

Biodeterioração

do patrimônio histórico documental

ALTERNATIVAS PARA
ELIMINAÇÃO E CONTROLE

Milagros Vaillant Callol



BIODETERIORAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO DOCUMENTAL:
ALTERNATIVAS PARA SUA ERRADICAÇÃO E CONTROLE

MILAGROS VAILLANT CALLOL

RIO DE JANEIRO
MAST / FCRB
2013

Presidente da República
Dilma Vana Rousseff

Ministra da Cultura
Martha Suplicy

Presidente da Fundação Casa de Rui Barbosa
Manolo Garcia Florentino

Diretor Executivo da Fundação Casa de Rui Barbosa
Carlos Renato Costa Marinho

Diretora do Centro de Memória e Informação
Ana Maria Pessoa dos Santos

Chefe do Serviço de Preservação
Edmar Moraes Gonçalves

Chefe do Serviço de Editoração
Benjamin Albagli Neto

Ministro de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação
Marco Antonio Raupp

Diretora do Museu de Astronomia e Ciências Afins
Heloisa Maria Bertol Domingues

Coordenadora de Documentação e Arquivo
Lucia Alves da Silva Lino

Revisão de textos:
Ozana Hannesch / Edmar Moraes Gonçalves

Revisão das Referências Bibliográficas:
Eloisa Helena Pinto de Almeida

Capa e Projeto Gráfico
Claudia Espíndola

Diagramação:
Luci Meri Guimarães da Silva

Fotos
Acervo da autora
Acervo do LACRE/FCRB

Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca do MAST

V131 Vaillant Callol, Milagros
Biodeterioração do patrimônio histórico documental : alternativas para sua erradicação e controle = Biodeterioro del patrimonio histórico documental : alternativas para su erradicación y control. – Rio de Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins; Fundação Casa de Rui Barboša, 2013.
139, 139 p.: il.

Tradução de: Biodeterioro del patrimonio histórico documental: alternativas para su erradicación y control.
Bibliografía: p.125-139.

1. Acervo bibliográfico – Biodeterioração. 2. Acervo arquivístico – Biodeterioração.
3. Preservação de acervo bibliográfico. 4. Preservação de acervo arquivístico. I. Título.

CDU: 025.85

Apresentação FCRB

Maria Luisa Ramos de Oliveira Soares¹

Este livro aborda um tema que sempre esteve presente na atuação prática e teórica das atividades de preservação da Fundação Casa de Rui Barbosa: a biodegradação dos bens culturais.

O ataque de agentes biológicos a acervos culturais, produzindo danos muitas vezes irreversíveis, é uma das faces mais contundentes da preservação. Isso porque a biodegradação e seus mecanismos de ação constituem problemas muito frequentes que enfrentam os conservadores-restauradores nos arquivos, bibliotecas e museus, quando agentes biológicos provocam alterações físico-químicas, mecânicas e estéticas nos materiais, sendo necessária a aplicação de tratamentos muitas vezes drásticos para sua eliminação e controle, com sequelas graves.

Criada em 1924, aberta ao público em 1930 e tombada pelo Iphan em 1938, a Casa de Rui Barbosa tem a missão de preservar o legado intelectual e material de Rui Barbosa – formado por sua casa, jardins, biblioteca e arquivo. Ao longo de sua trajetória, a instituição empregou diferentes métodos e procedimentos para a preservação de seu acervo patrimonial, buscando sempre atualizar-se quanto a práticas e conceitos contemporâneos.

Uma ação decisiva para sua atuação no campo da preservação foi a criação, na década de 1960, de núcleos de restauração e de microfilmagem. Os conceitos dessa época estabeleciam a necessidade de se iniciar o processo de conservação por meio de intervenções pontuais, valorizando a recuperação do objeto único, selecionado aleatoriamente, sem diálogo com as ações ambientais ou relação com o estado geral do acervo.

1 Conservadora-restauradora, chefe do Setor de Preservação da Fundação Casa de Rui Barbosa até fevereiro de 2010, quando se aposentou da instituição.

Na década seguinte, implantou-se graças à concessão de recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) – a partir de projeto elaborado em 1977 e implementado nos anos 1978/1979 – os Laboratórios de Conservação e Restauração de Documentos Gráficos (Lacre) e o de Microfilmagem (Lamic). Respondendo a objetivos específicos que caracterizam a flexibilidade administrativo-financeira de uma Fundação, foi possível incentivar a formação de um sistema de preservação, conservação e restauração na área do papel, participando ativamente de estudos, programações e projetos, tanto na área ministerial quanto em outros setores públicos e privados sensíveis à problemática. A qualidade do nível operacional foi garantida pelo emprego de recursos tecnológicos e de métodos compatíveis com os progressos desenvolvidos em centros internacionais.

Naquele momento, a ciência da conservação passou a ser fator fundamental na elaboração de diagnósticos de tratamento em acervos patrimoniais. O estudo aprofundado das características dos materiais, os fatores físico-químicos e biológicos e, fundamentalmente, o estudo dos climas (macro/micro), são considerados ferramentas básicas para o profissional conservador-restaurador elaborar propostas de intervenções.

Nesse sentido, a Fundação vem se empenhando em estabelecer procedimentos em parceria com diferentes centros de conservação e universidades (nacionais e internacionais), dando início a programas na área de biodeterioração, notadamente ao que se refere à identificação e definição de contaminações em materiais orgânicos sob climas tropicais, e suas implicações nos processos de intervenções técnicas de conservação-restauração. Nos últimos anos, por intermédio de cursos de especialização no Brasil e exterior, assessorias, convênios, visitas técnicas e, em especial, do estímulo do debate acadêmico técnico-científico, foi possível reciclar e aperfeiçoar a equipe técnica, a fim de atender de modo mais satisfatório as novas demandas – não só no tratamento de recuperação do acervo (ações integradas de restauração), mas também para estabelecer os novos paradigmas da conservação-restauração, por meio de ações preventivas que articulem o acervo patrimonial e ambiental.

Nesse contexto de aperfeiçoamento e atualização profissional, iniciei em 2001 meu projeto de doutorado na Universidade Politécnica de Valencia², na Espanha. Entre tantas oportunidades, participei de um seminário sobre biologia aplicado à conservação-restauração de bens culturais, quando tive a oportunidade de conhecer Milagros Callol, bióloga cubana, professora doutora convidada do Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, por quem desenvolvi uma grande empatia profissional e afetiva, nutrida por longas e agradáveis conversas nas antessalas do Departamento. A gentileza no trato e sua enorme curiosidade em relação aos procedimentos realizados

2 Universidad Politécnica de Valencia, España. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. La preservación del efímero. Orientador: Prof.^a Dr.^a Pilar Roig. Tese defendida em 2006.

nas instituições culturais brasileiras nos levaram a refletir sobre a possibilidade do desenvolvimento de um projeto conjunto, com base em nossas experiências em Cuba e no Brasil.

Como consequência, a professora Milagros foi convidada pela Fundação Casa de Rui Barbosa a propor um programa de pesquisa no campo da biodeterioração, com o estabelecimento de metodologia de identificação e definição de contaminações em materiais orgânicos sob climas tropicais. A proposta – que se desenvolveu em dois períodos, em 2007 e 2008 – teve como princípio complementar a formação dos conservadores-restauradores do Centro de Memória e Informação, enfatizando o estudo dos problemas ocasionados por agentes biológicos, sua detecção, diagnóstico e tratamentos alternativos. Sua meta principal foi programar ações de estudo, diagnósticos, identificação de métodos e técnicas aplicáveis à conservação e restauração da documentação gráfica constante do acervo bibliográfico da Fundação, mediante aplicação de metodologias apropriadas (estudo de caso).

A partir de 2009, a iniciativa foi ampliada para um conjunto de instituições de preservação sediadas no Rio de Janeiro, composto pela Fundação Oswaldo Cruz, Arquivo Nacional, Museu de Astronomia e Ciências Afins, Arquivo Público do Estado do Rio de Janeiro e Fundação Biblioteca Nacional.

Essa cooperação resultou na formação de uma equipe de trabalho interinstitucional que vem sendo capacitada por intermédio de cursos e seminários sobre os princípios da conservação preventiva. Como resultado, vêm sendo promovidas mudanças no estilo de trabalho desses profissionais, e introduzida uma nova abordagem de aspectos da conservação preventiva no cotidiano das práticas de preservação. O projeto deu origem ao Grupo Carioca de Conservação Preventiva, que vem recebendo novas adesões institucionais, e desenvolve no momento estudos sobre planos de emergência.

Ao Arquivo Público do Estado do Rio de Janeiro, à Fundação Oswaldo Cruz e ao Museu de Astronomia e Ciências Afins, parceiros na realização desta publicação, nossos sinceros agradecimentos. À professora Milagros, por sua generosidade em compartilhar seus conhecimentos acadêmicos e experiências de vida, nosso carinho e amizade.

Apresentação MAST

Ozana Hannesch³

Quando, em 2009, o Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST foi convidado pela Fundação Casa de Rui Barbosa – FCRB a participar de uma reunião para discutir o tema da Biodeterioração, ficamos muito felizes, pois o trabalho em parceria com outras instituições é uma tônica que vem trazendo frutos no desenvolvimento de ações de preservação de acervos, tanto interna quanto externamente.

O MAST foi criado em 1985, e já nesta época buscou implementar uma estrutura orgânica que possibilitasse tanto o tratamento técnico do acervo museológico, como do arquivístico e bibliográfico, os quais seguiram metodologias próprias de cada área, o que não é sempre comum em instituições desta natureza. Constituiu, seguindo as iniciativas preservacionistas da década de 80, um pequeno setor para realizar de procedimentos de conservação de documentos em suporte papel, que foi responsável pela orientação e trabalho de conservação-restauração de documentos históricos institucionais e de acervos pessoais de cientistas, os quais hoje se encontram sob a guarda do MAST. Naquele período, embora numa linha ainda intervencionista sobre o acervo, já tinha a preocupação com o ambiente de guarda e com o uso e reprodução dos documentos, estabelecendo normas para limpeza, controle biológico e monitoramento ambiental, bem como orientava a consulta e usos adequados do acervo.

Reverendo a breve trajetória da instituição nestes vinte e oito anos de existência, verificamos duas importantes ações que extrapolaram seus muros. A primeira, em 1995, em parceria com o Museu da República, quando o MAST realiza um trabalho em conjunto com profissionais de outras instituições brasileiras para redação de um documento intitulado *Política de Preservação de Acervos Culturais* contendo diretrizes de preservação para acervos institucionais. E a segunda, em 2006, em parceria com o Museu Villa-Lobos, quando o MAST publica a *Política de Segurança para Arquivos, Bibliotecas e Museus*, contando também com a colaboração de inúmeros profissionais de outras instituições. Esta última publicação foi um desdobramento do Grupo de Trabalho sobre Segurança de Acervos – reunido na elaboração da Política de Preservação, já referida –, sendo um texto muito mais elaborado e ampliado, e levando o foco para as responsabilidades de

3 Conservadora-restauradora, responsável pelo Laboratório de Conservação e Restauração de Papel do MAST de abril de 2004 até janeiro de 2011. Coordenou o Grupo Carioca de Conservação Preventiva de outubro de 2010 até junho de 2012.

cada um dos profissionais que atuam junto aos acervos, como também para a necessidade do diálogo e percepção interna quanto à prevenção em todos os seus aspectos e níveis.

Com o livro da Professora Milagros, o MAST está apoiando uma iniciativa da Fundação Casa de Rui Barbosa, uma de nossas instituições parceiras. Entendemos que o tema da biodeterioração em acervos culturais – e, conseqüentemente, a erradicação e controle dos agentes biológicos – necessita de um maior número de publicações para que seja conhecido e discutido nas instituições latino-americanas, ainda carentes de estudos especializados. Este potencial de estudo tem um limite muito amplo, em função da natureza das coleções e dos agentes deterioradores, e precisa de investimentos em pesquisa, em qualificação profissional e em instrumental atualizado. De outra parte, a priorização de diagnósticos, a inspeção e definição de meios adequados de combate e controle é uma tarefa institucional que não deve ser negligenciada. Neste sentido, este livro tem muito a colaborar e subsidiar.

Assim, o convite da FCRB, em 2009, acreditamos, foi mais uma das oportunidades que nos levou a agir em prol da conscientização e desenvolvimento das instituições de preservação do patrimônio cultural no Brasil. Em caráter modesto, o grupo de trabalho sobre Biodeterioração, transformou-se no Grupo Carioca de Conservação Preventiva em 2010, tomando uma perspectiva de equipe interinstitucional, que se propõe a discutir e constituir procedimentos padronizados de estudo, análise e avaliação dos acervos, ambientes e instituições, a fim de viabilizar um crescimento em conjunto, e sob múltiplas experiências, no âmbito da conservação preventiva. Este Grupo Carioca teve na figura da Professora Doutora Milagros Vaillant Callol a pessoa capaz de reuni-lo, incentivá-lo e, de muitas formas, conduzi-lo. Todos os esforços para levar adiante o trabalho vêm sendo compensados pelo estabelecimento de relações pessoais e profissionais entrepares.

Para o Grupo Carioca, a obra da Professora Milagros vai além desta publicação – além de seu desejo de vê-la editada em português e espanhol. Acreditamos que muito dos ensinamentos que aqui estejam, traduzam a pessoa simples e perceptiva que ela é. Assim, deixamos nossos sinceros agradecimentos pelo convívio e orientação na caminhada inicial deste nosso grupo de trabalho voltado para reflexão sobre as condutas e diretrizes abrangentes e inclusivas, que trouxeram um amadurecimento na participação dos profissionais e nas nossas percepções institucionais, e foram especialmente favorecidos pela circulação de informações, o apoio em literatura atualizada e o aperfeiçoamento das práticas de trabalho que a Professora Milagros gentilmente compartilhou.

Agradecimentos

Sempre que escrevo um trabalho desta natureza, sinto que tenho muitas instituições e pessoas a quem agradecer; minha lista é interminável. Mas há instituições às quais desejo referir-me em caráter especial, aquelas de quem recebi grande ajuda para o desenvolvimento do meu trabalho como docente e cientista da conservação do patrimônio cultural. Estas são:

- União dos Escritores e Artistas de Cuba, da qual sou membro;
- Fundação Casa de Rui Barbosa, com a qual iniciei minha colaboração com o Brasil;
- Casa de Oswaldo Cruz (Fiocruz) e Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), que apoiaram no desenvolvimento dos programas de trabalho científico e de docente no Rio de Janeiro; a Universidade Politécnica de Valência, Espanha, com a qual colaboro como professora convidada há mais de quinze anos, e o Instituto Valenciano de Conservação e Restauração de Bens Culturais.

Desejo agradecer à Dra. Maria Luisa Ramos de Oliveira Soares, por sua ajuda e iniciativas, que possibilitaram o início de minha colaboração com a Fundação Casa de Rui Barbosa. Meu reconhecimento à M.Sc. Cláudia Espíndola por sua colaboração no trabalho de diagramação, ao M.Sc. Edmar Moraes Gonçalves, e a Especialista Ozana Hannesch pela valiosa ajuda na revisão da edição em português. E em geral a todos os que de alguma maneira contribuíram no desenvolvimento do presente trabalho.

A autora

*Dedico este trabalho à memória dos meus pais, ao meu esposo, irmãos, familiares e amigos,
de quem sempre recebi grande apoio e valiosos conselhos.*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS AGENTES BIOLÓGICOS E À BIODETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DOCUMENTAIS	15
1.1	Considerações gerais	15
1.2	Definições e conceitos importantes	18
2.	MATERIAIS CONSTITUINTES DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS	21
2.1	O papel como suporte	21
2.1.1	Composição	21
2.2	Elementos sustentados	23
2.2.1	Tintas	23
3.	FATORES DE DETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS	27
3.1	Considerações gerais	27
3.2	Fatores internos da deterioração	28
3.3	Fatores externos da deterioração	29
4.	OS AGENTES BIOLÓGICOS COMO FATOR EXTERNO DE DETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS	31
4.1	Considerações gerais	31
4.2	Roedores	32
4.2.1	Camundongos	32
4.2.2	Ratos	33
4.3	Insetos	34
4.3.1	Características principais dos insetos encontrados com frequência nos arquivos e bibliotecas	37
4.4	Microrganismos	44
4.4.1	Bactérias	46
4.4.2	Actinomicetos	49
4.4.3	Fungos	49
4.4.4	Algas	54
4.4.5	Líquens	55
5.	ATIVIDADE DOS MICRORGANISMOS NA BIODETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DOCUMENTAIS	57
5.1	Considerações gerais	57
5.2	Biodeterioração e microbiodeterioração	58
5.3	Tipos de danos	61

5.3.1 Danos físico-mecânicos	62
5.3.2 Danos químicos	62
5.3.3 Danos estéticos	63
5.4 Microbiodeterioração do papel	64
5.5 Transformações bioquímicas nestes processos	67
5.5.1 Biodegradação da celulose	67
5.5.2 Biodegradação da lignina	69
5.5.3 Biodegradação das hemiceluloses	70
5.5.4 Biodegradação dos compostos de menor peso molecular	71
5.5.5 Biodegradação das proteínas	72
6. POTENCIALIDADES PATOGÊNICAS DOS MICRORGANISMOS ENCONTRADOS NOS ARQUIVOS E BIBLIOTECAS	75
6.1 Considerações gerais	75
6.2 Patogenicidade	75
6.2.1 Fatores relacionados à patogenicidade	76
6.3 Infecção	77
6.3.1 Vias de propagação das infecções	78
6.4 Disseminação dos microrganismos na natureza	79
6.4.1 Microflora do ar	79
6.4.2 Microflora dos depósitos de livros e documentos	81
7. MÉTODOS DE COMBATE A PRAGAS E INFECÇÕES: NOVAS TENDÊNCIAS	83
7.1 Considerações gerais	83
7.2 Prevenção	84
7.3 Medidas preventivas	86
7.3.1 Inspeções periódicas	87
7.3.2 Vigilância do ambiente	87
7.3.3 Higiene e manutenção das coleções e dos espaços	88
7.4 Métodos de erradicação e controle alternativos	89
7.4.1 Controle de roedores	89
7.4.2 Controle de microrganismos e insetos	91
7.4.3 As técnicas da Biologia molecular como uma nova alternativa para o controle da biodeterioração	119
8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	125

1

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS AGENTES BIOLÓGICOS E À BIODETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DOCUMENTAIS

1.1 Considerações gerais

Um dos problemas fundamentais da conservação, na atualidade, é o grande volume de materiais a conservar, assim como a eficácia e o custo dos procedimentos a aplicar.

A conservação do patrimônio cultural é um problema de repercussão mundial, sobre o qual incide uma ampla gama de fatores físicos, químicos, biológicos, ecológicos, socioculturais e econômicos, motivo pelo qual, necessariamente, devemos abordá-la com enfoque multidisciplinar e com o auxílio das Ciências da Conservação. Dentro dessa problemática, as questões relacionadas com a biodeterioração constituem aspectos de grande importância, que requerem ser muito mais investigadas e divulgadas.

A biodeterioração é um processo complexo e de difícil solução, ocasionado pelos agentes biológicos que provocam alterações de diversas naturezas nos objetos e coleções de valor cultural, tornando necessária a aplicação de tratamentos drásticos para sua eliminação e controle, com os consequentes prejuízos.

Pode ter diferentes causas, origens e manifestações. Ocorre de maneira diferente nos materiais orgânicos e inorgânicos; por isto em cada caso será necessário enfrentá-la de forma específica. Deste modo, é extremamente importante o conhecimento, por parte dos conservadores, restauradores e todas as pessoas relacionadas com a conservação do patrimônio cultural, das causas da deterioração das coleções, dos meios de erradicação, assim como dos procedimentos terapêuticos e curativos alternativos aplicáveis em cada caso.

Entre os agentes biológicos responsáveis por esses processos deve ser considerado um amplo espectro de macro e microrganismos, entre os quais os insetos e os fungos desempenham o papel principal. Estes não só provocam danos às coleções, como sua presença no ambiente de nossas instituições constitui risco de infecção para as pessoas que estão em contato com os objetos e materiais contaminados. Sua atividade está diretamente relacionada com as suas potencialidades metabólicas, com a composição química dos materiais constituintes dos objetos, com as características climatológicas da zona ou região onde estejam localizadas as instituições e seu ambiente interior, assim como com o trabalho preventivo que nelas se desenvolva.

A maior parte dos livros e documentos que compõem o patrimônio histórico documental da humanidade se conserva nos arquivos e bibliotecas; instituições que têm entre suas funções fundamentais a preservação dos materiais que nelas se guardam e o compromisso social de transmiti-los para o futuro (De La Torre, 1997). Tais objetos se caracterizam não apenas por sua grande quantidade e diversidade, mas também por se constituírem basicamente por macromoléculas orgânicas, que são muito suscetíveis aos processos de biodeterioração.

A responsabilidade de preservar tal imensidade e diversidade de objetos tem dado lugar à busca incessante de mecanismos mais eficientes para conservar o patrimônio cultural da humanidade, com um enfoque multi e interdisciplinar e o auxílio das Ciências da Conservação.

As Ciências da Conservação começam no final do século XVIII com os trabalhos de Klaproth sobre o estudo da composição de uma coleção numismática (Tagle, 1999).

As investigações sobre a Biologia aplicada à conservação se iniciam no século XX. Neste sentido vale destacar os trabalhos de A. Gallo⁴, R. Kowalick, P. Banks, F. Gallo e outros, pioneiros no estudo dos agentes biológicos que danificam o patrimônio cultural.

Afortunadamente, nos últimos 50 anos surge um interesse crescente pelo patrimônio cultural e sua preservação, devido ao qual estamos assistindo a uma mudança de mentalidade e atitude. A conservação tende cada vez mais para a prevenção, desenvolvendo um enfoque mais crítico e multidisciplinar, baseado numa melhor compreensão dos mecanismos da deterioração das coleções e seus materiais constituintes para evitar as causas potenciais de danos. Em numerosos países realizam-se grandes esforços e se investe em recursos humanos e financeiros, com vistas a encontrar as efetivas soluções para os problemas que apresenta o patrimônio histórico artístico em nossas instituições. Atualmente muitas delas já contam com laboratórios científicos.

4 Alfonso Gallo fundou o Instituto de Patologia do Livro, em Roma, em meados do século XX.

Vale destacar, contudo, que muitas das coleções, que configuram o patrimônio histórico documental e outros bens culturais reunidos em muitas instituições, estão constantemente ameaçadas e correm o risco de perder-se por muitas razões. Lamentavelmente seu futuro é incerto e não sabemos se sobreviverão aos múltiplos processos do envelhecimento natural, ou se perecerão vítimas de fogo, inundações, desastres, guerras e atos de vandalismo (Manual, 1998). Não podemos deter esses processos: a única coisa que podemos fazer é assumir eticamente a responsabilidade de preservar aquilo que herdamos de nossos antecessores e que devemos deixar como legado às futuras gerações.

Dentre as instituições que reúnem bens culturais, os arquivos e as bibliotecas, historicamente, têm sido menos atendidas, o que tem repercutido negativamente no cuidado e na preservação dessas coleções, e por isto se faz necessário que os conservadores, restauradores, profissionais das diversas disciplinas do saber, assim como os funcionários e diretores relacionados com o tema conheçam os fatores que regem os processos de envelhecimento e deterioração desses materiais e como controlá-los.

Os materiais custodiados pelos arquivos e bibliotecas vão muito além de livros e documentos. Os manuscritos, mapas, periódicos, selos, fotografias, microfilmes, vídeos e materiais de áudio reunidos por tais instituições incrementam dia a dia suas necessidades de preservação.

Entre as prioridades de muitas bibliotecas e arquivos está encontrar a melhor forma para enfrentar o problema dos livros e documentos quebradiços, devido às mudanças introduzidas no processo de fabricação do papel no século XVIII e à substituição da pasta de trapo pela polpa de madeira, fenômeno descrito como “fogo lento”. Não obstante, desde o final do século XIX até esta data, o volume de livros, obras de arte e documentos elaborados em papel ácido tem aumentado extraordinariamente, e, o que é pior, continua prevalecendo no mundo a produção de papel ácido e de má qualidade. Isto constitui um desafio para a conservação moderna. Por outro lado, se a deterioração dos materiais elaborados com papel ácido se constitui o chamado “fogo lento”, a deterioração dos materiais especiais, tais como microfilmes e documentos de novo tipo, pode considerar-se “fogo rápido”. Esses materiais vêm se deteriorando com maior rapidez e têm recebido menor atenção. Este é outro problema de grande custo e de difícil solução.

Segundo pesquisas recentes, aproximadamente 60% dos livros e documentos que se conservam nos arquivos e bibliotecas requerem atenção especial. A isto se deve acrescentar o fato de que, a cada dia, aumenta o volume de materiais danificados; por isto, neste momento, o mais urgente é deter a degradação progressiva destas coleções (Banks, 1983). De acordo com artigo de Cunha (1988), calcula-se que cerca de 50% dos livros, na maioria das bibliotecas dos Estados Unidos, requerem cuidado físico, e que 20%, devido à fragilidade das páginas, nem sequer podem ser lidos sem que fiquem irremediavelmente danificados.

A maior parte das coleções de livros e documentos que se conservam nos arquivos e bibliotecas apresenta danos físico-mecânicos, amarelecimento do suporte, problemas de oxidação e corrosão das tintas, marcas, manchas de diferentes tipos e danos por agentes biológicos. Além disto, encontram-se armazenadas em condições inadequadas nas instituições, em lugares onde existem pó, fuligem, umidade, iluminação excessiva, e têm sido submetidas a tratamentos inadequados.

Muitas coleções apresentam problemas que, inclusive, não podem ser resolvidos com a restauração tradicional, por isto a tendência atual é a aplicação dos princípios da conservação preventiva. A tudo isso se deveriam acrescentar as grandes deteriorações ocasionadas por guerras, desastres e atos de vandalismo.

1.2 Definições e conceitos importantes

Existem outras questões, não menos importantes, que influem em toda esta problemática; entre elas, a necessidade de aumentar a formação dos conservadores, restauradores e, em geral, de todas as pessoas comprometidas com a conservação do patrimônio cultural, assim como problemas de definições e conceitos importantes em nosso âmbito.

Os conceitos *conservação*, *preservação*, *restauração* e *conservação preventiva* têm suscitado controvérsias ao longo dos anos e têm sido utilizados com frequência de forma confusa e pouco precisa. Assim, a corrente nórdica ou anglo-saxônica difere da corrente do Sul ou de tradição latina. Neste sentido, podemos mencionar as definições da Associação Latino-Americana de Arquivos (ALA), o Instituto Americano de Conservação (AIC), o Conselho Internacional de Museus (ICOM), entre outros.

O termo *preservação*, segundo a Associação Latino-Americana de Arquivos (ALA), refere-se às atividades associadas à manutenção dos materiais de arquivos, bibliotecas e museus, para seu uso na forma física original ou em algum outro formato, e inclui diversos procedimentos que vão desde o controle do meio ambiente até os tratamentos de conservação; por sua vez se subdivide em *preservação preventiva* (conservação preventiva) e *preservação reparadora* (restauração). Enquanto que a *conservação* refere-se ao tratamento para estabilizar esses materiais, mantendo sua sobrevivência durante o maior tempo possível em sua forma original (Catálogo, 1998).

O ponto de partida de ambas as definições é a prevenção: evitar ou retardar a deterioração, mais das coleções do que dos objetos individuais, atendendo todos aqueles aspectos relacionados à deterioração dos acervos, dando ênfase especial aos fatores ambientais.

Na atualidade chegou-se a um consenso majoritário em aceitar o conceito e a definição promulgados pela corrente anglo-saxônica. Para esta corrente, conservação é o termo utilizado para referir-se às atividades e técnicas direcionadas a prolongar a esperança de vida dos objetos, enquanto a restauração tem como objetivo primordial e exclusivo revalorizar o aspecto formal ou estético dos objetos (Ogden, 2006).

A definição de conservação comumente aceita é o conjunto de medidas e técnicas aplicadas de forma direta sobre os objetos ou de forma indireta, sobre seu entorno, imprescindíveis para fazer frente aos danos reais ou potenciais que eles possam sofrer, garantindo-lhes maior esperança de vida.

Por outro lado, a definição de restauração majoritariamente aceita é o conjunto de intervenções de caráter facultativo aplicadas sobre um objeto e destinadas a revalorizar seu aspecto formal e estético, a fim de facilitar sua leitura, compreensão e contemplação (Bernades, 1997).

A conservação pode tomar dois caminhos distintos, segundo os elementos ou aspectos que se enfoquem. Pode aplicar-se sobre as causas ou agentes de deterioração ou sobre os efeitos ou danos já presentes. Se a ação conservativa focaliza as causas prováveis do dano, falaremos de conservação preventiva; e se a ação conservativa trata os efeitos já presentes, estaremos falando de conservação curativa ou terapêutica. E assim surgiu o conceito seguinte:

Conservação preventiva: Conjunto de medidas aplicadas de forma direta sobre os objetos ou sobre seu entorno, direcionadas para evitar as causas potenciais de danos (Rose, 1992).

Apesar disso e de ser teórica a diferença de enfoque existente entre a prevenção e a conservação curativa, na prática é difícil estabelecer sua linha fronteira, já que, em muitos casos, a ação de uma e de outra podem conjugar-se e sobrepor-se numa mesma atuação. Muitas vezes uma intervenção curativa supõe, ao mesmo tempo, uma ação preventiva e vice-versa.

Portanto, para realizar uma boa conservação preventiva será imprescindível elaborar um programa prévio de atuação, adaptado aos lugares e às coleções a conservar.

A conservação preventiva, pouco a pouco, tem criado um espaço e uma identidade no mundo da proteção do patrimônio cultural e foi englobando aspectos cada vez mais variados. Por isso sua aplicação prática supõe uma tarefa multidisciplinar na qual, longe de todo dogmatismo, cada ação deve ser precedida de uma exaustiva análise e registro de dados e o controle contínuo dos sucessivos resultados, já que cada intervenção é um caso único e diferente.

Portanto, é impossível atribuir essa tarefa a um único responsável ou especialista. Ao contrário, é necessário buscar a coordenação e articulação das tarefas entre diferentes especialistas e assim conseguir um verdadeiro trabalho de equipe (García, 1999).

2

MATERIAIS CONSTITUINTES DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS

Nas coleções de arquivos e bibliotecas encontramos dois tipos principais de constituintes: o suporte ou portador da informação e os elementos sustentados.

2.1 O papel como suporte

O papel, que hoje em dia conhecemos, é uma folha fina, feita com pastas de materiais fibrosos, moídos, branqueados e desagregados em água, secos e consolidados por procedimentos especiais. Também se prepara a pasta de papel com polpa de cânhamo, esparto, algodão, linho, bagaço de cana, palha de arroz e madeiras. Suas aplicações são muito variadas, pois nele se escreve, imprime, desenha, pinta, entre outros usos.

A variedade de papéis que existe na atualidade se deve, em grande medida, à diversidade de matérias-primas utilizadas no processo de fabricação, no qual as fibras de madeiras ocupam um lugar importante. Em geral, estas são de qualidade inferior às do papel de trapo. Também se fabricam papéis com misturas de trapo e outros materiais fibrosos; e nestes casos as proporções da mistura determinam a qualidade do papel obtido (Kraemer, 1973).

As características do papel estão relacionadas com: as condições de sua obtenção, as características da (en)colagem e a granulometria determinada na fabricação, entre outros fatores.

2.1.1 Composição

Os principais componentes do papel são: a fibra ou material fibroso e os aditivos funcionais: (en)colante, carga, alvejantes óticos e agentes consolidantes (Vaillant; Valentín, 1996; Gómez, 1998).

2.1.1.1 Fibra ou material fibroso

A fibra ou material fibroso é o material celulósico, componente majoritário. Geralmente é de origem vegetal, podendo ser obtido a partir de fontes muito diversas. Do ponto de vista químico, contém basicamente celulose e, em menor quantidade, polímeros como lignina, hemicelulose e outras macromoléculas aderidas fortemente às estruturas fitotissulares. A qualidade e a quantidade de cada um destes componentes dependerá da fonte de matéria-prima utilizada e do procedimento aplicado para a obtenção da fibra.

O material fibroso deverá ter boa pureza química com alto conteúdo de alfa-celulose; baixa proporção de grupos redutores (lignina e elementos inorgânicos); alta resistência mecânica, o que se alcançará mediante fibras fortes, elevado grau de polimerização e alto nível de resistência das ligações interfibras. Estes requisitos podem ser conseguidos com uma correta seleção do material fibroso, assim como adequado balanço e controle dos processos de polpação, branqueamento e moagem.

Entre os materiais fibrosos mais utilizados pela indústria papelreira, podemos citar:

- Algodão e linho: ambos possuem alta pureza química, resistência e grau de polimerização.
- Coníferas (abeto, pinheiro, etc.): suas fibras são longas e resistentes, têm baixo conteúdo de hemicelulose e alto grau de polimerização.
- Madeiras duras (choupo, eucalipto): possuem fibras curtas, muitos elementos parenquimatosos, baixo grau de polimerização, alto conteúdo de lignina e hemicelulose.

O papel moderno é elaborado com fibras de madeira, por isso sua durabilidade é muito inferior àquela do papel antigo.

2.1.1.2 Aditivos funcionais

Encolantes: são aditivos funcionais que se acrescentam para garantir as propriedades desejadas em função do uso. Podem ser de origem vegetal, animal ou sintética. Entre suas principais funções estão: aumentar a retenção das fibras, dar solidez à folha, aumentar a resistência do papel e prevenir o corrimento das tintas utilizadas na escrita. Existem vários tipos: meio ácido (alume, colofônia) pH 4-5; meio neutro (alume-aluminato, encolante alcalino) pH 7-8.

Cargas ou recheios: são pós minerais que se adicionam com o objetivo de melhorar as propriedades óticas e baratear o custo de produção. São elementos metálicos, por exemplo: caulim, carbonato de cálcio, dióxido de titânio e de

alumínio. Quando seu conteúdo é elevado, as propriedades mecânicas do papel são afetadas, pois substituem as ligações interfibras.

Alvejantes óticos: constituídos por substâncias adicionadas para aumentar a brancura e o reflexo à luz do papel. São compostos químicos que absorvem a luz ultravioleta e que, portanto, favorecem as reações fotoquímicas do material fibroso. Este tipo de substância não pode ser utilizada na elaboração de papéis permanentes.

Às vezes, segundo a utilização que terá o papel, são usados colorantes e outros aditivos, como o amido ou goma. Este apresenta várias dificuldades: pode sofrer facilmente hidrólise, originando grupos redutores ácidos e compostos cromóforos, e propiciando o ataque microbiano ao papel.

Agentes consolidantes: são substâncias que se utilizam como aglutinantes. Entre eles podemos mencionar a gelatina, o acetato de celulose e a carboximetilcelulose.

- A gelatina é um bom adesivo, mas favorece o ataque microbiano e o amarelecimento do papel.
- O acetato de celulose provoca hidrólise ácida do material fibroso e, portanto, do papel, com a perda de sua brancura.
- A carboximetilcelulose, por ser um derivado da celulose, não introduz fatores nocivos e aumenta a durabilidade.

2.2 Elementos sustentados

2.2.1 Tintas

Através dos tempos, tem sido utilizada uma grande variedade de tintas que, por sua natureza, podem ser de origem vegetal, animal e mineral. Em sua composição tomam parte diferentes ingredientes, que são os que decidem finalmente suas propriedades e sua qualidade.

Conhece-se como tinta um líquido terso, homogêneo, fluido, que se fixa ao suporte, dotado de cor intensa, durável, inodoro e com pH variável. Geralmente é constituída por um pigmento (responsável por sua cor), um diluente (que possibilita sua dispersão e fluidez), e um aglutinante (que facilita sua fixação ao suporte, o que se realiza mediante reações químicas catalisadas pela acidez) (Someillan; Gómez; González, 2006). A combinação dos ingredientes antes mencionados com outros, como os espessantes, alvejantes e corantes, originam os diferentes tipos de tintas: as tintas caligráficas (escrita manual), as de impressão (técnicas impressoras) e as pictóricas (criações artísticas).

As mais antigas (as tintas caligráficas conhecidas há mais de 2.500 anos a.C.) provêm do Egito e da China, e eram compostas de negro de fumo misturado com aglutinantes, como a goma arábica e a cola de peixe. Sua durabilidade deve-se à qualidade de seus componentes fundamentais, em especial o pigmento e, por isso, são tintas estáveis. Com algumas mudanças em sua composição, esta tinta foi levada à Europa e utilizada de forma quase exclusiva até o século XV. Daí para adiante, a tinta ferrogálica, conhecida desde a antiguidade, ressurgiu para tomar o lugar da tinta chinesa.

A tinta ferrogálica é composta de sulfato de ferro, ácido galotânico e um aglutinante, geralmente goma arábica dissolvida em água. O ácido galotânico é um tanino extraído da noz de galha que se forma no tronco do carvalho. A mistura do tanino com o sulfato de ferro forma o tanato ferroso, que, quando aplicado ao papel, apresenta coloração fraca. Com a absorção do oxigênio, o tanato de ferro torna-se castanho escuro. Por esta razão, para facilitar a escrita, é comum a adição de corantes nesta mistura. A corrosão do papel, observada em muitos manuscritos com tintas ferrogálicas, associa-se intrinsecamente aos seus componentes básicos.

