

Novas ferramentas para preservação

James M. Reilly
Douglas W. Nishimura
Edward Zinn

2ª edição



CONSERVAÇÃO PREVENTIVA
EM BIBLIOTECAS E ARQUIVOS

James M. Reilly
Douglas W. Nashimura
Edward Zinn

**Novas ferramentas para preservação:
avaliando os efeitos ambientais
a longo prazo sobre coleções
de bibliotecas e arquivos**

2ª edição

Rio de Janeiro
Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos
2001

Copyright © 1995 by Commission on Preservation and Access.

Título original publicado por *The Commission on Preservation and Access*
New Tools for Preservation - Accessing Long-term Environmental Efforts on Library and Archives Collection

Autores:

James M. Reilly,
Douglas W. Nishimura e
Edward Zinn

Projeto cooperativo interinstitucional Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos, em parceria com o CLIR - Council on Library and Information Resources (Conselho de Recursos em Biblioteconomia e Informação, que incorporou a antiga Commission on Preservation and Access).

Suporte Financeiro

The Andrew W. Mellon Foundation
Vitae, Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social

Apoio

Arquivo Nacional
Fundação Getulio Vargas

Coordenação

Ingrid Beck

Colaboração

Sérgio Conde de Albite Silva

Tradução

José Luiz Pedersoli Júnior

Revisão Técnica

Ozana Hannesch
Ana Virginia Pinheiro
Dely Bezerra de Miranda Santos

Revisão Final

Cássia Maria Mello da Silva
Lena Brasil

Projeto Gráfico

T'AI Comunicações

Coordenação Editorial

Ednéa Pinheiro da Silva
Anamaria da Costa Cruz

Impresso em papel alcalino

R362 Reilly, James M.

Novas ferramentas para preservação: avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos / James M. Reilly, Douglas W. Nishimura, Edward Zinn; [tradução de José Luiz Pedersoli Júnior; revisão técnica Ozana Hannesch, Ana Virginia Pinheiro, Dely Bezerra de Miranda Santos; revisão final Cássia Maria Mello da Silva, Lena Brasil]. – 2. ed. – Rio de Janeiro: Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos: Arquivo Nacional, 2001.

44 p. : il.; 30 cm. — (Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos; 19. Meio ambiente)

Inclui bibliografias.
ISBN 85-7009-052-8.

1. Bibliotecas – Climatização 2. Arquivos – Climatização I. Nishimura, Douglas W. II. Zinn, Edward. III. Título.

CDD 022.8



Sumário

Apresentação	5
Introdução	7
Preservação e o ambiente de armazenamento	8
Por que não estamos utilizando um melhor armazenamento para alcançar objetivos de preservação institucionais?	10
Uma nova abordagem para avaliação e controle ambiental	11
O índice de preservação — uma nova medida do ambiente de armazenamento	11
Índice de efeito-tempo para preservação: uma medida cumulativa ao longo do tempo	12
Como utilizar o IP/IETP	13
<i>Valores de IP</i>	13
Os princípios por trás do IETP	15
A análise do IP/IETP como uma ferramenta de gerenciamento na preservação	17
Um exemplo do IETP na prática	18
Percepções úteis a partir do IETP	20
O monitor de ambiente de preservação	23
Instruções para a aplicação do MAP	26
O MAP como ferramenta de apoio ao levantamento	26
Apêndice I	28
Formas de deterioração em coleções de materiais orgânicos	28
<i>Deterioração induzida por poluentes</i>	28
<i>Deterioração induzida por luz</i>	28
<i>Deterioração biológica</i>	28
<i>Deterioração física</i>	28
Apêndice II	30
Base técnica para o conceito do IP — conhecimentos básicos sobre mecanismos de deterioração e métodos de teste	30
O ensaio de Arrhenius: determinações das velocidades de reação a partir de estudos de envelhecimento acelerado	30
Energia de ativação: a influência da temperatura sobre a velocidade das reações	32
Tabela já publicada de energias de ativação	33
‘Interceptação’: tempo de vida previsto à temperatura ambiente	35
Podemos confiar no envelhecimento acelerado?	35

Apêndice III	36
Base técnica para o conceito do IP: origens específicas do modelo do índice de preservação	36
<i>Energia de ativação/dependência da temperatura</i>	36
<i>Valores de tempo escolhidos para o modelo do IP</i>	37
<i>Os efeitos da UR no modelo do IP</i>	37
<i>Dados de filme de acetato do IPI utilizados para definir o conjunto de dados do IP</i>	37
Como o modelo do IP se compara a outros modelos publicados	38
Apêndice IV	40
Equilíbrio com a temperatura e UR na análise do IETP	40
<i>A compensação das diferenças nas taxas de equilíbrio de temperatura e UR</i>	40
<i>O intervalo de tempo para o equilíbrio com a temperatura</i>	41
<i>O intervalo de tempo para o equilíbrio com a UR</i>	42
Referências	43



Apresentação

O Projeto *Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos - CPBA* é uma experiência de cooperação entre instituições brasileiras e a organização norte-americana *Commission on Preservation and Access*, atualmente incorporada ao *CLIR - Council on Library and Information Resources* (Conselho de Recursos em Biblioteconomia e Informação).

Em 1997, o Projeto traduziu e publicou 52 textos sobre o planejamento e o gerenciamento de programas de conservação preventiva, onde se insere o controle das condições ambientais, a prevenção contra riscos e o salvamento de coleções em situações de emergência, a armazenagem e conservação de livros e documentos, de filmes, fotografias e meios magnéticos; e a reformatação envolvendo os recursos da reprodução eletrônica, da microfilmagem e da digitalização.

Reunidos em 23 cadernos temáticos, estes textos, somando quase mil páginas, foram impressos com uma tiragem de dois mil exemplares e doados a colaboradores, instituições de ensino e demais instituições cadastradas no banco de dados do Projeto.

Esta segunda edição revisada, com uma tiragem de mais dois mil exemplares, pretende, em continuidade, beneficiar, as instituições e os profissionais de ensino, e todas aquelas instituições inscritas no banco de dados depois de 1997 e que não chegaram a receber os textos.

O presente caderno, de número 19, introduz novos conceitos para o monitoramento ambiental, com o fim de facilitar o gerenciamento da preservação de coleções de bibliotecas e arquivos, revelando os efeitos, a longo prazo, dos ambientes de armazenamento na deterioração dos acervos. Por meio de uma tabela de fácil leitura, chega-se a medidas combinadas de temperatura e umidade relativa do ar, chamadas de Índice de Preservação -IP. Este trabalho complementa o estudo apresentado no caderno de número 18, *Isopermas*, de Donald A. Sebera. A partir de um índice denominado de Índice de Efeito-Tempo para Preservação (IETP), permite medir a qualidade de preservação de ambientes dinâmicos, oferecendo a possibilidade de se obter projeções e estimativas de preservação, de grande auxílio no diálogo interdisciplinar com os responsáveis pelos acervos.

Este texto, assim como todo o conjunto de publicações do Projeto CPBA, encontra-se disponível em forma eletrônica na página do Projeto, www.cpba.net.

Além das publicações distribuídas em 1997, o Projeto CPBA ainda formou multiplicadores, por meio de seminários organizados nas cinco regiões brasileiras, com o apoio de instituições cooperativas. Os multiplicadores organizaram novos eventos, estimulando a prática da conservação preventiva nas instituições. Os inúmeros desdobramentos ocorridos a partir dos colaboradores em todo o país fizeram o Projeto merecedor, em 1998, do Prêmio Rodrigo Melo Franco de Andrade.

Entre 1997 e 2001, o Projeto CPBA continuou promovendo seminários e cursos, envolvendo as instituições cooperativas. Em muitas ocasiões enviou professores e

especialistas aos eventos organizados pelos multiplicadores. No início de 2001 o Projeto já contabilizava mais de 120 eventos realizados em todo o país, somando mais de 4.000 pessoas envolvidas.

As instituições que colaboram com o Projeto CPBA estão relacionadas na página www.cpba.net, onde também poderá ser acessado o seu banco de dados, com mais de 2.600 instituições cadastradas. Esta página virtual pretende ser uma plataforma para o intercâmbio técnico e o desenvolvimento de ações cooperativas.

Desde o início o Projeto contou com recursos financeiros da *Andrew W. Mellon Foundation* e de VITAE, Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social. Em 1998 estes patrocinadores aprovaram um segundo aporte financeiro, com o objetivo de dar continuidade às ações empreendidas e de preparar esta segunda edição.

O Projeto agradece o generoso apoio recebido de seus patrocinadores e das instituições cooperativas, brasileiras e estrangeiras, reconhecendo que sem esta parceria nada teria acontecido. Deseja também agradecer aos autores e editores das publicações disponibilizadas, por terem cedido gratuitamente os direitos autorais. Agradecimentos especiais ao Arquivo Nacional, que hospedou o Projeto desde o seu início, assim como à Fundação Getulio Vargas, pela administração financeira dos recursos.

Considerando que a fase do Projeto apoiada pela Fundação Mellon se encerra em junho de 2001, o grupo cooperativo espera encontrar, em continuidade, colaboradores e parceiros no Brasil, para que o processo de difusão do conhecimento da preservação não seja interrompido.

Rio de Janeiro, junho de 2001.

Ingrid Beck
Coordenadora do Projeto CPBA



Introdução

Nesta publicação, o Imagem Permanence Institute (Instituto de Permanência da Imagem) introduz novos conceitos e um novo instrumento eletrônico para o monitoramento ambiental. O propósito é facilitar o gerenciamento da preservação de coleções de bibliotecas e arquivos, relevando os efeitos, a longo prazo, dos ambientes de armazenamento na deterioração de materiais orgânicos. O conhecimento dos efeitos ambientais é a base para um programa de melhorias em termos de custo-benefício.

Os novos métodos do IPI estão sendo desenvolvidos com o financiamento da *Division of Preservation and Access of the National Endowment for the Humanities* (Divisão de Preservação e Acesso do Fundo Nacional para as Humanidades). Estas idéias representam uma evolução adicional à filosofia incorporada em *Isopermas, uma ferramenta de gerenciamento ambiental*¹, de autoria de Donald Sebera. A abordagem é, de certa forma, semelhante a de *Isopermas*, mas difere em alguns pontos de vista importantes. Ela mede o efeito combinado da temperatura e da umidade relativa sobre a ‘qualidade de preservação’ de um ambiente de armazenamento, mas é uma *medida geral* — que se aplica a todos os materiais orgânicos e não somente ao papel. Talvez a diferença mais importante é que agora é possível medir a qualidade de preservação de *ambientes dinâmicos*, permitindo a caracterização de todo um período de condições variáveis em um único valor: o Índice de efeito-tempo para preservação (IETP). O IETP oferece uma nova percepção das tendências ambientais. Ele é uma tecnologia chave para análises de custo/benefício na preservação em bibliotecas e arquivos. A análise do IETP pode ser útil a gerentes de preservação de várias formas:

- a análise do IETP reduz uma grande quantidade de dados ambientais a um valor único e facilmente compreensível;
- o IETP quantifica a qualidade de preservação de um ambiente de armazenamento e pode ser utilizado para documentar o valor das melhorias ambientais para administradores, para comparar uma área de armazenagem com outra e confrontar a atuação institucional com a de outras bibliotecas e arquivos;
- gráficos de IETP que incluem medida de tempo podem evidenciar as épocas do ano ou as condições particulares mais danosas aos materiais de coleção;
- o IETP fornece um retorno imediato de resultados frente à melhorias ambientais relativamente modestas, como a redução de ajustes dos termostatos e o fechamento de persianas das janelas;
- utilizando dados de temperatura e de UR simulados, a análise do IETP pode estimar os efeitos de melhorias potenciais nas condições de armazenamento. O pessoal encarregado da preservação pode saber, antecipadamente, o quanto se poderá ganhar através de pequenas ou grandes melhorias e pode confrontá-las com seus respectivos custos.

O projeto do IPI, patrocinado pelo NEH, almeja desenvolver o conceito do IETP como uma ferramenta prática para uso diário. Especificamente, o IPI está desenvolvendo e testando o Monitor de ambiente de preservação (MAP), um dispositivo alimentado por bateria, que desempenha a função de um termohigrógrafo e de um registrador cronológico de dados (*datalogger*), além de exibir o IETP em tempo real. O MAP fará medidas mais precisas de temperatura e de UR do que os equipamentos

existentes e facilitará consideravelmente às instituições conhecerem a qualidade (em termos de deterioração lenta das coleções) de seu ambiente de armazenamento. Munidas com a informação do IETP, as instituições descobrirão que, em muitos casos, melhorias significativas na vida útil de suas coleções podem ser alcançadas através de alterações ambientais relativamente modestas nos locais de armazenamento e nos pontos de ajuste dos sistemas de climatização.

Nas seções seguintes, o IPI introduz o conceito do IETP e oferece alguns exemplos de sua utilização. Planos para o monitor de ambiente de preservação são também descritos. A comissão e os autores agradecem seus comentários e sugestões.

Preservação e o ambiente de armazenamento

Um dos principais desafios no campo da preservação é estender a vida útil dos materiais do acervo. Dada a realidade atual da demanda crescente por acesso às coleções — mesmo quando o financiamento é inalterado ou, por sua vez, reduzido — o problema consiste em fazer mais preservação com a mesma quantidade, ou uma quantidade inferior, de recursos financeiros. Com frequência, não é suficiente apenas a simples compreensão de como melhorar a guarda das coleções; os benefícios das ações de preservação devem agora ser comunicados aos administradores e, de alguma forma devem ser quantificados, para se poder reivindicar contra recursos institucionais escassos. Esta tem sido uma causa de grande dificuldade para gerentes de preservação, porque grande parte de seu trabalho é, em essência, mais preventivo que remediador. Assim sendo, ele é intangível e difícil de se quantificar em moeda corrente ou anos de vida prolongada^{2,3}.

Tanto a teoria quanto a experiência concordam que a temperatura e a UR são os fatores primários que controlam a deterioração química, os danos mecânicos e a biodeterioração, assim como outras formas de degradação. Qualquer tratado sobre preservação e conservação aconselha que condições de refrigeração e (dentro de certos limites) condições mais secas são melhores para as coleções. Ainda, os maiores problemas de preservação hoje ocupam tanto de nossos esforços — livro com papéis quebradiços⁴, filmes de base de nitrato e de acetato em degradação^{5,6}, esmaecimento de cor dos corantes, deterioração de fitas de áudio e de vídeo⁷ — decorrem de alterações químicas que são profundamente influenciadas pela temperatura e UR de armazenamento. De fato, todos os materiais orgânicos presentes nas coleções — exemplares de história natural, encadernações em couro, cestas de fibras vegetais, têxteis e assim sucessivamente — deterioram devido a reações químicas que se desenvolvem rápida ou lentamente, de acordo com a temperatura e a UR de armazenamento^{8,9}. (Para maiores informações sobre as outras formas de deterioração que afetam coleções, consulte o **Apêndice I**).



A deterioração química

A deterioração química inerente em materiais orgânicos é uma ameaça constante, porque é o próprio material que sofre as reações de degradação/envelhecimento — nem a ocorrência de poluentes externos nem a exposição à luz são necessárias. Nós podemos proteger coleções dos poluentes e mantê-las no escuro, mas algum nível de energia térmica e umidade estão sempre presentes e estes são os fatores ambientais que controlam a taxa de deterioração química. Exemplos de deterioração química são a alteração da cor, a fragilização do papel e o esmaecimento de corantes em fotografias coloridas. O papel se torna quebradiço através de um longo processo de alterações químicas em nível molecular (especificamente, através da ruptura das cadeias nas moléculas de celulose). O índice de ataques sobre as ligações químicas das moléculas de celulose varia com o tempo, dependendo da temperatura e do teor de umidade do papel. Se um número suficiente de ligações for rompido, o papel se tornará quebradiço. Apesar do sintoma final de deterioração (a fragilização) ser uma propriedade física, a causa subjacente é um processo químico e sua velocidade é controlada pela temperatura e UR do ambiente de armazenamento. Temperaturas elevadas fazem com que as moléculas se movam mais velozmente, colidindo e reagindo mais rapidamente entre si. Com umidade mais elevada, mais água se encontra disponível para as reações de hidrólise. Assim, a fragilização do papel, o esmaecimento de corantes, o apodrecimento do couro, a síndrome de “sticky shed” em fitas magnéticas (processo de deterioração da camada magnética provocado pela oxidação das partículas, que constituem a suspensão aderida ao suporte plástico), a perda de resistência dos têxteis e uma série de outras formas importantes de degradação nos materiais orgânicos são consideradas manifestações de processos de deterioração química subjacentes.

