



Efeitos da limpeza da pedra sobre os granitos escoceses

<http://www2.rgu.ac.uk/schools/mcrg/mialga.htm>

O granito é usado como pedra de construção em Aberdeen e em redor desta cidade, assim como no sudoeste da Escócia. Esta investigação é a sequência de uma anterior que foi feita sobre a limpeza dos [arenitos](#), no entanto, graças à sua baixa porosidade, a resposta dos granitos à limpeza pode ser muito diferente do comportamento dos arenitos. Esta investigação examina os efeitos que os métodos de limpeza física e química têm sobre o granito de construção, e quais os ensaios que devem ser efectuados sobre o granito antes dessa limpeza para se determinar um método que não vá provocar danos excessivos na pedra.

Esta investigação foi empreendida pela [Historic Scotland](#), pela [Scottish Enterprise](#) e pela [Grampian Enterprise](#) durante um período de dois anos entre 1993 e 1995.

Os resultados desta investigação foram publicados sob a forma de [relatórios de investigação](#) cujas cópias estão à venda, através do Scottish Conservation Bureau, em:

Historic Scotland
Scottish Conservation Bureau
Longmore House
Salisbury Place
Edinburgh EH9 1SH
UK
Tel: +44 (0)131 6688668



A informação seguinte é um sumário dos resultados disponibilizados no relatório da investigação. Esta informação está sob os direitos de autor da [The Robert Gordon University](#), da [Historic Scotland](#) e da [Grampian Enterprise](#), pelo que, se for mencionada, os créditos devem ser atribuídos a:

Urquhart, D.C.M., M. Jones, J. MacDonald, K. Nicholson and M.E. Young, 1996.
Effects of stonecleaning on granite buildings and monuments.
Report to Historic Scotland, Scottish Enterprise and Grampian Enterprise.(334 pages) ISBN 0 9517989 8 7

Sumário dos resultados de ensaio

Existe uma percepção geral de que o granito de construção é um material tão durável que os problemas encontrados na limpeza de outros tipos de pedras pouca relevância têm para ele. No entanto, o granito não é imune ao processo de degradação e muitos edifícios históricos em granito, em todo o mundo, estão sujeitos a uma degradação significativa que provoca preocupações sobre a conservação desta pedra. A degradação das superfícies em granito assume uma grande variedade de formas tais como a descamação ¹, a delaminação ², a degradação superficial e a erosão das arestas.

Embora Aberdeen seja a localização predominante dos edifícios urbanos em granito, no Reino Unido, existem muitos outros edifícios, estruturas e monumentos em granito por todo o país, especialmente no sudoeste da Escócia.

A sujidade nas fachadas em granito

Foram feitas observações sobre a natureza da sujidade das fachadas em granito, num certo número de lugares em Aberdeen. Esta sujidade pertence a dois tipos básicos. A forma mais vulgar de sujidade era uma camada fina e compacta, estreitamente agarrada à superfície da pedra. A segunda forma de sujidade encontrada era uma crosta com vários milímetros de espessura, encontrada nalgumas superfícies de paredes e em localizações resguardadas, adjacentes às zonas de escoamento da água. Estas crostas pareciam formar-se em áreas que eram periodicamente humedecidas pelos escoamentos adjacentes mas que, muito raramente ou nunca, eram directamente molhadas, quer pela incidência da chuva, quer pelo seu escoamento. A camada de sujidade compacta continha, habitualmente, placas de gesso em simultâneo com cloreto de sódio, produtos da combustão e grãos minerais. A análise, das crostas indicou que elas eram principalmente compostas por gesso com quantidades secundárias de grãos de minerais graníticos, argilas e produtos de combustão.

Os edifícios voltaram a ficar sujos imediatamente a seguir à limpeza, mas sabe-se pouco sobre a velocidade de progressão da sujidade nova. Esta velocidade de progressão da sujidade nova está dependente de um certo número de factores onde se incluem os níveis de poluição do ar, o clima, as características da pedra e a geometria da fachada. Algumas áreas das fachadas ficaram novamente sujas mais depressa do que outras, por exemplo, a sujidade nova parecia ocorrer mais cedo nas áreas afectadas pelos escoamentos, ou em redor destas. Nas áreas húmidas, em particular, parecia que, inicialmente, a sujidade biológica se acumulava mais rapidamente do que a sujidade em partículas.

