

ADRIANA ARAUJO REIS MENEZES

**Fungos em Bibliotecas: Frequência dos gêneros
em livros e elaboração de teste para avaliação da
biorreceptividade em papéis**

Tese apresentada ao Instituto de Ciências
Biomédicas da Universidade de São Paulo,
para obtenção do Título de Doutor em
Ciências.

Área de Concentração: Microbiologia

Orientador: Prof. Dr. Walderez Gambale

São Paulo

2009

RESUMO

REIS-MENEZES, A.A. **Fungos em bibliotecas:** frequência dos gêneros em livros e elaboração de teste para avaliação da biorreceptividade em papéis. 90 f. Tese (Doutorado em Microbiologia) - Instituto de Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Em bibliotecas, a grande concentração de matéria orgânica, associada muitas vezes a uma climatização deficiente propicia um ambiente favorável ao crescimento fúngico. O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um teste para detectar a biorreceptividade ao crescimento fúngico de papéis utilizados na confecção de livros. Em primeiro lugar, os gêneros de fungos foram amostrados nos períodos do inverno e verão, em seis bibliotecas da Universidade de São Paulo, três com climatização artificial e três sem climatização. Não houve diferença no número de gêneros de fungos encontrados entre as bibliotecas com e sem climatização artificial, mas o inverno mostrou maior diversidade que o verão. Com base nas amostragens foi selecionado o gênero *Cladosporium* para o teste, por ter sido o fungo mais frequente, e também os gêneros *Aspergillus*, *Chaetomium* e *Trichoderma* por terem sido fungos usados como micro-organismo em testes realizados em papel pela Standard Test Methods da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). Os fungos foram inoculados em papel, composto apenas de celulose (papel referência) e também nos papéis comerciais *couché*, pólen e reciclado. Os papéis foram testados em câmaras úmidas com 95% e 100% de umidade relativa, a 25 °C, por 30 dias. As análises foram feitas a partir da observação em microscópio estereoscópico do crescimento fúngico nos papéis e posterior determinação de alteração de cor utilizando-se um colorímetro. Nas câmaras com 100% de umidade, *Aspergillus* cresceu em 75% dos corpos-de-prova, *Cladosporium* em 74%, *Trichoderma* em 72% e *Chaetomium* em 60%. Em relação ao controle, a intensidade do crescimento foi estatisticamente significativa para o *Cladosporium* no papel *couché*, e para o *Aspergillus* no papel referência, enquanto *Trichoderma* e *Chaetomium* pouco alteram o papel. Nas condições do teste conclui-se que o melhor crescimento ocorreu com *Cladosporium*, na concentração de 10^6 cél/mL e umidade relativa de 100%.

Palavras-chave: Bibliotecas. Climatização. Fungos filamentosos. Papéis. Biorreceptividade.

ABSTRACT

REIS-MENEZES, A.A. **Fungi in libraries:** genera frequency in books and test development for evaluation of paper bioreceptivity. 90 p. Thesis (Ph.D. in Microbiology) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Libraries are very propitious environments for the growth of fungi. The great concentration of organic material available for these microorganisms, and often the lack of adequate ventilation or climate control, favors this situation. The main aim of this study is to develop a test to detect fungal growth bioreceptivity in papers used in books. Firstly, fungi genera were sampled in the summer and winter in six libraries of University of São Paulo, three with artificial climatization and three without. There was no difference in number between the libraries with and without artificial climatization but the diversity was higher in the winter than in the summer. The genus *Cladosporium* was selected for the test, based on the surveys and *Aspergillus*, *Trichoderma* and *Chaetomium* were also selected because they were the fungi used in tests developed by the Standard Test Methods of Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). The fungi were inoculated in paper composed only by cellulose (reference paper) and also in the commercial papers, *couché*, polen, and recycled. The papers were tested in wet chambers with 95% and 100% of relative humidity, at 25 °C for 30 days. The analyses were performed from the observation of paper fungal growth in stereoscopic microscopic and detection of color alteration using a colorimeter. In the chambers with relative humidity of 100%, *Aspergillus* grew in 75% of the papers, *Cladosporium* in 74%, *Trichoderma* in 72% and *Chaetomium* in 60%. In comparison with the control group, growth intensity was significantly higher for the *Cladosporium* in the *couché* paper, for *Aspergillus* in the reference while *Trichoderma* and *Chaetomium* hardly altered the paper. The conclusion based on the tests is that the highest growth occurred with *Cladosporium*, with 10^6 cel/mL concentration and relative humidity of 100%.

Key words: Libraries. Climatization. Airborne fungi. Papers. Bioreceptivity.

INTRODUÇÃO

Visto de uma perspectiva mais ampla, este trabalho pretende contribuir com novos conhecimentos a uma questão ainda pouco explorada no Brasil, diretamente relacionada à conservação do patrimônio cultural, especialmente daquele que usa o papel como substrato material.

A finalidade das bibliotecas, arquivos e museus é conservar e assegurar que o material ali depositado tenha durabilidade, possibilitando que a população tenha acesso ao conhecimento por meio das suas coleções de livros, documentos e objetos. Quando um objeto entra para o acervo de determinada entidade, todo esforço deve ser feito para que ele mantenha a sua integridade ao longo do tempo. Isso pode ser feito por meio do controle ambiental do local onde os objetos são guardados e exibidos. Desta forma, o patrimônio histórico, artístico e cultural em ambientes fechados pode ser preservado.

O controle ambiental é de fundamental importância dentro de uma biblioteca. As condições do ambiente interno têm que levar em conta não somente a preservação do acervo, mas também a garantia do conforto do público. Segundo King e Pearson (2001), a definição convencional de controle ambiental para preservação seria: “manutenção da luz, da temperatura e da umidade relativa, dentro de certos parâmetros, limitação rigorosa dos poluentes atmosféricos, inclusive, gases, partículas e esporos de fungos e eliminação de insetos e roedores.” Para conseguir controlar todas essas variáveis, seria necessário um sistema de refrigeração ambiental de alta qualidade, o que seria quase impossível para muitos acervos.

Porém, ainda segundo King e Pearson (2001), a maioria dos autores considera que, de todas essas variáveis, o principal fator a ser controlado é a umidade relativa. A umidade relativa é diretamente proporcional à temperatura. Quando a temperatura aumenta, o ar é capaz de conter mais água, e quando ela diminui pode haver a formação de névoa e gotas de água (CRADDOCK, 2001). A suscetibilidade do material depende do seu teor de umidade que é definido pelo seu equilíbrio com a umidade do ambiente. A atividade de água (Aa) de um substrato é medida pela razão entre o vapor de pressão da água no substrato e a pressão da água pura. A água pura possui o valor máximo de atividade de água igual a 1 (SHIRAKAWA, 1999; FLORIAN, 1997). Singh (1994) afirma que valores inferiores a 0,65 de Aa não permitem o crescimento dos fungos, condição observada também por Pinzari et al. (2006) que mostra que o processo de degradação da celulose só pode ser iniciado com valores de atividade de água acima de 0,65.

A umidade relativa do ar interno, além da relação com os objetos guardados em acervos, tem relação também com a umidade dos materiais de construção usados nos prédios que os abrigam. Principalmente em países tropicais, esses materiais podem começar a desprender água com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, aumentar a umidade relativa interna (KING e PEARSON, 2001).

Até pouco tempo, acreditava-se que as condições ideais de temperatura e umidade só seriam mantidas por meio da climatização artificial do acervo. Porém, a ventilação natural promove a circulação do ar que, por sua vez, permite uma troca de umidade mais efetiva dos objetos com o ambiente (SCOTT, 2001). Muitas vezes a ventilação natural é a melhor escolha, principalmente em bibliotecas onde a manutenção do equipamento de refrigeração não é garantida e funciona de maneira intermitente.

Se as condições ambientais citadas acima não forem controladas, poderão ser observados vários processos de deterioração. Entre eles estão, a deterioração fotoquímica provocada pela luz natural ou artificial, a ação de insetos e roedores, danos físicos causados no material pela mudança brusca de umidade, crescimento de micro-organismos e outros (MENDES et al., 2001).

Os acervos de livros, em particular, são locais ideais para o crescimento de micro-organismos, pois agrupam num mesmo espaço uma grande quantidade de matéria orgânica, como papel, cola de amido, couro e pano (NEVE et al., 2009; OGDEN, 1992; PARKER, 1987; HAINES e KOHLER, 1986). Os micro-organismos, devido à sua simplicidade morfológica, reprodução rápida e atividade fisiológica, possuem, em geral, grande adaptabilidade ao meio ambiente. Assim sendo, eles podem rapidamente desenvolver populações em diversos substratos, iniciando a sua decomposição (KOWALIK, 1980).

Dentre os micro-organismos, os fungos possuem um papel fundamental nos ciclos de decomposição e degradação da matéria orgânica na natureza. São organismos eucarióticos, aeróbicos e heterotróficos, e, como não possuem clorofila como os vegetais, necessitam de matéria orgânica que são incapazes de elaborar, sendo obrigados a viver como sapróbios, parasitas ou em simbiose (LACAZ et al., 2002).

A decomposição considerada benéfica ao homem é chamada de biodegradação e, quando ela se torna prejudicial, de biodeterioração. A biodeterioração pode ocorrer por diferentes processos: mecânicos, quando o material é danificado pelas forças físicas exercidas pelo organismo – por exemplo, os corpos de frutificação dos fungos – e químicos, quando o material é

danificado por enzimas (celulases, hemicelulases, proteases, pectinases, enzimas lignolíticas) ou por metabólitos secundários liberados pelo fungo, que causam manchas no substrato (SINGH, 1994).

Segundo Singh (1994), há cinco fatores essenciais para o crescimento de fungos em qualquer substrato: fonte do inóculo, substrato ideal, água, oxigênio e temperatura adequada. Além desses, devem ser considerados também os níveis de CO₂, o pH e, em alguns casos, pressão, luz e outras formas de radiação. Dadas as condições ótimas, como temperatura entre 20 °C e 26 °C, nutrientes, como a celulose dos livros, oxigênio, pH do substrato de ácido a neutro e água, os propágulos podem germinar e formar colônias em poucos dias (RAKOTONIRAINY e LAVÉDRINE, 2005; FLORIAN, 1997; YANG e JOHANNING, 1997; SINGH, 1994; GUSTAFSON et al., 1990; CRAIG, 1986). Os fungos, nesses ambientes, além de serem os maiores agentes de biodeterioração, são também importantes fontes de alérgenos, desencadeando alergias respiratórias em usuários atópicos (FLORIAN, 1997).

A presença de propágulos fúngicos no interior das bibliotecas frequentemente tem sua origem no ambiente exterior, mas o ambiente interno também pode se tornar uma fonte quando no local existirem alimentos, plantas, infiltrações ou mesmo aparelhos como os umidificadores. Os ambientes e estruturas de edificações promovem, ainda, microclimas e nichos ecológicos no seu ecossistema, que favorecem o estabelecimento, crescimento e proliferação de uma grande diversidade de fungos (FLORIAN, 1997). A variação da umidade relativa do ambiente e dos microambientes, como aqueles próximos a janelas, portas de porões, gavetas, caixas, prateleiras próximas ao chão, podem desencadear o crescimento fúngico, causando danos às decorações e materiais que neles se encontram, inclusive, às estruturas dos prédios (CLARKE et al., 1999; SINGH, 1994).

Além do ambiente exterior e do ambiente interno, é preciso levar em conta também os próprios materiais. Kowalik e Sandurska (1956) e Gallo (1993) compararam os propágulos de fungos do ar com aqueles que se desenvolviam em livros e gravuras antigas e verificaram que os fungos que cresciam no material estavam efetivamente no ar, mas nem sempre todos os que estavam no ar cresciam nesses materiais. Além do mais, embora as infestações fúngicas nos livros comecem na sua superfície, há casos em que ocorrem no seu interior, o que indica que podem ser o resultado do crescimento de propágulos fúngicos incorporados na matéria-prima

durante a fabricação do papel ou durante o processo de limpeza e conservação (FLORIAN, 1997).

Além dos danos causados ao papel pelo típico crescimento fúngico na forma de colônias circulares ou como um pó espalhado sobre a superfície dos livros, existe um tipo de modificação do papel conhecido como *foxing*, que aparece frequentemente nos livros e é caracterizado por pequenas manchas amarronzadas. Apesar de todos os estudos desenvolvidos até hoje, esse fenômeno ainda não é bem entendido. A causa desse dano ao livro poderia ser de origem fúngica, mineral ou uma combinação de ambas (RAKOTONIRAINY et al., 2007).

O *foxing* biológico é causado pelo fungo que reage com o papel num processo lento, podendo estar associado aos sais de ferro presentes no papel. É um processo encontrado principalmente em livros antigos dos séculos XVI a XIX, mas que também já tem sido observado nos papéis modernos. É um sério problema de conservação, já que a mancha migra para páginas sucessivas, causando danos irreversíveis. O *foxing* mineral seria resultado da oxidação de metais contidos na impureza do papel durante o processo de manufatura (RAKOTONIRAINY et al., 2007; SARANTOPOULOU et al., 2003).

Apesar do verdadeiro papel dos fungos filamentosos no *foxing* ainda ser desconhecido, já se sabe, por meio de estudos tradicionais de cultura direta como também de análises mais modernas de caracterização biomolecular das cepas de amostras retiradas dessas manchas, que os fungos estão sempre presentes no *foxing* (ZOTTI et al., 2008; RAKOTONIRAINY et al., 2007; CORTE et al., 2003; SARANTOPOULOU et al., 2003).

Em 1997, Zyska, em revisão sobre fungos isolados em bibliotecas, apontava a falta de dados sobre o assunto na América do Sul. Atualmente, apesar da preocupação mundial com a qualidade do ar em ambientes internos, principalmente em relação a poluentes e micro-organismos, no Brasil os trabalhos ainda são poucos e, na maioria dos casos, relacionados a edifícios de escritório climatizados artificialmente (DEGOBBI e GAMBALE, 2008; GRAUDENZ et al., 2004, 2002).

Em relação a fungos em ambientes de bibliotecas, destaca-se, no Brasil, o trabalho de Gambale et al. (1993), realizado com o objetivo de verificar a sensibilização a fungos em funcionários de 28 bibliotecas da Universidade de São Paulo. Nesse trabalho, os autores isolaram fungos do ar ambiente e de livros deteriorados. Os fungos mais frequentemente isolados foram: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Epicoccum*,

Fusarium, Geotrichium, Helminthosporium, Monascus, Mycelia Sterilia (fungo não esporulante), *Neurospora, Nigrospora, Penicillium, Phoma, Rhizopus, Rhodotorula* e *Trichoderma*. Os fungos mais frequentes em livros deteriorados foram: *Aspergillus, Cladosporium, Penicillium* e *Trichoderma*.

Em outros países, trabalhos associando fungos presentes no ar e nos livros em bibliotecas também são escassos, destacando-se o trabalho de Burge et al. (1980) realizado em 11 bibliotecas da Universidade de Michigan. Nesse trabalho, os autores verificaram que os gêneros encontrados no interior dos prédios eram similares àqueles encontrados no ambiente externo. Os gêneros mais frequentes foram: *Alternaria, Arthrinium, Aspergillus, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, Paecilomyces, Penicillium, Pithomyces, Rhinocladiella, Sporothrix, Trichoderma* e *Tritirachium*. Para verificar quais os fungos poderiam utilizar o livro como substrato para se desenvolver, os autores inocularam os fungos isolados em um substrato composto de ágar e papel filtro. Os gêneros que utilizaram a celulose como fonte de nutriente foram: *Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, Pithomyces* e *Trichoderma* e os que mais produziram conídios nesse substrato foram *Alternaria, Epicoccum* e *Pithomyces*. Os mesmos gêneros foram isolados por Florian (2000) em livros, acrescentando-se apenas *Chaetomium, Monilia, Mucor* e *Stachybotrys*.

O foco deste trabalho é verificar a resistência de papéis usados atualmente na impressão de livros às infestações por fungos. Atualmente existe uma grande gama de papéis fabricados para os mais diversos fins, cuja composição e qualidade foram variando ao longo do tempo. A maioria dos historiadores atribui a Ts'ai Lum (105 D.C.) a descoberta do papel por meio da polpação de redes de pesca e trapos, e, mais tarde, de fibras de vegetais. Os exemplares que chegaram até nossos dias provam que o papel feito pelos antigos chineses era de alta qualidade. As fibras desses papéis antigos eram longas e lineares, e apenas um composto, a cola animal, era utilizado na sua colagem (LIMA et al., 1988).

À medida que as técnicas de escrita e impressão foram sendo mecanizadas, houve um aumento gradual na demanda de papel no mundo, e, conseqüentemente, escassez de matéria-prima, como os trapos e fibras de linho e de algodão. Novas fontes de celulose começaram, então, a ser estudadas, e a madeira mostrou-se uma excelente matéria-prima (KUAN et al., 1988).

A madeira é constituída basicamente por celulose, hemicelulose, lignina e constituintes menores. A concentração dessas substâncias varia conforme a espécie vegetal, mas pode-se dizer

que aproximadamente 50% seriam de celulose, 20% hemicelulose, 15-35% de lignina e até 10% de constituintes menores (D'ALMEIDA, 1988).

A celulose, que é o principal componente das paredes das células vegetais, é um polissacarídeo linear constituído por um único tipo de açúcar (D-glicose). O grau de polimerização (número de monômeros) da celulose proveniente de madeira, como o eucalipto, chega a 10.000 unidades, enquanto que a celulose de plantas, como o algodão, possui até 15.000 unidades (LAGUARDIA et al., 2005). Isso permite classificar as fibras vegetais, do ponto de vista da produção de papel, em fibras curtas e longas.

A hemicelulose é um polímero ramificado de cadeia curta, sendo um polissacarídeo composto de diferentes tipos de unidades de açúcar (D-xilose, D-manose, D-glicose, L-arabinose etc). Ela confere características importantes às pastas celulósicas, tais como redução no tempo de refino e aumento da flexibilidade das fibras (D'ALMEIDA, 1988).

A lignina é um polímero amorfo, de composição química complexa, pois pode ser composta por uma mistura de substâncias orgânicas. Ela confere firmeza e rigidez ao conjunto de fibras de celulose. As ligninas das paredes celulares dos vegetais estão sempre associadas às hemiceluloses (D'ALMEIDA, 1988).

Os constituintes menores são compostos orgânicos e inorgânicos, que conferem determinadas características às plantas, como cor, sabor, cheiro, resistência ao apodrecimento etc. Essas características variam entre as espécies de plantas, assim como com a idade e região de ocorrência do vegetal (D'ALMEIDA, 1988).

As fibras de madeira de maior importância econômica são as de árvores do grupo das dicotiledôneas arbóreas (Angiospermae) e das coníferas (Gymnospermae). Embora a maior parte das fibras tenha sua origem no tronco das árvores (parte lenhosa), elas também podem vir das folhas, como o sisal, e dos frutos, como o algodão (KOGA, 1988).

No Brasil, a madeira mais utilizada para a fabricação do papel é o eucalipto, proveniente de plantações mantidas pelas fábricas. O eucalipto, devido ao seu rápido crescimento, foi uma espécie escolhida inicialmente para reflorestamento de áreas degradadas (LIMA et al., 1988). As espécies atualmente utilizadas foram trazidas principalmente da Austrália e Tasmânia e introduzidas no Brasil há cerca de 150 anos.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

