



OS GRANITOS DE VILA POUCA DE AGUIAR COMO FACTOR DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

COORDENAÇÃO: LUÍS SOUSA

FICHA TÉCNICA

Título

Os granitos de Vila Pouca de Aguiar como factor de desenvolvimento regional. Uma abordagem multidisciplinar.

Coordenação

Luís Sousa

Edição

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro,
2012

Design

Raquel Pimenta - Minfo Gráfica

Impressão e acabamento

Minfo Gráfica

Tiragem

500

ISBN

978-972-704-375-0

Depósito Legal

360601/13

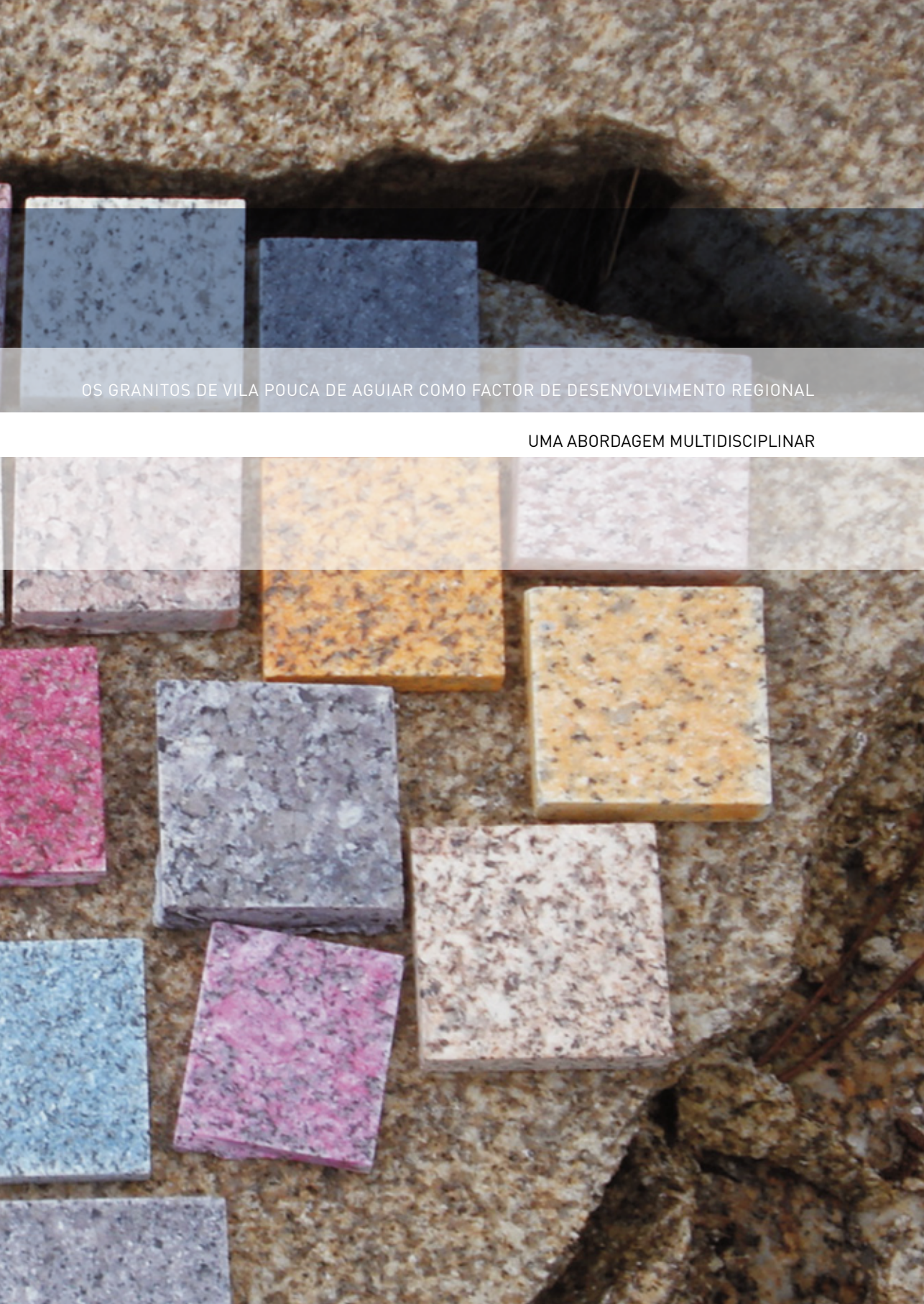
1	A GEOLOGIA DA REGIÃO DE VILA POUCA DE AGUIAR	PÁGINA 11
2	OS RECURSOS GEOLÓGICOS EM VILA POUCA DE AGUIAR	PÁGINA 23
3	OS GRANITOS DE VILA POUCA DE AGUIAR	PÁGINA 29
4	A IMPORTÂNCIA DA INDÚSTRIA DO GRANITO NA REGIÃO	PÁGINA 43
5	RECURSOS GEOLÓGICOS E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO	PÁGINA 53
6	PROSPECÇÃO DE GRANITO ORNAMENTAL	PÁGINA 71
7	LICENCIAMENTO DE PEDREIRAS	PÁGINA 85
8	EXTRACÇÃO MECÂNICA DE GRANITO	PÁGINA 115
9	EXTRACÇÃO DE GRANITO COM EXPLOSIVOS	PÁGINA 123
10	MÁQUINAS E EQUIPAMENTO UTILIZADOS EM PEDREIRAS	PÁGINA 133
11	TRANSFORMAÇÃO DE GRANITO	PÁGINA 143
12	ARQUITECTURA EM GRANITO - BREVE RELANCE DA SUA HISTÓRIA	PÁGINA 153
13	SEGURANÇA, HIGIENE E SAÚDE EM PEDREIRAS	PÁGINA 177
14	IMPACTES AMBIENTAIS RESULTANTES DA ACTIVIDADE EXTRACTIVA	PÁGINA 187
15	PEDREIRAS SUJEITAS A AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL	PÁGINA 199
16	RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DO GRANITO	PÁGINA 209
17	ATERROS DE RESÍDUOS INERTES	PÁGINA 219
18	RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E PAISAGÍSTICA DE PEDREIRAS	PÁGINA 237
19	PATRIMÓNIO GEOLÓGICO NA REGIÃO DE VILA POUCA DE AGUIAR	PÁGINA 251
20	INOVAÇÃO E INVESTIGAÇÃO	PÁGINA 269
21	A ROTA DA PEDRA EM VILA POUCA DE AGUIAR	PÁGINA 285
22	AIGRA - ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DE GRANITO	PÁGINA 293
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	PÁGINA 299



20

Luís M. O. Sousa
Bruno M. M. Gonçalves
Nelson R. Moura

Inovação e investigação

The background of the entire page is a close-up photograph of a granite surface. It features a complex pattern of light brown, tan, and greyish-white mineral grains. A prominent dark, irregular crack runs diagonally from the upper right towards the lower right. Several rectangular blocks of granite, in various colors like blue, orange, pink, and grey, are scattered across the surface, some overlapping each other and the main background. These blocks appear to be samples or finished tiles.