Com o desenvolvimento tecnológico, surgiu a necessidade de conhecer mais amplamente as técnicas gráficas porque, juntamente com as tintas caligráficas, expandiram-se as de impressão. Os componentes de origem vegetal e animal foram substituídos, em sua grande maioria, por sintéticos, e aos componentes básicos adicionaram-se outros secundários para atender à grande diversidade de especificações, de acordo com sua aplicação.

A anilina, base dos corantes chamados sintéticos ou artificiais, é um líquido gorduroso, moderadamente solúvel em água, obtido através da transformação da benzina (nitrobenzina, clorobenzina), durante a elaboração do carvão mineral ou do carvão vegetal (alcatrão) ainda que, antes de sua industrialização, obtinha-se do índigo (anil). É um produto tóxico, incolor assim que obtido mas que, ao primeiro contato com o oxigênio, toma uma tonalidade amarela escura.

O menor custo e a capacidade de dar diferentes cores e tonalidades fizeram com que os corantes sintéticos substituíssem os naturais. No entanto, quanto à permanência e à durabilidade, os corantes anilínicos perderam sua supremacia ante seus antecessores.

As tintas de anilina possuem uma diferença substancial que é a baixa resistência à luz, o que resulta numa descoloração paulatina dos textos.

O nanquim, atualmente utilizado, é uma continuação adaptada da antiga fórmula. Suas propriedades são as mesmas; com o passar do tempo se fixa cada vez mais ao papel e sua cor negra é permanente. O grafite tem, assim como o carbono, características de resistência em relação à luz, à água e aos microrganismos. Por ser inócuo ao papel, é aconselhável para anotações em documentos.

As tintas de impressão diferenciam-se das denominadas *de escrever* ou *caligráficas* por substituir o solvente aquoso que as caracteriza por um meio oleoso, denominado comumente verniz, que age como veículo de aplicação. Inicialmente usava-se óleo de linhaça, que foi substituído por resinas sintéticas. Estas tintas apresentam permanência, especialmente as de cor negra, porque utilizam pigmentos à base de carbono. Podem classificar-se em tipográficas (para jornais e tiragens de luxo), litográficas e offset, entre outras.

Por sua vez, as *tintas pictóricas* utilizam-se em miniaturas e iluminuras. A maioria das tintas utilizadas em obras de arte é muito estável. As miniaturas ilustram alguns dos códices medievais. A técnica empregada é a têmpera combinada, às vezes com ornamentações de ouro e prata, características dos manuscritos iluminados, sempre em pergaminho ou vitela e raramente em papel.

Do ponto de vista da conservação, denominam-se tintas estáveis aquelas que possuem equilíbrio físico-químico ante fatores ambientais e que são neutras em relação ao suporte que as sustenta; e tintas instáveis, aquelas que em cuja constituição tomam parte elementos que, direta e indiretamente, provocam sua própria alteração ou a do suporte que as contém.

O conhecimento da composição das tintas e de sua estabilidade é um elemento importante a considerar na hora de definir as prioridades de conservação das coleções, assim como para determinar quais são os procedimentos a seguir em caso de necessária restauração.

Atualmente se dá grande atenção à problemática das tintas duráveis ou permanentes, ou seja, aquelas que sejam quimicamente estáveis, que não sofram alterações pelas influências dos fatores externos e que não ocasionem danos aos suportes.

Os materiais utilizados com estes propósitos deverão ser estáveis; quimicamente neutros; inócuos ao suporte; insolúveis em água, solventes orgânicos e soluções branqueadoras; de secagem rápida e fácil obtenção, e não devem borrar.

Ainda que se tenha dado maior ênfase ao suporte papel, por seu caráter predominante nos materiais de bibliotecas e arquivos tradicionais, deve-se dizer que as imagens ou documentos elaborados em suportes fotográficos, eletrônicos, óticos, fitas magnéticas, entre outros, por também serem constituídos de materiais orgânicos sintéticos, encontram-se expostos aos riscos das condições ambientais, do manuseio e de outras causas deterioradoras.

As microformas, os discos óticos e magnéticos, as fotografias e os meios audiovisuais etc. também são afetados por fatores endógenos, por isto necessitam ser armazenados e utilizados adequadamente para prevenir que desapareçam

prematuramente. Já se prevê, por exemplo, que os CDs e os disquetes têm também um tempo de vida, atualmente fixado entre 20 e 25 anos.

3

FATORES DE DETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS

3.1 Considerações gerais

A imensa maioria das coleções de livros e documentos que hoje em dia se conservam nas bibliotecas e arquivos foi elaborada tendo o papel como suporte; inclusive calcula-se que 94 % da informação acumulada pelo homem têm sido escrita neste suporte; material de natureza orgânica em cuja composição encontramos uma série de substâncias de mesma origem, as quais, por suas características químicas, são muito suscetíveis aos processos de deterioração, degradação, biodeterioração e biodegradação.

A pouca durabilidade dos livros e documentos contemporâneos é notória quando a comparamos com a dos materiais mais antigos.

Quando observamos um livro ou manuscrito antigo em estado de conservação deficiente, podemos constatar que apresenta vários tipos de danos ao mesmo tempo, o que nos demonstra que se trata de um fenômeno multifatorial.

De acordo com informação de Novotny (2000), as principais ameaças para os materiais de arquivos e bibliotecas podem ser estabelecidas da seguinte forma: natureza do material; a manufatura; o ambiente no qual se encontram; o modo como são manipulados; os desastres naturais; e os tratamentos inadequados ocasionados pelo homem. As interações de todas elas afetam as propriedades de permanência e durabilidade dos acervos documentais e conduzem à aparição de reações químicas, físico-químicas e biológicas, tanto no nível macroscópico quanto no estrutural, as quais estão relacionadas aos processos de degradação do suporte e dos elementos sustentados.

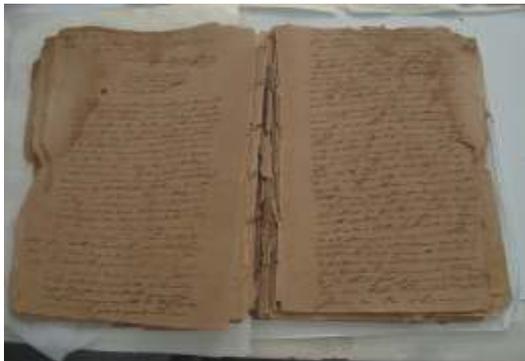
Tais processos quase sempre implicam na redução do grau de polimerização da macromolécula ou polímero celulósico, e podem ser originados por causas físicas, térmicas e biológicas; cada uma ocasionando danos específicos. Estas reações são de: termodegradação (originadas pelo calor e temperaturas elevadas), fotodegradação (produzidas pela luz e suas diversas radiações) e biodegradação (ocasionadas pelos agentes biológicos).

Vale destacar que as coleções tradicionais de arquivos e bibliotecas estão constituídas, majoritariamente, de um amplo espectro de materiais orgânicos, tais como papel, tela, peles animais e adesivos, entre outros, que, por sua natureza higroscópica, reagem diferentemente frente aos fatores do envelhecimento e da deterioração. Por isso, para tentar evitar estes processos, torná-los mais lentos e reduzir o risco de destruição definitiva dessas coleções, é fundamental tomar determinadas medidas preventivas, entre elas sua manipulação cuidadosa e sua estabilização em ambiente apropriado. Estes processos são inevitáveis e estão regulados por leis e princípios científicos, muitos dos quais são conhecidos.

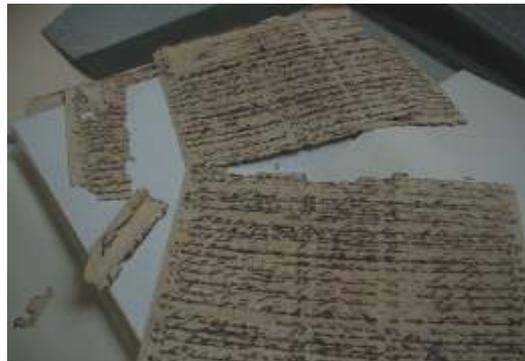
São muitos os fatores responsáveis pela deterioração do patrimônio histórico documental. Estes podem ser classificados de diferentes formas (Clapp, 1974; Pribalov, 1982; Beck, 1992). A classificação mais utilizada é de acordo com a origem dos agentes produtores do dano (Vaillant; Echevarría, 1994). Neste sentido, dividem-se em dois grandes grupos: internos ou inerentes e externos ou extrínsecos.

3.2 Fatores internos da deterioração

Os fatores internos, também denominados “vícios inerentes”, são aqueles relacionados ao processo de fabricação, entre eles: tipo e qualidade do material fibroso ou polpa utilizada; processos e materiais para a colagem, cargas ou recheios; aditivos químicos; acidez e presença de compostos metálicos; entre outros (Talavera; Molina, 1988). Estes fatores não podem ser controlados, pois o livro ou o documento, uma vez elaborados, não podem ter modificados seu método e sua forma de elaboração.



Amarelecimento do suporte



Manuscrito com corrosão pela tinta



Deterioração por foxing



Deterioração por foxing

3.3 Fatores externos da deterioração

São aqueles relacionados com as condições ambientais e com a ecologia que rodeia os acervos documentais durante seu uso, manipulação e armazenamento nas instituições, durante toda sua vida útil.

Entre eles devemos destacar: umidade relativa, temperatura, iluminação, contaminantes atmosféricos, agentes biológicos, ventilação, processos e tratamentos inadequados, assim como desastres e atos de vandalismo. Estes fatores, segundo a natureza dos agentes produtores do dano, normalmente se classificam em químicos, físicos, mecânicos, biológicos e ecológicos (Vaillant; Valentin, 1996). Sobre eles podemos atuar e podemos modificá-los, estabelecendo as condições adequadas, de acordo com os requisitos dos materiais constituintes.



Danos físicos do documento



Alterações estruturais do livro



Livro danificado depois de molhado



Armazenamento inadequado

4

OS AGENTES BIOLÓGICOS COMO FATOR EXTERNO DE DETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DE ARQUIVOS E BIBLIOTECAS

4.1 Considerações gerais

Os agentes biológicos constituem, sem dúvida, um sério problema nas instituições que reúnem bens culturais; em particular, os arquivos e bibliotecas.

Eles desempenham um importante papel na biodeterioração de nossas coleções. Ao mesmo tempo, sua presença no ambiente institucional constitui risco de infecção ao pessoal exposto às coleções contaminadas, o que depende das potencialidades patogênicas desses agentes.

Desenvolvem-se em ambientes propícios, especialmente onde existam umidade relativa e temperatura altas. Sua atividade biológica está relacionada com o lugar onde estejam localizadas as instituições, com os materiais que nelas sejam conservados, assim como com o trabalho nelas desenvolvido.

Entre os inimigos biológicos responsáveis por estes processos, deve ser considerado um amplo espectro de macro e microrganismos, que abarcam: aves, roedores, morcegos, insetos, microrganismos (bactérias, algas, leveduras, fungos, líquens) e, às vezes, plantas inferiores (Nyukska, 1990). Eles provocam a biodeterioração dos acervos documentais por meio de alterações químicas, mecânicas e cromáticas dos suportes, dependendo de suas atividades metabólicas; ao mesmo tempo em que podem causar diferentes tipos de problemas à saúde das pessoas que trabalham nas instituições. Os danos observados com maior frequência nos arquivos e bibliotecas são os provocados por roedores, insetos e fungos.

Com respeito a estes agentes devemos conhecer os grupos que se caracterizam pelo mesmo tipo de ataque e algumas espécies que têm sido identificadas como potencialmente patogênicas, o que nos permitirá tomar as precauções necessárias para sua eliminação e controle em pouco tempo, caso sejam detectadas.

4.2 Roedores

Os roedores⁵ compreendem quase 40% de todos os mamíferos existentes. Pertencem à ordem *Rodentia*, a mais numerosa, que compreende 1.711 espécies pertencentes a 35 famílias, que incluem 389 gêneros, muitos dos quais são pragas muito graves para o homem (Anderson; Knox, 1984). Pertencem ao grupo dos *Euterios*. Seu traço anatômico mais característico é sua dentadura, com incisivos chatos, cortados em bisel, em crescimento para contínuo desgaste. A forma e o tamanho das marcas de seus dentes proporcionam uma pista para a identificação das espécies.

Habitam em ambientes quentes, úmidos e sombrios; por isto os climas tropicais são muito favoráveis a eles. Invadem os depósitos através das portas, janelas, tetos, pisos e túneis escavados por eles. Entram nos depósitos quase sempre em busca de restos de alimentos e resíduos existentes nestes locais.

Utilizam o papel, os tecidos e outros materiais orgânicos para construir seus ninhos. Quando invadem, se não são detectados e eliminados rapidamente, podem ocasionar graves danos químicos e físico-mecânicos às coleções de valor cultural.

Além dos danos que estes agentes podem ocasionar aos livros e documentos, também constituem um perigo potencial no sentido epidemiológico, já que transmitem 243 doenças fatais ao homem, e a cada ano produzem casos de febre hemorrágica, hantavírus, triquinose e outras lesões severas devido ao contato com estes animais (Alfa Beta Sistemas, 2005). Os mais frequentes na América e na Europa são os camundongos e os ratos.

4.2.1 Camundongos

O camundongo doméstico *Mus. musculus L. (Mallis)* é o roedor mais comum nos museus, arquivos e bibliotecas. É de tamanho pequeno, cor cinza e costuma viver no interior de imóveis. Como todos os roedores são onívoros, pode consumir qualquer tipo de alimento, e ingere somente uns três gramas diariamente, mas em sucessivas e pequenas

5 Nome genérico de determinados mamíferos cuja característica principal é ter um único par de incisivos em forma de cinzel em cada mandíbula, utilizados para roer.

vezes, realizadas em pontos diferentes. Tem hábitos noturnos. Frequentemente aproveita as lacunas das paredes, cartonagens e produtos semelhantes para fazer seus ninhos no chão ou em tocas.

Suas populações se multiplicam rapidamente, ainda que o crescimento das mesmas seja limitado por fatores de refúgio, alimentação e umidade disponíveis (VV.AA., 2005). Quando as condições são favoráveis a eles, devido à falta de higiene nos lugares ou à má organização de depósitos, reproduzem-se com rapidez, ocasionando contaminações de materiais com urina e fezes, com possibilidade de transmissão de doenças, tais como infecções intestinais, já que são portadores de salmonela. Ao mesmo tempo, podem ocasionar grandes perdas econômicas, o que torna necessário seu controle.

Esta espécie é capaz de invadir qualquer tipo de edificação. Gosta de ocultar-se e vive no exterior do ninho durante todo o ano, em um território situado a pouca distância dele. A distância que costuma percorrer não supera um círculo de 9 metros de diâmetro. Invade os imóveis, particularmente no outono, nas regiões temperadas. É muito prolífero.

Quando habita no interior dos edifícios, reproduz durante todo o ano, e a fêmea pode parir a cada 50 dias; mas quando está ao ar livre tem períodos de cio, com momentos de auge na primavera e no outono. Alcança a maturidade sexual entre 8 e 10 semanas.

Os machos são muito territoriais, motivo pelo qual é necessário praticar métodos de combate eficientes nos lugares onde se encontrem suas excreções.

Os danos que ocasionam nas coleções estão relacionados com a destruição mecânica que provocam nos materiais, para construir seus ninhos. Estes podem ser enormes, mesmo quando a infestação não seja muito grande no que se refere ao número de indivíduos. Depositam urina e excrementos sobre os objetos. Por outra parte, eles podem roer o isolamento dos cabos elétricos, ocasionando curtos-circuitos e incêndios. No curso de sua atividade noturna deixam rastros de sua presença nos lugares pelos quais tenham passado, tais como fezes (parecidas a grãos de arroz tingidos), marcas de seus dentes, buraquinhos decorados no chão e nas paredes, assim como o cheiro desagradável de sua urina, permitem sua detecção.

4.2.2 Ratos

Os ratos constituem perigo para todos os objetos e coleções de valor cultural por seu costume de roer os materiais que encontram pelo caminho. Existem várias espécies, as quais podem invadir os edifícios em busca de alimentos e refúgio. As mais frequentes nas cidades são *Rattus norvegicus* (*Erxleben*), (*Were*) e *Rattus rattus*.

Rattus norvegicus (rato negro) é originária da Ásia Central. É conhecida comumente como rato-norueguês, ratazana e rato-de-esgoto. Mede entre 35 e 45 cm. As ninhadas nascem por volta de 22 dias depois do acasalamento. Dorme durante o dia e realiza atividades durante a noite. Danifica papéis, livros, têxteis, móveis e roupas, além de comer os alimentos armazenados. Vive em tocas sob a terra, em lixeiras, esgotos, bueiros. É boa escaladora, saltadora, nadadora, mergulhadora e muito agressiva. É uma espécie muito danosa, prejudicial e transmissora de muitas doenças.



Dano por roedor

Rattus rattus é originária do Sudeste Asiático, principalmente das zonas de floresta. É conhecida comumente como rato-de-telhado. Em períodos anteriores, foi dividida em subespécies em função da grande variação de cores em sua pelagem, que varia desde o cinza escuro ao negro, por isto na mesma ninhada podem ser encontrados animais de diferentes cores. Prefere as frutas, as sementes e os grãos, e quando não pode encontrar estes alimentos, busca-os longe. Tem hábitos noturnos e constrói ninhos volumosos com ramos e capins. É boa escaladora e vive tanto em ambientes internos quanto em externos.

Ocasionam graves danos às coleções documentais já que, ainda que não utilizem o papel como fonte de alimento, usam-no para construir seus ninhos; por isto provocam deterioração físico-mecânica de grandes magnitudes nas coleções. Por outra parte, transmitem doenças ao homem.

As doenças transmitidas pelos ratos têm sido estudadas profundamente. Incluem-se: a peste bulbônica, o tifo murídeo, a icterícia contagiosa, a febre por mordida, a leptospirose e a raiva (Bayer Environmental Science, 2005).

4.3 Insetos

Pertencem à classe *Insecta* e constituem o maior grupo dentro dos artrópodes⁶. Destes há descritas ao menos 900.000 espécies. São denominados hexápodes, devido ao fato de possuírem seis patas. Constituem o grupo mais variado do reino animal. Destacam-se as seguintes ordens: *Lepidóptera*, *Ortóptera*, *Dictióptera*, *Tisanuro*, *Himenóptera*, *Isóptera*, *Díptera* e *Coleóptera* (Astorga, 2003), como insetos bibliófagos. Têm o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen. Sua característica é possuir mandíbula, antena, três pares de patas e dois pares de asas (muitas espécies). São de tamanho

6 Patas articuladas.

variável; os menores medem menos de 0,25 mm de comprimento, enquanto outros podem alcançar 30 cm. Possuem um exosqueleto rígido, coberto por uma substância proteico-quitinosa que lhes oferece sustentação e proteção, que pode ser muito duro como nos escaravelhos, ou macio como nas traças-dos-livros. Devido a isto, não podem crescer até alcançar o estado adulto, os vertebrados, porque precisam mudar seu envoltório sucessivamente (exúvia). Uma vez que alcançam a última carapaça, não crescem mais.

Os insetos possuem órgãos sexuais ou gônadas quando são adultos e algumas vezes têm dois sexos; as fêmeas põem ovos em grande número. Durante seu desenvolvimento realizam metamorfose, que pode ser de dois tipos: incompleta ou gradual (a mais primitiva) e completa (Gallo, 1994).

Igualmente a outros animais, os insetos necessitam o oxigênio do ar, e expiram dióxido de carbono. O ar penetra no corpo através dos espiráculos e se distribui por tubos rígidos que se ramificam, chamados traqueias.

São providos de um aparelho bucal mastigador dotado de poderosas mandíbulas. Usam nervos para transmitir informação desde e para os gânglios centrais. A informação exterior é percebida através de órgãos sensoriais, como os olhos e as antenas. Um bom conhecimento deste sistema ajuda no planejamento de pesticidas eficazes.

Alguns como as abelhas, as formigas e os cupins (térmitas), vivem em complexas estruturas sociais, nas quais se distribuem indivíduos adaptados para desempenhar as diversas atividades necessárias à alimentação, ao abrigo e à reprodução da colônia.

Numerosas espécies deterioram as coleções documentais mediante danos físico-mecânicos e alterações cromáticas nos suportes que infestam. Estão distribuídas por todo o mundo, e englobam espécies que vivem nos mais diversos ecossistemas, sendo mais frequentes, em quantidade e em tipos, nos trópicos. Muitas delas são encontradas como contaminadoras em obras e documentos, das quais têm sido descritas por volta de 70 espécies, pertencentes a várias famílias e ordens. Cada uma produz um tipo de decomposição biológica de aspecto muito característico, o que permite sua identificação.

A via de acesso às instituições é através das portas e janelas. Podem chegar aos depósitos aderidos ao pó, arrastados pelo vento ou acompanhando materiais contaminados. Sua ação destrutiva é muito intensa nos climas tropicais, onde a elevação da umidade e da temperatura ambientais propicia seu desenvolvimento.

Muitas das espécies que habitam nos arquivos e bibliotecas são cosmopolitas; outras têm especificidade por zonas geográficas determinadas. Possuem mecanismos de adaptação muito poderosos, que permitem a elas sobreviver em condições extremas, inclusive na presença de inseticidas, o que as converte em potentes inimigos.

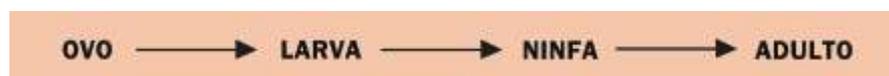
Os grupos que encontramos com maior frequência nos arquivos e bibliotecas são metazoários invertebrados de seis patas. Os mais comuns são as baratas, traças, brocas e piolhos-do-livro (Montanari, 1982). Do ponto de vista de seu desenvolvimento podem ser divididos em dois grupos:

O primeiro grupo inclui: baratas (*Blattoidea*), traças-dos-livros (*Tisanuro*), piolhos-de-livro (*Corrodentia*), cupins (*Isópteros*). Estes sofrem metamorfose incompleta. Seu estágio inicial é o ovo, a partir do qual emergem as larvas.

- Nas espécies em que os adultos não têm asas, as larvas desenvolvem-se suficientemente até que passam diretamente ao estado adulto. Seu ciclo de desenvolvimento é:



- Nas espécies em que os adultos possuem asas, as larvas, quando amadurecem, originam indivíduos chamados ninfas. Elas parecem adultos e se diferenciam principalmente no tamanho, já que são consideravelmente menores. Nas espécies que possuem estes órgãos, as asas começam a aparecer ao final do estágio de ninfa. Neste caso o ciclo de desenvolvimento é:



O segundo grupo inclui: os Coleópteros. Sofrem metamorfose completa. Do ovo emergem as larvas que são vermiformes, com um corpo macio recoberto por cerdas. Ao final do período larval, os insetos transformam-se em pupas e logo passam a adultos. As famílias de interesse para nós são: traças (*Anobiidae*) e escaravelhos (*Dermestidae*). Têm o ciclo de vida seguinte:



O período larval é o mais perigoso para os suportes, já que as larvas consomem quantidades consideráveis de alimento.

As pupas, com traços similares aos adultos, estão envoltas numa proteção leve, que se rompe quando eles mudam para o estágio superior; elas nem se movem, nem comem; seus corpos macios e pálidos escurecem e crescem substancialmente até chegar ao estado adulto.

Muitas espécies de besouros e cupins são boas voadoras e se dispersam facilmente ao entardecer, especialmente nos dias quentes e úmidos, atraídas pelas luzes internas. Estas invasões são mais frequentes durante os meses de abril a julho e com as chuvas. Outra via usual é acompanhando peças contaminadas e materiais de embalagens infestados.

Algumas pragas insetívoras encontram-se vivendo dentro das edificações durante anos sem causar danos aparentes, até que chegam novas peças e começam a ser detectados os primeiros sinais de deterioração.

O fato de existir grupos tão diversos, com ciclos de vida diferentes, complica o problema para os conservadores, pois sua erradicação e controle se tornam mais difíceis.

4.3.1 Características principais dos insetos encontrados com frequência nos arquivos e bibliotecas

ORDEM: BLATTOIDEA
FAMÍLIAS: BLATTELLIDAE, BLATTIDAE
NOME COMUM: BARATAS

São conhecidas por volta de 2.500 espécies pertencentes a esta ordem. Vivem em climas quentes, ainda que algumas espécies começam a ser cosmopolitas e a estender-se a climas frios. Costumam viver em imóveis.

Estes ortópteros têm uma metamorfose incompleta, passando de ovo a ninfa e depois à fase adulta. Suas espécies desenvolvem uma grande resistência e criam defesas contra as condições adversas. Gostam dos lugares úmidos e sombrios. Proliferam-se rapidamente em armazéns e depósitos, para onde são atraídas em busca de restos alimentícios. Quando invadem, provocam danos aos materiais armazenados. Ocasionalmente causam danos superficiais no papel e em outros suportes orgânicos, assim como nas encadernações. As espécies encontradas com maior frequência nos museus, arquivos e bibliotecas são:

Blattela germanica L. (Barata-germânica)

Blatta orientalis L. (Barata-oriental)

Periplaneta americana (Barata-americana)

Têm hábitos noturnos e requerem alta umidade para viver, razão pela qual geralmente residem perto de pias, banheiros, porões e bueiros. São capazes de subir através de superfícies lisas como os vidros. A duração do ciclo de vida varia de

uma espécie para a outra, e se modifica, dependendo do meio no qual se encontrem. São onívoras. Comem dejetos animais e humanos. Em relação aos materiais de arquivos, preferem papel, adesivos, gomas, couros e pergaminhos. Produzem desgastes superficiais com contornos irregulares e, ocasionalmente, manchas esbranquiçadas e buracos em forma de vírgula nos suportes. As manchas são produzidas pelo líquido fecal destes insetos.



Biodeterioração ocasionada por baratas



Diferentes tipos de biodeterioração ocasionados por insetos

Esta família inclui 200 espécies. Estes insetos têm sido encontrados em muitos países com climas temperados, subtropicais e tropicais. A espécie mais difundida, que infesta os materiais de arquivos, bibliotecas e museus, é *Lepisma saccharina*, L. (traça-dos-livros). Vive em lugares úmidos, já que necessita de certa quantidade de água

para sobreviver. Tem hábitos noturnos, esconde-se durante o dia, atrás de madeira, quadros e dentro de livros. A fêmea deposita seus ovos (um ou, no máximo, três) em esconderijos, fora de seu caminho. As ninfas têm a mesma aparência dos adultos quando chocam, e diferem deles em cor e tamanho. A amplitude do ciclo de vida depende das condições climáticas.

A traça-dos-livros alimenta-se de materiais que contêm amido (por exemplo de base vegetal, adesivos), de constituintes do papel e de tecidos de algodão. Preferem o papel feito de celulose pura e necessita de pequenas quantidades de proteínas, que podem ser encontradas em insetos mortos e colas de origem animal. Danifica as fotografias destruindo o papel e a gelatina. Este inseto produz desgastes superficiais irregulares, diferentes em tamanho daqueles ocasionados pelas baratas, já que é muito menor do que elas.

ORDEM: ZYGENTOMA (THYSANURA)
FAMÍLIA: LEPISMATIDAE OU
BRISTTELAIS
GÊNERO: *LEPISMA*
NOME COMUM: TRAÇA-DOS-LIVROS

ORDEM: CORRODENTIA
FAMÍLIA: LIPOSCELIDAE
GÊNERO: *LIPOSCELIS*
NOME COMUM: PIOLHO-DE-LIVRO

Esta ordem inclui cerca de 1.000 espécies. A espécie encontrada com maior frequência é *Liposcelis divinatorius* (piolho-de-livro). Geralmente vive sobre materiais vegetais e animais; às vezes é encontrada em documentos, páginas de livros, encadernações e estruturas de madeiras previamente danificadas por fungos. Alimenta-se de fungos e restos de outros insetos mortos. Isto explica porque este inseto pode ser encontrado na massa de parede de edificações reconstruídas e em áreas úmidas; também explica sua ausência em lugares secos e bem ventilados. Causa danos aos adesivos do papel, a herbários e a coleções entomológicas, produzindo lacunas finas e superficiais com contornos irregulares. Este tipo de desgaste não é facilmente detectável por uma pessoa inexperiente.

ORDEM: ISÓPTERA
FAMÍLIAS: MASTOTERMITIDAE
HODOTERMITIDAE
RHINOTERMITIDAE
TERMITIDAE
KALOTERMITIDAE
GÊNEROS: *RETÍCULITERMES*, *KALOTERMES*,
CRIPTOTERMES
NOMES COMUNS: CUPINS OU
FORMIGAS BRANCAS

A ordem isóptera inclui cerca de 1.800 espécies distribuídas por todo o mundo. Seu hábitat estende-se entre as latitudes 50°N e 45°S. De todas essas espécies, 130 são danosas às construções. Podem ser divididas em dois importantes grupos, dependendo do lugar onde se aninham:

FAMÍLIA: RHINOTERMIDAE
ESPÉCIE: *RETICULITERMES LUCIFUGUS*
ROSSI
RETICULITERMES LUCIFUGUS
VAR. *SANTORENSIS*
RETICULITERMES FLAVIPE

- Cupins subterrâneos: A este grupo pertencem todas as famílias, exceto as Kalotermitidae. São aproximadamente 120 espécies. Seus ninhos são construídos na terra ou em madeira úmida em contato com a terra. Rhinotermitidae (*Reticulitermes lucífugus*) é muito frequente em países da área

mediterrânea. Aninham-se em raízes das árvores próximas aos edifícios, madeiras estruturais, inclusive sobrevivendo sem contato com o solo.

FAMÍLIA: KALOTERMIDAE
ESPÉCIE: *KALOTERMES FLAVICOLIS*
CRIPTOTERMES BREVIS

- Cupins de madeira seca: Aqui agrupam-se 13 espécies da família Kalotermitidae. Os ninhos são construídos em madeiras previamente perfuradas por insetos. Ambos os grupos atacam as coleções de livros e documentos. Chegam aos depósitos através da madeira dos móveis ou de galerias

construídas ao longo das paredes. A luz é muito adversa a eles, por isto abrigam-se em blocos e materiais compactos, ocasionando grandes danos que não se observam na superfície. Alimentam-se da celulose, contudo, preferem as madeiras, especialmente as moles. As que produzem os efeitos mais destrutivos são:

Kalotermes flavicolis raramente danifica as coleções documentais, mas sim outros bens culturais. Os cupins, assim como as abelhas, vespas e formigas, são insetos sociais; vivem juntos, formando colônias bem organizadas. O número de indivíduos numa colônia varia de uma espécie a outra, oscilando entre 1.000 e um milhão. Dentro das colônias podem ser identificadas as castas reprodutivas (rei, rainha e reprodutivas suplementares) e as castas estéreis (operárias e soldados). Seu ciclo de vida se desenvolve na seguinte forma:

OVO → NINFA → OPERÁRIOS E SOLDADOS

As ninfas são similares às operárias e se diferenciam delas apenas porque são menores. Estes insetos ocasionam grandes danos em pouco tempo. Cavam buracos e galerias nos materiais que infestam.

Os cupins subterrâneos são os mais devastadores e geralmente atacam obras em papel, assim como documentos úmidos e contaminados por microrganismos.

Os coleópteros constituem um importante grupo de insetos que danificam livros, documentos e muitos tipos de obras, às vezes massivamente.

A família Anobiidae inclui 1.200 espécies e a Dermestidae, aproximadamente 1.000. Fazendo uma classificação percentual das infestações produzidas, estes agentes causam 90% dos danos nos bens culturais de vários países. Seu ciclo de vida é característico.

Põem seus ovos em pequenas lacunas ou fendas em superfícies irregulares de materiais como madeiras e livros. As larvas saem do ovo e imergem da superfície de contato com os materiais e começam a cavar galerias. No estado inicial de desenvolvimento, as larvas são muito pequenas. Seu tamanho aumenta em etapas subsequentes. Parte do material com o qual são construídas as galerias é comido, digerido e excretado. O diâmetro das galerias aumenta à medida em que as larvas se desenvolvem. Quando as larvas estão totalmente desenvolvidas, protegem-se numa pequena câmara mais larga que as galerias, e aí ocorre sua transformação em pupas. Tão logo como os insetos, chegam ao estado adulto, perfuram a superfície que os separa do exterior, emergem, acasalam-se e põem seus ovos depois de certo tempo, o que varia de uma espécie a outra.



Excrementos de cupim

ORDEM: COLEÓPTERA

FAMÍLIA: ANOBIIDAE
CERAMBICIDAE (EM MADEIRAS)
DERMESTIDAE
LYCTIDAE
NICOBIDAE

GÊNEROS: *ANOBIUM*, *XESTOBIUM*, *HILOTRUPES*,
LYCTUS, *NICOBIUM*

NOME COMUM: ESCARAVELHOS, BESOUROS,
BROCAS OU CARUNCHOS
(MARIPOSA).



Danos por Coleópteros

A família Anobiidae constitui-se de espécies cosmopolitas que frequentemente infestam arquivos, bibliotecas e museus. Estas são: *Anobium punctatum* (broca-de-madeira), *Stegobium paniceum* L. (broca-da-farinha ou besouro-do-pão), *Xestobium rufovillosum* e *Nicobium castaneum*, principalmente. A duração de seu ciclo de vida varia de uma espécie a outra e pode ser modificada dentro de certos limites, dependendo das condições do meio externo.

A família Dermestidae ataca frequentemente peles e pergaminhos. É integrada por espécies muito cosmopolitas, sendo as mais encontradas as seguintes:

Dermestes lardarius L. (Besouro-do-toucinho)

Attagenus piceus L. (Broca-dos-tapetes)

Attagenus pellio L. (Broca-das-peles)

Anthrenus verbasci L. (Gorgulho-dos-tecidos)

Anthrenus museorum L. (Gorgulho-dos-museus)

A família Lyctidae está muito difundida na Europa. Os lictídeos escavam galerias em sentido paralelo à fibra da madeira e produzem uma serragem farinhenta, cuja textura é similar à do talco. O diâmetro dos orifícios é pequeno, menor do que 2-3 mm. *Lyctus brunus* é uma espécie frequente em climas mediterrâneos.

Estes coleópteros realizam metamorfose completa. Variam em cada região, dependendo das condições climáticas. O dano é causado quase exclusivamente pelas larvas, que fazem furos de forma irregular e galerias superficiais, que contêm excrementos e resíduos de animais pulverizados. Ao final da etapa larval fazem cavidades mais profundas, onde se alojam e encasulam.

Dermestidae danificam frequentemente as peles, encadernações de pergaminhos, adesivos de origem animal, roupas de lã e de seda. Destroem coleções entomológicas e consomem materiais vegetais como papel, madeiras e alimentos armazenados. Em algumas ocasiões danificam as redes elétricas, provocando curto-circuitos, por isso são muito perigosos em nossas instituições.

Cerambycidae encontra-se frequentemente em madeiras expostas a climas mediterrâneos. A espécie mais conhecida na Europa é a *Hylotrupes bajulus*. Seu ciclo de vida é muito longo, podendo durar entre um e oito anos, de acordo com a temperatura. Os adultos têm um tamanho de 10-20 mm. Produzem orifícios ovais de 5 mm, aproximadamente.



Livro com dano por inseto



Danos por insetos e bactérias

Na tabela 1 são mostrados os insetos encontrados com maior frequência nos museus, arquivos e bibliotecas.

TABELA 1

INSETOS FREQUENTEMENTE ENCONTRADOS EM MUSEUS, ARQUIVOS E BIBLIOTECAS			
ORDEM	FAMÍLIAS	NOME COMUM	TIPOS DE DANOS
Blattoidea	Blattidae, Blattellidae	Baratas	Abrasão superficial com contornos irregulares
Zygentoma (Tinasuro)	Lepismatidae	Traças-dos-livros, traças	Abrasão superficial com contornos irregulares, muito pequenos
Corrodentia	Liposcelidae	Piolhos-de-livros	Diminutas abrasões superficiais com contornos irregulares
Isóptera	Mastotermitidae Hodotermitidae Rhinotermitidae Termitidae Kalotermitidae	Cupins	Buracos profundos, galerias de trajetos irregulares, abrasão
Coleóptero	Anobiidae Dermestidae Lyctidae Nicobidae	Mariposas (brocas), besouros	Túneis circulares, espirais que se estendem de fora para dentro. Orifícios irregulares, buracos profundos que contêm fezes pulverizadas e excrementos
Fonte: Vaillant; Valentin, 1996.			

4.4 Microrganismos

Como seu nome indica, são organismos muito pequenos⁷, a maioria dos quais têm dimensões microscópicas (Frobisher, 1969). Suas células agem como máquinas químicas perfeitas, porque possuem enzimas ou catalisadores biológicos capazes de acelerar ou retardar a velocidade de reações específicas. Incluem-se entre eles organismos que diferem amplamente entre si, em sua forma, seu ciclo biológico e seu modo de vida (Pumarola et al, 1984). Dependendo de sua estrutura celular, podem ser unicelulares, como as bactérias, leveduras, actinomicetos e protozoários, ou pluricelulares, entre eles muitas algas e certos fungos.