Durante os últimos vinte anos — e especialmente nos últimos cinco — um volume significativo de trabalho em laboratório tem sido realizado visando estabelecer modelos previsíveis de deterioração de materiais importantes tais como: papel^{10,11,12}, fita magnética^{7,13,14} e filme fotográfico^{5,6,15,16}. Destes modelos, talvez o mais conhecido seja o da abordagem das ‘isopermas’ de Donald Sebera (Biblioteca do Congresso EUA)^{1,17}, têm mostrado com precisão por quanto tempo, mesmos os materiais inerentemente instáveis, podem durar sob as condições de armazenamento apropriadas. Eles também mostram o contrário — que o ambiente inadequado pode condenar coleções a tempos de vida consideravelmente curtos.

Apesar da importância da evidência e da opinião de que é necessário regular o ambiente de armazenamento, há ainda algum caminho a ser percorrido antes que a prática diária do gerenciamento da preservação faça uso pleno de princípios científicos na normatização das condições de armazenamento de bibliotecas e arquivos. A necessidade do controle da UR para evitar danos mecânicos ou o crescimento de fungos é bastante conhecido e esforços são feitos para se aplicar este conhecimento na prática. Contudo, a magnitude do efeito da temperatura e da UR sobre a velocidade das *formas de*

deterioração puramente químicas não é amplamente conhecida ou avaliada, nem é utilizada na prática cotidiana. Apesar da disponibilidade de tecnologia sofisticada para a mensuração de temperatura e de umidade, o campo da preservação ainda carece de meios práticos para medir e quantificar como a UR e a temperatura atuam conjuntamente para afetar o ‘tempo de vida química’, particularmente quando o ambiente sofre variações diárias ou mudança de estação.

Por que não estamos utilizando um melhor armazenamento para alcançar objetivos de preservação institucionais?

Há duas razões principais para o fato de não estarmos utilizando melhores condições de armazenamento para alcançar objetivos de preservação institucionais. Primeiro, o pessoal encarregado das coleções tem pouca informação de longo prazo sobre o ambiente de armazenamento, porque os meios disponíveis para coletar esta informação — termohigrógrafos e *dataloggers* (registradores cronológicos de dados) — são caros e de uso complicado. A tecnologia de monitoramento ambiental, freqüentemente, é de domínio de engenheiros de edificação, e não de funcionários de bibliotecas e arquivos. Segundo, e mais importante, a interpretação de dados de temperatura e de UR é complexa, sendo conhecida por poucos especialistas. A idéia que a maioria das pessoas faz de um bom ambiente de armazenamento é aquele que lhes parece confortável e não flutuantes de UR. Uma ‘análise’ deste tipo ignora completamente a questão de como o ambiente de armazenamento atua para acelerar ou reduzir a taxa de deterioração dos materiais da coleção. Para ser mais preciso, as pessoas não têm tempo para se especializarem nos mecanismos de degradação química e mecânica, nem deveriam fazê-lo. Os encarregados das coleções devem encontrar formas de elaboração de critérios básicos, embora sofisticados, sem se transformarem em especialistas. Não é necessário que alguém se torne um meteorologista para compreender a previsão do tempo. Os gerentes e funcionários de bibliotecas e arquivos necessitam de uma base para avaliar os efeitos ambientais a longo prazo, de forma a poder influenciar nas decisões tomadas pelos encarregados das instalações físicas e pelos administradores. A habilidade para quantificar o impacto de circunstâncias de armazenamento existentes ou planejadas, sobre o tempo de vida útil de coleções, é um elemento vital nas discussões sobre reforma das construções; instalações ou melhoramentos do sistema de climatização; falhas, ajustes e desligamento do sistema nos fins de semana.

A nova tecnologia de monitoramento ambiental do IPI facilitará grandemente a coleta de informação sobre ambientes de armazenamento e a avaliação imediata dos efeitos ambientais sobre os materiais da coleção. Os instrumentos atualmente disponíveis apresentam muitas dificuldades práticas¹⁸. Termohigrógrafos podem ser intimidantes. Eles exigem trabalho intensivo (as folhas de registro devem ser substituídas semanalmente ou então a cada trinta dias, e a recalibração é necessária a cada intervalo de alguns meses) e fornecem apenas uma foto instantânea das condições de armazenamento; a geração de dados a longo prazo implica em horas de reestruturação ou de digitação dos dados. Um *datalogger* eletrônico facilita a obtenção de dados a longo prazo, mas pode ser mais intimidante que um termohigrógrafo. *Dataloggers* são instrumentos complexos que, para serem utilizados, exigem um grau bastante elevado de conhecimentos técnicos sobre computadores. Eles não têm visores e, por isso, não oferecem qualquer resultado visual, exceto para aqueles que podem dominar o *software* que os acompanha. Nem os *dataloggers*, nem os termohigrógrafos são ferramentas que agradam aos bibliotecários e arquivistas que não contam com o tempo ou com motivação para aprender a utilizá-las, pelas razões já mencionadas.



Dados a longo prazo são necessários para a avaliação do perigo representado por todas as principais formas de deterioração influenciadas pela temperatura e pela UR. (Nós demonstraremos nesta publicação como as tendências ambientais a longo prazo determinam o tempo de vida química). Por outro lado, formas biológicas de deterioração e danos mecânicos devidos a variações de UR são popularmente creditados como fenômenos de prazo relativamente curto, que podem ocorrer sem qualquer aviso. Apesar de que, sob circunstâncias especiais, problemas mecânicos/estruturais e ataques biológicos possam ocorrer com rapidez, eles estão mais tipicamente relacionados a circunstâncias que se desenvolvem durante meses e anos^{19,20}. Por exemplo, muitos casos de dano mecânico grave ocorrem quando objetos mantidos, por longos períodos de tempo, sob uma elevada, porém equilibrada, UR são subitamente expostos a condições secas.

Uma nova abordagem para avaliação e controle ambiental

Embora a obtenção de dados de temperatura e de UR seja difícil, a sua *interpretação* é ainda mais desafiadora. É extremamente difícil ter uma visão global de quão rapidamente a deterioração está progredindo, à partir de uma tabela extensa de dados de UR e temperatura, ou de uma série de folhas de registro de termohigrógrafo. Seria mais fácil estimar as médias “dos índices” de Bolsa de Valores. A abordagem do IETP para avaliação ambiental representa um enfoque quantitativo inteiramente novo para o monitoramento, a análise e a regulação do ambiente de armazenamento de coleções. O propósito do IETP é simplificar a interpretação de dados de temperatura e umidade. A análise do IETP é relevante para a preservação de todos os materiais *orgânicos* — isto inclui a maioria dos objetos de bibliotecas, arquivos, coleções históricas, museus, coleções de história natural e coleções etnográficas e arqueológicas. (Ela não se aplica diretamente a materiais inorgânicos, tais como pedras ou metais, porque as formas de deterioração que os atinge, apesar de serem freqüentemente de natureza química, não apresenta uma dependência acentuada da temperatura). A nova abordagem se fundamenta em duas novas medidas:

- o índice de preservação (IP): para a avaliação o efeito de combinações especiais de condições estáveis de temperatura e UR sobre a taxa de deterioração química em coleções;
- o índice de efeito-tempo para preservação (IETP): para a avaliação do efeito cumulativo total, ao longo do tempo, de condições variáveis de temperatura e de UR sobre a taxa de deterioração química em coleções.

O índice de preservação – uma nova medida do ambiente de armazenamento

O índice de preservação expressa como a UR e a temperatura ambiente afetam a taxa de deterioração química das coleções. O IP é expresso em anos e fornece uma idéia geral de quanto tempo seria necessário para materiais orgânicos vulneráveis, tais como papéis de baixa qualidade, tornarem-se muito deteriorados, supondo que a temperatura e a UR não fossem variar à partir do momento da medição. O IP nos ajuda a quantificar quão boas e ruins são as condições ambientais, naquele momento, para a deterioração química da coleção. A definição de ‘anos de vida’ dos valores de IP foi escolhido deliberadamente para refletir o comportamento de materiais de vida relativamente curta. O IP *não* é produzido com a intenção de prever a vida de qualquer objeto em particular. Ele é simplesmente uma medida conveniente do efeito das condições ambientais existentes sobre a

expectativa global de vida da coleção, utilizando como referência materiais com expectativa de vida mais curta.

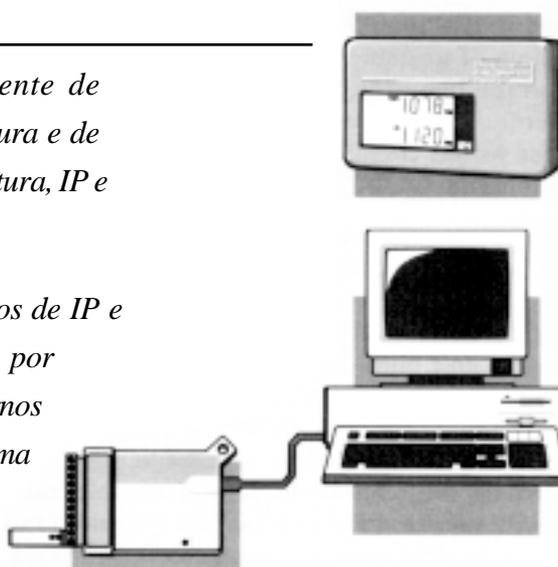
Índice de efeito-tempo para preservação – uma medida cumulativa ao longo do tempo

Quase todo ambiente de armazenamento é dinâmico, alterando-se em função do tempo [meteorológico], das estações ou de atos conscientes, praticados como medida de economia ou para aumentar o conforto humano. Já é difícil o suficiente saber o efeito de qualquer condição estável estabelecida sobre a taxa de deterioração de uma coleção; o efeito total de condições *variáveis* ao longo do tempo tem sido impossível de se obter até agora. O IETP possibilita medir os efeitos provocados não apenas por um conjunto de condições, *mas por condições variáveis, ao longo de todo um período de tempo, expressos em um único valor.*

Dois caminhos para análise do IETP

1. *Dispositivos (como o Monitor de ambiente de preservação do IPI), com sensores de temperatura e de UR e, então, calculam e mostram a UR, temperatura, IP e IETP em tempo real.*

2. *Análise computadorizada posterior, em termos de IP e IETP, das leituras de temperatura/UR obtidas por [dataloggers], termohigrógrafos e sensores internos instalados em paredes ou nas tubulações do sistema de climatização.*



O IETP é uma média das alterações de valores do IP com o passar do tempo. Se os valores do IP são obtidos a intervalos de tempo regulares, um cálculo recursivo relativamente simples (que é repetido continuamente com novos dados) pode produzir um único número, que expressa precisamente a taxa de deterioração média para o período de tempo investigado. Este número é o IETP. Ele representa a quantidade aproximada de tempo, em anos, que materiais orgânicos vulneráveis durariam se cada período de tempo no futuro apresentasse as mesmas características de quando o valor do IETP foi mensurado. Os valores de IETP podem representar o efeito cumulativo das condições de temperatura e UR durante uma semana, um mês ou vários anos. Como um resumo da qualidade de preservação de um ambiente de armazenamento, o IETP é, de longe, mais significativo do que qualquer outro tipo de dado isolado — ele é o que os gerentes das coleções realmente querem saber sobre suas áreas de armazenagem. Os **Apêndices** discutem em detalhe as origens específicas dos valores de IP, bem como uma série de aspectos técnicos referentes a este modelo generalizado, tais como considerações sobre as diferenças entre materiais, a confiabilidade do envelhecimento acelerado e outras formas de deterioração.



Como utilizar o IP/IETP

Valores de IP

O índice de preservação é uma maneira conveniente de medir e discutir o efeito que o ambiente de armazenamento tem sobre materiais problemáticos, tais como papel ácido, fotografias coloridas, fitas magnéticas e adesivos de encadernações. Subjacente ao conceito do IP, está a suposição de que a temperatura e a UR atuam conjuntamente para acelerar ou reduzir a deterioração química de todos os materiais orgânicos aproximadamente a um mesmo grau. É óbvio que esta suposição não é estritamente verdadeira (há ainda a necessidade de investigar materiais específicos isoladamente), mas com o propósito de se fazer julgamentos sobre condições de armazenamento para coleções mistas, ela é próxima o suficiente. O modelo do IP também assume que os materiais de interesse especial para gerentes de preservação são aqueles que se tornam notavelmente deteriorados em menos de cinquenta anos sob condições ambientais internas médias. Isto reflete o tempo de vida aproximado de materiais instáveis (veja o **Apêndice III** para maiores detalhes). Apesar de ser baseado no comportamento de materiais de vida inerentemente curta, o IP é também útil, de maneira relativa, para materiais de vida inerentemente longa. Se o IP fosse duplicado, materiais de vida longa, como papel de trapo, iriam deteriorar quimicamente apenas com a metade da rapidez e provavelmente durariam duas vezes mais.

Valores de IP representam a quantidade aproximada de tempo que um material orgânico inerentemente instável, como o aglutinante da fita magnética ou um slide colorido, duraria sob qualquer combinação de temperatura e UR. O tempo de duração do material, neste sentido, é o tempo necessário para que este se torne visivelmente deteriorado, apesar de não necessariamente completamente inutilizável. Dizer que a condição de armazenamento de 14°C e 50% UR tem um IP de 95 anos significa que tal material teria uma expectativa de deterioração de aproximadamente 95 anos, se mantido constantemente a 14°C e 50% UR por *todo o tempo*. (O efeito das condições variáveis de armazenamento sobre a expectativa de vida de coleções é tratado pelo IETP). Sob condições extremamente frias e secas, os valores de IP são elevados; sob condições mais quentes e úmidas, os valores de IP são baixos.

Para se determinar o IP de uma dada combinação de temperatura e UR, deve-se simplesmente consultar a tabela de definição de IP. Um subconjunto selecionado da extensa tabela de definição de IP é mostrado na **Tabela I**. A tabela de definição de IP apresenta os valores de temperatura horizontalmente na parte superior e os valores de umidade relativa verticalmente na lateral. No corpo principal da tabela encontram-se os valores de IP propriamente ditos, cada um deles ocupando a interseção de uma temperatura e UR específicos. A tabela completa é muito extensa, uma vez que o IP é definido para temperaturas que vão de -40°C a 66°C e UR's que vão de 5 a 95% (valores de umidades relativas inferiores a 5% e superiores a 95% deveriam ser considerados, para consulta, como iguais a 5 e 95%, respectivamente). A tabela de definição completa é constituída de 191 linhas e 91 colunas, contendo valores de IP para um total de 17.381 combinações distintas de temperatura e UR. Somente em raras circunstâncias alguém necessitaria consultar os extremos inferiores e superiores da tabela de definição de IP (apesar de que tais condições são ocasionalmente atingidas por breves períodos em algumas partes do mundo; e se os extremos não fossem representados na tabela de definição de IP, seria impossível calcular um IETP para esses ambientes de armazenamento). De fato, a tabela completa de definição de IP é necessária somente quando valores de IETP são calculados em um computador. Para se fazer uso, na prática, de valores de IP no planejamento de um novo ambiente

de armazenamento, a consulta ao subconjunto fornecido na **Tabela I** será provavelmente suficiente para a maioria dos propósitos.

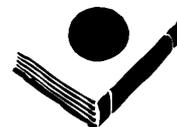
Por si só, a tabela de valores de IP é útil para ilustrar o tremendo impacto das condições frias e secas sobre a expectativa de ‘vida’ de materiais de coleção inerentemente instáveis. O exame da **Tabela I** também mostrará que uma série de combinações distintas de temperatura e UR fornecerão o mesmo valor de IP. Esta é uma das lições mais importantes do pensamento científico moderno sobre preservação a serem aprendidas. Valores equivalentes de permanência podem ser alcançados de formas distintas; algumas condições, contudo, podem custar menos que outras. O objetivo de se estender a vida útil a um custo mínimo é muito mais facilmente alcançável quando se pode negociar valores de temperatura e umidade em função de um proveito máximo.

A deterioração química é a ameaça mais grave às coleções de bibliotecas e arquivos e, por isso, o IP é uma boa indicação da ‘qualidade de preservação’ global de um ambiente de armazenamento. Obviamente, é ainda importante considerar todas as outras formas possíveis de deterioração relacionadas ao ambiente, como o desenvolvimento de fungos e a poluição. *O IP objetiva complementar, e não substituir, a consideração destes outros aspectos ambientais de importância.* É sempre necessário aos gerentes de preservação compreender a natureza dos materiais de suas coleções, avaliar a gravidade da ameaça apresentada por todas as formas possíveis de deterioração e coletar dados sobre as condições atuais de armazenamento, de forma que medidas apropriadas possam ser tomadas para estender a vida útil da coleção.

