



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Recuperação de Áreas Degradadas por Explorações de Agregados a Céu Aberto

Proposta de ferramenta de avaliação

Maria Inês Fontes Vicente

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DE MINAS E GEO-AMBIENTE

Orientador: Prof. Dr. João dos Santos Baptista

Porto, Outubro 2016

MESTRADO EM ENGENHARIA DE MINAS E GEO-AMBIENTE 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Tel. +351-22-508 1986 / +351-22-508 1960

Fax +351-22-508 1448

minas@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

feup@fe.up.pt

<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-Ambiente - 2015/2016 - Departamento de Engenharia de Minas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Este espaço é dedicado àqueles que, de alguma forma, participaram nesta minha jornada, deixaram a sua marca e sem os quais nada teria sido igual.

Ao meu orientador, professor João Baptista, pela disponibilidade que desde logo demonstrou para trabalhar comigo nesta dissertação, mas também pela paciência para as minhas muitas questões e por me ter cedido aquele que foi o meu local de trabalho predileto durante vários meses. Sempre demonstrou que acreditava em mim e no trabalho que estava a desenvolver e por isso lhe fico bastante grata.

Aos professores com quem me fui cruzando ao longo destes anos, que contribuíram para a minha formação académica e com os quais aprendi o que é ser Engenheira de Minas.

A Minas e Ambiente, pelos momentos inesquecíveis, por me ter acolhido quando tudo era desconhecido, por me ter ensinado que o respeito é tudo, por me ter dado uma capa e pela palavra “saudade” ter agora um outro significado.

Aos meus colegas, mineiros e não só. A todos os que estavam lá, não só nos bons momentos mas também nos de desespero e impotência, aos que alcançaram sempre os seus objetivos através do esforço e nunca negaram ajuda a ninguém, aos que além de bons colegas são boas pessoas, a esses o meu obrigada por terem estado ao meu lado. E não seria justo não dirigir uma palavra direta à minha *partner* Di. Somos a prova viva de que “juntos somos mais fortes”.

Aos meus amigos, por toda a compreensão, pelo apoio constante e por serem para sempre.

Ao Pedro, meu pilar, meu confidente. Obrigada pela paciência infinita e por acreditares mais que eu.

Por fim, à minha família. Pela dedicação, esforço e por me darem esta oportunidade. À minha mãe por todo o incentivo e força transmitida. À minha tia por ser um exemplo de coragem, superação e por me ter “adotado”. Uma palavra especial para o João Pedro, o único capaz de melhorar qualquer dia e circunstância.

A todos, o meu sincero obrigada!

RESUMO

A existência de pedreiras deixadas ao abandono sem qualquer tipo de ação de recuperação é a causa de grandes perturbações a nível ambiental, ecológico, de segurança e paisagístico.

Este trabalho visa apresentar propostas para minorar os resultados e consequências ambientais e paisagísticos da atividade extrativa de três pedreiras, duas de calcário e uma de granito. O método de trabalho envolveu a criação de uma ferramenta de apoio à avaliação que fosse aplicável em várias pedreiras e que permitisse de uma forma expedita comparar as três fases de avaliação de impactes: situação inicial, durante a recuperação e pós-recuperação. De acordo com a avaliação inicial feita às pedreiras foi traçada uma proposta de recuperação a aplicar de forma a atenuar ou mitigar os principais impactes detetados, bem como uma sugestão de utilização a dar ao espaço que fosse além da simples revegetação, considerado como um requisito mínimo nas ações de recuperação.

De um modo geral espera-se que as recuperações sugeridas possam promover a melhoria do ambiente degradado, contribuir para a reintegração da paisagem e para a criação de habitats propícios à permanência de espécies.

Palavras-Chave: pedreiras, granito, calcário, recuperação ambiental e paisagística, impactes ambientais.

ABSTRACT

Abandoned quarries without recovery are a source of major environmental, ecological, safety and landscape disruptions.

What is aimed with this study is to propose actions to mitigate and attenuate the environmental and landscape consequences brought up by the extraction activity in three quarries, two operating with limestone and one operating with granite. The working method consisted in creating a support tool applicable to the evaluation of several quarries which allows an expeditious comparison between three impact assessment stages: baseline situation, recovery period and post-recovery period.

According to an initial assessment, a recovery proposal was drawn up in order to reduce the main detected impacts in each one of the three quarries, as well as a suggestion for land use that went beyond a simple revegetation, considered as a minimum requirement in recovery actions.

Generally, it is expected that the suggested actions promote an improvement of the degraded environment, contribute to landscape reintegration and create habitats that favor the permanence of species.

Keywords: quarry, granite, limestone, environmental and landscape recovery, environmental impact.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. ESTADO DA ARTE.....	3
2.1. Enquadramento Técnico	3
2.2. Impactes comuns na Exploração de Pedreiras.....	6
2.3. Enquadramento Legal aplicável ao setor.....	15
2.4. Conhecimento Científico	18
2.4.1. Importância da recuperação de espaços degradados pela indústria mineira	27
2.4.2. Principais práticas de recuperação aplicadas à indústria extrativa.....	28
2.4.3. Tipo de uso pós recuperação	38
2.4.4. Alguns exemplos de projetos de recuperação ambiental e paisagística	45
3. OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	51
3.1. Objetivos.....	51
3.2. Metodologia	52
4. RESULTADOS	53
4.1. Enquadramento das áreas em estudo	53
4.1.1. Calcário: Integração regional	53
4.1.2. Granito: Integração regional	55
4.1.3. Descrição das explorações	58
4.2. Guião de Verificação	60
4.3. Avaliação da situação referência	64
4.3.1. Calcário.....	64
4.3.2. Granito	68
4.4. Recuperação Ambiental e Paisagística - Mitigação e minimização de impactes	71
4.4.1. Calcário.....	71
4.4.2. Granito	84
4.5. Avaliação pós-recuperação	89
5. CONCLUSÕES.....	93
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre a localização das pedreiras, observador e impacte visual. Fonte: (Correia & Sousa 2012)	10
Figura 2 - Guia básico de apoio à avaliação de pedreiras abandonadas.	30
Figura 3 -Tipos de instabilidade de blocos. Adaptado de (Lopes 2010)	33
Figura 4 - A-Vala de Retenção; B-Muro de Gabiões; C-Parede Tipo Berlim com ancoragens; D-Gunitagem; E- Barreiras de rede	34
Figura 5 - Tipos de preenchimento possíveis para vazios resultantes da exploração de pedreiras. Adaptado de: (Correia & Sousa 2012)	35
Figura 6 – Vala em betão para recolha e condução de águas superficiais.	35
Figura 7 - Exemplo de aplicação de resíduos para enchimento de bancadas resultantes da exploração. Fonte: (Correia & Sousa 2012)	37
Figura 8 - Sugestões para a reabilitação de pedreiras abandonadas. Adaptado de (Milgrom 2008)	39
Figura 9 – Possíveis cenários para reabilitação de pedreiras. Adaptado de(Tang et al. 2011)	40
Figura 10 - Buttes-Chaumont em construção (1864-67) (esquerda) e atualmente (direita). Fonte: en.parisinfo.com.....	46
Figura 11 - Pedreira de extração de caulinite (cima) onde mais tarde seria criado o projeto Éden (baixo). Fonte: edenproject.com	47
Figura 12 - Ópera Dalhalla. Fonte: http://meyersound.com e thompsonstudio4.wordpress.com	47
Figura 13 - St. Mary’s Quarry ainda em exploração (esquerda) e atualmente como área de lazer (direita). Fonte: townofstmarys.com	48
Figura 14 - Mina do Lousal. Fonte: http://repositorio.lneg.pt	49
Figura 15 -Localização de Cantanhede. Fonte: Google Maps.....	54
Figura 16 - Identificação da localização da pedreira em estudo. Fonte: Google Maps	54
Figura 17 -Localização de Vila Pouca de Aguiar. Fonte: Google Maps	56
Figura 18 – Identificação da localização da pedreira em estudo. Fonte: Google Maps	56
Figura 19 – Taludes de uma pedreira de calcário sem qualquer intervenção (esquerda); Taludes depois de intervenção de remediação (direita). Fonte: (Gunn & Bailey 1993)	72
Figura 20 – Divisão da área da pedreira em zona 1 e 2. Adaptado de Google Maps	73
Figura 21 – Vista e medição aproximada da área da corta na zona 1. Fonte: Google Maps.....	73
Figura 22 – Ilustração do efeito pretendido. Adaptado de (Bastos & Silva 2006).....	74
Figura 23 – Localização dos volumes a utilizar no enchimento da corta e possível localização do canal de drenagem. Adaptado de Google Maps.....	75
Figura 24 – Figura ilustrativa do desmonte dos degraus para uma largura de 20m. Adaptado de LNEG..	76
Figura 25 – Exemplificação do resultado pretendido. Fonte: Secil	77
Figura 26 – Exemplificação da revegetação de taludes. Fonte: Secil	77
Figura 27 – Zona 2. Fonte: Google Maps.....	78
Figura 28 – Perfil da depressão com enchimento e revegetação. Adaptado de (Tang et al. 2011)	80
Figura 29 – Exemplo de equipamento a instalar.	81
Figura 30 – Vedação da área da pedreira.	81
Figura 31 – Aproveitamento de uma área de exploração para fins agrícolas.	82
Figura 32 – Zona industrial de Murte de. Fonte: Google Maps.....	82
Figura 33 – Corta de exploração. Fonte: Google Maps	85
Figura 34 – Linhas de água contíguos à pedreira. Representação do canal de drenagem. Adaptado do Plano Diretor Municipal da Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar.....	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valores limite para classificação de pedreiras. (Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de Outubro do Ministério da Economia e Inovação 2007)	15
Tabela 2 – Resultados da revisão sistemática.	20
Tabela 3 – Princípios e objetivos da recuperação. Adaptado de (Sánchez et al. 2013)	28
Tabela 4 - Várias utilizações possíveis para pedreiras recuperadas. Adaptado de (Soltanmohammadi et al. 2010)	42
Tabela 5 - MLSA critérios, atributos e subatributos. Adaptado de(Soltanmohammadi et al. 2010)	43
Tabela 6 - Soluções e exigências para a implementação de um determinado uso em locais de antigas explorações a céu aberto. Fonte:(Correia & Sousa 2012)	45
Tabela 7 – Critérios utilizados na classificação de impactes ambientais.....	63
Tabela 8 – Volumes referentes à zona 1.	74
Tabela 9 – Dimensões dos degraus a desmontar	75
Tabela 10 – Volumes de enchimento para a zona 1 (estimativa).....	76
Tabela 11 – Volumes referentes à zona 2	79
Tabela 12 – Volumes disponíveis para enchimento da zona 2. Fonte: Estudo de Impacte Ambiental	79

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de recursos minerais tem hoje, mais do que nunca, uma importância inquestionável na economia e sociedade já que a grande maioria dos bens de consumo, veículos, tecnologias, materiais de construção dependem, de alguma forma, da indústria extrativa. É possível afirmar que a capacidade de explorar e utilizar os materiais geológicos é uma medida do grau de desenvolvimento tecnológico das sociedades e países. No entanto, a exploração mineral tem características próprias que a distinguem de todas as outras atividades económicas – possui uma rigidez incontornável no que à localização diz respeito, é pautada muitas vezes por um percurso de incerteza, singularidade dos jazigos, não é possível a renovação dos recursos à escala humana – e na maioria das vezes implica a modificação da paisagem local, algo que é necessário assumir.

Em contrapartida com o seu elevado potencial económico, a indústria extrativa está muitas vezes associada a fortes impactes, degradação e danos ambientais irreversíveis que importa evitar, por forma a garantir a sustentabilidade da própria indústria, caso contrário são abertas as portas de uma contestação justificada pelo seu comportamento irresponsável.

As alterações no meio ambiente provocadas pela exploração de recursos são inegáveis, no entanto, o desenvolvimento da mineração em concordância com a recuperação ambiental e paisagística é hoje tecnicamente possível e pode ser uma realidade em conjunto com um planeamento adequado da própria exploração, o que nem sempre acontece.

O Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística (PARP), sendo um imperativo legal, tem por objetivo a reabilitação das áreas afetadas pela exploração propriamente dita bem como infraestruturas conexas (anexos, acessos, áreas de deposição de resíduos, etc.) e irá atender à localização, características e enquadramento das áreas que se pretendem recuperar. Idealmente, o PARP é articulado com o faseamento da exploração, propondo métodos e técnicas exequíveis, adaptados às condições concretas existentes no terreno, sendo as propostas de recuperação sempre devidamente quantificadas, calendarizadas e orçamentadas. Apesar de este ser um documento essencial para a atribuição da licença de exploração é muitas vezes descurado ao longo da mesma, quer por negligência, falta de recursos económicos ou até mesmo alteração dos objetivos da mineração por parte da entidade exploradora e quando assim é o abandono sem recuperação é a atitude mais comum. O impacte paisagístico é o mais visível no imediato já que muitas vezes são deixadas verdadeiras “cicatrices” na paisagem, fruto das escavações efetuadas, no entanto, a médio/longo prazo a descontinuidade biofísica torna-se um provável foco de contaminação a vários níveis em associação com inadequados usos dos locais como depósitos de lixos e resíduos diversos.

Na implementação de uma proposta de recuperação ambiental e paisagística devem ser consideradas características como sejam a sua localização geográfica, acessibilidade, área de ocupação, existência de taludes instáveis ou/e em mau estado de conservação, para além da existência de vegetação arbustiva,

elementos de interesse histórico-cultural, entre outros. Cada um destes elementos deve ser avaliado, os possíveis impactes inventariados e por fim são apresentadas soluções para a recuperação de pedreiras. Há que ter em atenção que o objetivo das diversas propostas será trazer mais-valias ao local explorado, à sua envolvente e, sempre que possível, a implementação de um projeto deverá contribuir para o desenvolvimento sustentável da região em que esta indústria se enquadra.

Quando as atividades produtivas cessam de forma permanente dá-se o encerramento da exploração, encerramento esse que se refere ao conjunto: desativação, reabilitação e abandono. O plano de encerramento deve compreender a estratégia ambiental e de segurança a aplicar em cada um dos elementos presentes na pedreira: frentes livres e depressões; escombreliras, solos e materiais de cobertura; instalação de tratamento/britagem; edifícios e outras infraestruturas; maquinaria e equipamentos; aterros e resíduos; solos, águas superficiais e/ou subterrâneas contaminadas (Fiúza 2009).

Neste sentido, torna-se imperativo perceber o que pode ser feito em relação às instalações de extração de minérios, nomeadamente as que se encontram a céu aberto, sem qualquer estratégia de preservação ambiental, que metodologias de recuperação aplicar, de forma a minimizar os prejuízos que desta indústria advêm em circunstâncias de abandono.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. ENQUADRAMENTO TÉCNICO

Importa fazer uma pequena consolidação de alguns conceitos e definições relativamente à recuperação de áreas abandonadas antes da sua utilização constante ao longo do presente trabalho, como sejam: degradação ambiental, impacto ambiental, recuperação, restauro, e reabilitação. O objetivo não será de todo uma ampla revisão concetual uma vez que a existência de uma vasta quantidade de literatura sobre o assunto não o justifica.

2.1.1. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

O conceito de degradação ambiental refere-se comumente à existência de impactes ambientais negativos como consequência de determinadas atividades antrópicas. A degradação de um sistema e/ou objeto é muitas vezes associada à perda de qualidade, assim é possível afirmar que degradação ambiental consiste na deterioração da qualidade ambiental. No entanto, degradação ambiental não tem uma definição única e inequívoca, mas é apreendida segundo a forma como as pessoas e grupos sociais entendem, ou percebem, as alterações ambientais. Torna-se assim perceptível o porquê de o grau de perturbação ambiental tolerado hoje em dia não ser o mesmo que há vinte ou trinta anos, como comprova a evolução da legislação ambiental.

Segundo Sánchez (2006), o termo degradação ambiental pode ser entendido de acordo com, quatro perspetivas:

- i. Perda de capital ou património natural: há degradação quando se constata a perda de elementos da natureza ou de recursos ambientais, como os solos, a biodiversidade, um determinado componente da paisagem, entre outros. Assim, a erosão de solos agrícolas representa a redução da quantidade deste elemento do capital natural que poderia ser empregue seja para produzir bens (valor económico), seja para garantir a integridade dos processos ambientais (valor ecológico);
- ii. Perda de funções ambientais: um ambiente está degradado quando deixa de desempenhar uma ou mais funções no ecossistema, como a regulação do regime hídrico, a proteção contra a erosão, defesa de fauna selvagem, entre outros. A perda de funções ambientais, muitas vezes, implica prejuízos ou impactos sociais, como exemplifica o frequente caso de inundações em áreas urbanas;
- iii. Qualquer situação criada pelo homem que represente risco para a saúde ou a segurança das pessoas: trata-se de uma forma de degradação ambiental devido à presença de áreas contaminadas, de taludes ou escavações subterrâneas instáveis, de recursos hídricos poluídos, de ar poluído, entre outros;
- iv. Alterações paisagísticas: a alteração percebida como adversa de atributos da paisagem tais como alterações do relevo por escavações e aterros, alteração da fisionomia da vegetação, presença de feições erosivas ou de solo exposto, presença

de resíduos, edifícios urbanos sem manutenção, equipamentos urbanos sem manutenção, etc.

Se o ambiente pode ser degradado de diversas maneiras, a expressão *área degradada* sintetiza os resultados da degradação do solo, da vegetação e muitas vezes das águas.

Assim e em suma, pode-se definir degradação ambiental como *qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais*, ou como uma *alteração adversa da qualidade ambiental* (Sánchez 2006).

2.1.2. IMPACTE AMBIENTAL

Há na literatura inúmeras definições para este conceito, quase todas concordantes quanto aos seus elementos básicos mas formuladas de formas distintas. Alguns exemplos:

- i. Qualquer alteração no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana (Moreira, 1992);
- ii. Efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem (Westman, 1985);
- iii. Mudança num parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada (Wathern, 1988).

Em Portugal, o Decreto-Lei nº151-B/2013 correspondente ao atual regime jurídico da avaliação de impacte ambiental (AIA) preconiza impacte ambiental como *conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas no ambiente, sobre determinados fatores, num determinado período de tempo e numa determinada área, resultantes da realização de um projeto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projeto não viesse a ter lugar*. Esta definição abrange a possibilidade de ocorrência de impactes ambientais positivos e/ou negativos, ao contrário do que acontece na maioria das vezes em que a palavra impacte está associada a algum tipo de dano. Importa fazer uma diferenciação clara dos termos *impacte* e *poluição*, fruto não raras vezes de interpretações pouco adequadas. Impacte ambiental trata-se de um conceito mais amplo e substancialmente distinto de poluição já que esta tem somente uma conotação negativa e impacte, como já referido, pode ser benéfico ou adverso. De ressaltar também que poluição se refere a grandezas físicas quantificáveis, de matéria ou energia, que podem ser medidas e para as quais podem estabelecer-se padrões como sejam níveis admissíveis de emissão, de concentração ou intensidade. É possível então afirmar que toda a poluição, ou seja emissão de matéria ou energia para além da capacidade assimilativa do meio, provoca impacte ambiental, já o contrário pode não ser verdade: nem todo o impacte tem a poluição como agente causador (Sánchez 2006). Como exemplo ilustrativo pode-se referir a construção de barragens ou a instalação de parques eólicos que tratando-se de ações

humanas causadoras de um significativo impacte ambiental não estão associadas à emissão de poluentes.

Por fim apresentam-se as ações humanas mais comuns passíveis de causar impactes ambientais:

- i. Supressão de elementos do ambiente como vegetação e destruição de habitats, mas também de referências físicas como paisagens notáveis, monumentos ou pontos de interesse para uma determinada comunidade;
- ii. Inserção de certos elementos no ambiente como espécies exóticas ou infraestruturas (edifícios, rodovias, barragens);
- iii. Sobrecarga do meio através da introdução de fatores para além da capacidade de suporte do ambiente criando desequilíbrios: poluentes, espécies exóticas, etc.

Impacte ambiental não é por si só uma causa mas sim um resultado proveniente de uma ação. A ação humana provocadora de desequilíbrios é a causa que tem como consequência o impacte.

2.1.3. RECUPERAÇÃO: RESTAURO, REABILITAÇÃO E RECONVERSÃO

Entende-se por recuperação o conjunto de medidas de melhoria do meio físico, de modo a que tanto a vegetação e a qualidade da água como as comunidades bióticas possam ser restabelecidas. Ou por outras palavras: recuperação ambiental é um termo geral que designa a aplicação de técnicas visando tornar um ambiente degradado apto para um novo uso produtivo, desde que sustentável (Sánchez 2006). Em função do grau de intervenção realizado na pós-exploração, os modelos de recuperação podem ser agrupados em três tipos principais: a restauração, a reabilitação e a reconversão.

De entre as variantes da recuperação, o **restauro** ou restauração é entendido como o retorno de uma área degradada às condições existentes antes da degradação. O objetivo será devolver o estado original removendo a causa de degradação, ou seja envolve a restituição mais pura possível ao estado existente (Bastos & Silva 2006). Após o final das atividades extrativas as causas diretas de degradação são removidas e promove-se a aplicação de ações que vão de encontro ao objetivo traçado, a reposição da situação preexistente, o que na maior parte dos casos só se verifica após alguns anos (Correia & Sousa 2012).

A **reabilitação** pressupõe uma recuperação das funções e processos naturais dentro do contexto da perturbação em que é criado um ecossistema alternativo conciliável com a envolvente. Esta é a modalidade mais frequente na indústria extrativa, em que se pretende que as ações de recuperação visem habilitar a área degradada a uma nova utilidade, valorizando a área a nível ambiental mas com a possibilidade de obter também algum benefício económico (Sánchez 2006). Neste tipo de atuação as ações mais comuns passam pela revegetação ou florestação da área. Segundo Correia e Sousa (2012), a longo termo estas áreas poder-se-iam considerar completamente restauradas, mas as alterações permanentes introduzidas (por exemplo alterações topográficas) não permitem essa classificação.

Por sua vez, a **reconversão** visa uma utilização do espaço afetado pela exploração distinta da original, sem a preocupação de reposição do ecossistema autóctone, não sendo por isso obrigatória a revegetação (Sánchez 2006). Correia e Sousa (2012) chamam a atenção para o enquadramento geográfico como fator influenciador do tipo de recuperação a utilizar. Veja-se o caso de pedreiras que devido à expansão de núcleos urbanos passam a estar inseridas num contexto em que faz sentido adotarem práticas de recuperação que contribuam para o bem-estar das populações através da reconversão da área explorada em espaços verdes ou parques de recreio, campos para prática de atividades radicais, campos de futebol, entre outros.

“Qualquer que seja a modalidade de recuperação escolhida, deve ajustar-se às necessidades da zona envolvente com os usos aí existentes e não prejudicar o ambiente. Contudo, em todos os casos, as soluções para a recuperação das pedreiras dependem primeiramente do preenchimento de duas condições: a concordância das entidades locais e um custo de recuperação suportável” (Brodtkom 2000).

2.2. IMPACTES COMUNS NA EXPLORAÇÃO DE PEDREIRAS

Qualquer projeto industrial provoca, inevitavelmente, alterações sociais, económicas e ambientais em determinada área de influência contígua ao seu local de implantação (Fiúza 2009). A indústria extrativa, responsável pelo fornecimento de muitas matérias-primas de base para as indústrias de transformação e construção, não será com certeza exceção a este cenário. Pela sua própria natureza, a indústria extrativa é passível de criar um grande número de impactes ambientais, sendo importante referir que grande parte deles se encontram circunscritos ao local da extração, não tendo efeitos globais alargados (Brodtkom 2000).

Durante muitos anos a questão ambiental foi descurada e ignorada resultando numa série de impactes negativos por parte das entidades exploradoras que culminou num sentimento de desconfiança das populações para com a atividade extrativa. A consciencialização de que a exploração desmedida e despreocupada implica uma degradação ambiental severa é hoje uma realidade e por isso a previsão, identificação e mitigação de impactes tornaram-se essenciais em qualquer uma das fases do projeto, impulsionando assim para a necessidade das empresas inserirem na sua gestão os aspetos ambientais.

A atividade mineira cria sempre alterações visíveis no meio físico circundante: poeira, rebaixamento do nível freático, alterações topográficas, desmatção. Simultaneamente, esta é uma indústria de processo e tal como ela gera débitos enormes de subprodutos não utilizáveis, resíduos sólidos ou efluentes líquidos e gasosos (Fiúza 2009). Verifica-se também que a localização das pedreiras ou minas é muitas vezes escolhida sem ter em conta a ocupação do solo, a capacidade de uso agrícola, de

alteração das linhas de água, as zonas potenciais de infiltração de águas e a ocupação humana da envolvente (União Europeia 2010).

Importa fazer a associação entre as diferentes fases de atividade e os impactes provocados. Desta forma temos:

- i. Fase pré-exploratória: consiste nas atividades de prospeção e pesquisa que antecedem a exploração. É feito o reconhecimento geológico, levantamento de condicionantes legais e económicas e o possível dimensionamento da exploração (Sá 2012);

Nas atividades de prospeção é comum o movimento de terras, destruição do solo, flora e fauna existentes levando, conseqüentemente, ao início do processo de alteração da paisagem existente.

- ii. Fase exploratória: contempla as operações de preparação, decapagem e definição da frente de desmonte, de traçagem (criação de frentes livres que permitem o avanço da exploração) e a exploração em si;

Desta fase resultam impactes provocados pelo ruído, libertação de poeiras e ao nível do solo. As alterações na biodiversidade, na paisagem e instabilidade de taludes são também conseqüências diretas da afetação dos solos de cobertura durante a exploração.

- iii. Fase de desativação ou abandono: dá-se quando a pedreira atinge os limites de exploração autorizados e indicados no plano de lavra. Nesta fase são realizadas as medidas correspondentes ao encerramento da pedreira e conseguinte implementação do Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística.

Durante as fases anteriores assiste-se a um progressivo impacte visual já que a paisagem sofre alterações drásticas sucessivas graças às escavações efetuadas, depósitos de lixos e resíduos diversos, desníveis topográficos acentuados e zonas desprovidas de qualquer vegetação, contribuindo para uma provável descontinuidade biofísica. Nesta fase a correção destes fatores é o principal foco. Há a preocupação de minimizar as frentes de exploração, remover escombrelas, equipamentos e edifícios, mas também recuperar solos e coberto vegetal.

Em suma, os principais impactes negativos provocados pela exploração de massas minerais são: alteração da topografia, perturbação da estabilidade física e mecânica das formações geológicas e a criação de desequilíbrios nos sistemas naturais.

De seguida realizar-se-á uma descrição mais detalhada dos principais impactes ambientais no setor das pedreiras.

2.2.1. IMPACTE RELATIVO AO RUÍDO E VIBRAÇÕES – AMBIENTE SONORO E VIBRAÇÕES

Na indústria extrativa o ruído pode estar associado a diversas fontes, entre elas: transporte rodoviário, ferroviário e correias transportadoras; operações de desmonte (perfuração, rebentamento, corte, serragem); carga, descarga; britagem, moagem; funcionamento de maquinaria diversa.

Para Brodtkom (2000), quando se fala em ruído é importante fazer a distinção entre o permanente e o intermitente já que tanto as suas origens como os distúrbios que provocam são distintos. O ruído permanente é característico de zonas com tráfego rodoviário constante e intenso, tipicamente em cidades ou zonas urbanas perto de vias de circulação principais. O ruído produzido em pedreiras e em instalações de processamento de minérios, normalmente, não se enquadra na categoria de permanente já que na maioria das vezes é intermitente e esporádico. No entanto, aquando do funcionamento de uma pá carregadora, uma correia transportadora ou de um mecanismo de extração de poeiras é normal que ruído permanente seja gerado.

Quanto ao ruído intermitente, este é produzido em operações específicas como é o caso do desmonte por ação de explosivos, desmonte hidráulico, perfuração, ciclos de carga-descarga de material, britadores em funcionamento, etc. Quando este ruído não segue propriamente um ciclo periódico, ou quando é bastante espaçado no tempo, pode ser considerado esporádico.

