



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**Acompanhamento Técnico da Pedreira Olival Grande, da Empresa Granoguli, Lda e da Fábrica A. Bento Vermelho, Lda.**

**João Ricardo Simões Dimas**

Orientação:

Professor Doutor Ruben Martins

Professor Doutor Luís Lopes

Engenheiro Manuel Simões

**Mestrado em Engenharia Geológica**

Relatório de Estágio

Évora, 2014

*Esta dissertação inclui as críticas e as sugestões feitas pelo júri*

*"A ciência é feita de factos assim como uma casa é feita de pedras mas um conjunto de factos não é ciência, assim como um monte de pedras não é uma casa."*

Henri Poincaré (séc. XIX e XX)

## **Agradecimentos**

A realização deste estágio permitiu-me evoluir, adquirir experiência, novas competências e aprofundar conhecimentos estudados ao longo do curso. A execução deste trabalho envolveu o contributo de um conjunto de pessoas a quem gostaria de manifestar reconhecimento.

Aos meus pais, em especial à minha mãe, pelo carinho, apoio e incentivo durante a realização do estágio e redação do relatório.

Às empresas Granoguli, Lda e A.B. Vermelho, Lda nas pessoas do Eng.º Manuel Simões e da Dr.ª Isabel Simões, agradeço a oportunidade de estagiar na empresa, a forma como fui recebido, a disponibilidade, ensinamentos e acima de tudo a amizade.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Ruben Martins, pela sua disponibilidade, comentários e revisão crítica que muito contribuiu para melhoramento do relatório.

Ao Prof. Doutor Luís Lopes, co-orientador, pela ajuda na parte do enquadramento geológico e sugestões para melhoramento do relatório.

Aos colegas da pedreira, Paulo, Mestre Zé, Mestre Zé “Mangas”, Carlos, Álvaro e Faneca por todo o apoio, ensinamentos e disponibilidade.

Ao Sr. Isidoro Simões, agradeço os inúmeros conhecimentos transmitidos e a sua boa disposição.

Ao Sr. Miguel Jardim pela sua simpatia, ensinamentos e disponibilidade.

A todos os meus colegas de curso, em especial, à Rafaela, à Nadine, à Ana Marta, à Catarina, ao Daniel, ao Sabino, ao Pedro Mendes, ao João Rosa, ao Tiago Leite e ao Jorge pelo vosso companheirismo, amizade e principalmente pela forma como me receberam no curso.

A ti Carolina, por tudo o que representas para mim, por me incentivares a nunca desistir e acreditares nas minhas capacidades.

À minha Avó Alzira, pessoa essencial no meu crescimento e formação pessoal, a quem gostaria de dedicar este trabalho pois hoje seria o dia mais feliz da sua vida.

A todos o meu Muito Obrigado.

## **Resumo**

### **Acompanhamento Técnico da Pedreira Olival Grande, da Empresa Granoguli, Lda e da Fábrica A. Bento Vermelho, Lda.**

O presente relatório de estágio apresenta uma descrição dos processos de extracção realizados desde o início da reactivação da pedreira Olival Grande da empresa Granoguli, Lda, focalizando-se na caracterização de todo o ciclo de trabalho de pedreiras, nomeadamente perfuração, corte, abertura e derrube de massas, esquadrejamento, remoção e transporte.

É também feita a descrição dos processos de transformação de rocha ornamental na fábrica A. Bento Vermelho, Lda, focando principalmente a produção de chapas e ladrilhos.

Palavras-chave: Estágio, Pedreira, Fábrica, Mármore

## **Abstract**

**Technical monitoring of the quarry Olival Grande owned by Granoguli, Ltd and of the A. Bento Vermelho, Ltd transformation plant.**

This traineeship report presents an extraction process description performed since the reactivation beginning of the Olival Grande quarry of the company Granoguli Ltd, focusing on characterization of the entire quarry labor cycle, including drilling, cutting, masses opening and drop, squaring, removal and transport.

It is also made the description of the transformation process in the factory A. Bento Vermelho, Ltd, mainly focusing on the production of slabs and tiles.

Keywords: Traineeship, Quarry, Marble, Transformation plant

# ÍNDICE GERAL

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Objectivos	2
1.2 Organização do trabalho	2
<b>2. O ANTICLINAL DE ESTREMOZ – CARACTERIZAÇÃO</b>	<b>3</b>
2.1 Localização	3
2.2 Geologia	4
2.3 Tectónica	7
2.4 Caracterização da UNOR	8
2.5 Levantamento da fracturação	10
2.5.1 Resultados obtidos	12
<b>3. EQUIPAMENTOS</b>	<b>13</b>
3.1 Equipamentos de perfuração	13
3.2 Equipamento de corte	16
3.3 Equipamentos de desmonte	18
3.4 Equipamentos de Carga e Transporte	20
3.5 Equipamentos de remoção	24
3.5.1 Remoção de água	25
<b>4. METODOLOGIAS DE TRABALHO DE PEDREIRA</b>	<b>27</b>
4.1 Desenvolvimento	27
4.1.1 Destapação	27
4.1.2 Abaixamento de piso	27
4.1.3 Desenvolvimento de canais	30
4.1.4 Desenvolvimento de bancadas	32
4.2 Ciclo de trabalhos de pedreira (ciclo produtivo)	34
4.2.1 Perfuração	34
4.2.2 Corte	35
4.2.3 Desmonte	36
4.2.4 Esquadrejamento	36
4.2.5 Remoção e transporte	36
<b>5. EXTRACÇÃO DE MÁRMORE – GRANOGULI, LDA</b>	<b>37</b>
5.1 Apresentação da empresa	37

<b>5.2</b>	<b>Acompanhamento Técnico – Pedreira Olival Grande</b>	<b>38</b>
5.2.1	Extracção de material de dentro do canal	39
5.2.2	Desmonte em talhadas	40
5.2.2.1	Perfuração horizontal e vertical	40
5.2.2.2	Cortes com fio diamantado	43
5.2.2.3	Abertura das talhadas por meio de colchão hidráulico	46
5.2.2.4	Divisão das talhadas pelo método de furo horizontal com martelo pneumático	47
5.2.2.5	Derrube da talhada dividida	48
5.2.2.6	Esquadrejamento da talhada derrubada	49
5.2.2.7	Remoção e transporte	50
5.2.3	Desmonte em talhadas de maiores dimensões da massa remanescente	51
5.2.4	Desmonte em talhadas na zona A-1	54
5.2.5	Abertura de canal	57
5.2.6	Alargamento da corta da pedreira	66
5.2.6.1	Desmonte de cabeços	67
5.2.7	Desenvolvimento de canais	69
<b>5.3</b>	<b>Rendimento dos equipamentos</b>	<b>74</b>
<b>5.4</b>	<b>Levantamento de custos por operação da unidade extractiva</b>	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>TRANSFORMAÇÃO</b>	<b>86</b>
<b>6.1</b>	<b>Apresentação da Empresa A. B. Vermelho, Lda</b>	<b>86</b>
<b>6.2</b>	<b>Recepção dos blocos</b>	<b>88</b>
<b>6.3</b>	<b>Transformação primária</b>	<b>89</b>
<b>6.4</b>	<b>Produção de chapa</b>	<b>89</b>
6.4.1	Engenho multilâminas	89
<b>6.5</b>	<b>Produção de bandas</b>	<b>90</b>
6.5.1	Talha-blocos	90
6.5.2	Máquina de corte tipo ponte	91
<b>6.6</b>	<b>Embalagem e selecção</b>	<b>93</b>
<b>6.7</b>	<b>Cortes por medida</b>	<b>93</b>
<b>6.8</b>	<b>Estação de tratamento de águas</b>	<b>94</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>97</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e esboço geológico do anticlinal de Estremoz (Lopes, 2003).	3
Figura 2 – Coluna estratigráfica do anticlinal de Estremoz, adaptada de Oliveira et al. (1991).	6
Figura 3 – Pedreira Olival Grande in Lopes (2003).	7
Figura 4 – Disposição das diferentes variedades cromáticas do mármore, Lopes 2003 (adaptado).	8
Figura 5 – Mapa da UNOR4, Carvalho et al., 2008.	9
Figura 6 – Exemplo de uma scanline na pedreira.	10
Figura 7 – Localização na pedreira de cada conjunto de scanlines realizadas.	11
Figura 8 – Expressão de cálculo do parâmetro $J_v$ .	11
Figura 9 – A- Martelo pneumático ligeiro com pormenor do oleador. B- Conjunto de barrenas.	13
Figura 10 – A- Perfuradora de pedreira em funcionamento. B- Pormenor do bit de 90mm.	14
Figura 11 – Central hidráulica e de comando da perfuradora de pedreira.	14
Figura 12 – A- Jumbo em funcionamento. B- Pormenor do bit de 220 mm.	15
Figura 13 – Torre de perfuração com rastros.	16
Figura 14 – Comando digital de máquinas de fio diamantado MFCR45.	17
Figura 15 – A-Colchão hidráulico antes de ser usado. B-Colchão hidráulico depois de abrir uma talhada.	18
Figura 16 – Derrube de uma talhada com o auxílio de um pistão hidráulico (macacas).	19
Figura 17 – Tomba bancadas hidráulico.	19
Figura 18 – Dimensões da retroescavadora (giratória). Fonte: Catálogo Hyundai 380LC-9.	20
Figura 19 – Alcance superior e inferior da retroescavadora (giratória). Fonte: Catálogo Hyundai 380LC-9.	21
Figura 20 – Especificações técnicas de dimensões e alcance da pá carregadora. Fonte: Catálogo Volvo L220F.	22
Figura 21 – Especificações técnicas de dimensões, carga e mecânicas do dumper. Fonte: RITCHIESpecs, 2014.	23
Figura 22 – A- Representação das distâncias de alcance S1, S2 e S3 consoante a inclinação da lança. B- Representação da área de trabalho de 220°. Fonte: EuroStoneUSA, 2013.	24
Figura 23 – Especificações técnicas de dimensões, área de trabalho e capacidade de carga da grua Derrick. Fonte: EuroStoneUSA, 2013.	25
Figura 24 – Tabela de caudais e alturas manométricas. Fonte: Catálogo Motorrego – Joval.	26
Figura 25 – Sequência de cortes com fio diamantado na execução de abaixamento de piso. Cortes representados em cor cinza. Cunha resultante representada a vermelho.	29
Figura 26 – Representação dos cortes da remoção da cunha inferior no abaixamento de piso.	30
Figura 27 – Esquema dos cortes com fio diamantado no desenvolvimento de canal.	32
Figura 28 - Sequência de cortes de talhada.	33
Figura 29 – Esquema de perfuração. MPL – Martelo pneumático ligeiro (diâmetro de 40 mm), PP – Perfuradora de pedreira (diâmetro de 90 mm).	35
Figura 30 – Localização da pedreira Olival Grande. Fonte: Google earth.	37
Figura 31 – (1) Estado inicial da pedreira e localização da zona A-1 e B. (2) Localização da zona A.	38
Figura 32 – A-Esquadreamento de talhada de cima da bancada. B-Aspecto do canal depois de limpo.	40
Figura 33 – Esquema da localização e dimensão dos furos realizados com o martelo de fundo-de-furo.	41
Figura 34 – A-Operário a pescar o cordel com auxílio da mangueira. B-Mangueira com arame em forma de gancho na ponta.	42