OS GRANITOS DE VILA LOUCA DE AGUIAR COMO FACTOR DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

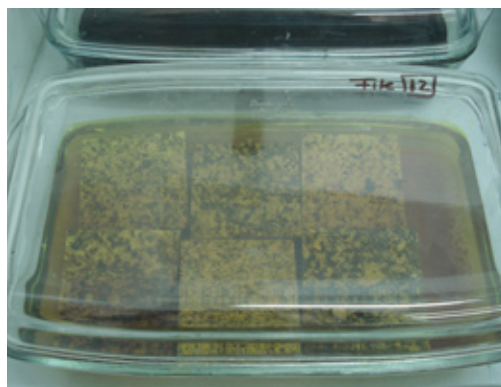
Os desafios da crescente globalização forçam as empresas e as organizações a aumentarem a sua competitividade, sob pena de serem ultrapassadas pelos concorrentes. A inovação nos processos e nos produtos, associada ou não à investigação aplicada, surge como uma aposta que as empresas devem procurar ganhar, pois daí advirão ganhos de competitividade. Em Portugal, o investimento em investigação e desenvolvimento ainda não é comum na maioria das empresas, mas esta situação vai mudando. Nas pedreiras e unidades de transformação de granito há uma aposta em novas tecnologias que aumentem a produção e o valor acrescentado dos produtos finais.

Neste capítulo iremos abordar alguns dos trabalhos de investigação que estão a ser realizados por empresas da região. As investigações em curso cobrem várias temáticas, desde a modificação das características de superfície dos granitos até à recuperação ambiental de pedreiras: coloração (cores vivas) artificial de granito; envelhecimento de granito (granito amarelado); avaliação da variação de cor, brilho e rugosidade de granitos polidos; avaliação de técnicas de recuperação ambiental de pedreiras; reutilização dos resíduos de transformação de granito.

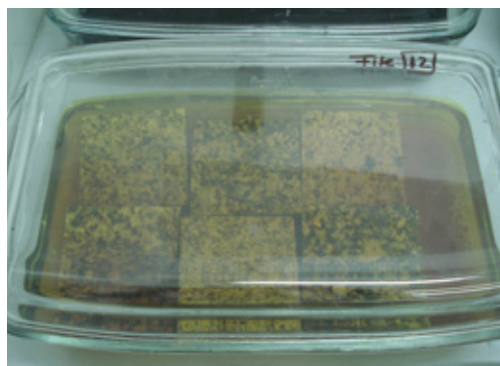
COLORAÇÃO DE GRANITO

O mercado das rochas ornamentais valoriza as rochas de tonalidades fortes, que não sendo abundantes no território nacional necessitam de ser importadas. A investigação num processo de coloração capaz de fornecer coloração aos abundantes granitos acinzentados é uma das possibilidades de valorizar os recursos geológicos nacionais.

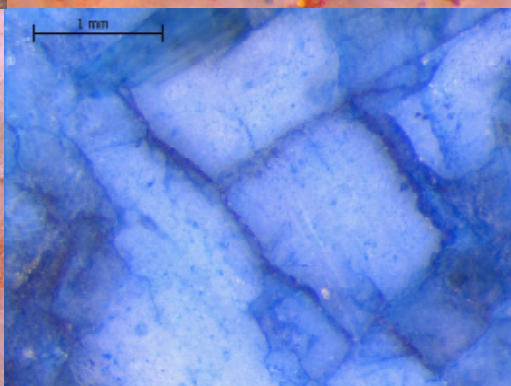
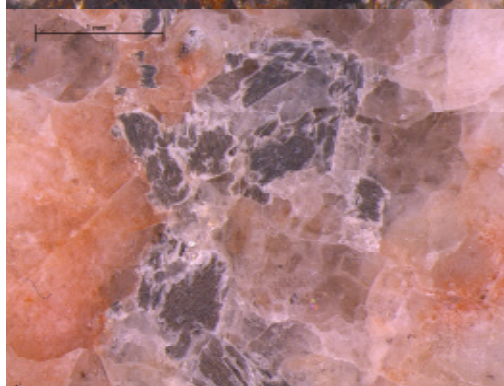
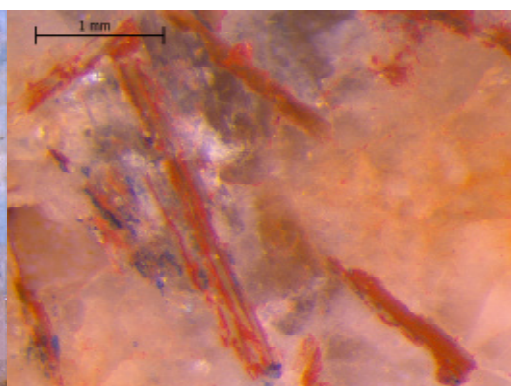
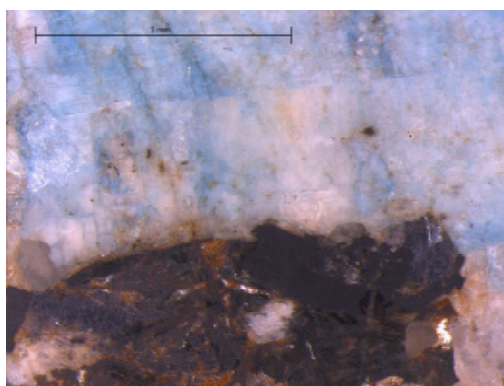
Os granitos, como a generalidade das rochas, absorvem com facilidade muitos produtos no estado líquido, com os quais entram em contacto, como muitos de nós já teve a infelicidade de comprovar nas bancadas da cozinha. Trata-se apenas de escolhermos os produtos que mais facilmente podem ser utilizados, que garantam uma uniformidade da coloração obtida e, muito importante, que sejam duráveis nas várias situações em que as rochas ornamentais são aplicadas.



Experiências de coloração - fase de impregnação.