Todos os seres vivos enfrentam o problema da sobrevivência, que se agrava em um ambiente desfavorável. Esta depende da estrutura, do comportamento, da adaptabilidade dos organismos e da substituição dos indivíduos por meio da reprodução. Portanto, a fisiologia e o desenvolvimento dos microrganismos devem ser considerados, tais como a sobrevivência, o crescimento e a reprodução. O ambiente natural de um organismo vivo é, de maneira geral complexo e, raras vezes, constante. Nele há muitos fatores que estão continuamente mudando ou oscilando.

Por outra parte, os microrganismos poucas vezes encontram-se sozinhos; ao contrário, estão competindo com as diferentes espécies pelo alimento, pelo oxigênio e pelo espaço vital. Os produtos metabólicos de uns podem estimular ou inibir o crescimento de outros. As interações entre os componentes de uma população mista podem ser muito complicadas.

Os saprófitos, capazes de utilizar a matéria orgânica morta, crescem vigorosamente e colonizam com rapidez os lugares adequados. As espécies que não podem competir com os organismos mais fortes, mas que podem sobreviver graças à sua capacidade de resistir às condições desfavoráveis, ocupam lugares menos vantajosos. De fato, muitos parasitas prósperos crescem melhor em cultivos puros do que em meios artificiais, mas na natureza não podem viver fora do hospedeiro devido à concorrência com outros organismos.

Do ponto de vista nutricional, os microrganismos podem ser autotróficos e heterotróficos. Os primeiros não dependem de uma fonte de carbono orgânico para nutrir-se, como é o caso dos fotossintéticos e dos quimiossintetizadores. Os segundos, que são a maioria, precisam de uma fonte de energia orgânica externa para levar a cabo seus processos vitais.

Quanto ao seu comportamento respiratório, muitos são aeróbicos, já que têm necessidades estritas de oxigênio; alguns são anaeróbicos, pois não precisam deste elemento, e outros são aeróbicos facultativos, já que podem viver em ambas

7 Organismos de pequeníssimas dimensões, que não podem ser observados a olho nu.

as condições. Segundo suas características bioenergéticas e a faixa de temperatura ideal para seu crescimento, podem ser psicrófilos, mesófilos e termófilos, cujas temperaturas ideais de crescimento estão, aproximadamente entre 0°-15°C, 25°-37°C e 40°-55°C, respectivamente. Contudo, existem exceções (Jawetz; Melnick; Adelberg, 1983).

Alguns grupos classificam-se dentro do reino vegetal já que, igualmente às plantas superiores, possuem clorofila; têm suas células contidas numa membrana celulósica; muitas espécies produzem amido como material de reserva; e sua nutrição é autotrófica. No entanto, um grande número deles pode utilizar como fonte de energia as substâncias orgânicas do meio exterior, comportando-se heterotroficamente.

A maior parte dos protozoários é claramente animal. Alguns têm clorofila, mas a ausência de uma membrana celular verdadeira os separa desse grupo.

Os vírus são conhecidos essencialmente como agentes produtores de doenças às plantas, aos animais e a certas bactérias. Somente podem multiplicar-se dentro das células que infectam. São menores que as bactérias, por isto não são visíveis no microscópio ótico. Sua estrutura e organização são muito mais simples do que as da célula bacteriana e, apesar disto, possuem algumas características dos microrganismos, em especial o poder de multiplicação.

As bactérias e os fungos têm membrana celular durante a maior parte de seu ciclo biológico e, por conseguinte, alimentam-se recolhendo a água e as substâncias dissolvidas no meio exterior, o que realizam através da membrana celular intacta. Produzem glicogênio como material de reserva. Em geral são heterotróficos e dependem, para cobrir suas necessidades energéticas, de um fornecimento externo de material orgânico apropriado.

Os fungos diferem das bactérias no tamanho relativamente grande de suas células, na sua forma de crescimento predominantemente filamentoso e nos seus métodos de reprodução. Por outra parte, as bactérias são organismos unicelulares.

Alguns ambientes têm se tornado mais apropriados ao crescimento dos microrganismos, em virtude da ação de espécies colonizadoras que separam os materiais mais complexos e produzem alimentos aproveitáveis para uma ampla gama de organismos.

Os microrganismos, tanto os saprófitos quanto os parasitas, são de importância para o homem. Os primeiros atacam produtos armazenados e podem ocasionar sérias perdas econômicas. Os segundos podem produzir doenças ao homem, aos animais e às plantas.

Em geral, os microrganismos encontram-se difundidos em todos os ambientes e em todos os ecossistemas (Residori; Veca; Mate, 1986; Gallo, 1993). Encontram-se no solo, na água, no ar, nas plantas, nos animais, nos produtos alimentícios, no organismo do homem e em todos os objetos. Eles e seus esporos viajam transportados pela água e pelo

vento, aderidos a partículas de pó, terra etc. Possuem uma grande capacidade para adaptar-se às condições do meio em que habitam, utilizam uma gama de substâncias para nutrir-se e são capazes de subsistir em condições ambientais extremas, propriedade que lhes permite exercer sua atividade contaminante. Por isto, desempenham um importante papel na deterioração de quase todos os materiais, especialmente os de origem orgânica.

As coleções documentais estão compostas por uma grande diversidade de substâncias orgânicas, que servem como elementos nutritivos aos microrganismos (Colin, 1997). Nos livros, pinturas, selos, papéis de parede, fotografias etc., os microrganismos encontram diversas fontes de alimentos (Kowalik; Sadurska, 1965; Valentín, 1974; Banks, 1983; Arruzzolo; Veca, 1991; Caneva; Nugari; Salvadori, 1994).

A atividade dos microrganismos sobre os livros e documentos tem duplo efeito negativo. Por uma parte atacam as substâncias que lhes servem de alimentos, consumindo as fontes de carbono como celulose, colas, adesivos e outros polímeros constituintes do papel, obtendo os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e, em consequência, excretam produtos como ácidos orgânicos e pigmentos, que são depositados sobre o suporte, provocando sua deterioração. Ao mesmo tempo, sua presença pode provocar doenças ao homem que estiver em contato com esses materiais contaminados (Staib, 1980; Bagés, 2003; Vaillant, 1999).

Existem muitos grupos de microrganismos que danificam os bens culturais. Deles, foram identificadas mais de 200 espécies (Gallo, 1992).

4.4.1 Bactérias

Pertencem aos Procariontes. Constituem um grupo grande e muito variado. Com fins descritivos, são organizadas em três subgrupos principais, que podem distinguir-se entre si e das algas verdes azuladas por uma combinação de caracteres estruturais e fisiológicos. Estas são as Eubactérias, as Mixobactérias e as Espiroquetas, dentro dos quais encaixa-se a maioria dos organismos que costumam incluir-se entre as bactérias (Schlegel, 1997). Outros autores as agrupam em Eubactérias⁸ e Cianobactérias.

Existe outro grupo muito especial e considerado o mais antigo, as Archeobactérias (do grego *arkhaios*, que significa antigo), constituído por organismos que, por suas características, considera-se que formam um domínio separado das anteriores (*Archaea*). Estas, embora manifestem-se como bactérias, possuem características bioquímicas e genéticas que as distanciam das anteriores (Raciman; González, 2005). São consideradas “fósseis viventes”, pois vivem em hábitat que parecem corresponder aos que existiram na Terra primitiva. Atualmente as Archeobactérias encontram-se restritas

8 Comumente denominadas bactérias verdadeiras, são as mais abundantes e representativas.

a hábitat de condições extremas, como fontes termais, depósitos profundos de petróleo, água quente, emissões de vapores marinhos, lagos salinos etc. Por sua capacidade para viver em ditos ambientes, são conhecidas como extremófila. Existem três tipos: metanogênicas (geradoras de metano), halofílicas (desenvolvem-se em ambientes salinos, onde existam concentrações de cloreto de sódio superiores a 10%), e hipertermófilas (crescem em temperaturas elevadas, superiores a 80° C e em pH extremamente baixos).

As bactérias podem ser definidas como estruturas microscópicas, unicelulares, constituídas por uma célula simples, cujo tamanho oscila entre 1-10 microns aproximadamente, sem membrana nuclear diferenciada, que se multiplicam por fissão binária ou bipartição, sem mecanismos sexuais (Joklik; Willett; Amos, 1983). Algumas espécies possuem parede celular, outras, não. Quando são móveis, o fazem graças às estruturas filamentosas que possuem, denominadas flagelos, cujos número e posição são variáveis e característicos de cada espécie.

Segundo sua forma, classificam-se em cocos (ovais ou esferoides), bacilos (em forma de bastão ou cilindros), vibriões (curvados, em forma de vírgula) e espirilos (em forma de espiral).

Os cocos têm um tamanho de 0,5 a 1 microns de diâmetro. Tendem a ficar agrupados depois da fissão binária e segundo o número ou as formas em que o façam, formarão: se o agrupamento é em dois, diplococos; se é em cadeia, formam um estreptococo e se é em um cacho irregular, formam um estafilococo. Esta propriedade tem grande importância do ponto de vista taxonômico.

O ciclo de vida das bactérias é muito simples e, durante o mesmo, a célula passa por dois estágios, já que normalmente se reproduzem por cisão binária ou bipartição, na qual a célula-mãe dá lugar a duas células-filhas exatamente iguais.

Em condições desfavoráveis, algumas bactérias sofrem mudanças, das quais resulta a formação de esporos intracelulares, que são o acúmulo de material nuclear na célula e dos quais, posteriormente, desenvolve-se uma membrana que a rodeia. Esta é a fase de latência dos bacilos e sua germinação não ocorre até que reapareçam, novamente, as condições favoráveis.

Na forma de esporos, as bactérias viajam transportadas pelo vento e podem seguir latentes por vários anos. Os esporos são estruturas muito resistentes, que permitem as bactérias colonizar e infestar muitos materiais.

De acordo com a fonte da qual adquirem sua energia, podem ser classificadas em: autotróficas e heterotróficas.

As primeiras obtêm a energia por meio da oxidação de compostos inorgânicos como a amônia, os nitritos ou os sulfetos; e as fotossintetizadoras, que convertem a energia luminosa armazenada em carboidratos, sendo um grupo muito importante, o das cianobactérias.

A maioria das bactérias é heterotrófica, quer dizer, obtém a energia necessária para seus processos vitais a partir de substâncias orgânicas do meio, tais como carboidratos, proteínas etc. Para levar a cabo estas reações, elas produzem enzimas ou catalisadores biológicos, que desempenham papel fundamental no metabolismo microbiano, ainda que, por seu baixo nível de organização, suas enzimas são muito menos ativas do que as dos fungos.

Algumas estabelecem relações simbióticas, fazendo isto de forma mutualista e colaborando com o hospedeiro. Outras desenvolvem uma relação parasitária e se convertem em patogênicas, ocasionando doenças.

Quanto às suas condições de vida, normalmente desenvolvem-se em pH neutros, na faixa 7-8, e em temperatura entre 25°C e 37°C, ainda que algumas espécies psicrófilas tolerem temperaturas de 0° C, e outras, como as termófilas, resistam superiores a 45°C. Algumas excretam pigmentos e outras substâncias no meio onde crescem.

Todas estas características lhes conferem potencialidades como biodeterioradores, ainda que tenham maior importância em termos epidemiológicos (Nyuksha, 1983; Pasquariello, 1990).

Na tabela 2 relacionam-se os gêneros bacterianos encontrados como contaminantes de arquivos; as fontes de isolamento; os metabólitos que produz e suas atividades deterioradoras.

TABELA 2

BACTÉRIAS CONTAMINANTES ENCONTRADAS EM ARQUIVOS E BIBLIOTECAS			
GÊNERO	FONTE DE ISOLAMENTO	METABÓLITOS QUE PRODUZ	ATIVIDADE DETERIORADORA
<i>Acinetobacter</i>	Papel, ambiente	Protease, amilase	Degradação dos componentes do suporte
<i>Bacillus</i>	Materiais orgânicos, ambiente	Amilase, celulase, ácidos orgânicos	Manchas violáceas, acidificação e deterioração das fibras
<i>Cellvibrio</i>	Papel, cartão, têxteis	Protease, celulase, ácido acético	Descoloração, acidificação do suporte
<i>Lactobacillus</i>	Materiais orgânicos	Amilase, celulase, ácido láctico	Acidificação do suporte
<i>Micrococcus</i>	Materiais orgânicos, ambiente	Protease, lipase, celulase, ácidos orgânicos	Descoloração e acidificação do suporte
<i>Pseudomona</i>	Materiais orgânicos	Materiais orgânicos, Glicose oxidase [GOX], lipase, protease, ácidos orgânicos	Manchas pigmentares amarelas, descoloração, acidificação
<i>Staphylococcus</i>	Papel, têxteis, ambiente		Manchas amarelas e creme, acidificação
<i>Streptococcus</i>	Papel, têxteis, ambiente	Protease, ácidos láctico e acético	Acidificação e degradação do suporte
Fonte: Vaillant; Valentín, 1996.			

4.4.2 Actinomicetos

Os actinomicetos⁹ constituem um grupo extenso de microrganismos, os quais se encontram fazendo parte da comunidade biológica dos mais variados ecossistemas da Terra. Pertencem aos *Procariontes*, com células filamentosas, que usualmente mostram certo grau de ramificação verdadeira (Sánchez, 2005).

Seu nome é devido às características radicais de suas colônias em meio sólido semelhante às dos fungos; além do seu crescimento em meio líquido e da produção de micélio vegetativo aéreo, o que fez pensar, inicialmente, que se tratava de um grupo particular de fungos. No entanto, estudos posteriores revelaram que se trata de um grupo de bactérias de crescimento micelar (Fernández; Novo, 1988), que vive, predominantemente, no solo.

São gram-positivos heterotrófos, completamente imóveis (exceto o gênero aquático *Actinoplanes*, que produz diminutos esporos flagelados em esporângios). Estão unidos às bactérias corineformes e às micobactérias por uma série quase contínua de formas de transição. Com algumas exceções, são anaeróbicos. Podem cultivar-se em meios de cultura simples e se caracterizam por seu crescimento com a formação de um micélio aéreo.

Os actinomicetos apresentam um típico crescimento em colônia, mas não é comparável ao das bactérias, visto que não constitui acumulação de muitas células, mas uma massa ramificada de filamentos, que se originam de um esporo ou de um fragmento de micélio. Estão amplamente distribuídos no solo, assim como nas águas paradas, lodos e adubos orgânicos.

Deles, o gênero *Streptomyces* é um dos mais frequentes. Outros também importantes são *Actinomyces*, *Micromonospora*, *Thermomonospora*, *Micropolyspora*, *Thermoactinomyces* e *Cropolyspora*.

Os actinomicetos não tem grande participação nos processos da biodeterioração das coleções de arquivos e bibliotecas.

4.4.3 Fungos

Os fungos¹⁰ constituem um dos grupos de microrganismos mais importantes, numerosos e variados, responsáveis pela biodeterioração do patrimônio cultural e, em particular, das coleções documentais (Moretti; Robledo, 1983). Pertencem aos Eucariontes e são organismos mais desenvolvidos do que as bactérias, ainda que, em sentido nutricional, apresentem semelhança com muitas espécies. O tamanho relativamente grande de suas células distingue o grupo de forma muito particular.

9 Organismos que se caracterizam por seu crescimento com a formação de micélio aéreo.

10 Constituem um grupo muito extenso de organismos, dos que têm sido descritas mais de cem mil espécies.

Todos os fungos são heterotróficos e, na presença de um fornecimento exterior de açúcares ou outra substância orgânica, a maioria exibe uma surpreendente capacidade biossintética. Produzem uma grande variedade de metabólitos, entre estes incluem-se não somente proteínas celulares e materiais de reserva, senão também ácidos orgânicos, enzimas, pigmentos e substâncias antibióticas.

São estruturas frequentemente pluricelulares (ainda que também existam unicelulares), com núcleo diferenciado, mecanismos de reprodução (assexual em certas espécies e sexual em outras), e metabolismo complexo e versátil, que lhes faculta utilizar uma ampla gama de substâncias como fonte de alimento. Seu corpo consiste em um talo ou micélio vegetativo, formado pela união de filamentos ou hifas de vários milímetros de diâmetro, que se ramificam repetidamente e que se estendem pela superfície ou pelo interior do substrato no qual crescem. A maior parte deles é filamentosa, o que lhes permite uma maior diversidade de formas.

Os filamentos ou hifas são formados pela parede celular e pelo citoplasma, com seus orgânulos, podendo estar separados por meio de septos transversais (fungos superiores) ou por sua ausência (fungos inferiores). Inclusive nas formas septadas, o citoplasma de uma está em conexão com o das vizinhas por um poro central existente no tabique separador. Nos fungos superiores, as hifas podem agregar-se para formar estruturas sólidas complexas que, em algumas espécies, alcançam tamanhos consideráveis.

Os fungos vivem em uma grande variedade de ambientes, qualidade que lhes permite colonizar muitos ecossistemas. A maioria prefere os lugares úmidos, ainda que alguns possam resistir a condições de secura. Podem reproduzir-se de duas formas: assexuada e sexuada. A primeira efetua-se por meio da fusão de esporos iguais e por gemação. A segunda ocorre pela união de esporos diferenciadas ou gametas, como ocorre nos fungos superiores (macrofungos).

Muitos são saprófitos, alimentando-se de matéria orgânica não-vivente; entre estes incluem-se espécies prejudiciais, que deterioram os alimentos, os produtos armazenados e todos os suportes orgânicos. Alguns são parasitas ao homem, às plantas e aos animais.

De acordo com sua estrutura celular, são agrupados em unicelulares e pluricelulares.

4.4.3.1 Fungos unicelulares

Alguns autores os denominam fungos inferiores (Schlegel, 1997). O tipo mais simples do micélio fúngico é o dos fungos unicelulares, a maioria dos quais constam de uma só célula, sem tabiques separativos ou septos; durante a maior parte de seu ciclo biológico possuem uma membrana nuclear definida. Seu corpo consiste de um micélio não dividido em forma de células muito ramificadas, da qual separam-se as hifas em forma de ramos; sua reprodução é assexual. Alguns causam doenças às plantas.

Outro grupo importante é o das leveduras, que normalmente constam de apenas uma célula, geralmente globulares e, em algumas ocasiões, cilíndricas. Estão rodeadas por uma membrana celular definida, fina e elástica nas células jovens, mas que pode tornar-se grossa e rígida nas de maior idade. Possuem um núcleo bem diferenciado e sua reprodução é assexuada.

Em algumas espécies a célula das leveduras pode estar encerrada numa capa capsular mal-definida. Nas células jovens, ela contém uma massa citoplasmática mais ou menos homogênea, na qual estão os vacúolos, os grânulos e outras substâncias. Possuem um núcleo bem definido. Algumas espécies produzem pigmentos, como as *Rhodotorulas*.

Em condições favoráveis, suas células multiplicam-se com rapidez. A maior parte das espécies o faz por gemação. Uma pequena protuberância ou broto cresce na célula materna, aumenta de tamanho até alcançar aproximadamente o daquela e, por último, estrangula-se e separa-se dela. Os brotos desenvolvem-se em um ou mais lugares definidos da célula materna segundo a espécie. Algumas espécies de leveduras mostram uma cisão binária em formato similar ao das células bacterianas. Ambos os métodos de multiplicação conduzem à formação de novas células.

Várias espécies de leveduras produzem esporos, mas estes formam-se de maneira diferente dos endosporos bacterianos.

Quanto às suas condições de vida, preferem os pH ligeiramente ácidos, umidades relativas e temperaturas elevadas, e os carboidratos simples como fonte de carbono e de energia.

4.4.3.2 Fungos filamentosos

Frequentemente denominam-se fungos superiores e são agrupados dentro dos *Eumicetos*. É sua característica possuir de um micélio septado. Incluem-se os *Ascomicetos*, *Basidiomicetos* e *Deuteromicotinos* (fungos imperfeitos)¹¹ ou aqueles que carecem do estágio sexual perfeito ou nos quais ainda não foi possível provar-se.

A maioria dos fungos é filamentosa. Eles possuem uma massa de hifas ramificadas, que podem ser com tabiques, ou septadas e sem tabiques ou asseptadas. As formas asseptadas são características dos fungos inferiores ou ficomicetos e são consideradas as mais primitivas.

As hifas dos fungos superiores normalmente são com tabiques. Entre as do mesmo micélio, podem ser observadas consideráveis diferenças de formas. As portadoras dos corpos reprodutores não apenas diferem das vegetativas no

11 Os fungos imperfeitos não são totalmente assexuados, pois neles foi possível provar certa parassexualidade. Sua classificação está baseada em formas secundárias de classificação e em outras características que servem para nomeá-los e identificá-los.

modo de ramificar-se, na pigmentação e na resposta a estímulos externos, mas pelo fato que o micélio pode estar formado por um ou mais tipos de hifas vegetativas. A reprodução dos fungos realiza-se, habitualmente, por esporos. Os de cada espécie são notadamente uniformes em forma, tamanho e estrutura. Estas qualidades são importantes na classificação deste grupo. Normalmente, os esporos separam-se com facilidade do micélio paterno. Alguns são espalhados por mecanismos especiais e frequentemente complicados. São pequenos e facilmente transportados pelo vento e por outros agentes; deste modo são dispersados a distâncias consideráveis. Esta facilidade de disseminação é o fator principal para a colonização pelos fungos nos ambientes apropriados. Em condições adequadas, os esporos germinam e deles, nascem hifas jovens.

A maior parte dos fungos produz mais de um tipo de esporo. O mais frequente é a produção em grande número de esporos originados assexuadamente (o chamado estágio imperfeito). Estas dão lugar à reprodução assexuada. Frequentemente, quando as condições são menos favoráveis, seja pela diminuição de nutrientes ou por outras causas, a maior parte dos fungos passam ao estágio perfeito. Então, em muitas espécies, os esporos são produzidos como consequência da fusão das células diferenciadas, dando lugar à reprodução sexuada.

Os fungos são afetados por muitos fatores do meio no qual se encontram, como a natureza e a concentração do substrato nutritivo, a umidade relativa, a temperatura, a luz e o pH. As mudanças nestes fatores podem induzir modificações morfológicas e fisiológicas, que tornam difícil o reconhecimento do fungo e alteram seu comportamento de maneira geral.

A maioria é muito variável, tanto em condições naturais, quanto nos cultivos de laboratório. Algumas vezes as variações são influenciadas por mudanças nas condições ambientais. O fungo regressa à forma original quando o meio ambiente lhe é favorável.

Quanto às suas condições de vida, normalmente se desenvolvem em pH de 4-6, umidades relativas superiores a 70% e temperaturas bem elevadas, próximas aos 30°C, ainda que, em sentido bioenergético, as oscilações dos parâmetros antes mencionados favoreçam extraordinariamente a germinação dos esporos fúngicos.

O termo “mofo” é comumente usado para descrever uma substância de aspecto aveludado, produzida pelos fungos, que cresce na superfície dos materiais orgânicos (Wood, 1988; Merrit, 2002). Também é utilizado para detalhar o crescimento de uma variedade de microrganismos, especialmente o dos fungos que provocam deteriorações nos objetos de valor cultural (Parker, 1989).

Os “mofos ou fungos bolorentos” crescem sobre qualquer substrato que contenha os nutrientes necessários, inclusive o papel, os adesivos, o couro, os têxteis e todos os suportes orgânicos.

Certas espécies preferem os amidos, as gomas e as proteínas facilmente degradáveis, como a base do papel e algumas tintas de desenho; enquanto outras são capazes de degradar a celulose e outros polímeros constituintes dos objetos de valor histórico-artístico. Isto faz com que o suporte se debilite e se manche de maneira irreversível.

Alguns fungos podem crescer sobre estratos orgânicos, sujeira, gordura e poeira que se depositam sobre materiais inorgânicos, como metais, vidros, ou sobre películas sintéticas de acetatos de celulose ou poliéster.

Este grupo tem especial importância na biodeterioração de todos os materiais orgânicos, por isto resulta muito importante seu estudo.

Na tabela 3 relacionam-se alguns dos gêneros fúngicos encontrados como contaminantes de arquivos, destacando-se a fonte de isolamento, os metabólitos que produzem e suas atividades deterioradoras.

TABELA 3

ALGUNS FUNGOS CONTAMINANTES EM ARQUIVOS E BIBLIOTECAS			
GÊNERO	FONTE DE ISOLAMENTO	METABÓLITOS QUE PRODUZ	ATIVIDADE DETERIORADORA
<i>Alternaria</i>	Materiais orgânicos e ambiente	Protease e Amilase	Manchas micelianas pardas, degradação do suporte
<i>Aspergillus</i>	Materiais orgânicos, ambiente	Enzimas e ácidos orgânicos	Manchas micelianas coloridas, degradação e acidificação do suporte
<i>Chaetomium</i>	Papel, cartão, peles, documentos fotográficos	Celulase, ácidos acético e láctico	Manchas pigmentares nos tons creme e rosa, acidificação
<i>Cladosporium</i>	Materiais orgânicos, fitas magnéticas, ambiente acético e fumário	Protease, ácidos láctico	Descoloração e acidificação do suporte. Manchas micelianas azul-violeta e/ou rosa
<i>Fusarium</i>	Materiais orgânicos, ambiente	Celulase, ácidos orgânicos	Manchas rosadas, descoloração, danos às fibras
<i>Mucor</i>	Materiais orgânicos e ambiente	Protease, ácidos orgânicos	Manchas micelianas pardas e amarelas, acidificação
<i>Penicillium</i>	Materiais orgânicos e ambiente	Enzimas e ácidos orgânicos	Manchas micelares verdes, degradação e acidificação
<i>Rhizopus</i>	Vários tipos de materiais orgânicos e ambiente	Enzimas e ácidos orgânicos	Manchas micelianas pardas, escuras, pigmentos, acidificação
<i>Sporotrichum</i>	Papel, têxteis, ambiente	Celulase, lignase, protease e ácido celobiótico	Manchas pardas escuras, afetam a fibra celulósica
<i>Trichoderma</i>	Papel, cartão e madeiras	Celulase, ácidos celobiótico e acético	Manchas micelianas verdes, degradam a fibra
<i>Verticillium</i>	Papel e têxteis	Celulase, ácidos celobiótico e acético	Manchas micelianas pardas escuras, pigmentos, degradam as fibras

Fonte: Vaillant; Valentín, 1996.

4.4.4 Algas

Classificam-se dentro do reino vegetal. Em alguns sistemas taxonômicos, as algas eram organizadas em quatro grupos principais, dependendo de sua cor. Estes eram: Clorofíceas ou algas-verdes, feofíceas ou algas-pardas, rodofíceas ou algas-vermelhas e cianofíceas (mixofíceas) ou algas-verde-azuladas. Ainda que tenham sofrido modificações, estes grupos se mantêm vigentes. Em seguida, as algas foram reagrupadas em onze ordens, e as investigações mais recentes sugerem a existência de, ao menos, 16 linhas filogenéticas¹².

As algas eucarióticas são plantas fotossintéticas, predominantemente aquáticas, com talo (do grego *thallos*, que significa crescimento da planta). Classificam-se dentre elas as Talófitas. Aqui se enquadram mais de 100.000 espécies amplamente distribuídas na água, sobre o solo ou como parasitas de outras plantas e animais. Habitam nos ambientes úmidos, ainda que algumas vivam sobre superfícies rochosas ou aderidas à casca das árvores e de objetos sólidos por meio de suas estruturas rizóides. Alguns gêneros têm representantes que vivem em simbiose com espécies específicas de fungos, formando os líquens. São de tamanho variável, abarcando desde as algas microscópicas unicelulares até as marinhas gigantes, que podem medir mais de 100 metros.

As formas macroscópicas costumam fixar-se firmemente a uma superfície, e crescem em abundância, como algas marinhas. Também podem desenvolver-se sobre as rochas que se encontram nas águas doce, parada ou corrente, desprendendo-se posteriormente e formando o “lodo do açude”.

As microscópicas são, em sua maioria, unicelulares e planctônicas (móveis ou que flutuam livremente), e constituem uma parte essencial da cadeia alimentar de todos os seres aquáticos.

Igualmente às plantas superiores, as algas possuem clorofila, têm suas células contidas numa membrana celulósica, e muitas espécies produzem amido como material de reserva (Vilée, 1974). Devido às suas características fotossintéticas, são capazes de elaborar carboidratos de carbono a partir de dióxido de carbono e água, em boas condições de iluminação.

São normalmente autotróficas. Sua economia está baseada mais na sua capacidade de sintetizar e de acumular matéria orgânica, do que na de destruí-la. No entanto, quando vivem na escuridão, algumas podem utilizar como fonte de energia uma série de substâncias orgânicas, comportando-se heterotroficamente.

12 Grupos de organismos com um antepassado comum: categoria de Filo, em Zoologia, e Divisão, em Botânica.

A maioria das algas verde-azuladas apresenta em comum com as bactérias sua estrutura procariótica e a formação de agrupamentos filamentosos de células (tricomas), quer dizer, unidades fisiológicas nas quais as células estão unidas por paredes celulares muito finas ou por meio de poros.

As algas habitam, fundamentalmente, na água ou em ambientes muito úmidos, tais como paredes e solo molhado.

Muitas formas não-sedentárias, unicelulares ou filamentosas, flutuam livremente nos reservatórios, nos lagos e nos depósitos de água; e somente estão expostas à desidratação no caso de que a água disponível se evapore. O solo possui uma flora de algas característica que compreende várias espécies.

Algumas das pertencentes à *Trentepohlia* crescem em ambientes mais expostos, tais como muros, paredes e rochas; por causa de seu crescimento, assim como pela excreção de substâncias ácidas, contribuem para a destruição desses suportes. Este grupo tem grande importância nos processos da biodeterioração do patrimônio imóvel (Ortega-Calvo; Hernández-Marine; Saiz-Jiménez, 1991).

4.4.5 Líquens

Ainda que os líquens¹³ se assemelhem às plantas, na realidade são associações de fungos e algas, exemplo clássico de mutualismo, pertencente ao reino vegetal. Deles têm sido descritos uns 1.500 tipos dentro do filo *Eumycophyta*, e se conhecem umas 10.000 espécies (Hale, 1983). Neles a alga está envolta pelas hifas fúngicas, que a protegem da desidratação. Ainda não está esclarecido se se trata de uma associação simbiótica ou parasitária.

Sua atividade biodeterioradora se dá, fundamentalmente: pela respiração dos talos e produção de dióxido de carbono; pelos danos mecânicos que ocasionam devido às contrações e dilatações do talo, dependendo do grau de umidade ou secura; pela produção de compostos quelantes (ácidos liquênicos); e pela formação de ácido oxálico, que forma diferentes tipos de complexos moleculares.

Seu corpo ou talo costuma ter formas de crescimento características: em forma de casca, no caso dos encrustantes; como uma folha, nos foliáceos; e como um talo, nos fruticulosos. Esta qualidade tem grande importância no seu reconhecimento.

13 Organismos constituídos por sociedades simbióticas de fungos e algas.

Os líquens são habitantes frequentes em monumentos e edificações antigas, porque suportam perfeitamente condições de vida muito austeras, e resistem bem à desidratação. São organismos pioneiros na fixação de colônias na pedra e nos materiais de construção, podendo ocupar situações inclusive mais expostas.

Desempenham um papel muito importante na biodeterioração do patrimônio imóvel e dos suportes inorgânicos. Na tabela 4 são resumidos os principais grupos microbianos que danificam os bens culturais.

TABELA 4

GRUPOS DE MICRORGANISMOS QUE DANIFICAM OS BENS CULTURAIS			
GRUPO	HABITAT	MATERIAIS QUE ATACAM	ATIVIDADE DETERIORADORA
Bactérias	Ambiente e materiais orgânicos e alguns metais	Papel, materiais fotográficos, pergaminhos, têxteis	Degradação dos componentes dos suportes e manchas pigmentares
Actinomicetes	Solo	Papel e derivados	Degradação do suporte e manchas micelianas
Fungos	Ambiente e todos os materiais orgânicos	Papel, materiais fotográficos, pinturas, esculturas, têxteis etc.	Degradação e acidificação dos suportes, manchas micelianas e pigmentares, alteração das propriedades mecânicas
Algas	Água e ambientes úmidos	Muros, paredes e rochas	Excreção de substâncias ácidas, alterações mecânicas e cromáticas
Líquens	Ambientes úmidos, monumentos e edificações antigas	Pedra e rocha	Produção de ácidos orgânicos e danos mecânicos aos materiais que atacam

Fonte: Vaillant; Valentin, 1996.

5

ATIVIDADE DOS MICRORGANISMOS NA BIODETERIORAÇÃO DAS COLEÇÕES DOCUMENTAIS

5.1 Considerações gerais

A influência dos fatores ambientais na conservação dos bens culturais é uma questão irrefutável.

Quando certos fatores do meio, como a umidade, a temperatura, a iluminação, a contaminação do ar e a ventilação, alcançam determinados níveis, constituem, junto com a manipulação incorreta e com os distintos elementos como o edifício e suas características microclimáticas, a proliferação dos agentes biológicos e as diferentes atividades humanas, a principal causa de deterioração dos bens culturais, em geral, e dos materiais de arquivos e bibliotecas, em particular, devido às interrelações sistêmicas existentes entre eles.

Para evitar os danos que estes fatores possam exercer sobre os acervos é necessário controlá-los artificialmente, mantendo-os dentro de certos limites adequados à conservação de cada tipo de coleção (Herráez, 1997), tendo em conta que a alteração de um deles pode afetar os restantes.

Os problemas gerados pelos agentes biológicos, particularmente por microrganismos nos arquivos e bibliotecas, são conhecidos. Estes agentes provocam um dano colossal em nossas coleções, e os prejuízos são de grave magnitude nos países tropicais, pela influência de umidade relativa e de temperatura altas, assim como pelas oscilações de ditos parâmetros.

5.2 Biodeterioração e microbiodeterioração

A biodeterioração foi definida por Hueck (1965) como mudanças indesejáveis nas propriedades de um material causada pela atividade biológica dos organismos. Em termos mais amplos, podemos defini-la como o conjunto de danos que ocorrem aos objetos, provocados por agentes biológicos.

Microbiodeterioração consiste naqueles processos de biodeterioração provocados por microrganismos.

Quando são ocasionados por algas, denomina-se ficobiodeterioração; dizemos que se tratam de mudanças indesejáveis que ocorrem nas propriedades dos materiais, ocasionadas pela atividade vital de um amplo espectro de seres vivos (Dhawan, 1986; Koestler et al, 1988; Gallo, 1992; Florian, 1996; Flieder; Capderou, 1999). Estes processos podem ser executados por uma ampla gama de microrganismos, entre eles bactérias, actinomicetes, leveduras, fungos, algas, líquens e musgos.

Os sinais que se observam nos materiais são: manchas, eflorescências, descolorações, perfurações, marcas, fendas, debilitação e migração no suporte, assim como danos químicos, mecânicos e estéticos. Este fenômeno pode ter diferentes causas, origens e manifestações. Destes processos participam diversos fatores, que agem em conjunto e permanentemente. Ocorrem através de mecanismos específicos: na dependência da composição química dos materiais que sejam de natureza orgânica ou inorgânica, assim como das características nutricionais dos agentes biodeterioradores.

A biodeterioração dos objetos constituídos por materiais orgânicos, tais como papel, madeira, têxteis, couro, pergaminho e outros, é realizada pelos microrganismos heterotróficos, os quais inclusive são capazes de degradar enzimaticamente as macromoléculas constituintes de tais suportes.

No caso dos objetos de origem inorgânica, tais como pedras, esculturas ao ar livre, cerâmicas, vidros e metais, é levada a cabo por musgos, plantas superiores e microrganismos autotróficos, que possuem as potencialidades metabólicas específicas para executar determinadas reações. Em alguns casos podem se estabelecer determinadas interações entre os diferentes grupos.



Biodeterioração por fungos



Biodeterioração de escultura



Biodeterioração de pedra



Líquens encrustante



Líquens arborescente

Entre as características dos materiais que exercem importante influência na biodeterioração, devemos considerar sua composição e natureza, o conteúdo de água, o pH e a presença de impurezas, já que estes favorecem o desenvolvimento de determinados grupos de microrganismos segundo seus requisitos vitais.

A higroscopicidade dos materiais e, em consequência, seu conteúdo de água, é uma propriedade muito importante, especificamente nos objetos constituídos por macromoléculas orgânicas. A presença de impurezas de várias naturezas também pode favorecer o desenvolvimento de determinados organismos biodeterioradores.

Os limites de concentração de íons de hidrogênio para o crescimento da maioria dos microrganismos estão na faixa 4,0 - 9,0. Os níveis ácidos (4,0 - 6,0) favorecem o desenvolvimento dos fungos, enquanto os básicos (8,0 - 9,5) propiciam o crescimento das bactérias.