Figura 35 – Operário a prensar o fio diamantado na prensa hidráulica. _____	42
Figura 36 – Diferentes perspectivas do corte de levante. _____	43
Figura 37 – A- Corte de topo (a preto) e localização dos cortes de talhadas (a verde). B- Corte de talhada visto de frente. _____	44
Figura 38 – A-Central hidráulica e ligação ao colchão inserido no golpe. B-Talhada calçada. _____	46
Figura 39 – A- Abertura da 1ª talhada. B- Derrube da 1ª talhada “pela vergada”. _____	47
Figura 40 – A- Operário a “empurrar” o martelo pneumático na horizontal. B-Operário a colocar o cordel de forma a ser pescado fornecendo luz com um espelho. _____	48
Figura 41 – Derrube da talhada dividida. _____	49
Figura 42 – Execução de esquadreamento com recurso a uma máquina de fio diamantado. _____	50
Figura 43 – Remoção por grua Derrick. _____	50
Figura 44 – Localização e dimensão dos furos com martelo de fundo-de-furo. _____	51
Figura 45 – Derrube da talhada dividida, com recurso a ripper. _____	53
Figura 46 – A- Construção da cama. B- Talhada derrubada. _____	54
Figura 47 – Direcção e comprimento dos furos horizontais com martelo fundo-de-furo na zona A-1. ____	55
Figura 48 – Projecção do canal na zona A. _____	57
Figura 49 – Medida desde a gola da poleia até à base do poste mestre. _____	58
Figura 50 – Esticadores acoplados em correntes e firmes em barras de aço dentro de furos. _____	59
Figura 51 – Esquema representando os dois cordéis de cada um dos montantes, onde duas das extremidades estão atadas nessas estruturas e as outras apoiadas no maciço. _____	59
Figura 52 – Esquema do corte de topo de canal. _____	60
Figura 53 – Esquema de colocação dos cordéis guia para posterior corte de talhadas em canal. _____	61
Figura 54 – Fio diamantado prensado com arame dobrado e enrolado no cordel. _____	62
Figura 55 – Expressão de cálculo da área trapezoidal do canal. _____	63
Figura 56 – Expressão de cálculo da área trapezoidal das talhadas do canal. _____	65
Figura 57 – A e B - Remoção das massas por cima do talude. C - Remoção do solo para deixar os cabeços a descoberto. _____	67
Figura 58 – Direcção dos furos de levante, com vista ao destaque dos cabeços. _____	68
Figura 59 – A - Corte horizontal ou de levante. B – Corte vertical. _____	68
Figura 60 – A – Golpe ao alto; B – Derrube da massa com uso de corrente. _____	69
Figura 61 – Projecção do canal, numa fase ainda de limpeza. _____	70
Figura 62 – Expressão de cálculo da área trapezoidal do canal. _____	70
Figura 63 – Expressão de cálculo da área trapezoidal das talhadas do canal. _____	71
Figura 64 – Representação esquemática da perfuração executada na abertura de um canal. _____	73
Figura 65 – Localização da A.B.Vermelho, Lda. Fonte: Google earth. _____	86
Figura 66 – Fluxograma da produção na fábrica A.B. Vermelho, Lda. _____	87
Figura 67 – Pórticos que dão serventia ao parque de blocos. _____	88
Figura 68 – Monofio Pelegrini. _____	89
Figura 69 – Bloco em processo de corte no engenho. _____	90
Figura 70 – Execução de golpes longitudinais em chapas, em máquina de corte tipo ponte. _____	92
Figura 71 – Estação de tratamento de águas. 1-Depurador. 2-Depósito. _____	94
Figura 72 – A-Filtro-prensa. B- Água resultante do filtro-prensa. _____	95
Figura 73 – Projecção do furo horizontal para posterior divisão de talhadas. _____	96

## ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Resultados obtidos para cada conjunto de scanlines.</i>	12
<i>Tabela 2 – Classificação dos blocos de acordo com o parâmetro Jv. (Ramos &amp; Moura, 2010).</i>	12
<i>Tabela 3 – Tabela de resumo da velocidade de corte obtida em cada uma das 5 talhadas.</i>	46
<i>Tabela 4 – Dados recolhidos para a perfuradora pneumática roto-percussiva.</i>	74
<i>Tabela 5 – Dados recolhidos relativos ao martelo pneumático ligeiro.</i>	75
<i>Tabela 6 – Dados recolhidos para os golpes com fio diamantado.</i>	77
<i>Tabela 7 – Dados recolhidos relativos à perfuradora Jumbo.</i>	79
<i>Tabela 8 – Levantamento de custos para a operação perfuração horizontal.</i>	81
<i>Tabela 9 – Levantamento de custos para a operação perfuração vertical com martelo pneumático ligeiro.</i>	82
<i>Tabela 10 – Levantamento de custos para a operação de corte com fio diamantado.</i>	82
<i>Tabela 11 – Levantamento de custos para a operação de desmonte.</i>	83
<i>Tabela 12 – Levantamento de custos para a operação esquadrejamento.</i>	83
<i>Tabela 13 – Levantamento de custos para a operação de remoção de blocos com a grua.</i>	84
<i>Tabela 14 – Levantamento de custos para a operação de remoção de escombros com dumper.</i>	84
<i>Tabela 15 – Levantamento de custos para a remoção de escombros pela grua.</i>	85

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 – Velocidade de perfuração com perfuradora pneumática.</i>	75
<i>Gráfico 2 – Velocidade de perfuração com martelo pneumático ligeiro.</i>	76
<i>Gráfico 3 – Velocidade de corte com fio diamantado por ordem cronológica.</i>	79
<i>Gráfico 4 – Velocidade de perfuração com perfuradora Jumbo.</i>	80

# 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório surge no âmbito do estágio curricular para conclusão do 2º ciclo de estudos do Curso de Engenharia Geológica da Universidade de Évora. O estágio iniciou-se no dia 27 Janeiro e terminou no dia 2 de Agosto do ano 2013. Foi realizado na empresa de extracção Granoguli, Lda e na empresa de transformação António Bento Vermelho, Lda (A.B.V).

Portugal apesar de ser um país pequeno possui enormes recursos geológicos, sejam eles recursos energéticos (energia solar, energia geotérmica, energia hidroelétrica), recursos hidrogeológicos (reservas em aquíferos) ou recursos minerais (metálicos e não metálicos).

A indústria do mármore inclui-se no grupo dos recursos minerais não metálicos e pertence ao sector da pedra natural, mais propriamente ao subsector das rochas ornamentais. Este subsector, que inclui a extracção e transformação de rochas para fins ornamentais, tem impactos sociais positivos e importantes sobre as populações locais e actividades económicas, quer a montante quer a jusante desta indústria.

A nível da economia nacional, esta indústria tem um impacto elevado devido à sua componente exportadora. Isto é devido a vários factores como a grande oferta de diferentes variedades de mármore quer do ponto de vista cromático, quer do ponto de vista textural, às excelentes características físico-mecânicas possibilitando a sua utilização em todos os tipos de aplicações, quer em interiores, quer em exteriores e um grande *know-how* na aplicação do produto em obra.

O triângulo de Estremoz - Borba - Vila Viçosa constitui o principal pólo nacional da actividade extractiva e transformadora deste sector de actividade, concentrando mais de 99% do total de pedreiras de mármore activas no país, com forte incidência no concelho de Vila Viçosa (Henriques, 2003).

Neste contexto, torna-se fundamental conhecer as jazidas existentes, assim como promover a sua valorização e exploração de forma racional de modo a obter produtos de qualidade reconhecida a nível nacional e internacional.

## **1.1 Objectivos**

O objectivo central deste estágio foi o acompanhamento técnico de todas as operações executadas desde o início da reactivação da pedreira Olival Grande pertencente à empresa Granoguli, Lda e da fábrica A.B. Vermelho, Lda.

Assim, neste relatório, procede-se à descrição pormenorizada dos vários processos utilizados na pedreira, caracterizando todo o ciclo de trabalhos de pedreira, nomeadamente perfuração, corte, abertura e derrube, esquadrejamento, remoção e transporte. São também descritos os processos de produção e equipamentos utilizados na fábrica.

## **1.2 Organização do trabalho**

Nesta secção descreve-se a forma como se organizou o trabalho para concretizar os objectivos propostos.

O presente trabalho está organizado em 7 capítulos, sendo que neste primeiro capítulo, introdução, tecem-se algumas considerações gerais relativamente ao objectivo do relatório de estágio, enquadramento, descrição da estrutura e conteúdo dos capítulos.

No segundo capítulo, anticlinal de Estremoz – caracterização, é feito o enquadramento geográfico e geológico e é descrita a Unidade de Ordenamento (UNOR), em que a área em estudo se inclui.

No terceiro capítulo, equipamentos, é dedicado à descrição dos equipamentos presentes na pedreira e suas principais características.

O quarto capítulo, metodologias de trabalho de pedreira, procede-se à dissertação sobre as várias operações e técnicas executadas em pedreira, nomeadamente, o abaixamento de piso, desenvolvimento de canais, desenvolvimento de bancadas e descrição do ciclo de trabalho de pedreiras.

No quinto capítulo, extracção de mármore - Granoguli, Lda, faz-se a apresentação da empresa e são descritos pormenorizadamente os vários processos executados na pedreira ao longo do estágio.

No sexto capítulo, transformação de mármore - A. B. Vermelho, Lda, é feita a apresentação da empresa e são descritos os processos de produção e equipamentos desta.

No sétimo capítulo, considerações finais, são tecidas algumas considerações e sugestões relativamente ao trabalho desenvolvido durante o estágio.

Por fim, faz-se referência a bibliografia utilizada para a realização deste relatório de estágio.

## 2. O ANTICLINAL DE ESTREMOZ – CARACTERIZAÇÃO

### 2.1 Localização

O anticlinal de Estremoz situa-se no Alentejo, no distrito de Évora, abrangendo os concelhos de Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal. Possui uma forma aproximadamente elíptica com cerca de 45 km no seu eixo maior e cerca de 8 km no seu eixo menor. A sua orientação é NW-SE, começando em Sousel e terminando em Alandroal, tal como se pode observar na seguinte figura.

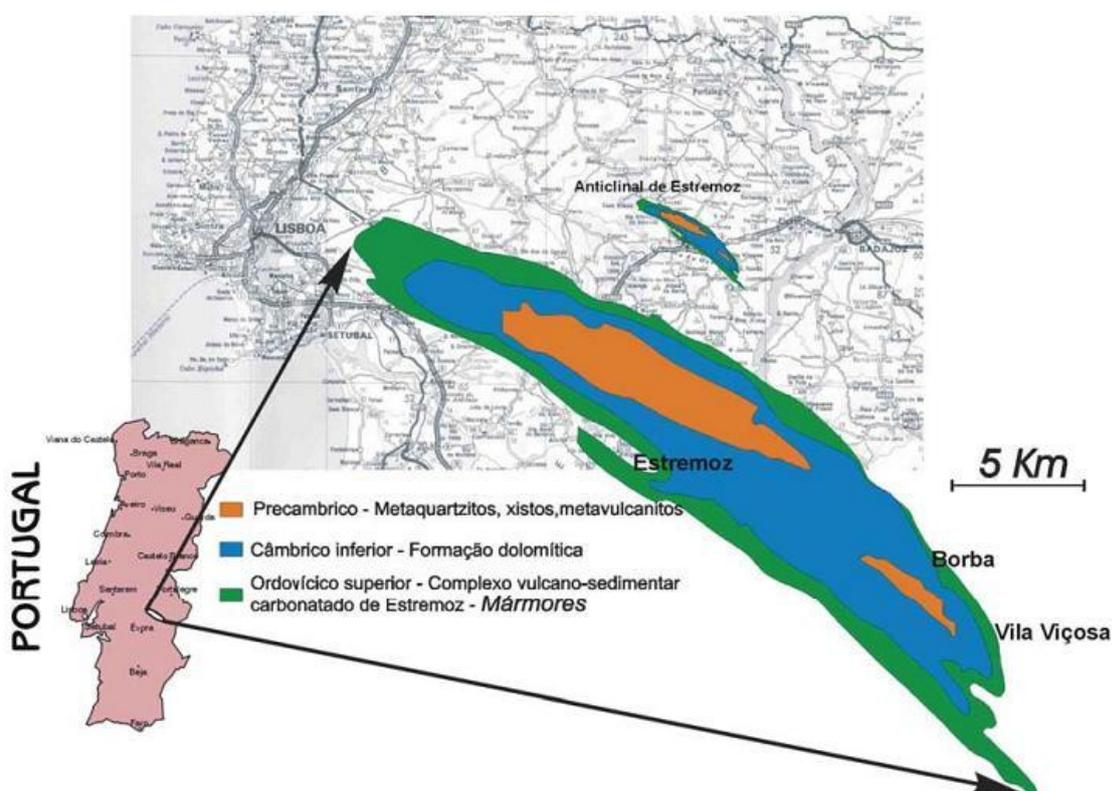


Figura 1 – Localização e esboço geológico do anticlinal de Estremoz (Lopes, 2003).

As principais vias de acesso à zona dos mármore de Estremoz são a autoestrada A6 (Marateca – Elvas) e as estradas nacionais EN4, EN255 e EN254. Por todo o anticlinal existem várias estradas e caminhos que ligam as diferentes localidades. Existe também uma linha de caminho-de-ferro que se encontra inactiva desde o início dos anos 90 e pode ser reativada, caso seja necessário.