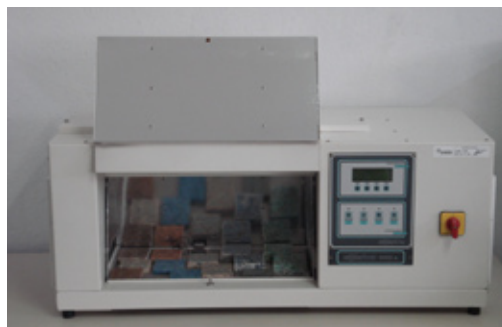
Provetes de granitos após o processo de coloração.



Aspecto da superfície dos granitos coloridos. Note-se a coloração diferencial dos diferentes minerais.

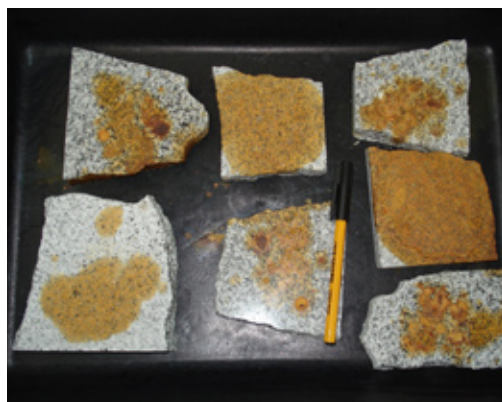
A avaliação da durabilidade é efectuada sujeitando os provetes coloridos a ambientes agressivos e/ou factores ambientais, com recursos a vários tipos de equipamentos/processos, tais como gelo/degelo, radiação solar, ambiente salino e ambiente ácido. O controlo da variação da coloração permite-nos verificar quais as substâncias corantes mais duráveis nas várias situações ambientais a que as rochas poderão vir a estar sujeitas quando colocadas em obra.

Os resultados já obtidos apontam para algumas hipóteses de coloração capazes de resistir aos ambientes mais adversos, mas a investigação deve continuar para avaliar a durabilidade em intervalos de tempos alargados, pois as rochas ornamentais são utilizadas numa obra durante décadas e qualquer coloração artificial apenas será viável caso mantenha as suas características ao longo do tempo.



Imagens de alguns dos ensaios de durabilidade realizados.

Ainda na área da coloração, investiga-se também a vertente do envelhecimento através da impregnação da superfície da rocha com uma película oxidada para simular o granito com tom amarelado/acastanhado. É possível obter esta coloração, no entanto o tempo necessário para que o processo ocorra ainda não permite que esta técnica seja exequível industrialmente.

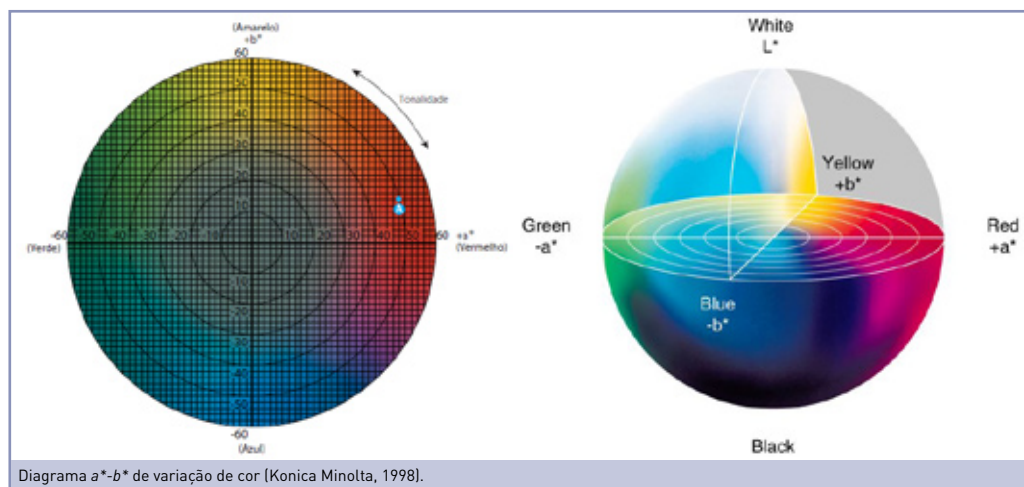


Experiências de envelhecimento do granito.

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFÍCIE DOS GRANITOS

As características físico-mecânicas das rochas são importantes para avaliar a sua aptidão como material ornamental e também para estimar a durabilidade do acabamento superficial. A cor, brilho e rugosidade são algumas das propriedades que influenciam a valorização estética das rochas, pelo que deverão ser consideradas.

A avaliação da cor em rochas é um dos parâmetros de mais difícil quantificação, pois a natural variação da distribuição e no tamanho dos minerais e o estado de meteorização são alguns dos factores que afectam o resultado final. Para evitar incertezas na classificação da cor (expressões como “acizentando” são ambíguas) são utilizados sistemas automáticos de classificação de cor com o recurso a equipamento específico (Grossi *et al.*, 2007; Sousa e Gonçalves, 2008). O espaço de cores $L^*a^*b^*$ (também conhecido como CIE LAB) é actualmente um dos espaços de cores mais populares para a medição de cores e é amplamente utilizado em muitos campos de aplicação. No espaço de cores $L^*a^*b^*$, o L^* indica a luminosidade e varia entre 0 (preto) e +100 (branco), enquanto o a^* varia entre -60 (verde) e +60 (vermelho) e o b^* varia entre -60 (azul) e +60 (amarelo).



As rochas polidas apresentam irregularidades ou imperfeições que são consequência de vários factores, de entre quais se destacam (Spínola, 2000): a constituição mineralógica, o grau de meteorização e o tamanho do grão. A determinação da frequência, localização e importância destas irregularidades numa determinada rocha permite-nos reconhecer a importância relativa destes factores. A rugosidade é avaliada através de um rugosímetro e pode ser quantificada com recurso a vários índices, tal como o R_a (que reflecte a altura das irregularidades do perfil) e o R_t (que representa a altura máxima pico-vale do perfil).



Medição da cor em amostras de granito através de um colorímetro.