Analisando o fenômeno da biodeterioração no nível molecular, trata-se de reações biodegradantes nas quais a energia gerada pelos microrganismos, pelas enzimas e por outros portadores da atividade biológica constitui o elemento fundamental destes processos. Nelas, cada um dos fatores do meio ambiente desempenha um papel específico, como se explica a seguir:

- A umidade relativa do ar constitui um dos fatores mais importantes no desenvolvimento dos processos biodeterioradores, já que todas as reações metabólicas requerem um ambiente aquoso. Por isto, para que um organismo possa crescer e desenvolver-se, deverá ter água à sua disposição. As necessidades hídricas dos microrganismos podem ser expressadas quantitativamente em forma da “atividade aquosa (Wa)”, semelhante à energia de ativação das reações puramente químicas. Particularmente os fungos requerem valores elevados de umidade para crescer e produzir as enzimas necessárias para elaborar seus alimentos, bem como para se reproduzir (Stainer; Doudoroff; Adelberg, 1977).

Em geral está demonstrado que níveis superiores a 65% propiciam o desenvolvimento dos microrganismos e de seus esporos (Dhawan; Agrawal, 1986). Os materiais orgânicos, tais como papel, lã, couro e telas são higroscópicos e podem absorver umidade do meio circundante.

- A temperatura é um fator fundamental no desenvolvimento e na atividade dos microrganismos, já que cada um tem requisitos específicos de acordo com suas características bioenergéticas e segundo a categoria de temperatura ótima de crescimento (Sánchez, 2008). Ao mesmo tempo, é preciso ter em conta que o desenvolvimento e a reprodução dos seres vivos são o resultado de um conjunto de reações metabólicas interrelacionadas, e para que elas possam se efetuar, o organismo necessita de uma fonte de energia calorífica, a qual obtém do ambiente e transforma em energia celular.

A maioria dos agentes que biodeterioram o patrimônio cultural cresce na faixa de temperatura entre 15° C e 37° C, sendo ótima em torno dos 30° C, níveis que são bastante frequentes em nossas instituições. Por outro lado, muitos microrganismos produzem esporos, que sobrevivem em condições extremas de temperatura. Por isto e pelas interações que estabelece com a umidade relativa, a temperatura constitui um fator de relevada importância nos processos de biodeterioração dos objetos.

- A luz exerce determinados efeitos sobre as células vivas e os microrganismos e, portanto, sobre as reações biodegradantes.

As radiações ultravioletas agem sobre as moléculas que absorvem energia, produzindo excitação eletrônica e elevando seu conteúdo energético. Neste sentido, têm um efeito análogo ao das radiações ionizantes e sua ação pode ser letal ou mutagênica, segundo o organismo e a dose recebida. Os maiores efeitos letais são produzidos abaixo de 260 nanômetros, zona onde as bases púricas e pirimidínicas do material genético das células absorvem estas radiações. Estas agem sobre o DNA, formando ligações covalentes com outras bases,

modificando a estrutura e o comportamento bioquímico do organismo em questão.

As radiações visíveis estão mais dirigidas aos microrganismos autotróficos e às células pigmentadas devido à capacidade para captar esta energia. Em geral, sabe-se que este efeito está relacionado ao aumento do coeficiente de mutação dos pigmentos microbianos, sem que isto implique grande variação em sua atividade biodegradante.

Quanto às radiações infravermelhas, seu baixo conteúdo energético faz com que tenham poucas influências sobre as reações biodegradantes dos microrganismos. Não obstante, o calor que geram tende a provocar efeitos similares aos das temperaturas elevadas.

O papel desempenhado pela luz no crescimento dos fungos não está bem esclarecido, ainda que alguns autores assegurem que este fator pode acelerar a esporulação. Seus efeitos devem ser analisados em interações com outros fatores do meio ambiente.

- O oxigênio influi dependendo das características respiratórias de cada agente biológico, já que não age da mesma forma em todos os microrganismos. A maioria tem necessidades estritas deste elemento, como os aeróbicos estritos. Os anaeróbicos não necessitam dele para crescer. Também há um grande número de aeróbicos facultativos, que podem viver em qualquer das duas condições. A resposta depende das características fisiológicas de cada espécie.
- A ventilação é um fator muito importante. Está intimamente relacionada à circulação de ar e à umidade relativa existentes no entorno (Thomson, 1998). Sua influência dependerá dos requisitos específicos de cada espécie mas, em geral, a circulação de ar favorece à rápida evaporação e à secagem dos materiais, evitando assim a acumulação de água no ambiente e diminuindo as probabilidades de germinação dos esporos.

5.3 Tipos de danos

Os fatores antes mencionados regem o sentido e a velocidade dos processos biodeteriorantes realizados pelos microrganismos e, em geral, por todos os outros agentes de biodeterioração. Como resultado final, são desencadeadas diversas transformações e danos nas coleções (que afetam suas qualidades e sua integridade, produto dos diferentes tipos de processos resultantes, entre eles (Bolivar, 1995):

- Danos físico-mecânicos,
- Danos químicos,
- Danos estéticos.

5.3.1 Danos físico-mecânicos

Neste grupo incluem-se aqueles processos cujos mecanismos acarretam mudanças nas propriedades físicas e mecânicas dos suportes, mudanças estas originadas pela ação dos agentes biológicos, pela presença de certas estruturas, assim como pelas transformações e fragmentações moleculares que eles originam. Ocasionalmente ocasionam uma perda de coesão do suporte devido à ação mecânica dos organismos (movimento ou crescimento); os fragmentos produzidos possuem a mesma composição química do material original e se desprendem com facilidade por causa da pressão exercida pelo crescimento dos organismos ou de suas estruturas (por exemplo, hifas fúngicas).

Frequentemente os danos ocasionados pelos macro-organismos, como roedores e insetos, são muito graves em comparação com os provocados pelos microrganismos, em termos de grandeza e pressões exercidas. A isto dever-se-ia acrescentar que, quando se produz a fragmentação do suporte, este oferece uma maior superfície de contato e de ação a outros fatores de deterioração, especialmente se estes processos ocorrem em ambiente externo. Ao mesmo tempo, a atração que se estabelece entre o agente biológico e a superfície do suporte é muito importante, já que a velocidade destas transformações está diretamente relacionada a ela.

Os insetos deterioram os suportes orgânicos quando utilizam as substâncias constituintes destes materiais para se nutrir, ocasionando efeitos nas propriedades físico-mecânicas, tais como desgastes superficiais, túneis e galerias.

Outras formas de danos físicos muito frequentes são os provocados pelo homem nos atos de vandalismo. Exemplos deles são a mutilação de livros e documentos, as pichações, assim como as ações mal-intencionadas que observamos em muitos tipos de obras, livros e documentos, entre outros.

5.3.2 Danos químicos

Aqui são enquadrados todos aqueles processos cujos mecanismos de ação originam mudanças e transformações nas propriedades químicas dos suportes, devido à atividade dos agentes biológicos, tais como degradação, oxidação, desagregação e corrosão das tintas, entre outros. Nestes casos, a ação química é devida às variações de pH; à degradação das macromoléculas constituintes do papel; à excreção de vários tipos de substâncias, produto de sua atividade metabólica; assim como à utilização de produtos inadequados nas restaurações e fumigações.

As transformações químicas que costumam ocorrer nos objetos podem ser originadas de diversas formas e transcorrem por meio da produção das seguintes substâncias: ácidos orgânicos, enzimas e pigmentos. Exemplos

representativos destes processos são a degradação enzimática da celulose, que ocorre nos suportes desta natureza, quando são biodegradados por fungos celulósicos; e a degradação das proteínas constituintes dos pergaminhos, quando sofrem ataque por bactérias proteolíticas.

Os pigmentos microbianos são também a causa da microbiodeterioração do patrimônio documental. Alguns microrganismos excretam, durante seu crescimento, pigmentos de diferentes cores e tonalidades, que se difundem no suporte e originam manchas difíceis de eliminar. Vale destacar que a cor das manchas produzidas depende do tipo de pigmento e de outros fatores.

Principalmente os fungos produzem muitos tipos de manchas nos suportes nos quais crescem, devido à diversidade de pigmentos que eles podem excretar e ao próprio crescimento do micélio fúngico, o que está intimamente relacionado à cor da colônia.

5.3.3 Danos estéticos

Segundo Agrawal; Dhawan; Garg (1989), este conceito é frequentemente utilizado para caracterizar aquelas mudanças que observamos nos objetos, que afetam suas qualidades estéticas. Os danos estéticos compreendem alterações cromáticas, desenvolvimento de pátinas, aparição de manchas de diferentes cores, texturas, ou o impedimento visual de certas características e traços da escrita. Pois bem, nem sempre é possível diferenciar os danos estéticos de origem biológica daqueles ocasionados por fatores químicos, como costuma ocorrer com os processos oxidantes e o manchado.

A dificuldade deve-se ao fato de que, quando uma população biológica se desenvolve sobre a superfície de um suporte, ainda que este não tenha sido utilizado como fonte de energia, a presença de gás carbônico e de outros produtos metabólicos originados pode provocar mudanças químicas, ainda que não produza um efeito macroscópico imediatamente. Neste sentido, é necessário ter em conta as características da alteração biológica que estão diretamente relacionadas com as qualidades fisiológicas do organismo biodeteriorador, a natureza e a composição do suporte, assim como com as condições do meio ambiente, nas quais estas reações têm lugar.



Microbiodeterioração do manuscrito



Vários tipos de microbiodeterioração

5.4 Microbiodeterioração do papel

Além dos agentes biológicos antes mencionados, existem muitos microrganismos heterotróficos que danificam o papel e outros suportes orgânicos, processo que realizam atuando sobre sua estrutura e nas condições nas quais são armazenados.

Nos livros, documentos, pinturas e manuscritos elaborados sobre papel, encontramos como fator comum a presença de substâncias orgânicas, suscetíveis de serem metabolizadas pelos microrganismos. Como resultado destes processos, os objetos se deterioram, isto é, ocorrem neles transformações específicas em nível molecular, que causam danos característicos, muitas vezes apreciáveis à primeira vista.

Com frequência são observados vários tipos de manchas de diferentes cores e tonalidades ou, no pior dos casos, encontramos ao mesmo tempo alterações químicas, mecânicas e cromáticas. Estas manchas costumam ser produzidas por pigmentos excretados pelos microrganismos durante seu crescimento e pelo crescimento miceliano. Muitas bactérias e leveduras ocasionam manchas pigmentares. Os fungos produzem pigmentos e crescimento miceliano.

A magnitude e os tipos de danos que eles ocasionam nos diferentes suportes estão diretamente relacionados com sua capacidade biodeterioradora, com suas propriedades fisiológicas e com as condições ambientais.



Manchas fúngicas no papel



Manchas fúngicas no livro

O papel, os pergaminhos, as telas, a madeira, os têxteis e, em geral, todos os suportes orgânicos, são materiais suscetíveis de serem biodegradados pelos microrganismos devido às suas macromoléculas constituintes, em particular à presença de celulose, de proteínas e de outros biopolímeros como componentes majoritários. Nestes processos, têm grande sentido os microrganismos celulósicos, proteolíticos e amilolíticos (Janskekar; Haltmeier; Brown, 1982; Higuchi, 1982; Havermans, 1995), já que a degradação microbiana desses polímeros ocorre por via enzimática (Villalba et al, 2004).

As bactérias, à exceção de poucas espécies, não representam grande perigo, já que sua capacidade celulósica é limitada. Elas são muito mais importantes no sentido epidemiológico.

Na tabela 5 relacionam-se os materiais danificados pelas bactérias.

TABELA 5

MATERIAIS DANIFICADOS POR BACTÉRIAS								
GÊNERO	PAPEL	PELE	PERGAMINHO	ADESIVOS	SINTÉTICOS	TÊXTEIS	TELAS	MEDEIRA
<i>Bacillus</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Cellvibrio</i>		X		X		X		
<i>Cellfalcícula</i>				X				
<i>Micrococcus</i>		X		X		X		
<i>Nocardia</i>				X				
<i>Streptomyces</i>		X		X		X		
<i>Cytophaga</i>				X				
<i>Sporocytophaga</i>				X				

Fonte: Gallo, F., 1992.

Ao contrário, os fungos constituem um perigo em nossas instituições, justamente pela grande capacidade celulolítica de muitas espécies. Produzem manchas características de diferentes texturas e tonalidades, resultado do crescimento miceliano. Além dos pigmentos e das manchas micelianas, durante o metabolismo microbiano os componentes majoritários dos suportes são degradados. Ao mesmo tempo os fungos sintetizam ácidos orgânicos, entre outros, oxálico, fumárico, acético e láctico, os quais se depositam sobre os suportes, acidificando-os e debilitando-os. Quer dizer, além das alterações cromáticas, produzem-se danos químicos.

Os fungos são os responsáveis pela quase totalidade dos processos de biodeterioração dos acervos documentais, já que constituem os agentes etiológicos de muitas infecções micóticas das pessoas que têm contato com as coleções contaminadas.

Sua atividade biodeterioradora se baseia na sua capacidade de utilizar os componentes do papel e outros suportes celulósicos, tais como telas, madeiras e têxteis, como fontes de carbono e energia; manifesta-se também pela aparição de manchas coloridas e outros sinais característicos deste fenômeno. Está relacionada, ainda, aos fatores que propiciem seu desenvolvimento, os quais devem ser cuidadosamente controlados com vistas ao estabelecimento das medidas preventivas e profiláticas necessárias.



Biodeterioração da pintura



Detalhe de biodeterioração de gravura

Na tabela 6 relacionam-se os materiais danificados pelos fungos.

TABELA 6

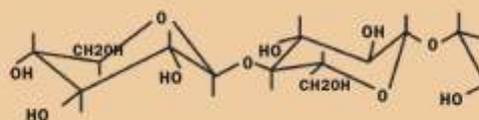
MATERIAIS DANIFICADOS POR FUNGOS								
GÊNERO	PAPEL	PELE	PERGAMINHO	ADESIVOS	SINTÉTICOS	TÊXTEIS	TELAS	MADEIRA
<i>Alternaria</i>	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Aspergillus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetomium</i>	X	X	X			X	X	X
<i>Cephalosporim</i>	X		X			X		
<i>Cladosporium</i>	X	X	X		X	X	X	
<i>Fusarium</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Geotrichum</i>	X					X	X	
<i>Mucor</i>	X	X	X			X		
<i>Paecilomyces</i>	X	X				X	X	X
<i>Penicillium</i>	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phoma</i>	X					X		
<i>Pullularia</i>	X	X			X	X	X	
<i>Rhizopus</i>	X	X	X			X		
<i>Rhodotorula</i>	X	X	X					
<i>Scopulariopsis</i>	X	X	X			X	X	X
<i>Sporotrichum</i>	X					X	X	X
<i>Stachybotrys</i>	X			X		X		
<i>Trichoderma</i>	X	X				X	X	X
<i>Trichothecium</i>	X		X			X	X	
<i>Verticillium</i>	X					X		

Fonte: Gallo, F., 1992.

5.5 Transformações bioquímicas nestes processos

5.5.1 Biodegradação da celulose

Para compreender os mecanismos bioquímicos destes processos, é necessário saber o que é a celulose e quais são os compostos macromoleculares orgânicos que se encontram presentes no papel. A celulose é um polímero linear de glicose, unida por ligações 1-4-β glicosídicas. O esquema seguinte representa um fragmento da molécula de celulose.



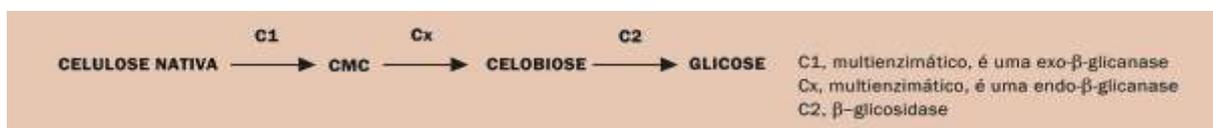
Fragmento da molécula celulósica

As propriedades da celulose são determinadas por vários fatores, especialmente pelo tamanho das cadeias moleculares, e pela presença de lignina, hemicelulose, pectina, resinas e polissacarídeos associados às fibras celulósicas, que contribuem negativamente na qualidade da polpa e, portanto do papel a se obter.

A celulose encontra-se amplamente distribuída na natureza, sendo o composto principal das paredes celulares das plantas. O algodão contém 95%, o linho, 80%, a juta, 60% e a madeira, por volta de 60%. Pode ser obtida por diversos procedimentos, a partir dos materiais celulósicos naturais.

A biodegradação da celulose na natureza é realizada pelos microrganismos celulósicos, quer dizer, aqueles capazes de produzir enzimas, genericamente denominadas “celulase” (Evans, 1996). Trata-se de um complexo enzimático que pode ser sintetizado por certos microrganismos (Eriksson; Pettersson, 1975; Lal; Mishra, 1978; Okazaki; Moo-Young, 1978). Este processo transcorre da mesma forma, tanto no caso de reações microbianas, quanto no das enzimáticas “in vitro”.

Neste sentido, têm sido propostos vários modelos; de acordo com Nisizawa (1973), têm lugar as seguintes etapas seguintes:



A atividade e a composição da celulase sintetizada dependem fundamentalmente do microrganismo em questão, dos componentes presentes no complexo enzimático, do tipo de celulose a degradar, assim como das características físico-químicas e estruturais do suporte.

Os microrganismos celulósicos mais ativos são aqueles capazes de degradar a celulose pura, porque na celulase, que sintetizam, estão presentes todos os componentes do complexo enzimático. Outros, contudo, mostram uma atividade mais limitada, já que são capazes somente de sintetizar alguns componentes.

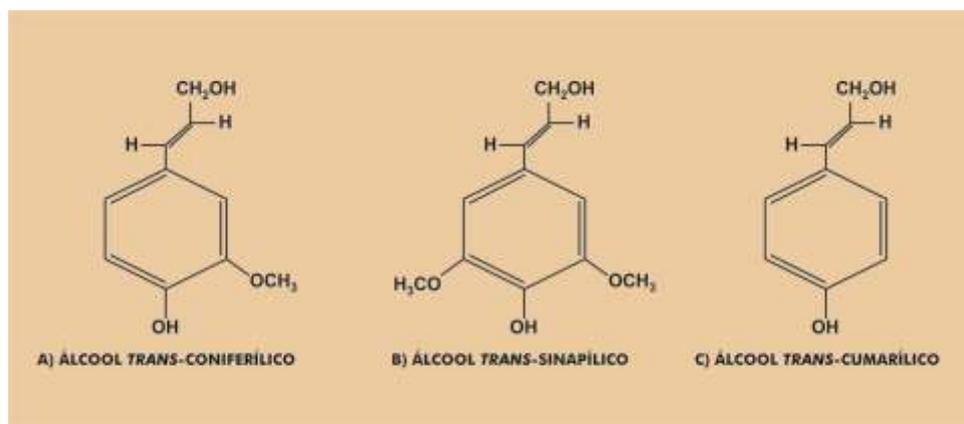
As maiores atividades celulósicas têm sido atribuídas aos fungos dos gêneros *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Paecilomyces*, e *Myrothecium*.

Este processo ocorre em várias etapas; e podem ocorrer a oxidação e a hidrólise parcial ou total do polímero celulósico. Durante a hidrólise se produz a ruptura do enlace principal (β -glucosídico) da molécula, dando lugar à diminuição da cadeia polimérica e à formação de grupos redutores. O ataque do polímero ocorre ao acaso.

5.5.2 Biodegradação da lignina

Ainda que a quantidade de lignina presente nos suportes celulósicos, especialmente nos utilizados para a elaboração de livros e documentos, seja muito pequena, pode provocar reações indesejáveis.

A lignina constitui cerca de 30% em peso da parede celular das plantas vasculares, sendo suas funções principais as de proteção e de sustento. É um polímero condensado de fenilpropano, isto é, um poliéter complexo, formado por polimerização desidrogenante de diversos álcoois fenólicos insaturados como o álcool *trans*-coniferílico, o álcool *trans*-sinapílico e o álcool *trans*-cumarílico, cujas estruturas são mostradas a seguir:



Devido à sua estrutura química, é um polímero bastante resistente à degradação microbiana. Apesar disso, têm sido reportados alguns fungos que descompõem a madeira (Hatakka, 1983), tais como basidiomiceto, alguns actinomicetes termófilos e umas poucas bactérias com capacidade ligninolítica (Odier; Monties, 1981), ainda que estas últimas tenham mostrado uma atividade muito limitada.

A biodegradação da lignina na natureza é um processo muito complexo, que ainda não está totalmente esclarecido. É catalisado pela enzima, genericamente denominada “lignase”, que é multienzimática.

Dada a complexidade estrutural do polímero, neste processo se requer a participação de várias enzimas (Kirk; Higuchi; Chang, 1984) e durante o qual ocorrem as reações seguintes (Higuchi, 1982; Kirk, 1983): rompimento das cadeias alifáticas e do anel aromático, demetilação, ruptura das ligações carbono-carbono, ruptura de ligações duplas, oxidação e polimerização. Dele participam cinco grupos fundamentais de enzimas, estas são:

- **Enzimas demetilantes:** Participam das reações de demetilação dos grupos metoxilos do anel aromático. Preparam a ligação aromática para a ruptura.
- **Enzimas alquil- β -aril esterases:** Separam os substitutos alquil- β -aril éter do anel aromático no nível da lignina polimérica e dos seus monômeros.
- **Oxigenases (mono e dioxigenases):** Participam dos processos de oxidação da molécula, tornando-a mais solúvel e biodegradável.
- **Fenoloxidasas:** Incluem: lacase, peroxidase e catalase. Seu papel não está totalmente esclarecido, mas sabe-se que desintoxicam o meio através da polimerização de substratos tóxicos de natureza fenólica, originados durante a degradação do polímero, e que regulam a síntese de polissacarídeos (Evans, 1985).
- **Celobiose quinona óxido-redutase:** Catalisa a reação de oxidação, na qual a redução da quinona, que corresponde ao fenol, acompanha a conversão da celobiose em ácido celobiótico, através da celobiona-beta-lactona (Huynh; Crawford, 1985). No nível da celobiose e do ácido celobiótico, esta enzima liga o mecanismo de biodegradação da lignina ao da celulose.

Fortuitamente, os processos de biodegradação dos polímeros de lignina não costumam ocorrer durante a degradação dos acervos documentais.

5.5.3 Biodegradação das hemiceluloses

As hemiceluloses são misturas complexas de polissacarídeos solúveis em álcalis e estão associadas à celulose nas paredes celulares dos tecidos vegetais. Sua unidade monomérica básica é a xilose, que se unem (entre si) por meio de ligações 1-4- β glicosídicas.

Encontram-se presentes na estrutura das plantas em quantidades variáveis, próximas a 35%. Entre seus componentes principais destaca-se os polissacarídeos xilano, arabano, manano e galactano.

A maior parte dos fungos e das bactérias, inclusive muitas leveduras, são capazes de biodegradar a hemicelulose, por meio da produção da enzima genericamente denominada “hemicelulase ou xilanase”.

A “hemicelulase” é também um complexo enzimático. Podem ser enzimas constitutivas e indutivas. As primeiras são sintetizadas independentemente da composição do substrato de crescimento, enquanto as segundas são produzidas somente quando existe hemicelulose presente e acessível. Este processo transcorre da seguinte forma (Dekker, 1985):



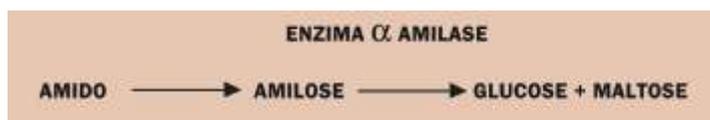
Aqui também ocorrem reações oxidativas e hidrolíticas no nível da cadeia polimérica, que pode ser degradada até a xilose (unidade monomérica). Pela hemicelulose ser amorfa e por ter tamanho e peso moleculares menores do que a celulose, a biodegradação deste polímero ocorre com maior velocidade.

Nos materiais celulósicos, a velocidade desta reação se vê limitada pela pouca acessibilidade do polímero, já que ele quase sempre encontra-se associado à lignina e à celulose, formando complexos macromoleculares que a recobrem e a tornam menos acessível. Também influi a presença de taninos e de algumas resinas, que inibem o crescimento de muitos microrganismos.

5.5.4 Biodegradação dos componentes de menor peso molecular

Nos suportes orgânicos de origem vegetal também encontramos, em menor quantidade, outros componentes de menor peso molecular, tais como amidos, ceras, resinas e monossacarídeos, que são suscetíveis a serem biodegradados pelos microrganismos. A velocidade destas reações aumenta quando existem açúcares simples e amido, já que o número de agentes biológicos capazes de metabolizar estas substâncias é muito maior. Ao contrário, os taninos e as resinas são inibidores do crescimento da maioria dos agentes biológicos.

A biodegradação destes componentes ocorre através de mecanismos metabólicos diferentes, com a participação das enzimas específicas para cada substrato. Quando o microrganismo em questão os tenha degradado até a unidade monomérica, penetram na célula por simples transporte. Assim, por exemplo, os compostos derivados do amido, utilizados como aglutinantes na fabricação do papel, podem ser biodegradados pelos microrganismos amilolíticos. Neste processo pode ocorrer a hidrólise parcial ou total do polímero e é produzido pelo complexo enzimático “amilase”. Ocorre da seguinte forma:



Ambos os produtos de degradação são carboidratos muito menores, por isto são facilmente utilizados como fonte de energia por muitos microrganismos. *B. subtilis* é um microrganismo frequentemente isolado como contaminador de documentos. Muitas de suas espécies têm sido reportadas como fortes amilolíticas.

As ceras, óleos secantes e graxas utilizadas na elaboração das obras em papel são também compostos suscetíveis de serem biodegradados pelos microrganismos. Estes processos são realizados por aqueles capazes de utilizar os hidrocarburetos e parafinas como fonte de carbono. Neste grupo têm sido reportadas algumas bactérias do gênero *Pseudomonas*.

Como resultado de todas estas reações biodegradantes, originam-se substâncias menores, que podem ser empregadas como nutrientes por toda uma ampla gama de microrganismos, os quais exercem seus efeitos como microbiodeterioradores nos suportes orgânicos. As bactérias e os actinomicetos são pouco frequentes nos processos de degradação do papel.

Outro tipo de manchas frequentes no papel é o “salpicado ou *foxing*”. Estes se manifestam em forma de pintas de tons pardo-avermelhados de dimensões variáveis. A causa de sua aparição não está totalmente clara; alguns autores atribuem-nas à presença de fungos (Florian, 1996), enquanto outros, à presença de maiores concentrações de ferro, procedente dos materiais utilizados na manufatura.

5.5.5 Biodegradação das proteínas

Nos arquivos e bibliotecas antigas também devem ser consideradas as coleções elaboradas em suportes proteínicos, tais como os pergaminhos e peles. Nestes casos, a suscetibilidade à microbiodeterioração é devida às potencialidades dos microrganismos para degradar as proteínas ou o componente químico majoritário, o que está diretamente relacionado às suas atividades proteolíticas.

As proteínas¹⁴ são substâncias complexas produzidas pelos seres vivos, ligadas à vida, e constituem 50% do peso seco dos tecidos animais. São componentes muito importantes, porque são responsáveis pela manutenção estrutural (o

14 As proteínas foram descobertas em 1838. São os componentes principais das células e da matéria vivente em geral. O termo deriva da palavra grega "*proteios*", que significa primeiro.

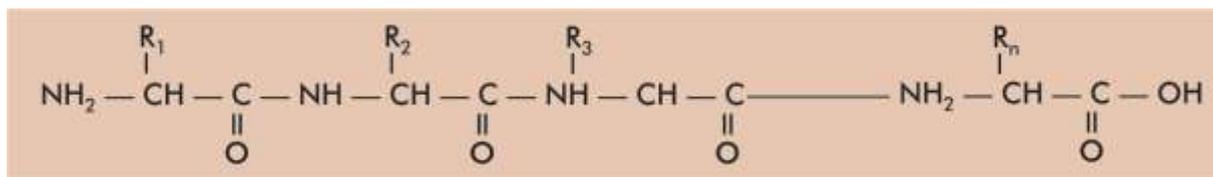
colágeno) e pela funcionalidade (as enzimas) dos organismos vivos. Do ponto de vista químico, são polímeros de aminoácidos unidos mediante ligações peptídicas.

Os aminoácidos são compostos formados por cadeias de carbono que contêm em sua molécula um grupo carboxílico (-COOH) e um grupo amina (-NH₂), que estão unidos ao mesmo átomo de carbono (carbono α) mediante a ligação peptídica.

Cada molécula proteica exibe uma composição fixa em número e sequência de aminoácidos, o que constitui sua estrutura primária. Além disso, a maioria delas adota uma disposição espacial, o que se conhece como estrutura secundária. Esta última, em hélice, encontra-se redobrada sobre si mesma em forma tridimensional, o que constitui a estrutura terciária, típica das proteínas globulares. Em sua composição elementar encontramos fundamentalmente quatro elementos: C, O, H, N e, em alguns casos, também enxofre.

O grau de polimerização das proteínas é variável. Sua hidrólise conduz à formação de poli, di, péptidos e aminoácidos. A forma, o tipo e a sequência dos aminoácidos conduzirão à formação de diferentes tipos de moléculas proteicas e definirão suas propriedades.

De acordo com a sua composição, classificam-se em simples e compostas. As primeiras são formadas unicamente por aminoácidos. As segundas, proteídeos, contêm também grupos prostéticos que formam parte da estrutura macromolecular. No esquema seguinte representa-se a estrutura de uma molécula proteica.



Estrutura de uma molécula proteica

Os compostos proteicos podem ser utilizados como fonte de alimento pelos agentes biológicos e pelos microrganismos heterotróficos. Estes processos requerem a participação de enzimas proteolíticas, denominadas genericamente “proteases”. A função destas enzimas é a degradação destas substâncias até que se tornem produtos de menor peso molecular mediante a ruptura da ligação peptídica, como se representa a seguir:



Esquema da degradação enzimática de uma proteína

Nos materiais orgânicos de origem animal estes processos ocorrem diferentemente, dependendo do tipo de proteína a degradar, da protease sintetizada, do organismo em questão (mamíferos, insetos, microrganismos) e das condições ambientais.

O pergaminho utilizado como suporte dos manuscritos antigos era produzido, inicialmente, com peles de ovelha e de cabra; o de melhor qualidade era obtido a partir de pele de cordeiro e de bezerro. Atualmente, se produz a partir de materiais sintéticos – cujos componentes básicos são o colágeno, a elastina, mínimas quantidades de albumina e globulinas – mediante procedimentos mais industrializados. Este material, na presença do ar, é parcialmente degradado, podendo ser atacado por algumas bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Bacteroides* e *Sarcina*, assim como por fungos dos gêneros *Cladosporium*, *Fusarium*, *Ophiostoma*, *Scopulariopsis*, *Aspergillus*, *Penicillium* e outros (Gallo, 1992). Devido ao ataque microbiano, o suporte perde suas propriedades originais, tornando-se mais rígido, frágil e quebradiço, o que provoca deformações nos objetos. Também costumam aparecer manchas de diferentes cores, pátinas esbranquiçadas e destruição dos textos.

O couro possui uma composição química muito similar à do pergaminho, por isto sua suscetibilidade à biodeterioração e aos agentes biológicos que o danificam também é similar. Como no caso dos pergaminhos, os principais sinais de ataque microbiano nos objetos em couro são as manchas, assim como as alterações das características físico-químicas e das propriedades mecânicas do suporte, as quais se traduzem como uma diminuição da resistência.



Microdeterioração de manuscrito

Por tudo antes explicado e para evitar os processos de biodeterioração e microbiobiodeterioração dos materiais de arquivos e bibliotecas, é muito importante considerar que estas coleções são constituídas por uma ampla gama de materiais de origem orgânica, logo sua suscetibilidade a ditos processos dependerá, fundamentalmente, dos seus componentes majoritários, das condições do ambiente e da maneira como sejam armazenados, expostos e manipulados.

6

POTENCIALIDADES PATOGÊNICAS DOS MICRORGANISMOS ENCONTRADOS NOS ARQUIVOS E BIBLIOTECAS

6.1 Considerações gerais

Em estudos realizados por diversos autores, têm sido isoladas e identificadas em torno de 200 espécies de microrganismos responsáveis pela deterioração de diferentes coleções. Muitos deles constituem a microflora aérea de nossas instituições. Ela pode coexistir com os objetos de valor cultural e com o homem em um ecossistema determinado, sem provocar danos; mas quando se produzem mudanças nas condições ambientais e o conteúdo de água dos materiais lhes é favorável, ela pode ocasionar efeitos muito negativos, como microbiodeterioradoras e como patogênicas (Gallo, 1993).

Os problemas relacionados com a patogenicidade dos microrganismos que contaminam os arquivos e bibliotecas vêm sendo pouco estudados, apesar de constituir um fenômeno cotidiano, especialmente nos países tropicais, e de ser a causa de muitas doenças profissionais em nossas instituições (Vaillant, 1996). Para enfrentar este sério problema é necessário conhecer as potencialidades principais e as especificidades vitais dos microrganismos nas diferentes condições de vida, o que permitirá estabelecer uma estratégia adequada em sentido profilático.

6.2 Patogenicidade

Denomina-se patogenicidade a capacidade potencial de determinadas espécies de microrganismos e de outros tipos de contaminantes biológicos¹⁵ de provocar um processo infeccioso (Piatkin; Krivosheim, 1968).

15 Organismos ou resíduos que afetam a qualidade do ar em espaços fechados, entre eles: bactérias, fungos, vírus, pólen proveniente das plantas e proteínas da urina de roedores.

Caracteriza-se por um conjunto de propriedades dos macro e microrganismos, constituídas no processo de desenvolvimento, luta pela existência e adaptação à vida parasitária no organismo das plantas, dos animais e do homem. É um caráter próprio de cada espécie, isto é, que tem especificidade de ação.

Os microrganismos patogênicos caracterizam-se, em sua maioria, por sua ação específica, quer dizer, cada espécie é capaz de provocar uma determinada doença infecciosa.

A especificidade do processo infeccioso é uma propriedade muito importante, que se manifesta pela localização do agente etiológico; pela seletividade das lesões que se produzem em tecidos e órgãos; pelo quadro clínico da doença; pelo mecanismo de eliminação dos microrganismos; e pela formação da imunidade. Também desempenham importante papel os fatores ambientais.

6.2.1 Fatores relacionados à patogenicidade

A entrada do agente infeccioso ou contaminante biológico no organismo humano nem sempre provoca o surgimento da doença. Em muitos casos limita-se à infecção temporária, sem manifestações, ou a provocar um estado no qual o indivíduo se converte em um portador prolongado do germe.

A reatividade do organismo humano e sua resistência imunológica estão intimamente relacionadas com: o meio exterior, as condições de vida, as características do trabalho, a alimentação, o nível higiênico-sanitário, o nível de cultura e muitos outros fatores.

O estado fisiológico do macro-organismo e sua resistência têm uma influência decisiva sobre o surgimento, o curso e o término de um dado processo infeccioso. Também a idade e o sexo influem na suscetibilidade do indivíduo.

Alguns fatores exercem uma influência intensificadora na receptividade dos organismos às infecções. Entre eles devem ser mencionadas as características da dieta (insuficiência em proteínas, vitaminas, gorduras e minerais), o cansaço excessivo, a baixa temperatura corporal, as condições higiênicas inadequadas das áreas de trabalho e depósitos, assim como as intoxicações crônicas, diversas doenças somáticas e algumas radiações. Todos estes fatores exercem influências desfavoráveis sobre o organismo humano e, portanto, na saúde dos trabalhadores.

A insuficiência de oxigênio nos locais e o excesso de ácido carbônico e de outros gases nocivos produzem uma intoxicação crônica, que facilita o desenvolvimento da tuberculose. A existência de pó e de silicatos no ar lesiona as mucosas das vias respiratórias e aumenta a possibilidade de adquirir infecções por diferentes microrganismos.

Além dos fatores nocivos externos, também exercem grandes influências sobre a receptividade às infecções as doenças somáticas como a diabete, as cardiovasculares e as intoxicações crônicas por álcool e por outras substâncias tóxicas.

Têm sido relatados diversos tipos de efeitos causados pelos contaminantes biológicos, entre eles (www.envtox.ucdavis.edu/CEHS).

6.3 Infecção

A infecção é o processo por meio do qual o agente etiológico entra em relação com o hospedeiro. Ocorre de acordo com as seguintes etapas fundamentais (Barreda, 2005):

- Entrada do agente etiológico no hospedeiro: As vias de entrada mais frequentes são o sistema respiratório (boca e nariz), o sistema digestivo e as escoriações na superfície das mucosas e da pele. Os componentes da superfície dos micróbios determinam sua capacidade de aderir às células epiteliais. Estas podem ser proteínas, ácidos lipoproteicos e outros. Alguns parasitas podem penetrar na pele e nas mucosas intactas, enquanto outros são introduzidos pelos artrópodes (insetos), através destas camadas, diretamente aos vasos linfáticos ou à corrente sanguínea.
- Estabelecimento e multiplicação do agente etiológico dentro do hospedeiro: Da porta de entrada, o germe pode disseminar-se diretamente através dos tecidos, ou prosseguir pelos vasos linfáticos até a corrente sanguínea, que o distribui e lhe permite alcançar tecidos e órgãos. A natureza bioquímica dos tecidos é a que, em última instância, determina a suscetibilidade ou a resistência do hospedeiro.

O surgimento de um processo infeccioso depende da capacidade reativa do organismo humano, da presença de certas substâncias requeridas pelo germe, da imunidade, da quantidade e da qualidade do agente etiológico, assim como da baixa qualidade do meio ambiente e das condições sociais. Em função da correlação entre estes fatores, se produzirá ou não a infecção.