Esta zona está representada, em termos geográficos, nas folhas n.ºs 426, 440 e 441 da Carta Militar, à escala 1:25.000, dos Serviços Cartográficos do Exército.

Os centros urbanos mais importantes são Vila Viçosa (N: 38º46'43", W: 07º25'05"), Borba (N: 38º48'20", W: 07º27'09") e Estremoz (N: 38º50'40", W: 07º35'05"). As altimetrias destes centros urbanos variam entre os 400 m em Vila Viçosa, os 410 m em Borba e os 451 m em Estremoz.

## 2.2 Geologia

O anticlinal de Estremoz constitui uma macroestrutura geológica situada na parte setentrional da Zona de Ossa-Morena (Ribeiro *et al.*, 1979) que por sua vez se insere no Maciço Antigo (Hespérico ou Ibérico).

A zona de Ossa-Morena divide-se em vários sectores, sendo que, para este trabalho o mais importante é o sector de Estremoz – Barrancos onde se individualizam duas estruturas geológicas principais, o Sinclinal de Terena e o Anticlinal de Estremoz.

O anticlinal de Estremoz encontra-se cartografado nas cartas geológicas 36B-Estremoz e 36D-Redondo, dos serviços Geológicos de Portugal, à escala 1:50.000. Recentemente, em 2008, no âmbito da publicação “Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva” foram publicadas cartas geológicas temáticas do anticlinal à escala 1:7.500 e 1:2.000 por parte do INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. e do CEVALOR – Centro Tecnológico para o Aproveitamento e Valorização das Rochas Ornamentais e Industriais, o que constituiu um avanço importante no conhecimento geológico e na cartografia do anticlinal.

A individualização do anticlinal de Estremoz como unidade geológica distinta já constava da edição de 1899 da Carta Geológica de Portugal à escala 1:500.000 (Delgado & Choffat, 1899, *in* Lopes, 2003), porém não apresentava qualquer separação das unidades litológicas internas. Posteriormente, na carta geológica de Portugal na escala 1:1.000.000 de 1952, estas unidades já vêm separadas. Foi Carrington da Costa, 1931, *in* Lopes, 2003, primeiro, e Teixeira, 1953, *in* Lopes, 2003, depois que as individualizaram, tendo-lhes atribuída idade câmbrica.

Devido à ausência de fósseis, a idade das formações que compõem o anticlinal ainda é motivo de discussão entre vários autores mas, desde há muito, que a sequência litológica do anticlinal de Estremoz é conhecida.

Inicialmente o Complexo vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz (CVSCE) foi considerado do Câmbrico inferior (Carvalho *et al.*, 1971), mais tarde foi subdividido entre o Câmbrico e o Silúrico (Gonçalves & Coelho, 1974, *in* Lopes, 2003), e posteriormente considerado de idade Ordovícica (Carvalhosa *et al.*, 1987).

Recentemente, num estudo realizado por Pereira *et al.* 2012, foi efectuada a datação por análise espectral de isótopos de urânio e chumbo (U-Pb) em zircões obtidos de riólitos intercalados nos mármore do CVSCE. Obteve-se a idade de 499 Ma (Câmbrico superior) para

a formação destas lavas ácidas que se podem encontrar no cruzamento para Estremoz na Estrada Nacional 4 à saída da autoestrada.

Carvalhosa *et al.* (1987), divide as formações do anticlinal nas seguintes unidades geológicas, da base para o topo:

- **Proterozóico Superior** – Formação dos mares que é constituída por: xistos, micaxistos e xistos negros, metachertes e metagrauvaques e sobre ela repousa discordantemente a Formação Dolomítica.
- **Câmbrico Inferior** – Formação Dolomítica de Estremoz é constituída, da base para o topo por: conglomerados, arcoses, vulcanitos ácidos a básicos, calcários dolomíticos e calcíticos, intercalados, por vezes xistificados.
- **Ordovícico (?)** – Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz (CVSCE) constituído por: mármore, xistos e calcoxistos com intercalações de vulcanitos ácidos e básicos (basaltos alcalinos) e rochas félsicas peralcalinas.
- **Sílúrico** – Xistos com intercalações de liditos e xistos grafitosos. Tratam-se de xistos luzentes, cinzentos esverdeados ou cor de borra de vinho, com quartzo alterado com grauvaques. Assenta diretamente sobre a série carbonatada câmbrica.
- **Devónico** – Conglomerados sobrepostos por xistos, alternando estes com grauvaques.

A seguinte imagem (fig. 2) representa a coluna estratigráfica para o anticlinal de Estremoz.

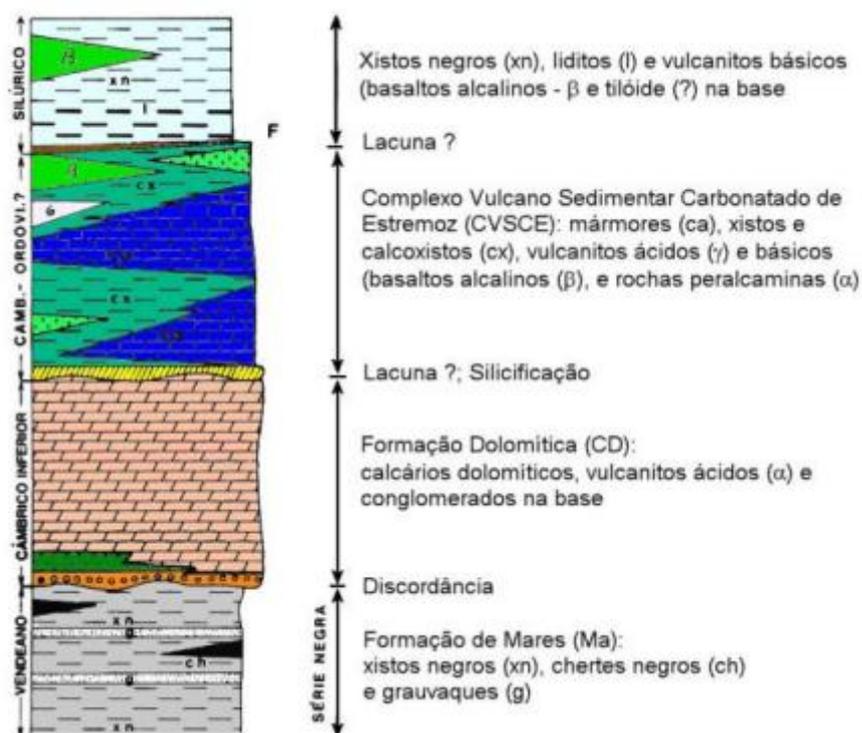


Figura 2 – Coluna estratigráfica do anticlinal de Estremoz, adaptada de Oliveira *et al.* (1991).

Ao longo de todo o anticlinal verifica-se a existência de um horizonte silicioso que ocupa uma posição litoestratigráfica bem definida. A sua posição não controla a separação entre os mármores do CVSCE e os calcários dolomíticos, já que, este horizonte se situa dentro do que é designado por Formação Dolomítica. É constituído por quartzo com pirite associada.

Foi detetado nas sondagens que ultrapassaram o limite inferior do Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz e entraram algumas dezenas de metros na Formação Dolomítica. Em afloramento os cristais de pirite são muito raros mas observam-se frequentemente excelentes pseudomorfoses de pirite em óxidos/hidróxidos de Fe e/ou Mn, originadas em consequência da deslocação daqueles materiais para um ambiente geoquímico claramente oxidante, induzindo a transformação dos sulfuretos em óxidos, Lopes (2003).

A área em estudo insere-se no flanco SW do anticlinal de Estremoz. Neste flanco e de acordo com (Guerreiro, 2000), as camadas apresentam-se com orientações e inclinações bastante variáveis, predominando, no entanto, as orientações NW-SE e as inclinações de 35 a 50° para SW. A espessura da camada de mármore é variável podendo ultrapassar a centena de metros.

A pedra em estudo, denominada Olival Grande (fig. 3), e de acordo com (Lopes, 2003), apresenta um estilo de dobramento característico da segunda fase com dobras abertas e raio de curvatura bem definido a que se associa estiramento dos flancos, tal como se pode observar na figura seguinte.



Figura 3 – Pedreira Olival Grande *in* Lopes (2003).

### 2.3 Tectónica

O Anticlinal de Estremoz (Carvalhosa *et al.*, 1987) foi afectado por duas fases de dobramentos seguidas de ações de cisalhamento, devido à Orogenia Hercínica.

A primeira fase de dobramentos (F1) conduziu a dobras isoclinais apertadas, de plano axial N-S e NNW-SSE, inclinando cerca de 20° para ENE com eixo sub-horizontal. Outra interpretação, e segundo Silva (1997), aponta para a atuação do regime de cisalhamento simples esquerdo, congruente com um sistema tangencial transpressivo/transtensivo com enraizamento para NE e sentido de movimento para norte ou noroeste ao longo da direção orogénica e da lineação de estiramento.

Na segunda fase (F2) as dobras resultantes apresentam orientação NW-SE, com inclinação dos planos axiais que podem atingir 70° a 80° para SW (com a atitude média de N30°W, 65° SW) e com eixos mergulhantes entre 20° e 40° para SE e NW. De acordo com Lopes (2003) a segunda fase ocorre em andar estrutural superior e origina uma clivagem de crenulação de plano axial com direção NW-SE. É a principal responsável pela orientação NW-SE das macroestruturas da Zona de Ossa – Morena, redobrando as estruturas formadas na primeira fase e gerando padrões de interferência.

De acordo com Ladeira (1981) e com Reynaud e Vintém (1992), *in* Guerreiro, 2000, todo o maciço sofreu importantes esforços tectónicos que lhe provocaram, além dos dobramentos e, numa terceira fase, intensa compartimentação. Essa compartimentação apresenta como direções mais importantes as seguintes:

- 1) NNE–SSW – as fraturas NNE–SSW apresentam inclinações predominantemente verticais, estando associadas, em alguns casos, a dolomitização secundária (“olho de mocho”).
- 2) ENE–WSW – estas fraturas também sub-verticais apresentam-se preenchidas, geralmente, por filões doleríticos (conhecidos na região por “cabos reais”).
- 3) Sub–horizontal (inclinação máxima de 30°) – fraturas sub-horizontais que podem apresentar inclinações máximas da ordem dos 30° e direções ENE-WSW ou NNE-SSW.

No mármore, entre outros factores, a fracturação é influenciada pela homogeneidade. Assim, quanto mais homogéneo e fino for o mármore maiores são as probabilidades de o encontrar mais fracturado. Caso este apresente intercalações de rocha pelítica (intercalações de xisto) e/ou grão médio, menor será a fracturação presente, em virtude destas características lhe permitirem uma maior deformação quando da instalação de tensões, evitando a sua rotura (Lopes, 1995).

Em relação à disposição das diferentes variedades de mármore no Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz (CVSCE), esta pode ser definida de acordo com a sua cor, do seguinte modo: A topo situam-se as variedades mais escuras, designados “Ruivina”, e, ao descer na seqüência ocorrem vários tipos de mármore creme / branco mais raramente cor-de-rosa, limpos ou de vergada fina. Na base do CVSCE existem mármore muito xistificados associados a metavulcanitos com vergada branca, localmente denominados “Pele de tigre” e texturalmente distintos do tipo “Ruivina” (azul mais escuro e homogéneo), tal como se pode observar na figura 4.

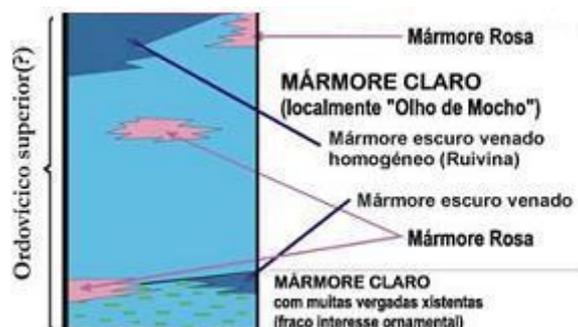


Figura 4 – Disposição das diferentes variedades cromáticas do mármore, Lopes 2003 (adaptado).