Tabela I. Tabela de definição de valores de IP mostrando o tempo de vida previsto, em anos, de materiais orgânicos de vida curta sob várias combinações de condições de temperatura e UR. Subconjunto selecionado da tabela completa de definição

		Temperatura °C												
		0	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33
%UR	5	2634	1731	1147	767	516	350	240	165	114	80	56	40	28
	10	2234	1473	979	656	443	302	207	143	99	70	49	35	25
	15	1897	1255	837	562	381	260	179	124	86	61	43	30	22
	20	1613	1070	716	482	328	224	155	107	75	53	37	27	19
	25	1373	914	613	414	282	194	134	93	65	46	33	23	17
	30	1170	781	525	356	243	168	116	81	57	40	29	21	15
	35	998	668	451	307	210	145	101	71	50	35	25	18	13
	40	852	572	387	264	182	126	88	62	43	31	22	16	12
	45	729	491	333	228	157	109	76	54	38	27	19	14	10
	50	624	421	287	197	136	95	66	47	33	24	17	12	9
	55	535	362	247	170	118	82	58	41	29	21	15	11	8
	60	459	312	213	147	102	72	51	36	26	18	13	10	7
	65	394	269	184	128	89	62	44	31	22	16	12	9	6
	70	339	232	160	111	77	54	39	28	20	14	10	8	6
	75	292	200	138	96	67	48	34	24	17	13	9	7	5
80	251	173	120	84	59	42	30	21	15	11	8	6	4	
85	217	150	104	73	51	36	26	19	14	10	7	5	4	
90	187	130	90	63	45	32	23	16	12	9	6	5	3	
95	162	112	79	55	39	28	20	15	11	8	6	4	3	

VALORES DE IP, EM ANOS



Os princípios por trás do IETP

Se a temperatura e a UR para uma dada área de armazenamento fossem sempre as mesmas, o IP nos diria tudo que precisamos saber sobre a taxa de deterioração química das coleções lá armazenadas. Os ambientes de armazenamento reais, contudo, raramente são estáveis. Em sua maioria variam com as estações do ano, padrões climáticos, mudanças diurnas, ou devido a alterações e falhas de ajuste. Os padrões de variação podem ser regulares ou irregulares. Como pode toda esta mudança imprevisível ser colocada em uma única medida? É necessário uma maneira de calcular a média dos valores de IP durante uma semana, um mês, um ano, ou qualquer outro intervalo de tempo desejado, para poder avaliar praticamente um ambiente de armazenamento. (Note que a média global referente ao período de um ano fornecerá ao gerente da coleção informação bem mais significativa que aquela obtida com apenas uma semana de coleta de dados pelo fato da deterioração química ser um processo lento de longo prazo).

Contudo, há um problema em se calcular a média aritmética simples para os valores de IP. Dependendo de quanto variam as condições, uma semana durante o verão pode ter um impacto bastante distinto sobre a expectativa de vida global, comparando ao de uma semana no inverno (a deterioração progride mais rapidamente quando as condições são mais quentes e úmidas do que quando são frias e secas). Uma média aritmética simples, obtida pelo somatório dos valores de IP para cada intervalo de tempo, dividido pelo número de intervalos, seria incorreta. Para se ponderar corretamente cada período de tempo que compõe a média, deve-se levar em consideração que *o período de tempo sob más condições reduz a expectativa de vida da coleção em extensão muito maior que o tempo passado sob condições boas, uma vez que mais deterioração ocorre durante a semana de verão.*

Pode parecer óbvio, mas vale a pena dizer que a natureza da deterioração química é tal que a coleção tem apenas ‘uma vida para ser vivida’; em outras palavras, *a deterioração é irreversível.* A velocidade de desenvolvimento de um estado de deterioração pode ser por vezes mais lenta ou mais rápida, mas nunca retroagir. Se colocarmos uma coleção ‘nova em folha’ em um ambiente de armazenamento consideravelmente frio e seco, onde sua expectativa de vida (IP) é de dois mil anos, sua taxa de deterioração seria muito reduzida, mas a coleção continuaria a se degradar a alguma taxa finita. Quando a coleção é removida do ambiente refrigerado para um ambiente consideravelmente mais quente, sua taxa de deterioração aumentará e sua expectativa de vida será muito menor — apenas cinquenta anos, por exemplo. Qual seria a expectativa de vida da coleção se ela passasse seis meses de cada ano em ambiente resfriado e o mesmo período em ambiente mais quente?

Para responder a esta questão de expectativa de vida, Mark McCormeck-Goodhart, do Laboratório Analítico de Conservação do Instituto Smithsonian, demonstrou como computá-la corretamente (sua abordagem conceitual para calcular a média da expectativa de vida é também empregada para o IETP). Se nossa coleção passasse a metade de cada ano em ambiente refrigerado e a outra metade em ambiente mais quente, média aritmética $[(2 \text{ mil anos} + 50 \text{ anos}) : 2]$ preveria uma expectativa de vida de 1.025 anos. Mas isto não pode estar correto. No ambiente mais quente, poderia levar apenas cinquenta anos para a coleção se deteriorar. Se ela passasse a metade de cada ano no ambiente mais quente, seus cinquenta anos de expectativa de vida transcorreriam após cem anos; sua ‘uma vida para ser vivida’ terminaria. A resposta correta é consideravelmente mais próxima a cem anos que 1.025 anos.

A abordagem de McCormick-Goodhart consiste em obter a média aritmética dos *recíprocos* da expectativa de vida e não dos valores de expectativa de vida propriamente ditos. Este método torna os cálculos um pouco mais complexos, mas nos fornece a resposta correta. O recíproco de um número é simplesmente 1 dividido pelo número. Em nosso exemplo, nós primeiro tomaríamos o recíproco de 2 mil anos (1/2.000 ou 0,0005) e o recíproco de 50 anos (1/50 ou 0,02) e em seguida calcularíamos normalmente a média destes valores. Assim, nós somamos 0,0005 + 0,02 para obter 0,0205 e depois dividimos por 2 para obter 0,01025.

Esta resposta também não parece correta, mas isto porque ainda há um último passo. Utilizando-se os recíprocos para se obter a média, o que se fez efetivamente foi calcular conjuntamente a média das porções fracionais do “único” tempo de vida da coleção. A resposta – 0,01025 – representa a fração deste tempo de vida, que seria consumido durante cada ano de armazenagem *combinada* nas condições de seis meses sob refrigeração e seis meses sob condições mais quentes. Se nós quisermos saber qual seria a expectativa de vida *global* da coleção com este tipo de padrão de armazenamento, o último passo deve ser a obtenção do recíproco de 0,01025, que é igual a 1/0,01025 ou 97,6 anos. Note que esta resposta, verdadeira, é apenas ligeiramente inferior aos cem anos que a coleção teria sobrevivido se a deterioração ocorresse *apenas* sob as condições mais quentes. Ao mesmo tempo que praticamente toda a deterioração ocorre quando a coleção se encontra no ambiente mais quente, e que uma mínima deterioração ocorre, mesmo no ambiente refrigerado, ainda se tem suficiente deterioração ocorrendo neste último que reduz a 97,6 anos a expectativa de vida global que, de outro modo, seria de 100 anos.

Este exemplo trata de um caso simples, que analisa o efeito sobre a expectativa global de vida do tempo passado sob apenas duas condições de armazenamento distintas, mas que ilustra os princípios por trás do IETP. O problema de se obter as médias dos valores de IP ao longo do tempo é tratado da mesma forma, exceto que em vez de apenas dois intervalos, um número qualquer de intervalos de qualquer duração pode ser utilizado. Douglas Nishimura, da equipe de trabalho do IPI, elaborou uma fórmula relativamente simples para calcular recursivamente o IETP, isto é, após os dados para cada novo intervalo de tempo estarem disponíveis, a média é atualizada sem a necessidade de se armazenar e somar os dados de todos os intervalos anteriores. Se todos os intervalos têm a mesma duração, o IETP pode ser calculado da seguinte maneira:

$$\text{IETP}_n = \frac{n\text{IETP}_{n-1} \text{IP}_n}{\text{IP}_n(n-1) + \text{IETP}_{n-1}}$$

Onde:

n = número total de intervalos de tempo

IETP_{n-1} = IETP após o intervalo de tempo n-1

IP_n = IP medido em "n" de intervalo de tempo

O IETP é a única forma de avaliar o impacto global que as condições variáveis de temperatura e UR têm sobre o tempo de vida química dos materiais orgânicos das coleções. Na prática, os valores de IETP devem ser calculados em um computador. Para se obter o IETP de uma determinada área de armazenamento é necessário a obtenção de leituras de temperatura e de UR em intervalos de igual



duração, ao longo de um período de tempo. (Há uma fórmula mais complexa para o IETP, que aceita intervalos de tempo de duração distinta, mas é raramente necessária na prática). É então necessário ajustar as leituras de temperatura e de UR para compensar o fato de que os objetos das coleções não se equilibram imediatamente às alterações das condições ambientais internas. Isto é discutido em detalhe no **Apêndice IV**. Em seguida, os valores de IP para cada intervalo devem ser determinados à partir da tabela de definição de IP e aplicados na fórmula do IETP acima. Para o primeiro intervalo, o IP e o IETP são os mesmos. Para o segundo intervalo e os intervalos subsequentes, o cálculo é repetido, substituindo os valores apropriados do IP atualizado, do número de intervalos e do IETP associado ao intervalo imediatamente anterior. Este processo pode ser repetido tantas vezes quanto necessário, para a obtenção de um IETP, que é a média verdadeira para todo o período de tempo.

A análise do IP/IETP como uma ferramenta de gerenciamento de preservação

A capacidade de reduzir grandes quantidades de dados de temperatura/UR a uma representação gráfica simples (ou até mesmo a simplesmente um número, o IETP final) é um dos aspectos mais convincentes da análise do IP/IETP. Enquanto ferramenta de gerenciamento de preservação é muito conveniente lidar com uma tabela de valores de IETP semanais, mensais ou anuais, para assegurar que os ambientes de armazenagem das coleções estejam sob controle e operando como deveriam. A **Tabela II** mostra um exemplo deste tipo de ferramenta de gerenciamento. Ela lista os IETP's finais, após o período de um ano, para 17 áreas distintas de armazenamento, juntamente com valores de IP máximo/mínimo e sua variação em cada área..

Uma tabela resumida como esta é consideravelmente mais fácil de ser digerida e diz muito mais sobre a taxa de deterioração química do que gráficos ou tabelas com valores brutos de temperatura e UR. Um breve exame da coluna que mostra a variação dos valores de IP (a diferença entre o maior e o menor valor medido), é fácil ver quais áreas têm condições favoráveis e também as que não têm. Quando a variação de valores de IP medidos durante um período de tempo é grande significa que as condições (consideradas do ponto de vista da deterioração química) alteraram durante o referido período. Quando a variação é pequena significa que as condições são estáveis.

Na prática, tal tabela poderia ser produzida por computador acoplado ao sistema de climatização central e alimentado por sensores fixos de temperatura e umidade nas tubulações, nas paredes ou em algum outro local, que em seguida computa os valores de IP e de IETP e imprime uma tabela resumida para distribuição os gerentes de preservação e engenheiros da manutenção. Ela poderia também ser gerada simplesmente por uma visita local, semanal ou mensal, anotando-se os valores de IETP, mostrados por um número de MAP's, localizados nas diferentes partes de uma construção ou área de armazenamento. A tabela poderia ainda ser gerada em um computador no qual os dados armazenados por MAP's ou registros de *dataloggers* são carregados e impressos.

Tabela II. Amostra resumo de IETP's finais para um período de um ano em 17 áreas de armazenamento institucional (todo os valores em anos).

Localização	IETP	IP Max	IP Min	Varição de IP
Biblioteca de geologia – escritório do diretor	61	86	53	33
Bibl. de geol. – piso superior, área de armazenagem de mapas	38	95	26	68
Biblioteca principal – sala A	31	45	22	23
Biblioteca principal – sala B, área abandonada	30	39	21	18
Biblioteca de graduação – sala C	49	65	40	25
Biblioteca de graduação – sala D	51	78	39	39
Biblioteca de graduação - porão	57	73	46	27
Biblioteca principal - almoxarifado	32	35	27	8
Biblioteca principal - estantes	44	56	37	20
Biblioteca principal – porão, área A	46	49	43	6
Biblioteca principal - estantes	42	56	36	20
Biblioteca principal – estantes, nível 5	68	99	60	39
Biblioteca principal – porão, área B	62	74	57	17
Biblioteca principal – estantes, nível 5	63	77	56	22
Construção 2 – armazenamento auxiliar	51	77	37	40
Biblioteca de geologia - porão	49	64	36	29
Área de guarda de periódicos	34	46	28	18

Um exemplo do IETP na prática

O valor real da análise do IETP é aquele que pode fornecer percepções referentes aos ambientes de armazenamento, que são impossíveis de se obter de qualquer outra forma. Considere três áreas de armazenamento hipotéticas, que, por conveniência, denominaremos ‘sótão’, ‘armário’ e ‘porão’. As leituras de temperatura e de UR para estas três áreas durante um período de um ano são mostradas nas **Figuras 2, 3 e 4** (p. 21). Apesar de todos estes exemplos terem sido convenientemente iniciados em 1º de janeiro e terminados em 31 de dezembro, na prática não importa em que época do ano o monitoramento é iniciado ou interrompido; o que importa é ter dados de temperatura e UR por um período longo o suficiente para cobrir as principais variações cíclicas do espaço de armazenamento.

O sótão é frio e seco no inverno, quente e úmido no verão. O armário é o ambiente mais moderado durante todo o ano, com alguma umidade no verão. O porão é frio e úmido durante todo o ano, com a UR entre 65 e 70% no verão. Todos os três ambientes apresentam uma tendência sazonal de condições ruins durante o verão, mas em níveis variados. Em termos da taxa de deterioração química, qual destes ambientes é o melhor, e em que extensão? Será que os invernos frios do sótão compensam o verão muito quente? Será que as temperaturas frias do porão são compensadas por UR's elevadas? Valeria a pena transferir coleções de um destes espaços para outro? Ninguém pode responder simplesmente a partir das leituras de temperatura e de UR das **Figuras 2, 3 e 7**, mas a análise do IETP pode facilmente fornecer tais respostas.



A importância de variações sazonais

Os gerentes de preservação têm carecido tanto das ferramentas quanto da teoria para avaliar o impacto das condições de armazenamento sobre a taxa de deterioração química das coleções. Eles não têm tido nem dispositivos convenientes para a coleta de dados brutos nem um método como o IETP para interpretar tais dados. Como mostram os exemplos, um monitoramento da temperatura e da UR a longo prazo é necessário. Pode-se obter um valor de IETP para qualquer intervalo de tempo, mas um período de duas semanas ou de um mês não diz muito sobre um ambiente de armazenamento, que experimenta variações de estação. Devido ao fato de que a maioria das variações são sazonais, pelo menos uma ‘passada’ completa pelo ciclo das estações é necessária para se caracterizar adequadamente o IETP. O prolongamento da coleta de dados por vários anos é ainda melhor, pois revelará diferenças anuais. Como fragmentos de um mosaico, cada um dos dados referentes à temperatura e à UR constitui apenas uma pequena parte de uma figura maior, cujo significado se torna aparente apenas quando todas as peças são observadas a uma certa distância.

A **Figura 5** é um gráfico do comportamento dos valores de IP e de IETP para o sótão. Considere inicialmente a maneira como valores de IP variam com o passar do ano. (Lembre que o IP representa a qualidade de preservação ‘instantânea’ para um dado momento, com base nos valores de temperatura e UR existentes naquele instante). Em janeiro e fevereiro o sótão é frio e seco, de modo que os valores de IP se elevam, por vezes atingindo quatrocentos anos durante os dias mais frios. Quando chega o verão, os valores de IP caem, atingindo níveis tão baixos quanto sete anos, voltando novamente a se elevar apenas no outono. A curva do IETP na **Figura 5** mostra como os valores de IP para o sótão se comportam com o passar do tempo. Quando o cálculo do IETP é iniciado no ‘tempo zero’, a 1º de janeiro, o IP e o IETP seguem muito próximos um ao outro. Após algum tempo, a curva do IETP não mais segue exatamente as quedas e elevações bruscas dos valores de IP, porque, na medida em que o tempo passa, cada intervalo de tempo constitui uma porção cada vez menor da média cumulativa e, desta forma, tem menor capacidade de alterar o comportamento da curva do IETP para cima ou para baixo. Ao final de fevereiro, quando o IP sobe rapidamente, a quatrocentos anos, a curva do IETP se eleva apenas ligeiramente. Quanto mais o tempo passa, mais a curva do IETP se torna ‘moderada’, refletindo apenas as tendências a longo prazo e não as alterações a curto prazo.

Durante a primavera e o verão quente do sótão, a curva do IETP declina continuamente, atingindo seu ponto mais alto em setembro. Quando a curva do IP se eleva abruptamente durante as baixas temperaturas de novembro, a curva do IETP praticamente não se move. Ao final do ano, o valor final do IETP é de apenas 29 anos. Apesar das condições do inverno terem sido muito boas, as condições do verão foram terríveis. O sótão é um bom exemplo do princípio geral da análise do IETP, de que o tempo passado sob condições ruins ‘conta’ mais do que aquele passado sob boas condições. Parece (com desculpas a Shakespeare) que o “mal que más condições provocam, sobrevive a elas”.