Algumas doenças infecciosas podem seguir um curso atípico, latente, sem manifestações clínicas. Estas são as infecções latentes, e são bastante frequentes. Alguns autores as denominam inaparentes.

As relações recíprocas entre o agente patogênico e o organismo hospedeiro, sem manifestações evidentes da doença, ocorrem quando o indivíduo é o portador dos germes. Também podem ser portadores de germes as pessoas que têm contato com enfermos.

Por seu caráter, as infecções podem ser exógenas e endógenas. No primeiro caso, o agente etiológico penetra no macro-organismo vindo do exterior, procedente de diversas fontes. No segundo caso, origina-se como resultado da atividade da microflora própria. Existem casos nos quais ocorrem infecções por mais de um agente. Trata-se de infecções mistas.

As infecções exógenas são as de maior importância para os conservadores, já que são as que se adquirem com mais frequência nos depósitos e armazéns.

6.3.1 Vias de propagação das infecções

Em seu processo de evolução, os microrganismos patogênicos têm adquirido a faculdade de penetrar por diversas vias no organismo humano e de localizar-se, seletivamente, em tecidos e órgãos nos quais se desenvolvem, provocando reações específicas de resposta por parte do macro-organismo.

Na Microbiologia Médica toma-se como base para a classificação das doenças infecciosas o princípio etiológico, que se fundamenta na especificidade de ação dos microrganismos. Dado que a quantidade de espécies de microrganismos patogênicos é relativamente grande, surgiu a necessidade de agrupar todas as doenças infecciosas seguindo um princípio determinado, quer dizer, segundo o mecanismo de sua transmissão desde a fonte da infecção até o organismo humano receptivo. Desta maneira, para cada agente etiológico existem mecanismos de transmissão específicos que determinam sua identificação.

A dinâmica do processo infeccioso se compõe de quatro etapas: período de incubação, prodrômico, auge da doença e cura.

Desde o momento em que o agente patogênico penetra até o começo das primeiras manifestações, transcorre o período de incubação; durante o mesmo têm lugar a multiplicação e a acumulação de micróbios e toxinas, elevando-se a reação do organismo. O efeito pode conduzir ao aparecimento da doença. Depois, inicia-se o período prodrômico (precursor), durante o qual ainda não se tem os sintomas característicos, mas sim, manifestações gerais comuns a muitas patologias. Em continuidade, chega ao auge, durante o qual o processo infeccioso alcança uma elevada intensidade e se mantém neste nível por um prazo de tempo determinado. Quando a infecção segue um curso favorável, então começa o período de cura.

Entre os fatores que aumentam a sensibilidade do organismo às infecções, incluem-se os seguintes: caráter da nutrição (deficiências em proteínas, gorduras, vitaminas, microelementos...), esgotamento, temperatura corporal baixa,

condições higiênico-sanitárias do lugar de trabalho e do lar, assim como determinadas doenças somáticas (diabetes e cardiopatias), além de intoxicações crônicas por álcool e por outras substâncias tóxicas.

Nos arquivos e bibliotecas, é importante considerar todos estes elementos com vistas a estabelecer condições de higiene e ambientais adequadas nestes locais, para assim evitar o aparecimento de danos à saúde dos trabalhadores e doenças profissionais problemáticas de grande repercussão nos países de climas tropicais, e que ainda têm sido estudadas (Vaillant, 1996).

6.4 Disseminação dos microrganismos na natureza

Os microrganismos encontram-se disseminados no meio circundante. Encontram-se no ar, no solo, na água, nas plantas, nos animais, nos objetos e até no organismo do homem, por isto, a microflora existente em cada um destes exercerá uma influência direta sobre os objetos em contato com estes ecossistemas.

6.4.1 Microflora do ar

A composição dos microrganismos do ar é sumamente variada e depende de muitas causas. Está intimamente relacionada aos contaminantes ambientais existentes na zona ou no espaço em questão.

Os contaminantes ambientais de procedência biológica (bioaerossóis) são constituídos pelas partículas, moléculas de grande tamanho ou compostos voláteis que estejam vivos ou se originem de um organismo.

Nos bioaerossóis pode-se encontrar microrganismos (vivos e mortos) em diferentes qualidade e quantidade, assim como seus fragmentos, toxinas e partículas, procedentes de produtos de excreção de todo tipo, cuja origem é a matéria orgânica (Hernández, 2008). Eles podem ocasionar diversos danos à saúde, entre eles:

- Alguns contaminantes biológicos podem provocar reações alérgicas, incluindo pneumonite por hipersensibilidade, rinite alérgica e certas formas de asma. As reações alérgicas só têm lugar após uma exposição reiterada a um alérgico biológico específico. No entanto, estas reações podem produzir-se tanto imediatamente depois da re-exposição ao agente em questão, quanto logo após uma exposição por longo prazo. Pessoas que têm experimentado somente reações alérgicas leves ou que não têm apresentado nenhuma reação em absoluto podem, repentinamente, tornar-se muito sensíveis a determinados alérgicos.
- Doenças infecciosas, como a gripe, o sarampo, a tuberculose e a varicela, transmitem-se através do ar.

- Alguns tipos de musgo liberam toxinas patogênicas que atacam diversos órgãos e tecidos, incluindo o fígado, o sistema nervoso central, o tubo digestivo e o sistema imunológico. Certas doenças, como a febre do umidificador, são causadas por microrganismos que crescem nos sistemas de calefação e de ar condicionado. Contudo, não se sabe bem se estas doenças constituem uma reação alérgica ou uma resposta tóxica.
- Os sintomas por exposição a contaminantes biológicos incluem espirros, olhos lacrimejantes, acessos de tosse, insuficiência respiratória, enjoos, letargia, febre e problemas digestivos. As crianças, os idosos e as pessoas que sofrem de problemas respiratórios, alergias e doenças pulmonares são particularmente suscetíveis aos agentes biológicos patogênicos que se acham em espaços fechados.

A sobrevivência, a reprodução e a dispersão no ar dos contaminantes biológicos dependem, em grande medida, das condições do entorno no qual se encontrem. Fatores como a temperatura, a umidade relativa, a circulação do ar, a luz, as fontes de alimento e, inclusive, a presença humana determinam o nível de contaminantes biológicos em um ambiente delimitado. Em geral, as baixas temperaturas inibem o crescimento de muitos microrganismos; apesar disto, alguns deles (mofos e leveduras) desenvolvem-se bem em ambientes frios. Outras espécies microbianas (*Aspergillus*, *Legionella pneumophila* ou *Thermoactinomyces vulgaris*) alcançam seu ótimo desenvolvimento em temperaturas elevadas.

Os ambientes muito úmidos favorecem o desenvolvimento dos fungos, das bactérias e dos ácaros do pó. O movimento do ar contribui para o transporte, a manutenção e a circulação dos contaminantes biológicos pelo ar. Estes podem ser procedentes do exterior ou presentes no ambiente interior.

O nível e o tipo de luz também podem favorecer ou inibir a presença de microrganismos no ar. Por exemplo, a luz ultravioleta inibe tal crescimento, e a ausência de luz impede a formação de esporos de alguns fungos, como é o caso do *Alternaria sp.*

A composição dos microrganismos do ar é sumamente variada e depende de muitas causas: do nível de contaminação do ar com suspensões minerais e orgânicas; da temperatura; das precipitações atmosféricas; da localidade; da umidade; e de outros fatores. Quanto mais poeira, fumaça e fuligem exista no ar, mais micróbios se encontrarão no mesmo. Cada partícula de fuligem tem a propriedade de reter em sua superfície grande quantidade de micróbios.

O ar não constitui um hábitat microbiano; os microrganismos existem no ar e, portanto, nos diferentes tipos de locais, unicamente como contaminantes acidentais. No entanto, muitos deles, particularmente os patogênicos, são transportados pelo vento, aderidos a diferentes partículas. A microflora do ar constitui-se de espécies microbianas as mais diversas, que chegam a ele a partir do terreno, das plantas e dos animais.

No ar encontram-se com frequência bactérias saprofitas pigmentares (micrococos e diferentes sárquinas), esporogênicos, várias espécies de bacilos, actinomicetes, fungos, leveduras e outros.

A quantidade de micróbios no ar varia enormemente; desde alguns exemplares até dezenas de milhares por metro cúbico. (Álvarez, 2002). De acordo com algumas pesquisas realizadas (Cardona, 2008), à altura de 500 metros são encontrados de 1.100 a 2.700 microrganismos por metro cúbico, enquanto à altura de 2.000 metros, apenas de 500 a 700. Cada grama de pó pode conter até 1000 de bactérias. Ao redor das pessoas e dos animais enfermos, de artrópodes e de insetos infectados podem ser encontradas espécies patogênicas de microrganismos. A qualidade e a quantidade de microrganismos no ar varia segundo a época do ano.

Atualmente, como índice sanitário do ar para locais fechados, levar em conta os organismos do grupo do *Streptococcus viridans*, e como índice de perigo epidemiológico direto, o *Streptococcus* beta hemolítico e os *Staphylococcus* patogênicos.

Também a água representa um fator muito importante na transmissão de infecções. Entre os microrganismos aeróbicos específicos da água, encontram-se: *Pseudomonas fluorescen*, *Micrococcus candidus*, *Micrococcus agilis* e outros. É muito raro que se encontrem na água bactérias anaeróbicas.

6.4.2 Microflora dos depósitos de livros e documentos

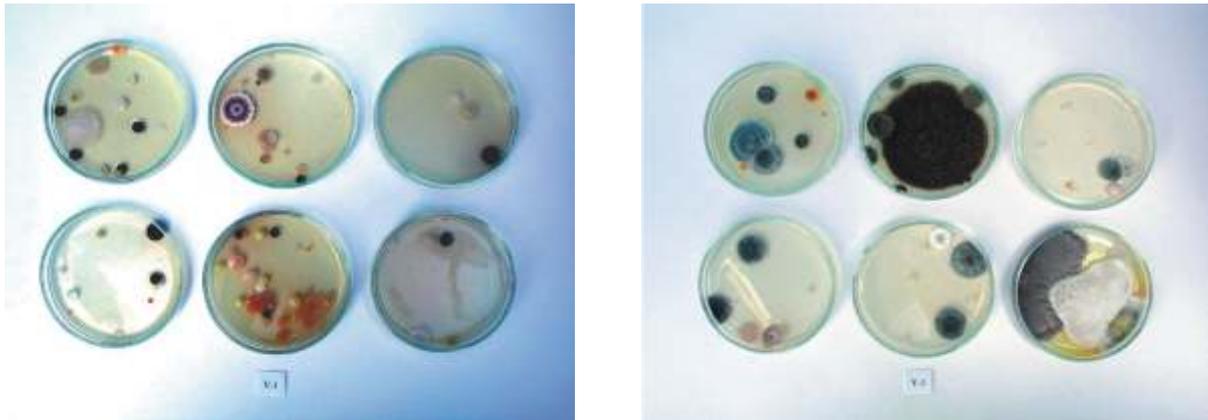
Muitas espécies de microrganismos têm adquirido a capacidade de ocasionar doenças ao homem. Eles podem ser encontrados em diferentes habitats. Em termos de ecossistemas específicos, a microflora dos depósitos de livros e documentos está muito influenciada pelos microrganismos existentes no ar, piso, água, coleções, meio circundante, assim como naqueles carregados pelo homem.

Em pesquisas realizadas por vários autores, foram isolados e identificados os microrganismos que contaminam os depósitos de vários arquivos, bibliotecas e museus. Dentre as bactérias, foram relatadas espécies dos gêneros *Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Neisseria* e *Corynebacterium*. Entre os fungos, foram isoladas espécies pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Cladosporium* e outros.

Em pesquisas realizadas por Vaillant (1996) sobre a caracterização da microflora potencialmente patogênica que habita em depósitos de documentos do Arquivo Nacional de Cuba, foram isoladas e identificadas 44 espécies de microrganismos pertencentes a 16 gêneros, entre os quais existem germes patogênicos oportunistas e saprofitos com diferentes capacidades metabólicas. Dentre as bactérias isoladas, as de maior significado na ordem de sua patogenicidade pertencem aos gêneros *Staphylococcus* e *Streptococcus*.

No caso dos fungos, foram encontrados vários gêneros que têm sido reportados como verdadeiros alergênicos, e que podem ocasionar diferentes tipos de infecções micóticas na pele e nas unhas, entre eles, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus* e outros menos frequentes.

A existência de uma microflora contaminante tão diversa em nossas instituições resulta na possibilidade de um risco de infecção ao pessoal que trabalha em tais locais, já que muitos desses microrganismos são, ao mesmo tempo, biodeterioradores e potencialmente patogênicos.



Bactérias e fungos. Cultura de depósitos de documentos

Existem coincidências entre os resultados publicados por vários autores (Moretti; Robledo, 1983; Vaillant; Valentín; Guerrero, 1997; Fragas, 2007) sobre os fungos encontrados com maior frequência nos depósitos de livros e documentos.

Especificamente os fungos provocam as micoses ao atacar tecidos e órgãos, cujo quadro clínico é muito variado, podendo danificar a pele, as mucosas e os órgãos internos. Estas infecções são classificadas diferentemente, segundo o nível da lesão e o caráter do agente (<http://enfermedadesdepiel.blogspot.com>).

Em geral conta-se com pouca informação sobre os danos que os microrganismos biodeterioradores podem provocar à saúde das pessoas que guardam e conservam o patrimônio histórico documental.

Especialmente nos países tropicais e subtropicais é de grande importância a valorização do papel epidemiológico destes agentes nas doenças profissionais (Vaillant, 1996). Argumenta-se sobre a necessidade de realizar pesquisas direcionadas à caracterização microbiológica do ambiente deste tipo de instituições, o que possibilitará aplicar métodos de combate eficazes e minimizar as atividades patogênicas dos microrganismos nos arquivos e bibliotecas. Ao mesmo tempo, será possível incorporar o conceito de biossegurança, assim como seus princípios e leis, no trabalho cotidiano de nossas instituições.

7

MÉTODOS DE COMBATE A PRAGAS E INFECÇÕES: NOVAS TENDÊNCIAS

7.1 Considerações gerais

Ao longo dos séculos, muitas pessoas têm informado a existência de insetos danosos aos livros nas bibliotecas, sendo Aristóteles¹⁶ um dos primeiros a escrever acerca deste fenômeno.

Em 1936, Weiss e Carrutheer enumeraram 439 referências de trabalhos relativos aos insetos mais nocivos aos livros e a outros objetos patrimoniais (Parker, 1989).

Desde então, têm aparecido centenas de artigos sobre o tema mas, evidentemente, existe uma grande lacuna acerca dos procedimentos alternativos aplicáveis à prevenção e ao controle dos danos que os agentes biológicos ocasionam nas coleções de valor cultural, particularmente nas coleções documentais.

Como temos apontado, os roedores, os insetos e os fungos deterioram os materiais de arquivos e bibliotecas, e enquanto a nidificação de vertebrados e aves pode, indiretamente, afetar as coleções documentais, os maiores danos ocasionados pelos insetos a estas coleções produzem-se quando as utilizam para nutrir-se. Tanto no estado larval quanto no adulto, os insetos e as pragas dos edifícios podem chegar a destruir totalmente os acervos.

Todas estas questões fazem com que os profissionais envolvidos na conservação do patrimônio cultural mostrem grande preocupação ante a aparição de insetos, mofo e outras pragas nos museus, arquivos e bibliotecas.

16 Há 2.200 anos Aristóteles escreveu o seguinte: "*Também se encontram animaizinhos nos livros, alguns dos quais se parecem aos vermes que se encontram nas peças de roupa, enquanto outros se assemelham a escorpiões sem cauda, porém pequeníssimos*".

As pragas não apenas ocasionam danos às coleções e aos edifícios que as abrigam, mas também constituem um perigo potencial de ordem epidemiológica. Onde quer que as pessoas estejam expostas a roedores, insetos e fungos, existe a possibilidade de serem mordidas, de entrarem em contato com fezes e urina, de que seus alimentos sejam contaminados, de se verem expostas a agentes infecciosos ou de padecerem de reações alérgicas.

Quando se fumiga com um inseticida o interior de um local, os solventes e pequenas quantidades do produto volatilizam-se no espaço que as coleções e os seres humanos ocupam, e esses produtos químicos, ainda que em pequeníssimas quantidades, ocasionam danos às coleções, às pessoas e ao meio ambiente. Por estas e outras razões, a cada dia tende-se mais à prevenção.

7.2 Prevenção

Não existem dúvidas de que a prevenção¹⁷ é a melhor maneira de combater os agentes biológicos e evitar seus prejuízos (Arruzzolo; Veca, 1991). Portanto, para poder estabelecer medidas preventivas eficientes, é necessário conhecer os requisitos vitais e o comportamento destes inimigos, o que nos permitirá poder tomar ações específicas contra eles.

A prevenção da biodeterioração inclui um conjunto de ações direcionadas a evitar o desenvolvimento dos agentes biológicos no ambiente das instituições e o ataque aos materiais constituintes dos acervos. Estes estarão mais expostos às infecções e às infestações nas instituições quando suas características físico-químicas forem compatíveis com as potencialidades metabólicas dos organismos e quando as condições do ambiente circundante forem favoráveis ao desenvolvimento destes processos.

Para que ocorra a infecção ou a infestação de um objeto, devem conjugar-se as seguintes condições (Vaillant; Valentín, 1996):

- Que o objeto se encontre em um ambiente onde estejam presentes agentes biológicos.
- Que os agentes biológicos encontrem sua fonte de alimento adequada, o que está diretamente relacionado às substâncias que constituem os objetos.
- Que existam condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento.

Estas condições existem sempre, por isto os processos de biodeterioração sempre ocorrem e são inevitáveis. Não podemos deter estes processos, já que são parte da decomposição e da reciclagem dos compostos, aos quais estão sujeitos todos os materiais orgânicos. O que podemos fazer é tratar de controlá-los e tentar minimizar seus efeitos.

17 Ação de prevenir ou evitar.

Para evitar o desenvolvimento dos agentes biológicos e os seus efeitos nas instituições, é necessária a aplicação de medidas preventivas apropriadas. Estas vão desde o bom manejo das instalações, as inspeções periódicas das coleções, a higienização sistemática e manutenção de uma adequada ventilação dos locais, até a aplicação de tecnologias avançadas para o controle ambiental (Brokerhof, 1989). O cuidado para com as coleções resulta tão importante quanto sua aquisição e organização, por isto deverá ser planejado nas instituições.

Evidentemente, a prevenção é muito mais fácil quando as condições ambientais do edifício são controladas mas, como sabemos, as tecnologias para o estabelecimento de tais controles, tanto para sua instalação quanto para sua manutenção, são custosas (Michalski, 1995).

É muito importante considerar que cada tipo de instituição, objeto ou coleção tem características particulares e apresenta seus próprios problemas, por isto em cada caso deverá ser aplicado um tipo de estratégia preventiva específica, que dependerá, em primeiro lugar, da situação a ser tratada e do financiamento do qual se disponha.

Os procedimentos preventivos, que inibem ou retardam o crescimento dos agentes biológicos mediante a modificação das condições ambientais, tornando-as desfavoráveis ao desenvolvimento de determinados organismos, são conhecidos como métodos indiretos (Pinniger, 2001; Kelley, 2003).

O fato de que existe uma estreita relação entre as diferentes espécies biológicas e as condições ambientais requeridas para o seu crescimento, nos demonstra que os métodos mais eficazes são aqueles que agem sobre as causas que propiciam seu desenvolvimento; particularmente, aquelas que possam condicionar ou limitar sua multiplicação. No entanto, na prática, estes fatores nem sempre podem ser controlados.

Resulta muito mais fácil modificar e controlar o ambiente no interior das instituições, como é o caso das salas e armazéns, do que no exterior e em lugares a céu aberto.

Nos ambientes interiores dos arquivos e das bibliotecas os principais fatores que propiciam o desenvolvimento dos agentes biológicos são os seguintes (Altrudi; Silveti, 2007): poeira, pouca ventilação, umidade relativa elevada e oscilante, elevada temperatura, inadequada iluminação, presença de sujeira e de outras partículas orgânicas. Todos estes elementos costumam estar presentes no ambiente das instituições, e agem em conjunto e permanentemente; por isto deverão ser controlados considerando os danos que podem provocar nos objetos e nas pessoas que convivem com eles nas salas e nos depósitos.

O pó tem uma composição heterogênea e variável, que está diretamente relacionada com a zona geográfica, a localização, a altura e a situação específica de cada instituição. Normalmente, contém partículas de diversos tipos e

origens, assim como matérias sólidas em suspensão, ácaros, ovos de insetos e esporos de microrganismos, que ocasionam danos específicos aos objetos e às pessoas. Por isto, do ponto de vista preventivo, é importante sua eliminação.

A ventilação escassa ou inadequada nos locais favorece os fenômenos de condensação da água ambiental sobre as superfícies frias, assim como a germinação dos esporos e o desenvolvimento de mofo sobre os materiais.

A umidade relativa elevada e oscilante constitui a causa principal do ataque biológico aos diferentes suportes. É por isto que se recomenda que, nos ambientes onde se conservam materiais orgânicos, este parâmetro não exceda 65% (García, 1995).

As temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento dos insetos e dos microrganismos biodeteriorantes. Por isto, é recomendável mantê-la na faixa 18-20°C. Está demonstrado que as interações de ambos os parâmetros climatológicos exercem os piores efeitos e que a ventilação faz oposição a estes danos.

A cada dia cresce a preocupação por conseguir uma qualidade ambiental superior nos recintos e nos locais fechados. Para isto utilizam-se purificadores de ar eficientes que filtram o ar exterior, eliminando as bactérias, os fungos e os ácaros, e expulsam o ar contaminado (Álvarez, 2002; Imeison, 2008).

A experiência demonstra que as inspeções periódicas e a manutenção sistemática das instalações e das coleções, somadas à realização de controles e de inspeções periódicas, constituem os aspectos básicos de qualquer programa de prevenção.

Para a realização de um trabalho verdadeiramente preventivo nas instituições existem apenas duas possibilidades: a aplicação de medidas preventivas de forma sistemática e a aplicação de métodos de controle (quando estas não são suficientes ou não resultam ante uma problemática determinada).

7.3 Medidas preventivas

Baseiam-se no manuseio e na manutenção dos objetos e das coleções. São de estrito cumprimento e de aplicação sistemática.

Em geral, muitos autores concordam que qualquer estratégia de conservação deverá contemplar, fundamentalmente, os seguintes passos (Pinniger, 1990; Gallo et al, 1994; Colin, 1997; Ketzer, 2003): inspeções periódicas, vigilância do ambiente, assim como higiene e manutenção das coleções e dos espaços.

7.3.1 Inspeções periódicas

Estas constituem algumas das ferramentas mais importantes, já que o ingresso dos acervos nas instituições constitui uma das vias principais de infecções e infestações. Por isto, para prevenir o ingresso de pragas nos edifícios, deverão ser adotadas as seguintes medidas:

- Será necessário realizar inspeções sistemáticas nas salas, nos armazéns, nas coleções e nos objetos, para detectar possíveis infecções e infestações.
- Todos os materiais recém-adquiridos deverão ser inspecionados antes de seu ingresso na instituição. Os suspeitos, ou que apresentem sinais de infecção ou infestação, deverão ser separados do restante e colocados em quarentena, aguardando um período suficiente para poder detectar a presença de agentes biológicos.
- Aqueles materiais que apresentem alguma evidência de infecção ou de infestação ativa deverão ser isolados e tratados com os produtos ou procedimentos adequados, antes de serem incorporados à coleção.
- Os materiais de alto risco em salas e armazéns deverão ser inspecionados regularmente, para controlar a eficácia da estratégia de exclusão.
- As áreas de quarentena deverão ser inspecionadas regularmente, para assegurar que a infestação não se tenha dispersado para o resto do edifício.

7.3.2 Vigilância do ambiente

Os fatores ambientais que exercem maior influência sobre a proliferação dos agentes biológicos são a umidade relativa e a temperatura, e por isto, deverão ser estritamente controlados.

Frequentemente surgem problemas nas instituições devido ao fato de que as necessidades de conservação dos objetos não coincidem com as necessidades de conforto das pessoas e do público.

Nos depósitos, o mais importante é manter as condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento dos insetos, para prevenir sua proliferação nestas áreas. Com estes propósitos, as melhores alternativas são:

- Manter a temperatura e a umidade relativa baixas, nos níveis recomendados para cada tipo de objeto.
- Cuidar para que as flutuações diárias destes parâmetros sejam pequenas (inferiores a 3%).
- Os equipamentos de climatização deverão ser examinados periodicamente para detectar possíveis defeitos de funcionamento, já que os filtros de ar podem contaminar-se, constituindo uma fonte de infecção.

- A umidade relativa, a temperatura e a circulação de ar são fatores muito importantes e por isto deverão ser controlados.
- Realizar revisões periódicas dos locais para evitar possíveis infiltrações de água através de fendas, de fissuras ou do telhado, e assim prevenir os perigos por condensação de água.
- Deverá existir um sistema de drenagem adequado para retirar a água que se acumula nas coberturas (telhados).
- Nos climas quentes é importante verificar se não há condensação devido às variações de temperatura. Este fenômeno também pode ocorrer quando se usam aquecedores ou lâmpadas incandescentes nos locais mal-ventilados.

7.3.3 Higiene e manutenção das coleções e dos espaços

O sucesso dos programas desta natureza depende muito da higiene. Como já havíamos explicado, as pragas aderem-se ao pó e este serve como veículo transportador de restos de insetos e de esporos de microrganismos.

Por outro lado, o pó é ácido e a ele aderem-se diferentes partículas que podem provocar efeitos indesejáveis nos objetos e, ao mesmo tempo, arrastar materiais que podem servir como fonte de alimento aos organismos heterotróficos. Por isto sua eliminação do ambiente de nossas instituições é fundamental, o que constitui uma medida preventiva de primeira ordem. Com estes propósitos é importante:

- Realizar limpezas periódicas dos locais e das coleções com aspirador de baixa potência – utilizando os meios de proteção necessários, tais como máscaras com filtros, luvas de látex, jalecos, guarda-pós sanitários, óculos etc. – para evitar a acumulação de poeira em estantes e sobre os objetos.
- No caso de locais acarpetados (o que não é recomendado) será necessário prestar especial atenção, já que os carpetes acumulam pó do ambiente e do calçado, o que dificulta a limpeza.
- As estantes deverão estar separadas das paredes; entre o piso e as prateleiras inferiores deverá existir um espaço mínimo de 20 centímetros para poder retirar o pó com facilidade. É recomendável que exista um espaço entre os objetos, pois isto permite a circulação de ar e seu fácil manuseio.
- Fazer com que tanto o ambiente quanto os objetos estejam limpos, livres de poeira e de partículas alheias.
- Os materiais utilizados na construção de salas, armazéns e edifícios deverão ser resistentes ao ataque dos insetos e isolantes da umidade.
- Nas estantes deverá evitar-se a utilização de madeiras de má qualidade; de preferência se substituirão por prateleiras metálicas, sempre que não haja problemas de condensação, ou de madeiras duras tratadas, para protegê-las dos insetos e da umidade.

Restrições:

- Não deverão introduzir-se alimentos nos depósitos, nas salas de leitura (consulta) ou de exposição, porque isto contribui para o desenvolvimento de microrganismos e atrai os roedores.
- Tanto o pessoal quanto os usuários deverão lavar as mãos antes de tocar os livros e documentos, já que a gordura, o suor e a saliva favorecem também a transmissão dos microrganismos.
- Deverá ser estritamente proibido fumar dentro dos acervos ou das áreas de trabalho porque, além do perigo de incêndio, a fumaça e a cinza produzem manchas de fuligem e de gordura.
- Os objetos, imediatamente depois de realizada a manutenção do mobiliário ou do local (colagem, envernizamento, pintura), não devem ser colocados em seus lugares, já que os vapores são nocivos a eles.

Recomendações importantes:

- Os objetos e coleções danificados devem ser isolados do restante, para evitar a propagação de infecções, e terão que ser desinsetizados antes de serem recolocados ao seu lugar.
- É recomendável desinsetizar-desinfetar apenas quando seja estritamente necessário.

7.4 Métodos de erradicação e controle alternativos

7.4.1 Controle de roedores

Para o controle dos roedores, é fundamental descobrir qual é sua porta de entrada. Isto pode parecer relativamente simples, mas nem sempre é.

Há ocasiões em que existe um elevado número de lugares que são prováveis pontos de entrada ou outras em que misteriosamente não há nenhum. Às vezes sua entrada é evidente, mas resulta muito difícil determinar onde fazem ninho ou por quais zonas transitam. É por isto que a desratização não pode consistir, apenas, em distribuir raticida de forma mais ou menos inteligente, mas requer inspeções periódicas para descobrir rastros, buracos e outros sinais de sua presença. Por exemplo, um buraco numa parede pode ser uma evidente porta de entrada de ratazanas e, se não houver teias de aranhas neste lugar, nos indicará um possível caminho de roedores.

A tecnologia atual nos proporciona uma variedade de opções para controlar os roedores no exterior e no interior das instalações, entre as quais destacamos o uso de estações raticidas e de raticidas anticoagulantes (Poleo; Pérez, 2005).

- O uso de estações raticidas constitui uma forma amplamente utilizada, pois tem as seguintes vantagens (Coto, 2002): reduzem a probabilidade de que as pessoas ou os animais, que não são objeto do controle, tenham contato com os raticidas; protegem os produtos dos efeitos do ambiente, possibilitando que estes mantenham sua atividade como atrativo para as pragas durante mais tempo; induzem os roedores a alimentar-se dentro de um refúgio seguro para comer; diminuem a possibilidade de derramamentos; permitem ter um controle da formulação, do nível de atividade e do consumo por parte dos roedores, assim como do número de estações; e podem ser colocadas ao longo do perímetro exterior da instalação para evitar ingressos na área tratada desde as proximidades. Nelas utilizam-se diferentes tipos de armadilhas (métodos não-químicos) adesivos, de golpes, ou dispositivos de controle mecânico:
 - As armadilhas adesivas constituem uma ferramenta versátil para determinados espaços. Contudo, seu uso reduz-se muito em áreas sujas ou molhadas, quando o roedor cobre seu corpo com pó, gordura ou água e passa por elas sem ser pego.
 - As de golpe são, provavelmente, as mais disponíveis e conhecidas. Continuam sendo as mais empregadas para eliminar ratazanas das construções. Quando se utilizam estas armadilhas é importante colocar o maior número possível delas.
 - Os dispositivos de controle mecânico, sejam do tipo corda de relógio ou com porta de acesso em apenas um sentido, permitem pegar até 15 exemplares sem necessidade de empregar isca.
- Os raticidas anticoagulantes (métodos químicos) são muito recomendados por sua segurança e seu mecanismo de ação, já que interferem na coagulação normal do sangue dos roedores, produzindo neles uma hemorragia interna e causando-lhes a morte. Têm ação lenta e, frequentemente, demoram vários dias para matar o animal, o que evita causar repúdio nos restantes. Existem em várias formas comerciais: em pellets ou drágeas, cereal ou iscas granuladas, e blocos de diferentes tamanhos, bem como em pó e líquidos.
 - Na forma de *pellets* ou drágeas é conveniente, fácil de usar e de aplicar.
 - O cereal ou granulado é menos provável que seja armazenado ou levado pelos roedores e tende a deteriorar-se com maior rapidez devido à sua elevada higroscopicidade.
 - Os blocos são mais tolerantes às mudanças higrométricas.
 - O pó emprega-se como material de rastreamento e o roedor o ingere diretamente no momento de limpar sua pelagem.
 - Na forma de líquido utiliza-se em lugares onde há escassez de água, sendo o complemento ideal no interior das estações raticidas.

Com o objetivo de garantir a adequada efetividade de um programa de controle de roedores, será necessário considerar algumas questões essenciais, comentadas a seguir:

- Com respeito às iscas exteriores, é importante utilizar somente os raticidas autorizados para tal fim e nas condições que indica o fabricante. Devem estar localizados em dispositivos específicos, que garantam a devida eficácia contra os roedores, para evitar o acesso dos mesmos por pessoas (crianças) e por outros animais, assim como para proteger o produto das intempéries meteorológicas.
- As iscas granuladas deverão estar situadas em dispositivos herméticos, que permitam o acesso unicamente do roedor, e em lugares pouco visíveis, para evitar o contato com pessoas e com animais. Podem ser usados em pacotes ou soltos, dispostos sobre bandejas especiais e sinalizadas, para tratar zonas inacessíveis ou fora do acesso normal, mas não devem ser espalhados indiscriminadamente por toda a instalação.
- De maneira preventiva, será necessário eliminar as ervas daninhas, os escombros, a proliferação de vegetação e outras condições que contribuam para a sobrevivência dos roedores. Os recipientes de lixo e resíduos deverão ser limpos diariamente.
- No interior dos imóveis, os pontos de entrada são os de maior interesse, por serem considerados de alto risco, e deverá prestar-se atenção especial ao tipo de iscas tóxicas, selecionadas para estas zonas.

7.4.2 Controle de microrganismos e insetos

Como temos apontado, a manutenção de um ambiente adequado é a melhor maneira de evitar o desenvolvimento dos agentes biológicos nos objetos de valor histórico.

Quando, apesar do trabalho preventivo, este não é eficiente, ocorrem infecções e infestações nas coleções, e não resta outra opção que aplicar um método drástico para o controle destes processos.

Um brotamento de fungos produzido abruptamente pode ser indicativo de uma mudança nas condições ambientais que propiciaram a germinação dos esporos, já que isto ocorre quando a umidade relativa supera os 70-75% e se mantém elevada durante vários dias.

O primeiro passo ante a aparição de um brotamento de fungos é assegurar que realmente se trata de uma infecção fúngica e não de uma acumulação de poeira, sujeira ou manchas. Posteriormente deve-se determinar se o mofo está ativo ou não.

Muitas vezes podemos eliminar uma pequena infecção na própria instituição (Olcott, 1999), mas quando são de grandes magnitudes será necessária a ajuda de especialistas externos.

Na literatura têm sido publicados muitos procedimentos para o controle de insetos e microrganismos nos objetos e coleções de valor cultural (Caneva; Salvadori, 1987; Nugari et al, 1987; Valentín; Lidstrom; Preuser, 1990; Strang, 1994; Strang, 1996; Ledesma, 2005). A eficácia dos mesmos e os resultados a serem alcançados com sua aplicação dependerão de vários fatores. De todos os modos, ainda no caso do método de controle mais sofisticado, se persistem as condições ambientais propícias para o desenvolvimento dos agentes biológicos, novamente o problema se repetirá, por isto, para uma prática inteligente e de sucesso é importante:

- Identificar o inimigo biológico que devemos controlar e/ou eliminar, assim como conhecer suas potencialidades.
- Saber exatamente o que é necessário fazer na prática; se é oportuno intervir, se queremos eliminar 100% dos indivíduos de uma população ou mantê-los dentro de certos limites aceitáveis nos quais não produza danos de importância.
- Conhecer as propriedades e características dos métodos de controle alternativos aplicáveis em cada caso para conseguir nossos objetivos.
- Saber quais são os danos que podem sofrer os materiais constituintes dos objetos ao aplicar um determinado procedimento curativo.
- Conhecer os riscos que correm as pessoas que estão em contato com as obras contaminadas ao manipular determinados produtos.
- Considerar que a seleção do procedimento a aplicar dependerá da situação específica.
- Determinar quando é necessária a ajuda externa.

Os métodos de controle aplicados tradicionalmente com estes propósitos baseiam-se na utilização de diferentes substâncias praguicidas tóxicas, que exercem determinados efeitos nocivos aos agentes biodeterioradores, por isto o primeiro passo é conhecer suas propriedades e saber se realmente se trata de uma praga. Neste sentido é importante concretizar alguns conceitos (Ecopest S., s.d.):

- Praga: Uma espécie é considerada praga quando se encontra numa proporção ou densidade que pode chegar a provocar danos ou a constituir uma ameaça para o homem ou para o seu bem-estar.
- Praga urbana: Segundo a Organização Mundial de Saúde (O.M.S.), as pragas urbanas são aquelas espécies implicadas na transmissão de doenças infecciosas para o homem e que provocam danos ao ambiente, assim como ao bem-estar humano.

- Infestação: Refere-se ao número de indivíduos de uma espécie considerada nociva em um determinado lugar.
- Vetor: Do ponto de vista da saúde pública, é o veículo ou transportador dos agentes etiológicos de doenças (bactérias, vírus etc.).

Os procedimentos para o controle de pragas são aplicados nas instituições que possuem bens culturais por meio dos Programas de Controle Integrado de Pragas (em inglês: Integrated Pest Management, IPM), que têm como propósito oferecer as ferramentas metodológicas, práticas, seguras e efetivas para prevenir a biodeterioração das coleções e do seu entorno (Pinniger, 2001). Um programa desta natureza deve alcançar os seguintes objetivos:

- Prevenção: Evitar que a praga se converta em um problema.
- Supressão: Reduzir para um nível aceitável a população da praga ou o dano que ela causa.
- Erradicação: Destruição total da população danosa.