## 2.4 Caracterização da UNOR

O anticlinal de Estremoz foi dividido em 5 Unidades de Ordenamento (UNOR) após a implementação do PROZOM – Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (RCM nº 93 de 8 de Maio de 2002) que visa promover uma organização do espaço de forma sustentada salvaguardando para a indústria extrativa os espaços onde ocorrem os depósitos de mármore com valor económico. Foram também propostas oito Áreas de Deposição Comum (ADC) com o objetivo de evitar que se deposite os escombros em áreas que futuramente podem ser utilizadas para exploração. Destas oito ADCs propostas, apenas a ADC 3 está em funcionamento.

A pedra em estudo localiza-se na zona denominada Lagoa – UNOR4 (fig. 5).

A UNOR4 tem uma área total de 1232 ha dos quais 535 ha fazem parte da área de exploração e 287 ha estão reservados para área de deposição comum. Em 2003, nesta UNOR estavam 34 pedreiras activas que extraíam, principalmente, mármore de cor branca e creme, vergados e

mármore de cor cinzenta, mais conhecidos pelos seus nomes comerciais, Branco Venado da Lagoa, Creme da Lagoa e Azul da Lagoa, respectivamente.

A espessura desta camada de mármore é cerca de 100 metros e os recursos disponíveis em mármore (considerando um rendimento de 20%) é de 65 milhões de metros cúbicos.

As estradas que servem de serventia a esta zona são a EN-254 e a EN-255.

O marco geodésico mais próximo desta zona é o "Torre 2" que fica perto da EN-255 na direção da povoação Pardais. As suas coordenadas são N38° 44' 46.3837", W7° 24' 17.8771" e cota 451,87 metros.

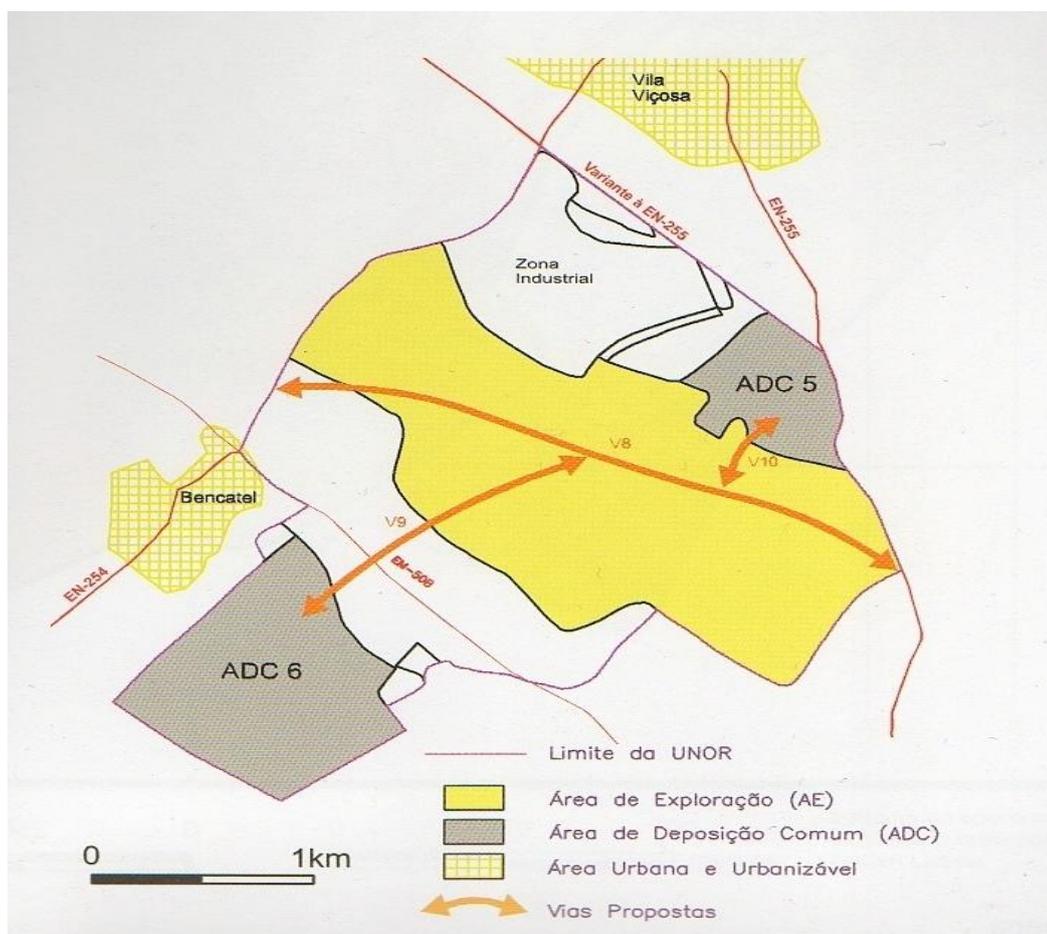


Figura 5 – Mapa da UNOR4, Carvalho *et al.*, 2008.

## 2.5 Levantamento da fracturação

O estudo da fracturação numa pedreira é muito importante, pois é, a partir dele que se obtém um conhecimento mais pormenorizado das fraturas, isto é, da sua orientação e inclinação e da forma como estas evoluirão em profundidade. Um estudo de fracturação permite delimitar as zonas mais fracturadas que podem ser usadas para a realização de abaixamento de piso ou abertura de canais, reservando as zonas menos fracturadas para dimensionamento de talhadas.

A metodologia adoptada consistiu na realização de dois conjuntos de linhas contínuas de observação e registo de dados (grelhas de “*scanlines*”). Cada conjunto é constituído por seis *scanlines* paralelas e perpendiculares entre si, espaçadas 5 metros.

Na realização de cada *scanline* inicialmente limpou-se o local onde a fita métrica foi estendida e foi registada a orientação da fita e comprimento (fig. 6). O registo de dados em cada *scanline* consistiu na medição do espaçamento observado entre fraturas consecutivas que interceptavam a fita métrica. A orientação da fita métrica foi registada com auxílio da bússola de geólogo e os dados relativos a cada *scanline* apontados em caderno de campo e posteriormente inseridos em folha de cálculo Excel, ver anexo 1.



Figura 6 – Exemplo de uma *scanline* na pedreira.

Na figura 7, representa-se o conjunto 1, a vermelho, com orientação que varia entre N36°W a N38°W e que engloba as *scanlines* 1,2,3,7,8 e 9. O conjunto 2 é representado a verde apresentando orientação que varia entre N50°E a N54°E e que engloba as *scanlines* 4,5,6,10,11 e 12. A localização e dimensão de cada grelha também estão representadas na mesma figura.

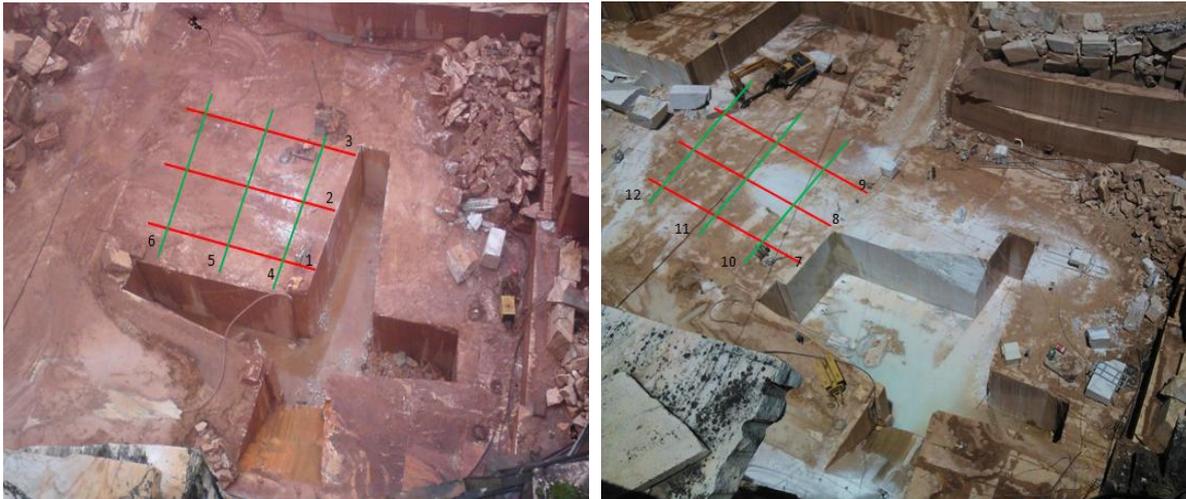


Figura 7 – Localização na pedreira de cada conjunto de *scanlines* realizadas.

Após os dados relativos a cada *scanline* terem sido inseridos em folha de cálculo foi calculado para cada *scanline* o afastamento entre fracturas consecutivas (2<sup>a</sup> fractura – 1<sup>a</sup> fractura), ver anexo1. De seguida, cada conjunto de valores de afastamento resultante foi agrupado em dois grupos consoante a orientação a partir da qual foram recolhidos. Para cada grupo foi contabilizado o número de fracturas observadas (tabela 1) consoante os intervalos entre as fracturas definidos em Ramos e Moura, 2010. A partir das frequências observadas foram calculadas, para cada grupo, as frequências relativas do afastamento entre fracturas e o afastamento médio (mediana).

Foi também calculado o parâmetro “Jv” que representa, para cada família de diaclases, o número de diaclases por unidade de volume, indicando o tamanho relativo do bloco. É calculado pelo inverso da mediana de cada grupo tal como se pode observar na figura 8.

$$Jv = \frac{1}{\text{mediana}}$$

Figura 8 – Expressão de cálculo do parâmetro Jv.

Este parâmetro proposto por Ramos & Moura (2010), adoptado no trabalho, baseia-se na mediana, uma medida de tendência central usada em estudos estatísticos, e neste caso, considerada mais adequada para calcular o valor médio devido à natureza dos dados em análise (número de descontinuidades por unidade de volume), os quais têm uma distribuição que não é simétrica. Assim, o parâmetro Jv, sendo um valor baseado no valor da mediana e não no valor da média, traduz melhor qualquer tendência que os dados apresentem, tendo ainda a vantagem de não ser tão influenciado por valores individuais erráticos e não significativos.

## 2.5.1 Resultados obtidos

Tabela 1 – Resultados obtidos para cada conjunto de *scanlines*.

Afastamento		Conjunto 1		Conjunto 2	
		Orientação			
		N36°W a N38°W		N50°E a N54°E	
		Freq. Obs.	Freq. Rel.	Freq. Obs.	Freq. Rel.
0 - 1 m	Reduzido	73	71.6%	72	71.3%
1 - 2,5m	Moderado	22	21.6%	19	18.8%
2,5 - 6,5m	Ampla	7	6.9%	10	9.9%
6,50 ->					
TOTAL		102	100.0%	101	100.0%
Afastamento médio (mediana)		0.56 m		0.4 m	
Parâmetro Jv		1.79		2.5	

Os resultados, em termos de frequências relativas, para os dois conjuntos são muito similares.

O conjunto 2 apresenta maior frequência de afastamento amplo enquanto no conjunto 1 se verifica maior frequência de afastamento moderado.

Em relação ao parâmetro Jv existe uma grande diferença entre os dois conjuntos. O conjunto 1 apresenta o valor 1,79 que segundo a tabela de classificação (tabela 2) corresponde a um bloco de tamanho médio enquanto o conjunto 2 apresenta um valor de 2,5 que segundo a mesma tabela corresponde a um bloco tamanho muito pequeno.

A direção a tomar nos desmontes de forma a obter um bloco comercial de tamanho médio é a direção do conjunto 1, N36°W a N38°W, que coincide que a orientação da vergada.

Tabela 2 – Classificação dos blocos de acordo com o parâmetro Jv. (Ramos & Moura, 2010).

Parâmetro Jv	Tamanho do Bloco	Observações
<1	Muito grande	Bloco comercial
1–1,6	Grande	
1,6–2	Médio	
2– 2,2	Pequeno	Bloco não comercial
>2,2	Muito pequeno	

### 3. EQUIPAMENTOS

#### 3.1 Equipamentos de perfuração

**Martelo pneumático ligeiro** – equipamento utilizado para furar a rocha, com o objectivo de abrir furos de cerca de 40 mm de diâmetro com vista à passagem do fio diamantado, realizando também furos de apoio para fixação dos equipamentos, ou para carregá-los com explosivos, caso se recorra a este método de desmonte. O martelo pneumático (fig. 9A) utiliza como ferramenta de perfuração as barrenas integrais acopladas (fig. 9B), que são barras de aço com pastilhas de carboneto de tungsténio com ponta em bisel. O conjunto das barrenas é formado por 10 unidades com 80 cm de diferença entre elas, onde a primeira barrena mede 80 cm e a décima 8 m. Este equipamento trabalha com ar comprimido a uma pressão que ronda os 6 a 7 bar.