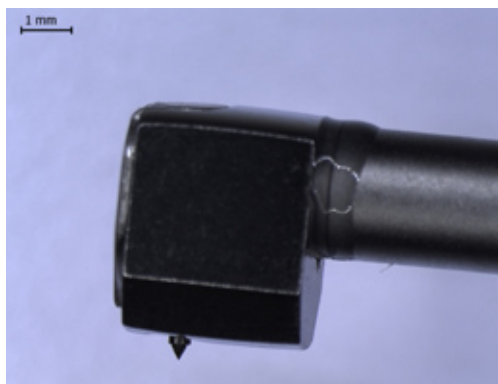
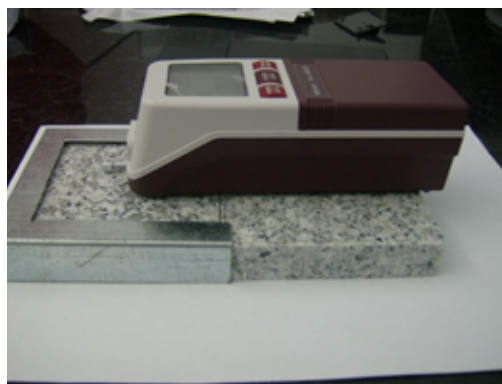
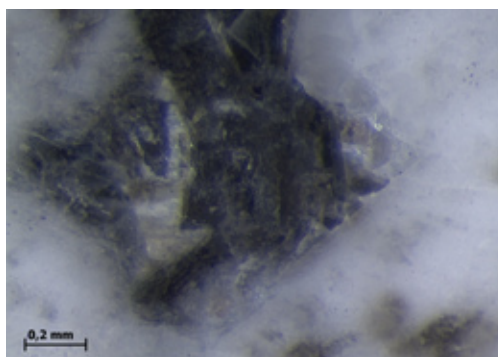
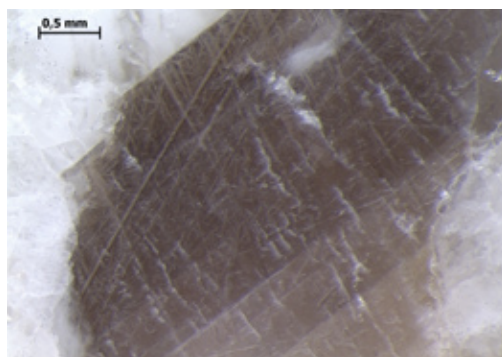
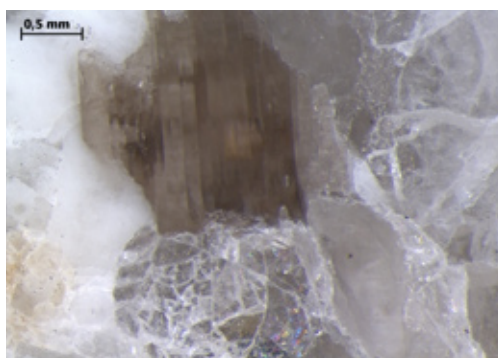
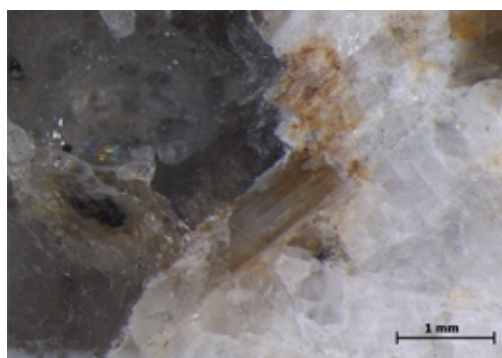
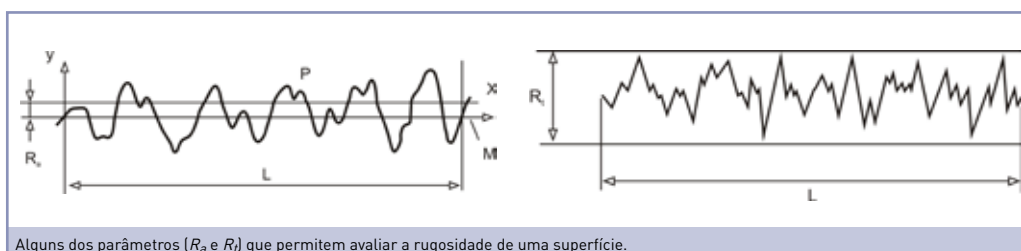


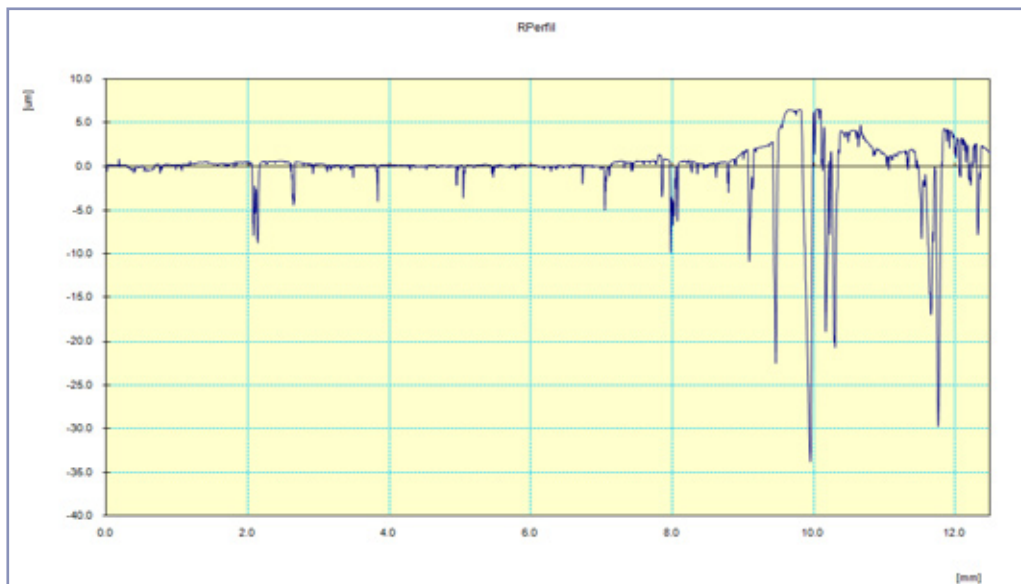
Imagem de um medidor de rugosidade e pormenor da ponteira de medição.



Imagens de pormenor de granitos polidos.