Assim, o Controle Integrado de Pragas (CIP) é o uso de todas as estratégias apropriadas para controlar as pragas e os danos que ocasionam, em níveis aceitáveis, com o menor impacto possível ao meio ambiente. Inclui o monitoramento, a identificação das pragas, a determinação do limite econômico, a seleção das táticas de manejo, a avaliação dos resultados e um registro das atividades.

O monitoramento das pragas de insetos costuma realizar-se utilizando armadilhas, que constituem um bom complemento da inspeção visual.

A identificação das espécies de insetos responsáveis pela infestação das coleções é uma etapa muito importante, já que possibilita definir a estratégia e os produtos mais efetivos no controle dos agentes biodeterioradores.

É fundamental conhecer os tipos de substância e procedimentos de aplicação, sua efetividade e sua toxicidade, assim como seus efeitos sobre os materiais constituintes das coleções. Estes podem ser classificados de várias formas (Vaillant; Valentin, 1996), dependendo de:

- A natureza do tratamento. De acordo com isto, subdivide-se em químicos, físicos e biológicos.
- As espécies de organismos aos quais afetem e os tipos de efeitos que lhes ocasionem: Neste sentido agrupam-se em inseticidas, fungicidas, bactericidas, fungistáticos, bacteriostáticos, raticidas, algicidas, liquenocidas etc.
- O modo de ação.

Por tudo antes explicado e porque a maioria dos produtos químicos utilizados com estes propósitos são tóxicos ao ser humano, é oportuno fazer alguns esclarecimentos e apresentar determinados conceitos sobre as características destes produtos e procedimentos.

Segundo indicado no Registro Europeu de Produtos Fitossanitários e no Manual Básico de Treinamento para Aplicadores de Pesticidas (Mota-Sánchez, 2005):

- Praguicida: Termo genérico utilizado para denominar todos os agentes químicos usados no controle de pragas.
- Pesticidas: Substâncias químicas utilizadas para matar ou erradicar as espécies biológicas não desejadas ou as pestes. Este termo é mais empregado no campo agrícola.
- Biocidas: Substâncias capazes de matar agentes biológicos.
- Raticidas: Substâncias utilizadas para o controle de roedores.
- Inseticida: Substâncias utilizadas para controlar ou eliminar insetos.
- Acaricidas: Substâncias que agem contra os ácaros.
- Fungicidas: Substâncias ou procedimentos que se utilizam para eliminar ou controlar fungos. Alguns autores empregam este termo como sinônimo de germicida (Wood, 1988).
- Fungistáticos: Inibem o desenvolvimento dos fungos.
- Bactericidas: Substâncias utilizadas para eliminar ou matar bactérias.
- Desinfetantes ou germicidas: Agentes que matam os microrganismos que produzem uma infecção.
- Antisséptico: Impede a sepsia ou contaminação, seja matando microrganismos ou impedindo seu desenvolvimento.
- Repelentes: Substâncias que distanciam ou afugentam os agentes biológicos.

Na literatura existe muita informação sobre substâncias e procedimentos alternativos aplicáveis ao controle de pragas de insetos e microrganismos. Sua seleção irá depender da situação específica e do fato de que seja necessário matar todos os componentes de uma comunidade biológica ou apenas certas espécies.

O controle e a erradicação de pragas e infecções nos arquivos, nas bibliotecas e nos museus não são tarefas fáceis, especialmente quando se trata de edifícios históricos, cujas condições ambientais são difíceis de corrigir. A experiência demonstra que uma ação frente a uma infestação ou infecção é muito mais custosa do que praticar sistematicamente medidas preventivas.

A falta de sistematicidade no trabalho preventivo pode provocar o desenvolvimento de infecções por fungos e infestações por insetos e por outras pragas. Nestes casos existe como única alternativa: a aplicação de um tratamento drástico antes que a infecção se propague.

Ainda que tenham sido desenvolvidos muitos procedimentos para o controle de insetos e microrganismos, atualmente trabalha-se na busca de novos e melhores métodos, já que, como é sabido, quase todas as substâncias de amplo espectro utilizadas, capazes de alcançar uma mortalidade de 99%, são tóxicas ao ser humano e produzem reações indesejáveis nos materiais constituintes dos objetos a tratar.

Especificamente para a conservação de objetos e de coleções de valor cultural, estes métodos estão sendo grandemente enriquecidos com o conhecimento e a experiência ganhos em outros ramos como a Agricultura, a Indústria alimentícia e a Medicina. Por tudo antes explicado, em todo programa no qual se contemple a utilização destas substâncias deverão estar muito presente duas questões fundamentais:

- Todos os produtos biocidas são quimicamente muito reativos, quer dizer, podem reagir com alguns dos materiais sobre os quais são aplicados.
- Caracterizam-se por ter determinada toxicidade ao ser humano.

Para alcançar efetividade especificamente contra as pragas de arquivos, bibliotecas e museus, os procedimentos a aplicar devem cumprir os seguintes requisitos (Brokerhof, 1989):

- Ter uma ação rápida e eficaz, de forma que, em um tempo breve, a praga possa ser eliminada.
- Os produtos utilizados devem possuir um elevado poder de penetração, de maneira que possam chegar até o interior do volume do objeto.
- Não provocar transformações nos materiais.
- Serem inócuos.
- Não deixar resíduos tóxicos.
- Serem altamente econômicos.

A eficácia de um produto depende de sua atividade biocida contra os organismos aos quais é dirigido, pelo que deve-se considerar a dose necessária para exercer a ação, o espectro de organismos sobre os quais pode agir, a permanência, assim como o seu poder de penetração nos materiais. É importante ter em conta que altos valores de permanência são positivos em relação à eficácia, mas resultam negativos em termos de risco higiênico ambiental (Agarossi et al, 1988).

As interferências nos materiais constituintes dependem tanto da reatividade química do biocida quanto da presença de substâncias coloridas e oleaginosas existentes nas formulações do produto comercial. Estas e alguns solventes podem reagir com os suportes, ocasionando diferentes danos. Dado que as coleções de valor cultural costumam ser constituídas por uma grande variedade de materiais, cada um dos quais com suas próprias características, deverão ser cuidadosamente analisadas todas as alternativas possíveis antes de selecionar um método em particular. Diferentes classes de objetos podem requerer distintos tratamentos.

É importante evitar que os biocidas e os produtos tóxicos resultantes de suas transformações passem ao ambiente, por isto recomenda-se sua eliminação.

A toxicidade é uma característica muito importante na escolha do biocida. É definida genericamente como a capacidade de uma substância de provocar lesões ou morte a um organismo (Cornwell, 1979). Na realidade, todas as substâncias podem ser tóxicas. São consideradas venenosas as que resultam nocivas em doses muito baixas. A toxicidade pode ser aguda, quando os efeitos se manifestam imediatamente, ou crônica, se estes aparecem após várias exposições depois de passado um período mais longo. Para sua avaliação podem utilizar-se vários parâmetros. Os mais comuns são:

DL₅₀: Quantidade de princípio ativo (ministrado por via oral ou cutânea) que resulta letal para 50% dos animais usados na experimentação. Expressa-se em miligramas de produto / Kg de peso do animal.

CL₅₀: Utiliza-se para compostos gasosos. Expressa a concentração de gás letal capaz de matar 50% dos animais avaliados, em um tempo de exposição determinado.

TVL: Utiliza-se nos ambientes fechados. É o nível aceitável para estes compostos (Threshold Limit Value).

Sobre a base destes índices, foram definidos vários níveis toxicológicos para avaliar a toxicidade das substâncias, como se mostra na tabela 7.

TABELA 7

CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS BIOCIDAS				
NÍVEIS SEGUNDO A TOXICIDADE	CLASSIFICAÇÃO E ETIQUETAGEM	DL ₅₀ ORAL (mg/Kg)	DL ₅₀ DERMAL (mg/Kg)	CL ₅₀ INALAÇÃO (µg/Kg)
NÍVEL I ALTAMENTE TÓXICO	VENENOSO caveira com ossos cruzados	0-50	0-200	0-2.000
NÍVEL II MODERADAMENTE TÓXICO	NOCIVO Cruz de Santo André	50-500	200-2.000	2.000-20.000
NÍVEL III LIGEIRAMENTE TÓXICO	ATENÇÃO Manipular prudentemente	Maior que 500	Maior que 2.000	Não descrito

Fonte: Mota-Sánchez, 2005

Os biocidas altamente tóxicos devem ser empregados somente por pessoal com treinamento especializado. Para evitar a exposição cutânea e os riscos que pressupõe a manipulação destas substâncias, deverá ser utilizada indumentária de proteção como luvas de borracha, óculos, máscaras, botas, etc.

Não se deve comer, beber e fumar enquanto estamos em contato com estes produtos, para reduzir o risco de exposição oral.

Os riscos de contaminação ambiental pelo emprego destas substâncias estão relacionados a vários fatores, em particular a migração do produto a outras plantas e animais, assim como à sua permanência.

Devido aos problemas implicados na utilização de biocidas e de praguicidas, em cada país existem normas e metodologias regulamentadas, com exigências e especificações, inclusive para permitir seu registro. Seus componentes químicos devem ser bem analisados para cumprir seus objetivos; e para serem utilizados na saúde pública, na produção de alimentos ou no meio ambiente, nem as substâncias ativas nem os produtos de sua conversão devem ter efeitos adversos nem colaterais. O conteúdo do composto ativo não pode exceder a concentração requerida para o seu propósito. Quando é registrado, este é inscrito com um número associado a regulamentos que indicam quem, como, onde e quando podem utilizá-lo.

Partindo do cumprimento destas especificações, dependendo do tipo e do estado de conservação do objeto ou da coleção, assim como da situação particular, os biocidas podem ser aplicados por meio de (Lazzarini; Laurenzi Tabaso, 1986): aspersão, pinceladas, na forma de compressas, injeção, fumigação em câmaras e no próprio espaço, entre outros.

Em geral, os métodos de erradicação e de controle atualmente utilizados são agrupados em (Vaillant; Doménech; Valentín, 2003):

- Tratamentos com produtos químicos tóxicos: fumigação com gases pesticidas.
- Tratamentos com produtos químicos não-tóxicos: atmosferas modificadas.
- Tratamentos físicos: irradiação, métodos térmicos e micro-ondas.
- Controle biológico: feromônios, suspensões microbianas, biocidas ecológicos etc.
- Métodos tradicionais: sucção, aquecimento.
- Novas tendências: aplicação das técnicas da Biologia molecular.

7.4.2.1 Tratamentos com produtos químicos tóxicos: Fumigação

Entre estes tratamentos, um dos mais empregados tem sido a fumigação em câmara com gases pesticidas.

A fumigação é um método utilizado para a erradicação de insetos e microrganismos em objetos e coleções de valor cultural, por meio de sua exposição a gases tóxicos numa câmara hermética.

A eficácia do tratamento depende das propriedades do gás, do tempo de exposição, da temperatura, da umidade relativa e da pressão da câmara. Ao finalizar a operação, o gás é diluído, retirado e a câmara deve ser ventilada antes que os objetos possam ser removidos e reincorporados à coleção. Incluem tratamentos com diversas substâncias biocidas de diferentes características, naturezas químicas e mecanismos de ação. Incluem-se entre elas inseticidas, fungicidas, fungistáticos, bacteriostáticos e bactericidas.

Entre as suas vantagens vale destacar que permite que os compostos ativos penetrem nos materiais com maior facilidade que os líquidos. Com uma pressão de entrada de gás reduzida, pode aumentar suficientemente o poder de penetração e requer menor tempo de exposição para o tratamento.

Suas principais desvantagens estão relacionadas à toxicidade dos gases e ao fato de que os gases utilizados produzem alterações físico-químicas nos materiais. Um problema fundamental é o causado pelos residuais tóxicos e quimicamente ativos, que ficam nos materiais depois do arejamento, inclusive depois de arejar. Mencionarei alguns destes produtos como exemplo.

Óxido de etileno: É um gás tóxico, inflamável e explosivo, com um alto poder de penetração. Sua efetividade inclui bactérias, fungos e insetos em todos os seus estágios; por isto vem sendo utilizado com muita frequência na desinfecção de diferentes materiais como livros e documentos. Sua mistura com dióxido de carbono (1:9) diminui sua inflamabilidade, caráter explosivo e toxicidade (TLV 3 mg/m³ ou 2 ppm). Possui um alto poder de penetração e difunde-se rapidamente nos materiais.

Ainda que este tratamento tenha sido tradicionalmente utilizado durante muito tempo, nos últimos anos seu uso tem sido proibido, já que foi comprovado que o gás tem efeito cancerígeno, constituindo um produto de alto risco. Um problema adicional relacionado como o uso de sua mistura com fréon é que este último é considerado uma das causas principais da alteração da camada de ozônio.

Os resultados experimentais têm revelado que os materiais que contenham gorduras e proteínas (tais como couro, pergaminhos, pelos, sedas e alguns materiais sintéticos), têm a tendência de reter quantidades consideráveis de óxido de etileno, especialmente quando estão úmidos. Além dos problemas relacionados à alta toxicidade e aos resíduos, foi demonstrado que este gás pode provocar reações adversas em alguns suportes (Ballard; Baer, 1986).

Por tudo que foi explicado, sua utilização apenas se justifica em casos de emergência.

Brometo de metila: É um gás muito volátil, mais pesado que o ar, e que penetra rapidamente nos materiais. É efetivo contra insetos e menos tóxico do que o óxido de etileno. É utilizado no tratamento de objetos de madeira e de coleções etnográficas. Provoca efeitos adversos nos materiais que contêm enxofre, tais como lã, pelo, seda e borracha, por isto não podem entrar em contato com o brometo de metila.

Devido à reação com as proteínas, o couro e os pergaminhos podem perder cor e expelir um cheiro desagradável. Além do mais, pode amolecer as resinas naturais e os vernizes, além de escurecer alguns pigmentos (Davis, 1985).

Por causa de sua toxicidade (TVL 65 mg/m³), seu emprego é reservado ao pessoal qualificado e somente poderá ser aplicado em câmaras de fumigação providas de sistemas de eliminação de resíduos tóxicos. Por seus efeitos nocivos, seu uso está sendo questionado e, inclusive, atualmente está proibido pela União Europeia.

Fluoreto de sulfurila (Vikane): É um gás incolor, inodoro e não-corrosivo. Tem grande poder de penetração e difunde-se rapidamente. Quanto à sua efetividade, é ativo contra os insetos adultos, ainda que não contra os ovos, e pode deter o desenvolvimento do micélio fúngico, mas não mata os esporos. É utilizado no tratamento de objetos de madeira afetados por cupins e por outros insetos xilófagos. Pode provocar reações adversas na celulose e nas proteínas, devido à sua condensação com vapor de água. Os metais têm mostrado corrosão significativa, perda de lustre e de cor.

É tóxico para as plantas e para os humanos (DL₅₀ 417 mg/m³). Sua reação com a água, tanto em fase líquida quanto em vapor, produz uma fumaça muito tóxica e corrosiva. Seus efeitos sobre diferentes tipos de materiais não são muito adequados, por isto sua utilização está limitada nos Estados Unidos e na Europa.

Ácido Cianídrico: É uma dissolução em água do cianeto de hidrogênio. É particularmente efetivo contra insetos e fungos, por isto é utilizado para o seu controle e em desinfecções “in situ”, em doses que oscilam entre 10-20 g/m³ durante 48 horas. Entre suas desvantagens, pode ocasionar amarelecimento do papel, perda da cor e brilho nos metais, assim como produzir um cheiro característico nos materiais etnográficos.

Apesar de sua elevada toxicidade (DL₅₀ 6,44 mg/Kg), ainda é empregado em alguns países, em grande escala, em edifícios históricos onde se guardam objetos de madeira. É extremamente daninho, já que afeta os sistemas respiratório e nervoso central.

Compostos fenólicos e derivados

Fenol: É um dos desinfetantes mais empregados desde muito tempo e ainda costuma ser usado como padrão de comparação para avaliar a eficácia de outros produtos. Tem sido utilizado no tratamento de madeiras, especialmente quando estão saturadas de água. É muito corrosivo para os metais.

Atualmente seu uso não é aconselhado devido à sua elevada toxicidade (DL₅₀ 530 mg/Kg) e pelo fato de que, ainda que não seja cancerígeno em si próprio, pode aumentar estas propriedades em outras substâncias.

Pentaclorofenol (PCP) e seus sais (PCPNa): Por seu amplo espectro de ação, eram utilizados no tratamento de materiais orgânicos. Podem interferir em alguns suportes, tais como os têxteis, assim como escurecer a madeira e pigmentos. Em presença de luz, o PCP dissocia-se, liberando cloretos; suas soluções saturadas são ligeiramente ácidas (pH 4,6).

Seu uso doméstico, além dos casos em que possa existir um prolongado contato dérmico, estão proibidos, por sua elevada toxicidade (DL₅₀ 175 mg/Kg). Por isto, nas formulações biocidas das quais fazia parte (Xilamon), atualmente, foi substituído por outros compostos. Seu emprego deve ser cuidadosamente avaliado (VV.AA., 2008).

Timol: Foi amplamente utilizado em materiais de arquivos e bibliotecas, aplicado em pinceladas ou na forma gasosa mediante o aquecimento de seus cristais. Apresenta boa efetividade na eliminação de insetos e de algumas espécies de fungos, desde que os objetos sejam expostos ao gás por um período de tempo suficiente. Contudo, alguns autores põem em dúvida sua eficácia e sua atividade fungicida, já que não elimina os esporos. Pode produzir descolorações, amarelecimento do papel e de acrílicos, dissolver tintas de impressão antigas, pinturas e vernizes, assim como provocar recristalizações e sublimações por superaquecimento nas superfícies dos objetos tratados (Agrawal; Dhawan, 1985). É muito tóxico (DL₅₀ 980 mg/Kg) e ocasiona riscos severos à saúde das pessoas, por isto sua utilização está muito restrita.

Ortofenilfenol (OPP) e seu sal sódico (OPPNa): São às vezes utilizados como alternativos do timol, já que são fungicidas de composição semelhante. Apresentam boa efetividade frente a um amplo espectro de fungos e bactérias. Seu emprego é bastante amplo, incluindo desde o tratamento de materiais orgânicos até o dos objetos pétreos (Nagin; Mc Cann, 1982).

O OPP diluído em soluções de álcool etílico (Lysol) está classificado para ser utilizado como desinfetante em pinturas de látex, como agente retardante do aparecimento de fungos, assim como para a eliminação de líquens em rochas graníticas. É um biocida com boas características do ponto de vista de sua eficácia, de possíveis interferências nos materiais e de sua toxicidade. Por apresentar melhores características toxicológicas (DL₅₀ 2.480 mg/Kg) e devido ao seu pouco poder irritante, costuma ser mais utilizado do que outros derivados fenólicos. Tanto o OPP quanto o seu sal sódico (OPPNa) costumam ser empregados como fungicidas acrescentados às colas.

Para-cloro-meta cresol (p-cloro m-cresol): Tem sido empregado com diferentes propósitos: como fungicida em soluções alcoólicas para o tratamento de pinturas a óleo, têmperas e pinturas murais; como biocida de amplo espectro em pergaminhos; como preventivo do ataque biológico, na limpeza da pedra, e como biocida no saneamento do ambiente de bibliotecas. Foram reportadas poucas interferências e reações adversas. Não é muito tóxico ao homem

(DL₅₀ 1.830 mg/Kg). Com o objetivo de melhorar sua eficácia, é sugerido misturá-lo com outros biocidas derivados do mercúrio, ainda que isso possa aumentar o risco toxicológico.

Salicilanilidas (Shirlan-ICC): São produtos derivados da condensação do ácido salicílico com anilinas. Constituem um grupo de biocidas com boa atividade antifúngica e pobre antibacteriana. Utilizam-se no tratamento de madeiras molhadas, especialmente nas saturadas de água, assim como em têxteis e em materiais de arquivos. Ainda que não sejam muito tóxicas (DL₅₀ 5000 mg/Kg), podem causar irritação cutânea.

Sais de amônio quaternário: Trata-se de desinfetantes com atividade de superfície, muito empregados no campo farmacêutico, ainda que estejam sendo também utilizados no tratamento de obras de arte como bactericidas e fungicidas. Têm como vantagens o fato de serem ativas em baixas concentrações (excetuando sua ação frente às bactérias gram-negativas), sua ausência de cor e de cheiro, sua elevada estabilidade, além de sua dupla ação biocida e detergente.

Entre suas desvantagens destacam-se sua baixa permanência, incapacidade de eliminar os esporos, incompatibilidade com os detergentes aniônicos e sua atividade reduzida quando em presença de elevadas quantidades de materiais orgânicos, sais de nitratos e certos íons como cálcio e magnésio (Strzelczyk; Rozanski, 1986).

Sua toxicidade varia segundo o tipo de composto e a distância dos grupos alquílicos existentes ainda que, em geral, tendem a ser de leves a moderadamente tóxicos. Seus derivados mais utilizados são:

- Cloreto de benzalcônio, (DL₅₀ 240 mg/Kg). Muito utilizado como bactericida e fungicida.
- Trimetil 1-para-tolialquil-amônio-metano-sulfato, DL₅₀ variável, utilizado em compressas baseando-se em AB5, com ação biocida fraca, ainda que bom detergente.
- Dodecil-dioxibenzilamônio-cloreto, (DL₅₀ 1.000 mg/Kg)
- Lauril-dimetil-benzilamônio-brometo, (DL₅₀ 230 mg/Kg). Nome comercial: Metatin.

Formaldeído: É às vezes usado como fumigante. O valor máximo aceitável é 5 ppm. É um composto inflamável. A formalina (DL₅₀ 800 mg/Kg) é sua solução aquosa a 37%, à qual se acrescentam 10-15% de metanol para evitar sua polimerização.

Tem sido muito utilizado em forma de aerossóis em câmaras de fumigação, no tratamento de livros e de documentos. Tem um poder de penetração muito limitado e pobre efeito fungicida. Quando se aplica sobre papel por nebulização, em concentrações superiores a 1%, inibe o desenvolvimento de alguns fungos celulolíticos.

Apesar disto, este reativo tem tendência a polimerizar-se e pode precipitar-se sobre os materiais tratados, formando uma fina película branca. Isto ocorre com os objetos de papel (Brokerhof, 1989). Para evitar este fenômeno deve manter-se a umidade relativa elevada durante o tratamento.

Pode reagir com os grupos aminos livres das proteínas constituintes dos couros e dos pergaminhos, por isto os produtos animais tendem a se enrijecer e sua degradação é acelerada. Assim, nunca deve ser utilizado como desinfetante nestes materiais. Além disto, produz riscos à saúde das pessoas que o manipulam, principalmente nos olhos, nas vias respiratórias e na pele. Suspeita-se que tenha natureza cancerígena.

Fosfinas: São derivadas do fosfeto de hidrogênio. É um gás muito reativo, que se oxida frente à água, formando ácido fosfórico. Tem alto poder inseticida, por isto é utilizado como fumigante de coleções históricas. Sua vantagem fundamental encontra-se em sua capacidade de erradicar ovos de insetos. Tem a desvantagem de ter ação lenta e quando é mal-aplicado pode provocar fenômenos de resistência pelo inseto. Por sua agressividade e seu caráter corrosivo, especialmente frente ao cobre, não pode ser utilizado em presença de metais (Bond; Dumas; Hobbs, 1984). A prata, o alumínio e o níquel podem ser oxidados.

Compostos organoclorados: São compostos de alto risco, tanto para o homem quanto para os animais, não tanto por sua toxicidade, mas por sua elevada permanência, por isto podem provocar problemas de contaminação do solo e acumular-se nas cadeias alimentares. Em consequência, seu emprego está proibido em muitos países. Contudo, têm mostrado ser bons inseticidas, em especial contra espécies resistentes e cupins. Entre eles podemos citar:

- DDT (DL₅₀ 113-118 mg/Kg): seu uso está proibido e seu emprego justifica-se apenas em circunstâncias muito especiais. Apresenta elevada estabilidade química e baixa biodegradabilidade, o que o potencia como contaminante do meio ambiente.
- Lindano (DL₅₀ 88-270 mg/Kg): é um inseticida muito ativo na forma de vapor. É utilizado para eliminar pragas de insetos devoradores da madeira.
- Aldrin (DL₅₀ 36-60 mg/Kg): igualmente ao Dieldrin e o Chlordane, está limitado ao combate aos cupins.

Piretroides: Estas substâncias foram inicialmente extraídas das flores de uma planta africana da família das *Compositae* (*Pyrethrum cinariaefolium*). Atualmente, também são produzidos por via sintética. Compreendem vários compostos de atividade inseticida, de ação muito eficaz, não-sistêmicos, que agem por contato e que são muito tóxicas aos peixes (DL₅₀ 584-900 mg/Kg), por isto constituem um risco de contaminação para o meio ambiente. Todas estas características limitam suas possibilidades de utilização.

Ácido Bórico: Costuma ser utilizado em museus e bibliotecas como um inseticida de amplo espectro. Sua toxicidade é elevada (DL₅₀ 3.000 mg/Kg). Misturado com bórax (DL₅₀ 4,55-6.000 mg/Kg), em relação 7:3, tem sido empregado

para a proteção de madeiras molhadas. Ambos possuem elevado poder de penetração, limitada atividade biocida; nem sempre resultam bons fungicidas. O tetraborato de sódio (Polibor) tem sido utilizado para combater ataques de algas, líquens, musgos, e como herbicida.

TABELA 8

BIOCIDAS UTILIZADOS COM MAIOR FREQUÊNCIA PARA O CONTROLE DE AGENTES BIOLÓGICOS EM OBJETOS E COLEÇÕES DE VALOR CULTURAL					
NOME COMERCIAL	COMPOSTO QUÍMICO	CAMPOS UTILIZADOS	EFEITO	FORMAS DE APLICAÇÃO	TOXICIDADE
CARBOXIDE	Dióxido de etileno	Diferentes materiais orgânicos	Insetos, fungos, bactérias em todos os estágios	Fumigação em câmara	Elevada
BROMOMETANO	Brometo de metila	Diferentes materiais orgânicos	Besouros, mariposas e cupins	Fumigação em câmara	Elevada
VIKANE	Fluoreto de sulfurida	Materiais celulósicos	Cupins, insetos xilófagos de madeira	Fumigação em câmara	Moderada, irritante
—	Ácido cianídrico	Edifícios históricos e objetos de madeira	Cupins	Vaporização e fumigação	Elevada
TIMOL	Iso-propil-cresol	Materiais celulósicos e pergaminhos	Besouros, traças e mariposas	Vaporização e solução de etanol a 10%	Moderada
PREVENTOL-A DOWICIDE-A	Orto-fenil-fenol	Materiais celulósicos, ceras, tintas	Fungicida e bactericida	Aspersão	Moderada
PARACIDE PDB	Para-dicloro-benzeno	Têxteis e indumentária	Inseticida e fungistático	Nebulização	Baixa, irritante
PCP	Penta-cloro-fenol	Madeira, materiais celulósicos, pintura mural	Cupins, fungos e líquens	Aspersão, spray, impregnação (Sol. 5%)	Elevada
FORMALINA	Solução de formaldeído 2-5%	Concreto e pedra	Elimina fungos, algas, líquens e musgos. Não tem efeito residual	Com pincel e em spray	Moderada, muito irritante
DDT	Para-cloro-fenil etano	Materiais celulósicos	Insetos caseiros	Spray e pó	Moderada
MALATION	Etoxicarbonil-dimetil-fosforotionato	Madeira, materiais celulósicos e lacas	Insetos caseiros	Spray e nebulização	Baixa
PARATION	Dietyl-nitro-fenil-fosforotionato	Madeira e materiais celulósicos	Insetos caseiros	Com pincel e em spray	Baixa
ALDRIN/ OCTALENO	Hexacloro-hexa hidro-exoendro-dimetanonaftaleno	Materiais celulósicos, solos e paredes	Cupins e insetos de solo	Nebulização, spray	Elevada
CLORDANO	Octacloro-hexa hidro metano-indeno	Solos e paredes	Cupins	Spray	Moderada
PIRETRO	Derivado das piretrinas	Madeira, papel, couro, têxteis, pergaminhos	Inseticida geral para insetos caseiros	Spray, pó	Baixa
PERMETRINA	Ester racémico fenil-benzil-cis-trans-dimetil-diclorovinil-ciclopropano-carboxilato	Madeira, papel, pergaminho, couro, têxteis	Inseticida geral para várias famílias de insetos caseiros	Pó	Moderada
DIAZINON	Dietyl-isopropil-metil fosforinato de pirimidina	Vários tipos de materiais	Baratas e insetos caseiros	Spray, pó	Moderada
—	Fenol (Solução aquosa 5%)	Pedra e paredes de edifícios	Desinfetantes para líquens, musgos, algas e fungos	Spray	Elevada
PCP-PENTA	Pentaclorofenol	Madeira, materiais celulósicos	Cupins, insetos xilófagos, fungos da madeira	Com pincel e em spray	Elevada
D.D.V.P/VAPONA	Dimetil-diclovinil fosfato	Medira e têxteis	Inseticida de amplo espectro	Iscas, fitas impregnadas, spray	Elevada

TABELA 8 (CONT.)

BIOCIDAS UTILIZADOS COM MAIOR FREQUÊNCIA PARA O CONTROLE DE AGENTES BIOLÓGICOS EM OBJETOS E COLEÇÕES DE VALOR CULTURAL					
NOME COMERCIAL	COMPOSTO QUÍMICO	CAMPOS UTILIZADOS	EFEITO	FORMAS DE APLICAÇÃO	TOXICIDADE
NAFTALINA	Naftol	Têxteis e indumentária	Repelente de mariposas, traças	Saquinhos de tecido	Baixa
PERCLORO-METANO	Tetracloreto de carbono	Materiais etnográficos	Besouros, mariposas e cupins	Nebulização	Moderada
SHIRLAN	Fenil-salicilamida por impregnação, aerossóis	Pinturas, couros, madeiras saturadas de água e materiais de arquivo	Inseticida geral e fungicida	Em soluções aquosas	Baixa, irritante
NUODEX 87	Salicilato de dodexil-amina (Solução 1-5%)	Paredes de edifícios	Algas e líquens	Com pincel e em aerosol	Moderada
ZIRAM	Dimetiltiociocarbamato de zinco	Materiais celulósicos e plásticos	Inseticida de amplo espectro. No controle de parasitas de animais	Impregnação, dissolvido em solventes	Baixa, suspeito como cancerígeno
—	Salicilato de sódio (Solução aquosa 1%)	Materiais pétreos	Algas, líquens e musgos	Spray, depois de limpar com amoníaco diluído	Moderada
POLIBOR	Octaborato de sódio tetra hidratado	Materiais pétreos	Proteção contra fungos, algas, líquens e musgos por períodos longos	Aerossóis e spray	Elevada
—	Solução Sulfato cúprico 4-5%	Concreto e terracotas	Algas e líquens. Efeito residual que evita o crescimento biológico por longo tempo	Com pincel e em spray	Moderada
—	Solução nitrato cúprico 3-5%	Materiais pétreos	Eliminação transitória de algas e líquens	Spray	Moderada
—	Solução de fluossilicato de magnésio 0,5-5%	Materiais pétreos e concreto	Eliminação transitória de líquens e musgos	Com pincel e em spray	Moderada
—	Solução de fluossilicato de Zinco 1-2%	Materiais pétreos	Fungos, algas, líquens e musgos. Efeito residual 5 anos	Spray depois de limpar com amoníaco	Moderada
ASEPTINE A	Derivado do ácido hidroxibenzóico	Concreto e pedra	Fungos, algas e líquens. Efeito residual 2 anos	Com pincel e em spray	Não informada
FLUOMETURON	Trifluoro-dimetil-fenil-dimetil-urea	Pedras e mármore	Algas, líquens e musgos	Com pincel (várias aplicações)	Elevada
CLOROBROMUROM	Bromo-clorofenil-meloximetil-urea	Mármore travertino, rochas e lava solidificada	Algas e líquens	Aplicação com pincel e compressas	Moderada
MURASOL 20	Composto de amônia quaternário	Pedra	Fungos, algas, líquens e musgos	Com pincel e spray	Moderada
MERGAL HS 21	Nafenato de tributitlin	Pedra	Bactérias e fungos	Com pincel	Baixa
STREPTOMICINA	Sulfato de estreptomina	Pedra	Bactérias	Com pincel e spray	Não especificado
KANAMICINA	Monossulfato de kanamicina	Pedra	Bactérias	Com pincel e spray	Não especificado
CHLOREA	Composto base amínica	Granito	Líquens	Com pincel e spray	Não especificado
CLOROX	Hipoclorito de sódio (Solução 1-5%)	Pedra e concreto	Líquens e musgos	Com pincel	Bastante inócuo

Fontes: Peltz, P.; and Rossol, M., 1983; Agrawal, O.; Dhawan, S., 1985; Caneva, G.; Nugary, M.P.; Salvadori, O., 1994; Kumar, R.; Kumar, A., 1999.

7.4.2.2 Tratamentos com produtos químicos não-tóxicos

Atmosferas modificadas para o controle de insetos

Como tratamento alternativo aos fumigantes tradicionalmente empregados, alguns países têm desenvolvido sistemas de desinsetização de bens culturais aplicando atmosferas modificadas com baixo conteúdo de oxigênio (Pinniger, 1990; Valentín; Lidstrom; Preusser, 1990; Maekawa; Elert, 2002). Para isto são utilizados gases inertes (argônio, hélio, nitrogênio e misturas), aplicados em um sistema hermeticamente fechado, em cujo interior está depositado o objeto infestado. O controle adequado dos fatores ambientais (temperatura, umidade e concentração de oxigênio) permite erradicar por completo populações de insetos, destruidores habituais de coleções históricas.

A aplicação deste sistema não-tóxico de desinsetização permite a salvaguarda das normas internacionais em matéria de proteção do meio ambiente e de proibição do uso de inseticidas de alto risco.

Têm sido desenvolvidos diferentes tipos de tratamentos de desinsetização (Valentín, 1993), que estão sendo empregados contra as espécies de insetos comumente encontradas em arquivos, bibliotecas e museus, utilizando sacos plásticos como barreira de baixa permeabilidade ao oxigênio.

Dentro de cada saco de plástico ou bolsa coloca-se um termohigrômetro, para controlar a umidade relativa e a temperatura durante o tratamento, e um absorvedor de oxigênio (Ageless®), que facilitará o decréscimo deste componente atmosférico. Estes têm duas válvulas instaladas: uma por onde penetra o gás inerte e outra de maior seção, por onde ele sai.

O gás é introduzido no saco com uma pressão suave, próxima a 1 litro/min, estabelecendo-se através de ambas as válvulas uma verificação contínua que permite a substituição do ar atmosférico por argônio ou nitrogênio. Utiliza-se um analisador de oxigênio para obter uma mostra através da válvula de saída e conhecer a concentração de oxigênio durante a purgação do saco. Ao alcançar a concentração de oxigênio requerida no interior do saco, fecham-se hermeticamente as válvulas.

Em seguida, mantêm-se condições de estanquidade durante um período de tempo que variará em função da temperatura, da umidade relativa, da natureza, do tamanho da obra e do tipo de inseto isolado (Valentín, 1994). É conveniente umidificar previamente o gás que vai entrar nos sacos para ser utilizado nos tratamentos. Com isto, se evitarão quedas bruscas da umidade relativa em seu interior durante o expurgo com gás (Valentín, 2003a).

No caso dos coleópteros mais frequentes e dos anobiídeos, uma concentração de oxigênio inferior a 0,1% indicará que, a partir desse momento, a mortalidade dos insetos começará a ser efetiva.

O gás nitrogênio é mais acessível do que o argônio para desinsetizar. Não obstante, este último tem outras vantagens adicionais: a) é mais estável; b) alguns fabricantes submetem o argônio a um controle de qualidade mais rigoroso do que o nitrogênio, por isto se ministra com maior grau de pureza; c) tem-se demonstrado que certos coleópteros e cerambicídeos alcançam uma mortalidade completa em menor tempo quando expostos a uma atmosfera de argônio.

Este procedimento de desinsetização, aplicado como sistema dinâmico contínuo, pode ser útil para a secagem de objetos que sofreram inundações. Neste caso, a ausência de oxigênio evitará as oxidações das tintas, dos elementos metálicos, das encadernações e o crescimento de agentes biológicos nos materiais.

Quando se utilizem bolsas de tamanho superior a 2 x 2 metros ou quando se desinsetizem objetos de grande formato, é aconselhável realizar previamente uma suave sucção do ar atmosférico do interior do saco por meio de uma bomba de vácuo (Valentín, 2003b). Posteriormente ao injetar o gás, se requererá um menor consumo do mesmo. Atualmente, para tratamentos que requerem um alto consumo de gás, recomenda-se a aquisição de um gerador de nitrogênio. As condições adequadas para erradicar os insetos mais comuns, utilizando atmosferas de nitrogênio (com baixo conteúdo de oxigênio) são apresentadas na tabela 9.