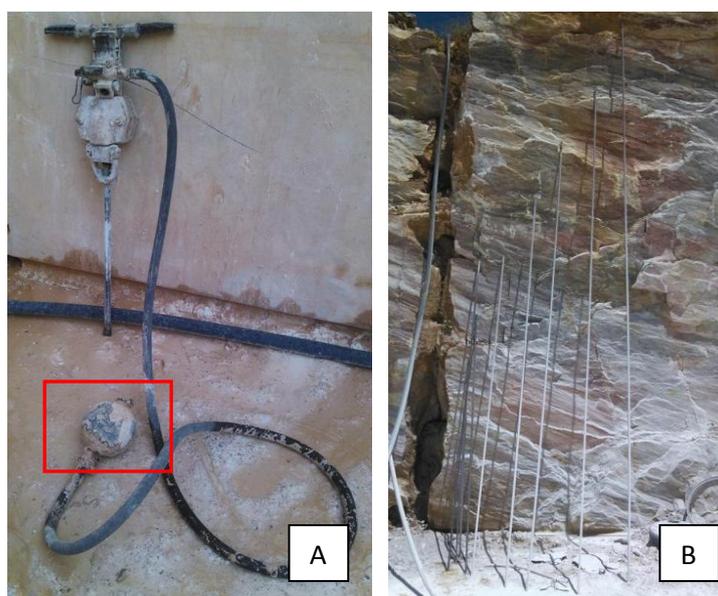


Figura 9 – A- Martelo pneumático ligeiro com pormenor do oleador. B- Conjunto de barrenas.

O oleador (fig. 9A) é uma das peças importantíssimas para a operacionalidade deste equipamento. Esta peça de forma oval é onde os tubos de ar comprimido são acoplados e dentro desta é colocado o óleo que irá lubrificar o martelo pneumático ligeiro. A lubrificação é feita através do ar comprimido que ao passar pelo oleador arrasta partículas de óleo para o fluxo de ar, processo indispensável, pelo facto deste possuir alguma humidade responsável pela oxidação dos equipamentos.

**Perfuradora de pedreira (“Milharoco”)** – Trata-se de uma perfuradora pneumática (fig. 10A) equipada com martelo fundo-de-furo e sistema roto-percutivo. Este equipamento é utilizado, em

geral, para a realização de furos horizontais particularmente compridos (até 20 m) com diâmetros entre 76 mm e 90 mm, utilizados para passar o fio diamantado. Usa como ferramenta de perfuração o bit com botões de tungsténio (fig. 10B) e ao longo do processo de perfuração são acoplados tubos extensores com 1 m de comprimento que servem para alongar a distância de perfuração.

Possui um sistema hidráulico que empurra o trem de perfuração e por sua vez o bit contra a rocha e um sistema pneumático que promove a roto-percussão do bit e a remoção dos resíduos criados durante a perfuração através da injeção de um fluxo de ar que sai por dois furos (fig. 10B) posicionados estrategicamente na frente do bit. Este equipamento trabalha com ar comprimido a uma pressão de cerca de 7 bar.

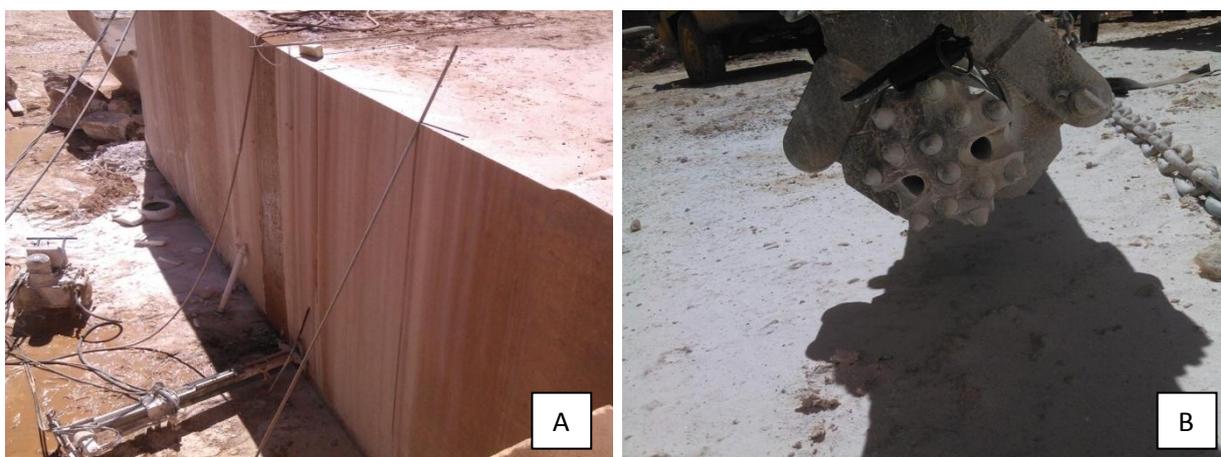


Figura 10 – A- Perfuradora de pedra em funcionamento. B- Pormenor do bit de 90mm.

A central hidráulica e de comando da perfuradora de pedra possui duas alavancas de controlo do equipamento (fig. 11-vermelho) que controla o avanço e recuo do martelo, uma tomada de alimentação de ar comprimido e tomada de ligação eléctrica (fig. 11-amarelo) e um quadro eléctrico com os botões on e off (fig. 11-verde).

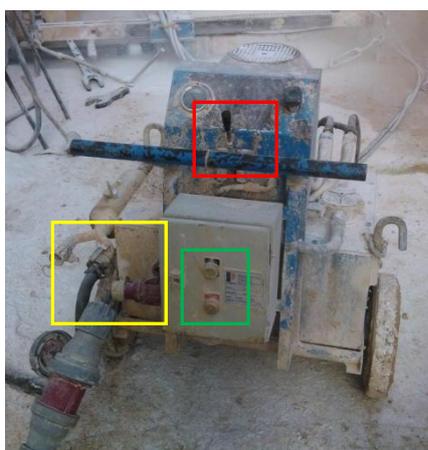


Figura 11 – Central hidráulica e de comando da perfuradora de pedra.

**Perfuradora Jumbo** – trata-se, tal como o equipamento anterior, de uma perfuradora pneumática, equipada com martelo fundo-de-furo e com sistema roto-percutivo, mas que utiliza bits de botões de carboneto de tungstênio, com cerca de 220 mm de diâmetro (fig. 12B). É, normalmente, usado para executar furos verticais denominados poços mestres. Possui uma estrutura própria (fig. 12A) com rodas na qual está montado e que por meio de um sistema hidráulico permite a inclinação da coluna de perfuração, para o caso da execução de furos inclinados. Ao longo do processo de perfuração são também acoplados, tal como a perfuradora pneumática, tubos extensores de 1 m de comprimento. Os furos executados com este equipamento variam entre os 5 e os 7 m.

Este equipamento trabalha com ar comprimido a uma pressão de cerca de 7 bar.



Figura 12 – A- Jumbo em funcionamento. B- Pormenor do bit de 220 mm.

**Torre de Perfuração com Rastos (MSL3)** – é um equipamento móvel para perfurar tal como uma perfuradora de pedra. A máquina (fig. 13) tem por base uma estrutura metálica com rastos de borracha hidráulicos que proporcionam um movimento suave e uma capacidade de tracção superior, e estabilizam a máquina facilitando a calibração e nivelamento da perfuradora, reduzindo assim o tempo de montagem.

Este equipamento usa tal como a perfuradora de pedra um bit de carboneto de tungstênio de 90 mm mas usa tubos extensores de 2 m de comprimento. A máquina está equipada com um comando eléctrico à distância ligado por cabo. Este equipamento trabalha com ar comprimido a uma pressão de cerca de 7 bar.

A torre de perfuração com rastos (MSL3) apresenta como vantagens, em relação à perfuradora pneumática de pedra (“milharoco”), a facilidade de montagem, pois é necessário apenas um furo de suporte. Também a velocidade de perfuração, segundo o testemunho do operador do equipamento, se revela superior, não havendo ainda dados suficientes que atestem esta teoria.

Comparativamente ao martelo pneumático ligeiro, a principal vantagem tem a ver com o diâmetro do bit (90 mm), que é mais do dobro do diâmetro das barrenas (40 mm), aumentando assim a probabilidade de sucesso na intercepção de um furo vertical com um furo horizontal.

Este equipamento apenas ficou disponível na pedreira nos últimos dias do estágio, por esse motivo não foram recolhidos mais dados técnicos sobre o seu funcionamento.



Figura 13 – Torre de perfuração com rastros.

### 3.2 Equipamento de corte

**Máquina de fio diamantado** – equipamento usado para executar cortes. A máquina é composta por uma poleia motriz, por um sistema de deslocação de roda dentada sobre carris e por uma central eléctrica de comando. A ferramenta de corte usada pela máquina é o fio diamantado que é previamente inserido dentro de furos que delimitam a massa a cortar.

O fio diamantado consiste num cabo de fios de aço inoxidável enrolados em espiral sobre o qual estão colocados vários anéis diamantado (pérolas) com cerca de 10 mm de diâmetro que são compostas por diamantes sintéticos que cortam a pedra. O fio diamantado possui ainda anilhas, molas e prensadores, estes últimos colocados em intervalos de cinco pérolas, evitando-se assim a projecção dos vários elementos constituintes, caso o fio se parta. As molas originam a rotação das pérolas de modo a produzir-se um desgaste uniforme destas peças. No uso em rochas abrasivas, como por exemplo o granito, o fio diamantado é revestido com plástico, para evitar que as partículas soltas de quartzo penetrem no espaço anelar existente entre o cabo de aço e a parede interna da pérola, levando a um desgaste prematuro da mesma, ovalizando-a e incapacitando-a de rodar e possuir um desgaste homogêneo.

A máquina de fio diamantado evolui sobre carris num movimento rectilíneo o qual confere ao fio diamantado um tensionamento, enquanto que a sua poleia motriz aplica no fio diamantado um

movimento de rotação, promovendo o corte por abrasão. Esta máquina permite a realização de cortes horizontais, verticais e oblíquos a qualquer inclinação, sendo utilizada água como arrefecimento dos elementos constituintes do fio diamantado e para limpeza dos golpes.

As máquinas de fio diamantado de nova geração Fravizel MFCR45 possuem uma central de comando digital (fig. 14) a partir da qual o operário comanda a máquina e controla diversos parâmetros do corte.

1. Velocidade de corte
2. Velocidade de puxo
3. Sentido da rotação da poleia motriz (sentido horário ou anti-horário)
4. Sentido de puxo (avançar ou retroceder)
5. Modo de funcionamento (automático ou manual)
6. Visor
7. Controlo da amperagem
8. Contador de horas de funcionamento da máquina e fio diamantado
9. Desligar sensores da máquina
10. Ligar comando (On-Off)
11. Controlo da altura e inclinação da poleia motriz
12. Stop – Emergência



Figura 14 – Comando digital de máquinas de fio diamantado MFCR45.

### 3.3 Equipamentos de desmonte

**Colchão hidráulico** – dispositivo constituído por duas chapas metálicas (fig. 15A) soldadas, de forma quadrada, geralmente de dimensão 1 m x 1 m, com peso de cerca de 8 kg. O colchão é inserido no corte feito na bancada a desmontar e que, quando enchido com água, através de uma bomba eléctrica de alta pressão que proporciona pressões na ordem de 3,0 MPa, provoca o afastamento da massa (fig. 15B). Neste processo a sua espessura inicial de 0,5 cm expande até cerca de 30 cm. O colchão possui uma força de deslocação na ordem das 300 t.

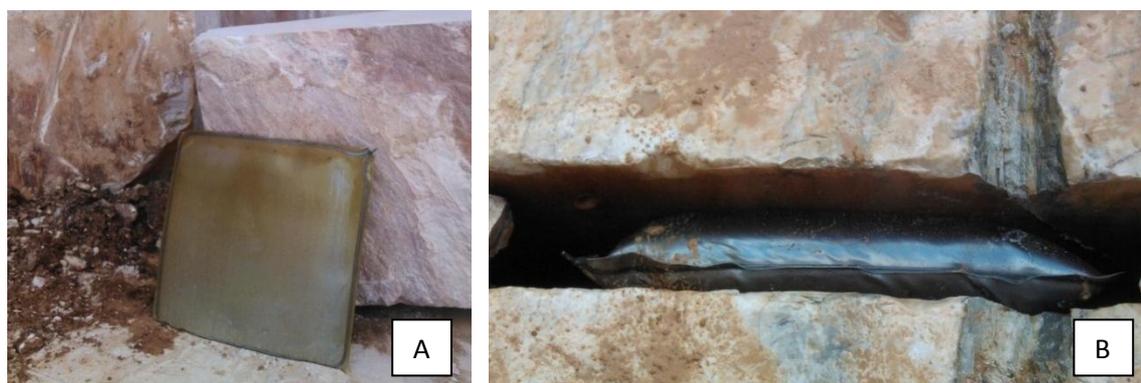


Figura 15 – A-Colchão hidráulico antes de ser usado. B-Colchão hidráulico depois de abrir uma talhada.

**Piston hidráulico** – regionalmente conhecida por “macacas”, é um equipamento usado para o afastamento e o derrube da talhada (fig. 16). Consiste numa caixa metálica munida com um êmbolo com um curso na ordem dos 50 a 300 mm, com força de deslocação entre 70 e 160 t e em que o acionamento é feito através de uma central hidráulica (centralina) com motor eléctrico.

Quando é usada no início do afastamento da massa e em cima da bancada, implica a abertura no maciço de uma “caixa”, realizada com o auxílio do martelo pneumático ligeiro, fazendo-se uma série de furos alinhados e com pequeno espaçamento entre eles, definindo-se um pequeno paralelepípedo que é posteriormente removido, fazendo-se assim o encaixe para este equipamento. Após o acionamento da centralina, o piston hidráulico vai empurrando a talhada, no sentido de esta se desencostar do maciço para posteriormente ser tombada. À medida que se vai processando o afastamento, colocam-se pequenos fragmentos de pedra no espaço que se vai criando entre a talhada e a bancada, evitando-se assim que esta retome à posição inicial. Também é vulgar o uso do piston hidráulico no espaço que se vai criando entre a talhada e a bancada. Pelo seu elevado peso deve ser manuseado por dois trabalhadores observando-se todas as regras de segurança.



Figura 16 – Derrube de uma talhada com o auxílio de um pistão hidráulico (macacas).

**Tomba Bancadas Hidráulico** – é um sistema de alta potência para deslocamento de massas em pedreiras (fig. 17). É acoplado na ponta da lança da escavadora e colocado na talhada que se pretende derrubar.

Produz uma força aproximada de 260 toneladas com capacidade de movimentar uma talhada de 2000 toneladas com apenas uma máquina e em menos tempo. Este equipamento evita o desgaste prematuro nos bicos dos baldes, nos bicos do ripper e o desgaste excessivo na lança e stick da escavadora.



Figura 17 – Tomba bancadas hidráulico.

### 3.4 Equipamentos de Carga e Transporte

**Retroescavadora (Giratória)** – equipamento munido com uma lança que é usado para carregar o dumper com os escombros resultantes do processo de extracção ou remoção de escombros, quando equipado com o balde. É também usado no derrube das talhadas ou de partes do maciço muito fracturados quando acoplado um ripper. Pode também ser usado para construção de rampas de serventia dos pisos e em situações de alargamento de corta na destapagem dos terrenos ou até na fragmentação de escombros quando equipado com martelo hidráulico.

Este equipamento apresenta uma potência da ordem dos 300 cv, tem um peso de 38 t, um deslocamento sobre lagartas onde atinge uma velocidade máxima de 5 km/h. A cabine gira 360° contínuos com uma velocidade de até 9.7 rpm (rotações por minuto). A profundidade máxima de escavação é de cerca de 7 m, a altura máxima de ataque é de sensivelmente 10 m, a altura de descarga é de aproximadamente 7 m e a capacidade do balde é de 2,10 m<sup>3</sup>.

A retroescavadora disponível na pedreira em estudo é a Hyundai 380LC-9 e pode-se observar as suas características técnicas nas figuras 18 e 19.

A manutenção deste equipamento é efectuada pelo representante da marca segundo o plano de manutenção no anexo 2.

## Dimensions & Working Range

### R380LC-9 DIMENSIONS

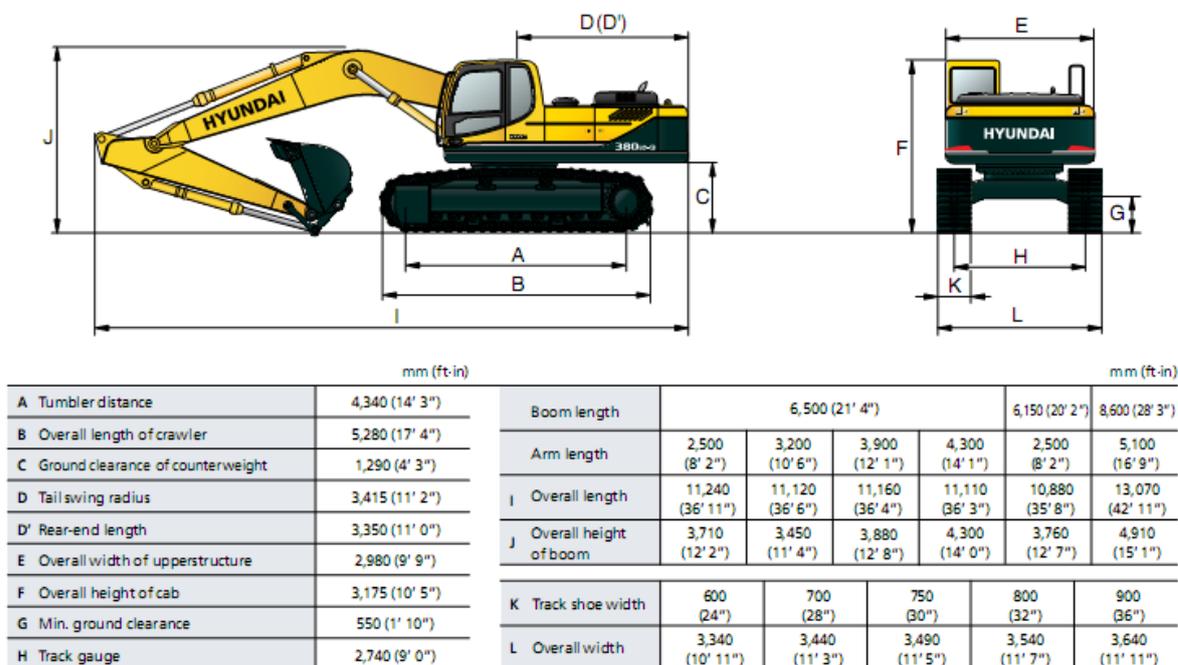
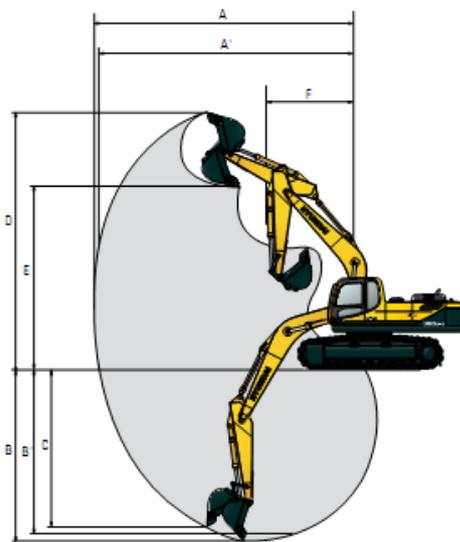


Figura 18 – Dimensões da retroescavadora (giratória). Fonte: Catálogo Hyundai 380LC-9.

### R380LC-9 WORKING RANGE

mm (ft-in)



Boom length	6,500 (15' 1")				6,150 (20' 2")	8,600 (28' 3")
Arm length	2,500 (8' 2")	3,200 (10' 6")	3,900 (12' 10")	4,300 (14' 1")	2,500 (8' 2")	5,100 (16' 9")
A Max. digging reach	10,720 (35' 2")	11,250 (36' 11")	11,870 (38' 11")	12,380 (39' 12")	10,330 (33' 11")	15,280 (50' 2")
A' Max. digging reach on ground	10,490 (34' 5")	11,040 (36' 3")	11,670 (38' 3")	12,180 (40' 0")	10,100 (33' 2")	15,120 (49' 7")
B Max. digging depth	6,820 (22' 5")	7,520 (24' 8")	8,220 (26' 12")	8,620 (28' 3")	6,450 (21' 2")	11,230 (36' 10")
B' Max. digging depth (8' level)	6,640 (21' 9")	7,360 (24' 2")	8,080 (26' 6")	8,490 (27' 10")	6,270 (20' 7")	11,120 (36' 6")
C Max. vertical wall digging depth	5,930 (19' 5")	6,330 (20' 9")	7,040 (23' 1")	7,540 (24' 9")	5,490 (18' 0")	10,060 (33' 0")
D Max. digging height	10,590 (34' 9")	10,570 (34' 8")	10,800 (35' 5")	11,360 (37' 3")	10,320 (33' 10")	13,350 (43' 10")
E Max. dumping height	7,370 (24' 2")	7,410 (24' 4")	7,640 (25' 1")	8,160 (26' 4")	7,120 (23' 4")	10,150 (33' 4")
F Min. swing radius	4,530 (14' 10")	4,450 (14' 7")	4,440 (14' 7")	4,460 (14' 8")	4,220 (13' 10")	5,900 (19' 4")

Figura 19 – Alcance superior e inferior da retroescavadora (giratória). Fonte: Catálogo Hyundai 380LC-9.

**Pá carregadora** – equipamento de grande porte que é usado principalmente para carregar os dumpers com os escombros quando equipada com balde ou para transportar os blocos de rocha para a zona de alcance da grua ou mesmo para o parque de blocos quando tem acopladas patolas. Pode também ser usada, tal como a giratória, na construção das rampas de serventia dos pisos, na movimentação de máquinas e equipamentos ou até auxiliar no derrube de talhadas.

Este equipamento apresenta uma potência média da ordem dos 250 – 300 cv, tem um peso de 22 t, desloca-se sobre pneus onde atinge uma velocidade máxima de 36 km/h. Possui um balde com 4,5 m<sup>3</sup> de capacidade e a altura máxima de descarga é de 4,5 m fazendo um ângulo de descarga de 49° e capacidades de carga superiores a 10 t.

A manutenção deste equipamento é realizada pela marca a cada 500 horas de trabalho. O operador apenas coloca massa no copo de lubrificação próprio e nos cardans.

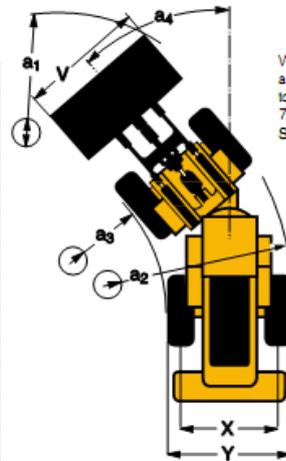
A pá carregadora disponível nesta pedreira é a Volvo L220F e as suas características técnicas podem ser observadas na figura 20.

# SPECIFICATIONS

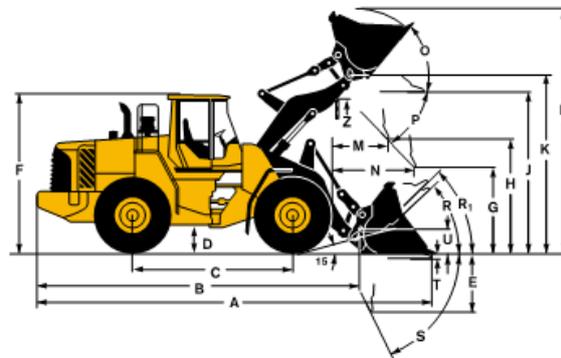
Tires L150F, L180F: 26.5 R25 L3. Tires L220F: 29.5 R25 L4

	Standard boom			Long boom		
	L150F	L180F	L220F	L150F	L180F	L220F
B	7070 mm	7170 mm	7470 mm	7570 mm	7600 mm	7790 mm
C	3550 mm	3550 mm	3700 mm	-	-	-
D	480 mm	480 mm	540 mm	-	-	-
F	3580 mm	3580 mm	3730 mm	-	-	-
G	2130 mm	2130 mm	2130 mm	-	-	-
J	3950 mm	4070 mm	4280 mm	4500 mm	4560 mm	4620 mm
K	4340 mm	4470 mm	4670 mm	4970 mm	4970 mm	5030 mm
O	58°	57°	56°	-	-	-
P <sub>max</sub>	50°	49°	49°	-	-	-
R	44°	44°	43°	47°	48°	44°
R <sub>1</sub> *	48°	48°	47°	53°	53°	49°
S	66°	71°	65°	61°	63°	63°
T	82 mm	123 mm	90 mm	136 mm	206 mm	100 mm
U	530 mm	570 mm	590 mm	640 mm	670 mm	670 mm
X	2280 mm	2280 mm	2400 mm	-	-	-
Y	2950 mm	2950 mm	3170 mm	-	-	-
Z	3510 mm	3810 mm	4080 mm	3970 mm	4170 mm	4390 mm
a <sub>2</sub>	6780 mm	6780 mm	7110 mm	-	-	-
a <sub>3</sub>	3630 mm	3830 mm	3940 mm	-	-	-
a <sub>4</sub>	±37°	±37°	±37°	-	-	-

\* Carry position SAE



Where applicable, specifications and dimensions are according to ISO 7131, SAE J732, ISO 7546, SAE J742, ISO 14397, SAE J818.



Tires L150F, L180F: 775/65 R29 L3  
Tires L220F: 875/65 R29 L4

	L150F	L180F	L220F
A	3,1 m <sup>2</sup>	3,5 m <sup>2</sup>	4,0 m <sup>2</sup>
B	3660 mm	3860 mm	3900 mm
C	2120 mm	1880 mm	2280 mm
D	2960 mm	3260 mm	3140 mm
E	1660 mm	1470 mm	1780 mm
F	1630 mm	1700 mm	1620 mm
G	2940 mm	2770 mm	3230 mm
H	5020 mm	5200 mm	5360 mm
I	7250 mm	7650 mm	7910 mm
J	3080 mm	3370 mm	3620 mm
K	3340 mm	3860 mm	3940 mm
L	2300 mm	2140 mm	2650 mm
M	9960 mm	10 240 mm	10 680 mm

**L150F** Sales code: WLAB0927  
Operating weight (incl. logging cw 1140 kg): 25 230 kg  
Operating load: 7700 kg

**L180F** Sales code: WLAB0693  
Operating weight (incl. logging cw 1140 kg): 28 450 kg  
Operating load: 8710 kg

**L220F** Sales code: WLAB0651  
Operating weight (incl. logging cw 800 kg): 32 320 kg  
Operating load: 10 060 kg

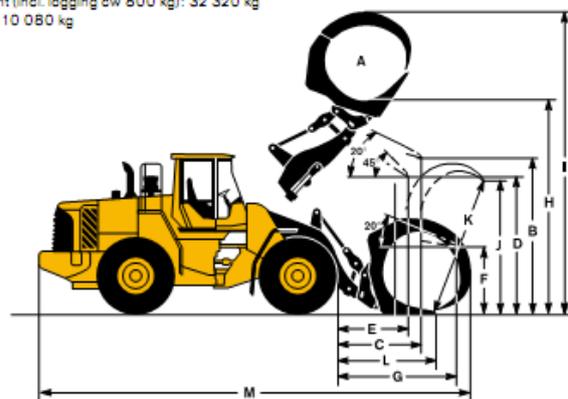
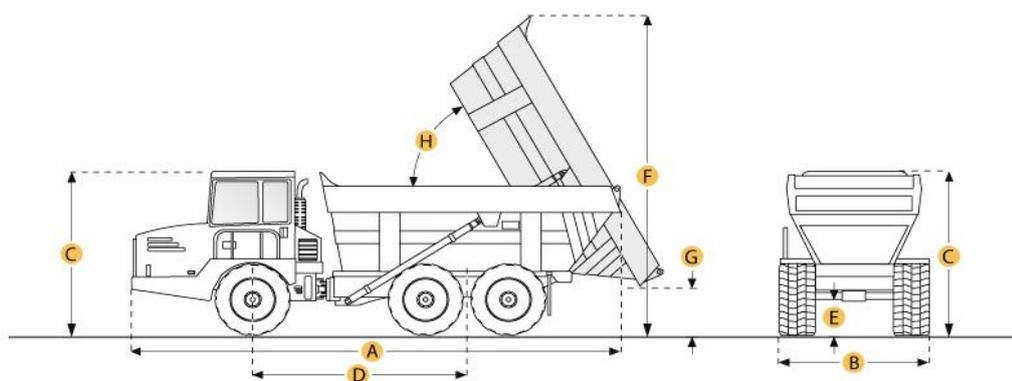


Figura 20 – Especificações técnicas de dimensões e alcance da pá carregadora. Fonte: Catálogo Volvo L220F.

**Dumpers** – são utilizados essencialmente para movimentação de terras ou para transportar escombros desde a frente da pedreira até à escombreira. Possui uma caixa (cuba) basculante que é, normalmente, carregada por pás carregadoras ou pelas escavadoras giratórias. Apresentam, geralmente, uma capacidade média de carga da ordem das 20 t, embora possa variar consoante a sua dimensão.

Este equipamento apresenta uma potência na ordem dos 200 cv, tem um peso de 15 t sem carga e de cerca de 33 t quando carregado. A capacidade de carga varia entre os 9 e os 11 m<sup>3</sup>.

O dumper disponível nesta pedreira é o Volvo BM A20 e as suas características técnicas podem ser observadas na figura 21.



Specification			
<b>Engine</b>			
MAKE	Volvo		
MODEL	TD 71G		
GROSS POWER	201 hp	149.9 kw	
NET POWER	186 hp	138.7 kw	
POWER MEASURED @	2200 rpm		
DISPLACEMENT	410.7 cu in	6.7 L	
TORQUE MEASURED @	1700 rpm		
MAX TORQUE	472 lb ft	640 Nm	
ASPIRATION	turbocharged		
NUMBER OF CYLINDERS	6		
<b>Operational</b>			
FUEL CAPACITY	77.9 gal	295 L	
HYDRAULIC SYSTEM FLUID CAPACITY	44.9 gal	170 L	
COOLING SYSTEM FLUID CAPACITY	6.3 gal	24 L	
ENGINE OIL CAPACITY	6.3 gal	24 L	
TRANSMISSION FLUID CAPACITY	5.5 gal	21 L	
OPERATING VOLTAGE	24 V		
TIRE SIZE	Front - 18.00 R 25* / Rear 20.5 R 25*		
<b>Transmission</b>			
TYPE	Automatic Power-Shift		
NUMBER OF FORWARD GEARS	4		
NUMBER OF REVERSE GEARS	3		
MAX SPEED	21.1 mph	34 km/h	
<b>Weights</b>			
FRONT AXLE - EMPTY	17200 lb	7801.8 kg	
REAR AXLE - EMPTY	15550 lb	7053.4 kg	
FRONT AXLE - LOADED	23150 lb	10500.7 kg	
REAR AXLE - LOADED	50380 lb	22852 kg	
TOTAL EMPTY	32750 lb	14855.2 kg	
TOTAL LOADED	73540 lb	33357.2 kg	
<b>Dump</b>			
RATED PAYLOAD	40785.5 lb	18500 kg	
CAPACITY - STRUCK	11.4 yd <sup>3</sup>	8.7 m <sup>3</sup>	
CAPACITY - HEAPED	14.4 yd <sup>3</sup>	11 m <sup>3</sup>	
DUMP ANGLE	63 degrees		
RAISE TIME	16 sec		
LOWER TIME	16 sec		
<b>Dimensions</b>			
OVERALL LENGTH	33 ft in	10044 mm	
OVERALL WIDTH	8.2 ft in	2492 mm	
OVERALL HEIGHT	10.2 ft in	3098 mm	
WHEELBASE	14.2 ft in	4322 mm	
GROUND CLEARANCE	1.3 ft in	397 mm	
DUMP HEIGHT	20.8 ft in	6350 mm	
DUMP GROUND CLEARANCE	2 ft in	600 mm	

Figura 21 – Especificações técnicas de dimensões, carga e mecânicas do dumper. Fonte: RITCHIESpecs, 2014.

### 3.5 Equipamentos de remoção

**Grua Derrick** – este equipamento é utilizado para extrair blocos e outros materiais do fundo da pedreira ou até para movimentar equipamentos de um piso para outro, inclusive equipamentos de grande porte como a retroescavadora e a pá carregadora. A grua possui uma coluna, uma lança e duas escoras laterais apoiadas em sapatas que a fixam ao chão fazendo um ângulo de  $90^\circ$  entre si. A área de trabalho varia entre os  $220^\circ$  e os  $240^\circ$ .

A capacidade de carga depende da inclinação da lança, isto é, quanto menor é o ângulo desta menor é a sua capacidade de carga e vice-versa. Para uma inclinação da lança de cerca de  $0^\circ$  (lança deitada) a capacidade de carga da grua é de sensivelmente 20 t, enquanto que, para uma inclinação de cerca de  $90^\circ$  (lança ao alto) a capacidade de carga situa-se perto das 30 t. No entanto a grua não é, normalmente, usada com uma inclinação na lança tão acentuada pois assim a distância de alcance é extremamente reduzida (fig. 22 e 23, parâmetro S1). Geralmente, a grua é usada com uma inclinação na lança entre os  $25^\circ$  e os  $30^\circ$  pois permite uma distância de alcance na ordem dos 36 m e capacidade de carga de cerca de 25 t.

As velocidades de elevação variam entre os 3 m/s (em carga) a 12 m/s. Este equipamento pode ser comandado por controlo remoto.

Os cabos deste equipamento são de aço de diâmetro cerca de 20 mm e com comprimentos na ordem dos 500 m.

A manutenção deste equipamento é efectuada pelos operários que colocam massa consistente nos vários locais para o efeito. Os cabos são mudados de 2 em 2 anos ou caso haja algum imprevisto, essa mudança é antecipada.

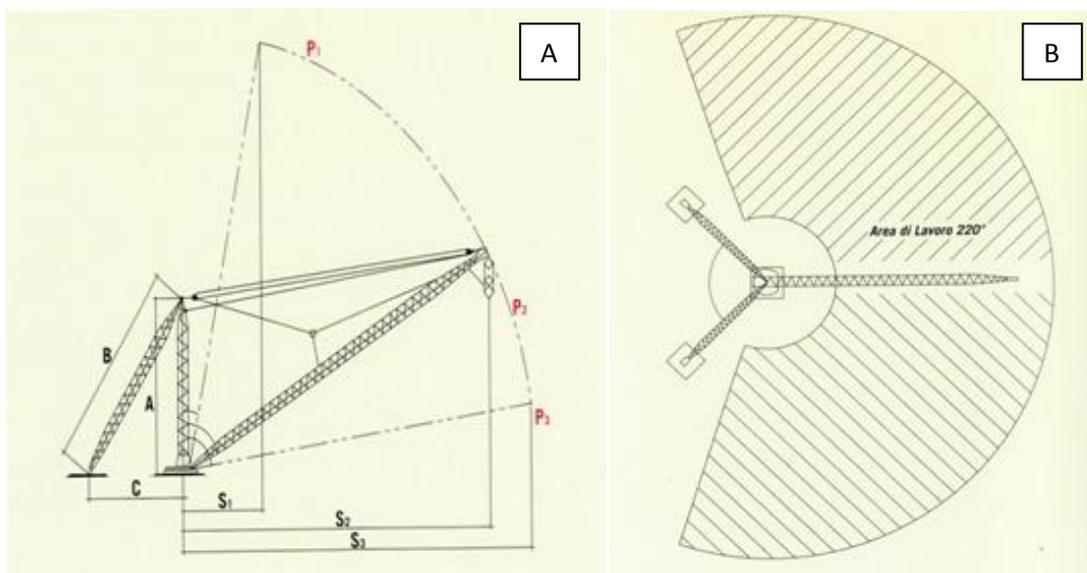


Figura 22 – A- Representação das distâncias de alcance S1,S2 e S3 consoante a inclinação da lança. B- Representação da área de trabalho de  $220^\circ$ . Fonte: EuroStoneUSA, 2013.