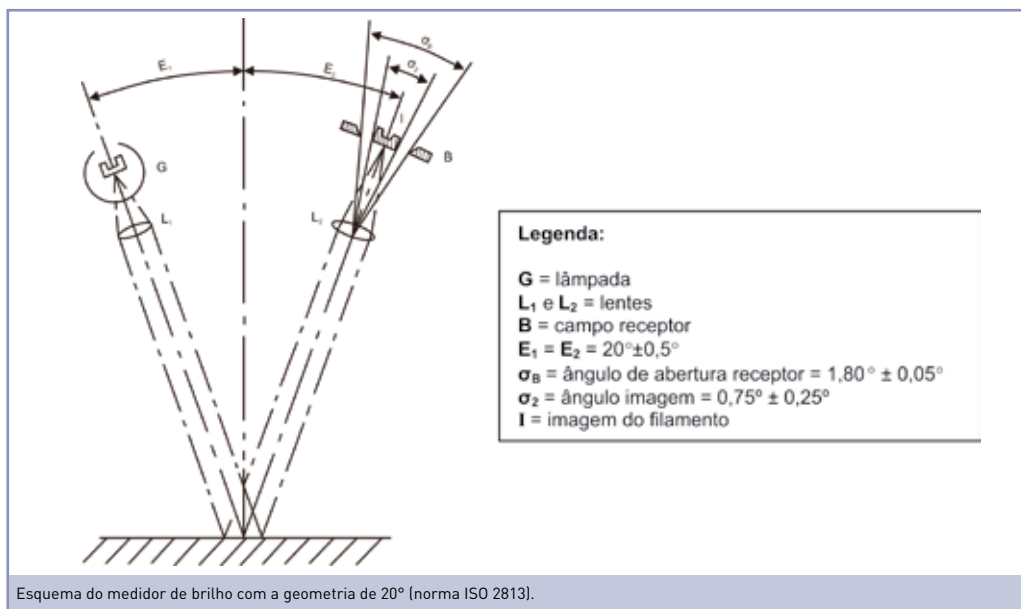


Alguns dos parâmetros (R_s e R_t) que permitem avaliar a rugosidade de uma superfície.



Exemplo de um perfil de rugosidade obtido numa superfície polida de granito ($R_a = 1,6 \mu\text{m}$; $R_t = 40,4 \mu\text{m}$).

O brilho, a capacidade de uma superfície para reflectir a luz, está relacionada com a qualidade do polimento (rugosidades) (Silva, 2008) e é uma importante característica estética. O brilho é medido fazendo incidir uma fonte luminosa na superfície, com um determinado ângulo de incidência (20° , 60° , 85°), e medindo a quantidade de luz que é reflectida pela superfície. Quanto mais regular for a superfície maior quantidade de luz será reflectida. Toda e qualquer irregularidade é susceptível de desviar a luz incidente e, como tal, diminuir o brilho da rocha. De acordo com Silveira (2007), as variáveis que mais influenciam na qualidade do brilho são: 1) micro e macro-poros; 2) superfície dos cristais; 3) diferença angular entre a direcção do corte e a orientação preferencial dos cristais; 4) micro-fracturas preenchidas; 5) tipos de minerais que constituem a rocha.

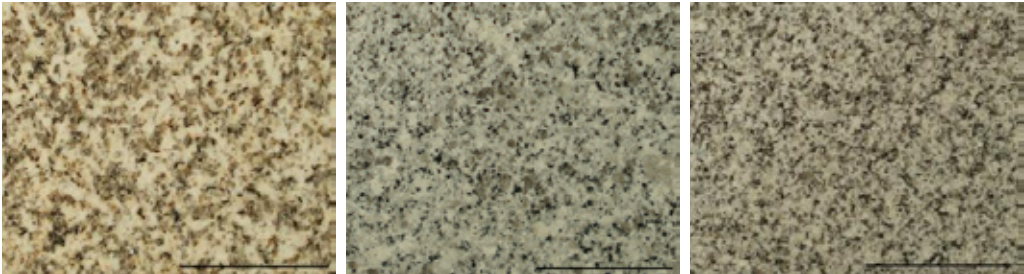


Esquema do medidor de brilho com a geometria de 20° (norma ISO 2813).

Os valores dos parâmetros atrás referidos (cor, rugosidade e brilho) podem ser utilizados, por exemplo, para verificar a qualidade do polimento, para avaliar a variação de cor de um dado granito e para efectuar controlo de qualidade ao longo do processo de transformação. Para exemplificar a avaliação das propriedades de superfície em granitos foram seleccionados três com diferentes características: dois acinzentados e um amarelado.

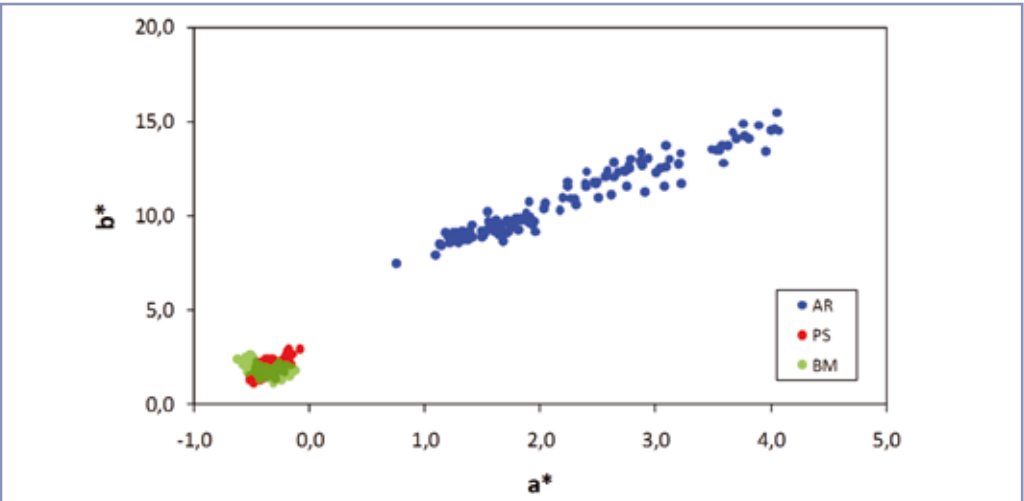
Nome comercial	Origem	Tipo
Amarelo Real (AR)	Vila Pouca de Aguiar	Duas micas, grão médio, homogêneo
Pedras Salgadas (PS)	Vila Pouca de Aguiar	Biotítico, grão médio, ligeira tendência porfiróide
Branco Micaela (BM)	Aguiar da Beira	Duas micas, grão fino a médio, homogêneo

Granitos utilizados para a avaliação das características de superfície.

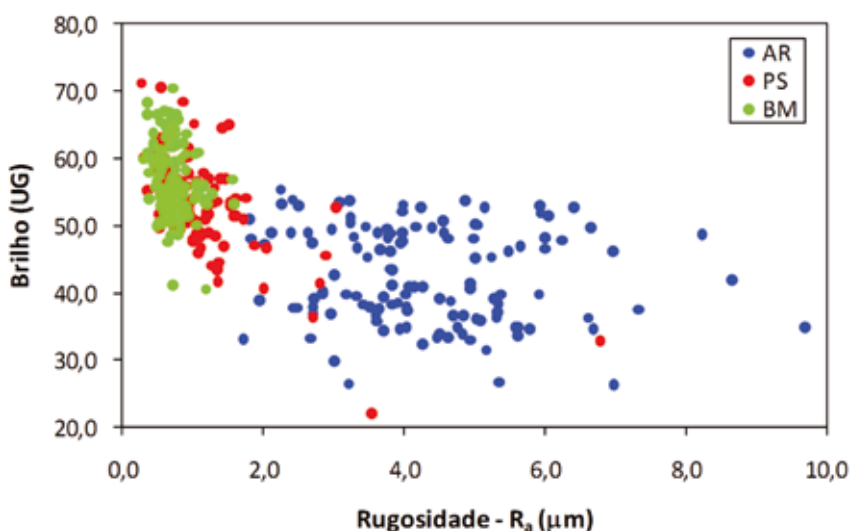


Características mesoscópicas dos granitos estudados (da esquerda para a direita: Amarelo Real, Pedras Salgadas e Branco Micaela; escala: 5 cm de comprimento).

Os granitos amarelados, como o granito explorado na serra da Falperra, apresentam variações cromáticas que podem levar a problemas na sua aplicação em obra, devido à utilização de matéria-prima proveniente de pedreiras diferentes ou de zonas distintas da mesma pedreira. Com a ajuda do colorímetro torna-se possível avaliar as variações cromáticas e constituir lotes de material com cor homogênea. Os granitos são mostrados maiores valores de rugosidade e brilho mais elevado, contrariamente aos granitos amarelados que apresentam muitas irregularidades resultantes da perda de material durante as operações de polimento.



Valores médios de a^* e b^* em provetes dos granitos Amarelo Real (AR), Pedras Salgadas (PS) e Branco Micaela (BM) (40 medições por provete) (Sousa e Gonçalves, 2010).



Relação entre brilho e rugosidade [40 medições por provete; AR-Amarelo Real; PS-Pedras Salgadas; BM-Branco Micaela] (Sousa e Gonçalves, 2010).

REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE TRANSFORMAÇÃO

A indústria das rochas ornamentais produz grandes quantidades de resíduos durante as operações de transformação, os quais se podem subdividir em dois grandes grupos: os fragmentos de rocha e as lamas. Os resíduos de fragmentos de rocha são constituídos essencialmente pelas porções das placas que não susceptíveis de aproveitamento e pelos produtos com defeito, enquanto as lamas resultam essencialmente das operações de serragem com engenho, disco ou fio diamantados. Estes resíduos, que poderão corresponder a cerca de 50% da matéria-prima que entra nas unidades de transformação, constituem um grave problema ambiental caso não sejam adequadamente acondicionados. As lamas, neste contexto, são as mais gravosas, devido à sua baixa granulometria, quantidades produzidas e pelo facto de possuírem grande quantidade de água.



Resíduos resultantes dos processos de transformação.

As lamas, em função das suas características químicas, têm sido objecto de estudo para avaliar a sua adequabilidade em várias possíveis utilizações (Moura *et al.*, 2002; Oliveira, 2005; Menezes *et al.*, 2005; Segadães *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2008; Torres *et al.*, 2009): “rochas compactadas” para pavimentos e revestimentos, indústria cerâmica, indústria de papel, como impermeabilizantes na base de aterros, artigos em cimento. No entanto, a sua reutilização de modo contínuo ainda não é prática corrente, porque muitas das utilizações necessitam de uma nova unidade de produção sequente à unidade produtora dos resíduos e também porque a quantidade de resíduos produzidos num único local não justifica o seu reaproveitamento.

A utilização das lamas de corte para a produção de outros produtos apenas poderá ser efectuada junto às unidades de transformação de rochas ornamentais caso essa reutilização possa ser efectuada a baixos custos e sem necessidade de grandes investimentos. Uma das possibilidades é utilizar as lamas para a produção de blocos com consistência suficiente para permitir a sua utilização em várias utilizações. As investigações já realizadas com resíduos de rocha permitiram verificar a elevada durabilidade dos ligantes obtidos por activação alcalina, também designados por ligantes geopoliméricos (Torgal *et al.*, 2008). Considerando a composição química das lamas de corte, é possível, mediante a adição de substâncias activadoras, a formação de um geopolímero, ou rocha artificial.

Os resultados obtidos com esta técnica são encorajadores, mas o elevado custo das substâncias utilizadas na activação da reacção torna necessária a procura de uma solução mais económica e, portanto, mais exequível. Por outro lado importa avaliar a durabilidade e resistência dos produtos obtidos para assim maximizar os possíveis campos de utilização.



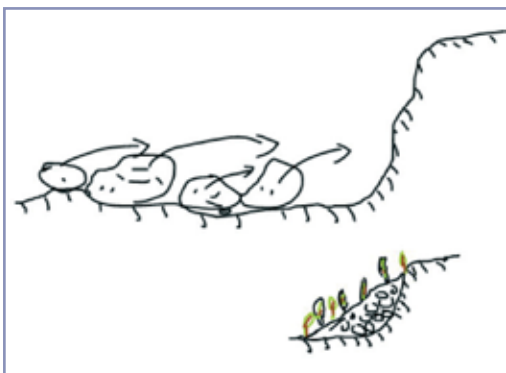
Exemplos de utilização das lamas para a obtenção de blocos.

A recuperação ambiental de pedreiras, ou de outras áreas afectadas com a remoção/remobilização dos terrenos de cobertura, tem sido efectuada com a reposição da topografia original, sempre que os projectos o permitam, e com a recuperação ambiental através da implementação da cobertura vegetal mais adequada [Cupeto *et al.*, 1994; Cullen *et al.*, 1998]. No caso das pedreiras, a recuperação ambiental e paisagística é, sempre que possível, simultânea com o processo de exploração de modo a minimizar os impactes ambientais.

De um modo geral, as explorações localizadas em ambientes essencialmente agrícolas deveriam ser recuperadas para terras de cultivo. Do mesmo modo aquelas que estão localizadas em zonas florestais deveriam ser dedicadas ao repovoamento florestal. Na recuperação de habitats combinam-se as formas de terreno, as lagoas, os cursos de água e a vegetação para cobrir as necessidades básicas dos animais no que respeita a comida, água, refúgio e tamanho do território.

No caso específico das pedreiras de granito ornamental localizadas na serra da Falperra, pedreiras localizadas em flanco de encosta, com uma profundidade de exploração máxima na ordem dos 8-12 m e com elevada percentagem de resíduos inertes, a restauração das zonas degradadas torna-se difícil devido à dificuldade do desenvolvimento das raízes [Rawlinson, 2004; Oliveira e Martins, 2005]. Criar um ambiente propício ao desenvolvimento de uma eficaz cobertura vegetal é o principal objectivo nesta região de solos pobres e sem manchas de empréstimo com solos passíveis de serem utilizados. Estudos realizados na Hungria permitiram estabelecer uma técnica de cultivo em escombrelas baseada na deposição de uma mistura de solo orgânico composto por lenhite, serradura e restos de vegetais (International Mining, 1988). Também já foi testada a utilização de lamas lagunares misturadas em diferentes proporções de resíduos minerais [Dudeney *et al.*, 2004]. Técnicas como a hidrosementeira são aplicadas com sucesso quando há uma camada de solo com boas características edafológicas e com boas acessibilidades locais que permitam o transporte do equipamento necessário. A utilização de produtos de processamento de ardósias em conjunto com gel permitiu obter melhores resultados na taxa de sobrevivência das árvores plantadas [Rowe *et al.*, 2005].

A utilização de produtos corantes é utilizada pontualmente [González, 1996], embora não tenha sido avaliada a consequência ambiental da respectiva utilização quando os produtos são arrastados pelas águas correntes. Pretende-se avaliar também a eficácia na fixação de líquenes nas superfícies de rocha, pois estes são dos primeiros seres vivos a efectuar a colonização biológica [Arocena, 2003] e são importantes agentes de meteorização [Prieto *et al.*, 1999; Garcia-Vallès, 2003; Hall *et al.*, 2005]. A utilização de gel para aumentar a disponibilidade de água para as plantas [Holliman, *et al.*, 2005] é uma das técnicas mais utilizadas *in situ*, pois a reprodução de líquenes em laboratório é difícil [Sanders, 2002], embora se deva avaliar as eventuais implicações ambientais decorrentes da sua utilização [Holliman, 2005].

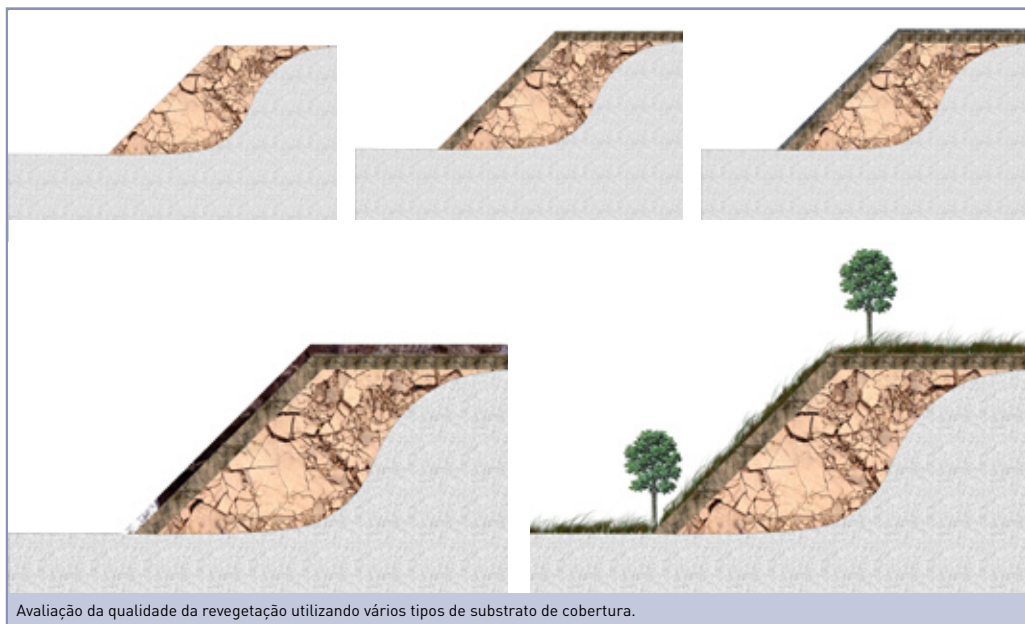


Regularização topográfica das zonas mais acidentadas.

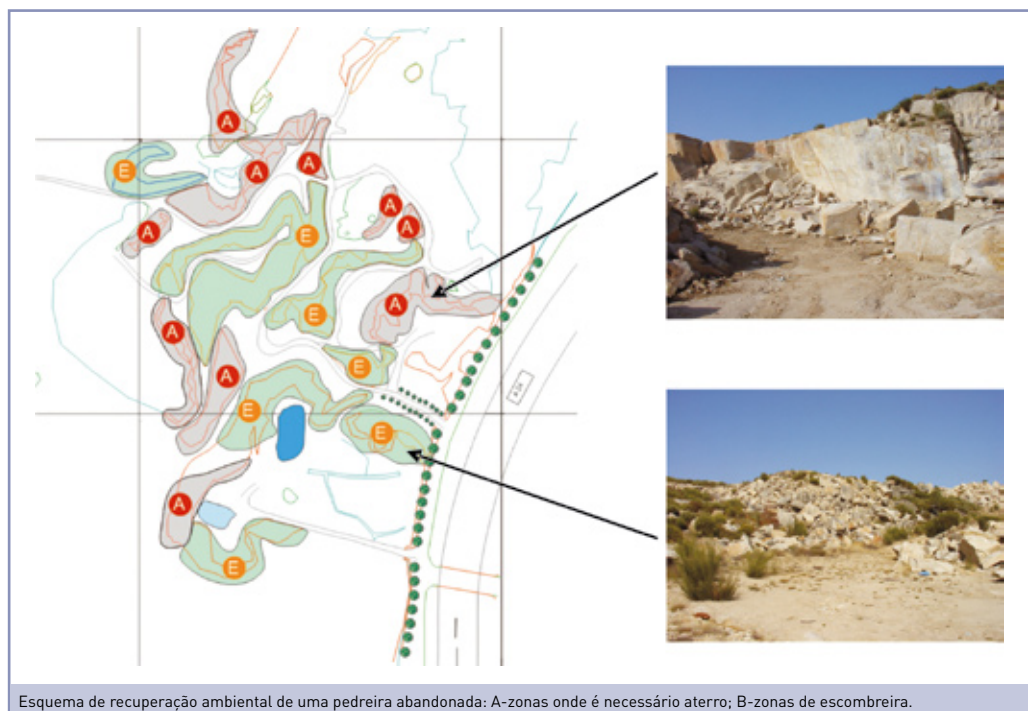
As soluções de recuperação a estudar devem ser exequíveis, na medida em que utilizem produtos disponíveis em grandes quantidades e cujos custos sejam baratos, procurando-se assim que as soluções de recuperação sejam economicamente viáveis. Por outro lado, as técnicas a serem utilizadas, durante a vida activa das pedreiras quando a recuperação se efectua ao mesmo tempo que a exploração da matéria-prima, devem permitir a sua aplicação em pequenas áreas sem custos elevados. A utilização de lamas de corte de granito, abundantes na região e com problemas de armazenamento, de resíduos orgânicos, de lamas de ETAR desidratadas, surgem assim como alternativas a considerar para a recuperação das pedreiras. No entanto, e dados os problemas ambientais decorrentes da utilização de produtos potencialmente agressivos, como se verifica no caso das minas abandonadas (Silva *et al.*, 1995; Oliveira e Ávila, 1995), é imperioso que se avaliem as consequências da utilização dos produtos atrás referidos.