TABELA 9

CONDIÇÕES AMBIENTAIS PARA ERRADICAR DIFERENTES TIPOS DE INSETOS EM TODAS AS FASES DE SEU CICLO BIOLÓGICO				
INSETOS	TEMPERATURA (°C)	UR (%)	O ₂ (%)	TEMPO (dias)
<i>Anobium</i>	20	35-60	0,05	20
<i>Lasioderma</i>	25	35-60		15
<i>Lyctus</i>				
<i>Nicobium</i>				
<i>Oligomerus</i>				
<i>Stegobium</i>				
<i>Xestobium</i>	20	60-80		30
<i>Anthrenus</i>	25	60-80		15
<i>Attagenus</i>				
<i>Hylotrupes</i>	20	35-60	0,03	24
	25	35-60		14
	20	60-80		40
	25	60-80		30
<i>Criptotermes</i>	20	35-60	0,2	15
	25	35-60		10
	20	60-80		25
	25	60-80		18

Fonte: Vaillant; Doménech; Valentín, 2003.

A mortalidade dos insetos tratados é estritamente dependente da temperatura, da umidade relativa, da concentração de oxigênio, do tipo de inseto e da fase de seu ciclo biológico. Uma concentração de oxigênio de 500ppm é considerada ótima para erradicar insetos xilófagos, incluindo aquelas espécies como *Hylotrupes bajulus*, resistente a atmosferas com baixo conteúdo de oxigênio.

Em todos os tratamentos com atmosferas modificadas tem-se comprovado que um aumento da temperatura e uma diminuição da umidade relativa encurtam drasticamente o tempo necessário para eliminar 100% dos insetos. Valentín; Lidstrom; Preusser (1990) demonstraram que, no caso do gás argônio, são necessários 14 dias a 40% de UR e 0,03% de oxigênio para obter uma mortalidade completa de *H. bajulus* a 20°C. Contudo, a 30°C é necessário apenas 7 dias de tratamento para eliminar 100% destes insetos expostos ao gás. Outras espécies, menos resistentes às baixas concentrações de oxigênio como *A. punctatum*, *X. rufovillosum* e *L. brunneus*, requerem de 3 a 6 dias de exposição a 20°C e 0,03% de oxigênio. Para estas espécies necessita-se apenas de 2 a 4 dias de tratamento com argônio, quando a temperatura é de 30°C.

No caso de tratamentos com atmosferas de nitrogênio são requeridos períodos de exposição mais longos do que nas desinsetizações com gás argônio. Para *H. bajulus* são necessários 10 dias de exposição a 30°C e 40% de UR. Quando a temperatura diminui para 20°C, é necessário prolongar o tempo de tratamento por 20 dias. Um comportamento similar vem sendo encontrado no caso de espécies pertencentes às famílias *Anobiidae*, *Lyctidae* e *Dermestidae*. Dentro dos anobiídeos analisados, *L. serricornis* resultou ser o mais resistente às atmosferas modificadas. Uma umidade relativa alta, superior a 80%, protege os insetos da falta de oxigênio.

Com atmosferas de dióxido de carbono, obtém-se uma baixa mortalidade de larvas de *H. bajulus* expostas ao gás. Para erradicar 100% das populações destes insetos é necessário utilizar alta temperatura e longo tempo de exposição, 25 dias a 40%UR e 35°C.

Em geral, para insetos mais sensíveis do que *H. bajulus*, um aumento de 5% na concentração de dióxido de carbono no ar implica um aumento da capacidade de respiração de 300%, favorecendo sua mortalidade. Por conseguinte, um tratamento prévio com CO₂, seguido de uma aplicação de gás inerte, encurta significativamente o tempo necessário para alcançar uma erradicação total.

Diferentes análises mostram que larvas tratadas com argônio, nitrogênio e dióxido de carbono sofrem uma perda significativa de peso, produzida por sua desidratação, como consequência do efeito do fluxo e da natureza do gás. Tal perda de peso é acentuada se estas são expostas ao gás argônio.

Comparativamente, os três tipos de gases (argônio, nitrogênio e dióxido de carbono) produzem mudanças similares de umidade relativa no interior das bolsas durante os tratamentos.

Observa-se que, quando se purga um saco com gás seco, a umidade relativa cai 5-6% em relação à do exterior. Quando se mantém um sistema estático de exposição ao gás inerte, a umidade no interior do saco aumenta 4-5% em relação ao meio ambiente. Não obstante, quando a UR ambiental é excessivamente elevada, superior a 80%, o fluxo contínuo de gás produz uma queda brusca no dito parâmetro no interior do saco, que pode chegar a ser 25% menor em relação à do ambiente. Por este motivo, é importante utilizar gás previamente umidificado, especialmente em casos de materiais delicados, armazenados em arquivos nos quais existam altas umidades ambientais.

A atmosfera de nitrogênio também pode ser aplicada em câmara, o que costuma ser prático especialmente para desinsetizações de grande número de objetos.

De acordo com o volume e da quantidade de objetos a desinsetizar, podem ser utilizadas diferentes fontes de nitrogênio alternativas, que podem ser resumidas em:

Cilindros de nitrogênio: São a fonte de nitrogênio mais utilizada. Compõem um sistema de trabalho adequado para objetos de tamanho pequeno, acondicionados em bolsas de volume menor do que 2 m³. A operação complica-se quando se trata de desinsetizações que envolvem um grande número de sacos ou bolsas.

Entre suas vantagens destacar-se: é de fácil uso; não requer eletricidade; tem baixo custo quando utilizado para pequenos objetos; e possui uma alta pureza (99,999%).

Quanto às desvantagens, deve-se ter em conta que: é perigoso manipular cilindros devido ao seu peso e sua altura; é difícil controlar um tratamento que requer a utilização de muitos cilindros; o custo é alto quando se precisa desinsetizar objetos de grande formato e coleções com grande número de objetos; a umidificação do gás nitrogênio deve ser estritamente controlada; é necessário manter uma rígida atenção quando se trabalha com um sistema dinâmico, já que os cilindros devem ser substituídos antes de esgotar-se.

Nitrogênio líquido depositado em botijões: em estado líquido é fornecido em botijões e é gaseificado para obter nitrogênio de alta pureza (99,999%). Estes proporcionam uma quantidade de gás útil para tratar bolsas de tamanho entre 2 e 10 m³. Contudo, são difíceis de manejar “in situ” devido ao seu peso elevado e ao seu tamanho. Apresentam as mesmas vantagens e desvantagens que as expressadas anteriormente.

Geradores de nitrogênio: possuem dois tipos:

- Os geradores industriais produzem um fluxo alto, mas cuja pureza é baixa, estando em torno de 2%. Estes equipamentos não são práticos para trabalhar “in situ” em museus, arquivos ou bibliotecas. Podem trabalhar em fluxo contínuo durante todo o tratamento. No entanto, a principal limitação é sua taxa de fluxo, que é inversamente proporcional à pureza do gás.
- Os geradores pequenos, associados a equipamentos de análise de alta precisão. Produzem nitrogênio de ótima pureza, contudo fornecem um fluxo pequeno, que o torna insuficiente para tratar a maioria dos objetos artísticos.

O equipamento Veloxy®: Este equipamento cobre a ausência que existe em equipamentos de desinsetização para obras históricas. Produz um fluxo significativo e de alta pureza, inferior a 0,2%. Permite a separação de nitrogênio, dos outros componentes do ar, por meio de um complexo sistema de membranas de fibraspoliméricas. Veloxy® vai acoplado a um compressor de ar que proporciona ar pressurizado. Deste modo, o oxigênio e os componentes minoritários do ar são filtrados através das paredes das fibras, produzindo um fluxo de nitrogênio de alta pureza (Valentín et al, 2002). O mesmo tem sido validado em projetos para a desinsetização de móveis, esculturas policromadas, livros, coleções de história natural e coleções de grande formato (Save Art, Comissão Europeia, ENV4-CT98-0711).

Entre as suas principais vantagens vale destacar que: é de fácil uso; é seguro para os profissionais envolvidos com os bens culturais, para o meio ambiente e para o público; o custo por tratamento reduz-se consideravelmente, excluindo o inicial do equipamento; trabalha em fluxo contínuo, por isto pode-se aplicar para desinsetizar objetos de grande formato; ao ser transportável pode ser utilizado para tratamentos “in situ”, evitando-se riscos de danos pelo transporte.

Entre as suas desvantagens é importante ter em conta que o compressor pode ser ruidoso e que a manutenção, tanto do Veloxy® quanto do compressor, deve ser rigorosamente controlada.

Em geral, quando se detecta uma infestação é preciso:

- Identificar o tipo de inseto.
- Estabelecer o tempo mínimo de exposição em função de: tamanho da peça, tipo de inseto, características estruturais e técnica artística do material infestado, temperatura e umidade relativa.

O efeito da anóxia e a eficácia do tratamento podem ser aumentados utilizando uma umidade relativa baixa numa faixa entre 45-60%, com temperatura de 23-25°C. Estas condições favorecem a dessecação dos insetos.

Atmosferas modificadas para o controle de microrganismos

Tem-se demonstrado que a aplicação de atmosferas modificadas com baixa umidade relativa (50-45%) e baixo conteúdo em oxigênio (0,1-0,5%) produz uma diminuição significativa do desenvolvimento dos microrganismos. Também se tem observado que o efeito da retirada de oxigênio não é tão drástico na atividade biológica quanto o efeito da baixa de umidade.

É conhecido que a presença de fungos anaeróbios no papel não é frequente. Contudo, os fungos e as bactérias aeróbias são contaminantes habituais de muitos materiais históricos.

As bactérias anaeróbias frequentemente contaminam os suportes proteicos. Neste caso, é necessário considerar que estes organismos requerem para o seu desenvolvimento porcentagens de umidade, inclusive maiores do que as bactérias aeróbias. Portanto, o método mais eficaz para deter sua atividade biológica é a redução da umidade relativa.

Estudos recentes têm deixado claro que a queda do crescimento microbiano é muito similar a 35-40-50% e 55% de umidade relativa. Por conseguinte, não se requer uma queda excessiva deste parâmetro para diminuir a contaminação microbiológica (Valentín, 2003c).

O conteúdo aquoso do material é o parâmetro que condiciona, em maior medida, o grau de contaminação microbiológica de um suporte; o que depende da composição do suporte, da umidade relativa ambiental e da ventilação. Pesquisas realizadas, utilizando populações heterogêneas de microrganismos expostas a emissores radioativos têm revelado que uma queda de UR de 95% a 45% e um conteúdo de oxigênio de 0,1% produz uma parada da atividade biológica de microrganismos celulósicos em somente 8 horas de tratamento (Valentín et al, 1997).

O controle de microrganismos requer um tratamento dinâmico de gás nitrogênio durante todo o processo. O tempo de tratamento depende do tipo de material, do tamanho, do conteúdo de água e do grau de contaminação.

7.4.2.3 Tratamentos físicos de erradicação

Irradiação

As radiações causam mudanças nas enzimas e nos outros biopolímeros essenciais dos organismos em seus processos vitais. Em geral provocam comportamentos anormais e inclusive a morte dos organismos irradiados, por isto podem

ser utilizadas como germicidas. Existem dois tipos de alta energia de irradiação aplicáveis com estes propósitos: as radiações eletromagnéticas e as partículas carregadas com alta energia (Vaillant; Doménech; Valentín, 2003).

Radiações eletromagnéticas

Existem três tipos de radiações eletromagnéticas: gama, Röntgen (raio X) e ultravioleta. Têm uma categoria energética de 10^2 a 10^7 eletrovolts (eV). A fraca interação dessas radiações limita seu poder de penetração nos materiais.

- As radiações gama podem ser letais para os insetos em todos os seus estágios de desenvolvimento, assim como para os microrganismos, incluindo os esporos, dependendo da dose aplicada. Logo que são emitidos pela fonte – normalmente isotópica de cobalto 60 (^{60}Co) – e ao serem absorvidos pelo material irradiado, os raios interagem com todos os componentes, originando mudanças que estão em relação direta com a dose de radiação que, por sua vez, relaciona-se ao tempo de exposição (maior dose, mais tempo e maior efeito). Seu nível de penetração depende da energia dos raios, da intensidade, do material e da massa específica do objeto. São muito utilizados para a esterilização de produtos descartáveis de uso frequente, tais como utensílios médicos, alimentos para animais domésticos e tratamento do câncer.

A tolerância ou a sensibilidade a estas radiações está relacionada aos tipos de suportes, já que há produtos que são mais radorresistentes ou mais radiolábeis do que outros. É muito importante destacar que o tipo de radiação emitida pelos dois radioisótopos que se empregam nestes tratamentos (o outro é Césio 137) tem baixa energia ($^{60}\text{Co} = 1,17 \text{ MeV}$ $^{137}\text{Ce} = 0,6 \text{ MeV}$), por isto não transformam o material irradiado em um objeto radioativo. O fenômeno de indução de radioatividade ocorre a partir dos 12 MeV.

Uma vantagem destas radiações é sua boa penetração nos materiais, o que permite que os objetos sejam tratados em pacotes. Por outra parte, grandes quantidades de materiais podem ser irradiadas ao mesmo tempo. O processo é simples e rápido e os materiais podem ser usados imediatamente depois da desinfecção.

O emprego destas radiações representa uma alternativa segura para o controle de populações de insetos e de outros artrópodes em quaisquer dos seus estágios biológicos e, imediatamente depois do tratamento, os materiais podem ser utilizados com toda segurança, já que não estão radioativos nem tóxicos e somente contêm uma fauna infestante lesada ou morta (Ritacco, 2005). No entanto, existem dúvidas acerca das mudanças químicas que podem ocorrer nos materiais e nos resíduos deixados. As altas energias às quais são expostos os objetos causam excitação e ionização das moléculas, rompendo suas ligações químicas e formando alguns radicais. Os materiais celulósicos são os mais vulneráveis (Butterfield, 1987). Por outro lado, os objetos tornam-se mais sensíveis a um novo ataque biológico.

- As radiações Röntgen (raios X) têm atividade inseticida e possivelmente, também fungicida. Seus efeitos podem ser comparados aos produzidos pela irradiação gama. O algodão mostra uma redução exponencial da resistência à tensão, assim como a perda da cristalinidade pelo efeito destas radiações. Os objetos pintados requerem um cuidado especial porque 1 KGy pode provocar mudanças na camada pictórica.
- Os raios ultravioletas têm uma menor energia e um limitado poder de penetração. Têm efeito fotoquímico, pois causam excitação eletrônica, seguida de ruptura das ligações químicas. Não provocam ionização. As propriedades físico-químicas do papel alteram-se quando o material é exposto a uma longitude de onda de 330-440 nanômetros. Neste caso produz-se a foto-oxidação, que provoca acidificação, perda do grau de polimerização e aumento dos grupos redutores. A madeira pode perder a cor pelas radiações ultravioletas.

Partículas carregadas

As radiações beta ou bombardeio eletrônico são geradas pela aceleração de elétrons em um campo elétrico. Constituem uma fonte direta de elétrons de alta energia. Seu mecanismo de ação é o mesmo que o da irradiação gama (excitação, ionização, ruptura de ligações e formação de radicais), sobre os organismos e os materiais.

Têm como vantagem o fato de que podem gerar uma maior velocidade de dose, o que reduz o tempo de irradiação necessário para conseguir a dose e o efeito biológico requeridos. Além do mais, são de fácil manipulação.

Entre suas desvantagens devem considerar-se a grande quantidade de calor que geram, o que acarreta efeitos adversos, seu baixo poder de penetração e o fato de que, nos materiais celulósicos, causam despolimerização e diminuição da cristalinidade, assim como altas doses provocam a decomposição do polímero celulósico, tanto das zonas amorfas quanto das cristalinas.

Os resultados sugerem que este tipo de tratamento não deve ser aplicado nos objetos de valor cultural.

Micro-ondas

As micro-ondas têm um nível de energia de 10^{-6} - 10^{-4} eletrovolts e uma frequência de 500-5000 MHz. Pertencem às radiações de baixa energia. Seu mecanismo de ação é muito diferente do das radiações de alta energia.

Os materiais com grupos polares ou com alto conteúdo de umidade podem absorver a energia de irradiação, que é convertida em vibrações moleculares; estas produzem calor, o que pode causar um comportamento anormal dos

organismos vivos, especialmente dos insetos, devido ao aquecimento da água constituinte de suas células (Nelson, 1973).

Este aumento de temperatura afeta também a água, constitutiva dos materiais orgânicos como a madeira, o papel, os pergaminhos etc. No caso do acetato de polivinila, de gelatinas e de outros materiais proteicos, ao possuir moléculas polares, sofrem também um aumento de temperatura pelo impacto das micro-ondas, que pode danificá-los.

A efetividade deste método depende da frequência de irradiação, da intensidade do campo elétrico, da espécie de insetos e do estágio de desenvolvimento, assim como das condições ambientais. Por outro lado, as aplicações das micro-ondas realizam-se sobre superfícies pequenas, por isto seu emprego nos tratamentos de objetos de grande formato ou de grandes coleções infestadas representa uma limitação quanto a tempo e custo.

Entre suas vantagens destacam-se que podem gerar uma maior velocidade de dose em um tempo de exposição menor, e que são de fácil manipulação.

A desvantagem das micro-ondas reside em que elas têm uma penetração muito limitada em comparação aos tratamentos gasosos, ainda que sejam superiores à radiação infravermelha. Por outro lado, entre os objetos a tratar não deve haver metais, porque a grande quantidade de calor gerado pode causar calcinações. Por conseguinte, no caso de documentos antigos, muitas tintas que possuem cargas metálicas podem ver-se afetadas.

Sua principal desvantagem está relacionada à grande quantidade de calor que geram, ao seu baixo poder de penetração e às reações adversas que originam em alguns materiais, especialmente os celulósicos, afetando suas propriedades.

7.4.2.4 Métodos térmicos

Vários fatores fazem atrativo o uso de métodos térmicos para o controle de pragas e microrganismos em bens culturais (Strang, 1996a). Entre suas vantagens podemos mencionar o fato de que podem ser executados em condições naturais, ou mediante uma ampla gama de alternativas tecnológicas, e que o custo de aplicação pode ser reduzido; apesar disto, podem provocar riscos para alguns tipos de objetos. Existem dois tipos de tratamentos alternativamente aplicáveis: congelamento e altas temperaturas.

Congelamento

As baixas temperaturas têm sido utilizadas no controle de insetos em objetos e coleções de valor cultural (Florian, 1990).

O congelamento vem sendo aplicado nos últimos 40 anos para a desinsetização de coleções de história natural como os herbários. Neste caso, os insetos diminuem sua atividade ao baixar a temperatura, entrando em diapausa ou fase de letargia.

Quando a temperatura diminui abaixo de -4°C , muitas espécies podem sofrer cristalização e, portanto, congelamento de fluidos corporais, que vai acompanhada de uma desidratação e morte do indivíduo (Starling, 1984).

A redução da temperatura diminui a velocidade dos processos vitais. Consequentemente, inibem-se a atividade e o desenvolvimento dos organismos. A 15°C o metabolismo da maioria dos insetos diminui. Apesar disto, existem exceções; algumas espécies podem sobreviver em temperaturas muito baixas -15°C durante muito tempo. Os cupins e certas espécies de *Cryptotermes* podem sobreviver a -25°C . Segundo Pinniger (2001), são necessárias 72 horas para eliminar coleópteros a -30°C . Como forma de proteção, eles podem adaptar seu metabolismo. Os insetos adultos são sensíveis a estes métodos, mas as larvas e os ovos são mais difíceis de erradicar.

As estruturas vegetativas de alguns fungos também são eliminadas a baixas temperaturas. Muitas espécies de *Aspergillus* e *Penicillium* não podem desenvolver-se a -10°C , mas os esporos podem permanecer viáveis durante muito tempo, inclusive em temperaturas inferiores, sem serem exterminados.

Os resultados a obter com a utilização deste procedimento dependem do tempo durante o qual o material foi exposto às baixas temperaturas, do nível de esfriamento aplicado e da quantidade de material a desinfetar.

O congelamento provoca danos nas células e nos tecidos dos organismos vivos por formação de cristais intra, inter e extracelulares. Também ocasiona desnaturização das estruturas terciárias e quaternárias das proteínas, desidrogenação dos ácidos graxos e despolimerização de algumas estruturas celulares. Pois bem, nem todos os materiais podem ser tratados por este procedimento, já que tem sido observado que, em alguns casos, podem ocorrer mudanças estruturais indesejáveis (Toby, 1994).

A madeira mostra um encolhimento reversível de 0,1% radialmente e de 0,3% tangencialmente, devido a contrações térmicas (Ishisaki, 1999). Esta variação pode ser compensada pela absorção de água durante o esfriamento. Os têxteis e as fibras mostram um aumento na resistência, mas não efeitos adversos de grandes magnitudes.

Este procedimento não é recomendável para alguns materiais como os cloretos de polivinilas (PVC) e as resinas epóxicas, devido às modificações do polímero amorfo. Também devem excluir-se do tratamento as pinturas, os objetos muito deteriorados, a cerâmica, o vidro, os metais e outros materiais inorgânicos pelas alterações que podem sofrer

devido ao impacto das mudanças dimensionais. Este fenômeno de contração-dilatação, unido ao efeito da mudança de umidade que deve suportar o material, deve ser bem analisado antes de aplicar o congelamento.

A eficácia deste procedimento depende fundamentalmente do tipo de inseto, da fase de seu ciclo biológico, da natureza e do tamanho do material, além do tempo de exposição ao tratamento.

Calor

As temperaturas elevadas têm efeitos letais sobre os insetos e os microrganismos devido, fundamentalmente, à inativação de biopolímeros essenciais, pelos quais se diminui a atividade biológica (Strang, 1992).

O poder de penetração do ar quente é elevado, mas o processo de transferência é lento, por isto são requeridos longos tempos de tratamento. Exposições prolongadas a temperaturas elevadas podem ocasionar efeitos adversos sobre numerosos materiais, já que o calor acelera todos os processos, incluindo os oxidantes e os de envelhecimento.

Os tratamentos com calor que mais se aplicam são: 160°C durante 120 minutos; 180°C durante 30 minutos (ambos têm efeito bactericida); 60°C durante uma hora, que tem ação inseticida; e 40°C durante 4 horas.

Os procedimentos baseados na elevação de temperatura sob condições de *secura* não são recomendáveis com estes propósitos. Também neste caso a eficácia do tratamento depende da umidade relativa do meio ambiente, do tipo de inseto e da natureza do material.

Em geral, tendo em conta a escassa pesquisa a respeito, o controle de insetos e de microrganismos em objetos e em coleções de valor cultural por meio de altas temperaturas não é recomendável e sua aplicação justifica-se somente em casos de emergências, desastres e infestações massivas (nestes últimos casos será melhor recorrer ao frio do que ao calor).

Os objetos sempre devem ser introduzidos em sacos plásticos para evitar a perda de umidade (Strang, 1996b). A alteração de alguns materiais é um risco importante; as resinas, os vernizes e os adesivos podem amolecer, as reações da deterioração se aceleram em temperaturas elevadas; os couros, as madeiras e os têxteis podem sofrer mudanças dimensionais irreversíveis e o papel pode tornar-se amarelo e quebradiço.

7.4.2.5 Métodos biológicos de tratamento

O controle biológico apresenta-se como uma alternativa eficaz, esperançosa e livre de riscos frente aos numerosos e crescentes problemas derivados do uso dos produtos químicos biocidas. Consiste na aplicação de técnicas compatíveis com a conservação do meio ambiente mediante o uso dos inimigos naturais das pragas que, atuando de modo natural, controlam o nível populacional das mesmas, sem ocasionar problemas de contaminação nem de resíduos.

Importante exemplo de aplicação na agricultura é o controle de duas pragas de estufas: a aranha-amarela e a mosca-branca. O motivo pelo qual se têm tanto êxito é devido a que os predadores podem ser liberados em um ambiente controlado e, portanto, não estão sujeitos aos caprichos do clima e de outros fatores externos (Controle de pragas e de doenças: (<http://infojardin.com/articulos7plaga-enfermedadcurar-1.htm>)). Um caso interessante é a produção de inseticidas biológicos pelas bactérias *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus proprillae*, que têm a vantagem de ter menos efeitos nocivos que os tradicionalmente utilizados e que podem ser utilizados em diferentes campos.

B. thuringiensis é uma bactéria que conta com várias espécies com aplicações específicas. Emprega-se frequentemente na horticultura ecológica como um inseticida microbiano seletivo que combate numerosas pragas de lepidópteros, com a vantagem de não afetar significativamente outros insetos, diferentemente do que ocorre com os praguicidas de origem natural. No entanto, os produtos disponíveis comercialmente que contêm este bacilo não são efetivos contra todas as pragas de lepidópteros. Nos últimos anos estão sendo desenvolvidos novos preparados e, com o tempo, se poderá dispor de outros produtos comerciais mais eficientes, como já ocorre com uma cepa (subsp. *Tenebrionis*) que é eficaz contra espécies de besouros.

O uso generalizado do *Bacillus thuringiensis* pode criar problemas no futuro, consequência do desenvolvimento de larvas resistentes. Outros possíveis motivos de preocupação são as tentativas, mediante a engenharia genética, de isolar, a partir da bactéria, o gene produtor da toxina e incorporá-lo diretamente ao tecido vegetal de certos cultivos.

Em geral, o controle biológico mediante a aplicação de antagonistas (biofungicidas) pode ser considerada uma alternativa a outros métodos e, em todo caso, é uma ferramenta a mais a utilizar no controle integrado de pragas (Melgarejo et al, 2005). Suas vantagens residem em que, quando são corretamente investigados e aplicados, estes métodos não ocasionam danos nem ao homem nem ao ambiente, agem contra uma espécie específica e são inócuos a outros organismos. A principal desvantagem é sua escassa eficácia ao não erradicar completamente as pragas. No contexto dos bens culturais, ainda são necessários estudos mais profundos que permitam demonstrar a aplicabilidade deste procedimento para tais propósitos.

A aplicação de feromônios constitui um método não-tóxico de controle que está sendo bastante pesquisado. São substâncias voláteis secretadas em pequenas quantidades pelos próprios insetos; são muito específicas e intervêm no acasalamento, atraindo ao sexo oposto desde longas distâncias. Também agem induzindo o comportamento de machos e fêmeas durante o acasalamento.

Em geral os feromônios são produzidos por um só sexo; ainda que, dependendo das espécies, podem ser fabricados por ambos. Atualmente estas substâncias são sintetizadas quimicamente e se utilizam como atrativos sexuais de uma multidão de espécies que constituem pragas: larvas de lepidópteros, de coleópteros e de dípteros; que ampliam as possibilidades de sua utilização. Frequentemente se usam em armadilhas para prender o maior número de insetos, erradicando-os posteriormente com um inseticida.

Outra alternativa consiste em saturar a atmosfera com feromônio para que o inseto se acostume ao estímulo e não desencadeie a resposta do acasalamento. O principal inconveniente que apresentam é que sua eficácia depende das condições ambientais. Do mesmo modo, há que considerar que o comportamento de muitos insetos não somente depende do estímulo olfativo; a luz, a umidade e as vibrações são fatores que agem de forma determinante sobre as condutas das espécies.

Com relação à disputa entre as espécies, pode-se indicar que os nematódeos têm sido utilizados na ação contra os insetos devoradores da madeira. A utilização de suspensões bacterianas e virais para a desinfecção de habitações e edifícios em lugar de inseticidas parece ter muitas desvantagens. Os fungos patogênicos não parecem ser úteis no controle de insetos e de fungos em objetos de valor cultural.

Ainda é necessário que sejam realizadas mais pesquisas sobre a eficácia e os possíveis efeitos das suspensões microbianas sobre os materiais e sobre a possível ação profilática que os resíduos desses preparados biológicos possam exercer sobre os diferentes agentes biológicos.

7.4.2.6 Métodos tradicionais de tratamento

Os métodos tradicionalmente utilizados para a desinfecção são: a sucção, a aplicação de repelentes, o encapsulamento e outros. Em geral eles têm efetividade pobre, mas são de uso preventivo (Vaillant; Valentín, 1996).

A sucção é útil para eliminar micélios fúngicos, com o auxílio de um aspirador de baixa potência. Sua principal desvantagem está relacionada aos riscos que correm os materiais, que podem ser danificados por perda de alguns fragmentos durante o tratamento. É necessário proceder cuidadosamente para que os esporos não sejam disseminados. Para livros e documentos este procedimento é muito recomendado (Catálogo, 1998).

O encapsulamento ou isolamento é um procedimento mais recente. Os livros são aspirados e encapsulados com plásticos de barreira de baixa permeabilidade. Neste caso, o ar deverá ser extraído do interior do pacote. Para melhorar a conservação dos objetos se depositaria no interior do invólucro um absorvedor de oxigênio Ageless®, que evitaria os processos de oxidação e o desenvolvimento de insetos. Não se conhece muito acerca das reações que ocorrem nos suportes, mas sabe-se que pode ser aplicado com melhores resultados depois da desacidificação do papel, para protegê-lo da autodestruição. Deve-se ter em conta o efeito que pode ter o envelhecimento do plástico. Tem sido aplicado com bons resultados em películas de filmes.

Em geral podemos falar de muitas alternativas para o controle da biodeterioração em objetos e coleções de valor cultural. Quando se trata de solucionar este problema em edifícios, muros e patrimônios imóveis, as alternativas são poucas; têm-se utilizado:

- Métodos químicos com substâncias biocidas. Destas substâncias existem diferentes tipos, o que depende do organismo que se pretende eliminar (fungicidas, bactericidas, liquenicidas, herbicidas, microbicidas etc.). Trata-se de um método bastante empregado, que apresenta muitas desvantagens, do ponto de vista dos efeitos sobre os materiais e sobre a saúde das pessoas, devido à sua toxicidade. O tipo de biocida utilizado dependerá dos organismos presentes, assim como dos materiais sobre os quais será aplicado. Cada caso requer um tratamento específico e uma avaliação do custo, assim como dos possíveis riscos.
- Métodos físicos: são mais agressivos do que os anteriores. Trata-se de métodos físicos diretos, como a radiação UV, que afeta o material genético dos microrganismos e impede seu desenvolvimento.
- Métodos mecânicos: são menos sofisticados do que os anteriores, mas não por isto menos efetivos. Consistem na limpeza do monumento ou do imóvel, seja com espátula, escova ou água com pressão.
- Métodos biológicos: consistem na inoculação dos microrganismos competidores com os agentes primitivos ou na inoculação de antibióticos ou de enzimas que atuem sobre os germes invasores e os destrua. Em alguns casos é possível ver que os efeitos buscados não são os desejados.
- Ventilação, controle climático e adequação do entorno: se é possível reduzir a umidade, modificar a temperatura para não permitir o crescimento de microrganismos ou mudar o grau de insolação de um monumento, estaremos modificando as condições ambientais requeridas para o desenvolvimento de agentes biológicos em um determinado ecossistema que se estabelece no próprio monumento.

A instalação de sistemas de ventilação mecânica em edifícios históricos, onde se localizam coleções de museus, bibliotecas ou fundos de arquivo, tem suposto uma alternativa eficaz e econômica para estabilizar as condições ambientais e diminuir a contaminação microbiológica. Com isto, tem sido possível reduzir o uso de biocidas tóxicos (Valentín et al, 2001). Este método oferece uma alternativa valiosa ao tradicional sistema de ar condicionado, cuja manutenção, custo e efeito sobre a saúde das pessoas estão sendo seriamente questionados.

A ventilação reduz o conteúdo de água dos materiais e, em consequência, detém e/ou diminui o desenvolvimento de fungos e de bactérias. Além do mais, minimizam-se os depósitos de pó sobre os objetos, um elemento higroscópico que, com frequência, leva aderido às suas partículas conídios de fungos e ovos de insetos. Por isto, nas salas e armazéns é importante estabelecer o número adequado de renovações de ar por hora, com vistas a minimizar tanto as oscilações bruscas de umidade relativa e de temperatura quanto o desenvolvimento de fungos e de bactérias.

Tem-se demonstrado que, para deter a multiplicação de microrganismos no ar e nos objetos contaminados, é suficiente manter uma ventilação contínua de 4 trocas de ar (taxa de renovação do ar) em um cômodo de 25-50 m³. É importante ter em conta que um cômodo sem ventilação e com umidade ambiental de 55% apresenta uma contaminação microbiológica do ar e dos materiais superior aos que teria o mesmo cômodo a 80% com uma renovação de ar adequada, obtida por sistemas de ventilação.

O número de renovações de ar (RA) que deve ser estabelecido em uma área se obtém mediante a fórmula:

$$RA = Q / V$$

Onde: Q representa o fluxo de ar do cômodo
V significa o volume de tal cômodo

O grau de contaminação microbiológica do ar se expressa em CFU/m³ (unidades formadoras de colônias/ m³). É um parâmetro imprescindível para conhecer a qualidade do ar de uma sala ou depósito (Valentín et al, 2002).

O controle do número de renovações de ar, do grau de contaminação e do conteúdo de água dos materiais é um método ótimo de conservação preventiva das coleções históricas a longo prazo. Todas as soluções são complexas e dependem de muitos fatores.

7.4.3 As Técnicas da Biologia Molecular como uma nova alternativa para o controle da biodeterioração

Tradicionalmente a Biologia tem sido uma ciência descritiva que tem catalogado a infinidade de seres vivos conhecidos, enumerado seus traços característicos e examinado suas estruturas macro e microscópicas.

Mas, ao expor as características ou fenótipos dos organismos, o biólogo estudava somente as consequências dos processos biológicos, sem considerar os mecanismos por meio dos quais ocorriam.

O desenvolvimento das técnicas microscópicas ampliou consideravelmente o campo de observação, permitindo visualizar as células e os seus orgânulos. O microscópio eletrônico aumentou muito mais o nível de resolução,

possibilitando determinar com grande precisão a estrutura fina da célula, conquista que permitiu descobrir novas ultraestruturas e fenômenos cujos mecanismos causais permaneciam desconhecidos, evidenciando que, em último sentido, os mecanismos causais que guiavam muitos processos biológicos dependiam do funcionamento de moléculas específicas dentro e fora da célula.

A capacidade recentemente adquirida para descobrir e manipular macromoléculas implica que a Biologia se veja obrigada a já abordar tanto os processos vitais quanto o produto final da evolução há, aproximadamente, quatro bilhões de anos (Weinberg, 1985).

As novas técnicas têm possibilitado modificar a vontade elementos críticos dos modelos biológicos, criando assim formas de vida que a evolução natural nunca havia antecipado. Em um prazo mais longo isto tem significado a mudança mais radical, derivada do poder alcançado de manipular moléculas biológicas.

Dentre as muitas classes de moléculas biológicas que contém a célula, três têm monopolizado o maior interesse: as proteínas, o ácido ribonucleico (RNA) e o ácido desoxirribonucleico (DNA).

Há cinquenta anos a atenção concentrava-se, principalmente, nas proteínas. Graças à aparição de refinadas técnicas bioquímicas se conseguiu purificar moléculas deste tipo, que se encontram inclusive em quantidades ínfimas na célula viva.

No último quarto do século passado, o centro da atenção foi alterado gradualmente para os ácidos nucleicos, primeiro, para o RNA e, posteriormente, para o DNA, que constituem um dos objetos de estudo principais da Biologia Molecular (Lantigua, 2004).

As origens da Biologia Molecular remontam ao século passado, mas historicamente se considera a descrição da estrutura de dupla hélice do DNA (Watson; Crick, 1953; Fierro, 2001) como o começo desta disciplina (Corvalán, 2002). A partir desse momento produziu-se uma crescente acumulação de descobertas, especialmente na década de 1960, que nos permitem hoje ter as ferramentas necessárias para conhecer o mecanismo da herança e de outros processos que têm lugar na célula.

A aparição da técnica do DNA recombinado constituiu outra razão pela qual os ácidos nucleicos, principalmente o DNA, passaram a ocupar o objeto central de estudo. Esta macromolécula pode ser cortada, modificada, e voltar a ser combinada (encaixada); pode ser multiplicada em milhares de cópias. Mais ainda, com DNA se fabrica RNA e, em seguida, moléculas proteicas de características e de constituição desejadas.

A técnica experimental básica para estas manipulações denomina-se clonagem de genes e, graças a ela, tem mudado a face da Biologia. Os progressos seguintes dependeram dos procedimentos para isolar distintos genes celulares. Os processos para isolar genes, gerados por ditos estudos, baseiam-se, em último sentido, na semelhança entre a organização molecular de todos os organismos, desde as bactérias até os mamíferos.

Os genes de importantes proteínas estruturais da célula, inclusive as que determinam sua arquitetura, já têm sido clonados. Também têm sido isolados outros genes que codificam mensageiros intercelulares como a insulina, o interferon e vários fatores de crescimento. A clonagem e a decifração dos genes são mais rápidas do que a completa interpretação de novos dados. Muitas sequências vão ficando armazenadas em bancos de dados, informação que resulta de grande utilidade para os biólogos. O fluxo de genes desde o genoma até o banco de genes fornece maiores possibilidades do que a descrição detalhada do DNA e da estrutura proteica.

Mullis (1990) reuniu algumas das metodologias antes mencionadas para realizar a síntese do DNA “in vitro” em forma exponencial. Este método é denominado reação de polimerase em cadeia (em inglês, Polymerase Chain Reaction: PCR). Esta metodologia é considerada uma revolução dentro da Biologia Molecular já que, com a amplificação exponencial, é possível a análise de moléculas de DNA ou RNA a partir de mínimas quantidades de amostras. Os métodos de sequenciamento permitem “ler e interpretar” o código genético de diferentes agentes biológicos, desde os microrganismos até o homem. Esta nova alternativa está possibilitando, por exemplo, estudar as interações microrganismo-hospedeiro e, com a ajuda de ferramentas de informática, desenvolver novos agentes terapêuticos, vacinas (Kellam, 2001), assim como sua aplicação em outras disciplinas.