Considere em seguida o gráfico de temperatura e de UR para o armário (**Figura 3**). As temperaturas se encontram em torno dos 16°C durante a maior parte do inverno, outono e primavera,

enquanto que as temperaturas do verão se encontram na faixa dos 21°C e, ocasionalmente, dos 27°C. Os valores de UR no armário são moderados durante o inverno e o outono, mas são mais elevados durante o verão, ocasionalmente atingindo 0%. Em termos do conforto humano, este ambiente seria considerado bastante razoável, muito melhor que as condições extremas no sótão. Se houvesse uma correlação próxima entre o conforto humano e a taxa de deterioração química, o armário seria o melhor dos três ambientes para o armazenamento das coleções. A curva do IETP na **Figura 6** mostra que o armário é melhor que o sótão, mas não muito. Apesar de os IP's do inverno serem bastante bons, as condições do verão contribuem para diminuir o IETP final do armário para 36 anos, cerca de 25% melhor que o do sótão.

As temperaturas no porão (**Figura 4**) permanecem inferiores às do armário por quase todo o ano, elevando-se ligeiramente durante o verão. Os valores de UR do porão estão próximos a 50% no inverno e outono e situam-se entre 60 e 70% durante o verão. O gráfico do comportamento do IP e do IETP para o porão (**Figura 7**) mostra que as condições do inverno e do outono são muito boas, com IP's entre cem e duzentos anos. No verão, o IP cai para cerca de 50 anos, de maio a setembro. Apesar de freqüentemente isto ter o efeito de reduzir o IETP, o outono proporciona uma ligeira elevação da curva do IETP e seu valor final para o ano é de 91 anos.

Assim os valores finais dos IETP's para os três ambientes são:

Sótão: 29 anos

Armário: 36 anos

Porão: 91 anos

Percepções úteis a partir do IETP

Neste exemplo, a expectativa de tempo de vida de materiais orgânicos armazenados no porão é cerca de *três vezes maior do que aquela para o sótão e cerca de duas vezes e meia maior do que aquela para o armário*. Um fator igual a três não é uma diferença trivial na 'qualidade de preservação'. Ele significa que livros levariam um tempo três vezes maior para tornarem-se quebradiços, que slides levariam um tempo três vezes maior para esmaecer e que fitas permaneceriam em condições de tocar por um tempo três vezes maior do que aquele, se tivessem sido armazenados no sótão. Somente a análise de IETP pode esclarecer tais diferenças entre ambientes de armazenamento variáveis. O IETP é uma propriedade fundamental dos ambientes de armazenamento, cujo conhecimento é criteriosamente importante para gerentes de preservação.

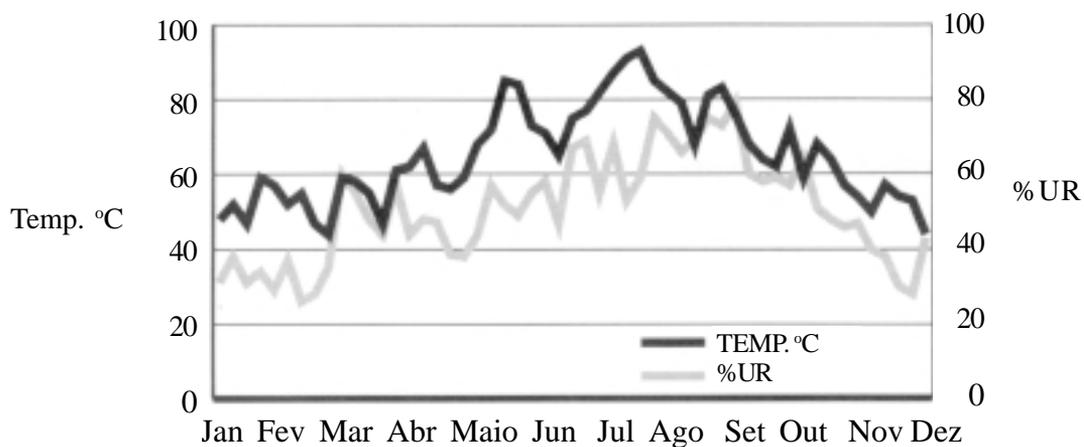


Figura 2. Temperatura e UR no sótão

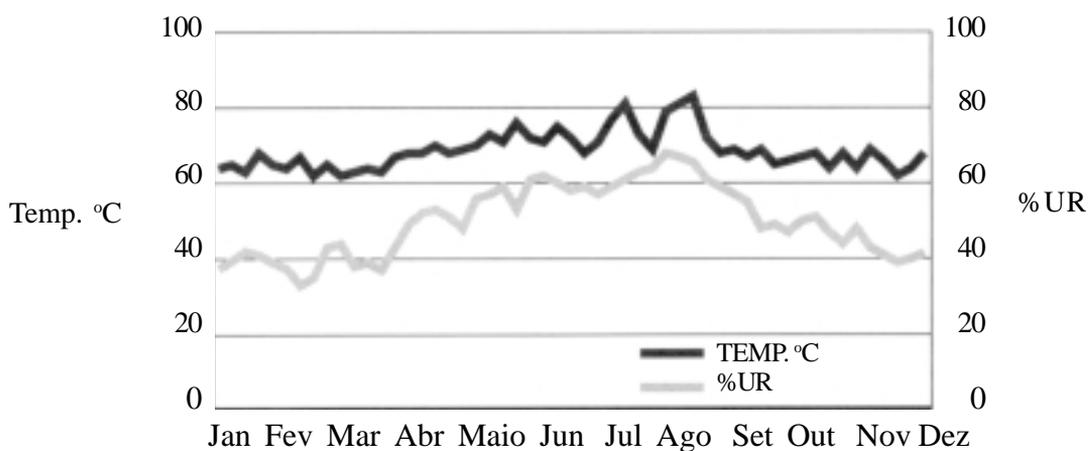


Figura 3. Temperatura e UR no armário

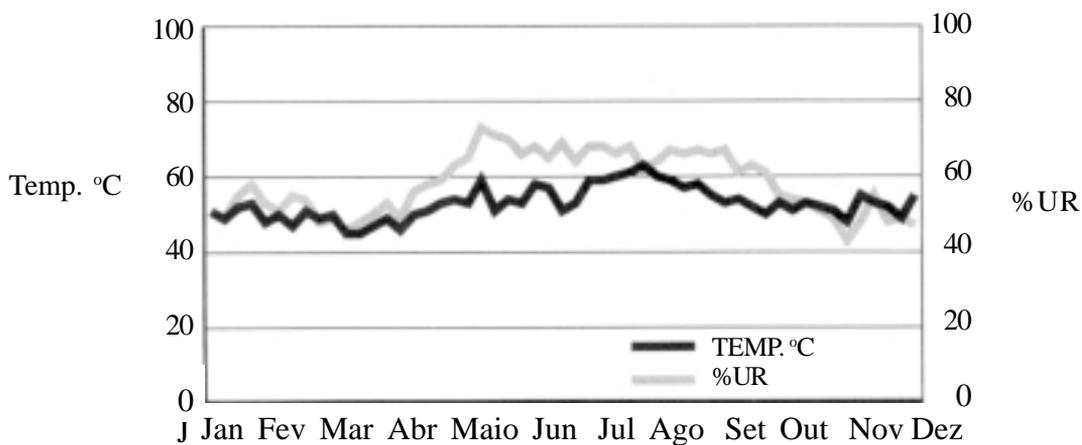


Figura 4. Temperatura e UR no porão

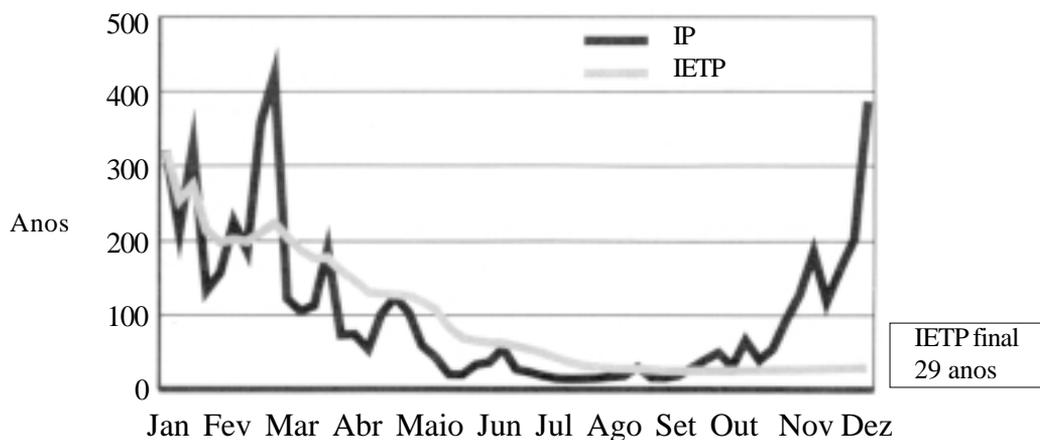


Figura 5. IP e IETP para o sótão

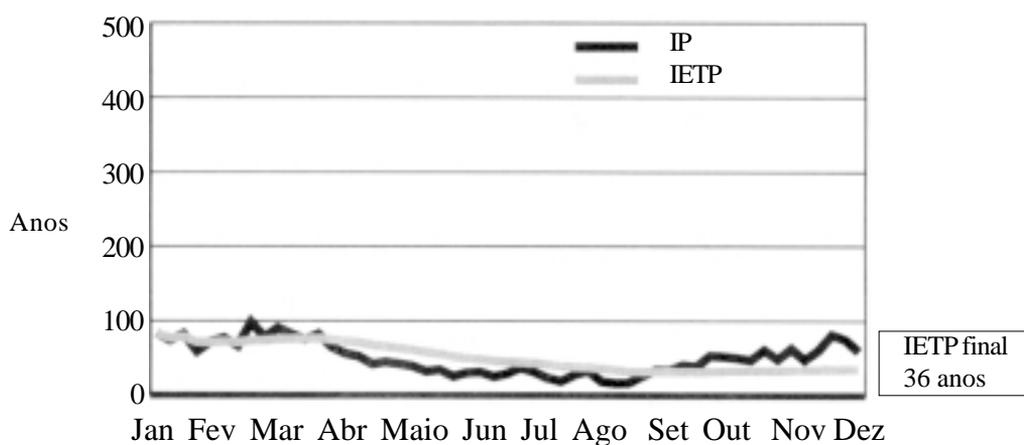


Figura 6. IP e IETP para o armário

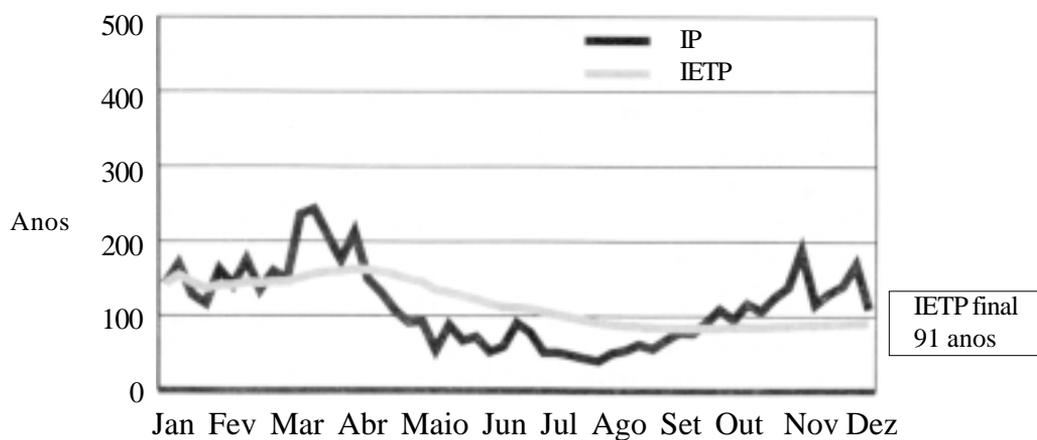


Figura 7. IP e IETP para o porão



A razão principal pela qual o porão é três vezes melhor, são suas temperaturas consistentemente frias. Note que ao denominarmos este frio ambiente hipotético de ‘porão’, nós não queremos dizer que o armazenamento em porões, em geral, é bom para coleções — frequentemente não o é, por uma série de outras razões, as quais não têm relação alguma com a deterioração química. A questão no exemplo é mostrar que um espaço frio, mas moderadamente úmido, desde que não haja crescimento de mofo, pode ser melhor para retardar a deterioração química do que um espaço mais quente, adequado ao ‘conforto humano’. O ambiente do porão, neste exemplo, poderia ser também denominado ‘castelo’, uma vez que ajuda a mostrar porque bibliotecas do norte europeu, situadas em construções de pedra mais frias — apesar das UR’s mais elevadas que o ideal — têm significativamente menos problemas com livros quebradiços que bibliotecas americanas superaquecidas.

O monitor de ambiente de preservação

Nós vimos que o IETP é algo útil para se saber sobre o ambiente de armazenamento de uma biblioteca ou arquivo. Como se pode medir o IETP na prática? Há duas abordagens principais. Uma consiste na alimentação de um computador com dados de temperatura e UR, seguida do cálculo do IETP. Gráficos de temperatura, UR, IP e IETP como aquele das **Figuras 2 a 7** podem ser obtidos desta forma. Nós utilizamos um programa de planilha eletrônica (Microsoft Excel) para realizar os cálculos e, em seguida, produzimos os gráficos no CorelDraw. A outra abordagem consiste na construção de um dispositivo que combina sensores de temperatura e UR com um microprocessador, permitindo que os valores de IETP sejam calculados e apresentados em tempo real. Em dezembro de 1994, o IPI recebeu um financiamento da *Division of Preservation and Access of the National Endowment for the Humanities* para desenvolver ambas as abordagens e testá-las em até 15 instituições distintas.

Ao longo de dois anos e meio, o IPI construirá e testará um instrumento alimentado a bateria, denominado monitor de ambiente de preservação (MAP), que combina três funções em uma: ele mede e mostra a temperatura e a UR, armazena os dados de temperatura e UR por até cinco anos a partir da medição, para alimentar um computador, e exibe os valores de IP e de IETP e tempo real. Aproximadamente 150 destes instrumentos serão produzidos e doados às instituições participantes durante o projeto. O IPI também desenvolverá um *software* para realizar a análise de IETP a partir dos dados de temperatura e de UR coletados por *dataloggers* convencionais. Ao final do projeto, será preparado um relatório contendo análise dos resultados dos experimentos de campo e a síntese sobre o que se aprendeu da avaliação ambiental utilizando o IP e o IETP. Toda a tecnologia desenvolvida no projeto será de domínio público.



Figura 8. Visão frontal, posterior e lateral do monitor de ambiente de preservação

Se os experimentos de campo forem bem sucedidos, o IPI continuará a fabricar e defender/ apoiar o MAP e o *software* para análise de IETP.

O MAP será projetado para uso como um monitor ambiental em bibliotecas, arquivos e museus. No momento da redação deste texto, se encontra praticamente concluída uma especificação detalhada de projeto para instrumento e será aberta em breve uma licitação para o projeto e a fabricação. Um esboço preliminar do instrumento é mostrado na **Figura 8**. A filosofia de *design* é a do menor custo possível coerente com sua função, simplicidade de operação, solidez e confiabilidade, e exatidão muito melhor que a normal nas medições de temperatura e de UR. Ainda não se sabe se todas as características desejáveis podem realmente ser implementadas a um custo razoável, mas, de qualquer forma, o processo de *design* é interessante por si só, uma vez que constitui uma oportunidade para se pensar a respeito de um instrumento ideal de monitoramento da preservação.

O *design* do MAP incorpora três níveis de funcionalidade. Estes níveis estão esquematicamente representados na **Figura 9**. No primeiro nível encontra-se um dispositivo de medição exata e precisa de temperatura e UR. Nos últimos anos, o custo de higrômetros eletrônicos tem diminuído na mesma medida em que sua precisão e confiabilidade têm aumentado. Enquanto que precisões de $\pm 2\%$ UR para o intervalo de 10 a 90% já são disponíveis nos melhores instrumentos produzidos, a leitura das especificações, impressas em minúsculas letras, revela que tal precisão se aplica apenas à temperatura ambiente, e que a precisão é consideravelmente inferior sob condições mais quentes ou mais frias. O *design* do MAP proporciona elevada precisão dentro de um intervalo bem mais amplo de temperaturas, porque ele poderá utilizar seu microprocessador e a capacidade de armazenamento de dados (de que necessita para o cálculo do IETP) para ajustar corretamente a saída do sensor de UR, frente às alterações na temperatura. O MAP será capaz de operar em depósitos com baixas temperaturas, bem como em ambientes com temperaturas próximas às das saunas.

O segundo nível de funcionalidade do MAP inclui a capacidade de calcular e exibir o IP e o IETP em tempo real. O MAP possui um mostrador de cristal líquido que exibirá a temperatura e a UR por trinta segundos e, em seguida, os valores de IETP e de IP por trinta segundos, alternando continuamente (veja a **Figura 10**). Para se calcular o IP e o IETP em tempo real, o MAP deve possuir um microprocessador e ter a tabela de definição de IP armazenada em memória não-volátil. O MAP atualizará a temperatura e a UR frequentemente e, a cada meia hora, atualizará o cálculo do IETP. Os usuários serão capazes de verificar os fatos mais importantes sobre seu ambiente de armazenamento com uma simples consulta.

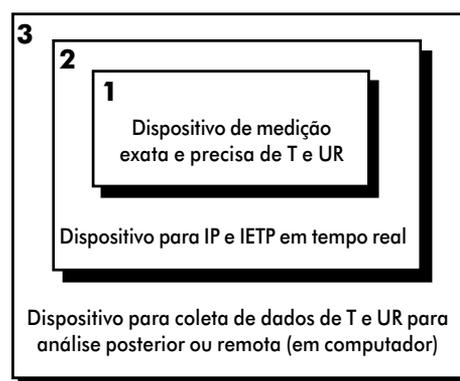


Figura 9. Níveis de funcionalidade no monitor de ambiente de preservação.

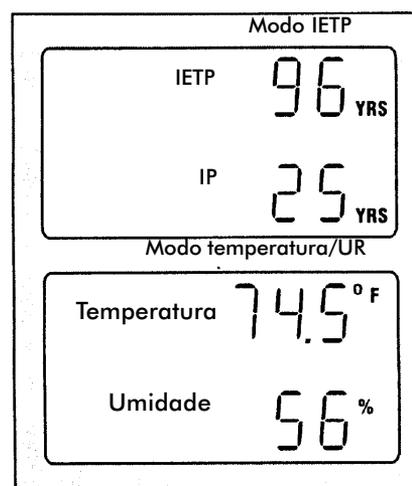


Figura 10. Modos de exibição [de valores] do MAP. Os modos se alternam a cada trinta segundos.



O terceiro nível de funcionalidade do MAP inclui a capacidade de atuar como um meio conveniente para a coleta de dados de temperatura e de UR durante longos períodos de tempo e de alimentar um computador com estes dados, a qualquer instante, para análise posteriores. Neste sentido, o MAP funcionará como muitos dos comercialmente disponíveis, mas com algumas diferenças importantes, que o tornam mais útil no contexto de bibliotecas e arquivos. O MAP armazenará os valores das leituras de temperatura e de UR, realizadas a cada meia hora, no decorrer de um ano inteiro. Além disto, ele armazenará por quatro anos, os dados tomados a intervalos de quatro horas. Assim, ele pode reter, no total, os valores de cinco anos de leitura — os dados do último ano a intervalos de meia hora e os dados dos quatro anos precedentes a intervalos de quatro horas. Os dados de meia hora serão médias de leituras mais freqüentes enquanto que aqueles de quatro horas serão as médias de oito leituras de meia hora previamente armazenadas.

Uma vantagem do MAP é o método de recuperação dos dados armazenados de temperatura e UR para análise posterior em um computador. Os *dataloggers* comercialmente disponíveis utilizam um cabo que os conectam à porta de um computador; isto significa que o *datalogger* deve ir até o computador ou que o computador deve ser trazido até o *datalogger*. O MAP utiliza uma abordagem distinta. Cada MAP é dotado de uma pequena abertura lateral para a inserção de um cartão de expansão para PC – ‘PC Card’. Este é um dispositivo com as dimensões de um cartão de crédito, que contém *chips* de memória não-volátil de computador. A memória não-volátil não perde os dados nela armazenados quando a força é desligada. Segundos após a inserção do cartão, o MAP carregará todos os dados nele armazenados para o cartão de expansão. Um cartão pode conter os dados de muitos monitores. O cartão de expansão pode ser lido por PC’s equipados com uma leitora específica para este tipo de cartão. A maioria dos computadores *notebook* e *laptop* já contam com capacidade para utilizar dispositivos como esses.

O MAP é projetado para superar as dificuldades que os termohigrógrafos e os *dataloggers* atualmente apresentam a bibliotecários e administradores que têm pouco tempo disponível. Para aqueles que querem apenas ‘a resposta’, o MAP pode ser adquirido e utilizado como um dispositivo de apresentação em tempo real da temperatura, UR, IP e IETP. É provável que tais usuários nunca necessitem ou desejem utilizar as características de *dataloggers* e, assim, não necessitariam de nada além do próprio MAP. Aqueles que estão interessados e são capazes de fazer sua própria análise de dados, podem comprar um cartão de expansão e importar os dados para uma planilha eletrônica, como as do Microsoft Excel. A conveniência de se carregar os dados em um cartão de expansão, de qualquer forma, tornará possível aos usuários enviar os cartões a um prestador de serviços, que devolverá uma análise especializada completa, com gráficos de temperatura, UR, IP e IETP. A análise do potencial para danos mecânicos ou ataque biológico pode também ser incluída. Grande parte desta tarefa poderia ser automatizada, necessitando apenas de uma breve inspeção, feita por um especialista, para verificar a ocorrência de condições incomuns ou perigosas. Desta forma, dados ambientais a longo prazo, juntamente com análises especializadas, poderiam ser fornecidos aos gerentes de coleções de forma conveniente e barata. O IPI pode vir a se interessar em proporcionar este tipo de serviço.

Instruções para a aplicação do MAP

Aplicações práticas para o MAP são, obviamente, de importância crítica nos experimentos de campo. Em seguida são apresentadas sugestões de aplicação geral, que o IPI fará às instituições participantes. O propósito dos experimentos de campo é desenvolver estas idéias em detalhe.

Uma utilização prática fundamental é a classificação de áreas de armazenamento alternativas. Os locais receberão vários monitores, de forma a poder monitorar simultaneamente salas distintas durante um período de seis meses ou (preferivelmente) um ano. Pela análise dos IP's e IETP's durante o teste, pode-se ter um perfil sazonal progressivo, verificando que áreas são melhores durante o verão, o inverno e durante o ano inteiro. Uma simples tabela dos IETP's anuais mostrará quais são os melhores ambientes de armazenamento, quais aqueles que necessitam de melhorias e quanta variação já entre os espaços existentes. Uma vez que tanto a temperatura quanto a UR influenciam a deterioração, não é sempre claro quais são os melhores espaços de armazenamento — especialmente porque a temperatura e a UR variam na maioria das circunstâncias reais de armazenamento — e isto dificulta a comparação. O MAP deve simplificar significativamente as dificuldades de se decidir quais áreas são as melhores e em que extensão.

Uma segunda aplicação consiste na exploração de diferenças *dentro* de uma mesma sala. Os usuários podem empregar um monitor, ou vários, para determinar a estratificação da temperatura do chão ao teto ou para comparar diferentes partes de uma sala. Tais diferenças podem ser descobertas dentro de um tempo relativamente curto. O IPI explicará como utilizar a função de reinicialização do MAP, quando do início da avaliação de uma nova localização.

Uma terceira aplicação consiste na exploração de microclimas no interior de armários, vitrines, estantes ou até mesmos caixas. Certos itens importantes ou sistemas de armazenamento especiais, como estantes deslizantes subsistem em seus próprios microclimas semifechados, que podem ser significativamente diferentes do ambiente da sala em que se encontram. Dois MAP's podem fornecer uma idéia das diferenças entre o microclima isolado e as condições ambientais internas.

Uma quarta aplicação é a utilização do MAP para se obter uma reação imediata às tentativas de pequeno ou grande porte para melhorar o ambiente de armazenamento da coleção. Talvez a coisa mais útil da abordagem do IP/IETP é que ela estimula melhorias no ambiente ao mostrar que até mesmo pequenas mudanças podem ter um efeito profundo sobre a preservação da coleção. Utilizando o MAP, os resultados de uma tentativa para se melhorar as condições de armazenamento, podem ser imediatamente verificados através de uma variação no IP. Este tipo de ação é especialmente importante para instituições de pequeno porte, apesar de ser também aplicável a instituições maiores. Nós estamos especialmente interessados neste aspecto dos experimentos de campo do MAP, e estimularemos todas as instituições participantes a utilizar em um ou dois MAP's como 'barômetros' para incremento de pequenas alterações.

O MAP como ferramenta de apoio ao levantamento

Uma das aplicações mais interessantes do MAP é a sua utilização nos levantamentos de avaliação ambiental. Frequentemente, o primeiro passo em direção à preservação e à conservação organizadas em uma biblioteca ou museu pequenos é um levantamento, realizado por um consultor privado, um centro regional ou por um museu ou arquivo vizinho, de grande porte. Um dos primeiros itens da empreitada é avaliar as condições de armazenamento e auxiliar a instituição a se conscientizar da



importância do ambiente de armazenamento. O MAP ajudará a tornar a conexão entre temperatura, UR e expectativa de vida da coleção mais realista para a equipe da instituição, uma vez que eles próprios poderão ver que o IP diminui quando a temperatura e a UR aumentam e vice-versa. Aqueles que estiverem realizando levantamento podem usar os valores de IP e de IETP como base para discussões com os funcionários e ajudá-los a comparar seu ambiente com o que é alcançado em outras instituições similares.

Apêndice I

Formas de deterioração em coleções de materiais orgânicos

Os gerentes de preservação devem se preocupar com muitas ameaças possíveis às suas coleções. Deixando de lado desastres naturais, roubo e manuseio inadequado permanecem as formas mais lentas e sutis de deterioração, que podem ser divididas em cinco tipos gerais: química, induzida por poluentes, induzida por luz, biológica e física. A deterioração química está descrita na página 5.

Deterioração induzida por poluentes

As formas induzidas por poluentes, como a perda de brilho da prata, têm uma forte dependência da UR e envolvem reações químicas, mas são consideradas uma categoria separada da deterioração química inerente, onde os poluentes são externos aos objetos e, assim, não estão presentes. Os poluentes podem afetar no armazenamento tanto materiais orgânicos quanto inorgânicos. Na prática, a deterioração induzida por poluentes é tratada com sistemas de purificação de ar e com a utilização de invólucros protetores. A tecnologia para se detectar e controlar poluentes é uma parte importante da preservação, mas o ataque dos poluentes é específico quanto ao tipo de material e bastante distinto da deterioração química induzida por calor e UR.

Deterioração induzida por luz

A deterioração induzida por luz afeta primariamente materiais orgânicos. A luz é uma forma de energia que rompe as ligações químicas, causando a degradação. O dano causado pela luz depende principalmente da natureza do objeto, da UR, do tipo de luz ou outra forma de energia radiante presente (por exemplo, [ultra-violeta], [infravermelho]), da intensidade e do tempo de exposição. A deterioração induzida por luz é controlada de várias maneiras, mas principalmente mantendo a intensidade de iluminação baixa e armazenando os objetos em áreas escuras.

Deterioração biológica

As formas biológicas de deterioração afetam primariamente materiais orgânicos e podem ser divididas em três categorias principais relacionadas a bactéria, a fungo e a inseto. A temperatura e a UR são fatores importantes para os três tipos de ataque, mas as formas segundo as quais as condições ambientais favorecem ou inibem tais tipos de deterioração são complexas. O crescimento de fungos requer uma elevada UR, mas também depende da temperatura. O desenvolvimento de bactérias é profundamente dependente da temperatura, mas é também afetado pela UR. Os danos causados por insetos dependem, em parte, tanto da temperatura quanto da UR. Em geral, as formas biológicas de deterioração dependem de uma interação complexa entre os orgânicos específicos envolvidos, a natureza dos objetos da coleção, as condições de temperatura e de UR e outros fatores como luz, ventilação e prática de manutenção das instalações. A previsão da ocorrência e da gravidade deste tipo de deterioração é freqüentemente difícil e medidas de controle devem ser adequadas às circunstâncias particulares de cada coleção.

Deterioração física

Problemas como a deformação de folhas de pergaminhos e de painéis de madeiras, as lascas de madeiras compensadas, a delaminação de gelatina de negativos em vidro e o encolhimento de tecidos são primariamente formas *físicas* ou mecânicas de deterioração. As coleções de objetos de madeira



expostos, pergaminho e assim por diante, são as mais sujeitas ao risco de deterioração física. As alterações do teor de umidade destes materiais causam sua expansão e contração. Quando tais variações dimensionais opostas são uniformes e livres de restrições, elas geralmente não causam dano. Por vezes, contudo, se as camadas que se expandem estão unidas às camadas que não experimentam expansão, ou se parte de um objeto possui um teor de umidade superior a outra, ocorrerão deformações, delaminações ou rachaduras. Tanto a expansão quanto a contração podem ser destrutivas e tais problemas podem ocorrer a qualquer tempo da vida de um objeto susceptível. A UR é o principal fator ambiental aqui considerado; contanto que o teor de umidade dos objetos permaneça praticamente constante, variações ou nível absoluto de temperatura têm relativamente pouco que ver com estes problemas. (Variações de temperatura, contudo, têm grande efeito sobre a deterioração química).

Variações rápidas e os extremos de UR são as causas ambientais primárias de deterioração física. Alguns materiais são notoriamente sensíveis a tais causas, enquanto outros não. Com poucas exceções, variações de UR dentro de uma faixa de aproximadamente 10% não são motivo de preocupação, mesmo para materiais suscetíveis. Para materiais laminados, o mais perigoso é, uma queda brusca de 40% ou mais na UR. Para coleções documentais (livro, papel, filme, fotografia, vídeo e registro sonoro), a deterioração química é uma ameaça consideravelmente maior que a deterioração física. Estes materiais não se encontram entre aqueles mais sensíveis às flutuações de UR e muito raramente as experimentam, uma vez que a variação brusca da UR é atenuada pelas embalagens e invólucros nos quais eles são comumente armazenados.

Apêndice II

Base técnica para o conceito do IP – conhecimentos básicos sobre mecanismos de deterioração e métodos de teste

O conceito do IP é um modelo geral de como o ambiente afeta a taxa de deterioração em materiais orgânicos. O ponto para o início da discussão da base técnica para o conceito do IP são os próprios processos de degradação. Praticamente todos os materiais orgânicos em arquivos experimentam as mesmas reações químicas básicas de deterioração. A reação mais comum, considerando-se que o ar na área de armazenamento seja razoavelmente isento de poluentes, é aquela em que a umidade degrada o material orgânico. A velocidade desta reação, em condições de umidade constante, é governada pela temperatura de forma previsível, segundo regras de cinética química bem estabelecidas. Contudo, esta reação, denominada *hidrólise* (do grego, *hidro* = água e *lysis* = quebrar ou separar), é tal que sua velocidade também depende da quantidade de umidade disponível. Em geral, o teor de umidade de um material orgânico depende da UR da área de armazenamento e, conseqüentemente, a taxa de degradação por hidrólise lhe é dependente.

Na ausência de umidade, a segunda reação mais rápida, *oxidação*, predominará. Em condições de ar limpo [livre de poluentes], esta reação envolve a combinação do material orgânico com o oxigênio do ar. Isto é efetivamente o que ocorre com o fogo, mas a oxidação lenta [desses materiais] ocorre a uma velocidade reduzida e de forma consideravelmente menos completa. A oxidação é, em geral, uma reação bem mais lenta que a hidrólise. Na ausência tanto de ar quanto de umidade, a degradação térmica (o rompimento espontâneo de ligações químicas, devido ao fato de que átomos e moléculas se encontram em movimento) é a reação predominante. Esta reação é muito mais lenta que a oxidação ou a hidrólise. Na realidade, todas estas reações ocorrem simultaneamente e competem entre si. Devido às grandes diferenças entre as velocidades relativas das reações, somente a reação predominante é normalmente considerada. Para todos os três tipos de reação, contudo, a taxa de deterioração sob condições fixas de umidade, freqüentemente obedece a leis bem estabelecidas com respeito à dependências da velocidade da reação frente à temperatura. É devido a este comportamento metódico que se pode utilizar os resultados de experimentos de envelhecimento acelerado, experimentos com elevadas temperaturas para prever a velocidade de reação em condições normais. Este tipo de teste de envelhecimento acelerado é conhecido como o ‘ensaio de Arrhenius’. Contudo, os efeitos da UR sobre a taxa de deterioração não obedecem a qualquer lei bem estabelecida, é necessário determiná-los empiricamente.

O ensaio de Arrhenius – determinações das velocidades de reação a partir de estudos de envelhecimento acelerado

Todos os dados publicados, que relacionam o ambiente à taxa de deterioração química são provenientes do que se chama de ‘Arrhenius’. Assim denominada em homenagem a um químico sueco do século XIX, esta abordagem utiliza o envelhecimento acelerado para determinar o quanto a temperatura afeta a velocidade de reação. Em tais testes, a UR é mantida constante e a temperatura é variável. Medindo-se quantos dias são necessários para que uma quantidade predeterminada de deterioração ocorra a várias temperaturas, é possível construir um gráfico de ‘tempo de deterioração’ versus temperatura. A **Figura 11** mostra um exemplo de um gráfico de Arrhenius, onde os pontos não se encontram marcados. Observe que há alguns ‘truques’ na maneira de se representar o tempo e a

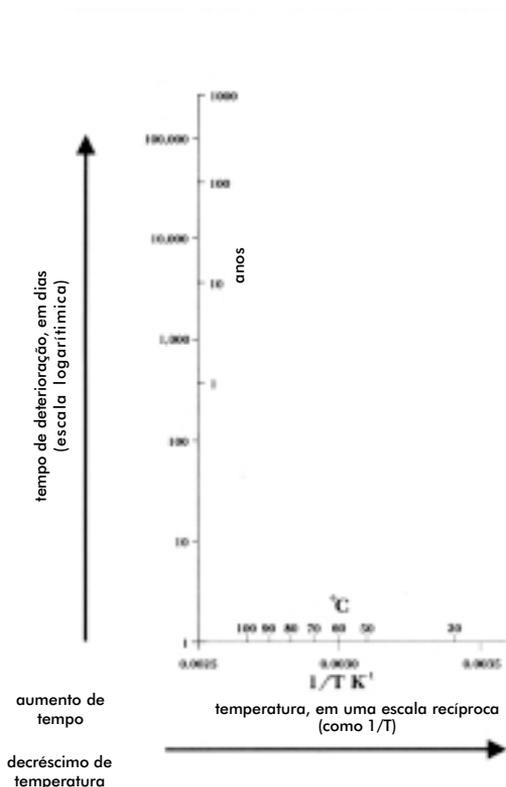


Figura 11. Exemplo do gráfico de Arrhenius, apenas os eixos.

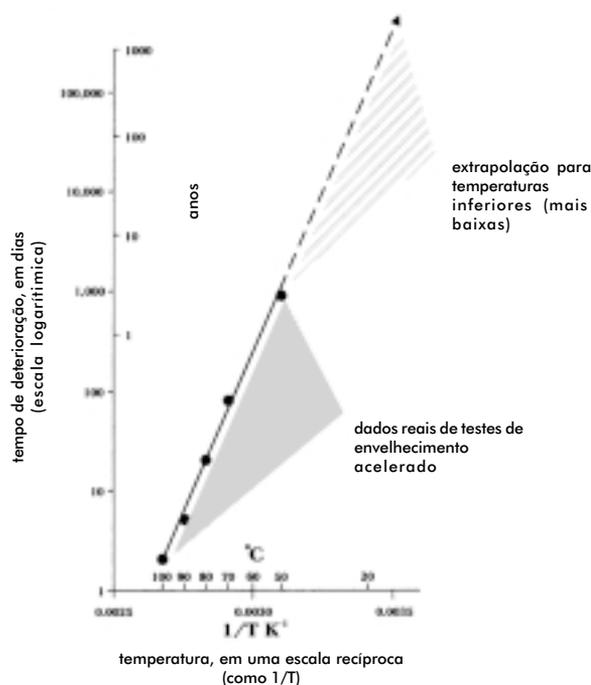


Figura 12. Exemplo do gráfico de Arrhenius com os dados.

temperatura. O tempo é representado em escala logarítmica; cada unidade no eixo do tempo aumenta em um fator de dez vezes: um dia, dez dias, cem dias etc. A temperatura é representada em escala recíproca, como $1/T$, de forma que as temperaturas mais elevadas se encontram mais próximas à origem do gráfico e as temperaturas inferiores se encontram mais distantes. A temperatura da cinética química diz que, se os dados de testes de envelhecimento acelerado formarem uma linha reta quando transferidos para o gráfico com os eixos estabelecidos no modelo, então estes dados mostram um comportamento ordenado que concorda com a teoria.

Somente um ponto pode ser marcado no gráfico para cada temperatura diferente utilizada nos experimentos de envelhecimento acelerado. No caso ideal, todos os pontos se encontram sobre uma linha reta. O benefício de tudo isto é que, pela simples extensão da referida linha em direção a temperaturas mais baixas (i.e., abaixo daquelas efetivamente utilizadas no envelhecimento acelerado), é possível prever quanto tempo levaria para a mesma quantidade de deterioração ocorrer a qualquer temperatura, desde a temperatura ambiente até aquela das condições de armazenamento refrigerado. A **Figura 12** mostra um exemplo do gráfico de Arrhenius com cinco pontos marcados. A linha sólida conectando estes pontos cobre a faixa de temperaturas efetivamente utilizadas nos experimentos. A extensão tracejada da linha representa o comportamento *extrapolado* (previsto) para temperaturas inferiores às usadas no teste.

A partir de um gráfico de Arrhenius é possível determinar um tempo previsto para a ocorrência da deterioração a qualquer temperatura. A **Figura 13** mostra um exemplo de um gráfico de Arrhenius

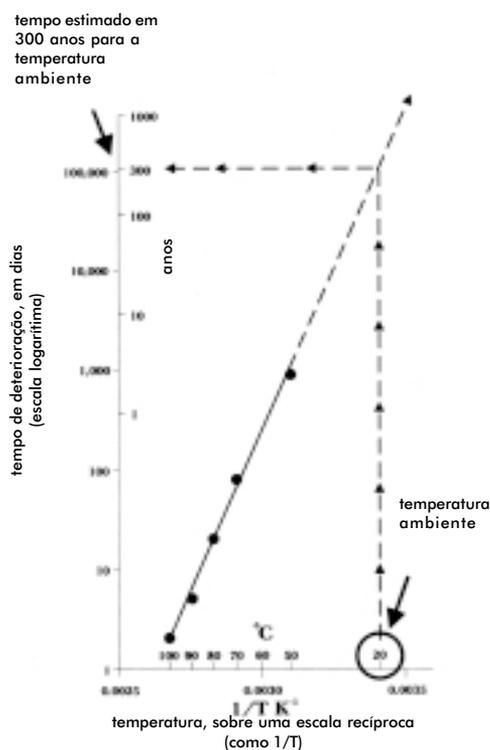


Figura 13. Exemplo do gráfico de Arrhenius mostrando o tempo previsto para deterioração à temperatura ambiente.

ilustrando como o tempo de vida estimado à temperatura ambiente (20°C) é obtido. Partindo do eixo de temperatura, localiza-se o ponto 20°C. Neste ponto, toma-se uma linha reta vertical que continua até interceptar a linha de Arrhenius. A partir da interseção das duas linhas, toma-se uma linha reta horizontal que segue em direção ao eixo do tempo, até interceptá-lo, indicando o tempo previsto de deterioração a 20°C. Neste exemplo, o tempo de deterioração é de trezentos anos.

Os gráficos de Arrhenius têm duas características significativas: a inclinação da linha reta e o ponto em que esta linha cruza a temperatura ambiente (comumente 20°C). Este ponto é denominado ‘intercepção da temperatura ambiente’. A *inclinação* refere-se ao quanto a linha é íngreme; ela expressa quanta influência tem a temperatura na determinação da taxa de deterioração. Uma inclinação pequena, pouco acentuada, da linha de Arrhenius significa que as reações de deterioração não são muito afetadas pela temperatura de armazenamento. Por outro lado, uma inclinação elevada, acentuada, significa que pequenas variações na temperatura de armazenamento significarão uma grande alteração na taxa de deterioração.

Energia de ativação: a influência da temperatura sobre a velocidade das reações

Para um físico-químico, a inclinação da linha do gráfico de Arrhenius representa a ‘energia de ativação’ das reações de deterioração. De certa forma, a energia de ativação (normalmente expressa em kilocalorias) é um tipo de ‘suprimento de energia’ que deve ser produzido se duas moléculas inicialmente estáveis vão reagir entre si. Fisicamente, ela é a energia necessária para enfraquecer as ligações químicas e deixá-las em uma condição tal que possam ser rompidas e recriadas pela reação com outro elemento químico. A energia térmica do ambiente circundante freqüentemente propicia o suprimento de energia necessário, de modo que praticamente todas as reações se desenvolvem mais rapidamente a temperaturas elevadas, apesar de as substâncias diferirem em termos da quantidade de energia necessária para ‘ativar’ as moléculas e causar as reações de deterioração.

A energia de ativação é, assim, uma medida direta que mostra a dependência da taxa de deterioração em função da temperatura. Materiais que se degradam com uma energia de ativação *elevada* terão uma expectativa de vida muito maior com pequenas *reduções* na temperatura. Contudo, pela mesma maneira, a deterioração será também bem mais rápida com pequenos *aumentos* na temperatura. Para estes materiais com elevada energia de ativação, condições ruins são muito ruins e condições boas são muito boas. De forma similar, materiais com uma energia de ativação da deterioração muito baixa necessitarão de grandes melhorias nas condições de armazenagem para produzir um aumento significativo em sua expectativa de vida. Contudo, eles também se deterioram mais lentamente quando



a temperatura se eleva. Este comportamento de ‘faca de dois gumes’ das energia de ativação pode ser comparado às taxas de juros. Taxas de juros elevadas são muito boas para uma conta de poupança, mas elas tornam o pagamento de um empréstimo bem mais custoso. Taxas de juros baixas são o oposto — boas para tomar empréstimos, mas exigem um tempo muito maior para se aumentar o capital em uma conta de poupança.

Tabela já publicada de energias de ativação

Uma vez que o conceito do IP inclui um modelo geral de efeitos de temperatura sobre a deterioração e incorpora uma energia de ativação de aproximadamente 22 kilocalorias, o modelo do IP deve ser consistente com dados publicados de energia de ativação — e ele é. A **Tabela III** mostra uma lista de energias de ativação, publicadas para alguns materiais orgânicos culturalmente importantes. Esta é uma lista parcial, mas representativa. O tipo de material, a forma de deterioração e a UR

Tabela III. Energias de ativação publicadas para a deterioração de materiais orgânicos culturalmente importantes

Tipo de material	Forma de deterioração	UR do teste	Energia de ativação, kcal	Fonte de dados (Ref. #)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	24	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	19	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	26	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	23	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	21	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	23	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	22	IPI Fuji (30)
Impressão fotográfica colorida	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	23	IPI Fuji (30)
Filme fotográfico colorido	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	28	Microfilme colorido IPI (31)
Filme fotográfico colorido	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	26	Microfilme colorido IPI (31)
Filme fotográfico colorido	30% de esmaecimento do corante, corante ciano	50%	26	Microfilme colorido IPI (31)
Plástico de acetato de celulose	‘Síndrome do vinagre’, 0,5 de acidez livre	20%	22	IPI SMPTE (5,6,32)
Plástico de acetato de celulose	‘Síndrome do vinagre’, 0,5 de acidez livre	50%	21	IPI SMPTE (5,6,32)
Plástico de acetato de celulose	‘Síndrome do vinagre’, 0,5 de acidez livre	60%	21	IPI SMPTE (5,6,32)
Plástico de acetato de celulose	‘Síndrome do vinagre’, 0,5 de acidez livre	80%	20	IPI SMPTE (5,6,32)
Plástico de nitrato de celulose	0,5 de acidez livre	50%	28	IPI Acetato 2 (33)
Plástico de nitrato de celulose	0,5 de acidez livre	50%	31	IPI Acetato 2 (33)

Gelatina fotográfica	Resistência a úmido, 50g	20%	26	IPI SMPTE (5,6,32)
Gelatina fotográfica	Resistência a úmido, 50g	50%	27	IPI SMPTE (5,6,32)
Gelatina fotográfica	Resistência a úmido, 50g	60%	30	IPI SMPTE (5,6,32)
Gelatina fotográfica	Resistência a úmido, 50g	80%	27	IPI SMPTE (5,6,32)
Fita de gravação magnética	Hidrólise de aglutinante, produtos extrativos	100%	14	Cuddihy (13)
Papel 100% de algodão encolagem de resina [breu]	Resistência à dobra, decréscimo de 50%	50%	33	Browning & Wink (12)
Papel 100% de algodão encolagem de aquapel	Resistência à dobra, decréscimo de 50%	50%	35	Browning & Wink (12)
Papel de polpa química de madeira branqueada	Resistência à dobra, decréscimo de 50%	50%	31	Browning & Wink (12)
Papel de polpa química de madeira branqueada	Resistência à dobra, decréscimo de 50%	50%	30	Browning & Wink (12)
Papel para impressão	Resistência à dobra	50%	27	Gray (10,11)
Papel para impressão	Resistência à dobra	50%	26	Gray (10,11)
Papel para impressão	Resistência à dobra	50%	23	Gray (10,11)
Papel para impressão	Resistência à dobra	50%	22	Gray (10,11)
Papel para impressão	Resistência à dobra	50%	20	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	31	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	25	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	27	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	21	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	21	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	27	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	33	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	29	Gray (10,11)
Papel para cópias	Resistência à dobra	50%	25	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	21	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	22	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	21	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	24	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	24	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	26	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	25	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	26	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	19	Gray (10,11)
Papel de fibras sintéticas	Resistência à dobra	50%	23	Gray (10,11)



utilizada no experimento são também apresentados. Das 52 energias de ativação experimentalmente determinadas, o valor médio é de 24 kcal. O maior valor é igual a 35 kcal e o menor 14 kcal. A **Tabela III** mostra que os materiais têm energias de ativação da deterioração variáveis, mas que um valor um pouco abaixo de vinte e cinco kcal é uma representação ‘intermediária’ razoável para o comportamento de dependência da temperatura dos materiais orgânicos em geral.

O ensaio de Arrhenius pode determinar a influência da temperatura sobre a deterioração, mas, para se incluir os efeitos da UR, devem ser realizadas várias séries de ensaios de Arrhenius a diferentes valores de umidade. Uma técnica bem sucedida consiste em realizar os ensaios de Arrhenius a valores de UR iguais a 20%, 50%, 60%, 80% e, em seguida, interpolar entre eles. Com uma pequena extrapolação para valores de UR ligeiramente superiores e inferiores (5% a 95%), esta técnica pode fornecer uma estimativa da taxa de deterioração em, praticamente, qualquer condição de armazenamento.

‘Interceptação’: tempo de vida previsto à temperatura ambiente

A outra característica significativa da linha de Arrhenius é sua *interceptação à temperatura ambiente*. Conforme anteriormente mencionado, esta se refere ao ponto do gráfico onde a linha reta extrapolada cruza com a temperatura ambiente. Uma vez que cada ponto sobre a linha possui uma coordenada de temperatura e uma coordenada correspondente de ‘tempo para uma quantidade predeterminada de deterioração’ a *interceptação com a temperatura ambiente* é importante, porque informa quanto tempo transcorrerá, nesta temperatura, antes que o nível predeterminado de deterioração ocorra. Na prática, isto é algo que os gerentes de preservação necessitam saber; a *interceptação da temperatura ambiente* é também uma referência conveniente para a comparação de materiais. O papel de trapo e o papel de polpa mecânica de madeira podem ter a mesma inclinação num gráfico de Arrhenius, mas o tempo de vida esperado, à temperatura ambiente, é provavelmente muito mais curto para o papel de polpa mecânica que para o papel de trapo.

Podemos confiar no envelhecimento acelerado?

Muitos materiais de importância cultural têm sido caracterizados por meio do ensaio de Arrhenius com o objetivo de compreender seu comportamento futuro sob condições moderadas ou em temperaturas mais frias. De fato, a abordagem de Arrhenius é o único tipo de envelhecimento acelerado que pode ser usado para prognosticar; é a única maneira de se estimar o comportamento futuro. As pessoas são céticas quanto às previsões derivadas de experimentos de envelhecimento acelerado. Tais experimentos são muito complexos de se realizar e sua interpretação frequentemente envolve uma série intimidante de advertências e qualificadores. Pode-se confiar neles? Em que eles se baseiam?

A melhor maneira de responder a estas questões é considerar que o ensaio de Arrhenius se baseia em um fundamento sólido da cinética química clássica, o estudo das velocidades das reações. Se os princípios da cinética (incluindo tudo aquilo que foi discutido acima sobre energia de ativação e temperatura) estiverem errados, então muitos dos produtos químicos do mundo moderno não poderiam ter sido produzidos. Os engenheiros químicos usam estes princípios diariamente para projetar maquinários e processos industriais, confiantes de que a cinética os auxiliará a compreender quais temperaturas, pressões e tempos eles necessitam para fazer com que as reações ocorram como desejado. Desconfiar categoricamente de todo o envelhecimento artificial significa ignorar a realidade de que a cinética química é um ramo ativo da ciência, que não se constitui somente de teoria, mas que também é comprovado na prática. Ninguém está sugerindo que os testes de envelhecimento acelerado são livres de erros, mas eles fornecem a melhor indicação do que acontecerá aos materiais com o passar do tempo.

Apêndice III

Base técnica para o conceito do IP – origens específicas do modelo do índice de preservação

O modelo geral do IP para a deterioração química dos materiais orgânicos relaciona a temperatura e a UR de armazenamento à taxa de deterioração. Assim, existem três escolhas a se fazer na criação do modelo do IP: energia de ativação (dependência da temperatura), valores de tempo e dependência da UR.

Energia de ativação/dependência da temperatura

Para que o IP seja um bom modelo *geral* dos efeitos da temperatura sobre a taxa de deterioração, ele deveria basear-se em um valor de energia de ativação localizados na ‘média ligeiramente inferior’ da série de valores apresentados na **Tabela III**. Isto asseguraria que a dependência da temperatura sobre a deterioração seria precisa e moderadamente caracterizada. Tal escolha ‘média’ representaria o comportamento de muitos materiais e minimizaria o erro que a escolha de um valor extremo, elevado ou baixo, introduziria. Ela limitaria falsas esperanças baseadas em melhorias ambientais inadequadas e também tenderia a reduzir a reação exagerada frente a pequenas alterações negativas no ambiente. Um valor de energia de ativação baixo para o modelo geral levaria o usuário a esperar mudanças consideravelmente limitadas nas expectativas de vida frente a alterações no ambiente de armazenamento. Um valor de energia de ativação muito elevado faria pequenas melhorias parecerem muito potentes, mas tenderia também a exagerar os riscos de condições deficientes, fazendo com que a preservação pareça inútil.

Assim, a escolha de um valor de energia de ativação na média mais baixa significa que, para a maioria dos materiais, quaisquer melhorias nas condições de armazenamento teriam, *pelo menos*, o benefício do aumento da expectativa de vida que o valor do IP indicará. Ao contrário, mudanças ambientais negativas para condições mais quentes e úmidas seriam, *pelo menos*, tão ruins quanto diz o IP, apesar de poderem ser ainda piores. Para se ter um modelo geral, somente um valor de energia de ativação pode ser selecionado e haverá, necessariamente, contrapartidas em exagerar ou atenuar o impacto relativo de condições boas e ruins, porque nem todos os materiais têm a mesma energia de ativação. A escolha do valor de energia de ativação é, em parte, resultado da avaliação do modelo de utilização das mensurações de IP na prática da preservação.

Gerentes de preservação que agirem com base nos valores do IP e do IETP estarão provavelmente melhorando o ambiente de armazenamento. Com uma energia de ativação ligeiramente inferior ao valor médio, pode-se confiar que os benefícios da realização de pequenas ou grandes melhorias nas condições de armazenamento não serão superestimados. A **Tabela III** mostra a energia de ativação que vai de 14 a 35 kcal. Um valor inferior aos vinte e poucos atenderia a este requisito. Alguns materiais (por exemplo, o filme de nitrato) podem se deteriorar até mais rapidamente, sob condições ruins, que o indicado pelo IP, mas, no balanço geral, é mais importante estar seguro dos benefícios de um bom ambiente, que sob os riscos de um ambiente ruim.



Valores de tempo escolhidos para o modelo do IP

Os valores de tempo do modelo do IP foram deliberadamente escolhidos para refletir a expectativa de vida de materiais de tempo de vida curto, como o filme de acetato ou o papel de baixa qualidade, i.e., cerca de cinquenta anos sob as condições ambiente. O IP pode então ser tomado como valor nominal de uma expectativa de vida aproximada, em anos, para materiais inerentemente instáveis presentes no ambiente monitorado. Materiais instáveis são aqueles com os quais estratégias de preservação ambiental estão mais freqüentemente envolvidas. Para *materiais de tempo de vida inerentemente longo* (aqueles cuja energia de ativação é similar, mas cujo ponto de interceptação da temperatura ambiente corresponde a um intervalo muito mais longo), os valores de IP não poderiam ser tomados como uma indicação do tempo de vida aproximado, mas seriam ainda assim corretos em um sentido relativo. Por exemplo, o papel de polpa de madeira é um material inerentemente instável e o IP expressa um tempo de vida aproximado para tal material. O papel de trapo durará muito mais, sob qualquer condição de armazenamento, que o papel de polpa mecânica. Mas, se melhorias forem feitas e resultarem na duplicação do IP da área de armazenamento, então o papel de trapo também durará duas vezes mais.

Os efeitos da UR no modelo do IP

A dependência da UR sob o conjunto de dados do IP deveria ser, no caso ideal, baseada em dados obtidos experimentalmente e não apenas em uma estimativa. Apesar de os ensaios de Arrhenius não necessitarem ser realizados para todos os valores de UR, quanto mais dados empíricos de UR, melhor. Nos poucos estudos extensos já realizados, as energias de ativação não variam muito com a UR, mas a interceptação da temperatura ambiente (a expectativa de vida absoluta) varia por um fator de cerca de dez vezes ao longo do intervalo de umidades baixas até umidades muito elevadas. O conjunto de dados ideal para ser utilizado na formulação do modelo do IP seria composto pelos dados de estudos empíricos nos quais esta variação de umidades fosse utilizada. Níveis intermediários de UR não incluídos no programa de testes poderiam ser obtidos por interpolação entre as umidades efetivamente testadas.

Dados de filme de acetato do IPI utilizados para definir o conjunto de dados do IP

Os dados obtidos pelo IPI durante o estudo sobre taxas de deterioração no suporte plástico de filmes de acetato de celulose, realizado em 1988-1990, constituem um escolha excelente e conveniente para se usar como o modelo geral do IP. A forma específica de deterioração avaliada no estudo foi a 'síndrome do vinagre': a geração de ácido acético no suporte de acetato de celulose, primariamente como um resultado de hidrólise. O acetato de celulose possui a energia de ativação apropriada (aproximadamente 22 kcal em todos os níveis de UR), a interceptação apropriada (44 anos a 68°F/20°C e 50% UR) e sua dependência da UR foi caracterizada à partir de um trabalho efetivamente experimental. O filme de acetato é um material de significado considerável em coleções de arquivo e biblioteca e está intimamente relacionado, em termos de estrutura química, ao papel e ao algodão. A pesquisa do IPI sobre a deterioração da base do filme de acetato de celulose é um dos poucos experimentos utilizando-se Arrhenius em grande escala para cobrir um intervalo amplo de umidades (foram incluídas quatro: 20%, 50%, 60% e 80% UR). Os dados sobre acetato do IPI são, na realidade, derivados de *dois* programas complexos de testes de Arrhenius, o IPI realizou um segundo projeto de pesquisa de grande porte com os experimentos de Arrhenius, em 1991-1994, que examinou uma segunda

vez vários filmes de acetato e obteve resultados essencialmente similares. Uma vez que o conjunto de dados para o IP será exatamente correspondente aos dados publicados no *IPI Storage guide for acetate film* (Guia de armazenamento para filme de acetato do IPI) ele já se encontra disponível de forma conveniente para a estimativa grosseira, porém eficaz, dos efeitos ambientais quando não é possível a análise computadorizada dos registros de temperaturas e UR.

Como o modelo do IP se compara a outros modelos publicados

No campo da preservação em bibliotecas e arquivos, três modelos relacionando as condições de armazenamento à expectativa de vida de materiais específicos foram recentemente publicados. O primeiro, de autoria de Donald Sebera, *Isoperms, an environmental management tool (Isopermas, uma ferramenta de gerenciamento ambiental)*, trata de deterioração do papel. O segundo, *The IPI storage guide for acetate film (Guia do IPI para armazenamento de filme de acetato)*, trata da decomposição da base de filme de acetato de celulose. O terceiro foi o *Magnetic tape storage and handling (Armazenamento e manuseio de fitas magnéticas)*, do *National Media Lab*, que incluiu um modelo dos efeitos ambientais sobre a expectativa de vida da fita VHS *Hi Grade*. Há um quarto modelo do mesmo gênero, que está para ser publicado, investigando a taxa de esmaecimento de corantes em fotografias coloridas contemporâneas. Este modelo foi preparado pelo IPI com uma bolsa do *New York State Library Preservation Discretionary Grant Program* (Programa de Concessão Seletiva de Preservação da Biblioteca do Estado de Nova Iorque) e será distribuído como uma publicação da Biblioteca do Estado de Nova Iorque no início de 1996. Como os modelos do acetato e da fita VHS, o modelo do esmaecimento da cor do corante foi baseado em testes exaustivos de envelhecimento artificial.

Em que extensão estes modelos concordam entre si? Pode existir um modelo geral que represente o comportamento de muitos materiais e que, desta forma, se torne uma ferramenta amplamente útil para avaliar ambientes de armazenamento? Na **Tabela IV** os quatro modelos são comparados. A expectativa de vida prevista, em anos, dos vários materiais é mostrada para cinco condições de armazenamento distintas. São também apresentadas as médias das previsões dos quatro modelos para cada condição de armazenagem. (Os fatores relativos utilizados no modelo de *Isoperma* foram convertidos a expectativas de vida, assumindo-se que um valor de isoperma igual a 1 seria equivalente a 44 anos, que é a *expectativa de vida* (EV) do modelo do IP a 20°C e 50% UR).

Tabela IV. Comparação entre quatro modelos de deterioração química

Modelo/Material	Valor da expectativa de vida, anos				
	21°C 80% UR	21°C 50% UR	21°C 20% UR	10°C 50% UR	-1°C 50% UR
IPI/filme de acetato	17	38	87	158	731
Isoperma*/papel	26	41	92	220	1540
NML/Fita VHS	6	32	>64	>>64	>>64
NYS-IPI/corantes	18	38	182	169	843
Valor médio	17	37	106	182	1038

* Utilizando-se 25 kcal/mol, normalizado para 44 anos a 20°C e 50% UR.



Se os modelos concordassem perfeitamente, todos os números nas colunas da **Tabela IV** deveriam ser iguais. De fato, eles são consideravelmente próximos, especialmente quando as condições de temperatura são próximas à temperatura ambiente, na qual a maioria dos materiais é efetivamente armazenada. A valores baixos de UR e a temperatura extremamente baixas, há algumas diferenças significativas, mas a 10°C os modelos são ainda bastante próximos. A -1°C, a maior diferença é entre um tempo de vida previsto de setecentos anos e um outro de 1.500 anos — apenas um fator igual a dois. De qualquer forma, sete séculos ou 15 séculos são quantidades bastantes abstratas em termos práticos e o erro inerente em todo os modelos de previsão começa a ser significativo quando tempos de vida tão longos estão envolvidos. Para nós, e para aqueles que trabalham regularmente com dados de envelhecimento artificial, esta concordância entre os modelos de previsão foi significativa e, de certa forma, inesperada.

A finalidade de se mostrar as semelhanças entre estes modelos publicados para diferentes materiais é a de sugerir que escolher um deles e denominá-lo o modelo ‘geral’ é algo razoável de se fazer. O IPI escolheu seus dados de filme de acetato para o modelo do índice de preservação, mas qualquer um dos modelos expressaria as mesmas tendências e levaria aos mesmos tipos de julgamentos quantitativos quanto ao efeito da temperatura e da UR sobre o ‘tempo de vida química’ das coleções. Existem diferenças entre os materiais; os corantes, por exemplo, duram por um tempo relativamente mais longo que outros materiais sob baixas UR. Outros materiais ainda deveriam ser investigados e caracterizados individualmente, para se poder compreender seu comportamento. Mas tais diferenças não são suficientes para eliminar o valor prático de uma visão global de como os ambientes afetam a taxa de deterioração.

Apêndice IV

Equilíbrio com a temperatura e UR na análise do IETP

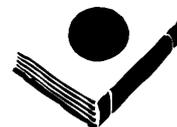
A análise do IETP pode tratar de condições ambientais dinamicamente variáveis. Contudo, alguma compensação deve ser feita para o fato de que as variações de temperatura e de UR não são imediatamente ‘sentidas’ pelos objetos das coleções. Quando a temperatura do ar em uma sala se altera, os objetos que nela se encontram não alcançam instantaneamente a mesma temperatura da sala. Há um atraso, ou intervalo de tempo, para atingir o equilíbrio, atraso este que depende da natureza do objeto, da sua massa, sua forma, sua área superficial e da velocidade de circulação do ar em seu redor. O fato de que um peru congelado leva mais tempo para descongelar do que um frango, mostra como as diferenças de massa afetam o tempo necessário para se atingir o completo equilíbrio com a temperatura. Qualquer embalagem, que eventualmente esteja envolvendo os objetos, normalmente não retarda significativamente o processo de equilíbrio com a temperatura, porque o calor flui prontamente através da maioria dos materiais.

Um processo de ‘equalização’ similar ocorre com as variações de UR, exceto pelo fato de que o equilíbrio com a UR é normalmente muito mais lento do que o equilíbrio com a temperatura. A maioria dos materiais orgânicos absorve água da atmosfera, na extensão controlada pela UR existente e pela natureza do próprio material. Os objetos absorvem umidade quando a UR se eleva e, inversamente, a perdem quando o esta se reduz. O equilíbrio com a UR não é apenas um processo mais lento que o equilíbrio com a temperatura, ele é também mais complexo; adicionalmente aos fatores acima mencionados, que controlam a transferência de calor, há também uma forte influência das embalagens e invólucros. A embalagem de plástico do peru congelado não impede seu descongelamento, mas evita que este se resseque. Vitrines, caixas, folders e capas contribuem para as diferenças na taxa de equilíbrio da UR para com os objetos das coleções.

A compensação das diferenças nas taxas de equilíbrio de temperatura e de UR

Retornando ao tema mais amplo da taxa de deterioração química de materiais de coleção, o que realmente importa é a temperatura e o conteúdo de umidade efetivos dos *objetos* e não do ar do ambiente em que estes se encontram. A análise do IETP deve, conseqüentemente, acomodar-se ao tempo necessário para que o equilíbrio com a temperatura e com a UR ocorram. Pelas razões já citadas, este tempo não será exatamente o mesmo para todos os tipos de objetos, nem mesmo para objetos similares em condições de armazenamento distintas. No caso ideal, deveriam ser utilizados valores de temperatura/UR no cálculo do IP que correspondessem à temperatura e ao teor de umidade efetivos dos objetos da coleção. Na prática, contudo, os sensores somente podem medir o ar que circunda os objetos e, desta forma, é necessário estimar o tempo decorrido entre uma mudança nas condições ambientais e o momento em que os objetos no referido ambiente realmente a ‘sentem’.

Um experimento simples realizado no IPI demonstra o intervalo real de equalização com a temperatura e a UR para um livro em uma estante. Dois *dataloggers* adaptados, colocados em uma fenda aberta no interior de um livro razoavelmente espesso (24 cm de altura, 17 cm de largura e 8 cm de espessura), o qual foi posto em uma estante, em meio a outros livros. A estante era aberta como aquelas tipicamente encontradas em bibliotecas. A biblioteca do IPI se encontra numa sala com ar condicionado, com um controle de UR (não muito estrito) ajustado para 50%.



Na **Figura 14**, as condições de UR do ar circundante são comparadas àquelas registradas pelo equipamento colocado no interior do livro por um período de cinco meses, de outubro de 1994 a março de 1995. Dois fatos são imediatamente aparentes. Primeiro, a UR no interior do livro segue as tendências a longo prazo observadas na UR da sala, mas responde muito lentamente. Segundo, alterações rápidas da UR da sala são ‘amortizadas’ pela resposta lenta [do livro], fazendo com que a curva da UR para o interior do livro oscile consideravelmente menos do que aquela do ar da sala. Variações a curto prazo na UR do ar circundante ao livro simplesmente não foram ‘sentidas’ no interior do mesmo. Por exemplo, no meio de janeiro, reparos nos umidificadores resultaram em rápida elevação na UR da sala, de cerca de 25% a 50%. Levou cerca de um mês para a UR no interior do livro alcançar a UR do ar circundante. No início de fevereiro, a UR da sala diminuiu novamente e a UR no interior do livro permaneceu mais elevada que a UR circundante pelo resto do mês. Este último ponto também ilustra uma das complexidades do equilíbrio com a UR: o fato de que a perda de teor de umidade, particularmente a baixas UR’s é frequentemente mais lenta que a absorção.

Os dados de temperatura do interior e do ar circundante do livro, para o mesmo período de tempo, não são apresentados porque numa escala de tempo de cinco meses, as duas curvas pareciam superpostas. As duas curvas têm essencialmente a mesma forma, uma vez que o equilíbrio com a temperatura ocorre bem mais rapidamente do que o equilíbrio com a umidade. O exame das duas curvas mostraria que as temperaturas no interior do livro quase sempre alcançam os níveis do ar circundante, a não ser quando a temperatura do ar da sala variou muito rapidamente. As duas curvas se encontram ligeiramente ‘defasadas’, com a da temperatura interna alcançando a do ar circundante em cerca de seis a 12 horas. Obviamente, este experimento simples não representa o comportamento de todos os objetos, mas ele confirma que, para um livro colocado na estante, o equilíbrio com a temperatura é bem mais rápido que o equilíbrio com a UR e fornece uma idéia dos intervalos de tempo reais envolvidos.

O intervalo de tempo para o equilíbrio com a temperatura

Dado que as taxas de equalização diferem, é possível ter uma abordagem simples para a defasagem dos valores de temperatura e de UR? Com base em nossos próprios dados, em dados publicados pela Kodak para filmes, em dados da Biblioteca do Congresso Americano para livros e em outras fontes e experiências, o IPI pensa que uma precisão satisfatória pode ser obtida através de uma aproximação que faz uso de ‘médias móveis’ de temperatura e de UR para a determinação dos valores de IP. Em vez de utilizar o valor mensurado da temperatura do ar do ambiente para consultar o IP, deveria ser utilizada a temperatura derivada da média aritmética das leituras de temperaturas das últimas 24 horas.

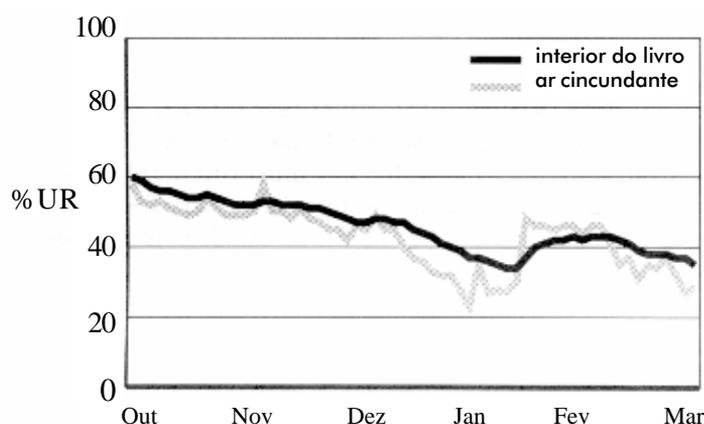


Figura 14. UR no interior e no exterior de um livro na biblioteca do IPI por um período de cinco meses.

Uma média móvel significa que leituras de temperatura das últimas 24 horas são mantidas em uma tabela e sua média é calculada para se obter o valor de temperatura a ser usado para consulta do IP corrente. Quando uma nova leitura é feita, a leitura mais antiga é descartada e o novo valor é inserido na tabela. Esta abordagem tende a ‘amortizar’ flutuações de temperatura a prazo muito curto, mas ainda segue de perto sua variação. Vinte e quatro horas constituem um período de tempo durante o qual mesmo os maiores objetos teriam tempo de atingir o equilíbrio e, uma vez que todas as leituras das últimas 24 horas influenciam a média, esta abordagem parece equilibrar bastante bem a variação nas velocidades de equalização térmica para diversos materiais de coleção. Para o experimento do ‘livro na estante’ do IPI, um intervalo de 12 horas foi o que mais se aproximou do comportamento real, mas um intervalo de 24 horas foi também bastante próximo. Para incluir objetos ou grupos de objetos de maior massa, um intervalo de 24 horas foi selecionado para uso geral na consulta do IP a cálculos do IETP.

O intervalo de tempo para o equilíbrio com a UR

Uma estratégia de aproximação similar é utilizada para a defasagem dos valores de UR, com a exceção de que o período de tempo para o qual a média móvel é computada é consideravelmente mais longo: trinta dias, em vez de 24 horas. Os tempos de equalização da UR variam de minutos a meses, mas são mais freqüentemente medidos em semanas e não em horas. Um exemplo do cotidiano seria o tempo necessário para a madeira ‘verde’ secar o suficiente para ser usada como madeira de construção ou como lenha. Este é um processo de equilíbrio de umidade, que freqüentemente leva de três a seis meses, ou mais. Com a UR, é definitivamente a média a longo prazo que conta, uma vez que o equilíbrio completo para um livro ou caixa de filme leva, pelo menos, algumas semanas para ser estabelecido, podendo levar muito mais tempo. Uma média móvel de trinta dias é uma abordagem equilibrada, que ignora eventos a curto prazo sem sacrificar seu efeito acumulado a longo prazo. Assim, ao consultar os valores de IP na tabela de definição do IP, médias dos dados de temperatura das últimas 24 horas e dos dados de umidade dos últimos trinta dias deveriam ser utilizadas e não os valores correntes de temperatura e UR medidos. Se há dados de temperatura de menos de 24 horas ou dados de UR de menos de trinta dias, qualquer que seja a quantidade disponível, suas médias deveriam ser calculadas para se obter valores de temperatura e de UR para a consulta do IP.



Referências

- ¹ Donald K. Sebera. *Isoperms: An environmental management tool* (Washington, D. C.: The Commission on Preservation and Access, June 1994). Publicado neste projeto com o título "Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental".
- ² Nancy E. Gwinn. Politics and practical realities: environmental issues for the library administrator. In: *Advances in preservation and access*, Barbara Bruckner Higginbotham and Mary E. Jackson, eds. (Westport, CT: Meckler Corporation, 1992), v. 1, p. 135-146.
- ³ Judith Stanley. Buying Time: A commentary on the fiscal realities of implementing library preservation programmes. *Libr. Ass. Rec.*, v. 93, no. 8, p. 523-526, Aug. 1991.
- ⁴ John H. Hammer. On the political aspects of book preservation in the U.S., In: *Advances in preservation and access*, Barbara Bruckner Higginbotham and Mary E. Jackson, eds. (Westport, CT: Meckler Corporation, 1992), v. 1, p. 22-40.
- ⁵ P. Z. Adelstein; J. M. Reilly; D. W. Nishimura; C. J. Erbland. Stability of cellulose ester base photographic film: Part I - Laboratory testing procedures. *Journal of Society of Motion Picture and Television Engineers*, v. 101, no. 5, p. 336-346, May 1992.
- ⁶ P. Z. Adelstein; J. M. Reilly; D. W. Nishimura; C. J. Erbland. Stability of cellulose ester base photographic film: part II - practical storage considerations. *Journal of Society of Motion Picture and Television Engineers*, v. 101, no. 5, p. 347-353, May 1992.
- ⁷ John W. C. Van Bogart. *Magnetic tape storage and handling: a guide for libraries and archives* (Washington, D. C.: The Commission on Preservation and Access and The National Media Laboratory, June 1995). Publicado neste projeto com o título "Armazenamento e manuseio de fitas magnéticas: um guia para bibliotecas e arquivos".
- ⁸ Stefan Michalski. *A systematic approach to the conservation (care) of museums collections*, with technical appendices by Maureen MacDonald, Stefan Michalski, Thomas Strang, Jean Tetreault and R. Scott Williams (Canadian Conservation Institute, May 1992).
- ⁹ David Erhardt; Marion Mecklenburg. Relative humidity re-examined. *Preventive conservation practice, theory and research*, Preprints of the Contributions to the Ottawa Congress, 12-16 September 1994, Ashok Roy and Perry Smith, eds. (London: The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1994), p. 32-38.
- ¹⁰ G. Gray. An accelerated-aging study comparing kinetic Rates vs. TAPPI Standard 543. *Journal of TAPPI*, no. 52, p. 325-334, 1969.
- ¹¹ G. Gray. Determination and significance of activation energy in permanence tests. *Preservation of paper and textiles of historic and artistic value*, J. C. Williams, ed., Advances in Chemistry Series, 164 (Washington, D. C.: American Chemical Society, 1977).
- ¹² B. L. Browning; W. A. Wink. Studies on the permanence and durability of paper, 1 prediction of paper permanence. *TAPPI*, no. 51, p. 156, 1968.
- ¹³ Edward F. Cuddihy. Kinetics of the humid aging of magnetic recording tape. *IEEE Transactions on Magnetics*, v. 18, no. 5, p. 993-999, 1982.
- ¹⁴ D. W. Brown, R. E. Lowery; L. E. Smith. Prediction of the long term stability of polyester-based recording media. NBSIR-83/2750 (Gaithersburg, MD: U.S. National Institute of Standards and Technology, Aug. 1983).
- ¹⁵ P. Z. Adelstein; J. L. McCrea. Stability of processed polyester base photographic films. *Journal of Applied Photographic Engineering*, no. 7, p. 160-167, Dec. 1981.
- ¹⁶ M. Edge, N. S. Allen; T. S. Jewitt; C. V. Horie. Fundamental aspects of the degradation of cellulose triacetate base cinematograph film. *Polymer Degradation and Stability*, no. 25, p. 345-362, 1989.
- ¹⁷ D. K. Sebera. A graphical representation of the relationship of environmental conditions to the permanence of hygroscopic materials and composites. *Proceedings of the International Symposium: Conservation in Archives* (National Archives of Canada in conjunction with the International Council on Archives, 1988), p. 51-75.
- ¹⁸ *Electronic environmental monitoring in museums*, Robert Child, ed. Conservation Monograph Series (Clwyd, Wales: Archetype Publications, 1993).
- ¹⁹ Stefan Michalski. Relative humidity: a discussion of correct/incorrect values, preprint, 10th Triennial Meeting of ICOM Committee for Conservation (Aug. 1993).
- ²⁰ David Erhardt, Marion F. Mecklenburg; Charles S. Tumosa; Mark McCormick-Goodhart. The determination of allowable RH fluctuations. *WAAC Newsletter*, no. 17, p. 19-23, Jan. 1995.

- ²¹Mark McCormick-Goodhart; Marion F. Mecklenburg. Cold storage environments for photographic materials. *Final Program - Advance Printing of Paper Summaries*, IS&T 46th Annual Conference, Boston (Springfield, VA:IS&T, 1993), p. 277-280.
- ²²Garry Thomson. *The museum environment*. 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann, 1986.
- ²³William P. Lull; Paul N. Banks. *Conservation environment guidelines for libraries and archives in New York State*, Report sponsored by New York State Program for the Conservation and Preservation of Library Research Materials at the New York State Library (New York State Library, Sept. 1990).
- ²⁴M. McCromick-Goodhart; M. Mecklenburg. Cold storage environments for photographic materials. Internal report of the Conservation Analytical Laboratory, Smithsonian Institution, 1992. Also in *Topics in photorgaphic conservation # 5*. (Photographic materials group of the AIC, June 1993).
- ²⁵V. Daniel; S. Maekawa. *Hygrometric half-lives of museum cases* (The Getty Conservation Institute, 1991). Also, V. Daniel and S. Maekawa. The moisture buffering capability of museum cases. *Materials research society symposium proceedings*, no. 267, p. 453-458, 1992.
- ²⁶C. C. Bard; G. W. Larson; H. A. Hammond; C. Packard. Predicting long-term dark storage dye stability characteristics of color photographic products from short-term tests. *Journal of Applied Photographic Engineering*, v. 6, no. 2, p. 42-45, 1980.
- ²⁷P. Z. Adelstein; C. L. Graham; L. E. West. Preservation of motion picture color films having permanent value. *Journal of the Society of Motion Picture and Television Engineers*, v. 79, no. 11, p. 1011-1018, Nov. 1970.
- ²⁸*Stability of color photographic images - methods for measuring*, ANSI Standard IT9.9-1990 (New York: American National Standards Institute, 1991).
- ²⁹D. F. Kopperl; R. J. Anderson; R. Codori; R. Ellison; B. V. Erbland. Quality improvements and control procedures at the image stability technical center. *Journal of Imaging Technology*, no. 16, p. 198-202, Oct. 1990.
- ³⁰Image Permanence Institute. Report of contract tests: image stability of commercial color papers, unpublished report (Rochester, NY, 1989).
- ³¹Douglas W. Nishimura. *Color microfilm dark stability research*, Final Report to the Commission on Preservation and Access (Aug. 1992).
- ³²J. M. Reilly; P. Z. Adelstein; D. W. Nishimura. *Preservation of safety film*, Final Report to the Office of Preservation, National Endowment for the Humanities, NEH Grant # PS-20159-88 (Rochester, NY: Image Permanence Institute, Mar. 1991).
- ³³James M. Reilly; Peter Z. Adelstein; Douglas W. Nishimura; Catherine J. Erbland. *New approaches to safety film preservation*, Final Report to National Endowment for the Humanities, NEH Grant # PS-20445-91 (Apr. 1994).
- ³⁴*Conservation of photographs*, Kodak Publication No. F-40 (Rochester, NY: Eastman Kodak Company, 1985).
- ³⁵James M. Reilly. *The IPI storage guide for acetate film* (Rochester, NY: Image Permanence Institute, 1993). Publicado neste projeto com o título "Guia do Instituto de Permanência da Imagem - IPI para armazenamento de filmes de acetato".
- ³⁶Image Permanence Institute, dados não publicados de um projeto de pesquisa sobre a deterioração de corantes de fotografias coloridas, a ser publicado em 1996 pelo New York State Program for the Conservation and Preservation of Library Research Materials.
- ³⁷*Physical properties of Kodak aerial films*. Kodak Publication M-62 (Rochester, NY: Eastman Kodak Company, 1972), p. 5-6.
- ³⁸*Physical and chemical behavior of Kodak aerial films*. Kodak Publication M-63 (Rochester, NY: Eastman Kodak Company, 1974), p. 17-20.
- ³⁹Chandru J. Shahani; Frank H. Hengemihle; Norman Weberg. Options in preservation of library and archive collections, apresentado na Biblioteca Nacional da Índia (Dec. 1990).

O Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos - CPBA

está sediado no
Arquivo Nacional
Rua Azeredo Coutinho 77, sala 605 - C
CEP 20230-170 Rio de Janeiro - RJ
Tel/Fax: (21) 2253-2033
www.cpba.net
www.arquivonacional.gov.br

The Council on Library and Information Resources - CLIR
(incorporando a antiga ***Commission on Preservation and Access***)

1755 Massachusetts Avenue, NW, Suite 500
Washington, DC 20036
Tel: (202) 939-4750
Fax: (202) 939-4765
www.clir.org

Títulos Publicados

Armazenagem e manuseio

1. Métodos de armazenamento e práticas de manuseio
2. A limpeza de livros e de prateleiras
3. A escolha de invólucros de qualidade arquivística para armazenagem de livros e documentos
4. Invólucros de cartão para pequenos livros
5. A jaqueta de poliéster para livros
6. Suporte para livros: descrição e usos
7. Montagens e molduras para trabalhos artísticos e artefatos em papel
8. Mobiliário de armazenagem: um breve resumo das opções atuais
9. Soluções para armazenagem de artefatos de grandes dimensões

Conservação

10. Planificação do papel por meio de umidificação
11. Como fazer o seu próprio passe-partout
12. Preservação de livros de recortes e álbuns
13. Manual de pequenos reparos em livros

Melo Ambiente

14. Temperatura, umidade relativa do ar, luz e qualidade do ar: diretrizes básicas de preservação
15. A proteção contra danos provocados pela luz
16. Monitoramento da temperatura e umidade relativa
17. A proteção de livros e papéis durante exposições
18. Isopermas: uma ferramenta para o gerenciamento ambiental
19. Novas ferramentas para preservação-avaliando os efeitos ambientais a longo prazo sobre coleções de bibliotecas e arquivos

Emergências

20. Planejamento para casos de emergência
21. Segurança contra as perdas: danos provocados por água e fogo, agentes biológicos, roubo e vandalismo
22. Secagem de livros e documentos molhados
23. A proteção de coleções durante obras
24. Salvamento de fotografias em casos de emergência
25. Planilha para o delineamento de planos de emergência
26. Controle integrado de pragas
27. A proteção de livros e papel contra o mofo
28. Como lidar com uma invasão de mofo: instruções em resposta a uma situação de emergência
29. Controle de insetos por meio de gases inertes em arquivos e bibliotecas

Planejamento

30. Planejamento para preservação
31. Políticas de desenvolvimento de coleção e preservação
32. Planejamento de um programa eficaz de manutenção de acervos
33. Desenvolvimento, gerenciamento e preservação de coleções
34. Seleção para preservação: uma abordagem materialística
35. Considerações complementares sobre: "Seleção para preservação: uma abordagem materialística"
36. Implementando um programa de reparo e tratamento de livros
37. Programa de Planejamento de Preservação: um manual para auto-instrução de bibliotecas

Edifício/Preservação

38. Considerações sobre preservação na construção e reforma de bibliotecas: planejamento para preservação

Fotografias e filmes

39. Preservação de fotografias: métodos básicos para salvaguardar suas coleções
40. Guia do Image Permanence Institute (IPI) para armazenamento de filmes de acetato
41. Indicações para o cuidado e a identificação da base de filmes fotográficos

Registros sonoros e fitas magnéticas

42. Armazenamento e manuseio de fitas magnéticas
43. Guarda e manuseio de materiais de registro sonoro

Reformatação

44. O básico sobre o processo de digitalizar imagens
45. Microfilme de preservação: plataforma para sistemas digitais de acesso
46. O processo decisório em preservação e fotocopiagem para arquivamento
47. Controle de qualidade em cópias eletrostáticas para arquivamento
48. Microfilmagem de preservação: um guia para bibliotecários e arquivistas
49. Do microfilme à imagem digital
50. Uma abordagem de sistemas híbridos para a preservação de materiais impressos
51. Requisitos de resolução digital para textos: métodos para o estabelecimento de critérios de qualidade de imagem
52. Preservação no universo digital
53. Manual do RLG para microfilmagem de arquivos