Ao considerar-se o ruído, a densidade populacional na zona envolvente da pedreira é um fator impossível de descurar. É facilmente perceptível que o ruído provocado pelos trabalhos de extração em zonas remotas e pouco povoadas não é tão preocupante como o que ocorre em pedreiras perto de zonas urbanas densamente povoadas, nesse sentido, os valores limite máximos para a emissão de ruído em vigor na Europa variam entre 50 - 85 dB (A) durante o dia e 35 - 70 dB (A) ao entardecer e noite.

Em termos de vibrações, estas resultam na sua maioria dos rebentamentos necessários ao desmonte dos maciços rochosos, não acontecendo no caso de massas minerais facilmente desagregadas como a argila ou areia. Quando há rebentamentos é provocada vibração do solo e sobrepressão do ar, sendo inevitável que alguma dessa energia se estenda para além da zona do desmonte. A sobrepressão do ar trata-se de uma sobreposição de impulsos produzidos após a detonação que se propagam no ar sob a forma de onda sonora ou onda de choque. A sua propagação é fortemente condicionada pelas condições atmosféricas, características do terreno e pela vegetação envolvente (Brodtkom 2000).

Ambos os impactes gerados podem ser minimizados através de um bom projeto de desmonte, tirando partido de discontinuidades e da qualidade dos furos que quando bem executados permitem obter uma melhor fragmentação, maior produção, diminuição do consumo de explosivo e menores vibrações.

2.2.2. IMPACTES RELATIVOS A POEIRAS – QUALIDADE DO AR

A emissão de partículas sólidas para a atmosfera é originada nas operações de furação, rebentamento, derrube, carregamento, transporte, fragmentação e nos armazenamentos de materiais ou *stocks* (Fiúza 2009). No entanto, as condições climáticas da região onde a exploração é efetuada são um fator preponderante na dispersão das poeiras já que os climas secos geram mais poeiras comparativamente com regiões chuvosas. Tendo em conta o fator climatérico, os limites atuais para a emissão de poeiras aplicados na Europa variam entre 20 e 150 mg/m³.dia para as poeiras aéreas medidas em redor das pedreiras (Brodtkom 2000).

Mas nem só as poeiras e partículas em suspensão no ar contribuem para a degradação da qualidade do ar. A emissão de gases pela combustão da maquinaria presente nas instalações também tem influência, ainda que em menor escala (International Finance Corporation 2007).

2.2.3. IMPACTE VISUAL – PAISAGEM

Entre os potenciais causadores de impactes da indústria extrativa, o impacte visual ou da paisagem é sem dúvida dos que merece atenção especial. Em certos casos o seu efeito é bastante negativo, desagradável e motivo de consternação por parte das populações, por outro lado, trata-se de uma fonte de degradação pontual uma vez que afeta apenas a área de exploração e não a envolvente.

De uma forma geral, o impacte está relacionado com a topografia da área bem como ao tipo de paisagem e vegetação. Assim, distinguem-se três fatores a ter em conta:

- i. Qualidade paisagística, ou seja, o valor intrínseco da paisagem local;
- ii. Fragilidade da paisagem, definida como a capacidade de resposta da paisagem para absorver a ação antrópica, dependendo da topografia, da altura, diversidade de estratos, contraste cromático e da estacionareidade da vegetação;
- iii. Visibilidade ou influência visual, cujos elementos básicos para a sua determinação são os pontos de observação mais relevantes (Fiúza 2009).

O impacte visual não é algo fácil de discutir em termos absolutos e a sua medição em termos quantitativos através de normas e regulamentos é particularmente complicado, se não mesmo impossível. Sendo uma pedreira desagradável em termos visuais ou não, e independentemente desta subjetividade, a questão é muito mais o conseguir-se uma boa integração no meio ambiente envolvente. Neste sentido, as proteções físicas, vegetais, paisagísticas, bem como o bom aproveitamento das características físicas existentes, contribuem sem dúvida para esta integração.

As depressões originadas pela exploração são inevitáveis e há sempre consequências, no entanto, os casos onde o impacto visual é mais notório encontram-se normalmente em pedreiras localizadas em encostas e montanhas já que estas ficam desventradas e os seus flancos expostos (Brodtkom 2000).

É essencial que a previsão deste tipo de impacto seja considerada logo durante a fase de planeamento de uma nova exploração. No decorrer do projeto a aplicação de medidas de minimização deve ser feita sempre que possível, não perdendo de vista a fase de desativação onde o Plano de Recuperação Paisagística será implementado de forma a restabelecer ou pelo menos melhorar as condições do local em termos visuais. O *design* e procedimentos aplicados na recuperação devem ter sempre em consideração a proximidade a pontos de observação e o impacto visual dependendo da distância de visualização (International Finance Corporation 2007).

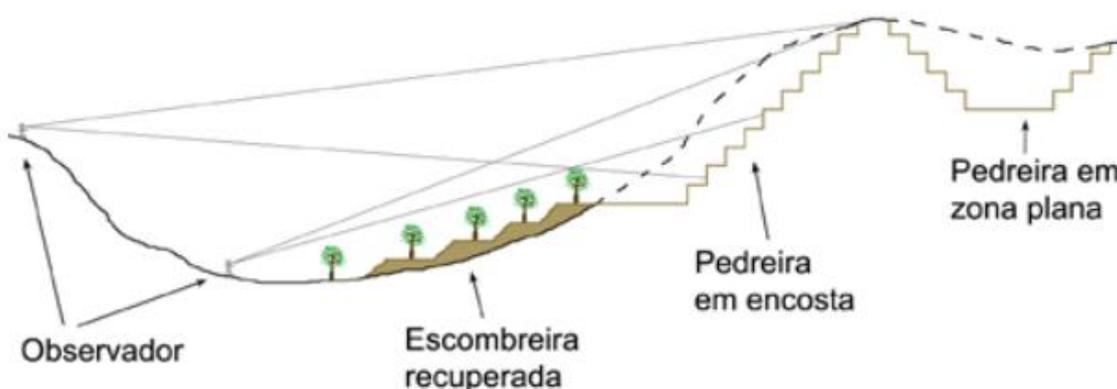


Figura 1 – Relação entre a localização das pedreiras, observador e impacto visual. Fonte: (Correia & Sousa 2012)

2.2.4. IMPACTE NOS RECURSOS HÍDRICOS

Em explorações a céu aberto é importante fazer a distinção entre águas subterrâneas, as que ocorrem abaixo do nível freático, e águas superficiais.

As águas subterrâneas são principalmente águas intersticiais, existentes em certas rochas porosas. Quando possível a exploração é mantida acima do nível do aquífero, contudo, as condições hidrogeológicas ou a natureza do mineral a extrair nem sempre o permitem e a extração abaixo do lençol de água pode também ocorrer. Nestes casos, bombear a água subterrânea, por intermédio de furos de captação em locais seleccionados nas imediações da pedreira, não só facilita os trabalhos como também preserva os aquíferos e permite o seu uso racional. A gestão da captação de água e a sua influência nos licenciamentos das pedreiras permanece todavia uma preocupação para os

exploradores. Contudo, tal como acontece frequentemente, a água subterrânea bombeada não é necessariamente afetada pelos trabalhos na pedreira, sendo tanto quanto possível, devolvida ao aquífero sob rigorosas medidas de controlo de qualidade (Brodtkom 2000).

Em termos de contaminação química nas águas subterrâneas, a extração de minerais metálicos ou carvão é a mais preocupante, provocando grandes impactes já que a oxidação da pirite conduz à formação de ácido sulfúrico que por sua vez pode lixiviar alguns metais pesados (Fiúza 2009). Quando na presença de metais não-metálicos não se verificam contaminações químicas tão significativas. Quanto a contaminações físicas estas não são muito passíveis de ocorrer neste tipo de aquífero.

É possível então identificar alguns impactes prejudiciais às águas subterrâneas: criação de lâminas de água muito extensas, com risco de depressão do aquífero por evaporação, degradação de água por eutrofização, contaminação química do aquífero e afetação da área de recarga dos aquíferos.

As águas superficiais são de uma extrema importância no tratamento dos minerais. As águas para o tratamento são normalmente obtidas através da captação de águas superficiais e após o tratamento são descarregadas nestas. Relativamente à descarga de água as regras são restritas em toda a Europa. Deve salientar-se que também neste tipo de águas a extração de minerais não-metálicos liberta muito poucas substâncias perigosas, sendo a preocupação mais a nível das características físicas da água do que da sua composição química. As medidas padrão para a qualidade da água baseiam-se geralmente em três parâmetros: o pH, o STS (Sólidos Totais Suspensos) e CBO (Carência Bioquímica de Oxigénio). Em relação ao último parâmetro, pode dizer-se que a poluição orgânica causada pela extração de minerais é extremamente reduzida, mas que o nível de sólidos em suspensão, pelo contrário, é bastante significativo devido aos processos que envolvem água, corte, lavagem, desagregação de rochas e lama. Relativamente ao pH, o seu valor na água está diretamente relacionado com o tipo de matéria-prima. Os valores máximos para os três parâmetros vão desde 20 a 100 mg/l para STS, de 40 a 125mg/l para CBO, e de 5 a 11 para o pH (Brodtkom 2000).

Os principais impactes verificados nas águas superficiais são: alteração da qualidade resultante de derrames de substâncias afetas à exploração e transporte, como sejam combustíveis e óleos, aumento da drenagem superficial devido à remoção de solo, arrastamento, transporte e deposição de partículas sólidas, redução da capacidade de infiltração por compactação do solo.

2.2.5. IMPACTE DO TRÁFEGO E VIAS DE CIRCULAÇÃO

Para que a exploração, e conseqüente comercialização, de minerais respeite as boas práticas ambientais o seu transporte desde o local de produção até ao destino final não deve ultrapassar mais do que algumas dezenas de quilómetros. Havendo, claro, exceções, por exemplo quando se fala na exportação rochas ornamentais em que o mercado suporta custos de transporte mais elevados já que

as distâncias percorridas são maiores. Por outro lado, agregados para construção são produtos tipicamente de baixo valor, sendo que o seu transporte rodoviário apenas se torna rentável para um mercado no raio até 50km do local da pedreira (Environmental Protection Agency 2006).

Pode-se diferenciar dois tipos de tráfego associado aos trabalhos em pedreiras:

- i. Tráfego local, que surge das atividades de desenvolvimento da exploração (remoção de camadas de solo superficial e material estéril, transporte de rocha fragmentada, areia, cascalho, movimentação de pessoal afeto ou de materiais para a frente de desmonte;
- ii. Tráfego exterior, associado ao transporte do produto final para o mercado e de material fornecido para o decorrer dos trabalhos (combustível, explosivos, etc.) (Environmental Protection Agency 2006).

2.2.6. IMPACTE NOS SOLOS

O solo deve ser considerado um recurso natural não renovável nem regenerável, pelo que a sua ocupação deverá ser adequada em conformidade com a sua capacidade de uso de modo a evitar ao máximo a sua degradação e destruição, sobretudo no caso dos solos de elevada capacidade produtiva (Carreto 2012). O impacto no solo tem início logo na fase de instalação da exploração com a remoção do coberto vegetal e do solo de cobertura uma vez que é necessário preparar a pôr a descoberto as zonas de extração onde se encontram os depósitos e massas minerais. Perda de solo natural, alterações na morfologia e riscos induzidos sobre os terrenos devido à alteração dos fatores que estabilizam o meio físico (movimentos de encosta, inundações) são por norma os impactes verificados (Fiúza 2009). Fomentada pela circulação de veículos, pelas instalações de apoio e pela deposição de terras e excedentes de rocha sem valor comercial a compactação, a erosão e a probabilidade de contaminação dos solos é acrescida.

Os solos de superfície e de cobertura não são considerados como estéreis uma vez que são essenciais nos trabalhos de recuperação, durante e após o encerramento da exploração (Brodtkom 2000). Assim, é essencial garantir que a separação e armazenamento dos solos removidos é feita da melhor forma sob pena de ocorrerem perdas de fertilidade que comprometam a fase de recuperação ambiental e paisagística e renaturalização da zona. Durante a exploração, e enquanto aguardam utilização no fim de vida da pedreira, os solos podem ser conservados de forma a construir barreiras visuais, anti-poeiras, anti-ruído ou colinas artificiais (Brodtkom 2000).

2.2.7. IMPACTE NA BIODIVERSIDADE

O primeiro impacto da indústria extrativa na biodiversidade é geralmente produzido aquando do arroteamento e da remoção de formas físicas da superfície durante a extração de minerais ou a construção de infraestruturas associadas, tais como estradas de acesso, aterros e bacias de rejeitados. Através deste processo, os habitats existentes podem ser alterados, prejudicados, fragmentados ou removidos localmente mas também em áreas circundantes, resultado de alterações nos regimes hidrológicos/hidrogeológicos, contaminação de solos e água, entre outros (União Europeia 2010). Em termos gerais apresentam-se as ações que provocam os principais impactes nos sistemas biológicos e biodiversidade:

- i. Desmatagem/redução do coberto vegetal e solo: provoca a eliminação da camada fértil do solo, aumento da erosão, eliminação do banco de sementes do solo (criando dificuldades na regeneração natural das espécies vegetais), afastamento de espécies para áreas não intervencionadas, destruição de vegetação;
- ii. Movimentação de maquinaria: alteração física dos solos (compactação), mortalidade de espécies faunísticas, dificuldade na regeneração de espécies vegetais;
- iii. Emissão de gases e deposição de poeiras e poluentes: Deposição sobre a superfície foliar das plantas, diminuindo o seu processo fotossintético;

2.2.8. IMPACTE NO PATRIMÓNIO ARQUEOLÓGICO

Não sendo o património arqueológico um bem renovável, a presença de locais de valor histórico é uma consideração importante na expansão de uma pedreira bem como na escolha de locais para implementação de novas explorações (Environmental Protection Agency 2006). Muitas vezes, durante a fase de prospeção ou de remoção da cobertura são descobertas antigas edificações, artefactos (escudos, armas, ferramentas) ou até mesmo ossadas que, no caso de possuírem interesse arqueológico e histórico, podem inviabilizar a continuação dos trabalhos mas por outro lado representam um impacte positivo no património cultural da região/país. De referir que na legislação em vigor expressa a obrigatoriedade de comunicação às entidades competentes quanto a eventuais achados: artigo n.º 48 do Decreto -Lei n.º 340/2007 de 12 de outubro). No entanto, é possível que aquando do início da exploração não tenham sido detetados quaisquer elementos e por isso não tenha sido feito o levantamento do espólio presente. Ora quando tal acontece, durante a desmatagem, remoção de solo, escavação do substrato geológico, depósito de inertes ou circulação de viaturas a probabilidade de danificar ou até mesmo destruir esses elementos é muito elevada, representando uma perda patrimonial para a região.

De ressaltar que durante a fase de desativação/desmantelamento da exploração é importante a identificação e caracterização dos elementos patrimoniais existentes e reconhecidos durante a fase de exploração de forma a reforçar a proteção e sinalização dos mesmos.

2.2.9. IMPACTE SOCIOECONÓMICO

A indústria extrativa está particularmente atenta a problemas não necessariamente relacionados com o ambiente mas mesmo assim importantes para as populações como sejam: uma gestão de qualidade, interesses informativos e educativos, serviços e benefícios para os habitantes locais ou a preservação de recursos e energia. O impacte socioeconómico imposto por esta indústria expressa-se através da alteração do modo de vida nas zonas que sofrem da sua influência. É especialmente relevante no caso de comunidades rurais com alteração profunda de costumes e hábitos; no sistema económico manifesta-se normalmente por um aumento do nível de vida, criação de emprego e serviços (Brodtkom 2000).

Apresentam-se, de uma forma sucinta, os impactes verificados a nível socioeconómico:

- i. Manutenção e potencial criação de novos postos de trabalho, proporcionando a fixação da população nos seus atuais locais de residência;
- ii. Dinamização da atividade económica contribuindo para a criação de valor acrescentado na região através da aquisição de bens e criação de serviços de apoio à indústria extrativa (por exemplo, hotelaria, restauração, empresas de reparação e conservação, serviços de limpeza e segurança, entre outros). Por vezes há também a necessidade de melhoria de infraestruturas já existentes;
- iii. Aumento do risco de acidentes por incremento no tráfego rodoviário na vias contíguas a aglomerados populacionais;
- iv. Degradação da qualidade de vida das populações próximas à exploração devido à produção de vibrações, ruído e poeiras originadas pela passagem de veículos pesados de transporte.

2.2.10. IMPACTE NO CLIMA

Em certos casos pontuais podem verificar-se alterações microclimáticas resultantes de:

- i. Alteração da qualidade do ar por ação da decapagem e emissão de gases e poeiras;
- ii. Redução da evapotranspiração fomentada pela remoção do coberto vegetal;
- iii. Alterações na radiação solar absorvida, na temperatura e na humidade, fruto da alteração topográfica imposta pelas escavações e pela remoção do coberto vegetal proveniente da decapagem. Esta última coopera no incremento da temperatura ao nível do solo e na redução da humidade relativa do ar, devido às alterações nas condições de absorção e reflexão da radiação solar.

2.3. ENQUADRAMENTO LEGAL APLICÁVEL AO SETOR

Um enquadramento legislativo adequado para a indústria mineira será aquele que inclua aspetos reguladores do ambiente, físico e social. Para um legislador, um enquadramento bem definido é um instrumento essencial para controlar as atividades da indústria. Na perspetiva industrial, é fundamental que a estabilidade, transparência, clareza e adequabilidade estejam presentes na regulamentação em vigor (Fiúza 2009).

O setor da indústria extrativa é, provavelmente, um dos que se rege por mais regulamentações jurídicas a nível ambiental e de ordenamento do território, dadas as suas amplas implicações no ambiente e na saúde pública. Nesse sentido, Portugal possui uma vasta regulamentação e legislação, que tem como principal objetivo controlar e mitigar os impactes ambientais provocados por esse tipo de atividade (Carreto 2012). Importa assim referir a Lei n.º 54/2015 na qual são expostas as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional.

O licenciamento de explorações de massas minerais (pedreiras) encontra-se atualmente regulamentado pelo Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro (resultado da alteração do Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro), no qual se estabelecem as normas para o seu projeto, pesquisa, exploração, encerramento e desativação. Pretende-se que este decreto-lei permita estabelecer um equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a proteção do ambiente, reformulando alguns dos artigos presentes em documentos anteriores.

De referir que no Artigo 10.º-A do referido Decreto, as pedreiras são classificadas de 1 a 4, por ordem decrescente do impacte que provocam. A classificação é feita tendo em conta as características de exploração das pedreiras e são utilizados alguns valores limite, presentes na tabela 1.

Tabela 1 - Valores limite para classificação de pedreiras. (Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de Outubro do Ministério da Economia e Inovação 2007)

Valores limite para classificação de pedreiras	
Área	5ha
Profundidade de Escavação	10m
Produção	150 000 Ton/ano
Número de trabalhadores	15

- Classe 1 - pedreiras que tenham uma área igual ou superior a 25ha;
- Classe 2 - pedreiras subterrâneas ou mistas e as que, sendo a céu aberto, tenham uma área inferior a 25ha, excedam qualquer dos limites estabelecidos na tabela anterior ou recorram à utilização, por ano, de mais de 2000 kg de explosivos no método de desmonte;

- Classe 3 - pedreiras a céu aberto que recorram à utilização, por ano, de explosivos até 2000kg no desmonte e que não excedam qualquer dos valores referidos na tabela anterior;
- Classe 4 – pedreiras de calçada e de laje, se enquadradas na definição anterior e não excedam os limites referidos.

Os requisitos exigidos no plano de recuperação variam consoante a classe na qual a pedreira em questão se insere.

A exploração de um recurso mineral encontra-se ainda condicionada em áreas com importância para a conservação da natureza, como é o caso das Áreas Protegidas, áreas de Rede Natura 2000, da Reserva Ecológica Nacional (REN) ou da Reserva Agrícola Nacional (RAN).

Apesar de as legislações mineiras terem raramente uma especificidade tal que permitam por si só programas ambientais de grande amplitude, quase todas exigem hoje em dia pelo menos um dos seguintes pontos: Estudo de Impacte Ambiental, Plano de gestão ambiental, Programa de reabilitação, Fundo de reabilitação ou restauração, Plano de Encerramento ou Planos de Contingência. Os instrumentos individuais de gestão ambiental, tais como as atividades prescritas, ou os estudos de impacte ambiental são especificados em regulamentos associados, diretivas e linhas orientadoras. Contudo, a maior parte das legislações ambientais são por natureza genéricas e não especificam a natureza ambiental única da indústria mineira. Surge assim a necessidade de criar uma simbiose entre a legislação mineira e ambiental, pelo que um grande número de países optou por desenvolver os seus próprios regulamentos específicos para a indústria extrativa (Fiúza 2009).

Existem vários aspetos do âmbito ambiental que são relevantes para a gestão de um projeto mineiro e que devem ser considerados. A indústria extrativa tem de obedecer a legislações específicas sobre diversas áreas ambientais, nomeadamente:

- i. Qualidade do ar: Regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 102/2010 de 23 de setembro onde são estabelecidos objetivos tendo em conta as normas, orientações e programas da Organização Mundial de Saúde;
- ii. Resíduos industriais: Lista Europeia de Resíduos (LER), aprovada pela Portaria n.º 209/2004 de 3 de março, em que a cada resíduo é atribuído um código de 6 dígitos;
- iii. Qualidade da água: Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto determina as normas de qualidade para proteger o meio aquático e melhorar a qualidade da água. A Lei da Água é aprovada pelo Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro, que estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, superficiais e subterrâneas;
- iv. Vibrações: Norma Portuguesa 2074, de 1983, responsável pela avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares. Fixa um critério de limitação de valores dos parâmetros característicos das vibrações produzidas por explosões. Aplica-se a vibrações provocadas em construções destinadas a habitação, indústria e serviços, tendo em consideração a natureza do terreno de fundação. Define níveis máximos admissíveis de velocidade de vibração;
- v. Ruído: Regulamento Geral do Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro. Aplica-se às atividades ruidosas permanentes, temporárias, às infraestruturas de transporte e a outras fontes de ruído suscetíveis de causar incómodo. Destaca-se também o Decreto-Lei n.º 221/2006 de 8 de novembro, que

- aprova o regulamento das emissões sonoras de equipamentos para utilização no exterior;
- vi. Ecologia: Referem-se alguns dos regulamentos de proteção:
- Zonas de Proteção Especial (ZPE) - Decreto-Lei n.º 384-B/99 de 23 de setembro;
 - Reserva Ecológica Nacional (REN) - Decreto-Lei n.º 239/2012 de 2 de novembro. Consiste numa estrutura biofísica que integra áreas com valor e sensibilidade ecológicas ou expostas e com suscetibilidade a riscos naturais. Restringe a utilidade destas áreas ao público, o que condiciona a sua ocupação, uso ou transformação do solo;
 - Reserva Agrícola Nacional (RAN) - Decreto-Lei n.º 73/2009 de 31 de março. Define um conjunto de terras que, em virtude das suas características, apresentam maior aptidão para atividade agrícola;
 - Lei de Bases da Política Florestal - Lei n.º 33/96 de 17 de agosto. A criação da Direção Geral e das Direções Regionais da Floresta está estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 80/2004 de 10 de Abril;
- vii. Património Arqueológico e Arquitetónico: As bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural são estabelecidas pela Lei nº107/2001 de 8 de setembro. (Machado 2006)

Também os Planos Diretores Municipais são documentos importantes neste sector uma vez que definem áreas específicas para exercer a exploração de georrecursos.

As seguintes diretivas da União Europeia em matéria de ambiente também se revestem de importância direta para a indústria extrativa:

- i. Diretiva 2001/42/CE, Avaliação Ambiental Estratégica (AAE): tem como objetivo assegurar que os eventuais efeitos de determinados planos e programas públicos no ambiente sejam identificados, avaliados e tomados em consideração durante a sua preparação e antes da aprovação. Visa, também, incentivar uma abordagem mais integrada e eficaz do ordenamento do território em que o ambiente, incluindo os aspetos da biodiversidade, é tomado em consideração numa fase inicial do processo de planeamento e a um nível mais estratégico.
- ii. Diretiva 2009/31/CE, Avaliação de Impacte Ambiental (AIA): relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente. A aprovação de projetos suscetíveis de afetar o ambiente de forma significativa só pode ser concedida após realizada uma avaliação sobre eventuais incidências significativas do projeto no ambiente. Salienta-se que por projeto entende-se a realização de obras de construção ou de outras instalações ou outras intervenções no meio natural ou na paisagem, incluindo as intervenções destinadas à exploração dos recursos do solo.

A avaliação ambiental estratégica e a avaliação do impacto ambiental destinam-se a dar a conhecer às autoridades de planeamento as implicações ambientais do plano ou projeto proposto para que estas sejam tomadas em consideração na sua decisão final. (União Europeia 2010)

Por fim, existe também legislação específica para aterros de resíduos resultantes da atividade extrativa. O Decreto-Lei nº 544/99 estabelece as regras relativas à construção, exploração e encerramento de aterros para resíduos resultantes da exploração de depósitos minerais e de massas minerais ou de atividades destinadas à transformação dos produtos resultantes desta exploração, tendo em vista evitar ou reduzir os potenciais efeitos negativos sobre o ambiente e os riscos para a saúde pública.

2.4. CONHECIMENTO CIENTÍFICO

De forma a fazer uma recolha ampla de soluções para a recuperação de áreas de exploração degradadas, foi realizada uma pesquisa bibliográfica detalhada do tema que teve por base a metodologia de revisão sistemática PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

A pesquisa de artigos científicos foi efetuada através do SDI- Serviço de Documentação e Informação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) com o auxílio do sistema integrado de Meta Pesquisa. Foram consultadas, essencialmente, bases de dados de referência (Web of Science, SCOPUS, Compendex, ScienceDirect, Inspec e Engineering Village) e revistas científicas (ScienceDirect, nature.com, Metapress, Geological Society of America e Wiley Online Library). Foram também contabilizados artigos referenciados na bibliografia dos artigos selecionados e analisados. Houve a preocupação, dada a natureza do tema, de incluir diversos guias e manuais internacionais de boas práticas ambientais ligadas à indústria extrativa.

Foi definido um primeiro conjunto de palavras-chave para proceder à pesquisa: *mine closure, quarry rehabilitation, quarry recovery* e *abandoned quarry*. Cada palavra-chave foi procurada por título e/ou assunto, sendo que por vezes foram utilizadas várias palavras-chave em conjunto através do operador lógico “AND”.

Para a seleção apenas dos artigos pertinentes definiram-se alguns critérios de seleção, dividindo-se estes em critérios de inclusão e critérios de exclusão. Assim, por razões de qualidade e relevância, excluíram-se os artigos fora do tema a partir da análise dos títulos e dos resumos, artigos redigidos em línguas que não inglês ou português, artigos sem autor e/ou data, artigos que não estivessem disponíveis em texto integral, artigos repetidos, artigos cujos objetivos não fossem de encontro ao tema e, por fim, artigos em que o resumo não se encontrasse devidamente estruturado, assumindo o pressuposto que o resumo é o reflexo do artigo. Como resultado dos critérios de inclusão foram colecionados os artigos que apresentassem propostas de recuperação, artigos com descrição de metodologias de ação, artigos com referências bibliográficas de possível interesse, artigos relacionados diretamente com o problema em investigação com uma estrutura organizacional satisfatória.

Além das bases de dados acima indicadas foi também efetuada pesquisa através do motor de busca *Google Scholar* através do qual se obtiveram os diversos guias metodológicos utilizados como base para o estabelecimento das boas práticas ambientais vigentes quer a nível nacional como internacional, bem como dissertações de mestrado e doutoramento de várias Universidades Portuguesas e Brasileiras.

Posteriormente, foi feita uma segunda pesquisa utilizando várias palavras-chave encontradas após análise dos primeiros artigos selecionados. As novas palavras-chave foram: *derelict quarry, mining*

recovery, mining and quarrying restoration; mining and quarrying rehabilitation, reclaimed mine/quarry land, financial viability, environmental restoration e recovery of degraded areas. Foram de seguida aplicados os critérios de seleção já mencionados.