Como temos apontado, os microrganismos e os insetos são os maiores responsáveis pela deterioração dos objetos guardados em museus e arquivos expostos a condições ambientais inapropriadas. A isto deve se acrescentar outros grupos, tais como líquens, algas, musgos, aves e outros muitos agentes biológicos que afetam o patrimônio imóvel de natureza inorgânica, como pedra, vidro e metal. Estes agentes devem ser estudados de pontos de vista fundamentais: sua incidência na deterioração dos bens culturais e na saúde das pessoas envolvidas com o patrimônio cultural.

Desde vários anos, a maioria das instituições vem identificando os agentes envolvidos nos problemas de biodeterioração, utilizando métodos clássicos de taxonomia. Os microrganismos requerem, para isto, métodos baseados no cultivo em diferentes meios e laboriosos estudos morfológicos, no caso dos fungos, e bioquímicos, quanto à identificação das bactérias às quais se refere.

O desenvolvimento das técnicas da Biologia Molecular tem suposto um avanço espetacular no âmbito da investigação aplicada a numerosas áreas, entre elas a Medicina, a Ecologia microbiana e a Biotecnologia.

Especificamente no campo da Conservação do patrimônio histórico, a incidência ainda tem sido menor (González, 2003). Apesar disto, em Microbiologia alguns resultados obtidos sobre a ecologia bacteriana estão sendo aplicados satisfatoriamente à investigação da biodeterioração, obtendo-se resultados interessantes quanto às metodologias de diagnóstico das populações microbianas que contaminam diferentes suportes. Mediante as técnicas de Biologia molecular é possível dispor de ferramentas fundamentais para (González; Saiz-Jiménez, 2005):

- Identificar, no nível da espécie e da subespécie, comunidades de organismos bióticos, o que é particularmente eficaz para microrganismos e insetos que se desenvolvem em diferentes condições ambientais e suportes. Sua principal vantagem é dada pela especificidade que representa trabalhar com seqüências de ácidos nucleicos.
- Identificar espécies de microrganismos, insetos que nunca foram isolados pelos métodos taxonômicos clássicos.
- Realizar diagnósticos de biodeterioração a partir de microamostras de material contaminado infestado.
- Introduzir genes novos ou também genes modificados em espécies de organismos biológicos envolvidos na deterioração dos materiais históricos.
- Investigar mecanismos de interação organismo-suporte e a resistência de agentes biológicos frente a biocidas.
- Utilizar espécies geneticamente manipuladas para avaliar a eficácia de tratamentos de erradicação de organismos biológicos.
- Investigar a expressão gênica e a análise funcional a partir de uma só célula.

Dentro de outras áreas, tais como a indústria de alimentos, a medicina ou as pragas florestais, já vêm sendo descritas numerosas seqüências de genes de fungos, bactérias e insetos. Esta informação armazena-se em bancos de dados, pode-se extrapolar e serve de padrão para detectar e identificar por comparação as mesmas espécies que também tenham sido isoladas de suportes históricos (Valentín, 2003c). Este conhecimento representa um novo enfoque, que permitirá abordar, de forma altamente específica e eficaz, os estudos dos mecanismos da biodeterioração e seu controle.

Um caso interessante que está sendo amplamente investigado é o da produção de biocidas ecológicos, com os quais pode-se conseguir muito bons efeitos, ao mesmo tempo em que não causam problemas de contaminação ao meio ambiente. Entre eles podemos mencionar certos óleos minerais, a piretrina, a azadiractina, a rotenona, alguns preparados à base de plantas e essências vegetais e os inseticidas biológicos. Estas substâncias já estão sendo aplicadas na agricultura, mas ainda não existem informações sobre seu emprego no campo do controle de pragas em bens culturais.

Em geral, podemos falar de muitas alternativas para o controle da biodeterioração em objetos de valor cultural.

Nem sempre é possível encontrar o método idôneo, pois nesta problemática existem muitos fatores envolvidos, por isto é fundamental fazer uma análise multifatorial da situação a resolver e ter em conta que cada caso, objeto, coleção e instituição tem características particulares e apresenta seus próprios problemas, logo requer um tratamento específico.

Nenhuma solução é ideal; tudo depende da situação concreta, das possibilidades, do estudo prévio que se faça, do financiamento do qual se disponha e, especialmente, da estratégia que tracemos.

8

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABARCA, Z. Análisis de tintas de documentos de los siglos XVI, XVII y XVIII. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE CONSERVACIÓN DE DOCUMENTOS, LIBROS Y MATERIALES GRÁFICOS, 1., [1983], Mexico. *Memoria...* Mexico, DF: Archivo General de la Nación, 1983. p. 65-74. (Serie Información de Archivos, 20).

AGAROSI, G. et al. Changes of microbial system in an etruscan tombaftes biocidal treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON DETERIORATION AND CONSERVATION OF STONE, 6., 1988, Torun. *Proceeding...* Torun: N. Copernicus University, 1988. p.82-91.

AGRAWAL, O.; DHAWAN, S. *Control of biodeterioration in museums*. New Delhi: Shri O. P. Agrawal, 1985. (Technical Note 2).

_____; _____; GARG, K. *Microbial deterioration of painting* a review. Lucknow: Intach Conservation Center, 1989.

AIC Definitions of Conservation Terminology, 1996. Disponível em: <<http://palimpsest.stanford.edu/aic>>.

ALFA Beta Sistemas: la importancia de implementar programas integrados de control de roedores. 2005. Disponível em: <<http://alfabeta.net>>.

ALTRUDI, N.; SILVETTI, S. *Factores medioambientales en el deterioro*. control de plagas. 2007. Disponível em: <http://www.bnm.me.gov.ar/novedades/boletin_electronicoBNM/boletin_48/img/control_plagas.dpf>.

ÁLVAREZ, R. *En busca de un aire más puro*. 2002. Disponível em: <<http://www.obrasweb.com>>.

AMERICA'S Museums: the Belmont report. Washington D.C.: American Association of Museums, 1969.

ANDERSON, S.; KNOX, J. *Orders and families of recent mammals of the world*. New York: John Wiley & Sons, 1984.

ANGEL, A. *Factores influyentes en la degradación de los materiales de archivos y bibliotecas*. 2008. Disponível em: <<http://www.ugr.es/aangel/BellasArtes/Tema15BA.ppt>>.

ARRUZZOLO, G.; VECA, E. Biological degradation of archival documents: prevention and study. In: EUROPEAN SYMPOSIUM, 1989, Bologna, Itali. *Science, technology, and european cultural heritage. proceedings of the publisher*. Westbury House: Butterworth-Heinemann Publishers, 1991. p.636-639.

ASLEY-SMITH, J. *The ethics of conservation in care of collections Simon Knell*. London: Routledge, 1994.

ASTORGA, A. *Centenares de insectos y microorganismos ponen en peligro el patrimonio de los 30.000 archivos y bibliotecas de España*. 2003. Disponível em: <<http://www.la3soluciones.com>>.

ÁVILA, E.; VELÁSQUEZ DE LEÓN, A. Proyecto para la protección del patrimonio cultural mueble en caso de desastres naturales en la Coordinación Nacional de Conservación de la INAH. *El Correo del Restaurador*, n. 8, p.24-28, 2002.

BAGÉS, C. *El ambiente y el deterioro de los bienes culturales*. 2003. Disponível em: <<http://museosdevenezuela.org/Documentos/Revista/Conserv9.html>>.

BALLARD, M.; BAER, N. Ethylene oxide fumigation: results and risk assessment. *Restaurator*, n.7, p.143-168, 1986.

BANKS, P. Los enemigos de los acervos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE DOCUMENTOS, LIVROS Y MATERIALES GRÁFICOS, 1., [1983], Mexico. *Memoria ... Mexico*, DF: Archivo General de la Nación, 1983. p. 9-26. (Série Informação de Arquivos, 20).

BARBOZA, F. La lucha contra el tráfico ilícito de bienes culturales: recursos en internet. *APOYO*, n.1, v.11, p.7-10, 2001.

BARREDA, P. *El proceso de una infección*. 2005. Disponível em: <<http://www.pediatraldia.cl/>>.

BAYER environmental science: rata de los tejados. 2005. Disponível em: <<http://www.infoplagas.com/Ratas.htm>>.

- BECK, I. *Manual de conservación y restauración de documentos*. México, D.C. : Archivo General de la Nación, 1992.
- BERNADES, J. La Conservación preventiva ¿Qué, cómo y por qué? In: COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE BIENES CULTURALES, 1., 1997. *Acta...* Vigo: [s.n.], 1997. p.49-79.
- BOLIVAR, F. Los agentes de biodeterioro del patrimonio pictórico, textil y gráfico. *Boletín Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, año 3, n.12, p. 50-53, sept. 1995.
- BOND, E.; DUMAS, T.; HOBBS, S. Corrosion of metals by fumigant phosphine. *Journal of Stored Products Research*, v. 2, n.20, p.57-63, 1984.
- BROKERHOF, A. *Control of fungi and insects in objects and collection of cultural value "a state of the art"*. Amsterdam: Central Research Laboratory for Objects of Art and Science Gabriel Metsuabstract, 1989.
- BUTTERFIELD, F. The potential long-term effects of gamma irradiation on paper. *Studies in Conservation*, v.32. n.4, p.181-191, 1987.
- CANEVA, G.; NUGARI, M.; SALVADORI, O. *La biología nel restauro*. Firenze: Nardini, 1994.
- _____; SALVADORI, O. Pesticidi nel controllo del biodeterioramento dei monumenti: problemi tecnici e sanitari. *Ecofuggi*, v.87, p.81-91, 1987.
- CARDONA, J. *Contaminación ambiental y enfermedades respiratorias*. 2008. Disponível em: <<http://encolombia.com/medicina/neumologia/neumologia15403contenido.htm>>.
- CATÁLOGO de conservación de papel del American Institute for Conservation. Caracas: Biblioteca Nacional de Venezuela, 1998. (Conservaplan. Documentos para conservar; n° 14, fascículos 2 : Hongos).
- CENTRO de Sanidad Ambiental. Disponível em: <<http://www.envtox.ucdavis.edu/CEHS/HTML>>.
- CLAPP, A. *Curatorial care of works of art on Paper*. 2nd. rev. Oberlin, Ohio : Intermuseum Laboratory, 1974.
- CLEMENTS, D. W. G. *Preservation and conservation of library documents: a UNESCO/IFLA/ICA enquiry into the current state of the world patrimony*. Paris: General Information Program and UNISIST, 1987. (PGI 87/WS/15).
- COLIN, P. La conservación de colecciones en países tropicales. *Conservación: el boletín del CGI*, v.12, n.2, p.17-18, 1997.

CONTROL de plagas y enfermedades. Disponível em: <<http://www.infojardin.com/articulos/plagaenfermedad-curar-1.htm>>.

CONTROL of microorganisms: chemical agents. 2008. Chapter 8. Disponível em: <<http://vacadsci.org/jrs/lisp01/micro8.pdf>>.

CORNWELL, P. *Pest control in building: a guide to the meaning of terms*. East Grimstead, Sussex: Rentokil, 1979.

CORVALÁN, A. Biología molecular en infectología. Parte 1: Desarrollo y metodologías. *Revista Chilena de Infectología*, v.19, n.1, p.14-24, 2002.

COSTAIN, C. Plan para la preservación de colecciones. *APOYO*, n.1, v.8, p.3-4, 1998.

COTO, H. Actualización técnica sobre control de plagas urbanas. In: SEMINARIO CHEMOTÉCNICA, 2002. Disponível em: <<http://www.gestaltonline.com.ar/punto%20com/links/chemotecnica.swf>>.

_____. *Importancia de implementar programas integrales de control de roedores*. 2004. Disponível em: <<http://alfabeta.net/notas/temas-6/nota-280-6.xtp>>.

CRESPO, C. *La conservación documental en su aspecto preventivo: características de un depósito de archivos actual*. Madrid: Centro Nacional de Restauración de Libros y Documentos : Gaez, 1971.

CUNHA, G. *Methods & evaluation to determine the preservation needs in libraries and archives: a RAMP study with guidelines*. Paris: UNESCO, 1988.

DALE, P. Our environment ruined? Environmental control reconsidered as a strategy for conservation. *Journal of Conservation & Museum Studies*, n.1, p.1, may 1999.

DAVIS, M. Preservation using pesticides: some words of caution. *Wilson Library Bulletin*, feb. 1985.

DE LA TORRE, M. Estrategias de conservación preventiva: el papel del conservador-restaurador. In: COLOQUIO INTERNACIONAL SOBRE CONSERVACION PREVENTIVA DE BIENES CULTURALES, 1., 1997, Vigo. *Acta...Vigo*: [s.n.], 1997. p.13-18.

DEKKER, R.F.H. Biodegradation of hemicellulose. In: HIGUCHI, Takayoshi. *Biosynthesis and biodegradation of wood components*. London: Academic Press, 1985. p.505-533.

DHAWAN, S. Biodeterioration of materials and exhibitions. *Journal of Indian Museums*, v. 60, p.195-198, 1984.

_____. *Microbial deterioration of paper material: a literature review*. Lucknow, India: Department of Culture, National Research Laboratory of Conservation of Cultural Property, 1986.

_____; AGRAWAL, P. Fungal flora of miniature paper painting and lithographs. *Journal of Biodeterioration*, v.22, n.2, p.95-99, 1986.

DRUZIK, J. Una iniciativa de investigación para la conservación en bibliotecas. *Conservación: el boletín del GCI*, v.7, n.2, p.14-15, 1993.

ECOPEST SL. *Control de plagas y medio ambiente*. Disponível em: <http://www.desinfeccionesecopest.com/concepto_plagas.html>.

ERHARDT, D. et al. Determinación de las fluctuaciones permisibles de la humedad relativa. *APOYO*, v.6, n.1, p.6-8, jul. 1995.

ERIKSSON, K. E.; PETTERSSON, L.G. Extracellular enzyme system utilized by fungus *Sporotrichum pulverulentum* for the breakdown of cellulose. III. Purification and physicochemical characterization of an exo-1-4-b-glucanase. *European Journal of Biochemistry*, v.51, p.213-220, 1975.

EVANS, C. Laccase activity in lignin degradation by *Coriolus versicolor* in vivo and in vitro studies. *FEMS Microbiology Letters*, n.27, p.339-343, 1985.

EVANS, E. T. Biodeterioration of cellulose. *Biodeterioration abstracts*, v.3, n.3, p.275-285, 1996.

FATÁS, G.; BORRÁS, G. *Diccionario de términos de arte*. Madrid: Alianza, 2000.

FIERRO, A. Breve historia del descubrimiento de la estructura del ADN. *Revista Médica Clínica las Condes*, n.20, p.71-75, 2001.

FERNÁNDEZ, C.; NOVO, R. *La Vida microbiana en el suelo*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1988.

FLIEDER, F.; CAPDEROU, C. *Sauvagarde des collections du patrimoine: la lutte contre les détériorations biologiques*. Paris: CNRS, 1999. p.2-56.

FLORIAN, M. *Freezing for museum insect pest eradication*. Washington, D. C.: Society for the Preservation of Natural History Collections, 1990. (Collection forum, v.6).

_____. El papel de los conidios de hongos en el moteado. *Cuadernos sobre Conservación*, v.41, n.2, p.1-8, 1996.

FRAGAS, M. Contaminação por microorganismos (fungos) no acervo da Biblioteca de Manguinhos/FIOCRUZ. In: CONGRESSO DA ABRACOR, 9., 2008, Salvador. *Anais...* Salvador: ABRACOR, 2008. p. 13-17.

FROBISHER, M. *Microbiología*. 4.ed. Barcelona: Salvat, 1969. p.4-340.

FUMIGANTS & PHEROMONES: a newsletter for the insect control & pest management industry, n.68, p.7-40, 2003.

GALLO, F. Aerobiological research and problems in libraries. *Aerobiológica*, v.9, n.2-3, p.117-130, 1993.

_____. *Biodeterioramento di libri e documenti*. Roma:Centro di Studi per la Conservazione della Carta, 1992. p.1-128.

_____ et al. Recherches sur quelques facteurs clés dans la deterioration biologique des livres et des documents. In: JOURNÉES INTERNATIONALES D' ETUDES DE L' ARSAG. ENVIROMENT ET CONSERVATION DE L' ECRIT, DE L' IMAGE ET SU SON, 2., Paris, 1994. *Actas...* Paris: [s.n.], 1994. p.63-71.

GARCÍA, I. *La conservación preventiva y la exposición de objetos y obras de arte*. Murcia: KR, 1999. p.1-411.

_____. La conservación preventiva y las normas ambientales: nuevas consideraciones. *APOYO*, v.6, n.1, 1995.

GÓMEZ, M.L. *La restauración: examen científico aplicado a la conservación de obras de arte*. Madrid: Ediciones Cátedras, 1998. p.2-57.

GONZÁLEZ, J. M. Overview on existing molecular techniques with potential interest in cultural heritage. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MOLECULAR BIOLOGY AND CULTURAL HERITAGE, 2003. *Molecular Biology and Cultural Heritage: Proceeding...* Seville: Balkema, 2003.

_____; SAIZ-JIMÉNEZ, C. Application of nucleic acid-based techniques for the study of microbial communities in monuments and artworks. *International Microbiology*, n.8, p.189- 194, 2005.

HALE, M. E. *The biology of lichens*. 3.ed. Londres: Edward Arnold, 1983. p.1-354.

HATAKKA, A. Degradation of lignin by white-rot fungi with potential for biological delignification: bioconversion of plant raw material by microorganisms. In: FINNISH-SOVIET SYMPOSIUM, 1983. *Proceeding..* Helsinki: [s.n.], 1983. p. 44-58.

HAVERMANS, J. *Environmental influences on the deterioration of paper*. Rotterdam: J.B.G.A. Havermans/Barjesteh, Meuwes, 1995. p.1-210.

HERNÁNDEZ, A. *NTP 409: contaminantes biológicos: criterios de valoración*, 2008. Disponível em:<<http://www.jmcprl.net/foro/viewforos.php>>.

HERRÁEZ, J. *La conservación preventiva y el control de las condiciones ambientales*. Madrid: Instituto de Patrimonio Histórico Español: Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura, 1997. p.1-45.

HIGUCHI, T. Biodegradation of lignin: biochemistry and potential applications. *Experientia*, v.38, n.2, p.159-166, 1982.

HUECK, H. J. The biodeterioration of materials as part of hylobiology. *Material und Organismen*, n.1, p.5-34, 1965.

HUYNH, V.; CRAWFFORD, R. Novel extracellular enzymes (lignases) of *Phaenerochaete chrysosporium*. *FEMS Microbiology Letters*, n.28, p.119-123, 1985.

IMEISON, Purificadores de aire. 2008. Disponível em: <<http://www.pavomentosonline.com/Imeison/index.htm>>.

ISHISAKI, T. Evaluation of physical effects of thermal methods on materials artifacts. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE CONSERVATION AND RESTORATION OF CULTURAL PROPERTY, 27-29 october 1999, Tokyo. *Integrated pest management in Asia for meeting the Montreal protocol*. Tokyo: National Research Institute of Cultural Properties, 2001. p.99-109.

JACKSON, S. La lucha contra los robos de arte. *Conservación: el boletín del GCI*, v.13, n.1, p.10-13, 1998.

JANSKEKAR, H.; HALTMEIER, H.; BROWN, C. Fungal degradation of pine and straw alkali lignins. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology*, v.14, p.174-181, 1982.

JAWETZ, E.; MELNICK, J.; ADELBERG, E. *Microbiología médica*. 10.ed. México, DF: El Manuel Moderno, 1983.

JOKLIK, W.; WILLETT, H.; AMOS, D. Z. *Microbiología*. La Habana: Edición Revolucionaria, 1983.

KELLAM, P. Post-genomic virology: the impact of bioinformatics, micro rays and proteomics on investigating host and pathogen interactions. *Reviews in Medical Virology*, v. 11, p.313-329, 2001.

KETZER, R. Insect control in Public Records Office of Hong Kong. *International Preservation News*, France, n.20, p.40-43, sept. 2003.

KELLEY, P. Pest treatment of museum collections. *Fumigantes & Pheromones*: a newsletter for the insect control & pest management industry, n.68, p.7, 2003.

KIRK, K. T. Degradation and conversion of lignocellulose. In: SMITH J. E.; BERRY D. R, Kristiansen (Ed.). *The filamentous fungi*. London: E. Arnold, 1983, vol. 4 – Fungal technology. p.226-295.

_____; HIGUCHI, T.; CHANG, H. *Lignin biodegradation*: microbiology chemistry and potential applications. Flórida: C.R.C., 1984, v.2, Chapter 16. p.235-243.

KOESTLER, R. et. al. Ongoing studies of the susceptibility of biodeterioration of stone consolidants to microbiologically induced corrosion. In: HOUGHTON, D.R.; SMITH, R.N.; EGGINS, H.O.W. (Ed.). *Biodeterioration 7*. London: Elsevier, 1988. p. 441-448.

KOWALICK, R; SADURSKA, I. The disinfection of infected stores or rooms in archive, libraries and museums. *Bolletino Istituto per la Patologia del Libro*, Roma, anno 24, fasc. I-IV, p.121-128, 1965.

KRAEMER, G. *Tratado de la previsión del papel y de la conservación de bibliotecas y archivos*. Madrid: Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Cultura, 1973. p.1-455.

LAL, R.; MISHRA, M. Cellulolytic Activity of some soil fungi. *Folia Microbiológica*, v.23, p.68-71, 1978.

LANTIGUA, A. *Introducción a la Genética Médica*. La Habana: Ciencias Médicas, 2004. p.1-227.

LAZZARINI, L.; LAURENZI TABASSO, M. *Il restauro della pietra*. Pádua: CEDAM, 1986.

LEDESMA, M. *Actuación de biocidas clorados sobre rocas calizas y sus derivados*. 2005. Disponível em: <<http://CNRPC/publicaciones/elcorreodelrestaurador/materialesarqueologicos.articulo002/>>.

LEVIN, J. Programa de investigación del medio ambiente llevado a cabo por el GCI. *Conservación*: el Boletín del GCI, v.8, n.1, p.5, 1993.

MAEKAWA, S.; BELTRAN, V. Collections care, human comfort and climate control: a case study at the Casa de Rui Barbosa Museum. *The Getty Conservation Institute Newsletter*, v. 22, n. 1, p.17-20, 2007.

_____; ELERT, K. *The use of oxygen-free environments in the control museum insect pest*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2003. p.1-224.

EL MANUAL de preservación de bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center. Caracas: Biblioteca Nacional de Venezuela, 1998. (*Conservaplan. Documentos para Conservar*, n.7, fasc. 1: Propiedades de preservación)

MARCANO, J. *La contaminación atmosférica*. 2008. Disponible em: <<http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmosf.html>>.

MEGAZANI, C.; PUTT, N. *European Preventive Conservation Strategy Project*. 2002. Disponible em: <<http://www.pc-strat.com/final/spain.html>>.

MELGAREJO, P. et al. *Aplicaciones del control biológico al control de enfermedades vegetales*. 2005. Disponible em: <<http://www.agroinformacion.com>>.

MERRIT, J. *Moho y enmohecimiento: prevención del crecimiento de microorganismos en objetos de museos*. 2002. Disponible em: <<http://www.apictus.com/arch/techinfo/preserva/primer/span 1234.html>>.

MICHALSKI, S. Directrices de humedad relativa y temperatura: ¿que está pasando? *APOYO*, v.6, n. 5, p.4-5, jul. 1995.

MONTANARI, M. Gli agenti biologici di deterioramento. *Bolletino Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, anno 36. v.38, p.163-213, 1982.

MORETTI, L. ; ROBLEDO, M. Estudio sobre hongos que atacan documentos en el Archivo General de la Nación. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE DOCUMENTOS, LIBROS Y MATERIALES GRÁFICOS, 1., [1983], México. *Memoria ...* Mexico, DF: Archivo de la Nación, 1983. p.75-77.

MOTA-SÁNCHEZ, D. R. *Manual Básico de entrenamiento para aplicadores de pesticidas*. 2005. Disponible em: <<http://www.pested.msu.edu/Resources/bulletins/pdf/25955p/E-21953pus>>.

MULLIS, K. B. The unusual origin of the polymerase cain reaction. *American Science*, n.262, p.56-65, 1990.

NAGIN, D. ; MC CANN, M. *Thymol and o-phenyl phenol: safe work practices*. New York : Center for Occupational Hazards,1982.

NELSON, S. Insect-control studies with microwaves and other radio frequency energy. *Bulletin of the Entomological Society of America*, n.19, p.157-163, 1973.

NISIZAWA, K. Mode of action of cellulases. *Journal Fermentation Technology*, v.51, n.4, p.267, 1973.

NOVOTNY, D. Conservación preventiva en bibliotecas y archivos. In: CURSO de Especialización en Conservación Preventiva del Patrimonio Bibliográfico y Documental. Rosário: Fundación Patrimonio Histórico en Rosario, 2000. Este texto é parte da Conferência da Conservadora proferida no evento.

NUGARI, M. et.al. Fungicides for use on textiles employed during the restoration of works of art. *International Biodeterioration Bulletin*, v. 23, p.295-306, 1987.

NYUKSHA, J. P. Biodeterioration and biostability of library materials. *Restaurator*, n.4, p.71-77, 1990.

_____. The biological principles in the conservation of bibliographical heritage. *Mycologia i Pytopathologya*, n.8, p.44-5, 1974.

_____. Some special cases of biological degradation of books. *Restaurator*, n.5, p.177-182,1983.

ODIER, E.; MONTIES, B. Poplar lignin decomposition by gram-negative aerobic bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, v.41, n.2, p.337-341, 1981.

OGDEN, Sherilyn. *El Manual de Preservación de Bibliotecas y Archivos del Northeast Document Conservation Center*. 3.ed. rev. e ampl. Santiago de Chile: DIBAM, 2000. Disponível em: <<http://www.nedcc.org/splan//sptitle.htm>>.

OKAZAKI, M.; MOO-YOUNG, M. Kinetics of enzymatic hydrolysis of cellulose: analytical description of a mechanistic model. *Biotechnology and Bioengineering* v.20, p.637-633, 1978.

OLCOTT, L. Como controlar una invasión de moho: pautas para una intervención en caso de desastre. *APOYO*, v.9, n.1, p.3-6. 1999.

ORTEGA-CALVO, J.; HERNÁNDEZ-MARINE, H.; SAÍZ-JIMÉNEZ, C. Biodeterioration of buildings materials by cyanobacteria and algae. *International Biodeterioration*, v.28, p.165-186, 1991.

PARKER, T.A. *Estudio de un programa de lucha integrada contra las plagas en los archivos y bibliotecas*. Paris: UNESCO, 1989. Programa General de Información y UNISIST. (PGI/88 /WS/20).

PASQUARIELLO, G. La aerobiologia nel controllo ambientale: indagine delle aeromicoflora in un ambiente museale. In: CONSERVAZIONE delle opere d'arte su carta e pergamena, 14-16 aprile 1988, Torgiano. *Atti del Convegno*. Perugia: Voluminia, 1990. p.130-135.

PETHERBRIDGE, G. *Conservation of library and archive materials and graphic arts*. London: Butterworths, 1987. pt. 1, p.1-299.

PIATKIN, K.; KRIVOSHEIM, Yu. *Microbiología*. 2.ed. Moscu : MIR, 1968. p.1-379.

PINNIGER, D. Attractant pheromones of museums insect pests. *AICCM Bulletin*, v.28, p. 4-10, 2004.

_____. *Insect pests in museums*. London : Archetype, 1990. p.1-46.

_____. *Pest management in museums: archives and historic houses*. London: Archetype, 2001. p.72-78.

POLEO, C.; PÉREZ, H. *Prevenção del daño de la rata arrocera holochilus venezuelae*. 2005. Disponível em: <<http://www.ceniap.ve/publica/fdivul/html>>.

PRIBALOV, F. *Conservación de documentos*. La Habana: Archivo Nacional, 1982. p.1-41.

PUMAROLA, A. et.al. *Microbiología y parasitología médica*. Barcelona: Salvat, 1984. p.1-540.

RACIMAN, J.; GONZÁLEZ, A. *Hipertextos del área biológica*, 2005. Disponível em: <<http://www.biologia.edu.ar>>.

RESIDORI, L.; VECA, E.; MATE, D. Prevenzione. In: ISTITUTO PER I BENI ARTISTICI, CULTURALI E NATURALI. *Scripta volant: biodeterioramento dei beni culturali: libri, documenti, opere grafiche*. Bolonha: Edizioni Analisi, 1986. p. 77-79. (Emilia-Romagna. Biblioteche Archivi, n.1)

RITACCO, M. Radioinfestación de bienes culturales y religiosos. *Revista Digital Nueva Museología*. 2005. Disponível em: <<http://www.nuevamuseologia.com.ar>>.

ROSE, C. Conservación preventiva. *APOYO*, v.3, n. 2, p.3-4, 1992.

SÁNCHEZ, A. *Variables de deterioro ambiental humedad relativa y calor: el problema de la degradación medioambiental del papel*. 2008. Disponível em: <<http://palimpsest.stanford.edu/byauth/hernandez/ambient.htm>>.

SÁNCHEZ, J. L. *Microbiología*. 2005. Disponível em: <<http://web.educastur.princast.es>>.

SCHLEGEL, J. *Microbiología general*. Barcelona: Omega, 1997. p.1-447.

SCHULZ, W. Work of Smithsonian scientists revises guidelines for climate control in museums and archives. *Abbey Newsletter*, v.18, n. 4-5, p.1-3, aug.-set. 1994.

SEDANO, P. Desde los materiales tradicionales a los nuevos materiales y métodos de restauración de obras de arte. *ARBOR*, p.557-590, jul.-ago. 2001.

SOMEILLAN, M.; GÓMEZ, A.; GONZÁLEZ, G. *Aspectos teóricos y conceptuales útiles para el diseño e implementación de una política de conservación preventiva*. ACIMED, 2006. Disponível em:<http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol14_6_06/aci07606.htm>.

STAIB, F. Deteriorating material as a possible source of fungi pathogenic to man: aspergillus fumigatus as an example. In: INTERNATIONAL BIODETERIORATION SYMPOSIUM, 4., Berlin, 1980. *Proceeding..* Edited by OXLEY, T. A.; ALLSOPP, D., BECKER, G. London: The Biodeterioration Society, 1980. p.341-343.

STAINER, R.; DOUDOROFF, M; ADELBERG, E. *Microbiología*. 2.ed. Madrid: Aguilar, 1977.

STARLING, K. The freeze-drying of leathers pretreated with glycerol. In: ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, 7. , Copenhagen, Denmark, 1984. [*Proceedings...*] Paris: International Council of Museums, 1984. p. 16-18.

STRANG, T. Controlling museum fungal problems. *CCI Technical Bulletin*, n. 12, p. 1-7, 1991.

_____. The effect of thermal methods on pest control museum collections. In: ARANYANAK, C.; SINGHASIRI, C. (Ed.). *Biodeterioration of Cultural Property*. Bangkok: Thailand, 1996(b). p.334-353.

_____. Reducción del riesgo producido por plagas en las colecciones de patrimonio cultural. *APOYO*, v.5, n. 2, p.3-4, 1994.

_____. A review of published temperatures for the control of pest insect in museums. *Collection Forum*, v. 8, n. 2, p.41-67, 1992.

_____. *Summary of effects of pesticides on objects*. [Ontario] : Canadian Conservation Institute, 1996. p.1-7.

STRZELCZYK, A.; ROZANSKI, J. The effects of disinfection with quaternary ammonium salt solution on paper. *Restaurator*, n.7, p.3-13, 1986.

TAGLE, A. La ciencia en el GCI. *Conservación: el boletín del GCI*, v.14, n. 1, p.4-8, 1999.

TALAVERA, I.; MOLINA, R. Algunas consideraciones sobre la permanencia y durabilidad de los papeles. *Técnica Gráfica*, n. 2, p.21-23, 1988.

THOMSON, G. *El museo y su entorno*. Madrid: Akal, 1998. p.1-221. Tradução de: The Museum Environment.

TOBY, R. An insect pest control procedure: the freezing process. *Conserve O Gram*, n. 3/6, p.1-4, jul. 1994.

TORRAMILANS, J. *Guía para una adecuada conservación en museos, archivos y bibliotecas: control de la polución ambiental*. Barcelona: Warwick Benbassart, 1998. p.3-45.

VAILLANT, M. La microbiología: una importante herramienta para el trabajo de los archivos. *Boletín del Archivo Nacional [de Cuba]*, n. 6, p.105-118, 1992.

_____. *Microbiología aplicada a la restauración de bienes muebles*. Bogotá: Universidad del Externato, 1999.

_____. A work aimed to protect the health of the documental heritage conservators. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSERVATION AND RESTORATION OF ARCHIVE AND LIBRARY MATERIALS, Erice, Italy, 1996. *Preprints of proceedings*. Erice [s.n.], 1996. p.137-142.

_____; CHÍ, L.; SÁNCHEZ, A. Sobre la contaminación microbiológica existente en los depósitos del Archivo Nacional. *Documentos*, n. 2, p.44-65, 1989.

_____; DOMÉNECH, T.; VALENTÍN, N. *Una mirada hacia la conservación preventiva del patrimonio cultural*. Valencia: Universidad Politécnica, 2003.

_____; ECHEVARRÍA, M. Enemigos de los archivos. *Revista ALA*, n.15, p.27-29, 1994.

_____; VALENTÍN, N. *Principios básicos de la conservación documental y causas de su deterioro*. Madrid: Instituto del Patrimonio Histórico Español, 1996.

_____; _____; GUERRERO, H. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de climas mediterráneo y tropical. *APOYO*, v.7, n.1, p.13-15, 1997.

VALENTÍN, N. Air ventilation for arresting microbial growth in archives. In: JOURNÉES INTERNATIONALES D'ETUDES DE L'ARSAG, 4., Paris, 2002. *Actes...* Paris: ARSAG, 2002. p. 139-150.

_____. Biodeterioro y su erradicación. *Retablos: bienes culturales*, n.2, p.175-186, 2003.

_____. Comparative analysis of insect control by nitrogen, argon and carbon dioxide in museum, archive and herbarium collections. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v.32, p.263-271, 1993.

_____. Contaminación microbiológica en museos, archivos y bibliotecas. *Revista Archivos, Bibliotecas y Museos*, v.77, n.2, p.717-726, 1974.

_____. Diseño y propuestas para el control y erradicación del biodeterioro. Microorganismos e insectos. In: JORNADAS MONOGRÁFICAS PREVENCIÓN DEL BIODETERIORO EN ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS. Madrid: Ministerio de Cultura, 2004. p.84-89.

_____. Insect infestation in museums collections: organics materials. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MOLECULAR BIOLOGY AND CULTURAL HERITAGE, Seville, Spain, 2003. *Proceeding..* Edited by Saiz-Jimenez. Seville: Balkema, 2003.

_____. Microbial contamination in museum collection of organic materials molecular biology and cultural heritage. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MOLECULAR BIOLOGY AND CULTURAL HERITAGE, Seville, Spain, 2003. *Proceeding..* Seville: Balkema, 2003. p. 225-230.

_____. Tratamientos no tóxicos de desinsectación con gases inertes. *APOYO*, v.5, n.2, p.5-6, 1994.

_____ et.al. Microbial control in museums, archives and libraries by air ventilation systems. *Restaurator*, n.19, p.85-107, 1997.

_____ et.al. Tratamientos con ventilación controlada para detener el crecimiento microbiano em materiales de archivo. *Archivamos*, n.39-40, p.40-44, 2001.

_____; LIDSTROM, M.; PREUSSER, F. Microbial control by low oxygen and low relative humidity environment. *Studies in Conservation*, n.35, p. 222-230, 1990.

VV.AA. *Biología de los roedores*. 2005. Disponível em: <<http://www.acpddd.com>>.

_____. *Control of Microorganisms: chemical agents*. 2008. Disponível em: <<http://vacadsci.org/jrs/lisp01micro8.pdf>>.

VILLALBA, L. et al. Actividades hidrolíticas y caracterización isoenzimática de poblaciones microbianas aisladas del patrimonio documental del Archivo General de Colombia. *Nova Publicación Científica*, v.2, n.2, p.50-58, 2004.

VILLEE, C. *Biología*. 6.ed. México, DF: Nueva Editorial Interamericana, 1974.

WATSON, J.; CRICK, F. A structure for desoxiribose nucleic acid. *Nature*, n.171, p.737-748, 1953.

WEINBERG, R. Moléculas de la vida. *Investigación y Ciencia*, v.111, p.12-22, sept. 1985.

WOOD, M. *Prevención y tratamiento del moho en colecciones de bibliotecas, con particular referencia a los que padecen climas tropicales: un estudio del RAMP*. Paris: UNESCO, 1988. Programa General de Información y UNISIST. (PGI-88/WS/9).

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-60069-54-5



9 788560 069545



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**

Fundação  Casa de Rui Barbosa

Ministério
da Cultura

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA