedades físicas e químicas iniciais de 5%. O nível usado para determinar a LOAED pode ser uma estimativa fiável, uma vez que é normalmente calculado em porção linear do padrão de degradação. A mudança de cor como função da dose obedece ao princípio da reciprocidade linear¹⁸, que permite estimar, apenas, o tempo necessário para observar um efeito adverso num material às concentrações mais baixas dos poluentes. Mas a reciprocidade não é sempre linear ao longo de uma vasta série de doses. A deterioração *versus* a dose pode seguir padrões auto-retardantes, isto é, onde se observa uma deterioração rápida no princípio que se vai reduzindo, progressivamente, ao longo do tempo.

A sensibilidade de um material a determinado poluente é elevada se ele reagir a um NOAEL ou a uma LOAED baixa desse poluente. Por exemplo, a LOAED do sulfureto de hidrogénio (H₂S) para a prata é baixa (0.1 µg/m³/ano), traduzindo uma elevada sensibilidade. Em exposição numa sala, é expectável que as pratas escureçam facilmente em 6-12 meses. Em vitrina, espera-se que tal efeito adverso demore mais tempo até ser observável. Ao contrário de alguns metais, que possuem um NOAEL elevado e que se a concentração do poluente for mantida abaixo desse valor o metal não entra em alteração, a prata, pela sua LOAED tão baixa, alterar-se-á sempre, sendo apenas uma questão de tempo.

Previsão e controlo

1. Estratégias

Quanto mais se souber sobre a natureza, tecnologia e estado de conservação dos artefactos e sobre as características ambientais a que têm sido sujeitos, maior capacidade se terá para prever como diferentes ambientes irão interagir com variados materiais e maior aptidão se terá para proceder às medidas necessárias à sua preservação. É neste princípio que assenta uma importante via estratégica de atuação: a da monitorização das alterações nos próprios artefactos. A grande vantagem é que a avaliação do impacto do ambiente é feita diretamente no objeto de estudo, mas, para tal, são necessários longos e contínuos períodos de monitorização e equipamento normalmente dispendioso e intrusivo. Para além disso, é avaliação que enfrenta pruridos e limitações éticas no que diz respeito aos testes a que os artefactos podem ser submetidos, sendo tendencialmente limitada aos de carácter não-invasivo.

A informação obtida a partir deste tipo de monitorização pode conduzir à definição de linhas de orientação úteis ao plano de conservação preventiva de uma instituição.

¹⁷ BRIMBLECOMBE 1994: p. 67

¹⁸ Desde que a dose (concentração do poluente x tempo de exposição) seja constante, o efeito adverso será o mesmo (ex.: as doses 150 µg/m³/ano, 15.0 µg/m³/10 anos ou 1.50 µg/m³/100 anos, produzirão os mesmos efeitos adversos).

O problema é que o seu volume é sempre muito reduzido. Poderá ajudar a validar ou não algumas políticas e práticas estabelecidas, mas será insuficiente para sustentar tal plano. Terá, sem dúvida, de ser conciliada com uma outra via estratégica em que a monitorização do impacte do ambiente é feita não nos próprios artefactos, mas previamente em sensores, em materiais de sacrifício, dosímetros. Trata-se de materiais que se comportam como verdadeiros sinais de alarme em tempo útil, sendo designados por Sistemas de Aviso Precoce (*early warning systems - EWS*). As suas características simulam e mimetizam as reações dos artefactos a preservar e a sua elevada reatividade permite que essas reações sejam observadas em períodos muito curtos. O mecanismo de dano do dosímetro e do artefacto não é rigorosamente o mesmo (a compressão do tempo nunca é perfeita), mas o recurso à dosimetria permite medir, para além de um determinado parâmetro ambiental, os complexos efeitos sinérgicos, tratando-se de um sistema verdadeiramente integrado. Atente-se, no entanto, que, apesar de refletir a existência de um problema, não identifica a sua fonte. Esta, pode ser inferida, dependendo do conhecimento relativo aos mecanismos de alteração dos materiais e do tipo de exploração que se faça do sistema.

2. Recursos

A qualidade do ar em espaços culturais confinados é influenciada pelas condições termohigrométricas, pelo sistema de ventilação adotado, pelo transporte de poluentes gerados no exterior para o interior do edifício e, aí, pela sua emissão a partir das atividades da equipa de trabalho, como ações de limpeza de manutenção, dos próprios membros da equipa e visitantes, dos materiais de construção/decoração dos espaços e, por vezes, ainda dos próprios materiais de suporte aos artefactos/coleções. As áreas de intervenção aqui abordadas tentam equacionar a maioria das situações de risco para os materiais, das mais simples às mais complexas e, sem pretensões a abordagem exaustiva, apresentam-se e discutem-se recursos considerados úteis à gestão do risco relativo a contaminantes, em situações de:

2.1 Manuseamento

Para evitar efeitos adversos resultantes do contacto dos artefactos com resíduos de gordura, ácidos orgânicos e cloretos das mãos nuas, durante o manuseamento de artefactos, tem sido recomendado o uso de luvas, especialmente de algodão. A este respeito, alerta-se para os danos físicos que podem ocorrer, por repuxamento de elementos/decorações, causados por este tipo de luva. Por vezes, a manipulação é feita com luvas sujas, o que leva a contaminações indesejadas, ou com luvas lavadas com detergentes possuindo fosfatos ou com branqueadores como certas lixívias (hipoclorito de sódio), o que atraiçoa o objetivo subjacente. Alternativa barata, tem sido o recurso a luvas descartáveis de látex. Neste contexto, é importante ter em conta que o látex é uma borracha vulcanizada com enxofre e que os seus resíduos podem interagir com materiais sensíveis, como o cobre, a prata e suas ligas, causando corrosão. Uma boa manutenção das luvas de algodão, através de lavagem com detergentes neutros e não iónicos e, no fim, com água desionizada ou desmineralizada, de acesso fácil e barato, evitará danos. No caso das alternativas descartáveis, uma boa opção poderá ser o recurso a luvas de vinilo desempoadas.

2.2 Manutenção dos espaços

A evitar, os produtos amoniacais e lixívia cloretadas e o levantamento de pós e poeiras, pela ação de varrer, apostando em detergentes de tipo bioálcoois e na aspiração controlada em termos de sucção, dependendo do tipo de suporte, e com filtros adequados e bem mantidos.

2.3 Reserva, transporte e exposição

2.3.1 Embalagem com suportes celulósicos (papéis, tecidos), isentos de ácidos

Para evitar contaminações e a deposição de pó, simples ou impregnados de produtos capazes de sorver compostos gasosos, como por exemplo o H_2S e, assim, retardar a reação de escurecimento de alguns metais sensíveis, conhecida por tarnishing. O Tarnprufe[®] é um tecido impregnado de carbonato/borato de zinco e foi validado como eficiente, tal como os tecidos impregnados com carvão ativado, estimando-se que podem prevenir reações de escurecimento por mais de 10 anos¹⁹. Comparando a capacidade de sorção de vários suportes impregnados, estudos²⁰ indicam que o Pacific Silvercloth[®], tecido com partículas de prata, é mais eficiente do que papéis/tecidos impregnados com sais de cobre, óxido de zinco, silicatos de zinco/alumina ou com carbonatos de zinco/cobre.

2.3.2 Embalagem dentro de saquetas de polímeros sintéticos

Estudo²¹, levado a cabo sobre produtos no mercado usados para este fim, aponta para geral maior estabilidade das saquetas contendo álcool de viniloetileno, relativamente a outras contendo terftalato de polietileno, poliamida orientada ou poliamida. Há recursos que associam as características dos polímeros sintéticos às de alguns metais, possibilitando a conceção de saquetas personalizadas. Tal é o caso, por exemplo:

- Do Corrosion Intercept[®], com uma matriz de polímero associada a partículas de cobre, reage e tende a neutralizar os gases corrosivos que entram em contacto ou que atravessam o filme. Quando o cobre adquire uma coloração negra, é altura de mudar de embalagem. Para uma saqueta com uma espessura de 1mm, a proteção contra poluentes é estimada em 10 anos;

- Do Marvelseal[®] 360 e 470, em polietileno aluminizado com película de poliamida ou de polipropileno, respetivamente, como barreira. É mais usado como barreira, impedindo trocas gasosas, do que propriamente como neutralizador.

2.3.3 Teste e seleção dos materiais de construção/decoração de expositores e embalagens de reserva/transporte

O objetivo é eliminar fontes internas de poluentes, buscando a utilização de materiais quimicamente inertes. É processo difícil e oneroso, pelo que se defende uma

¹⁹ TÉTREAULT 2003: p. 52

²⁰ GILBERG, COOK 1987: p. 11

²¹ EC DG-RESEARCH, ENVIRONMENT PROGRAMME 2001

melhor gestão de recursos, concordando com a crítica de Tétreault²² à busca obsessiva pela inércia dos contentores e apoiando o princípio da compatibilidade química entre contentores/artefactos. Valiosas para esta árdua tarefa têm sido as investigações promovidas pelo British Museum, quer na pessoa de Oddy²³, que desenvolveu o sistema de corrosão acelerada que ficou conhecido por Oddy Test, quer na de Green e de Thickett²⁴, que o reviram. Outros tipos de teste²⁵, como o de Beilstein, para detetar a presença de cloro, o do acetato de chumbo, para a presença de enxofre, o do ácido cromotrópico, para a emissão de aldeídos, o da azida²⁶, também para o enxofre, ou as simples tiras indicadoras de pH, têm sido muito úteis na identificação precoce de materiais com potencial nocivo para os artefactos.

Não obstante úteis, os resultados destes testes têm de ser geridos com cautela pois, de acordo com os contextos ambientais, o comportamento dos materiais é diferenciado. Um exemplo interessante que ilustra a ressalva é o da lã. De forma geral, é considerada como promotora da corrosão de metais, havendo relatos de rápida reacção de escurecimento de coleções inteiras de pratas em salas com tapeçaria em lã. Por outro lado, medalhas em prata expostas em vitrinas com indumentária militar em lã só evidenciaram ligeiros sinais de escurecimento passados anos. O Canadian Conservation Institute (CCI) obteve resultados similares quando colocou provetes de prata numa câmara com amostras de lã a 50% de humidade relativa durante mais de 8 anos, sem que escurecessem. De facto, à temperatura ambiente, a lã não liberta quantidades significativas de compostos de enxofre, podendo até ser um bom absorvedor²⁷. No entanto, quando fortemente iluminada (exposição directa à luz solar, por ex.), tende a libertar concentrações (cerca de 1.4 µg/m³) que podem provocar o escurecimento dos artefactos²⁸.

É importante que se equacione ainda o tipo de reacções dos materiais ao longo do seu tempo de vida. Alguns, como tintas e algumas madeiras, emitem elevadas concentrações de poluentes nas primeiras fases de reacção, podendo demorar cerca de 3-4 semanas a atingir os valores mínimos de emissão. Eventualmente e apenas em sistemas compatíveis, poderão ser usados após tal fase. Outros, ao contrário, tornam-se potencialmente mais perigosos com o envelhecimento, como os papéis, por exemplo, que acidificam.

2.3.4 Controlo da composição da atmosfera dos microambientes dos contentores

Possível, desde que os espaços confinados (embalagens de reserva/transporte e vitrinas de exposição) sejam relativamente estanques, e através de recurso a absorvedores

²² TÉTREAULT 1992: p. 163

²³ ODDY 1973: p. 27

²⁴ GREEN, THICKETT 1995: p. 145

²⁵ TÉTREAULT 1999: p. 32-33

²⁶ DANIELS, WARD 1982: p. 58

²⁷ CRAWSHAW 1978: p. 12

²⁸ BRIMBLECOMBE, SHOOTER, KAUR 1992: p. 53

de oxigénio. O mais conhecido e usado em virtude das suas propriedades tem sido o Ageless Z[®], um produto da Mitsubishi composto por uma mistura de óxido ferroso coberto com sal marinho e um zeólito natural impregnado com uma solução de cloreto de sódio. Estudado, testado e validada a sua eficiência²⁹, reduz a concentração de oxigénio num contentor a menos de 0.01%. É usado em combinação com um pequeno dosímetro, o Ageless-eye[®], cujo indicador fica cor-de-rosa quando o teor de oxigénio é inferior a 0.1% e reverte a azul quando é superior a 0.5%. Pode ser guardado num frigorífico, dentro de saqueta com absorvedor de oxigénio, durante 6 meses. Após 1 ano em reserva, a sua alteração de cor deixa de ser credível.

2.3.5 Controlo da composição da atmosfera dos macroambientes

Possível, desde que os espaços confinados (salas de reserva/exposição) sejam relativamente estanques, através de recurso a sistemas mais ou menos sofisticados de ventilação e filtragem de compostos gasosos, partículas e microorganismos.

2.3.6 Controlo das condições termohigrométricas dos macro e microambientes

Possível, desde que relativamente estanques, através de sistemas de ventilação, aquecimento e desumidificação. Em espaços de reduzidas dimensões, a sílica gel é eficiente como agente desumidificador, em forma de pérolas ou granulado, com ou sem indicador de cobalto. Em formulações especiais pré-condicionadas, Art-Sorb[®] e ProSorb[®], funciona como agente tampão, garantindo a estabilidade da humidade relativa aos níveis a que foi condicionada.

2.3.7 Monitorização da qualidade do ar

Os poluentes gerados no exterior dos edifícios podem ser transportados para o seu interior, onde a sua concentração é, em regra, menor, mesmo sem qualquer sistema de filtração. Infiltram-se nas embalagens/vitrinas por difusão através dos invólucros ou das frinchas, em concentrações também menores do que as das salas de exposição/reserva/arquivo. A redução progressiva da sua concentração, à medida que se vão infiltrando no interior do edifício, deve-se à sua interação com os materiais de suporte às paredes, pavimentos, tetos, mobiliário e aos próprios artefactos, e sua conversão em formas inertes. A quantidade sorvida pelos artefactos pode causar-lhes dano, dependendo da natureza e concentração do poluente e da sensibilidade específica dos materiais. Perante a diversidade dos poluentes, a monitorização tem sido focada nos considerados chave, recorrendo a métodos mais ou menos precisos, complexos, dispendiosos, ativos ou passivos.

A₁) Métodos ativos. Implicam o recurso a profissionais especializados, a instrumentação sofisticada, muito aparatosa e intrusiva e proporcionam resultados precisos, mas pontuais; relativos a concentrações em momentos determinados. Tendem a não ser usados.

²⁹ MAEKAWA 1998: p. 31

A.) Métodos passivos/dosímetros

Tubos de difusão. São de pequena dimensão e simples de usar; não necessitam de qualquer tipo de fonte de energia para funcionar, pois o seu princípio baseia-se na difusão do ar. Podem ser colocados em diferentes contextos de reserva/exposição sem grandes efeitos intrusivos e por pessoal sem formação científica. Não obstante, após exposição, requerem análise química especializada e dispendiosa. Proporcionam resultados relativos não apenas à concentração dos poluentes mas à sua dose total, o que tem mais interesse para o estudo da alteração dos materiais. Os seus limites de deteção permitem monitorizar os principais poluentes a níveis de concentração tão baixos como os necessários para atingir o objetivo da preservação a cem anos, isto é, em algumas partes por bilhão (ppb) ou por trilhão (ppt), como é o caso do Palmes' Sampler, desenvolvido no âmbito do projecto europeu SILPROT (The Protection of Silver Collections from Tarnishing)³⁰ e de especial interesse por ser o único dedicado ao H₂S e ao sulfureto de carbonilo (COS). Apesar das vantagens, proporcionam apenas resultados isolados, não tendo em consideração os efeitos sinérgicos que podem existir quando vários compostos interagem, ao longo do tempo, com os artefactos.

Cupões de Classificação de Corrosão (CCC). Em cobre e prata, dada a sua elevada sensibilidade, são muito eficientes em determinar a corrosividade de uma atmosfera. São expostos durante 30-90 dias, após o que são mandados para análise e a espessura do filme de corrosão formado é determinada por processos eletroquímicos. Os resultados são comparados a uma escala estabelecida pela Purafil³¹, que os desenvolveu, e é classificada a atmosfera. Facultam taxas de reatividade cumulativa e uma indicação dos tipos de poluentes gasosos, e respetivos níveis relativos, sem conseguir proporcionar classificações ambientais contínuas.

Cupões metálicos. Inspirado nos testes de Oddy e nos CCC, regista-se o recurso à exposição de cupões de cobre e de prata, para detetar a presença de compostos de enxofre, especialmente se em estado reduzido, e de chumbo, para a presença de aldeídos (como o formaldeído e o acetaldeído) e ácidos carboxílicos (como o ácido fórmico e o acético). A sua alteração pode ser gerida de forma simples, através da perceção de alteração de cor, ou de forma mais complexa, recorrendo a métodos analíticos; é sinal de alerta para a necessidade de medidas e os produtos de corrosão permitem inferir o tipo de poluentes que lhes deu origem.

Microbalança de cristal de quartzo piezoelétrico³² revestido com metais. Tecnologia desenvolvida pela Purafil para ultrapassar a limitação apresentada pelos CCC, que está na base da produção do monitor ambiental reativo OnGuard[®] 3000 (versão atual) Atmospheric Corrosion Monitor. De tipo *data-logger*, funciona de forma contínua, ao minuto, facultando informação relativa à quantidade de corrosão em curso devido à presença de poluentes gasosos, bem como aos níveis de temperatura e humidade relativa que afetam essa taxa de corrosão. Calcula as taxas de corrosão

³⁰ ENV-CT98-0709, 1998-2001. EC DG-RESEARCH, ENVIRONMENT PROGRAMME 2001

³¹ Em: <http://www.purafil.com>

³² Cristal que, quando sujeito a deformações mecânicas, produz uma diferença de potencial entre pares de faces opostas

cumulativa e permite que os dados sejam guardados, podendo ser detetados e medidos isoladamente eventos causadores de corrosão. O aumento da espessura da corrosão é monitorizado pela diminuição da frequência do quartzo revestido. Funciona isoladamente ou em interface com computadores para monitorização remota.

Microbalança de cristal de quartzo piezoelétrico revestido com têmpera de ovo ou verniz. Dosímetros desenvolvidos no âmbito do projecto MIMIC (Microclimate Indoor Monitoring in Cultural Heritage Preservation)³³, na forma de pinturas em têmpera de ovo que mimetizam o dano a partir do efeito sinérgico de microclimas em obras de arte. Consiste em 12 tiras (5 x 1 cm/cada) de diferentes têmperas de ovo pigmentadas, montadas numa placa de polimetilmetacrilato. Após exposição, as alterações são analisadas por colorimetria, espectroscopia de refletância, espetrometria de massa e análise térmica, e é possível classificar o contexto.

Glass Slide Dosimeter - GSD. Dosímetros na forma de finas placas de vidro polido altamente enriquecido em potássio e cálcio, desenvolvidos pelo Fraunhofer Institute for Silicate Research ISC, no âmbito do projeto AMECP³⁴. Muito sensíveis à temperatura, humidade relativa e à concentração de, especialmente, NO_x e compostos de enxofre, permitem calcular precocemente o efeito complexo de uma atmosfera corrosiva, após exposição entre 3–6 meses e análise por espetrometria de infravermelho. Os espetros permitem quantificar as alterações na composição do vidro e extrapolar o potencial dano para materiais inorgânicos expostos às mesmas condições.

Programa IMPACT. Especialmente desenvolvido para o SO₂, o NO₂ e o O₃, no âmbito do projecto europeu IMPACT (Innovative Modelling of Museum Pollutants and Conservation Thresholds)³⁵. É ferramenta, de acesso livre e gratuito na internet, que assiste as instituições com sistemas de ventilação natural e artificial. Baseia-se num modelo de estado-estacionário³⁶, que calcula a concentração média de poluentes a partir de equação de balanço de massa (1), relacionando a concentração do poluente no interior e no exterior diretamente com características do edifício e propriedades de sorção dos materiais:

$$I/E = \text{TRA} / [V_{\text{dep}} (S/V) + \text{TRA}] \quad (1)$$

em que I é a concentração do poluente no interior (ppb ou µg/m³), E é a concentração do poluente no exterior (ppb ou µg/m³), TRA é a taxa de renovação de ar (h), V_{dep} é a velocidade de deposição do poluente gasoso (m/h ou cm/s) e traduz a afinidade dos materiais para com ele reagir, S é a área da superfície dos materiais no interior (m²) e V é o volume interior (m³). A informação veiculada pelas redes nacionais de monitorização das condições climáticas e qualidade do ar das cidades permite estimar níveis de concentração internos. Apesar de validada a elevada capacidade predictiva do modelo IMPACT e a sua grande utilidade como ferramenta de gestão de risco, o programa não integra a modelação de poluentes gerados no interior dos espaços dos

³³ Contract EVK4-2000-00040. Em: <http://iaq.dk/mimic>

³⁴ EV5V-CT 92 -0144; FUCHS, RÖMICH, SCHMIDT 1990: p. 239

³⁵ Contract EVK4 - CT - 2000 - 00031. Em: <http://www.ucl.ac.uk/sustainableheritage-save/impact/index.htm>

³⁶ WESCHLER, SHIELDS, NAIK 1989: p. 1562

museus e manifesta tendência para sobrestimar ligeiramente a concentração do O_3 ³⁷.

EWO-Sensor. Dosímetro de aviso precoce especialmente vocacionado para os materiais orgânicos, desenvolvido no âmbito do projeto europeu MASTER (Preventive Conservation Strategies for Protection of Organic Objects in Museums, Historic Buildings and Archives)³⁸. Adapta e melhora o modelo de base ao programa IMPACT, de modo a poder equacionar a fotólise e a química homogénea de $NO_x - O_3$.

A tecnologia MEMORI. Desenvolvida no âmbito do projeto europeu MEMORI (Measurement, Effect Assessment and Mitigation of Pollutant Impact on Movable Cultural Assets. Innovative Research for Market Transfer)³⁹, em fase de conclusão (outubro 2013). Engloba: (i) um dosímetro, sensível ao clima interno, à luz, aos gases foto-oxidantes e aos gases orgânicos acídicos, desenvolvido a partir do GSD e do EWO-Sensor; (ii) um leitor, desenhado para medições *in situ* e para avaliar as leituras do dosímetro; (iii) um sítio na internet com informações relativas a medidas de gestão de risco e conservação preventiva, ao qual o dosímetro e o leitor podem ser ligados para visualização e interpretação dos resultados. Grandes expectativas se depositam no MEMORI, que tenta dar a mais atualizada resposta às necessidades e limitações dos profissionais.

Conclusão

Enquanto o ambiente termohigrométrico e, pontualmente, o luminoso, tendem a ser monitorizados de forma mais regular, embora ainda aquém do desejado, a poluição, e especialmente a gerada interiormente, só recentemente começa a ser reconhecida como importante. Os poluentes internos são poderosos agentes de alteração, em interação e função dos outros parâmetros. As suas reações sinérgicas tornam complexo o seu impacto nos materiais e difícil a sua monitorização. Os recursos atualmente disponíveis são já numerosos, fruto do apoio internacional a muitos projetos de investigação na área embora dispendiosos e de difícil acesso. Os sensores de alerta precoce, que simulam as reações dos artefactos, são os que potencialmente providenciam maior auxílio aos profissionais na difícil e controversa tarefa de gerir o risco de dano.

Bibliografia

- ASHLEY-SMITH, Jonathan (1999), *Risk assessment for object conservation*, Oxford, Butterworth-Heinemann
- BLADES, Nigel; ORESZCZYN, Tadj; BORDASS, Bill; CASSAR, May (2000), *Guidelines on pollution control in museum buildings*, London, Museums Association
- BRIMBLECOMBE, Peter (1990), The composition of museum atmospheres, *Atmospheric Environment*, 24B (1), pp. 1-8
- BRIMBLECOMBE, Peter (1994), The balance of environmental factors attacking

³⁷ GLYTSOS *et alii* 2010: p. 63

³⁸ Contract EVK4-2002-00093. Em: <http://www.nilu.no/master/>

³⁹ Grant Agreement 265132. Em: <http://www.memori-project.eu/memori.html>

artifacts, in KRUMBEIN, W. E.; BRIMBLECOMBE, P.; COSGROVE, D. E.; STANIFORTH, S. (ed.), *Durability and Change: The Science, Responsibility, and Cost of Sustaining Cultural Heritage*, Toronto, John Wiley and Sons, pp. 67-80

BRIMBLECOMBE, Peter (1998), *Thresholds and damage* [Em linha]. Glasgow: The Netherlands Institute for Cultural Heritage. Em: http://iaq.dk/iap/iap1998/1998_01.htm [17.11.2000].

BRIMBLECOMBE, Peter; SHOOTER, David; KAUR, Ajit (1992), Wool and reduced sulphur gases in museum air, *Studies in Conservation*, 37, pp. 53-60

BYNE, Loftus St. George (1899), The corrosion of shells in cabinets, *Journal of Conchology*, 9 (6), pp. 172-176

CAMUFFO, Dario (1998), *Microclimate for cultural heritage*, Amsterdam, Elsevier

CRAWSHAW, G. H. (1978), Floorcoverings: the role of wool carpets in controlling indoor air pollution, *Textile Institute and Industry*, 16, pp. 12-15

DANIELS, V.; WARD, S. (1982), A rapid test for the detection of substances which will tarnish silver, *Studies in Conservation*, 27, pp. 58-60

EC DG-RESEARCH, ENVIRONMENT PROGRAMME (ed.) (2001), *SILPROT - The Protection of Silver Collections from Tarnishing*, Final Report, Contract ENV-CT98-0709, 1998-2001, Brussels

FUCHS, Dieter R.; RÖMICH, Hannelore; SCHMIDT, Helmut (1990), Glass-sensors: assessment of complex corrosive stresses in conservation research. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 185, pp. 239-251

GILBERG, M.; COOK, C. (1987), Anti-tarnish tissues for wrapping and packing silver, *ICOM Committee for Conservation Metals Working Group Newsletter*, 19 (3), pp. 11

GLYTSOS, T.; LAZARIDIS, M.; GRØNTOF, T.; BLADES, N.; ALEKSANDROPOULOU, V.; KOPANAKIS, I. (2010), The use of indoor/outdoor modelling for cultural heritage sites, in DAHLIN, E. (ed.) *MASTER - EVK4-CT-2002-00093. Preventive conservation strategies for protection of organic objects in museums, historic buildings and archives. Final report*. Kjeller: Norwegian Institute for Air Research, pp. 63-73

GRAEDEL, Thomas E.; MCGILL, R. (1986), Degradation of materials in the atmosphere, *Environmental Science and Technology*, 20 (11), pp. 1093-1100

GREEN, Lorna R.; THICKETT, David (1995), Testing materials for use in the storage and display of antiquities - a revised methodology, *Studies in Conservation*, 40 (3), pp. 145-152

HOMEM, Paula Menino (2004), O conceito, a filosofia e a prática da conservação nos museus do Norte de Portugal – Balanço e estratégias de desenvolvimento, in BRITO, Mário; CUÑARRO, José (ed.), *Museos do Eixo Atlântico/Museus do Eixo Atlântico*, Associação do Eixo Atlântico do Noroeste Peninsular, pp. 99-110

HP (2005), *A public trust at risk: The heritage health index report on the stage of America's collections* [Em linha]. Washington DC: Heritage Preservation, Inc. & the Institute of Museum and Library Services. Em: <http://www.heritagepreservation.org/HHI/> [27.09.2009]

MAEKAWA, Shin (1998), Design and construction of the GCI's hermetically sealed display and storage case, in MAEKAWA, Shin (ed.) *Oxygen-free museum cases*.

Los Angeles: The Getty Conservation Institute, pp. 31-45

MICHALSKI, Stefan (1990), An overall framework for preventive conservation and remedial conservation, in *ICOM – CC 9th Triennial Meeting*, Dresden, pp. 589-591

ODDY, W. A. (1973), An unsuspected danger in display, *Museums Journal*, 73, pp. 27-28

RYHL-SVENDSEN, Morten (2006), Indoor air pollution in museums: a review of prediction models and control strategies, *Reviews in Conservation*, 7, pp. 27-41

SILVA, Raquel Henriques; CORDEIRO, Isabel; PINHO, Elsa Garrett; FREITAS, Inês da Cunha; CARVALHO, Anabela; SANTOS, Maria de Lourdes Lima; NEVES, José; GOMES, Rui Telmo (2000), *Inquérito aos Museus em Portugal*, Lisboa, Instituto Português de Museus

SPIEGEL, Elise (2012), MEMORI survey report: The current situation and management of indoor air quality (IAQ) in European collections. Em: http://www.memori-project.eu/uploads/media/MEMORI_Survey_Report.pdf [07.01.2013].

TÉTREAULT, Jean (1992), Matériaux de construction, matériaux de destruction, in *3^e Colloque de l'Association des Restaurateurs d'Art et d'Archéologie de Formation Universitaire, Paris, 8-10.10, La Conservation Préventive*, Paris, ARAAFU, pp. 163-176

TÉTREAULT, Jean (1999), *Coatings for display and storage in museums*, Technical Bulletin 21, Ottawa, CCI

TÉTREAULT, Jean (2003), *Airborne pollutants in museums, galleries, and archives: risk assessment, control strategies, and preservation management*, Ottawa, CCI

THOMSON, Garry (1965), Air pollution - A review for conservation chemists, *Studies in Conservation*, 10, pp. 147-166

THOMSON, Garry (1986), *The museum environment*, Oxford, Butterworth-Heinemann

WESCHLER, Charles J.; SHIELDS, Helen C.; NAIK, Datta. V. (1989), Indoor ozone exposures. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 39 (12), 1562-1568