Foram feitas medições, por medição de cores, das alterações da cor pela limpeza e da velocidade de reaparecimento da sujidade, em painéis de ensaio de limpeza da superfície em granitos, situados no número 27-29 da rua King Street, em Aberdeen. Não se encontrou nenhuma evidência de qualquer descoloração ou do aparecimento de manchas atribuíveis à limpeza. No que respeita ao reaparecimento de sujidade, um ano mais tarde, a alteração média da luminosidade, para todas as superfícies limpas, era uma perda de 1%. Se a sujidade continuasse a progredir a esta velocidade, os painéis voltariam ao seu estado de luminosidade anterior depois de, aproximadamente, uma década.

¹ Scaling.

² Flaking.

A degradação do granito

Geralmente, as manifestações de degradação observadas em Aberdeen foram: delaminação na face da silharia, descamação, perda de pormenor nas arestas, desagregação granular, crescimento de algas, ocasionalmente associada com a delaminação, com o desenvolvimento de crostas e com depósitos compactos de sujidade.

Juntas em argamassa

Foi observado o aparecimento de granito manchado por baixo da linha de união entre as juntas de argamassa e a pedra subjacente, em toda a cidade de Aberdeen. Também foram observadas listas de sujidade mais escura por baixo das juntas verticais. Estas manchas requerem melhor caracterização, mas acredita-se que elas representam zonas molhadas. Nas fachadas em granito, as juntas em argamassa actuam quer como reservatórios para a água, quer como o principal caminho para transporte da evaporação da humidade proveniente do interior da fachada. É possível que estas manchas sejam provocadas por alguma reacção entre os poluentes da água da chuva e os materiais da argamassa. Foi observada alguma degradação do granito associada com as argamassas de cimento, fortes e impermeáveis, em toda a cidade de Aberdeen.

A valorização da limpeza da pedra

[ver também a [PhD research](#) efectuada por [Richard Lainig](#)]

O trabalho anteriormente referido (Webster et al., 1991, Andrew et al., 1994) examinou o efeito que a limpeza da pedra pode ter sobre o valor estético das fachadas de edifícios em arenito. As conclusões formadas para esse estudo não podem ser directamente aplicadas às fachadas em granito, uma vez que as qualidades visuais inerentes a estes dois tipos de pedra são bastante diferentes.

Foi previsto, inicialmente, que os dados recolhidos sobre o efeito que a limpeza da pedra tinha tido, no passado, sobre os valores de mercado das vendas (e dos arrendamentos) de propriedades podia ser usado como um bom dispositivo de previsão para o futuro. No entanto, o contacto inicial com avaliadores profissionais deixou a impressão inultrapassável de que a estética de uma fachada era encarada como sendo de menor importância, quando comparado com outras questões, tais como a saúde estrutural, a localização, a utilização proposta e a dimensão. Mesmo assim, o valor de mercado (ou a renda obtida) associado a uma propriedade tem sido de uma importância enorme para os proprietários, aos quais é habitualmente exigido que contribuam com importantes verbas para suporte dos custos de obras de limpeza da pedra, sempre que esta era exigida.

O mercado imobiliário é influenciado por um grande número de factores, onde se incluem as tendências gerais do mercado, a moda, a desejabilidade de certas áreas e o estado da economia, todos eles difíceis de serem relacionados entre si de uma forma que não seja subjectiva, num ou noutro grau. O efeito da limpeza da pedra é, portanto, extremamente difícil de isolar através da simples observação do correcto valor das propriedades. Numa série de entrevistas feitas, foi descoberto que existe uma opinião bastante espalhada sobre as fachadas em granito tenderem para beneficiar menos das limpezas do que as de arenito.