As características dos estudos incluídos na revisão são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da revisão sistemática.

Autor(es)	País	Proposta(s)	Minério	Localização	Objetivos	Metodologia
(Bastos & Silva 2006)	Portugal	Utilização agrícola, desportiva ou de lazer	V	V	Ilustrar a abrangência de soluções alternativas para a recuperação paisagística de pedreiras	x
(Mendes 2013)	Portugal	Turismo	V	V	Transformação do local explorado em património turístico capaz de desencadear um desenvolvimento regional sustentável	Aplicação do método de avaliação contingente e do valor económico total de forma a estimar valores que os locais estão dispostos a suportar pela reabilitação
(Dal Sasso et al. 2012)	Itália	Ecosistemas, área urbana, produção, área técnico-funcional	V	Zona periurbana	Identificação de características físicas, ambientais e paisagísticas. Identificação de parâmetros que definam a relação entre pedreiras e vizinhança	Utilização do software Expert Choice. Estabelecimento de critérios e subcritérios que podem afetar a escolha de determinada recuperação para cada pedreira
(Tang et al. 2011)	China	Armazenamento de águas, espaços ecológicos ou agrícolas, zona urbana ou industrial	V	V	Desenvolver um processo de planeamento para reabilitação de pedreiras com base na sua classificação	Recolha de dados através de entrevistas, visitas de campo e sensoriamento remoto. Criação de um método sistemático de classificação que indica qual reabilitação mais adequada para o local
(Neri & Sánchez 2010)	Brasil	x	Calcário	V	Criação de um procedimento capaz de avaliar as práticas de reabilitação durante a sua fase operacional	Levantamento das MP na área da reabilitação; práticas de gestão do solo; estabilização de taludes/procedimentos geotécnicos; proteção dos recursos hídricos; gestão de vegetação;
(Milgrom 2008)	Israel	Reservatório de irrigação, parque lazer, parque industrial, aterro de resíduos, área residencial	V	V	Traçar prioridades na reabilitação de pedreiras de forma a enquadrá-las na área envolvente. Perceber qual a melhor solução: espaços abertos ou desenvolvimento de projetos urbano-industriais	Uso de SIG como forma de analisar qual a reabilitação a realizar tendo em conta a região do país
(Rocha 2008)	Portugal	Centro de ciência, alojamento turístico, parque lazer, piscina natural	Carvão, calcário	Serra	Propõe estratégias que possibilitem a reconversão, recuperação e revitalização das áreas de pedreira, conferindo-lhe novas funções e valorizando as suas potencialidades.	Análise das condições existentes em três pedreiras com características diferentes e posteriores alterações topográficas e de taludes de forma a implementar as reabilitações propostas
(Kaliampakos & Mavrikos 2006)	Grécia	Local de atividades culturais e	Mármore	x	Sugere a criação de uma área multifuncional em que a extração ocorre em simultâneo com a recuperação	Utilização de ArcView (SIG) para analisar a interação da pedreira com o meio, nomeadamente a sua visibilidade.

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
		recreativas- teatro, café, quiosque em simultâneo com a extração			de uma área já explorada.	Visualização 3D para perceber se a disposição pretendida é exequível.
(Damigos & Kaliampakos 2003)	Grécia	Reflorestamento; aterro da escavação para retomar a topografia original e revegetação; aterro parcial, infraestruturas de lazer e revegetação	Mármore	Centro Urbano	Apresentar os métodos de avaliação ambiental na indústria extrativa e os possíveis benefícios monetários resultantes da sua recuperação	O benefício económico é avaliado através de 3 métodos: avaliação contingente (CVM), custo de viagem (TCM), preços hedônicos (HPM).
(Damigos & Kaliampakos 2002)	Grécia	Reflorestação, enchimento total, enchimento parcial	Agregados	Centro Urbano	Examinar o valor económico dos trabalhos de reabilitação tendo em conta o enquadramento económico ambiental	O benefício económico da recuperação de determinada pedreira é avaliado através do método de avaliação contingente (CVM)
(Nicolau 2003)	Espanha	Reconversão de perfis com diversos objetivos (evitar a erosão de solos, maximizar a criação de ecossistemas)	x	x	Analisar as tendências atuais e perspectivas futuras nos projetos de recuperação em termos de <i>design</i> topográfico	Utilização de modelos de reestruturação do relevo
(Duque et al. 1998)	Espanha	Correção do perfil de forma a permitir revegetação e reabilitação natural	Sílica (areia)	±1000m acima do nível do mar, isolada	Descrição do projeto de correção de relevo que conduziu a uma recuperação ecológica natural	Estabelecer um equilíbrio hídrico, promover a formação e desenvolvimento de solo - otimização geomorfológica.
(Fadda et al. 2010)	Itália	Reconversão do espaço em áreas de lazer, piscina, teatro	Talco-clorite-feldspatos	Perto de áreas povoadas	Apresentação de propostas de reutilização dos espaços explorados através da caracterização física e química do local	Utilização de SIG. Caracterização da área através de métodos topográficos; georreferenciação da área envolvente; estudo geológico da formação; modelação computacional da situação atual;
(Soltanmohammadi et al. 2010)	Irão	Uso agrícola ou florestal, construção, enchimento, reservatório de água	V	V	Apresenta-se uma abordagem analítica para otimizar a escolha do uso a atribuir ao local após o término da exploração	Utilização de Mined Land Suitability Analysis (MLSA) framework para tomada de decisões. 50 Atributos divididos em 4 grupos de critério (economia, industria,...)
(Corry et al. 2011)	Canadá	Reabilitação para fins económicos	Areia, gravilha	x	Perceber de que forma as populações percebem a recuperação de pedreiras/minas	Apresenta varias propostas e com inquéritos ao público tenta chegar à hipótese que mais agrada à população.

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
		com preocupações ecológicas secundárias, o inverso, ou ambas				Fotografias aéreas
(Meech et al. 2006)	Canadá	Criação de uma comunidade que integra a antiga exploração da mina	Cobre	Próxima de povoação	Descrição do projeto que visa a transformação de uma das minas mais poluentes da América do Norte numa comunidade habitável e sustentável	Técnicas de aproveitamento de energia geotérmica, opções de tratamento de lamas, recuperação de metais
(Martins 2003)	Portugal	x	x	x	São abordados aspetos essenciais do confronto entre a indústria extrativa e as recentes prioridades de proteção ambiental.	São analisados critérios de avaliação de impactos ambientais aplicáveis ao sector, bem como os requisitos de recuperação paisagística exigidos aos proprietários de pedreiras
(Miao & Marrs 2000)	China	Restauro da ecologia local	Bauxite e carvão	x	Desenvolver ecossistemas sustentáveis através da investigação de processos e mecanismos que permitam a recuperação ecológica de terrenos semiáridos	Reconstrução da topografia, enchimento de depressões, colocação de solo propício à renovação vegetal, redução da toxicidade do solo, sistema de irrigação, restauro da biologia, controlo de pragas
(Edwards & Coit 1996)	Espanha / Wales	Turismo	V	V	É explorado o potencial turístico de zonas exploradas.	São apresentados estudos de caso de várias reconversões com fins turísticos
(Gunn & Bailey 1993)	Inglaterra	Suavização de taludes	Calcário	x	São examinadas técnicas de exploração de calcário e os respetivos impactos geomorfológicos e ecológicos. Descrevem-se métodos de recuperação do local	Rebentamento controlado; criação de cortinas arbóreas e deposição de solo apropriado ao crescimento da flora local
(Sullivan et al. 2006)	EUA	Reflorestação	Carvão	x	Pretende-se examinar a viabilidade financeira do reflorestamento sob uma série de condições (tipo de floresta, qualidade do solo)	Utilização de fórmulas para cálculo da densidade de vegetação a implementar. Cálculo do LEV (land expectation value)
(Koca & Kincal 2004)	Turquia	Apenas caracterização geológica	Calcário, andesitos,	Centros Urbanos	Elaboração de estudo geotécnico de pedreiras abandonadas	Caracterização e mapeamento das descontinuidades do maciço; levantamento das condições climáticas; testes de resistência ao cisalhamento; projeção estereográfica e avaliação estatística
(Bonifazi et al. 2003)	Itália	Monitorização	Calcário	Alguma distância de centros urbanos	Indicar uma metodologia de monitorização de forma a examinar o estado atual das pedreiras e a sua evolução temporal, dados básicos para implementação de um projeto de recuperação	Técnicas de monitorização: levantamento sensorial remoto e monitorização <i>in situ</i> através de recolha de amostras.
(Pinto et al. 2002)	Espanha	Restauro da morfologia do terreno e vegetação	x	x	Utilização de modelos 3D como forma de melhoramento de projetos de recuperação de pedreiras	Criação de rotinas num programa para visualização 3D de estruturas e vegetação. Simulação de estruturas geológicas reais e após restauro

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
(Jim 2001)	China	Estabilização de taludes e revegetação	Granito	Zona Costeira	Avaliação dos solos, identificação das razões que impedem o crescimento de vegetação e propor soluções	Análise da variabilidade espacial da vegetação, solo e relevo
(Soares Pinto & Almeida Saraiva 1997)	Portugal	Enchimento e revegetação; remediação de aterro sanitário	Caulinos	x	Sugerir ações de recuperação a desenvolver de forma a preservar os aspetos geológicos mais relevantes, minorar os resultados e as consequências da atividade extrativa	Drenagem, cobertura de solo, revestimento vegetal, correção de instabilidades
(Valente & Gomes 2001)	Portugal	Valorização patrimonial, de paragéneses raras; reabilitação de interesse económico, aterro de resíduos inertes, utilização do material para outros fins	V	V	São estudados os impactes provocados pelas diversas técnicas de extração aplicadas e apresentam-se soluções de recuperação	Caracterização físico-química dos locais; identificação de impactes ambientais
(Antunes & Gonçalo 2008)	Portugal	Área de lazer	Calcário	x	São definidos patamares de ação contemplando a vertente cultural e educativa. Tirar partido das potencialidades geológicas do local	Identificação de impactes; identificação das ideias a implementar para a recuperação
(Narrei & Osanloo 2011)	Irão	Uso agrícola, florestal, construção, conservação de habitats	V	V	Propor um conjunto de critérios de decisão de forma a avaliar qual a melhor solução, tendo em conta a opinião das populações	Critérios e subcritérios que permitem determinar qual a recuperação mais adequada a cada caso. Fatores económicos, sociais, técnicos e específicos do local são considerados
(Bizi 2011)	Brasil	Revegetação, estabilização de taludes, correção topográfica	Britas	Centros Urbanos	Desenvolver uma sistemática auxiliar para a recuperação de áreas degradadas por pedreiras próximas a centros urbanos	Criação de uma sistemática de decisão: avaliação, planeamento, monitorização e manutenção. Técnicas de recuperação
(Teixeira 2013)	Portugal	Zona de lazer com parque, piscina biológica, revegetação	Ouro	Perto de áreas povoadas	Integração e recuperação paisagística da área de exploração criando uma paisagem diversificada, integrada e com alto valor ecológico e visual	Caracterização biofísica; caracterização antrópica; impactes; definição da proposta de recuperação

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
(Lopes 2010)	Portugal	Estabilização de taludes	Granito	Perto de áreas povoadas	Procurar preconizar medidas de recuperação faseada de modo a que o PARP seja instituído sincronizadamente com a exploração	Estabilização de taludes (técnicas, medições); aterro: controlo de águas e efluentes; resíduos admissíveis; reabilitação: estabilização de taludes e cortina arbórea
(Mota 2005)	Portugal	x	V	V	Levantamento das áreas sujeitas a riscos ambientais, pela ação humana ou natural e dos recursos geológicos em exploração e abandonados	x
(Gonçalves 2015)	Portugal	Estabilização taludes	Terrenos xistentos/pe líticos	Alentejo	Abordar a problemática da reabilitação de taludes de escavação em maciços de baixa resistência.	Medidas mitigadoras de instabilização: reforço, proteção, drenagem; avaliação do risco de instabilidade e propostas de reabilitação
(Fernandes 2015)	Portugal	Minigolfe, agricultura, revegetação	Caulinos	x	Identificação dos principais impactes negativos presentes na exploração, sugestão de medidas mitigadoras e elaboração de um PARP	Modelação, revestimento e custos para três hipóteses distintas de recuperação
(Bitar 1997)	Brasil	Remediação, revegetação, medidas geotécnicas	Areia, Argila, Brita, Caulino	Centros Urbanos	Avaliar a eficácia das medidas de recuperação aplicadas em diversas minas e pedreiras.	Recolha bibliográfica: métodos e técnicas de recuperação, planeamento, avaliação; Levantamentos de campo, entrevistas. Medidas de recuperação praticadas: disseminadas, emergentes, experimentais
(Müller 1997)	Brasil	Reflorestamento	Basalto	x	Propor uma recuperação de forma a reintegrar a paisagem dominante da região.	Caracterização da área; estabilização de taludes; drenagem de águas; descrição da forma de plantio da vegetação e material utilizado; apresentação de medidas mitigadoras
(Martins 2009)	Portugal	Introdução de membrana impermeável, difusores de ar	Granito	Centros Urbanos	Diagnóstico do estado ambiental de uma pedreira abandonada que, após ter sido desativada, serviu para a deposição descontrolada de resíduos	Caracterização da zona em estudo; Análise de águas, lixiviados e solos com respetivas metodologias de análise e resultados. Análise estatística dos elementos no solo e análise probabilística de risco ambiental
(Marques 2012)	Portugal	Hotel	Mármore	Alentejo	Demonstrar que a solução para pedreiras desativadas pode passar por outros cenários que não a tradicional revegetação e/ou enchimento das depressões	Análise SWAT para a construção de um hotel em profundidade na área de uma pedreira de mármore
(Sá 2012)	Portugal	Guia metodológico	V	V	Criação de um conjunto de diretrizes que visem integrar um guia metodológico de suporte à elaboração e apreciação do fator ambiental análise de riscos ambientais de um EIA	Recolha de informação sobre a análise de riscos ambientais, decorrentes da implantação, exploração e desativação de pedreiras, descrever e propor algumas medidas de minimização possíveis a adotar pelo setor
(Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resouce & Minerals Council of Australia 2010)	Austrália	x	V	V	Promover a ideia de desenvolvimento progressivo e sustentável da indústria extrativa	São apresentadas boas práticas de gestão e casos de estudo para cada capítulo: valorização de minas abandonadas, recolha e tratamento de dados, recursos e oportunidades de parceria

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
(Environmental Protection Agency 2006)	Irlanda	Guia de Boas práticas ambientais	x	x	O guia pretende complementar a orientação existente para exploradores e autoridades reguladoras de forma a conseguir pedreiras ambientalmente mais sustentáveis	Orientações de gestão ambiental para ecologia, águas superficiais, águas subterrâneas, qualidade do ar, ruído e vibração. Recomendadas determinadas características base
(Coates & Scot 1979)	Canadá	Agricultura, reflorestação, aterro, lote habitacional	Agregados	V	O objetivo geral deste guia é recomendar formas e meios de resolver problemas ambientais e sociais relacionados com a produção de agregados	Identificação das características do local, mapeamento e caracterização da envolvente. Desenvolvimento de critérios de avaliação da situação em termos de impactes. Apresentação de propostas adequadas
(Environmental Protection Agency 1999)	Irlanda	Guia de práticas a aplicar na recuperação	V	V	Orientação sobre os principais aspetos da restauração de aterros, cuidados posteriores a ter com águas, conservação da natureza	Guia para projeto de reabilitação de aterros. Requisitos de manutenção e gestão
(Heikkinen et al. 2008)	Finlândia	Técnicas ambientais para a indústria extrativa	V	V	Proporcionar aos exploradores, autoridades reguladoras e consultores as orientações de planeamento e implementação de estratégias de encerramento de minas	Orientações gerais de abordagem tendo em conta diferentes mineralogias, composições químicas, ambiente contíguo, etc.
(Sánchez et al. 2013)	Brasil	Guia de boas práticas para o encerramento de uma mina	V	V	Contribuir para o desenvolvimento sustentável de longo prazo nas regiões onde a atividade de exploração se encontra, através de uma boa gestão do encerramento da exploração	Estabelece sete diretivas principais nas quais, dentro de cada uma delas, se inserem várias boas práticas a aplicar no encerramento de uma mina/pedreira
(União Europeia 2010)	EU	Guia de boas práticas	V	V	Fornecer orientações sobre a melhor forma de assegurar que as atividades da indústria extrativa não energética estão em conformidade com as diretivas da EU, "Habitats" e "Aves"	As presentes orientações mostram como é possível satisfazer as necessidades da indústria extrativa evitando efeitos adversos sobre a vida selvagem e a natureza.
(International Finance Corporation 2007)	EU	Guia de boas práticas	V	V	Fornecer orientações para a gestão ambiental, saúde e segurança nas atividades mineiras.	Impactes e respetivas formas de gestão, indicadores de desempenho e monitorização
(Tasmania Department of Primary Industries 1999)	Tasmânia	Guia de boas práticas	V	V	Documentar as diretrizes de segurança e ambientais para pedreiras	São apresentadas propostas de medidas corretivas segundo os princípios básicos a serem cumpridos
(Bureau de Recherches Géologiques et Minière 2001)	EU	Guia de boas práticas	V	V	Inventário dos locais na EU onde é feita a gestão de resíduos do processamento mineral, com respetivos métodos de gestão	Avaliação da quantidade de resíduos gerados, descrição dos métodos de gestão de resíduos, identificação de potenciais impactes ambientais, recolha das melhores práticas de gestão

<i>Autor(es)</i>	<i>País</i>	<i>Proposta(s)</i>	<i>Minério</i>	<i>Localização</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Metodologia</i>
(Comissão Europeia 2009)	EU	Guia de boas práticas	V	V	Aplicação das melhores técnicas disponíveis na gestão de rejeitos e resíduos da indústria extrativa	x
(Nações Unidas 2002)	EU	Guia de boas práticas	V	V	Fornecer orientações gerais para uma gestão sustentável para a indústria extrativa	x
(Correia & Sousa 2012)	Portugal	Uso agrícola, habitacional, industrial, reflorestação, aterro, lazer	Granito	V	Apresentação de várias técnicas de recuperação de pedreiras e respetivos condicionalismos	Definição de exigências que a exploração deve apresentar de forma a ser reabilitada para um determinado fim e respetivas soluções.
(Sánchez 2006)	Brasil	x	V	V	x	x
(Fiúza 2009)	Portugal	x	V	V	x	x
(Carreto 2012)	Portugal	Diminuição do impacte visual para criação de área de lazer/turismo	Argilas e areias	Sesimbra	Criação de um projeto integrado de recuperação	Modelação topográfica, plantação de sementeiras, enchimento parcial, estabilização de taludes, reposição da drenagem natural
(Machado 2006)	Portugal	x	Granito	x	Identificação e caracterização de impactes ambientais; Medidas mitigadoras	Pesquisa bibliográfica de conceitos aplicados à indústria extrativa; Análise de legislação; Pesquisa de informação técnica da exploração de massas minerais; Análise de um estudo de caso numa pedreira de produção de inertes

Legenda: X-Não explicitado; V- aplicável a vários(as)

2.4.1. IMPORTÂNCIA DA RECUPERAÇÃO DE ESPAÇOS DEGRADADOS PELA INDÚSTRIA MINEIRA

Um aspeto importante aquando do planeamento da lavra é ter em conta já a recuperação das eventuais áreas degradadas, sob a forma mais adequada, estável e produtiva possível para a comunidade. Esta preocupação deve estar incluída no ciclo de vida da exploração através da existência de programas bem definidos de recuperação física e social.

Embora a indústria mineira seja, por natureza, responsável pela extração de recursos naturais, esta pode ser encarada de uma forma mais sustentável certificando-se que as atividades são cuidadosamente controladas. Hoje em dia, grande parte dos projetos envolve um uso a curto prazo do território e dado o desenvolvimento tecnológico, na maioria dos casos, não há razão para que sejam deixados impactes não mitigados nas zonas de exploração. No caso de tal situação se verificar é possível afirmar que o projeto não era adequado ou não foi adequadamente gerido.

Se o desenvolvimento sustentável é definido como a integração de considerações sociais, económicas e ambientais então um projeto de exploração que é desenvolvido e encerrado de forma ambiental e socialmente aceitável pode ser considerado como um contributo para esse mesmo desenvolvimento sustentável, sendo fundamental garantir que os benefícios do projeto são empregues de forma a favorecer a região durante um longo período de tempo, mesmo após o término da atividade de extração (Nações Unidas 2002).

A forma como o local de uma extração é recuperado depende em grande escala da sua localização. No caso de pedreiras em flanco de encosta, a recuperação faz-se principalmente tendo em conta a sua integração na paisagem, a estabilidade das suas frentes e o controlo das correntes das águas das chuvas. Para pedreiras em zonas planas, os pontos principais a ter em atenção são as possíveis inundações da pedreira, o controlo da água superficial e a gestão do solo e outras coberturas. Em ambos os tipos de pedreira, plantam-se normalmente árvores e arbustos em volta dos locais abandonados para completar a integração na paisagem (Brodtkom 2000).

A recuperação nos últimos anos tem incidido na reposição da floresta e da agricultura, no entanto, atualmente as entidades locais exigem, com mais frequência, utilizações futuras alternativas, tais como a conservação da vida selvagem ou a criação de espaços públicos.

Martins (2003) alerta para a importância de uma visão estratégica na indústria extrativa, obedecendo aos seus três grandes princípios orientadores – segurança, economia e bom aproveitamento dos recursos - mas também a um quarto e cada vez mais essencial e decisivo: a preservação e integração ambiental.

Apesar de tudo isto, quando se fala em recuperação de uma área degradada este conceito poderá parecer demasiado difuso e pouco concreto. Assim é importante estabelecer objetivos que definem e orientam o fim que se pretende atingir.

Na tabela 3 apresentam-se os princípios e alguns objetivos gerais na recuperação de uma pedreira quando se verifica o fim da sua exploração.

Tabela 3 – Princípios e objetivos da recuperação. Adaptado de (Sánchez et al. 2013)

Princípios	Objetivos gerais
Proteção da qualidade ambiental, da segurança e saúde pública	Garantir a estabilidade física da área
Garantia da recuperação das áreas degradadas, possibilitando um uso compatível com as suas aptidões e restrições, respeitando as exigências locais e regionais	Atingir o uso preestabelecido na área de responsabilidade direta da empresa
Alcançar uma situação de pós-encerramento que constitua um legado benéfico e duradouro para a comunidade	Reduzir possíveis impactes socioeconómicos negativos Manter o nível de desenvolvimento económico e social da comunidade

Enquanto espaços abertos e terrenos acessíveis têm geralmente um valor económico, ambiental e social, pedreiras abandonadas e não reabilitadas estão repletas de riscos ambientais, perdem valor e tornam-se recursos inúteis e não-sustentáveis (Milgrom 2008). Ou seja, a valorização ambiental não deve ser entendida como uma obrigação legal mas sim um desafio e oportunidade para as empresas exploradoras reconsiderarem as suas políticas (Damigos & Kaliampakos 2003).

2.4.2. PRINCIPAIS PRÁTICAS DE RECUPERAÇÃO APLICADAS À INDÚSTRIA EXTRATIVA

A recuperação de áreas degradadas, por extração mineral ou outra atividade, envolve sempre uma abordagem interdisciplinar, reunindo e integrando o conhecimento de diferentes áreas, geologia, hidrologia, biologia, engenharia, arquitetura paisagística, silvicultura, entre outros. Esta prática tende a oferecer soluções mais completas para os problemas, contribuindo para um melhor desempenho e eficácia dos trabalhos realizados.

Como já referido anteriormente, de entre os modelos base de recuperação (restauração, reabilitação e reconversão) a solução mais adotada é a reabilitação das áreas intervencionadas pela indústria extrativa por ser uma forma simples e acessível de devolver ao local um ecossistema saudável. A restauração pode ser muito difícil ou mesmo inviável, uma vez que é muito difícil conseguir repor a topografia original e o perfil de solo, além de que quando retiradas grandes quantidades de material dificilmente estas serão repostas na totalidade. Esta medida só se justifica quando a qualidade do meio ambiente original é

suficientemente importante (Correia & Sousa 2012). No entanto, vale a pena considerar a reconversão, uma medida de enorme importância associada a benefícios ecológicos, socioculturais e de bem-estar para as populações locais. As soluções de reconversão aplicadas são muitas vezes rentáveis a médio-longo prazo, são exemplo os campos de golfe, de ténis, de futebol, hotéis, zonas turísticas, entre outros, o que se revela como uma mais-valia. Esta prática faz sentido se a pedreira se encontrar inserida num determinado contexto socioeconómico já que não faz sentido, por exemplo desenvolver uma zona de lazer e cultura num local completamente isolado e distante de qualquer população. Quando uma opção de recuperação é considerada, a limitação mais comum à reconversão passa pela falta de poder económico para a realização dos trabalhos necessários (Correia & Sousa 2012).

Os procedimentos e atividades de recuperação de pedreiras abandonadas variam de acordo com as características de cada caso, no entanto, de uma maneira geral é possível identificar algumas fases pelas quais todos os projetos de recuperação devem passar, são eles: avaliação preliminar, planeamento, aplicação de medidas e gestão e monitorização (Bitar 1997).

2.4.2.1. Avaliação preliminar

A avaliação preliminar corresponde à análise prévia pormenorizada do local e do seu ambiente, ou seja ao levantamento do estado de referência. Deve contemplar as características gerais do ambiente, descrição do clima e qualidade do ar, geologia e hidrogeologia, hidrologia e qualidade da água, ecologia, recursos patrimoniais e aspetos socioeconómicos. Além disso devem ser descritos, sempre que presentes, tipo, quantidades e volume de efluentes e resíduos (Fiúza 2009).

Esta é uma fase de extrema importância já que somente a partir de uma caracterização realista da situação existente, dos impactes, perigos e da degradação presente, é que poderão ser definidas estratégias a ser adotadas para a recuperação de determinada área. A informação recolhida deve ser suficiente para selecionar a recuperação mais adequada para que os objetivos delineados possam ser atingidos rentabilizando meios técnicos e económicos (Bizi 2011).

Além dos impactes ambientais já descritos e sobre os quais deve recair atenção aquando da avaliação do estado do local, há também que identificar potenciais perigos existentes. Os perigos resultantes da exploração de pedreiras são típicos de determinadas atividades e/ou estruturas criadas e são suscetíveis de causar acidentes. A sua identificação através de indicadores base é vital para evitar consequências. As principais fontes de perigo são: taludes (resultantes de operações de desmonte), instabilidades do maciço devido à fracturação, produtos inflamáveis, utilização de explosivos e ações de carga e descarga de material.

Tang et al. (2011), responsável pela criação de uma sistemática de classificação e análise de pedreiras abandonadas, considera que só conhecendo as características do local é possível estabelecer o melhor

projeto de recuperação e utilização futura. Apresenta-se na figura 2 o índice de análise desenvolvido por Tang et al. (2011) como ferramenta de apoio à avaliação e posterior planeamento.

