

CAPITULO 2 - Principiais microrganismos colonizadores dos materiais pétreos

A biodeteriora o dos materiais pétreos raramente se deve a um grupo distinto de microrganismos. Como refere Warscheid (2000) numa determinada área, e num mesmo período de tempo, coexistem, em regra, muitos grupos de microrganismos. A sua simples presença não provoca, em regra, fen menos de biodeteriora o. Esta deve-se antes ao ciclo de vida e crescimento dos microrganismos que respondem, de forma activa, às altera es das condi es ambientais.

O crescimento biológico   favorecido para valores de temperatura superiores a 20 C e teores de humidade relativa superiores a 65 %. A existência de fontes de ilumina o (natural ou artificial) e a disponibilidade de nutrientes contribuem, igualmente, para esse crescimento.

Enquanto a bio-susceptibilidade primária da pedra depende sobretudo da sua estrutura e composi o química, a intensidade da contamina o biológica   determinada, em grande parte, pelas condi es ambientais em que aquela se encontra (Warscheid, 2000).

Os primeiros colonizadores de materiais pétreos no exterior são organismos autotróficos, como as microalgas e as cianobactérias. Os principais factores que condicionam o seu aparecimento são:

- Luz
- Humidade
- Temperatura
- pH

Estes microrganismos preferem, de acordo com Caneva *et al.* (1994), substratos ligeiramente alcalinos (pH = 7-8), como as rochas calcárias, e têm a capacidade de crescer apenas com dióxido de carbono, azoto e vestígios de sais minerais. Os principais danos que provocam na pedra são:

- Biofilmes de extensão, espessura, consistência e cor diversa, com uma forte adesão ao substrato (Tiano, 1998). Estes biofilmes, para além de reterem a água, permitem a adesão de poeiras, terras e resíduos orgânicos que favorecem o crescimento posterior de outros organismos;
- Libertação de ácidos, orgânicos e inorgânicos, que reagem com os minerais, formando sais solúveis.

Os líquenes incluem-se também nos primeiros colonizadores de substratos pétreos. Segundo Caneva *et al.* (1994) e Tiano (1998) os principais danos que provocam na pedra são:

- Colonizações de cores diversas (branca, amarela, laranja, verde);
- Acção mecânica sobre o substrato, devida à penetração das hifas;
- Produção de ácido carbónico que reage com alguns minerais removendo os catiões básicos (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+}) e os silicatos;
- Excreção de ácido oxálico que corrói a superfície da pedra;
- Libertação de ácidos orgânicos com propriedades quelantes que podem actuar como agentes complexantes dos catiões minerais formando compostos solúveis, frequentemente colorados;
- Produção de pigmentos que provocam alterações cromáticas.

Numa fase posterior surgem, em regra, os microrganismos heterotróficos, como algumas bactérias e os fungos. Apesar da composição inorgânica da pedra não constituir um substrato favorável ao desenvolvimento de organismos heterotróficos, este é possível devido à presença de nutrientes (Caneva *et al.*, 1991). Os nutrientes podem ser devidos a:

- Actividade de outros organismos;
- Materiais provenientes do próprio substrato;
- Partículas que naturalmente se acumulam à superfície produzindo depósitos finos.

Como refere Ingraham *et al.* (2000) os fungos e as bactérias para crescerem e formarem colónias visíveis, necessitam de quantidades muito pequenas de nutrientes

As bactérias heterotróficas para se desenvolverem necessitam de teores de H.R. superiores a 85% e da presença de substâncias orgânicas. Os materiais pétreos podem também ser colonizados por bactérias litoquimioautotróficas que utilizam compostos inorgânicos como fonte de energia (Warscheid, 2000). Por serem muito pequenas, as bactérias não têm uma penetração activa nos materiais, atacando-os sobretudo por via química através de:

- Processos de solubilização e acidificação, que produzem alterações várias como esfoliações, crostas negras e pulverização (Caneva *et al.*, 1994);
- Alterações cromáticas (Caneva *et al.*, 1994; Tiano, 1998).

De acordo com vários autores (Caneva *et al.*, 1994; Warscheid, 2000; De Leo *et al.*, 2003), os fungos parecem ser os microrganismos cuja acção química mais contribui para a biodeterioração da pedra.

Os danos que produzem na pedra são, sobretudo, de dois tipos:

- Formação de manchas, mais ou menos superficiais, devidas à libertação de pigmentos ou à presença do micélio (Caneva *et al.*, 1994);
- Solubilização da pedra, associada a uma diminuição do pH, resultante da produção de ácidos orgânicos (cítrico, oxálico, glucónico, láctico) que formam complexos quelantes com os catiões metálicos da pedra.

Em resumo, apresentam-se na tabela 1 os principais microrganismos responsáveis por biodeterioração da pedra, alguns dos seus produtos de metabolismo e dos seus efeitos na pedra.

Tabela 1: Principais microrganismos responsáveis por biodeterioração da pedra: alguns dos seus produtos de metabolismo e dos seus efeitos (Allsopp, 2002).

Microrganismo	Produtos de metabolismo	Efeitos na pedra
Bactérias autotróficas	Ácidos inorgânicos	Dissolução
Bactérias heterotróficas	Ácidos orgânicos	Dissolução Formação de patines
Fungos	Ácidos orgânicos	Deterioração mecânica e química
Algas e cianobactérias	Ácidos orgânicos ou compostos quelantes	Retenção de água Favorecimento do crescimento de seres heterotróficos Dissolução de minerais Formação de patinas e películas de cores diversas
Líquenes	Ácidos orgânicos, sobretudo ácido oxálico	Deterioração física e química Aumento da porosidade