No questionário do inquérito descobriu-se que o valor médio para o previsível efeito da limpeza da pedra no valor das propriedades tendia para aumentar quando a propriedade em questão estava no

centro da cidade. Apesar de o aumento médio de valor esperado poder ser de quase 40% (para propriedades de ocupação comercial ocupadas pelos proprietários, situadas no centro da cidade), o efeito médio, em nove das doze categorias, foi de zero. As estimativas para propriedades com ocupação comercial no centro da cidade, ocupadas pelo proprietário, bem como para propriedades com ocupação residencial no centro da cidade, ocupadas pelo proprietário, também apresentaram números superiores a zero, indicando que talvez estas categorias fossem mais responsáveis pela limpeza da pedra do que outras. O facto de as propriedades ocupadas pelos proprietários terem registado uma estimativa do efeito ligeiramente mais elevada do que outras categorias é, muito provavelmente, consequente do desejo sentido pela maioria das pessoas em residirem num edifício que elas entendam pessoalmente ser atractivo, mais do que por qualquer razão financeira pura. A evidência anedótica, recolhida durante as entrevistas, suporta esta ideia.

Durante as entrevistas foi indicado, por uns quantos entrevistados, que a perda de unidade estética que pode resultar de um prédio de rendimento ter sido limpo por fases, usando-se possivelmente métodos diferentes, não é encarada como sendo, verdadeiramente, de grande importância no processo de valorização. Pode-se concluir que o efeito que se pode esperar que a limpeza da pedra tenha sobre o valor de mercado, dos edifícios em granito de Aberdeen, que não tenham sido limpos, pode ser previsto como não excedendo um acréscimo de 2 %, em qualquer das categorias consideradas. A resposta mais frequente dos inspectores que afirmam existir um efeito muito baixo da limpeza da pedra sobre o valor de mercado foi que, enquanto que o valor pecuniário publicado para a propriedade pode não resultar grandemente alterado em consequência da limpeza, a apetência comercial pela propriedade vai, muito seguramente, ser melhorada, levando, frequentemente, a um período mais curto entre a colocação da propriedade no mercado e o aparecimento de um comprador ou arrendatário. As implicações financeiras do melhoramento do fluxo de capital não devem ser subestimadas.

Perguntou-se a estes entrevistados se os possíveis efeitos negativos da limpeza da pedra sobre a estrutura e a estética (quando este trabalho é mal executado ou executado sem critério) podem ter um efeito negativo sobre o valor. Todos os inquiridos indicaram que não se conseguiam lembrar de nenhum exemplo dessa situação.

Os dois mercados, de proprietários habitantes e de investidores, devem ser considerados separadamente, já que a impressão mais esmagadora recebida foi a de que os investidores em propriedades não estão, geralmente, muito interessados pela estética do edifício desde que o fluxo de capital seja mantido.

Observação dos edifícios em granito na Escócia

O granito é usado como pedra de construção, principalmente, em duas regiões da Escócia, em redor de Aberdeen e no sudoeste da Escócia. Foi feita uma observação de pequena escala sobre o estado geral dos edifícios em granito nestas duas áreas, especialmente onde eles tivessem sido objecto de limpeza da pedra. Embora, em certos casos, fosse possível obterem-se pormenores sobre a limpeza da pedra desses edifícios, o rigor desses dados é incerto e, geralmente, não existem pormenores sobre a história de limpezas anteriores. Mesmo quando pormenores existem, eles são, frequentemente, elementares e insuficientes para permitirem, em retrospectiva, uma análise adequada sobre os efeitos da limpeza no edifício. Também não é possível ter-se a certeza sobre o estado do edifício antes da limpeza.

Na maior parte das áreas rurais e nas áreas com relativamente pouca indústria, incluindo o sudoeste da Escócia, os níveis de sujidade granular sobre os edifícios em granito são muito baixos. Apesar disso, foram feitas limpezas da pedra num grande número de propriedades. A quantidade de

sujidade biológica (principalmente algas verdes) era muito mais elevada no sudoeste da Escócia do que em redor da Aberdeen. Isto é consequente da maior queda de chuva no sudoeste do país.

Nas fachadas e nas estruturas em granito onde foram usados métodos de projecção de abrasivos com mais elevada pressão, existiam frequentes evidências de danos na textura da superfície devidos à sua erosão. Nalgumas fachadas limpas por via química foi observada a delaminação superficial em redor das juntas e na superfície dos blocos. Não é possível afirmar-se com certeza onde é que esta degradação estava relacionada com, ou foi exacerbada pela limpeza da pedra. Reparou-se numa degradação similar num certo número de edifícios, mas nem todos eles tinham sido submetidos à limpeza da pedra.

Foi difícil retirarem-se muitas conclusões do exame dos edifícios que foram limpos algum tempo antes deste estudo, já que os pormenores sobre os métodos de limpeza que foram empregues eram frequentemente muito elementares, ou não existiam mesmo, e havia pouca ou nenhuma informação sobre a história anterior do edifício, incluindo sobre quaisquer episódios anteriores de limpeza.

Granito em contacto com outros materiais de construção

Algumas fontes registaram exemplos em que o granito que está em contacto com outros materiais de construção parecia sofrer mais rapidamente ou mais extensamente de degradação do que o granito noutras partes da fachada. Os problemas surgiam mais frequentemente onde o granito sublinhava um tipo de pedra mais porosa e onde a pedra fosse calcária. Foi feita uma observação sobre um certo número de fachadas com tipos de pedra misturados, em toda a Escócia. Entre as trinta e uma fachadas observadas, apenas quatro mostraram um relativamente elevado grau de degradação do arenito no contacto entre arenito e granito. Três outros locais mostraram uma ligeira degradação do arenito na zona de contacto. Essa degradação assumia a forma de empolamento, delaminação, granulação ou descamação do arenito imediatamente adjacente ao granito, e até uma distancia de alguns centímetros. Quatro entre sete edifícios tinham sido obviamente, ou era sabido que tinham sido, limpos apesar de o método usado só ser conhecido num caso. Não foi, portanto, possível dizer-se se a degradação observada estava relacionada com os efeitos da limpeza química. Não existiam danos visíveis no granito da zona de contacto. É, portanto, provável que os contactos entre o arenito e o granito só sejam um problema quando o arenito tiver algumas características particulares que façam a degradação ser mais provável.

Estudos em campo sobre a limpeza da pedra

Foi avaliada uma larga variedade de métodos de limpeza da pedra, químicos e físicos, em painéis de ensaios, localizados em diversos sítios ao redor de Aberdeen.

Foram medidos as cores e a luminosidades das fachadas com um medidor cromático. Embora essas variações possam ser rigorosamente medidas, não é necessariamente certo que as variações mais subtis possam ser detectadas a olho nu. As variações mensuráveis que não são detectáveis numa fachada de um edifício, não são importantes na prática, em termos dos benefícios da limpeza da pedra. Em experiências com amostras de granito limpas, 100% das pessoas foram capazes de distinguir as variações de luminosidade superiores a 3 ou 4%, e muitos foram capazes de distinguir algumas variações ainda menores. É natural que compararem-se as diferenças de luminosidade em superfícies pequenas seja uma tarefa mais difícil do que fazer-se a mesma comparação nas superfícies maiores adjacentes aos painéis de ensaio, ou nos próprias edifícios. De facto, nos ensaios de campo reparou-se que havia uma diferença assinalável de luminosidade na linha de separação nítida entre dois painéis de ensaio, onde a medição da variação média da luminosidade entre estes dois painéis fosse menor do que 0,5%. É natural

que as variações de luminosidade abaixo dos 0,5%, em áreas adjacentes, sejam detectáveis pela vista, especialmente nas superfícies de pedra relativamente lisas. Isto tem implicações importantes sobre a limpeza dos edifícios, ou de terraços adjacentes, já que vem enfatizar o cuidado que tem que ser tomado quando é efectuada uma limpeza, se for pretendido evitarem-se variações de tonalidade em alvenarias cuja aparência se pretende que seja homogénea. Quando as fachadas não são imediatamente adjacentes, ou quando existe alguma quebra na fachada que separe as áreas de alvenaria limpas, o nível a que as variações conseguem ser detectadas é muito mais elevado.

A análise de cor nos painéis de ensaio indicou que quer o jacto de água, quer os detergentes, não têm qualquer efeito visual de limpeza sobre o granito sujo. A lavagem por jacto de água e detergente só foram eficazes na remoção das algas e dos detritos superficiais soltos. Entre os métodos de limpeza física ensaiados, alguns foram mais eficazes do que outros, apesar de os danos mais visíveis dos métodos mais agressivos terem aparecido, frequentemente, na superfície do granito e da argamassa, ficando o granito, depois da limpeza, parecendo um pouco riscado ou arranhado e a sua superfície com uma aparência bastante baça. Na argamassa, geralmente, os grãos de maior dimensão tinham sido arrancados deixando a superfície assinalavelmente picotada. Os métodos de limpeza física menos agressivos e os métodos que usavam inertes mais brandos conseguiam, em geral, remover a maior parte da sujidade do granito com menos danos para a superfície do que os métodos mais agressivos. Em certos casos, os métodos de projecção abrasiva por via húmida deixaram quantidades apreciáveis de sujidade residual na superfície.

Todos os métodos de limpeza química ensaiados foram capazes de remover a sujidade do granito e da argamassa, com a excepção dos pontos onde essa sujidade era particularmente pesada ou onde estavam presentes crostas duras. Geralmente, descobriu-se que os métodos de limpeza química usando um pré tratamento alcalino seguido por um produto de limpeza ácido não eram mais eficazes do que se fosse usado apenas o tratamento ácido. Também foi possível reduzirem-se os tempos de acção dos ácidos sobre as superfícies de granito relativamente aos que eram recomendados pelos fabricantes sem qualquer redução na quantidade de sujidade removida. Não houve qualquer evidência de descoloração ou de formação de manchas que podessem ser atribuídos a qualquer dos métodos de limpeza química.

A sujidade existente sobre as superfícies de granito, antes da limpeza, variava de amostra para amostra. Nalguns casos, a espessa camada de sujidade consistia principalmente em detritos orgânicos e fragmentos minerais em conjunto com hidrocarbonetos e com produtos da combustão, com muito pouco sulfato. A maior parte do cálcio e do enxofre estava, provavelmente, sob a forma de gesso. Os cloretos podiam derivar quer do sal rodoviário, quer dos salpicos de mar. Estes dados indicaram que a natureza da sujidade sobre os edifícios de granito não é sempre a mesma, mas que pode variar em carácter, de sítio para sítio, provavelmente dependente das incidências locais e do tipo de poluentes atmosféricos.

Não houve indicações de qualquer dano provocado na superfície do granito pelos processos de limpeza química. Não houve evidência de descamação, dissolução ou alteração mineral, a seguir à limpeza, em nenhum dos minerais. A limpeza pode ser benéfica para a pedra ao implicar a remoção do gesso, o qual se pensa estar implicado na degradação do granito. No entanto, não está claro quais poderão ser as consequências dessa remoção.

Forma medidas as quantidades de iões solúveis presentes no granito antes da limpeza. As quantidades destes iões presentes na pedra e nas argamassas sujas variam, provavelmente, de sítio para sítio. As quantidades de sulfatos, por exemplo, podem variar muito largamente. Depois da limpeza com o emprego de agentes de limpeza contendo sódio ou flúor, nalguns casos aumentou ligeiramente a quantidade de sódio e de flúor presentes no granito e na argamassa, apesar de os resultados variarem muito largamente de sítio para sítio.

Estudos laboratoriais sobre métodos físicos de limpeza

Todos os métodos físicos de limpeza ensaiados foram capazes de remover a limpeza, em graus variados, das superfícies em granito. Geralmente, os graus de remoção de sujidade e a erosão superficial mais elevados ocorreram quando se usaram pressões de projecção mais elevadas e agregados de projecção mais duros. A projecção equivalente com as mesmas pressões, mas por via húmida, foi notavelmente menos agressiva e obteve, geralmente, níveis mais baixos de remoção de sujidade.

Comparando-se métodos menos agressivos usando agregados mais brandos (carbonato de cálcio) com métodos de projecção de agregados a muito baixas pressões, houve muito poucas diferenças entre estes dois tipos de métodos no que respeita ao nível global de erosão mas, em geral, a projecção de agregados a muito baixa pressão proporcionou uma maior remoção de sujidade, frequentemente perto dos níveis obtidos pela projecção de agregados a pressões muito mais elevadas.