Na zona da serra da Falperra pretende-se realizar investigação em recuperação ambiental de zonas degradadas pela exploração de pedreiras sob duas abordagens distintas: 1) apenas com utilização com os resíduos da exploração e eventualmente terra vegetal; 2) com a adição de outros resíduos inertes e inorgânicos.

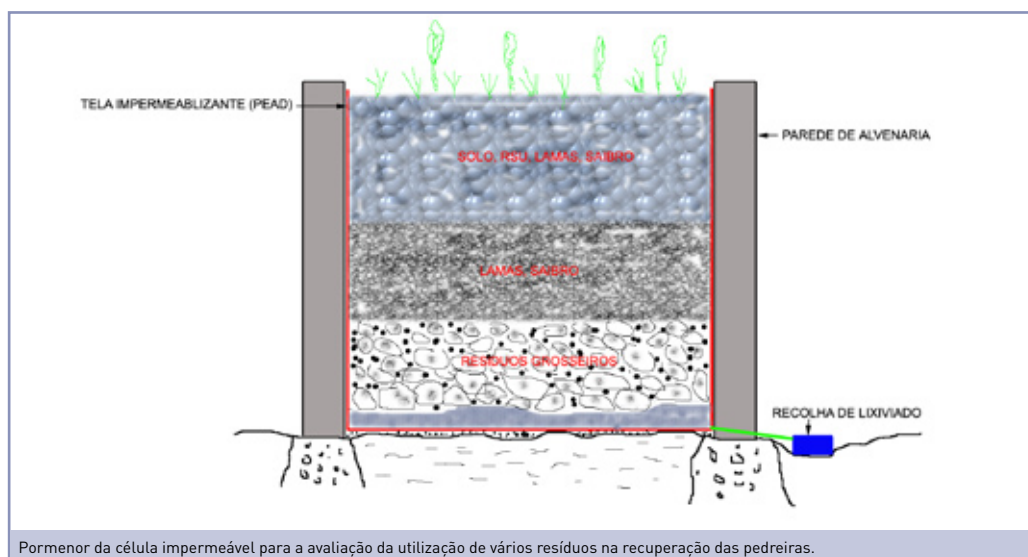
No primeiro caso, após a regularização topográfica das áreas mais íngremes, seriam testados vários tipos de coberturas (apenas resíduos; areias graníticas; terra vegetal; resíduos orgânicos) para avaliar a facilidade das herbáceas semeadas e dos arbustos e árvores plantados.



A avaliação de outros resíduos e produtos (p. ex: Lamas de ETAR, corantes,...) deve ser efectuada em ambiente controlado para quantificar a libertação de eventuais substâncias contaminantes. A construção de células de ensaio, devidamente impermeabilizadas, onde se colocariam vários tipos de materiais e em diferentes proporções, poderia servir para esta finalidade.

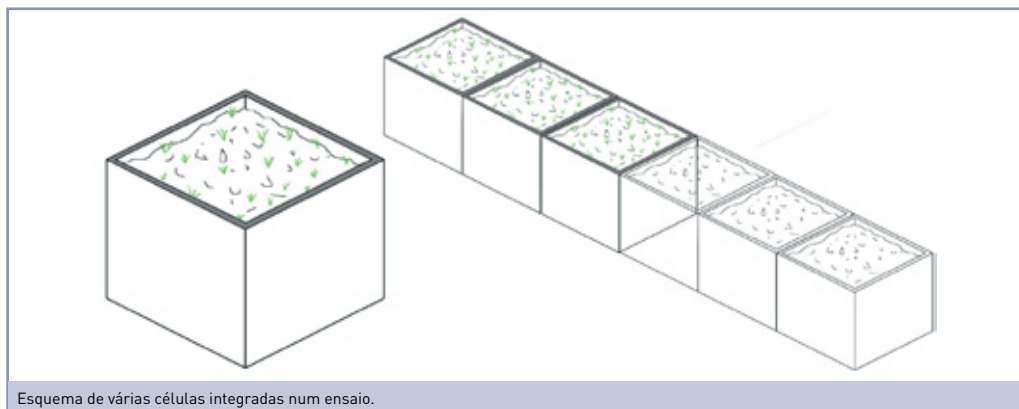


Esquema de recuperação ambiental de uma pedreira abandonada: A-zonas onde é necessário aterro; B-zonas de escombreira.



Pormenor da célula impermeável para a avaliação da utilização de vários resíduos na recuperação das pedreiras.

Os trabalhos de investigação em curso consistem na avaliação da facilidade/dificuldade da revegetação em vários tipos de substratos. Numa primeira fase, procedeu-se à colheita de sementes de arbustos e herbáceas de espécies autóctones durante a época própria (Julho e Agosto), tendo-se procedido posteriormente, na Primavera, à sementeira nos vários substratos. Os resultados obtidos são promissores e permitem desde já apontar as espécies e os tipos de materiais mais favoráveis para a revegetação das áreas degradadas, e exemplificam que a recuperação paisagística é possível com custos reduzidos.



Imagens das várias fases da investigação (recolha de sementes; construção das células de ensaio; sementeira e resultado final).