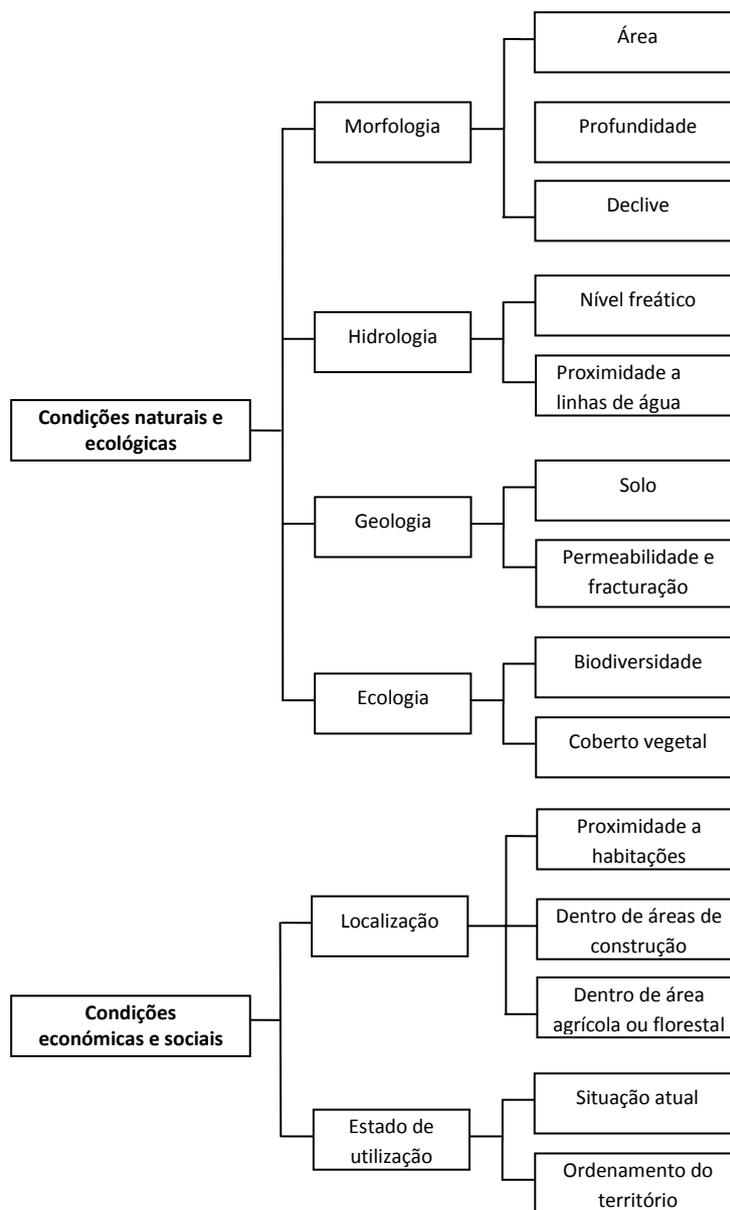


Figura 2 - Guia básico de apoio à avaliação de pedreiras abandonadas. Adaptado de (Tang et al. 2011)

2.4.2.2. Planeamento

O planeamento é algo que deve acompanhar o projeto logo desde a sua fase inicial, uma vez que consta das obrigações impostas pelo Decreto-Lei n.º 340/2007 a elaboração de um Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística. No entanto, muitas são as vezes em que terminada a extração as explorações são deixadas ao abandono sem qualquer intervenção. Nestes casos é essencial delinear um novo plano

de recuperação, onde se inclui a definição de objetivos e estabelecimento do uso futuro da área em causa. A tomada de decisão acerca do uso futuro da área deve ter em conta a relevância técnica, social e legal das propostas apresentadas bem como os custos e prazos envolvidos (Bitar 1997).

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (Sánchez et al. 2013), os objetivos a serem alcançados podem ter horizontes temporais diferentes. Os objetivos de recuperação podem ser:

- i. A curto prazo: Recomposição da topografia do terreno; Controlo da erosão do solo; Revegetação do solo; Correção dos níveis de fertilidade do solo;
- ii. A médio prazo: Surgimento do processo de sucessão vegetal; Reestruturação das propriedades físicas e químicas do solo; Ocorrência de reciclagem dos nutrientes; e reaparecimento da fauna.
- iii. A longo prazo: Autossustentação do processo de recuperação; Inter-relacionamento dinâmico entre solo-fauna-flora; Utilização futura da área.

No plano de recuperação devem ser descritas todas as operações que se pretendem realizar para minimização e/ou mitigação dos impactes avaliados na área em recuperação, assim como um cronograma dos trabalhos e previsão de recursos, humanos, materiais e financeiros que serão necessários.

2.4.2.3. Aplicação de medidas para recuperação

Para Tang et al. (2011), idealmente, a recuperação deve consistir em restabelecer a diversidade biológica e restaurar os processos ecológicos afetados pela exploração, enfatizando a criação de paisagens o mais naturais possível e a compatibilidade com o meio envolvente. O autor refere a manipulação do solo, estabilização física de declives e vegetação como os três pilares básicos para a reabilitação de pedreiras.

Já Neri e Sánchez (Neri & Sánchez 2010) consideram quatro grandes grupos de medidas corretivas, são elas: práticas edáficas, práticas geotécnicas e topográficas, de carácter hídrico e práticas vegetativas.

As **práticas de carácter edáfico** estão relacionadas com o solo tanto durante a fase de implementação e exploração da pedreira como na fase de encerramento e visam o tratamento adequado do solo aquando das atividades de decapagem e mais tarde na recuperação. Caso estes cuidados não sejam tidos em conta a utilização dos solos na recuperação da área é posta em causa.

Tendencialmente, os solos nas zonas de exploração não apresentam as melhores características, quer porque são naturalmente pobres, quer porque foram danificados durante os vários anos da atividade extrativa. Alguns dos problemas mais frequentes são: défice de matéria orgânica e nutrientes, baixa proporção de elementos finos, baixa estabilidade dos complexos argilo-húmicos, valores extremos de pH, presença de elementos tóxicos e de sais em concentrações elevadas (Correia & Sousa 2012). Para

Neri (2008) as práticas de correção ou melhoria edáfica podem ser divididas em manuseamento de solo superficial e controlo dos processos de dinâmica superficial.

O solo superficial (entre 10 a 30cm de espessura) removido durante o processo de decapagem para a abertura ou expansão da pedreira deve ser manuseado de forma a não perder as suas características naturais (rico em matéria orgânica e nutrientes minerais) para posteriormente ser utilizado nas áreas sujeitas a revegetação. O solo, após ser retirado, deve ser armazenado num local adequado ao efeito (tal que não haja perturbações à dinâmica de escoamento) tendo em atenção que é recomendada a cobertura do mesmo com alguma vegetação rasteira de forma a preservar as suas propriedades (Neri 2008). Mais tarde, na fase de recuperação, durante os trabalhos de modelação do solo verifica-se a compactação das camadas como consequência da passagem constante de maquinaria o que provoca dificuldades no desenvolvimento de raízes e percolação de água. Medidas de descompactação devem ser tomadas tais como a escarificação, para solo superficial, ou ripagem no caso de necessidade de atingir maiores profundidades.

Nas situações em que o solo não apresenta as condições necessárias para o desenvolvimento vegetal torna-se necessário a realização de correções edáficas para melhorar as características físico-químicas do substrato. As mais comuns são: fertilização com matéria orgânica (estrume, resíduos de fungos, resíduos domésticos, resíduo de madeira); fertilização com matéria inorgânica (adição de nitratos, ureia ou outras formas de azoto; simbiose de leguminosas e bactérias *Rhizobium*); correção de acidez (adição de matéria orgânica e nutrientes, adição de pedra calcária, cal viva); correção de alcalinidade (cobrir o local com matéria orgânica ou solo natural); redução da toxicidade (adição de matéria orgânica para formar quelatos com metais pesados, melhorar a drenagem) (Correia & Sousa 2012).

Relativamente às **práticas topográficas e geotécnicas** estas visam, essencialmente, assegurar a estabilidade de bancadas, taludes, pilhas de estéril e vias de acesso. Para tal, uma análise das condições do maciço, geologia e geomecânica existentes é necessária permitindo definir medidas corretivas e estabilizadoras. Em maciços rochosos podem ser considerados quatro modos de rutura, cujas características são função das discontinuidades existentes e das orientações relativas da face do talude. A rutura pode ser circular, planar, em cunha ou “toppling” (figura 3). A análise de estabilização implica a forma e dimensão de blocos, resistência ao deslizamento de escorregamento, pressões da água e outras forças aplicadas (Lopes 2010).

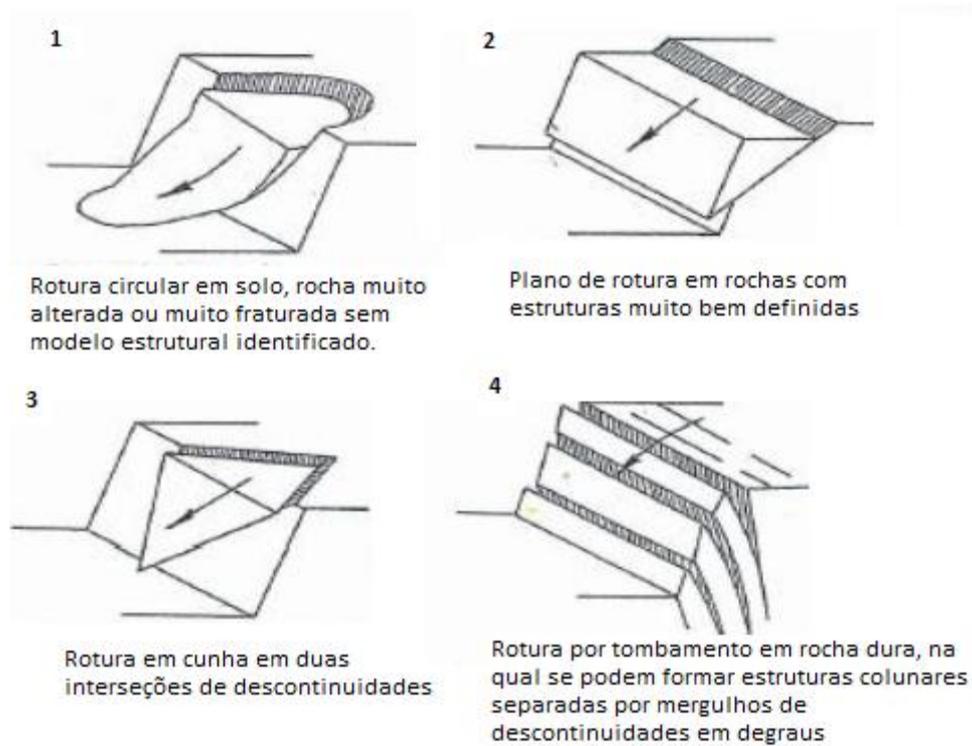


Figura 3 -Tipos de instabilidade de blocos. Adaptado de (Lopes 2010)

As medidas geotécnicas a aplicar na estabilização são diversas e muitas vezes utilizadas em conjunto de modo a conferir segurança ao local mas também tendo em conta a vertente cénica da paisagem. Assim, os trabalhos podem consistir na utilização de estruturas físicas de contenção que, apesar de muitas vezes a nível visual acarretarem algum impacto, têm uma elevada eficácia (Bitar 1997). Comumente designadas como técnicas de Engenharia Civil, são apresentados apenas alguns exemplos de metodologias aplicadas com frequência em pedreiras mas também nouro tipo de áreas.

- i. Valas de retenção: visam a retenção de blocos na base dos taludes e são dimensionadas tendo em conta a inclinação e altura do mesmo;
- ii. Muros de gabiões: estruturas que se caracterizam pela flexibilidade uma vez que são constituídas por caixas de arame de aço preenchidas por pedras, permitindo moldar-se à forma do talude. Têm uma elevada permeabilidade favorecendo a drenagem das águas;
- iii. Ancoragens: representam estruturas de suporte que incutem uma força adicional contrária à direção em risco de deslizamento e são construídas através de cabos ou barras fixos à rocha sã;
- iv. Pregagens: constituída por tirantes de aço que são introduzidos no talude alvo de estabilização, sendo cimentadas ao longo de todo o comprimento do furo lavrado;
- v. Redes: compostas por malhas de triplo entrançado de arame zincado, sendo bastantes resistentes e flexíveis. Este material tem a capacidade de se adaptar às condições naturais dos terrenos, contribuindo ainda como suporte ao desenvolvimento de cobertura vegetal;
- vi. Parede de contenção Tipo Berlim: esta solução consiste na construção de uma parede constituída por painéis com espessura variável apoiados em perfis verticais e travados através de ancoragens;
- vii. Gunitagem: consiste numa mistura seca de cimento com areia que é humedecida quando projetada com ar comprimido. Esta técnica permite a agregação de partículas evitando o risco de colapso e é facilmente moldada ao talude. Pode ser utilizada em conjunto com outras técnicas. (Lopes 2010)

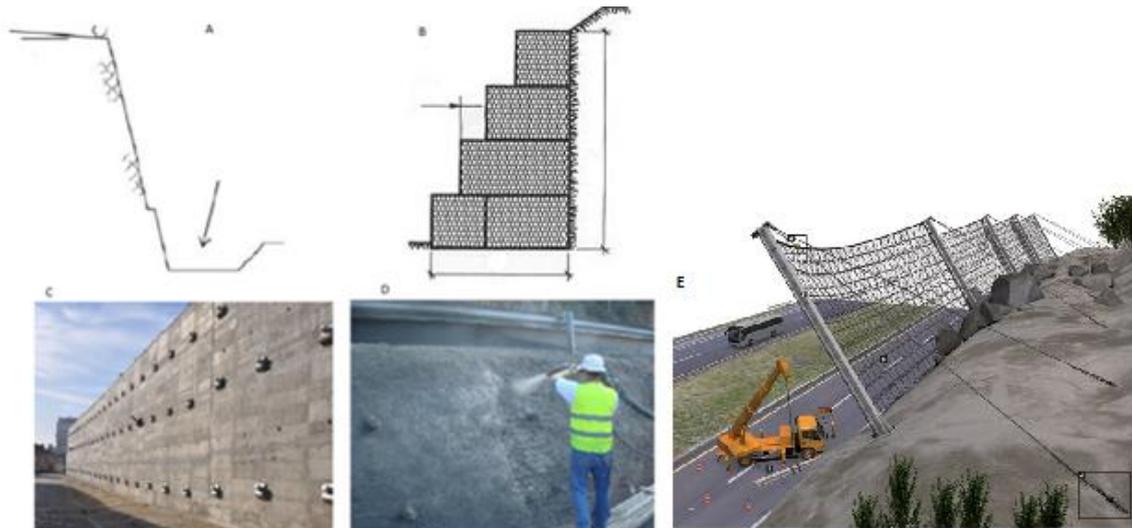


Figura 4 - A-Vala de Retenção; B-Muro de Gabiões; C-Parede Tipo Berlim com ancoragens; D-Gunitagem; E-Barreiras de rede

Para Correia & Sousa (2012), ao nível da topografia os trabalhos passam essencialmente pelo tratamento dos vazios (depressões) deixados pela exploração. Podem-se distinguir três tipos de ações: renivelamento, enchimento parcial e ausência de preenchimento.

O **renivelamento** tem a finalidade de obter superfícies finais com um aspeto natural e de ser um substrato adequado para receber solo fértil para revegetação, isto através do enchimento total do vazio resultante da exploração. Idealmente, neste processo devem ser utilizados os resíduos rochosos provenientes da exploração e o solo e materiais removidos na decapagem.

O **enchimento parcial** normalmente é utilizado quando a quantidade de resíduos disponíveis não é suficiente para o preenchimento total da escavação nem é possível utilizar materiais de outros locais. Opta-se então pela deposição do material disponível apenas nos degraus à cota mais profunda ao apenas em alguns degraus. A vegetação acaba também por ser uma ação comum neste caso.

Na **ausência de preenchimento** as medidas de recuperação limitam-se ao tratamento das superfícies originadas, tirando partido dos desníveis criados. Os processos de tratamento consistem, basicamente, em sanear as zonas instáveis ou eliminar algumas irregularidades, de forma a garantir a estabilidade do maciço, através de algumas das técnicas já aqui referidas. Trata-se de uma solução pouco dispendiosa, em que tipicamente a zona é convertida em reservatório de água ou aterro.

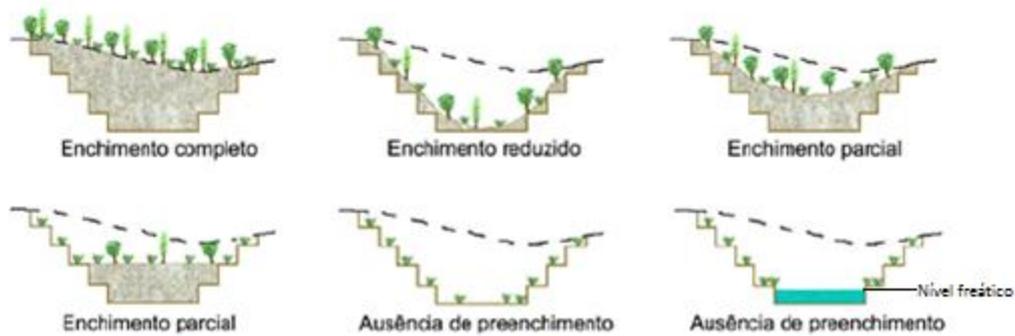


Figura 5 - Tipos de preenchimento possíveis para vazios resultantes da exploração de pedreiras. Adaptado de: (Correia & Sousa 2012)

As **práticas de caráter hídrico** correspondem às ações que contribuem para a proteção dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos preservando a sua qualidade e quantidade. A medida mais utilizada passa pela instalação de sistemas de drenagem para captação e desvio das águas pluviais bem como para retenção de sedimentos. O objetivo será atenuar o potencial erosivo das águas pluviais e evitar que os sedimentos transportados atinjam cursos de água a jusante e provoquem o seu assoreamento (Bitar 1997).

O sistema de drenagem deve, sempre que possível, respeitar as linhas de drenagem natural e nos casos em que se verifica a necessidade de construção de drenos adicionais estes devem descarregar nessas zonas (Tasmania Department of Primary Industries 1999). Muitas vezes o sistema de drenagem é executado diretamente no solo o que provoca notáveis problemas de erosão com a criação de valas profundas acabando por contribuir para a produção de sedimentos. A solução deve passar pelo revestimento do leito e laterais das valas de drenagem com materiais de difícil desgaste acompanhada de uma periódica conservação e limpeza dos sedimentos acumulados (Bitar 1997). Todos os escoamentos provenientes de áreas de trabalho que contenham sedimentos devem ser encaminhados para tanques de decantação, filtros ou outro método de remoção de partículas antes de descarregados.



Figura 6 – Vala em betão para recolha e condução de águas superficiais.

A retirada ou acúmulo de solo ou outros materiais modifica as condições topográficas do terreno e conseqüentemente todo o processo de escoamento de águas conduzindo a processos de erosão e possíveis inundações. Para garantir o equilíbrio dos processos do meio físico nestas áreas é necessário aplicar práticas que disciplinem o escoamento superficial, evitando também o transporte de sedimentos para fora da área de exploração. Logo, é possível afirmar que práticas edáficas de controlo de processos de dinâmica superficial estão estreitamente relacionadas com práticas de carácter hídrico (Neri 2008).

Por fim, as **práticas vegetativas** são as que visam a minimização do impacte visual através da revegetação. A presença de vegetação permite reduzir a erosão do solo, diminuir a velocidade de escoamento ao longo da superfície e permite a absorção de água pelas plantas. Esta é uma prática muito comum na recuperação de explorações uma vez que apresenta um custo reduzido e uma eficiência considerável, devido ao seu efeito contínuo e ação efetiva a longo prazo (Bizi 2011). A fixação das plantas depende da criação das condições necessárias ao seu desenvolvimento, daí a importância das práticas edáficas que quando aplicadas evitam a perda do solo e das suas características tornando possível a sua reutilização. Na escolha das espécies a utilizar deve ter-se em conta as características do meio e também a capacidade colonizadora da espécie naquele local.

Existem dois métodos para a revegetação, a plantação e a sementeira. Para cada um destes métodos existem diferentes técnicas de execução. O método e técnica a usar dependem principalmente das características climáticas, da topografia e tamanho da superfície a recuperar, da existência de partículas de grandes dimensões e da compactação do solo, da disponibilidade de água, do tipo de vegetação selecionada (que é influenciada pelas características do solo e do clima) e das limitações técnicas (acessibilidade das máquinas ao local) ou económicas. A técnica de implantação também é condicionada pelo tipo de uso a dar ao local: para atividade agrícola a revegetação ocorre normalmente por sementeira (cevada, trigo...); para uso florestal deve ser por plantação; para fins recreativos ou apenas de integração paisagística, deve-se sincronizar ambas as técnicas para induzir maior diversidade de habitats e atingir a recuperação a curto/médio prazo (Correia & Sousa 2012).

Ainda dentro das práticas de recuperação é necessário referir as **escombreiras e depósitos de resíduos**, responsáveis por um importante impacte visual e potenciais fontes de contaminação, não podendo ser descurados aquando da recuperação ambiental e paisagística da exploração. Dependendo do maciço, não raras são as vezes em que grandes quantidades de material têm de ser removidos por não apresentarem as características que o explorador pretende, gerando-se assim grandes volumes de resíduos depositados algures na área concessionada, devendo mesmo assim ser alvo de controlo durante todo o ciclo de vida da pedra (International Finance Corporation 2007). Todos esses resíduos, desde que não reativos, devem ser reciclados ou reaplicados, sempre que possível, de forma a não ficarem acumulados sem qualquer intervenção após o encerramento da exploração. O ideal será a

deposição de resíduos na corta em simultâneo com a exploração mas nem sempre esta solução é exequível, principalmente quando a o avanço dos trabalhos de extração se faz em profundidade.

De acordo com o guia *Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities* (Comissão Europeia 2009), para rejeitos e/ou resíduos de rocha inertes as questões a considerar num processo de recuperação são:

- i. Estabilidade física a longo prazo;
- ii. Enquadramento na paisagem e cobertura vegetal;
- iii. Prevenção da erosão e dispersão de material.

O guia *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Mining* ressalva que deve ser tido em consideração que alterações das propriedades geotécnicas dos depósitos podem ocorrer devido a reações químicas, físicas ou biológicas resultantes de fenómenos atmosféricos. O resultado traduz-se em modificações ao nível do tamanho do grão e mineralogia dos resíduos, aumento da fração de argila e, conseqüentemente, um aumento de instabilidade devido à alteração da coesão e ângulo de atrito. Assim, recomenda-se a realização de obras de estabilização e drenagem. Uma das práticas mais simples consiste na modificação da geometria, tipicamente através da diminuição da inclinação, uma vez que escombrelas com formas suaves e de dimensão reduzida serão mais facilmente integradas na paisagem. Em relação à vegetação, muitas vezes verifica-se a construção de cortinas arbóreas em torno dos resíduos mas esta não será a melhor solução, sendo preferível a revegetação completa da escombrela uma vez que o recobrimento com terra vegetal diminui o contraste cromático e facilita o enraizamento das espécies vegetais (Correia & Sousa 2012).



Figura 7 - Exemplo de aplicação de resíduos para enchimento de bancadas resultantes da exploração. Fonte: (Correia & Sousa 2012)

2.4.2.4. Gestão e monitorização

As medidas de recuperação executadas requerem vistorias e inspeções periódicas, visando manter as condições necessárias ao cumprimento dos objetivos pré-estabelecidos no plano de recuperação. A principal razão para a monitorização contínua da área após a recuperação é assegurar que as medidas

aplicadas surtiram os efeitos desejados e o local não apresenta riscos ambientais, de saúde ou segurança (Heikkinen et al. 2008). Eventuais resultados insatisfatórios podem exigir desde a reavaliação da área degradada e a reformulação das medidas executadas até, se necessário, sua complementação ou substituição (Bitar 1997).

Os aspetos tipicamente inspecionados e alvo de monitorização são:

- i. O estado da vedação e sinalização;
- ii. Estabilidade de taludes, barragem de rejeitos e/ou outras áreas potencialmente sujeitas a ruturas;
- iii. Possibilidade de inundações;
- iv. Estabilidade química dos resíduos;
- v. Funcionamento dos sistemas de drenagem;
- vi. Sucesso dos programas de revegetação (Heikkinen et al. 2008).

2.4.3. TIPO DE USO PÓS RECUPERAÇÃO

Analisando o anexo VI do Decreto-Lei n.º 340/2007, de 12 de Outubro onde são descritos os elementos constituintes do Plano de Pedreira, é possível constatar que em cada uma das quatro classes em que as pedreiras podem ser divididas são expressas as exigências quanto ao Plano de Lavra e Plano Ambiental de Recuperação Paisagística. Neste documento legal, o objetivo do PARP passa, essencialmente, por devolver ao local da exploração um equilíbrio ambiental e paisagístico, minorando os impactes visual através do revestimento vegetal, sementeira e sistemas de drenagem, não havendo indicações que vão muito para além disso em termos de possíveis usos do espaço. A opção mais comum em termos de recuperação passa pela revegetação das áreas afetadas com a vegetação pré-existente, especialmente quando esta era constituída por pinhais ou eucaliptais, permitindo, na melhor das hipóteses, a sua posterior utilização como floresta de produção. Para Bastos e Silva (2006), assiste-se a uma monotonia de soluções de recuperação paisagística, com reduzido valor acrescentado, pouco consonantes com a boa prática técnica e limitando-se, muitas vezes, a repor (deficitariamente) a situação anterior. Em Portugal, as soluções apresentadas são assim, geralmente, o reflexo da falta de conhecimento técnico dos projetistas que se limitam a reproduzir de forma acrítica as soluções que conhecem, sem qualquer preocupação acrescida sobre a qualidade e/ou exequibilidade da solução que apresentam.

Ora, um pouco por todo o mundo tem-se assistido a uma crescente tendência de revitalização das zonas através de projetos que vão além da reflorestação ou revegetação. Esta tentativa de valorização dos espaços surge como forma de explorar e maximizar outras valências dos territórios, que possam trazer benefícios diretos e indiretos, a longo prazo, para proprietários e populações. As possibilidades de recuperação são inúmeras, no entanto a sua aplicabilidade depende de fatores fundamentais e característicos de cada local e situação. Antes de considerar qualquer solução há que ter em consideração as características do terreno (geotécnicas, hidrológicas, etc.), do enquadramento

ambiental, ocupação humana, das expectativas de gestão do território, aptidão dos solos, entre outras. Só depois deste processo de escrutínio das especificações do local abandonado se pode fixar um objetivo de reabilitação. Segundo Tang et al. (2011), depois da definição do fim a que se pretende chegar, deve ser definida uma orientação clara do plano de ação, visando sempre a proteção de recursos significativos, e medidas de recuperação necessárias para atingir as condições necessárias.

Para Milgrom (2008) quando se fala em pedreiras próximas de centros urbanos há que atender a certos aspetos como o aumento da densidade populacional, a sua distribuição desigual, urbanização, industrialização e aumento dos padrões de qualidade de vida que acarretam exigências cada vez mais rigorosas aos projetos e, ao mesmo tempo, produzem uma crescente demanda por espaços aberto. Estas necessidades induzem pressões sobre a utilização de terras que podem e devem ser aliviadas através da recuperação de espaços degradados. O objetivo poderá ser simplesmente a melhoria das condições ambientais do local ou, noutros casos, a satisfação de necessidades específicas (preparação do local para receber um lote habitacional, por exemplo). Durante a fase de planeamento, é necessário identificar quais os locais propícios a serem utilizados para determinado fim, tendo em conta as suas características mas também as da envolvência por forma a não serem gastos meios humanos e económicos num projeto que mais tarde possa ser considerado inviável, desenquadrado ou prejudicial à região.

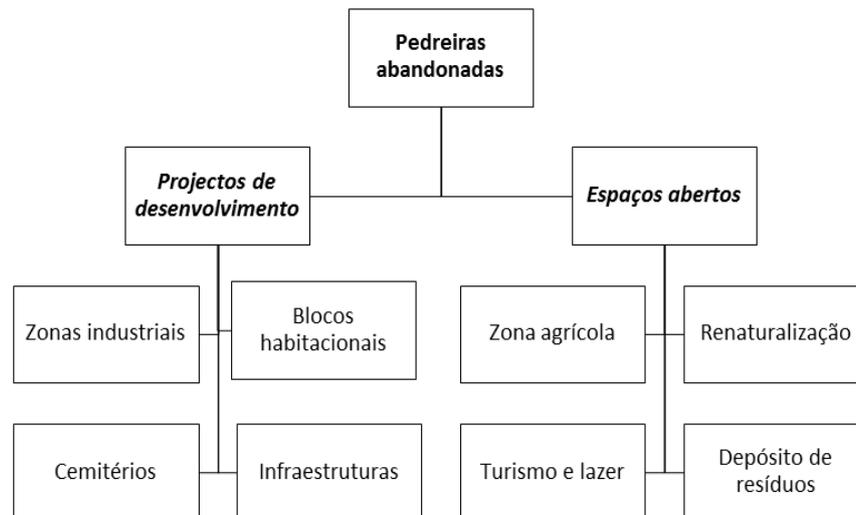


Figura 8 - Sugestões para a reabilitação de pedreiras abandonadas. Adaptado de (Milgrom 2008)

Milgrom (2008) considera pertinente fazer a divisão dos projetos de reabilitação de pedreiras abandonadas consoante o fim a que se destinam: espaço aberto ou projetos de desenvolvimento (figura 8).

A reabilitação de explorações abandonadas que se destinem a acolher projetos de desenvolvimento podem resultar em instalações industriais e fabris, zonas comerciais, zonas residenciais, entre outras.

Quando o objetivo é ter um espaço aberto, a reabilitação pode passar pela criação de terrenos agrícolas, zonas de recreio e lazer, reservas naturais, lagos, etc. Nos casos em que as pedreiras possuem características geológicas únicas a reabilitação deve tirar delas partido e optar pela criação de um projeto de interesse e valorização científica. O aproveitamento das depressões deixadas pelas pedreiras é muitas vezes feito através da deposição de resíduos (sólidos urbanos ou de construção), servindo portanto o espaço como aterro, no entanto, há que ter em atenção que estes têm um tempo de vida limitado e como tal um plano de ação deve ser traçado para quando o término da deposição acontecer. A criação de reservatórios de água que auxiliem na irrigação agrícola, o abastecimento de populações ou até mesmo para recarga de aquíferos podem também ser soluções viáveis.

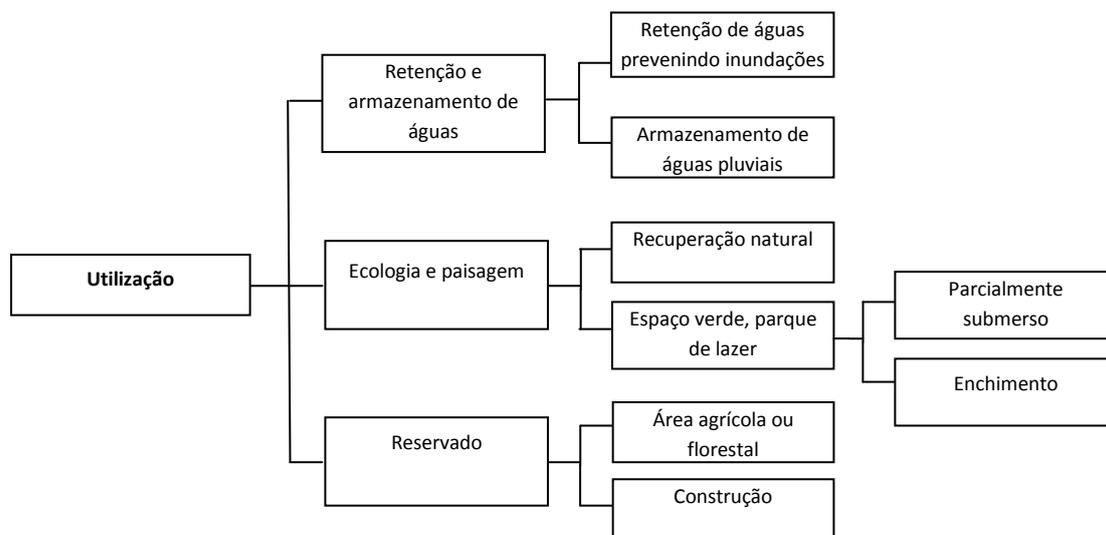


Figura 9 – Possíveis cenários para reabilitação de pedreiras. Adaptado de(Tang et al. 2011)

Já Tang et al. (2011) desenvolveu uma sistemática de classificação de pedreiras abandonadas tendo em conta as suas características e influência no ambiente envolvente. Com base nessa classificação é determinado o uso mais adequado ao local, assim como um plano de reabilitação específico. Três tipos de utilização são delineadas considerando a condição natural do local, o ambiente socioeconómico e os planos de uso do território de Pequim (cidade na qual foi realizado o estudo). São elas: utilização como retenção e armazenamento de águas pluviais, recuperação ecológica e paisagística e, por fim, manter o local sem qualquer uso de forma a estar livre aquando da necessidade de utilização (figura 9).

De acordo com o autor, pedreiras abandonadas localizadas em áreas que estejam definidas no Plano Diretor Municipal da região como zonas de construção urbana ou terrenos agrícolas devem ser consideradas como zonas reservadas e não serão reconvertida para outros usos que não aqueles a que se destinam, lagoas profundas e de grande área localizadas junto de rios devem ser utilizadas para retenção de águas, explorações com grande área, adjacentes a habitações e com boa qualidade do solo são considerados para restauração da ecologia e paisagem para possível utilização como espaço verde

e/ou parque público. Por fim, pedreiras afastadas de populações e vias de circulação são indicadas para uma recuperação que vise devolver as condições naturais do local.

Em *Identification Of Quarries Rehabilitation Scenarios: A case study within the metropolitan area of Bari (Italy)* (Dal Sasso et al. 2012), são referidos vários tipos de reutilização dos antigos espaços de exploração presentes na legislação local vigente. As propostas são:

- i. Restauração de ecossistemas: para utilização como reserva natural;
- ii. Recuperação produtiva: para agricultura, pastoreio ou zona florestal;
- iii. Recuperação urbana: utilização residencial, instalações de serviços comerciais ou industriais, parques de lazer, atividades culturais e desporto, entre outros;
- iv. Recuperação técnico-funcional: com a finalidade de criar condições para a produção de energias alternativas, instalação de painéis solares ou parques eólicos, ou para prevenção e melhoria das condições hidrológicas da zona, reduzindo riscos de inundações, por exemplo.

A chamada recuperação urbana tem sido fortemente apoiada e muito aplicada pela sua capacidade de amenizar tanto a degradação ambiental como as áreas densamente edificadas, por satisfazer as necessidades da demanda social e juntamente melhorar a qualidade de vida dos centros urbanos. A consciência ambiental é algo que tem crescido no seio das populações e assim a transformação das áreas degradadas em parques, áreas de lazer e desporto tem vindo a ganhar terreno já que os efeitos positivos do ponto físico e psicológico aliados às atividades recreativas associadas a estes espaços em conjunto com a melhoria da qualidade do ar e microclimatologia são benefícios inegáveis (Dal Sasso et al. 2012).

Por fim destaca-se o estudo de Soltanmohammadi, Osanloo e Bazzazi (2010) no qual foi criada uma metodologia de determinação do uso futuro para áreas de extração mineral utilizando o processo de MLSA (Mined Land Suitability Analysis), o qual é composto por um quadro com os atributos mais importantes a considerar na decisão. O objetivo passa por facilitar a tomada de decisões acerca do tipo de utilização que o espaço passará a ter tendo em conta quatro critérios fundamentais: económicos, sociais, técnicos e características do local. Assim, as utilizações propostas pelos autores são as que constam na tabela 4. Na tabela 5 apresentam-se os critérios, atributos e sub-atributos que pesam na decisão quanto à forma de os antigos locais de extração.

Tabela 4 - Várias utilizações possíveis para pedreiras recuperadas. Adaptado de (Soltanmohammadi et al. 2010)

Tipos de uso de pedreiras pós recuperação	
Agricultura	Terrenos aráveis
	Jardim
	Pastoreio
	Estufas
Florestal	Produção de madeira
	Floresta
	Arborização e vegetação nativa
Lago ou piscina	Aquacultura
	Atividades recreativas: natação, vela, canoagem
	Abastecimento de água
Atividades de recreio	Campo de jogos
	Vela, natação, lago de pesca
	Zona de caça
Zona lazer	Parque, espaço verde
	Museu
Construção	Residencial
	Comercial
	Industrial
	Educacional
	Comunidade sustentável
Conservação	Habitat selvagem
	Armazenamento de água (superficial ou subterrânea)
Enchimento	Aterro

Tabela 5 - MLSA critérios, atributos e subatributos. Adaptado de(Soltanmohammadi et al. 2010)

Crítérios	Atributos	Sub-atributos
Fatores económicos	Custos	Custos de manutenção e monitorização Custos de capital Custos operacionais
	Potencial de absorção de investimento	
	Rendimento governamental	
	Alteração no valor imobiliário	

Fatores sociais	Efeitos ao nível da imigração local	
	Necessidade de mão-de-obra especializada	
	Alterações à qualidade de vida	
	Oportunidades de emprego	
	Benefício para a educação pública	
	Necessidade de atravessar o local da exploração	
	Ecoturismo	Aceitação ecológica Atração turística
	Proprietários	
	Proximidade a centros urbanos	
	Geografia	Localização da cidade mais próxima Condições e acessibilidade rodoviária
	Requerimentos legais	Política da empresa exploradora Política governamental Planos de Ordenamento do Território

Fatores técnicos	Dimensão e forma da área explorada	
	Técnicas de recuperação disponíveis	
	Distância a fontes de abastecimento de água	
	Disponibilidade do mercado	
	Utilização das áreas contíguas	
	Prosperidade da área explorada	
	Geologia estrutural	

	Distância a serviços
	Perspetivas futuras de negócio
	Contaminações ambientais
	Potencial de ocorrência de fenómenos extremos
	Possibilidade de reutilização de instalações
	Qualidade da paisagem

Fatores relativos à exploração	Solo	Propriedades físicas Propriedades químicas
	Clima	Evaporação Precipitação Velocidade do vento Humidade Temperatura Hidrologia superficial e subterrânea
	Topografia	Relevo Declive Cota máxima Exposição solar

Qualquer que seja o uso definido para uma pedreira após o fim da sua atividade, devem estar asseguradas um conjunto de exigências que visam a segurança e viabilidade dos processos de reconversão dos locais. Na tabela 6 encontram-se alguns dos usos considerados por Correia e Sousa (2012), respetivas exigências e possíveis soluções aplicáveis para remediação das condições existentes.

Tabela 6 - Soluções e exigências para a implementação de um determinado uso em locais de antigas explorações a céu aberto. Fonte:(Correia & Sousa 2012)

TIPO DE USO	EXIGÊNCIAS	SOLUÇÕES
URBANÍSTICO E INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade dos taludes e controlo da erosão • Estudo das propriedades geotécnicas dos terrenos para as fundações • Localização próxima de núcleos urbanos e rurais 	<ul style="list-style-type: none"> • Remodelação para reduzir declives • Obras de drenagem • Medidas estruturais quando necessárias
RECREATIVO E DESPORTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade de taludes • Remoção de elementos que possam dar lugar a acidentes • O uso recreativo não intensivo e educacional requer grandes superfícies, que podem ultrapassar em muitos casos os 10 ha • Localização próxima de núcleos urbanos e rurais 	<ul style="list-style-type: none"> • Remodelação do terreno • Correção de declives • Medidas estruturais quando necessárias • Cobertura vegetal
DEPÓSITO DE LIXOS E RESÍDUOS ESTÉREIS	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo da permeabilidade dos materiais rochosos • Estudo das características do depósito • Localização em lugares pouco visíveis e próximos de núcleos urbanos e industriais 	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilização quando necessário • Melhoramento da drenagem superficial e interna
AGRÍCOLA	<ul style="list-style-type: none"> • Buracos de escavação grandes e pouco profundos • Limitações: <ul style="list-style-type: none"> Químicas: <ul style="list-style-type: none"> -acidez/alcalinidade -nutrientes e toxicidade Físicas: <ul style="list-style-type: none"> -pedregosidade > 15%, impossível o uso agrícola -declive > 15% pastagem < 15% cultivo -disponibilidade de água -riscos de erosão 	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionar matéria orgânica • Correção da acidez • Introdução de elementos finos • Adubar • Melhoramento da drenagem • Diminuição dos declives • Estabelecimento de vegetação
FLORESTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Não são necessários solos de grande fertilidade • Limitação em taludes com declives > 70%(35°) • Superfícies com alguma extensão (>25 ha) • Espessura do solo e subsolo consoante as espécies a implantar 	<ul style="list-style-type: none"> • Adição de matéria orgânica • Adição de elementos finos • Possível adição de nutrientes • Boa drenagem • Modificar os declives se necessário • Cobertura vegetal
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimentos mínimos; também será necessário substrato adequado capaz de facilitar o crescimento da vegetação natural 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal

2.4.4. ALGUNS EXEMPLOS DE PROJETOS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E PAISAGÍSTICA

Um pouco por todo o mundo existem exemplos de recuperações de pedreiras, essencialmente através de ações de reabilitação e reconversão. Vale a pena fazer um pequeno apanhado de algumas soluções implementadas e que se revelaram apostas de sucesso.

- **Parc des Buttes-Chaumont (França)**

Com 25 hectares, o parque de *Buttes-Chaumont* é um dos maiores parques de lazer da cidade de Paris atraindo milhões de visitantes todos os anos. No entanto, o que poucos sabem é que é completamente artificial. Hoje, o nome dado ao local faz referência ao seu passado uma vez que *Chaumont*

corresponde à contração da palavra “*chauve*” (careca) e “*mont*” (monte), ou seja, esta seria uma terra infértil e desprovida de vegetação.

Este foi em tempos palco de inúmeras pedreiras e galerias subterrâneas para extração de gipsite, minério importante no fabrico de gesso e cimento. Quando as explorações foram encerradas tornaram-se um problema uma vez que, devido ao relevo bastante acidentado, eram escolhidas como refúgio para criminosos que utilizavam as galerias subterrâneas e irregularidades das escavações mantendo-se escondidos. No século XIX, a cidade de Paris sofreu uma grande reforma e, uma vez que a área era extremamente instável, o plano traçado foi a construção de um parque ao invés de imóveis, ideia inicial.

Além de todas as obras de estabilização, movimentação de terras e revegetação foram criados dois riachos artificiais, um lago e ainda uma cascata, tirando assim partido dos desníveis existentes, que desagua numa gruta, também artificial, situada na entrada das pedreiras. No meio do lago criado ergue-se uma ilha com 30 metros de altura na qual está o templo de Sybille.



Figura 10 - Buttes-Chaumont em construção (1864-67) (esquerda) e atualmente (direita). Fonte: en.parisinfo.com

- **Éden Project (Reino Unido)**

Conhecido como um jardim do século XXI, a ideia de construir o projeto Éden partiu de *Tim Smith* que projetou a maior estufa do mundo, numa antiga pedreira de caulinite em *St. Austell*, Cornualha, Reino Unido. Com uma cratera de 60m de profundidade e uma área semelhante a 35 campos de futebol, este era um local vazio, instável e no qual era impossível utilizar o solo superficial inicialmente retirado por este não se encontrar em quantidade e qualidade suficiente, tendo em conta a dimensão do projeto. A solução encontrada passou pela produção de solo próprio para o local com minerais, areia, barro e matéria orgânica num total de 85.000 toneladas.

Hoje o local é uma paisagem rica em vegetação onde estão representados biomas dos trópicos húmidos, temperados húmidos, mediterrâneos, entre outros, e um importante centro didático e de ciência, transversal a todas as idades. As linhas do terreno, resultantes da escavação, foram respeitadas e a zona correspondente à cota mais baixa é reservada a eventos culturais.



Figura 11 - Pedreira de extração de caulinite (cima) onde mais tarde seria criado o projeto Éden (baixo).
Fonte: edenproject.com

- **Ópera Dalhalla (Suécia)**

Situada na cerca de 7km do lago Siljan, originado pela queda de um meteoro na Terra, na região de Dalarna, esta antiga pedreira de calcário é hoje um dos mais belos anfiteatros ao ar livre. As suas qualidades acústicas excepcionais em conjunto com o impressionante cenário natural são responsáveis pela criação de um espaço de excelência para espetáculos de ópera. A amplificação do som é dispensada neste espaço.



Figura 12 - Ópera Dalhalla. Fonte: <http://meyersound.com> e thompsonstudio4.wordpress.com

- **St. Mary's Quarry (Canadá)**

Antiga pedreira de calcário que, após reconversão, se tornou na maior piscina ao ar livre do Canadá. É palco de inúmeras atividades recreativas tendo mesmo uma escola de desportos aquáticos.



*Figura 13 - St. Mary's Quarry ainda em exploração (esquerda) e atualmente como área de lazer (direita).
Fonte: townofstmarys.com*

- **Couto Mineiro do Lousal (Portugal)**

No fim da década de 1980, a pirite, metal extraído das minas do Lousal, deixa de ser uma fonte rentável e ocorre o encerramento da exploração. Num contexto de abandono e de forma a apoiar a população remanescente e potenciar o património histórico e cultural é lançado o Programa de Revitalização e Desenvolvimento Integrado - RELousal. Este projeto tinha como objetivo levar a cabo várias ações como: formação profissional, apoio ao artesanato e ao pequeno fabrico, promoção de equipamentos públicos, valorização do património, descontaminação de solos, reflorestação de terrenos, criação de unidades de alojamento e de restauração, instalações museológicas, requalificação do espaço urbano, divulgação do sítio, internacionalização do local.

O Lousal tem hoje um espaço dedicado à restauração e hotelaria a funcionar no antigo armazém principal da mina e um museu mineiro onde outrora funcionava a central elétrica. Em 2010 foi inaugurado o Centro de Ciência Viva do Lousal- Mina de Ciência, tirando partido dos edifícios onde funcionavam balneários e oficinas, onde se pretende desenvolver áreas científicas como geologia, biologia, química, física, informática, matemática e novas tecnologias da comunicação e imagem através de espaços expositivos, experimentais e atividades práticas que desafiam a criatividade do público.

A nível ambiental, o tratamento de efluentes resultantes de escorrências que se verificaram através de terrenos contaminados levou à implementação de um tratamento passivo de 17 lagoas de tratamento com macrófitas flutuantes e outras enraizadas em substrato alcalino, que se estende por uma área com 2 hectares.



Figura 14 - Mina do Lousal. Fonte: <http://repositorio.Ineg.pt>

3. OBJETIVOS E METODOLOGIA

3.1. OBJETIVOS

O objetivo principal desta dissertação consistiu em desenvolver uma ferramenta de avaliação de zonas industriais degradadas pela indústria extrativa, fazendo o teste da sua exequibilidade através da sua aplicação a casos concretos.

Uma vez colocadas e respondidas as questões sobre a existência de metodologias de avaliação de sítios mineiros degradados e sobre soluções de recuperação desses mesmos sítios, foram definidos os seguintes objetivos secundários:

- i. Elaborar um guião de avaliação de sítios mineiros degradados sintetizando a experiência e conhecimento dos diferentes autores que abordaram o assunto;
- ii. Selecionar dois sítios distintos dos pontos de vista geológico e geográfico;
- iii. Propor soluções de recuperação para esses sítios;
- iv. Testar a ferramenta desenvolvida para as situações antes, durante e após recuperação.

Assim, serão analisadas as condições atuais de três pedreiras com características geologicamente distintas, uma de extração de granito e duas de calcário.

Apesar de as três zonas de exploração estudadas estarem devidamente licenciadas com Plano de Pedreira (Plano de Lavra + PARP) e Estudo de Impacte Ambiental aprovados, o que se verifica é que nem sempre esses planos atendem à realidade ou então há um descuido em relação às questões ambientais e de recuperação paisagística, pelo que as diretrizes expressas nos documentos acima referidos muitas vezes não são cumpridas. É notória a maior facilidade de recuperação quando os dois aspetos acima referidos são minimamente atendidos.

São várias as razões que podem ter conduzido à situação atual, desde a falta de rigor no projeto consubstanciado no Plano de Pedreira, até ao não cumprimento desse mesmo plano. No entanto, o foco deste trabalho será o de apresentar soluções que visem a correção de situações encontradas e melhoria das condições da área degradada através de restauração, reabilitação ou reconversão, tendo em vista a valorização do espaço em termos ecológicos, estéticos e produtivos.

3.2. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido com recurso a um esquema metodológico simples mas eficaz. Iniciou-se com a realização de uma revisão sistemática da literatura no sentido de identificar quais os indicadores ambientais relevantes que poderiam ser aplicados numa tripla avaliação, antes, durante e após o processo de recuperação ambiental e paisagística de sítios degradados pela indústria extrativa, com especial enfoque em exploração de rochas industriais. Partindo das propostas apresentadas por diversos autores foi elaborado um guião de avaliação.

Foram identificados dois sítios geológica e orograficamente distintos no sentido de proceder ao teste do guião.

Em paralelo foi também efetuada uma pesquisa sistemática no sentido de identificar soluções de recuperação que pudessem vir a ser utilizadas ou servir de inspiração para a definição de soluções para os sítios identificados. A este passo seguiu-se a proposta de soluções de recuperação.

Por fim, foi aplicado o guião para ambos os sítios, para as situações antes, durante e após a recuperação, sendo em paralelo esse mesmo guião afinado no sentido de corresponder o mais adequadamente possível às diferentes situações no sentido de avaliar o ganho obtido com a recuperação.

4. RESULTADOS

4.1. ENQUADRAMENTO DAS ÁREAS EM ESTUDO

4.1.1. CALCÁRIO: INTEGRAÇÃO REGIONAL

As pedreiras em estudo encontram-se inseridas no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra. Esta é uma região com diversas explorações de rochas calcárias distribuídas por todo o concelho, tanto em atividade como abandonadas. Genericamente denominados “Pedra de Ançã”, os calcários de Cantanhede constituem desde há muito um fator importante de desenvolvimento económico da região. As principais unidades extrativas encontram-se na zona sul do concelho, Ançã, Portunhos, Outil e Vila Nova.

Em termos populacionais, o município caracteriza-se por uma distribuição bastante homogénea da sua população ao longo no território. A faixa etária onde se incluem as pessoas com idade superior a 65 anos tem vindo a crescer em contraste com a população mais jovem, denotando uma tendência de envelhecimento da população. Atualmente o concelho tem sido alvo de um significativo investimento em industrial, contribuindo para o desenvolvimento da região que dependia a larga escala da atividade agrícola e comércio. Também o turismo, requalificação urbana e beneficiação de zona de desporto e lazer têm assistido a crescimentos notáveis.

A extração de calcários no concelho de Cantanhede tanto se destina a fins industriais, com produção agregados, como a fins ornamentais, pedra de calçada, esculturas e estátuas, construção civil, entre outros.

A título de curiosidade, o topónimo Cantanhede vem da raiz celta *cant*, que significa “pedra grande”, relacionando-se com o elevado número de pedreiras existentes na região.

4.1.1.1. Localização e Acessos

O município de Cantanhede, inserido no distrito de Coimbra, localiza-se na região Centro da Beira Litoral e integra a sub-região do Baixo Mondego, fazendo fronteira com oito concelhos (Mira, Vagos, Oliveira do Bairro, Anadia, Mealhada, Coimbra, Montemor-o-Velho e Figueira da Foz) e com o Oceano Atlântico. O território concelhio tem aproximadamente 396km², integra dezanove freguesias, 168 povoações e apresenta uma população de cerca de 36500 habitantes (Censos 2011). É o maior município do distrito de Coimbra em termos de área e o terceiro mais populoso (Câmara Municipal de Cantanhede 2015).

Cantanhede encontra-se numa posição estratégica privilegiada entre Aveiro (50km), Coimbra (25km) e a Figueira da Foz (40km), sendo a ligação facilitada pelas boas acessibilidades rodoviárias, designadamente pelos itinerários principais IP1 e IP3, mas também pela A14 (Coimbra-Figueira) e A17 (Marinha Grande-Aveiro). Este último itinerário permite ligar Aveiro, Mira, Cantanhede (Tocha), Figueira da Foz e Leiria, e faz a ligação à A8 (Leiria-Lisboa) em direção a Lisboa.

A pedra em estudo encontra-se a 8 ou 10km, dependendo da vida de acesso, EM584 ou N234, da sede de concelho. Está implementada no lugar do vale do Junco, freguesia de Portunhos e Outil. Na figura 16 apresenta-se a localização da pedra.

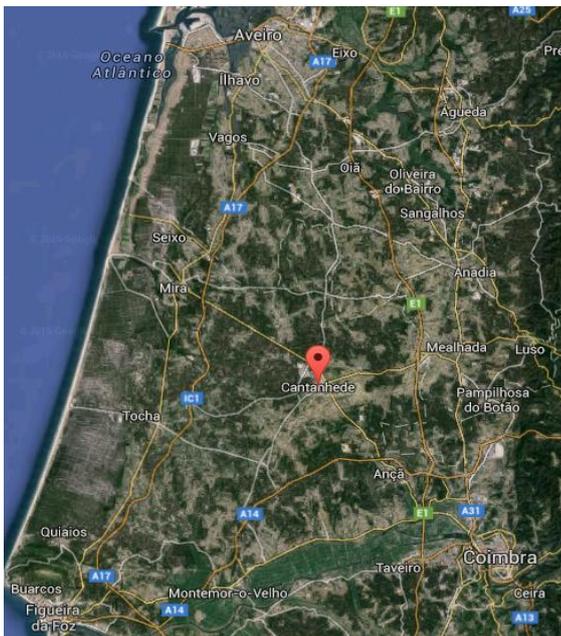


Figura 15 -Localização de Cantanhede. Fonte: Google Maps



Figura 16 - Identificação da localização da pedra em estudo. Fonte: Google Maps

4.1.1.2. Caracterização climática da região

Esta é uma zona de clima temperado onde se verifica uma temperatura média anual de 14,8°C, sendo a média mensal do mês mais frio de 9,9°C (Janeiro) e a média mensal do mês mais quente é de 19,5°C (Agosto). A precipitação média anual é de 917 mm. O regime pluviométrico é caracterizado por um semestre chuvoso, que corresponde à estação fria, e um semestre seco que corresponde à estação quente, características típicas de um clima mediterrâneo. A distribuição sazonal da precipitação é muito acentuada, concentrando-se no semestre húmido (Outubro – Março) cerca de 75% da precipitação. Verifica-se que o mês mais chuvoso é Janeiro, onde em média se registam precipitações da ordem dos 130 mm. Os meses mais secos são Julho e Agosto, com precipitações médias mensais da ordem dos 10 mm. Em média por ano ocorre precipitação entre 76 a 100 dias.

Os ventos predominantes são provenientes do quadrante noroeste, com uma velocidade média da ordem dos 9,2km/h.

A insolação média anual situa-se entre 2500 a 2600 horas, sendo os meses de julho e agosto os que registam os valores médios mais elevados, 9.7h, e o mais baixo janeiro com 4,4h.

A evapotranspiração real da zona encontra-se entre 600 a 700mm por ano.

4.1.1.3. Caracterização hidrogeológica

Em termos hidrográficos, o concelho de Cantanhede é compartimentado e insere-se em duas bacias hidrográficas principais: a do Vouga que ocupa cerca de 80% do território concelhio (zona norte, noroeste, nordeste e sudoeste) e a do Mondego, que abrange o restante território (região sudeste). Importa destacar o aquífero de Ançã-Cantanhede devido à localização da pedra em estudo.

A base do sistema aquífero é constituída pelos Calcários Margosos da Póvoa de Lomba, unidade litoestratigráfica com alternância de calcários margosos e margas, apresentando uma espessura de centenas de metros. Sobrepondo-se a esta formação e com espessura da ordem das duas centenas e meia de metros encontram-se os Calcários de Ançã (Instituto da Água 2000).

Tratando-se de uma zona calcária a infiltração predominante dá-se através de escorrência superficial, sendo as linhas de água de regime temporário.

4.1.2. GRANITO: INTEGRAÇÃO REGIONAL

A pedra em estudo encontra-se inserida no concelho de Vila Pouca de Aguiar, distrito de Vila Real. Esta é uma região com recursos geológicos diversificados e de elevada importância para a economia local e regional, nomeadamente a exploração de granito. Além da extração de granito em dois núcleos principais, Pedras Salgadas e serra da Falperra, as águas minerais naturais e de nascente são também uma importante fatia da exploração de recursos geológicos do município. O núcleo de extração de Pedras Salgadas foi o primeiro a ter um elevado desenvolvimento, devido às excelentes características físico-mecânicas e texturais do granito aí extraído. Esta foi também em tempos uma região dedicada à produção de recursos metálicos através da extração de ouro nas zonas de Tresminas e Jales.

A exploração de granito em Vila Pouca de Aguiar é maioritariamente para fins ornamentais, não sendo, no entanto, o caso da pedra em estudo.

Em termos de população, esta região, como a grande maioria do Interior Norte de Portugal, apresenta uma regressão demográfica muito acentuada. A estrutura etária denota também um elevado

envelhecimento populacional com dificuldades de renovação geracional que condicionam as tendências futuras do município em relação ao crescimento demográfico (Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar 2005).

4.1.2.1. Localização e Acessos

Vila Pouca de Aguiar é uma vila portuguesa situada entre as serras do Alvão e da Padrela pertencente ao distrito de Vila Real, inserido na Região Norte de Trás-os-Montes e Alto Douro, sub-região do Alto-Tâmega. É sede de município com 437,07 km², cerca de 13000 habitantes (Censos 2011) e está dividido em 14 freguesias. Encontra-se limitado a norte por Chaves, a leste por Valpaços e Murça, a sul por Alijó, Sabrosa e Vila Real, a oeste por Ribeira de Pena e a noroeste por Boticas.

Em termos de acessos, este concelho encontra-se servido pelas autoestradas A7 (Guimarães-Vila Pouca de Aguiar) e A24 (Viseu-Chaves) e pelas nacionais 2 e 212. Vila Real encontra-se a 25km e o Porto a aproximadamente 117km.

A pedra em estudo encontra-se a cerca de 4km da sede de concelho e a escassos metros de Colonos de Paredes, um pequeno núcleo habitacional, pertencente à freguesia de Alvão. O acesso ao local da exploração faz-se através da N206, encontrando-se a saída 16 da A24 situa-se a alguns metros.



Figura 17 -Localização de Vila Pouca de Aguiar. Fonte: Google Maps

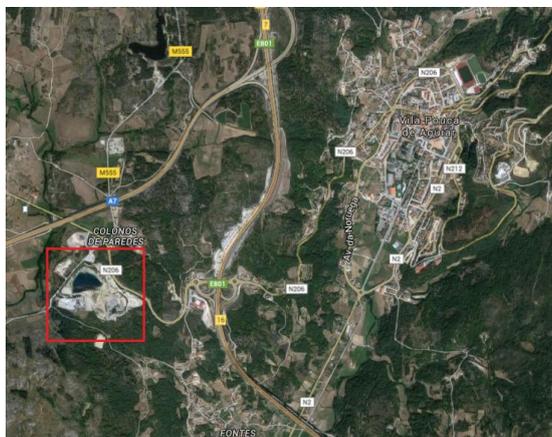


Figura 18 – Identificação da localização da pedra em estudo. Fonte: Google Maps

4.1.2.2. Caracterização climática da região

O concelho pode ser dividido em duas zonas climaticamente homogéneas, as chamadas Terra Fria e Terra Quente. Estas duas zonas expressam a variação climática que se verifica na região, resultante da relação entre precipitação e temperatura, e que depende principalmente da variação da altitude. A Terra Fria é caracterizada pela dureza e duração do Inverno, devido à altitude e exposição a ventos frios, e pela relativa amenidade dos Verões.

A Terra Quente corresponde a uma faixa estreita ao longo do rio Tâmega onde se verificam altitudes baixas. É uma zona onde o clima é consideravelmente quente onde a agricultura é favorecida e a floresta tem ótimas condições de desenvolvimento graças aos adequados valores de precipitação (Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar 2005).

O clima geral de Vila Pouca de Aguiar caracteriza-se com verões e invernos muito rigorosos. É considerado húmido e frio no Inverno, com temperaturas mínimas entre os -5 e 5°C, e quente no Verão com temperaturas máximas a atingirem valores da ordem dos 30 a 40°C. Um dos aspetos que determina a sensação térmica de frio no Inverno é o rigor dos ventos sentido nesta região.

Em termos de precipitação, em média, o mês mais chuvoso é fevereiro onde se atingem valores superiores a 150mm, sendo seguido por dezembro e janeiro. Em julho e agosto verificam-se os valores mínimos. Os valores de exposição solar variam entre cerca de 100h de sol (em dezembro e janeiro) e cerca de 330h de sol (nos meses de julho e agosto), estando diretamente relacionada com o aumento da temperatura.

4.1.2.3. Caracterização hidrogeológica

Em termos hidrográficos, o concelho de Vila Pouca de Aguiar localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Douro, incluindo, no seu território 4 sub-bacias diferenciadas: Tâmega, Corgo, Pinhão e Tua. Atualmente, a rede hidrográfica do concelho verifica alguns problemas relacionados com a poluição hídrica e, principalmente, com a sua sobre-exploração em relação à captação de água. Vários rios com elevada importância ecológica ficam praticamente secos, no Verão, em consequência da captação de água para regadio.

Em relação às águas subterrâneas é possível afirmar que a produtividade média dos aquíferos desta região é reduzida ($50\text{m}^3/\text{dia.Km}^2$), refletindo a heterogeneidade do meio. Localizado no Maciço Antigo, o concelho apresenta tanto formações ígneas como metamórficas, granitos e xistos, rochas que à partida são consideradas impermeáveis. No entanto, devido à existência de discontinuidades como falhas, diáclases e foliações ou de zonas alteradas, as rochas podem apresentar uma boa permeabilidade permitindo a infiltração e recarga dos aquíferos subterrâneos (Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar 2005).

4.1.3. DESCRIÇÃO DAS EXPLORAÇÕES

4.1.3.1. Calcário

As pedreiras em estudo têm, em conjunto, uma área aproximada de 55ha e tinham como finalidade a produção de agregados (britas, gravilhas e areias) de calcário para construção civil e obras públicas. Nesta zona verifica-se uma topografia suave e com um nível freático relativamente próximo da superfície, cuja cota não desce abaixo dos 45m.

Desmorte: O método de desmorte aplicado seria o método de degraus direitos no sentido descendente. A altura dos degraus apresenta uma variação entre os 10 e os 15m, sendo a maior altura exercida em maiores profundidades, justificada pela melhoria do maciço. Quanto à largura apresentada esta é no mínimo de 35m (na pedreira da direita) e o comprimento máximo é limitado pelas dimensões do terreno, planeamento ou outras condicionantes da exploração. A inclinação das frentes oscila entre os 10° e 15° com a vertical.

Armazenamento: O armazenamento dos vários tipos de produtos gerados seria efetuado em pilha, no chão, nos parques cobertos existentes para o efeito.

Águas industriais: As águas industriais produzidas no decorrer da exploração teriam como destino uma bacia de decantação após tratamento. A bacia teve, ao longo da vida útil da pedreira, várias localizações, a depressão criada pela exploração à cota mais baixa, numa fase inicial, ou estruturas construídas para esse fim dentro da área concessionada.

Escoamento de águas e efluentes: O destino natural das águas pluviais existentes no interior da pedreira seria a cota mais baixa da exploração, onde também estariam presentes águas com origem nos lençóis freáticos. A exploração dessa bancada, poderia ser até à cota 40m na pedreira do lado direito e 20m na da esquerda, ou seja parcialmente abaixo do nível freático, apenas seria executada nos meses mais quentes por existirem menores caudais a bombear.

Rejeitos: Os rejeitos eram transportados para as zonas abandonadas da exploração, o material de aterro tinha como destino a escombreira.

Resíduos industriais: Relativamente a resíduos produzidos, estes representam risco de contaminação do solo pelo que o seu armazenamento era feito em locais apropriados ao efeito e posteriormente recolhidos por entidades competentes antes da capacidade de armazenamento ser excedida. Óleos hidráulicos, fluídos de travões, pneus, sucatas e baterias são os resíduos mais comumente gerados.

4.1.3.2. Granito

Quanto à pedreira de granito, esta tem uma área aproximada de 11,84ha e detinha como finalidade a produção de agregados de granito para construção civil e obras públicas. Está implantada na zona cimeira de uma encosta, com orientação predominante a sudoeste, no início de uma zona planáltica. É deficitária em água, não intercetando qualquer linha de água significativa ou aquífero.

Desmonte: O método de desmonte aplicado seria a céu aberto pelo método de degraus direitos no sentido descendente. A altura dos degraus apresenta uma diferença de cota de cerca de 10m e as bancadas vão desde a cota 835m até 900m, aproximadamente. Com a melhoria da qualidade do maciço a altura passa a 15m, maximizando o rendimento da exploração. Quanto à largura (praça) apresentada esta é no mínimo de 35m e o comprimento máximo é limitado pelas dimensões do terreno, planeamento ou outras condicionantes da exploração. A inclinação da frente oscila entre 10° e 15°. Exploração com recurso a explosivos, não sendo estes armazenados no local mas sim transportados por uma empresa especializada.

O maciço possui uma rede de fracturação com orientação dominante N30°E, cujo pendor dominante na zona da pedreira ronda os 85°NW.

Armazenamento: O armazenamento dos vários tipos de produtos gerados seria efetuado em pilha, no chão.

Águas industriais: Seriam produzidas águas industriais como resultado da lavagem de britas, gravilhas e areias. Estas apenas contariam apenas com partículas minerais em suspensão e seriam submetidas a decantação. As lamas resultantes eram armazenadas em aterro e as águas recuperadas entrariam de novo no processo de lavagem.

Escoamento de águas e efluentes: As águas provenientes de escorrências internas seriam encaminhadas para a cota mais baixa da exploração para depois serem utilizadas nos processos de lavagem. Quanto às águas de escorrência exteriores seriam encaminhadas de forma a não entrar na área de exploração e retornar o seu percurso na encosta pelas linhas de água existentes.

Rejeitos: Os rejeitos teriam como destino o transporte para as zonas abandonadas da exploração, o material de aterro tinha como destino a escombreira.

Resíduos industriais: Relativamente a resíduos produzidos, estes representam risco de contaminação do solo pelo que o seu armazenamento era feito em locais apropriados ao efeito e posteriormente recolhidos por entidades competentes antes da capacidade de armazenamento ser excedida. Óleos hidráulicos, fluídos de travões, pneus, sucatas e baterias são os resíduos mais comumente gerados.

4.2. GUIÃO DE VERIFICAÇÃO

Um dos objetivos traçados para este trabalho consistiu em criar uma lista de descritores a verificar que permitissem, em primeiro lugar, avaliar a área degradada em estudo, posterior e conseqüentemente propor medidas corretivas para as diversas situações detetadas e por fim perceber qual a eficácia dessas medidas no pós-recuperação. Para a construção desta lista foram definidos um conjunto de fatores a analisar com base nos principais impactes ambientais verificados neste tipo de atividade extrativa a céu aberto. Para isso foram consultados diversos artigos científicos, guias de referência de boas práticas aplicadas à indústria extrativa e outros documentos como dissertações e legislação.

A primeira fase do trabalho consiste na análise das condições vigentes nas pedreiras de modo a perceber quais os impactes presentes, tendo sido avaliados os parâmetros que tipicamente são afetados no decorrer/términus de uma exploração. Todos os aspetos avaliados dizem respeito às condições atuais observadas nas pedreiras. Apresentam-se de seguida os parâmetros alvo de análise:

1. Clima

- 1.1. Humidade
- 1.2. Alteração da temperatura ao nível do solo
- 1.3. Circulação de ventos

2. Geologia, Geomorfologia

- 2.1. Formação geológica
- 2.2. Alteração da topografia
- 2.3. Exposição a processos erosivos
- 2.4. Taludes
- 2.5. Instabilidade geotécnica
- 2.6. Queda de materiais
- 2.7. Fracturação
- 2.8. Risco de subsidência

3. Recursos Hídricos Superficiais

- 3.1. Bacia hidrográfica
- 3.2. Linhas de água afetadas
- 3.3. Cursos de água permanentes ou temporários afetados
- 3.4. Desvio de cursos de água permanentes ou temporários
- 3.5. Contaminação química (pH, oxigénio dissolvido, metais pesados,...)
- 3.6. Arrastamento, transporte e deposição de partículas sólidas em suspensão
- 3.7. Potencial de inundação

4. Recursos Hídricos Subterrâneos

- 4.1. Aquífero
- 4.2. Captações nas áreas envolventes
- 4.3. Nível piezométrico médio (montante e jusante)
- 4.4. Intersecção do nível freático pela cota de exploração
- 4.5. Afetação das áreas de recarga de aquíferos
- 4.6. Alteração da permeabilidade do maciço
- 4.7. Alteração da qualidade dos aquíferos por contaminação

5. Solos e Uso dos Solos

- 5.1. Remoção de solos

- 5.2. Compactação do solo
- 5.3. Fenómenos erosivos (devido à ausência de vegetação)
- 5.4. Contaminação dos solos (derrames acidentais ou contacto com metais pesados)
- 5.5. Solos armazenados
- 5.6. Possibilidade de reposição do solo no local de origem
- 6. Qualidade do Ar**
 - 6.1. Partículas sólidas em suspensão
 - 6.2. Gases
- 7. Ambiente Sonoro e Vibrações**
 - 7.1. Emissão de ruído devido a equipamentos fixos e móveis
 - 7.2. Vibrações provenientes de veículos
 - 7.3. Vibrações provenientes de explosivos
- 8. Fauna, flora e ecossistemas**
 - 8.1. Espécies existentes (fauna e flora)
 - 8.2. Presença de espécies/habitats ameaçadas e/ou raras, protegidas por legislação
 - 8.3. Coberto vegetal
 - 8.4. Regeneração natural das espécies vegetais
 - 8.5. Alteração ou eliminação de habitats
 - 8.6. Perturbações originadas pelo ruído e vibrações
 - 8.7. Perturbações originadas por poeiras
 - 8.8. Impactes na fauna e flora por alterações na morfologia e hidrologia dos cursos de água
- 9. Paisagem**
 - 9.1. Paisagem
 - 9.2. Alteração da morfologia do terreno
 - 9.3. Perceção visual
- 10. Património Arqueológico e Natural**
 - 10.1. Impacte sobre os elementos patrimoniais existentes
- 11. Território**
 - 11.1. Principais vias de acesso
 - 11.2. Tráfego nas principais vias de circulação
 - 11.3. Sinistralidade rodoviária
- 12. Socio-economia**
 - 12.1. Postos de trabalho na região
 - 12.2. Postos de trabalho na exploração
 - 12.3. Contribuição para a criação de valor
 - 12.4. Qualidade de vida das populações contíguas à exploração
- 13. Saúde pública**
 - 13.1. Riscos de acidentes
 - 13.2. Foco de doenças profissionais
- 14. Rejeitos e resíduos**
 - 14.1. Impacte dos rejeitos nos recursos hídricos
 - 14.2. Impacte dos rejeitos nos solos
 - 14.3. Impacte dos rejeitos no ar
 - 14.4. Impacte dos resíduos nos recursos hídricos
 - 14.5. Impacte dos resíduos nos solos
 - 14.6. Impacte dos resíduos no ar

Após efetuada a análise inicial aos parâmetros indicados serão propostas medidas técnicas de mitigação para evitar, reduzir ou compensar impactos detetados e potenciar a recuperação ambiental e paisagística da área.

A metodologia utilizada será do tipo qualitativa. Os descritores utilizados permitem uma avaliação e caracterização simples dos impactos. São apresentados na tabela 7 os critérios de classificação utilizados.

Em função das características do impacto resultante desta análise é possível resumir a sua valorização global em cinco níveis:

- Ausente: não se verifica qualquer impacto;
- Compatível: Impacte de significado reduzido. Não são necessárias medidas corretoras;
- Moderado: a recuperação das condições de uso requer um certo tempo, sendo aconselhável a aplicação de medidas corretivas;
- Severo: a amplitude do impacto exige, para se recuperar condições de uso do meio, a introdução de práticas corretoras. A recuperação, mesmo pela aplicação destas práticas, exige um tempo dilatado;
- Crítico: a amplitude do impacto é superior ao limiar aceitável. Produz-se uma perda permanente na qualidade das condições ambientais, sem possibilidade de se recuperar essas condições. É pouco exequível a introdução de práticas corretoras.

Tabela 7 – Critérios utilizados na classificação de impactes ambientais.

Descritor		Classificação
Carácter geral do impacte	Classifica o impacte segundo a sua repercussão no meio	<u>Positivo</u> – Consequências positivas para o meio; <u>Neutro</u> – Não causa qualquer tipo de consequência; <u>Negativo</u> – Produz efeitos negativos no meio;
Magnitude	Classifica o impacte quanto ao seu grau de manifestação	<u>Baixa, Média, Elevada</u>
Tipo de ação	Descreve o modo como a ação sobre o ambiente é produzida desencadeando o impacte	<u>Direto</u> – Ação com incidência imediata; <u>Indireto</u> – Ação de carácter secundário; <u>Sinergético</u> – Ação que se produz quando o efeito conjunto de vários agentes promotores de impactes é superior à soma dos efeitos individuais de cada um deles; <u>Cumulativo</u> – Ação que, ao prolongar-se no tempo, aumenta progressivamente a gravidade do seu efeito;
Projeção no tempo	Reflete a duração do impacte e a sua manifestação durante e após a ação	<u>Temporário</u> – Quando o impacte se manifesta apenas durante o período em que decorre a ação que o provoca; <u>Menos de 1 ano, 1 a 2 anos, 2 a 5 anos, mais de 5 anos</u> <u>Permanente</u> – Quando o efeito perdura de forma continuada ou intermitente, mesmo depois do fim da ação;
Projeção no espaço	Indica a potencial abrangência espacial do efeito	<u>Localizado</u> – Quando o impacte incide apenas na área definida da pedreira; <u>Abrangente</u> – O impacte extravasa os limites da pedreira de acordo com vários raios possíveis - <u>menos de 100m, entre 100 e 500m, 500 a 2000m, mais de 2000m;</u>
Reversibilidade	Pré-intervenção - Indica a possibilidade do próprio meio reverter a situação de impacte sem intervenção humana Pós intervenção – Com renaturalização	<u>Reversível</u> – As condições de equilíbrio originais reaparecem naturalmente; <u>Irreversível</u> – Não é possível retornar à situação inicial, naturalmente; <u>Reversível</u> – Se as novas condições são geodinamicamente instáveis e não estão em equilíbrio com o ecossistema; <u>Irreversível</u> – Se as novas condições são geodinamicamente estáveis e estão em equilíbrio com o ecossistema.
Recuperabilidade	Indica a possibilidade de restabelecimento de uma situação de utilidade, que pode ou não ser próxima da original	<u>Recuperável</u> – Quando é possível e viável aplicar medidas corretivas que melhorem as condições do local; <u>Irrecuperável</u> – Quando não é possível recorrer a medidas corretivas viáveis que regenerem o local. Neste caso pode optar-se por medidas de compensação.
Efeito sobre recursos protegidos	Indica a ocorrência de qualquer efeito sobre recursos protegidos e/ou classificados como por exemplo monumentos, espécies animais ou vegetais protegidas	<u>Sim</u> <u>Não</u>

4.3. AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO REFERÊNCIA

Nesta fase será feita uma descrição sucinta das características atuais das explorações, sendo posteriormente apresentada a matriz de avaliação dos impactos resultante das observações efetuadas.

4.3.1. CALCÁRIO

Clima: A área em questão encontra-se desprovida de vegetação, verificando-se conseqüentemente uma diminuição do albedo e da humidade relativa do local, em comparação com as suas condições normais. Como resultado é espectável a ocorrência de um aumento local de temperatura, especialmente nos meses mais quentes do ano. Contudo, estes fenómenos nunca adquirem significado e magnitude relevante a nível regional uma vez que estão restritos à área da exploração, podendo ser considerada uma pequena variação microclimática. Encontrando-se a pedreira numa zona de topografia suave, a baixa altitude e tendo em conta a geomorfologia da área a exploração não provoca qualquer entrave à normal circulação dos ventos.

Geologia, geomorfologia: O impacto causado na geologia do local é permanente, não podendo ser minimizado ou compensado já que a exploração de qualquer que seja o maciço implica a extração de um recurso finito, escasso e não renovável. Contudo, os benefícios socioeconómicos inerentes à exploração de recursos minerais são uma mais-valia que não deve ser ignorada. Há que ter em conta que a formação geológica se encontra exposta a processos erosivos e pode apresentar alguma instabilidade geotécnica.

Recursos hídricos superficiais: A modificação da morfologia do terreno como consequência da exploração causa, inevitavelmente, a alteração na rede de drenagem superficial, sendo que a qualidade das águas é afetada através da contaminação por partículas sólidas em suspensão por meio de escorrências superficiais. Ao nível da contaminação química, esta acontece quando na presença de derrames de óleos ou combustíveis da maquinaria. Tipicamente o risco surge nas operações de substituição o que não se justifica atualmente uma vez que não se encontra em funcionamento qualquer maquinaria.

Recursos hídricos subterrâneos: Estando na presença de um maciço calcário bastante fraturado, é normal a contaminação por partículas sólidas em suspensão decorrentes da sua mobilização pelas águas de escorrências, no entanto não há evidências que tal aconteça ao ponto de causar problemas para além da área da pedreira. Também não há qualquer indicação de contaminação química.

Solos e uso dos solos: A atividade extrativa exige a remoção temporária de solos em toda a área sujeita a exploração. O seu armazenamento e conservação é fundamental para o sucesso de várias etapas da recuperação. Verifica-se que existe alguma quantidade de solos depositados ao longo da área de exploração, mas nem sempre com os cuidados de conservação aplicados, como é o caso do uso de uma camada de vegetação para evitar fenómenos de erosão.

Qualidade do Ar: Ao nível dos gases de combustão não serão considerados impactes dado não haver qualquer equipamento em funcionamento. Em relação a poeiras, estas são uma fonte de poluição atmosférica uma vez que, em condições de tempo seco e vento é normal a ocorrência de partículas em suspensão.

Ambiente sonoro e vibrações: As atividades propícias à geração de vibrações e ruído decorrem, essencialmente, na fase de exploração, aquando do desmonte, e na unidade de fragmentação. Também as operações de carga e transporte resultam em algum incremento dos níveis sonoros. Com as explorações desativadas, os impactes relativos ao ambiente sonoro e vibrações não serão considerados.

Fauna, flora e ecossistemas: A vegetação dominante na área envolvente à exploração é constituída por pinheiros (*Pinus pinaster L.*) e eucaliptos (*Eucalyptus globulus Labil*). Ao nível do estrato arbustivo destacam-se o Feto-dos-montes, a Aroeira, o Tojo, Urze e Giesta. Não se verifica portanto a existência de grupos ou exemplares vegetais que justifiquem especial salvaguarda. O coberto vegetal existente é residual e existe apenas em áreas restritas. As poeiras de calcário têm impactes negativos sobre a flora provocando a diminuição da incidência da luz, diminuição da fotossíntese, alterações de pH, entre outros.

As espécies faunísticas que povoam a zona são, essencialmente, morcegos, ouriços-cacheiros, coelhos, raposas, entre outros, dos quais nenhuma delas se encontra em perigo de extinção.

A presença humana, equipamento e atividades que outrora ocorreram tiveram como consequência a diminuição da capacidade do local para habitat, levando à migração de algumas espécies para outros locais. Não são conhecidos habitats ou espécies protegidas na área.

Paisagem: Verifica-se a existência de alterações ao nível do relevo com taludes, plataformas e deposições de escombros, e também grandes áreas desprovidas de qualquer vegetação. Porém, a pedreira encontra-se envolvida por densas cortinas arbóreas o que inviabiliza a perceção das alterações na paisagem à distância. Apenas no local, ou em pontos no enfiamento visual da exploração, como sejam terrenos vizinhos, é que é possível reconhecer a paisagem alterada. Os impactes considerados sobre a paisagem são de amplitude bastante considerável, já que a área de exploração é bastante grande.

Património arqueológico: Não há conhecimento de quaisquer monumentos ou artefactos de valor patrimonial na área e envolvente da exploração.

Tráfego: Em termos de vias de acesso, a pedreira tem um acesso direto à EN584 Portunhos-Outil. Não se verificando a circulação de viaturas afetas à exploração não há quaisquer inconvenientes à circulação na zona envolvente. Encontra-se distante de zonas urbanas.

Socioeconomia: Considerando que a pedreira em questão não se encontra em laboração e esta afastada da povoação de Portunhos, considera-se que não se verificam impactes.

Saúde pública: Devido às características inertes do material explorado não são esperadas alterações fisiológicas relevantes. Quanto à possibilidade de acidentes, a pedreira encontra-se encerrada e toda ela é limitada quer por vedações quer por estruturas físicas de relevo, não estando prevista a entrada na área de exploração, pelo que à partida não ocorrerão quaisquer incidentes.

Rejeitos e resíduos: São visíveis alguns amontoados de materiais na área concessionada das pedreiras, na sua maioria rejeitos sólidos provenientes do processo de lavra. Apesar de terem várias origens são classificados como inertes. Não são conhecidos resíduos industriais expostos à superfície.

Apresenta-se de seguida a matriz resultante da avaliação dos impactes nesta primeira fase.

4.3.2. GRANITO

Clima: A grande maioria da área da pedreira encontra-se desprovida de vegetação, pelo que se espera uma diminuição do albedo e diminuição da humidade relativa do ar. Nos meses mais quentes o aumento local da temperatura é uma realidade. Contudo, estes fenómenos nunca adquirem significado e magnitude relevante a nível regional uma vez que estão restritos à área da exploração, podendo ser considerada uma pequena variação microclimática. Apesar de se encontrar numa zona de cota relativamente elevada não se verificam alterações à livre circulação de ventos uma vez que a exploração teve o seu desenvolvimento em profundidade e num perímetro circunscrito.

Geologia, geomorfologia: O impacto causado na geologia do local é permanente, não podendo ser minimizado ou compensado já que a exploração de qualquer maciço implica a extração de um recurso finito, escasso e não renovável. Há que ter em conta que a formação geológica se encontra exposta a processos erosivos e pode apresentar alguma instabilidade geotécnica, em particular nos taludes.

Recursos hídricos superficiais: A pedreira encontra-se numa zona cimeira de encosta e, naturalmente, as modificações ao nível do terreno interferem com a normal escorrência de águas pluviais. Verificam-se também alterações da qualidade das águas superficiais por contaminação física (partículas sólidas em suspensão). Referir que a exploração não interrompe nem interfere com quaisquer linhas de água. Verifica-se apenas que águas pluviais excedentes caídas no seu interior são encaminhadas para uma linha de água afluyente contígua que é afluyente do Rio Torno. Não há indícios de contaminação química.

Recursos hídricos subterrâneos: O maciço em questão é granítico e pouco fraturado pelo que não são expectáveis contaminações no aquífero.

Solos e uso dos solos: Verifica-se que existe alguma quantidade de solos depositados ao longo da área de exploração, mas as suas condições de conservação são muito deficitárias pelo que o seu estado atual é de degradação e pouca qualidade.

Qualidade do Ar: Ao nível dos gases de combustão não serão considerados impactes dado não haver qualquer equipamento em funcionamento. Em relação a poeiras, estas são uma fonte de poluição atmosférica uma vez que, em condições de tempo seco e vento é normal a ocorrência de partículas em suspensão.

Ambiente sonoro e vibrações: Uma vez que a pedreira se encontra encerrada as atividades propícias à geração de ruído e vibrações (desmonte, transformação e transporte) não decorrem, pelo que não há impactes a assinalar atualmente nesta área.

Fauna, flora e ecossistemas: Em termos de vegetação dominante na área contígua à exploração destacam-se os pinheiros bravos (*Pinus pinaster* L.), eucaliptos (*Eucalyptus globulus* Labil), carvalhos roble (*Quercus robur* L.) e carvalho negral (*Quercus pyrenaica* Willd.). De notar também a presença do videiro, amieiro e salgueiro. Ao

nível do substrato arbustivo subsistem o tojo, urze e giesta. Não se verifica portanto a existência de grupos ou exemplares vegetais que justifiquem especial salvaguarda. Apesar de o coberto vegetal existente ser residual e existir apenas em áreas restritas a propagação de poeiras tem impactes negativos sobre flora provocando a diminuição da incidência da luz, diminuição da fotossíntese, alterações de pH, entre outros.

As espécies faunísticas que povoam a zona são, essencialmente, ouriços-cacheiros, toupeiras, morcegos, lebres, ratos, raposas, doninhas e texugos, entre outros, dos quais nenhuma delas se encontra em perigo de extinção.

A presença humana, equipamento e atividades que outrora ocorreram tiveram como consequência a diminuição da capacidade do local para habitat, levando à migração de algumas espécies para outros locais.

Paisagem: Apesar de a área em exploração se encontrar praticamente desprovida de vegetação, os maciços arbóreos existentes quer nos limites do terreno quer nas encostas envolventes proporcionam algum enquadramento e proteção visual ao local. Contudo, a disposição da exploração na encosta, a sua dimensão e proximidade à estrada nacional são fatores que potenciam a presença de impactes paisagísticos não desprezáveis.

Património arqueológico: Não há conhecimento de quaisquer monumentos ou artefactos de valor patrimonial na área e envolvente da exploração.

Tráfego: Em termos de vias de acesso, a pedreira tem um acesso direto à EN206 Vila Pouca de Aguiar - Ribeira de Pena. Não se verificando a circulação de viaturas afetas à exploração não há quaisquer inconvenientes à circulação na zona envolvente. Encontra-se bastante próxima de algumas habitações dispersas e a cerca de 500m da povoação de Paredes do Alvão.

Socioeconomia: Uma vez que a pedreira em questão não se encontra em laboração não podem ser associados quaisquer impactes socioeconómicos. No entanto, recuperando a área é possível que sejam criadas condições que visem o benefício das populações através da criação de postos de trabalho ou estabelecimento de serviços e infraestruturas inexistentes até então.

Saúde pública: Devido às características inertes do material explorado não são esperadas alterações fisiológicas relevantes. Quanto à possibilidade de acidentes, a pedreira encontra-se encerrada e toda ela é limitada quer por vedações quer por estruturas físicas de relevo, não estando prevista a entrada na área de exploração, pelo que à partida não ocorrerão quaisquer incidentes.

Resíduos: São visíveis alguns amontoados de materiais na área concessionada da pedreira, na sua maioria rejeitos sólidos provenientes do processo de lavra. Apesar de terem várias origens são classificados como inertes. Não são conhecidos resíduos industriais expostos à superfície.

Apresenta-se de seguida a matriz resultante desta primeira avaliação.

4.4. RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E PAISAGÍSTICA - MITIGAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DE IMPACTES

Depois de identificada a situação atual da área das pedreiras em questão, a segunda fase do trabalho proposto é dedicada à apresentação de propostas de recuperação ambiental e paisagística dos espaços, visando a sua utilização futura. Serão também descritas as medidas e técnicas de mitigação a aplicar para evitar, reduzir ou compensar impactos negativos.

As propostas de mitigação apresentadas não devem ser consideradas individualmente nem como exclusivas para um determinado fim. Devem ser consideradas em conjunto e com efeitos sinérgicos. Assim, quando uma ação corretiva for sugerida é provável que o seu efeito se faça sentir a vários outros níveis.

4.4.1. CALCÁRIO

4.4.1.1. Proposta de recuperação

A proposta apresentada tem como ponto de partida a valorização do espaço e paisagem, degradados pela atividade extrativa, dando-lhe um novo uso de modo a que seja possível ter algum tipo de utilidade e usufruto para a população. Por incidir numa zona de baixa altitude, pouco declivosa e bem envolvida por vegetação, esta pedreira não constitui um caso problemático no que ao impacto visual diz respeito, no entanto, a sua dimensão assinalável exige algum tipo de intervenção. Considera-se que as suas características e localização geográfica são favoráveis à criação de várias zonas distintas mas complementares, as quais serão descritas adiante. As medidas a adotar terão como objetivo a recuperação do equilíbrio do local e envolvente, quer ao nível dos ecossistemas mas também dos elementos visuais básicos - relevo, cores, texturas, etc.

Atendendo às características desta exploração considerou-se o trabalho já desenvolvido por Gunn & Bailey (1993) em "*Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain*". Os autores referem a aplicação de duas técnicas que podem ser utilizadas individualmente ou em conjunto:

- Utilização de explosivos para levar a cabo a chamada "detonação seletiva" em que a zona superior dos taludes é aluída criando uma pilha de escombros na base do talude, o que permite uma suavização gradual da inclinação e enchimento da corta;
- Utilização de maquinaria para empurrar materiais depositados nas imediações da corta criando efeitos semelhantes aos da técnica anterior.

Estes autores mencionam uma questão importante, a disponibilidade muito limitada de solos de cobertura e a alteração das suas características físicas, químicas e biológicas, algo muito comum em pedreiras e que também se verifica no presente caso. Assim, a opção passa pela aplicação de materiais de cobertura disponíveis na pedreira que permitam o crescimento da vegetação campestre natural em zonas calcárias. Este conjunto de medidas de recuperação foi aplicado numa pedreira de calcário em Derbyshire, Inglaterra (figura 19).

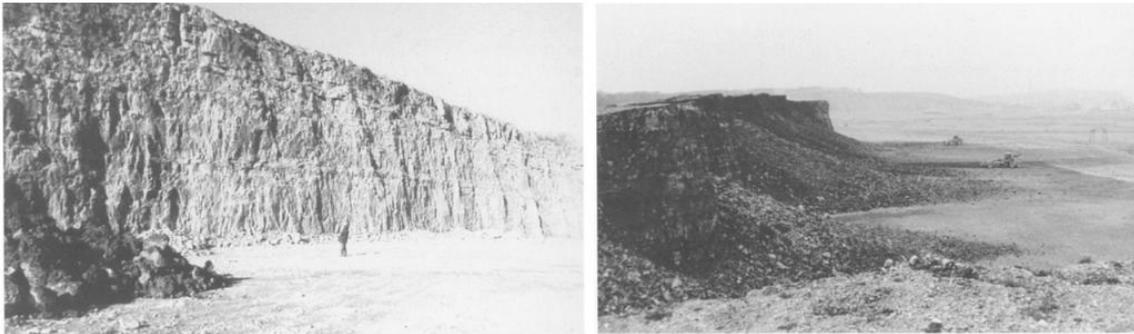


Figura 19 – Taludes de uma pedreira de calcário sem qualquer intervenção (esquerda); Taludes depois de intervenção de remediação (direita). Fonte: (Gunn & Bailey 1993)

4.4.1.2. Recuperação

A proposta de recuperação apresentada consistirá na divisão da área total em estudo em duas zonas distintas que, naturalmente, serão alvo de medidas diferentes, tendo por base a ideia dos autores atrás referidos. Apesar de estar a ser considerada como uma só pedreira na realidade a área em questão está concessionada a duas entidades exploradoras diferentes. No entanto, para fins de recuperação, considerou-se que só a aglutinação de ambas permitiria delinear um bom plano de recuperação ambiental e paisagística. Na figura 20 estão assinaladas as zonas de intervenção consideradas.



Figura 20 – Divisão da área da pedreira em zona 1 e 2. Adaptado de Google Maps

A **zona 1** tem uma corta de exploração de grandes dimensões, aproximadamente 56.300m^2 , e uma profundidade que ronda os 70 metros (cota 90 a 20m). Não é de todo viável o enchimento total desta depressão uma vez que seriam necessários aproximadamente quatro milhões de metros cúbicos de material.

Assim, o plano de ação passa pela remodelação do terreno, correção de declives e tentativa de suavização de taludes na corta, criando um lago artificial. Este lago poderia ser utilizado como uma enorme captação de água para rega, promovendo a agricultura local. Essa utilização iria também minimizar ou mesmo evitar fenómenos de eutrofização.



Figura 21 – Vista e medição aproximada da área da corta na zona 1. Fonte: Google Maps

Na zona em questão seria também criado um sistema de drenagem que permitiria encaminhar as águas superficiais para o curso de água existente nas imediações da exploração, Ribeiro do Olho da Giota.

Nesta corta sugere-se a aplicação da técnica referida anteriormente que permite, de uma forma controlada, aluir a zona superior dos taludes e criar uma suavização da pendente, evitando também o

risco de derrocada de materiais, sendo estes os objetivos principais que se pretendem atingir. O fim primordial desta medida não é exatamente o enchimento da depressão mas acaba por contribuir para tal, ainda que de forma parcial, pois os volumes a desmontar são muito inferiores ao da corta na sua totalidade.

Tratando-se de uma terreno plano e sabendo que a cota superior da exploração (superfície do terreno) corresponde a 90m e a mínima do aquífero ronda os 45m, a proposta apresentada passa por fazer um enchimento até à cota 40 ou 42m, assegurando sempre 3 a 5m de água na corta. Para tal são necessários entre 1.126.000 e 1.238.600m³ de material (tabela 8). Após efetuados os cálculos de volumes disponíveis e feita a estimativa de material a desmontar por degrau concluiu-se que a quantidade de material não seria suficiente pelo que se considerou reduzir a cota de enchimento até aos 37m (figura 22). Todos os cálculos de volumes relevantes são apresentados nas tabelas 8 e 10.

Tabela 8 – Volumes referentes à zona 1.

	Corta	Enchimento		
		22m (cota 20 a 42)	20m (cota 20 a 40)	17m (cota 20 a 37)
Área (m ²)	56.300	56.300	56.300	56.300
Altura (m)	70	22	20	17
Volume (m ³)	3.941.000	1.238.600	1.126.000	957.100

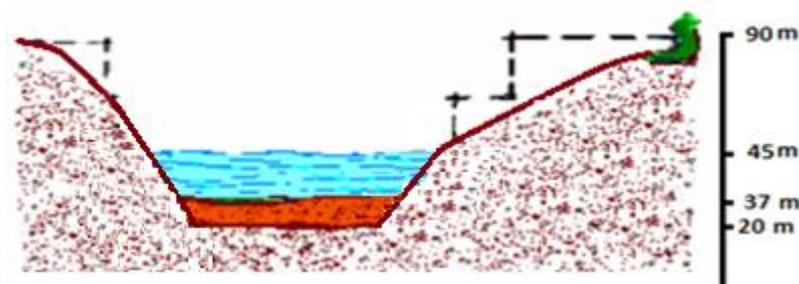


Figura 22 – Ilustração do efeito pretendido. Adaptado de (Bastos & Silva 2006)

A zona a intervir será a das bancadas do lado direito da corta (figura 24 – 4 e 5) uma vez que são as que apresentam maior instabilidade, com evidências de pequenas derrocadas, e alturas consideráveis que podem constituir perigo. Em algumas áreas do lado oposto poderá também ser recomendável a aplicação desta metodologia (figura 24 – 6). Intervencionando a área prevista é possível estimar um volume de cerca de 165.000m³ de material desmontado. No topo norte da corta sugere-se a modelação do terreno com recurso a maquinaria pesada, criando uma superfície menos acidentada. A sul existem vários depósitos de rejeitos com um volume total estimado de aproximadamente 810.000m³ (figura 24 – 1,2,3,7). Este material, no sentido de regularizar a superfície e apaziguar o impacto visual causado nomeadamente pela escombreira com cerca de 30m de altura(figura 24 -1), seria movimentado e depositado no interior da corta através de maquinaria apropriada ao efeito.

Assumindo-se o desmonte dos taludes em três níveis, os volumes de material a desmontar foram calculados para degraus com 10m de altura, 20 ou 35m de largura e 150 (5 e 6 da figura 24) ou 250m (4 da figura 24) de comprimento.



Figura 23 – Localização dos volumes a utilizar no enchimento da corta e possível localização do canal de drenagem. Adaptado de Goole Maps

Tabela 9 – Dimensões dos degraus a desmontar

Dimensões dos degraus a desmontar (x3)				
	Altura	Largura	Comprimento	
Opção 1	10m	20m	150m	250m
Opção 2	10m	35m	150m	250m

Como já referido, fazer o enchimento até à cota 40 (ou seja depositar material até 20m de altura), ou mesmo até à cota 42, iria requerer um volume de rejeitos que à partida não estão disponíveis. Uma forma de contornar esse facto seria por ventura aumentar a largura de desmonte dos degraus, daí o cálculo ser efetuado para 20 e também 35m de largura, como alternativa.

Mantendo a largura de 35m de degrau e reduzindo a cota de enchimento até aos 37m constata-se que não só há o volume de material necessário como existe um pequeno excedente de aproximadamente 17.000m³. Por uma questão de limitação de custos e tendo em conta que o objetivo que passa pela suavização de taludes é atingido considera-se que definir os 37m como cota de projeto para o enchimento é a opção mais vantajosa, no entanto são várias as alternativas passíveis de ser aplicadas.

Tabela 10 – Volumes de enchimento para a zona 1 (estimativa)

Volumes disponíveis (aproximados) (m ³)		Volumes a desmontar (m ³)		
1	696.557		Largura 20m	Largura 35m
2	11.951	4	75.000	78.750
3	94.490	5	45.000	78.750
7	5972	6	45.000	131.250
Total	808.970	Total	165.000	288.750
Volume total p/enchimento (m³)			973.970	1.097.720

A metodologia de suavização da topografia e enchimento passa por:

- Utilização de explosivos para desmonte parcial dos degraus que não se encontram submersos;
- O desmonte deve ser feito no sentido descendente, do degrau à cota superior até ao que se encontra à cota mais baixa. Através de pega de fogo pretende-se desmontar a crista do talude e com recurso a maquinaria o material é empurrado para dentro da corta por um bulldozer, prosseguindo da mesma forma para o degrau imediatamente a baixo;
- Os furos não devem ser verticais. A inclinação deverá ser um pouco maior nos degraus superiores comparativamente com os inferiores. Nos degraus inferiores o ângulo de inclinação do furo não deve chegar aos 45°, enquanto nos degraus superiores 45° é o valor recomendado atendendo o fim que se pretende atingir;
- Atendendo às características do material mais superficial, já bastante alterado e de fraca resistência, a quantidade de explosivos a utilizar será inferior à utilizada em rocha considerada de melhor qualidade (consumo específico médio $\approx 400\text{g/m}^3$, emulsões e gelamonite, valor que consta do Plano de Lavra da pedreira em questão);
- Sempre que possível, ou seja, quando o material a desmontar assim o permita pela fraca resistência, devem ser utilizados métodos mecânicos de desmonte com recurso a maquinaria pesada (pás carregadoras, por exemplo).

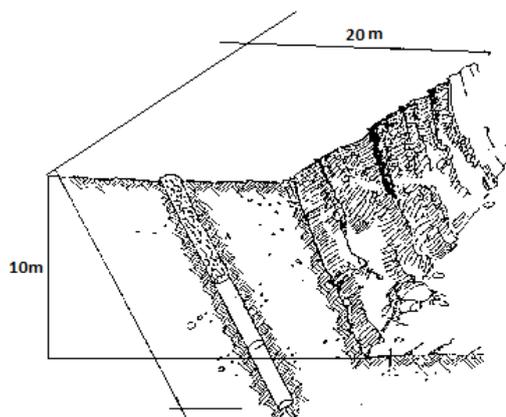


Figura 24 – Figura ilustrativa do desmonte dos degraus para uma largura de 20m.
Adaptado de LNEG

Depois de todos os trabalhos de modelação dos terrenos e taludes pretende-se que seja feito o revestimento vegetal com o intuito de promover a eficaz fixação dos taludes, graças ao crescimento de raízes, de conferir um contraste cromático menos acentuado e prevenir a erosão. Nas zonas que assim se justifique poderá ser introduzido um substrato de solo vegetal que facilite o crescimento de vegetação rasteira. Quando não disponível o solo poderá ser substituído por materiais de argila ou com bastantes finos existentes na área da pedreira (Tasmania Department of Primary Industries 1999). As áreas onde antes estavam depositados os rejeitos de lavra, entretanto utilizados, devem ser alvo de trabalhos de revegetação semelhantes.

O resultado que se pretende atingir será idêntico ao ilustrado nas figuras seguintes (figura 25 e 26).



Figura 25 – Exemplificação do resultado pretendido. Fonte: Secil



Figura 26 – Exemplificação da revegetação de taludes. Fonte: Secil

O local, apesar de todas as ações que visam a melhoria da estabilidade dos taludes, continua a representar perigo dada a sua elevada dimensão e profundidade. Numa tentativa de prevenir quaisquer acidentes considera-se fundamental a instalação de barreiras físicas que impeçam eficazmente o acesso à área em questão, nomeadamente com murros ou vedações em torno de toda a área. É também aconselhável a instalação de cortinas arbóreas nos limites da área da pedra.

Na **zona 2** (figura 27) a exploração foi também feita em corta, tendo descido algumas dezenas de metros, mas de forma faseada existindo várias depressões. Considera-se que a recuperação deverá passar pelo enchimento e modelação dos taludes resultantes das depressões causadas pela exploração e dos vários rejeitos depositados, criando cotas que permitam a estabilidade dos terrenos e assegurando a drenagem natural das águas. Os materiais a utilizar no enchimento serão os rejeitos e escombros resultantes da lavra que se encontram depositados ao longo da área concessionada.



Figura 27 – Zona 2. Fonte: Google Maps

Numa primeira fase serão preenchidas as cortas 3 e 4, por serem de dimensões reduzidas, (comparativamente com as restantes) e posteriormente as cortas 1 e 2. Os materiais de aterro estão presentes em grande quantidade e bem próximos dos vazios a ocupar pelo que a sua mobilização e compactação deverá ser feita com recurso a maquinaria como pás-carregadoras e bulldozers. A modelação do terreno deverá garantir que o escoamento superficial ocorra por gravidade ao longo dos terrenos.

Será necessário ter em conta a estabilidade do terreno aquando da execução dos trabalhos. Para tal, recorrer-se-á à colocação de camadas com cerca de 1m de altura, seguidas de operações de compactação através da passagem da maquinaria pesada, repetindo esta operação quantas vezes for necessário até que o aterro esteja cheio. Deste modo, minimizam-se fenómenos de deslizamento e subsidência.

Foram estimados os volumes necessários para aterrar as cortas resultantes da exploração. Sabe-se que a profundidade máxima atingida pelas operações na corta 1 foi de 45m, no entanto nas restantes cortas não são conhecidas as cotas alcançadas com precisão pelo que, de forma a fazer uma aproximação aos volumes necessários se optou por considerar 45m de altura, mesmo sabendo que não será um valor atingido em todas as cortas. Obter-se-á então uma ideia dos valores numa perspetiva excedentária.

Tabela 11 – Volumes referentes à zona 2

Zona 2			
	Área (m²)	Profundidade (m)	Volume vazio (m³)
Corta 1	20.454,98	45	920.474,1
Corta 2	15.281,63	45	687.673,35
Corta 3	3876,44	45	174.439,8
Corta 4	2090,23	45	94.060,35
Volume total a encher (m³)			1.876.647,60

Tabela 12 – Volumes disponíveis para enchimento da zona 2. Fonte: Estudo de Impacte Ambiental

Volumes disponíveis (m³)	
1	374.433
2	360.000
3	240.000
4	1.450.000
5	424.410
Total	2.474.784,43

O volume de material disponível que não seja necessário utilizar nesta zona poderá ser aplicado na **zona 1**.

O sistema de drenagem a aplicar na **zona 2** seguirá para o Ribeiro do Olho da Giota. Respeitando a inclinação e condições de escoamento natural do terreno não se prevêem problemas em assegurar o escoamento pela ação da gravidade. Contudo, poderá justificar-se a execução pontual de valas ou canais de drenagem. Em termos técnicos, após a fase de enchimento até à cota prevista, procede-se à colocação de coberto vegetal, que deve ter pelo menos 1 m de altura. O coberto vegetal inicia-se pela colocação de terra própria para fins de cultivo, devendo esta ser espalhada e compactada de modo a permitir a fixação das plantações que ocorrerão posteriormente. Quanto às características de cultivo, espécies e modo de plantio, essas ficariam à consideração da empresa ou de entidades particulares a quem fora arrendado o espaço

Devido a toda a movimentação de terras e tendo em conta as suas características, ricas em argilas e elementos finos, espera-se que o coberto vegetal comece a surgir espontaneamente, no entanto, sempre que possível deverá proceder-se à distribuição de solo vegetal ao longo das zonas intervencionadas com uma espessura mínima de 0,10m. Recomenda-se ainda a utilização da sementeira

de herbáceas pioneiras, de fácil instalação e que propiciem o aparecimento de espécies nativas, e arbustivas. Estas têm o intuito de assegurar a estabilidade do aterro e criar uma rápida integração cromática na paisagem.

De realçar que as operações que impliquem a movimentações de terras, nomeadamente durante a recuperação do local em períodos de tempo seco, devem ser feitas com recursos a sistemas de aspersão de água ou captadores de poeiras, os veículos devem circular a velocidades moderadas e os seus rodados devem ser lavados quando abandonam a pedreira.

As máquinas, equipamento e instalações utilizados durante os trabalhos de exploração serão empregues também na recuperação e, posteriormente, removidos do local.

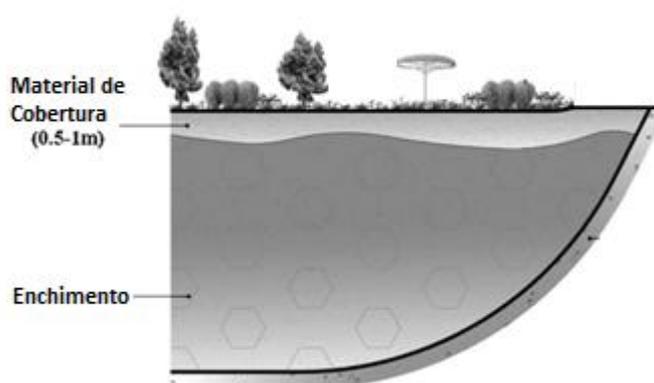


Figura 28 – Perfil da depressão com enchimento e revegetação. Adaptado de (Tang et al. 2011)

4.4.1.3. Utilização do espaço

A **zona 1** devido às suas características limitativas em termos de utilização sugere-se que seja utilizada como reservatório de água que poderá ser destinada ao combate a incêndios e/ou para potenciar a produção agrícola da região, visto a agricultura dominar as imediações do local e ser uma boa forma de escoar os grandes volumes de água que têm tendência a acumular na corta. Para tal o seu acesso teria de ser limitado e controlado. Esta utilização teria como efeito benéfico secundário o de promover a circulação da água, evitando a sua eutrofização. Apesar de a entrada na zona ser, à partida, restrita e proibida, condições de acesso para as situações referidas acima seriam criadas. Tang et al. (2011) classifica lagoas de grande área, muito profundas e de inclinação relativamente íngreme como indicadas para funcionarem como reservatório.

Na **zona 2** sugere-se a renaturalização da área através do plantio de espécies autóctones, nomeadamente pinheiros, e posterior utilização do espaço como parque de lazer. Esta é uma alternativa relativamente simples em que após a colocação do coberto vegetal se procederia à plantação das espécies semelhantes às existentes na envolvente da pedreira e mais tarde seriam colocados no local

objetos de apoio como mesas e cadeiras, equipamento de churrasco, bebedouros e contentores de depósito de resíduos (figura 29). No limite da pedreira junto à estrada municipal 584 seria criada uma zona de estacionamento.

Este projeto segue o conceito de reabilitação uma vez que devolve ao local condições favoráveis ao estabelecimento de fauna e flora ao mesmo tempo que permite a sua utilização recreativa por terceiros. Em termos de custos associados é expectável que as operações mais dispendiosas sejam as de modelação do terreno e plantação das espécies arbustivas. Equipar o local para o fim a que se destina será relativamente económico e espera-se que a sua manutenção também. Atendendo ao facto de o local ser de livre acesso, ou seja não ser cobrada taxa de entrada, e não existirem quaisquer infraestruturas de apoio, não haverá obtenção de retorno do investimento, o que pode ser considerado uma desvantagem.



Figura 29 – Exemplo de equipamento a instalar.



Figura 30 – Vedação da área da pedreira.

Como alternativas rentáveis sugere-se a conversão do espaço em campos agrícolas ou num parque industrial (figura 31). Para a utilização do terreno com fim à produção agrícola o clima mediterrânico associado aos recursos hídricos abundantes existentes na **zona 1**, a fertilidade do solo e o facto de o relevo ser pouco acentuado são três fatores que contribuiriam para o sucesso deste tipo de solução. Também este tipo de recuperação consiste no conceito de reabilitação, assumindo mudanças paisagísticas e optando pela criação de um tipo de ecossistema alternativo.

Relativamente à segunda alternativa – criação de um complexo/zona industrial – considera-se pouco viável uma vez que a cerca de 10km existe já um empreendimento desta natureza que apresenta a possibilidade de aumentar a sua capacidade de acolhimento de empresas, além de que a sua localização (imediatamente junto à autoestrada A1) é extremamente favorável (figura 32). Não se justificando portanto optar por esta opção.



Figura 31 – Aproveitamento de uma área de exploração para fins agrícolas.



Figura 32 – Zona industrial de Murte. Fonte: Google Maps

Apresenta-se de seguida a matriz representativa dos impactes esperados durante os trabalhos de recuperação.

Durante a recuperação	Carácter geral do impacte					Magnitude					Tipo de ação				Projeção no tempo						Projeção no espaço				Reversibilidade		Recuperabilidade		Efeito sobre recursos		Classificação global do impacte					Agravamento do impacte							
	Positivo		Neutro		Negativo	Baixa		Média		Elevada	Direto	Indireto	Sinérgico	Cumulativo	Temporário/Portual	<1 Ano	1 a 2 anos	2 a 5 anos	>5 Anos	Permanente	Localizado	<100m	100 a 500m	500 a 2000m	>2000m	Reversível	Irreversível	Recuperável	Irrecuperável	Não	Sim	Ausente	Compatível	Moderado	Severo	Crítico	Sim	Não					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5																																	
Clima																																											
Humidade			x			x						x								x												x											
Alteração da temperatura ao nível do solo				x		x						x								x												x											
Circulação de ventos			x			x						x								x												x											
Geologia, Geomorfologia																																											
Formação geológica					x					x								x																									
Alteração da topografia					x				x							x																											
Exposição a processos erosivos					x					x																																	
Taludes					x					x																																	
Instabilidade geotécnica					x					x																																	
Queda de materiais					x					x																																	
Fracturação				x		x																																					
Risco de subsidência				x		x																																					
Recursos Hídricos Superficiais																																											
Bacia hidrográfica				x			x																																				
Linhas de água				x			x																																				
Cursos de água permanentes ou temporários afetados				x						x																																	
Desvio de cursos de água permanentes ou temporários				x						x																																	
Contaminação química (pH, oxigénio dissolvido, metais pesados,...)				x						x																																	
Arrastamento, transporte e deposição de partículas sólidas em suspensão				x						x																																	
Potencial de inundação				x						x																																	
Recursos Hídricos Subterrâneos																																											
Aquífero				x						x																																	
Captações nas áreas envolventes				x						x																																	
Nível piezométrico médio (montante e jusante)				x						x																																	
Intersecção do nível freático pela cota de exploração				x						x																																	
Afetação das áreas de recarga de aquíferos				x						x																																	
Alteração da permeabilidade do maciço				x						x																																	
Alteração da qualidade dos aquíferos por contaminação				x						x																																	
Solos e Uso dos Solos																																											
Remoção de solos				x						x																																	
Compactação do solo				x						x																																	
Fenómenos erosivos (devido à ausência de vegetação)				x						x																																	
Contaminação dos solos (derrames acidentais ou contacto com metais pesados)				x						x																																	
Solos armazenados				x						x																																	
Possibilidade de reposição do solo no local de origem				x						x																																	
Qualidade do Ar																																											
Partículas sólidas em suspensão				x						x																																	
Gases				x						x																																	
Ambiente Sonoro e Vibrações																																											
Emissão de ruído devido a equipamentos fixos e móveis				x						x																																	
Vibrações provenientes de veículos				x						x																																	
Vibrações provenientes de explosivos				x						x																																	
Fauna, flora e ecossistemas																																											
Espécies existentes (fauna e flora)				x						x																																	
Presença de espécies/habitats ameaçadas e/ou raras, protegidas por legislação				x						x																																	
Coberto vegetal				x						x																																	
Dificuldades na regeneração natural das espécies vegetais				x						x																																	
Alteração ou eliminação de habitats				x						x																																	
Perturbações originadas pelo ruído				x						x																																	
Perturbações originadas por poeiras				x						x																																	
Impactes na fauna e flora por alterações na morfologia e hidrologia dos cursos de água				x						x																																	
Paisagem																																											
Paisagem				x						x																																	
Alteração da morfologia do terreno				x						x																																	
Perceção visual				x						x																																	
Património Arqueológico																																											
Impacte sobre os elementos patrimoniais existentes				x						x																																	
Tráfego																																											
Principais vias de acesso				x						x																																	
Tráfego nas principais vias de circulação				x						x																																	
Sinistralidade rodoviária				x						x																																	
Socioeconomia																																											
Postos de trabalho na região				x						x																																	
Postos de trabalho na exploração				x						x																																	
Contribuição para a criação de valor				x						x																																	
Qualidade de vida das populações contíguas à exploração				x						x																																	
Saúde Humana																																											
Riscos de acidentes				x						x																																	
Foco de doenças				x						x																						</											

4.4.2. GRANITO

4.4.2.1. Proposta de recuperação

A proposta apresentada para esta pedreira de granito, apesar das diferenças significativas para com a pedreira estudada anteriormente, passa também pela sua valorização em termos de espaço e paisagem. Por estar localizada numa zona de encosta e a uma altitude elevada (800/900m) as cicatrizes no relevo impostas pela exploração são percecionadas à distância, o que importa minorar.

Milgrom (2008) em *“Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study”* propõe o aproveitamento de grandes depressões através do depósito de resíduos ou como reservatório de água para irrigação agrícola. Também Tang et al. (2011) em *“Comprehensive rehabilitation planning of deserted pits and the case study in plain area of Beijing, China”* consideram que lagoas profundas poderão ser utilizadas para retenção de águas e pedreiras afastadas de populações são indicadas a uma recuperação que vise a sua renaturalização. Outros autores referem situações em que pedreiras de granito foram convertidas em espaços culturais e de lazer, pois apresentavam condições geotécnicas e de localização geográfica favoráveis a tal opção.

Uma vez que a pedreira em causa se encontra numa zona interior do país, com pouca densidade populacional e pouco industrializada considera-se que o projeto de recuperação deve passar, essencialmente, por assegurar condições de segurança no local, ao nível da estabilidade dos taludes, e devolver a vegetação para diminuir o impacto visual causado pelo contraste cromático. Contudo a possibilidade do local poder vir a ser aproveitado para a criação de aterro de resíduos de construção e demolição (RCD's) não deve ser posta de parte.

4.4.2.2. Recuperação

A corta de exploração (figura 33) tem uma área aproximada de 15.000m² e profundidade de 65m. Para executar o enchimento total da depressão criada seriam necessários cerca de 975.000m³ de material. O volume total de rejeitos da lavra que poderão ser utilizados na recuperação são insuficientes para preencher a totalidade da corta, não havendo no entanto dados concretos acerca dos volumes disponíveis na pedreira. Como alternativa sugere-se o enchimento parcial com o material inerte que se encontra dentro da área da



Figura 33 – Corta de exploração. Fonte: Google Maps

pedreira de forma a, por um lado, diminuir a profundidade da corta e, por outro, homogeneizar e nivelar o terreno, proporcionando melhores condições para o posterior desenvolvimento vegetal.

De forma a criar uma transição mais suave entre a corta de exploração e a envolvente, também neste caso pode ser utilizada a técnica de suavização de taludes descrita na pedreira anterior.

4.4.2.3. Utilização do espaço

Opção 1- Propõe-se que a corta existente, dada a impossibilidade de enchimento completo e a tendência natural para retenção de águas pluviais, seja utilizada como reservatório de água com a finalidade primordial de combate a incêndios, já que a região é extremamente propícia a tal nos meses de verão. A restante área da pedreira seria sujeita à plantação de árvores de espécies características e existentes nas imediações (pinheiros e carvalhos), bem como à sementeira de espécies herbáceas e arbustivas, de forma a uniformizar e enquadrar esta zona na restante paisagem. Porém, a qualidade dos solos no local não é a melhor pelo que se espera que sejam necessárias ações de melhoramento do solo que permitam fazer a revegetação com eficácia. Também a sua quantidade armazenada é reduzida, não havendo dados concretos quanto a volumes. Assim, os materiais que apresentem características favoráveis ao desenvolvimento vegetal (com alguma matéria orgânica e nutrientes, elevada proporção de elementos finos, complexos argilo-húmicos) não devem ser colocados na corta mas sim utilizados na área a renaturalizar. Caso a quantidade de terras de cobertura se revele insuficiente esta deverá ser adquirida no exterior desde que apresente características favoráveis ao desenvolvimento vegetal. Sempre que os solos não apresentem as características físico-químicas adequadas devem ser aplicadas técnicas de melhoria edáfica como fertilização com matéria orgânica ou matéria inorgânica (nitratos),

correção de acidez (adição de calcário), correção de alcalinidade (matéria orgânica), redução de toxicidade (adição de matéria orgânica para formar quelatos com metais pesados), entre outras.

Com o objetivo de garantir a qualidade e renovação das águas armazenadas, bem como prevenir possíveis inundações, recomenda-se a criação de um canal de drenagem desde a corta até à linha de água mais próxima. A figura 35 apresenta os cursos de água existentes junto da pedreira em questão bem como a representação da drenagem sugerida (traço a amarelo), respeitando a direção natural de escoamento existente na área.



Figura 34 – Linhas de água contíguas à pedreira. Representação do canal de drenagem. Adaptado do Plano Diretor Municipal da Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar

Por fim, devido às grandes dimensões em termos de área, mas sobretudo profundidade da corta, deve garantir-se a sua vedação integral e permitir o acesso apenas em caso de necessidade e a pessoal autorizado

É possível afirmar que esta opção assume o termo de reabilitação pelo facto de assumir a afetação e tentar, na medida do possível, criar um ecossistema integrado com a envolvente e que se aproxime do estado preexistente, apesar da perturbação resultante da atividade extrativa. Não é expectável a obtenção de retorno do investimento efetuado na recuperação.

Opção 2- Como alternativa à proposta descrita anteriormente sugere-se a utilização do espaço para a implementação de um aterro de resíduos de construção e demolição (RCD's) na corta da antiga exploração, sendo no entanto uma solução que depende diretamente do interesse de entidades públicas e privadas. Dada a localização da pedreira seria espectável que o processo de enchimento total da depressão demorasse um tempo bastante dilatado já que o volume de resíduos de construção e

demolição adequados para deposição seria bastante reduzido, numa primeira instância por o sector da construção atravessar neste momento uma fase de estagnação e por outro lado por se encontrar numa região com pouco mercado para essa atividade. Está também distante de grandes centros urbanos onde os custos associados ao transporte dos resíduos inviabilizariam a sua mobilização. No entanto, no caso de estes condicionalismos serem ultrapassados as características físicas do maciço (pouca fracturação e permeabilidade) permitem a sua utilização como aterro. Estando situada numa encosta seria recomendável a criação de um sistema de drenagem em torno da lagoa que permitisse evitar a entrada de águas de escorrência. Depois de concluído o enchimento proceder-se-ia à revegetação da área, respeitando as exigências próprias de um projeto desta natureza. A restante área da pedreira receberia também coberto vegetal adequado ao local.

Esta opção apresenta-se como uma restauração do local na medida em que devolve à natureza um equilíbrio cénico idêntico com o original. Com a deposição dos resíduos seria gerada receita, através da cobrança de uma tarifa por deposição, que poderia ser aplicada na recuperação da área ou para colmatar lacunas financeiras que poderão advir dessa mesma recuperação.

Apresenta-se de seguida a matriz representativa dos impactes esperados durante os trabalhos de recuperação.

4.5. AVALIAÇÃO PÓS-RECUPERAÇÃO

Para a recuperação de ambas as explorações foi proposta uma abordagem que incluía a prática de ações de carácter topográfico e geotécnico, vegetativas e hídricas. No seu conjunto as medidas propostas acabam por mitigar ou diminuir alguns dos impactes verificados na fase inicial.

Tendencialmente, durante as operações de recuperação há um agravamento das condições existentes na área da exploração, quer pelo incremento de ruído e vibrações provocados pela maquinaria em constante movimento, quer pela movimentação de grandes volumes de solos, rejeitos e resíduos que contribuem para o levantamento de poeiras e partículas finas, com todas as consequências que daí advém, entre outros. Foi exatamente esse agravamento dos impactes que se pretendeu demonstrar na segunda matriz de verificação. Não é esperado que o preenchimento dos diversos tópicos deste guia sejam totalmente precisos e correspondentes à realidade uma vez que este se trata de um exercício teórico mas que tem por base o conhecimento técnico associado à prática.

Serão agora descritas as alterações verificadas como consequência da aplicação das medidas propostas para as pedreiras em estudo. De uma forma geral as medidas levadas a cabo tanto nas pedreiras de calcário como na de granito foram semelhantes. Ao nível das ações topográficas e geotécnicas procedeu-se a enchimento e suavização de taludes, para o controlo hídrico criaram-se sistemas de drenagem e a aplicação de coberto vegetal é também um denominador comum no projeto de ambas as pedreiras.

O enchimento parcial ou total permitiu o aproveitamento dos depósitos de rejeitos e solos existentes à superfície. Estes constituíam obstáculos ao escoamento de águas superficiais e estavam sujeitos a erosão favorecendo a propagação de partículas finas, o que culminava na contaminação de águas. Por outro lado, ao eliminar vazios de grandes dimensões contribuiu-se para a diminuição do risco de acidentes. É possível afirmar que esta medida tem uma influência direta positiva na geomorfologia, recursos hídricos, solos, rejeitos e resíduos, paisagem, saúde pública e de forma indireta na qualidade do ar, fauna, flora e ecossistemas, tendo sido atenuados ou mitigados a maioria dos impactes registados nestas áreas na fase inicial do projeto.

A suavização dos taludes revela-se essencial na prevenção de deslizamentos de terras ou derrocadas bem como na criação de uma topografia menos abrupta, uma vez que os taludes são de grandes dimensões e bastante íngremes. Permitiu também criar condições para melhor receber e fixar vegetação.

A influência da aplicação de coberto vegetal é sentida positivamente em várias áreas. É a forma mais eficaz e recomendável para repor as condições climáticas ótimas do local diminuindo a temperatura do solo e normalizando os valores de humidade, permite ainda melhorar a qualidade do ar evitando a dispersão de poeiras. Ao nível dos recursos hídricos favorece a absorção de água resultando na

diminuição de escorrências superficiais e do arrastamento e transporte de partículas finas. Também na geologia e geomorfologia os efeitos positivos são sentidos no incremento à estabilidade dos taludes. Por fim, a revegetação é a melhor forma para a criação de um ambiente equilibrado e natural propício à existência e fixação de espécies faunísticas; harmonia cromática e diminuição do impacto visual;

A criação de sistemas de drenagem permite o encaminhamento das águas pluviais que se acumulam nas cortas, juntamente com as que têm origem no aquífero, para linhas de água nas imediações evitando o risco de inundações, permitindo a sua renovação de modo a não eutrofizar e reduz o risco de contaminações, sendo portanto essencial no combate aos impactos verificados nos recursos hídricos.

Comparando as três matrizes de verificação construídas ao longo desta dissertação para cada uma das pedreiras é possível confirmar a evolução dos impactos verificados ao longo das três fases do projeto (avaliação inicial, recuperação, pós-recuperação), nomeadamente ao nível dos principais descritores utilizados: carácter geral, magnitude e classificação global do impacto. Como já referido, durante as operações de recuperação são esperados agravamentos nos impactos em alguns parâmetros como a qualidade do ar ou ambiente sonoro e vibrações. Já na fase posterior à recuperação estes tendem a normalizar e atingir condições satisfatórias.

São agora apresentadas as matrizes obtidas após as operações de recuperação.

5. CONCLUSÕES

A importância da indústria extrativa é inegável. Os impactes económicos e sociais com origem na criação de postos de trabalho acompanhados pelo desenvolvimento de infraestruturas e serviços de apoio às explorações acabam, também, por beneficiar as populações adjacentes. No entanto a extração de qualquer recurso mineral interfere com o meio ambiente e esse passivo deve ser minimizado ou mitigado pela entidade exploradora.

Nesta dissertação o objetivo passou pela proposta de uma matriz de avaliação abrangente, pela apresentação de medidas sustentáveis para a recuperação de pedreiras abandonadas nas quais nunca nenhum plano de recuperação ambiental e paisagística tenha sido posto em prática e, pela avaliação com a matriz proposta dos locais analisados. Os impactes deixados por estas explorações eram evidentes, assim como a necessidade de traçar um plano que os pudesse minimizar.

O trabalho desenvolvido consistiu na recolha de bibliografia que permitisse apresentar soluções apropriadas e exequíveis a cada caso. A criação de uma metodologia que permitisse uma avaliação expedita da evolução das três fases consideradas foi considerada fundamental, tendo sido criado um guião de verificação. Esse guião permitiu que a avaliação das pedreiras fosse feita segundo os mesmos trâmites e a sua aplicação a outras explorações é totalmente possível já que os parâmetros analisados são comuns a qualquer exploração a céu aberto.

Quanto às pedreiras analisadas ressaltam-se os enormes passivos ambientais deixados pelas entidades exploradoras. As cortas onde outrora era feita a extração de matéria-prima são hoje lagos de enormes dimensões e com muito poucos cuidados relativos à segurança. É também notório que em termos de plano de recuperação pouco foi sendo aplicado no decorrer da exploração. Não há grandes cuidados relativos ao armazenamento e conservação de solos pelo que, mais tarde, aquando do encerramento da exploração existem enormes dificuldades em devolver aos locais condições sustentáveis e os trabalhos de recuperação passam a ter custos elevados que muitas vezes os exploradores não estão dispostos a pagar. É portanto essencial que as empresas tenham uma visão a longo prazo que inclua a aplicação de medidas ao longo da vida útil da pedreira e não apenas aquando da elaboração do PARP por exigência legal.

Relativamente às propostas de recuperação apresentadas estas permitem, em teoria, atenuar ou até mesmo mitigar alguns dos impactes observados inicialmente. Para a criação destas propostas foi necessário integrar soluções, que para além de valorizarem e visarem a recuperação do património natural das pedreiras e da sua envolvente, corrigissem os problemas detetados ao nível da geomorfologia, recursos hídricos, solos e outros.

Quanto às sugestões apresentadas para a futura utilização dos espaços, estas foram pensadas com o intuito de devolver um ecossistema alternativo compatível com a envolvente mas também, sempre que

possível, proporcionar a criação de um espaço com alguma utilidade para as populações. Nesse contexto, a utilização de parte da exploração de calcário como ponto de abastecimento de água para a atividade agrícola, sendo que se encontra inserida numa zona em que esta é uma atividade dominante, parece ser uma proposta sustentável. O mesmo acontece em Vila Pouca de Aguiar, concelho onde se insere a pedreira de granito analisada, em que o risco de incêndio é muito alto nos meses de verão e se considera uma mais-valia a utilização da corta para reservatório de água podendo ser utilizada para o combate aos mesmos.

Por fim, ressalva-se a importância deste trabalho pela possibilidade de apresentação de propostas coerentes de recuperação ambiental e paisagística de três pedreiras que mediante devido aprofundamento técnico e financeiro poderá ser posto em prática contribuindo para um melhor aproveitamento do locais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, I.M.H.R. & Gonçalo, H.M.S., 2008. Proposta de recuperação ambiental para uma pedreira abandonada. *V Seminário de Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Vila Real, 16 a 18 de Outubro de 2008*, pp.242–247. Available at: <http://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/868> [Accessed February 18, 2016].
- Bastos, M. & Silva, I.A., 2006. Restauração, Reabilitação e Reconversão na Recuperação Paisagística de Minas e Pedreiras. Available at: http://visaconsultores.com/pdf/ANIET_2006_MBIS_artigo.pdf [Accessed February 25, 2016].
- Bitar, O.Y., 1997. *Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo*.
- Bizi, E., 2011. *Proposta Preliminar de uma sistemática auxiliar de tomada nas decisões para recuperação de áreas degradadas por pedreiras próximas a centros urbanos*. Available at: http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_5102 DISSERTA%C3-%C3-O EVANDRA BIZI.pdf [Accessed February 18, 2016].
- Bonifazi, G. et al., 2003. Monitoring of abandoned quarries by remote sensing and in situ surveying. *Ecological Modelling*, 170(2–3), pp.213–218. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438000300228X> [Accessed February 14, 2016].
- Brodtkom, F., 2000. Good Environmental Practice in the European Extractive Industry. Available at: <http://www.ima-europe.eu/content/good-environmental-practice-european-extractive-industry> [Accessed March 1, 2016].
- Bureau de Recherches Géologiques et Minière, 2001. *Management of Mining, Quarrying and Ore-processing Waste in the European Union*, Comissão Europeia.
- Câmara Municipal de Cantanhede, 2015. *Alteração do Plano Diretor Municipal de Cantanhede*,
- Câmara Municipal de Vila Pouca de Aguiar, 2005. *Revisão do Plano Diretor Municipal de Vila Pouca de Aguiar - Estudos de caracterização do território municipal*,
- Carreto, Â., 2012. *Relatório Técnico de Atividade Profissional*,
- Coates, W.E. & Scot, O.R., 1979. *A Study of Pit and Quarry Rehabilitation in Southern Ontario*, Available at: <http://www.geologyontario.mndmf.gov.on.ca/mndmfiles/pub/data/imaging/MP083/MP083.pdf> [Accessed March 1, 2016].
- Comissão Europeia, 2009. Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities.
- Correia, V.F. & Sousa, L.M.O., 2012. *Os Granitos de Vila Pouca de Aguiar como fator de desenvolvimento regional - Recuperação ambiental e paisagística de pedreiras*, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Available at: <http://repositorio.utad.pt/handle/10348/3047> [Accessed March 1, 2016].
- Corry, R.C., Laforteza, R. & Brown, R.D., 2011. *Cultural Acceptability of Alternative Pit and*

- Quarry Rehabilitations.*, Available at:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=61341052&site=eds-live>.
- Dal Sasso, P., Ottolino, M.A. & Caliandro, L.P., 2012. Identification of Quarries Rehabilitation Scenarios: A Case Study Within the Metropolitan area of Bari (Italy). Available at:
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=1a6b3320-f5ac-4ffc-8f72-f296c3877168%40sessionmgr113&vid=1&hid=112> [Accessed February 24, 2016].
- Damigos, D. & Kaliampakos, D., 2002. Assessing the benefits of reclaiming urban quarries: a CVM analysis. *Landscape and Urban Planning*, 64(4), pp.249–258. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204602002438> [Accessed February 23, 2016].
- Damigos, D. & Kaliampakos, D., 2003. Environmental Economics and the Mining Industry: Monetary benefits of an abandoned quarry rehabilitation in Greece. *Environmental Geology*, 44(3), pp.356–362. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00254-003-0774-5> [Accessed February 24, 2016].
- Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de Outubro do Ministério da Economia e Inovação, 2007.
Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de Outubro do Ministério da Economia e Inovação.
- Duque, J.F.M. et al., 1998. A geomorphological design for the rehabilitation of an abandoned sand quarry in central Spain. *Landscape and Urban Planning*, 42(1), pp.1–14. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920469800070X> [Accessed February 24, 2016].
- Edwards, J.A. & Coit, J.C.L. i, 1996. Mines and quarries - Industrial heritage tourism. *Annals of Tourism Research*, 23(2), pp.341–363. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016920469800070X> [Accessed March 1, 2016].
- Environmental Protection Agency, 2006. *Environmental management in the extractive industry (Non-scheduled minerals)*, Available at:
https://www.epa.ie/pubs/advice/general/EPA_management_extractive_industry.pdf [Accessed March 1, 2016].
- Environmental Protection Agency, 1999. *Landfill Restoration and Aftercare*, Available at:
https://www.epa.ie/pubs/advice/licensee/EPA_Landfill_Restoration_and_Aftercare.pdf [Accessed March 11, 2016].
- Fadda, S., Fiori, M. & Matzuzzi, C., 2010. Developing rehabilitation design for the abandoned mine excavations in Central Sardinia, Italy. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 24(4), pp.286–306. Available at:
<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480931003775607> [Accessed February 24, 2016].
- Fernandes, S.C.N., 2015. *Plano ambiental e de recuperação paisagística de um campo de exploração de uma concessão mineira de caulino*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/79634> [Accessed March 8, 2016].
- Fiúza, A., 2009. Impacte Ambiental Mineiro.
- Gonçalves, D.M., 2015. Reabilitação de taludes de escavação em rochas de baixa resistência na

- ER 266. Available at: <http://run.unl.pt/handle/10362/14825> [Accessed March 1, 2016].
- Gunn, J. & Bailey, D., 1993. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology*, 21(3), pp.167–172. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF00775301> [Accessed March 1, 2016].
- Heikkinen, P.M. et al., 2008. *Mine Closure Handbook*, Instituto da Água, 2000. *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental: Ançã-Cantanhede*, International Finance Corporation, 2007. Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining. *World Bank Group*.
- Jim, C.Y., 2001. Ecological and Landscape Rehabilitation of a Quarry Site in Hong Kong. *Restoration Ecology*, 9(1), pp.85–94. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1526-100x.2001.009001085.x> [Accessed February 24, 2016].
- Kaliampakos, D.C. & Mavrikos, A.A., 2006. Introducing a new aspect in marble quarry rehabilitation in Greece. *Environmental Geology*, 50(3), pp.353–359. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00254-006-0214-4> [Accessed February 23, 2016].
- Koca, M. & Kınal, C., 2004. Abandoned stone quarries in and around the Izmir city centre and their geo-environmental impacts—Turkey. *Engineering Geology*, 75(1), pp.49–67. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795204001000> [Accessed March 1, 2016].
- Lopes, R.J.S., 2010. *Estudo de soluções para a implementação do plano ambiental de recuperação paisagística da pedreira da Costa Queimada - Penafiel*. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/58649> [Accessed February 18, 2016].
- Machado, F., 2006. *A Indústria Extrativa e o Desenvolvimento Sustentável*, Marques, C.S.G., 2012. Cidades criativas - projectar em áreas abandonadas ou deprimidas para reestruturação social cultural e económica. Available at: <http://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5983> [Accessed February 18, 2016].
- Martins, M.L.V.F., 2009. *Diagnóstico ambiental e análise de risco probabilística de uma pedreira abandonada*. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/59732> [Accessed February 18, 2016].
- Martins, O.R., 2003. Geoambiente e indústria das rochas ornamentais. Available at: <http://run.unl.pt/handle/10362/4742> [Accessed March 1, 2016].
- Meech, J.A. et al., 2006. Transformation of a derelict mine site into a sustainable community: the Britannia project. *Journal of Cleaner Production*, 14(3–4), pp.349–365. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605000478> [Accessed February 23, 2016].
- Mendes, I., 2013. *Mining Rehabilitation Planning, Mining Heritage Tourism, Benefits and Contingent Valuation*, ISEG - SOCIUS. Available at: <http://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/5691> [Accessed March 1, 2016].
- Miao, Z. & Marrs, R., 2000. Ecological restoration and land reclamation in open-cast mines in Shanxi Province, China. *Journal of Environmental Management*, 59(3), pp.205–215. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479700903530>

[Accessed February 23, 2016].

Milgrom, T., 2008. Environmental aspects of rehabilitating abandoned quarries: Israel as a case study. *Landscape and Urban Planning*, 87(3), pp.172–179. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204608001011> [Accessed February 23, 2016].

Ministerial Council on Mineral and Petroleum Resource & Minerals Council of Australia, 2010. *Strategic Framework for Managing Abandoned Mines*, Available at: <http://www.industry.gov.au/resource/Mining/Documents/StrategicFrameworkforManagingAbandonedMines.pdf> [Accessed March 2, 2016].

Mota, D.M.R., 2005. *Implicações geoambientais das obras de engenharia e da exploração de recursos na região de Tondela*. Universidade de Aveiro. Available at: <http://ria.ua.pt/handle/10773/10795> [Accessed March 1, 2016].

Müller, D.L., 1997. *Proposta de Recuperação Ambiental para uma Pedreira*. Available at: <http://usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2011-2/DinavaLeticiaM%FCller.pdf> [Accessed March 8, 2016].

Nações Unidas, 2002. *Guidelines for Mining and Sustainable Development*,

Narrei, S. & Osanloo, M., 2011. Post-Mining Land-Use Methods Optimum Ranking, Using Multi Attribute Decision Techniques with Regard to Sustainable Resources Management. Available at: <http://papers.ssrn.com/abstract=1981431> [Accessed March 16, 2016].

Neri, A.C., 2008. AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM MINERAÇÃO DE CALCÁRIO PARA CIMENTO. Available at: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-22012008-115814/> [Accessed March 1, 2016].

Neri, A.C. & Sánchez, L.E., 2010. A procedure to evaluate environmental rehabilitation in limestone quarries. *Journal of environmental management*, 91(11), pp.2225–37. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710001635> [Accessed March 1, 2016].

Nicolau, J.-M., 2003. Trends in relief design and construction in opencast mining reclamation. *Land Degradation & Development*, 14(2), pp.215–226. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/ldr.548> [Accessed March 2, 2016].

Pinto, V. et al., 2002. Using 3-D structures and their virtual representation as a tool for restoring opencast mines and quarries. *Engineering Geology*, 63(1–2), pp.121–129. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001379520100076X> [Accessed February 23, 2016].

Rocha, J.N.C., 2008. Os locais de interesse geológico do Cabo Mondego – proposta de recuperação das pedreiras, tendo em atenção os riscos geomorfológicos identificados. Available at: <https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/13293> [Accessed March 1, 2016].

Sá, C., 2012. *Elaboração e avaliação do fator ambiental análise de riscos em estudos de impacte ambiental de projetos do setor das pedreiras*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Sánchez, L., 2006. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.

- Sánchez, L.E., Silva-Sánchez, S.S. & Neri, A.C., 2013. *Guia para o planeamento do fechamento de mina* Instituto Brasileiro de Mineração, ed.,
- Soares Pinto, J.M. & Almeida Saraiva, A.L., 1997. Proposta de uma solução de recuperação ambiental da pedreira norte do Cabo Mondego. Available at: https://roteirosgeologicos.files.wordpress.com/2010/07/t7_a11.pdf [Accessed March 8, 2016].
- Soltanmohammadi, H., Osanloo, M. & Bazzazi, A.A., 2010. An analytical approach with a reliable logic and a ranking policy for post-mining land-use determination. *Land Use Policy*, 27(2), pp.364–372. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837709000581> [Accessed February 23, 2016].
- Sullivan, J. et al., 2006. Financial viability of reforestation reclaimed surface mined lands, the burden of site conversion costs, and carbon payments as reforestation incentives. *Resources Policy*, 30(4), pp.247–258. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142070600002X> [Accessed February 23, 2016].
- Tang, Y. et al., 2011. Comprehensive rehabilitation planning of deserted pits and the case study in plain area of Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), pp.123–132. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204610002380> [Accessed February 24, 2016].
- Tasmania Department of Primary Industries, W. and E., 1999. *Quarry code of practice*,
- Teixeira, J.M.M., 2013. *Proposta de Recuperação Paisagística das Minas de Ouro de Castromil*. Available at: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/69936> [Accessed February 18, 2016].
- União Europeia, 2010. *A extracção de minerais não energéticos e a rede Natura 2000*,
- Valente, T. & Gomes, C.L., 2001. Tipologia de impacte ambiental associado à actividade extractiva no Minho- Gestão de resíduos e soluções de reabilitação. *Associação Portuguesa de Geólogos- Geonovas*. Available at: <http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/teresageonovas01.pdf> [Accessed February 18, 2016].