Enquanto que, em geral, é verdade que uma maior remoção de sujidade pode resultar num grau superior de perda de peso, não é necessariamente seguro que métodos provocando uma maior perda de peso proporcionem uma melhor limpeza, já que a perda de peso também pode resultar da erosão do granito por baixo da camada de sujidade. Um maior grau de erosão pode, portanto, indicar um excesso de abrasão na superfície da pedra. Pelo contrário, pode haver um grau de erosão mais baixo em consequência de um método de limpeza demasiadamente suave, mas tendo como consequência pouca ou nenhuma remoção de sujidade. Uma limpeza de sucesso requer um equilíbrio que consiga obter uma remoção de sujidade máxima com uma abrasão de pedra mínima. Um método de limpeza que resulta num tipo de pedra pode não resultar, necessariamente, de forma igual numa outra, já que os granitos podem variar muito em resistência. Os granitos mais resistentes, não meteorizados, podem ser bastante resistentes à erosão, permitindo a aplicação de métodos relativamente abrasivos. No entanto, nos granitos mais brandos e meteorizados, mesmo os métodos mais suaves podem resultar em graus relativamente avançados de perdas na superfície. As superfícies sujas de granito demonstraram sofrerem mais erosão em consequência da limpeza física do que as superfícies de granito inicialmente novo. Esta observação sugere que as superfícies sujas teriam sofrido algumas alterações que as fizeram serem mais vulneráveis aos danos físicos do que as superfícies novas. Essas alterações podem ser provocadas pela meteorização, pela acções dos poluentes ou pela laboração da superfície, e podem também ser o resultado de uma combinação de todos estes três processos.

Estudos laboratoriais sobre métodos químicos de limpeza da pedra

Todos os reagentes ácidos e alcalinos usados nas soluções ou nas pastas de limpeza química foram capazes de remover alguma parte ou a totalidade da sujidade. Assim, durante alguns processos de limpeza por duas fases, onde foi empregue um desengordurante alcalino, a pedra estava visivelmente mais limpa antes da aplicação das soluções ácidas de limpeza. Também se descobriu que os químicos ácidos aplicados sem desengorduramento prévio foram capazes de remover a maior parte ou a totalidade da sujidade.

Os produtos químicos demonstraram em campo e, mais tarde, em situações de painel de ensaio, serem capazes de remover a sujidade em concentrações e com tempos de acção menores do que os sugeridos pelos fabricantes. O risco de produção de danos na superfície da pedra podem ficar muito

reduzidos pela aplicação de químicos mais diluídos durante períodos mais curtos, e isso conseguindo-se um resultado final de limpeza comparável ao de um regime de limpeza com a intensidade total.

A análise de perfis em profundidade mostrou que os poluentes, tais como o sulfato, foram capazes de penetrar no interior do granito dos painéis de ensaio, dos painéis de estudo em campo e dos blocos isolados em laboratório. Os níveis de poluentes presentes foram muito baixos e, geralmente, só estavam presentes nos 0 a 5 mm superficiais.

Houve muito pouca penetração dos químicos aplicados nas amostras retiradas dos painéis de ensaio, nos estudos em campo e nas amostras limpas em laboratório. As amostras limpas em laboratório exibiram a maior penetração de químicos, o que pode ter sido devido a o procedimento de enxaguamento ter sido menos eficiente do que o procedimento de enxaguamento usado em campo e nos estudos sobre os painéis de ensaio. Mesmo nas amostras em laboratório, a profundidade e a quantidade de penetração de químicos foram muito pequenas. O painel de ensaio e o trabalho laboratorial mostraram ou sugeriram que pode ter havido uma retenção química aumentada nos granitos mais porosos.

Os efeitos dos agentes químicos de limpeza sobre a argamassa foram bastante diferentes do que sobre o granito. Determinou-se que os poluente tinham conseguido ter acesso a profundidades de 10 mm nas juntas de argamassa, no campo.

Referências

Andrew, C.A., M.E. Young and K. Tonge, 1994. *Stonecleaning: a guide for practitioners*. The Robert Gordon University, Aberdeen, Historic Scotland.

Webster, R.G.M., Andrew, C.A., Baxter, S., MacDonald, J., Rocha, M., Thomson, B.W., Tonge, K.H., Urquhart, D.C.M. and Young, M.E., 1992. *Stonecleaning in Scotland - Research Summary*, Relatório para a Historic Scotland e para a Scottish Enterprise, elaborado pelo Masonry Conservation Research Group, Gilcomston Litho, Aberdeen.