DK - STANDARD -												
DERRICK		QUOTE D'INGOMBRO OVERALL DIMENSIONS COTES ENCOMBREMENT GROESSE					SBRACCIO BOOM EXTENSION AUSLEGERLÄNGE			PORTATA CAPACITY CAPACITEE TRAGKRAFT		
TIPO TYPE TYP	BRACCIO BOOM FLÈCHE AUSLEGER	A	B	C	D	E	S1	S2	S3	P1-P2	P3	
		mt					mt			Max./Norm. Max		
DK 20	20	10	14	7	10	14	6	19	20	20 15 TON		
	30	16	22	11	16	22	9	28	30			
	40	19	26	13	19	26	12	36	40			
	50	22	31	17	22	31	14	46	50			
DK 25	20	13	18	9	13	18	6	19	20	25 20 TON		
	30	19	26	13	19	26	9	28	30			
	40	19	26	13	19	26	12	36	40			
	50	25	35	18	25	35	14	46	50			
DK 30	20	13	18	9	13	18	6	19	20	30 25 TON		
	30	19	26	13	19	26	9	28	30			
	40	25	35	18	25	35	12	36	40			
	50	31	44	22	31	44	14	46	50			

WEIGHT LIFTING SPEED	from 3 mt/min to 12 mt/min
HORSE-POWER	DK CV 20/20

DKS - SUPER -												
DERRICK		QUOTE D'INGOMBRO OVERALL DIMENSIONS COTES ENCOMBREMENT GROESSE					SBRACCIO BOOM EXTENSION AUSLEGERLÄNGE			PORTATA CAPACITY CAPACITEE TRAGKRAFT		
TIPO TYPE TYP	BRACCIO BOOM FLÈCHE AUSLEGER	A	B	C	D	E	S1	S2	S3	P1-P2	P3	
		mt					mt			Max./Norm. Max		
DKS 30	30	19	26	13	19	26	9	28	30	30 25 TON		
	40	25	35	18	25	35	12	36	40			
	50	31	44	22	31	44	14	46	50			
	60	31	44	22	31	44	16	54	60			
	70	37	52	26	37	52	18	63	70			
DKS 40	30	19	26	13	19	26	9	28	30	40 30 TON		
	40	25	35	18	25	35	12	36	40			
	50	31	44	22	31	44	14	46	50			
	60	31	44	22	31	44	16	54	60			
DKS 50	30	25	35	18	25	35	9	28	30	50 40 TON		
	40	31	44	22	31	44	12	36	40			
	50	33	44	22	31	44	14	46	50			
	60	37	52	26	37	52	16	54	60			
	70	37	52	26	37	52	18	63	70			

WEIGHT LIFTING SPEED	from 3 mt/min to 12 mt/min
HORSE-POWER	DKS CV 30/30

Figura 23 – Especificações técnicas de dimensões, área de trabalho e capacidade de carga da grua Derrick. Fonte: EuroStoneUSA, 2013.

### 3.5.1 Remoção de água

As águas que se acumulam na cavidade, quer sejam provenientes da precipitação, quer sejam resultantes dos processos de exploração inerentes à pedreira, devem ser removidas, pois a sua acumulação pode trazer problemas, quer em termos de produção, quer ao nível da segurança para os trabalhadores. Ao removerem-se estas águas previnem-se situações de inundações que podem originar possíveis danos em equipamentos, interrupção na produção e problemas de segurança relacionados com lixiviação de fracturas que pode provocar instabilidade do maciço rochoso.

Na pedreira Olival Grande, a água usada nas frentes de desmonte provém, maioritariamente, da precipitação e da “nascente” que aflui na pedreira. Estas águas, que se acumulam na zona de cota inferior, são bombeadas para uma caixa de recolha intermédia, no piso imediatamente acima e são posteriormente bombeadas para os tanques de decantação, localizados à superfície, para poder ser regenerada e mais tarde reutilizada. Quando estes tanques estão cheios, faz-se uma ligação directamente para a linha de água superficial, de forma a que as águas não sejam reencaminhadas para o interior da cavidade. Na caixa de recolha, de modo a evitar imprevistos, foram instaladas duas bombas, sendo que uma é suplente, entrando em funcionamento em caso de avaria daquela que tradicionalmente se encontra a trabalhar. O circuito de bombagem teve de ser cuidadosamente projectado tendo em conta a evolução da pedreira e os abaixamentos de piso. Quanto mais fundo se encontrarem os trabalhos, maior será a afluência de água na cavidade, tornando-se particularmente gravoso em invernos muito

chuvosos. Para tal a existência do tanque intermédio servirá para garantir a bombagem das águas em dois estágios, sendo que as bombas adquiridas estão adaptadas para os caudais existentes e com capacidade suficiente para vencerem diferenças de cotas cada vez maiores.

Para a pedreira em estudo foram escolhidas bombas da marca Joval modelo FT 650 12 com 30 cv de potência, motor de 6" e capacidade de extrair um caudal de 63 m<sup>3</sup>/h a 77 m de altura e uma segunda bomba modelo FT 650 18 com 50 cv de potência, motor de 6" e capacidade de extrair um caudal de 63 m<sup>3</sup>/h a 115 m de altura, tal como indica excerto da tabela do catálogo na figura 24.

Modelo	Motor		Caudal m <sup>3</sup> /h							
	kW	HP	0	24	30	36	42	51	57	63
FT 650 11	22,0	30,0	169	414	134	124	116	100	88	70
FT 650 12	26,0	35,0	184	154	146	135	126	109	96	77
FT 650 13	26,0	35,0	200	167	158	147	137	119	104	83
FT 650 14	30,0	40,0	215	180	170	158	147	128	112	90
FT 650 15	30,0	40,0	227	192	180	168	156	137	120	96
FT 650 16	30,0	40,0	243	205	192	179	166	146	128	102
FT 650 17	37,0	50,0	258	218	204	190	177	155	136	109
FT 650 18	37,0	50,0	273	230	216	202	187	164	144	115

Figura 24 – Tabela de caudais e alturas manométricas. Fonte: Catálogo Motorrego – Joval.

## 4. METODOLOGIAS DE TRABALHO DE PEDREIRA

### 4.1 Desenvolvimento

#### 4.1.1 Destapação

A destapação é a primeira operação a realizar na abertura de uma pedreira, sendo também executada nos alargamentos da área de corta. Consiste na remoção do solo e da cobertura vegetal existente sobre o maciço rochoso que se pretende explorar, preparando assim, quer a área destinada à corta, quer toda a zona à superfície destinada a infraestruturas de apoio à exploração. Esta operação é executada através de retroescavadoras, pás carregadoras e dumpers para remover e transportar as terras de cobertura. A camada de solo apresenta espessura variável chegando a atingir 10 metros, particularmente no extremo SW do anticlinal. A legislação em vigor obriga o explorador ao armazenamento do solo de cobertura para posterior recuperação paisagística (Decreto-Lei nº 270/2001 de 6 de Outubro) executada gradualmente ao longo do tempo de vida da unidade extractiva ou na fase de encerramento.

Finalizada a destapação o maciço rochoso está a descoberto na sua forma característica de cabeços arredondados, típicos de relevos cárscicos. É, então, iniciado o processo de remoção dos cabeços, cujo método depende da qualidade destes, isto é, se estiverem fracturados ou a qualidade da rocha não justificar a sua exploração, faz-se uma pega de fogo com pólvora negra, tendo o cuidado de executar primeiro um corte de levante (horizontal), criando-se uma descontinuidade, evitando-se assim o aumento de fracturação no maciço. Caso os cabeços apresentem qualidade que justifique uma extracção mais cuidada, estes são destacados através de operações de perfuração e serragem com fio diamantado para que sejam aproveitados posteriormente.

Terminada a remoção dos cabeços obtêm-se superfícies lisas e horizontais e iniciam-se os trabalhos para a execução do abaixamento de piso, seguido do desenvolvimento de canais e desenvolvimento de bancadas.

#### 4.1.2 Abaixamento de piso

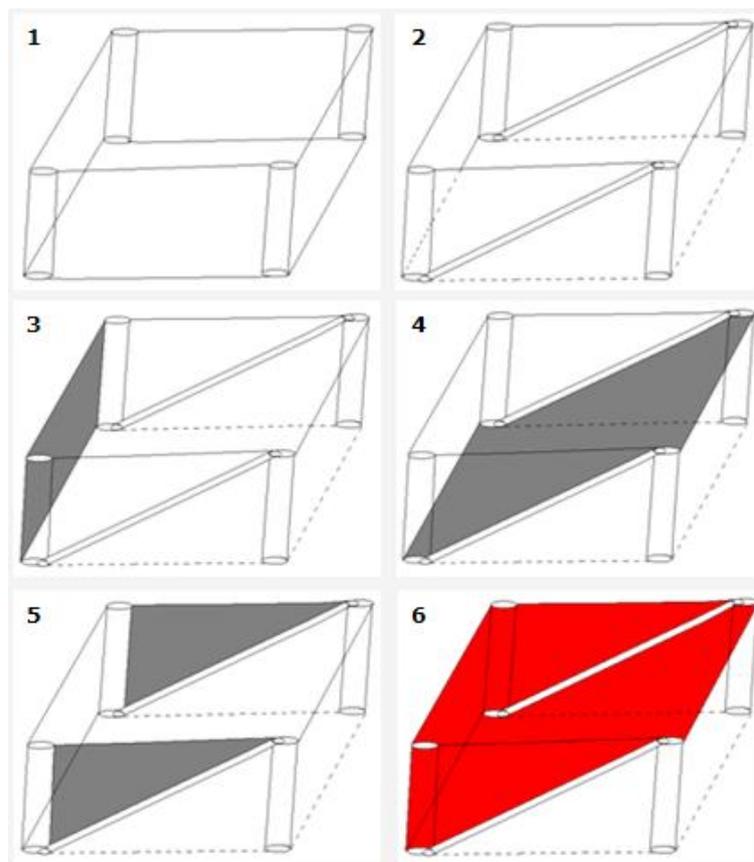
O abaixamento de piso realizado através da execução de uma “caixa” é uma técnica que permite, tal como o nome indica, começar a exploração de um nível inferior, constituindo pisos, na maioria dos casos com alturas entre 5 m e 7 m. Esta técnica é realizada transversalmente à exploração da pedreira, pois é realizada como é óbvio, antes de se esgotar o piso em que a pedreira se encontra. Na execução de um abaixamento de piso, o primeiro passo a tomar é escolher o local para a realização do mesmo. Normalmente, é realizado em zonas onde o

material apresenta fraca qualidade ornamental mas dentro da área de acção da grua, se esta existir, pois trata-se de um equipamento muito útil neste processo.

A execução desta técnica inicia-se com a realização de quatro furos verticais (fig. 25-1), também chamados poços mestres e espaçados cerca de 4 m. Estes furos são executados com uma perfuradora pneumática, vulgarmente denominada “Jumbo” e munida de um bit de botões de tungsténio com 220 mm de diâmetro.

Posteriormente, são executados dois furos diagonais (fig. 25-2) com outra perfuradora pneumática ou hidráulica, regionalmente conhecida por “milharoco” e possuidora de um bit de 90 mm de diâmetro. Estes furos são executados, de forma a interceptar a parte inferior de cada um dos dois poços mestres realizados previamente. De seguida é realizado o corte de topo (fig. 25-3) entre os dois poços mestres, onde é necessária a colocação dos postes ou montantes no seu interior, para orientação do fio diamantado, sendo, de seguida, usada a máquina de fio diamantado.

Após a conclusão do corte de topo é inserido um cordel, que servirá de guia, em cada um dos poços mestres e este é captado, com o auxílio de um tubo com gancho, através da perfuração diagonal realizada previamente e que intercepta o poço mestre. É então substituído o cordel pelo fio diamantado e procede-se ao corte diagonal (fig. 25-4). Após a conclusão do corte anterior é realizado o corte das laterais (fig. 25-5), onde volta a ser necessário mais uma vez, “pescar” o cordel no poço mestre através de cada uma das perfurações diagonais e posteriormente substituí-lo pelo fio diamantado. Depois de este envolver completamente a massa a cortar, são unidas as pontas e colocadas na poleia motriz da máquina de fio diamantado procedendo-se então ao corte. Após este último corte é retirada a cunha resultante (fig. 25-6, representado a vermelho). Esta cunha é normalmente retirada pela grua.



Sem escala.

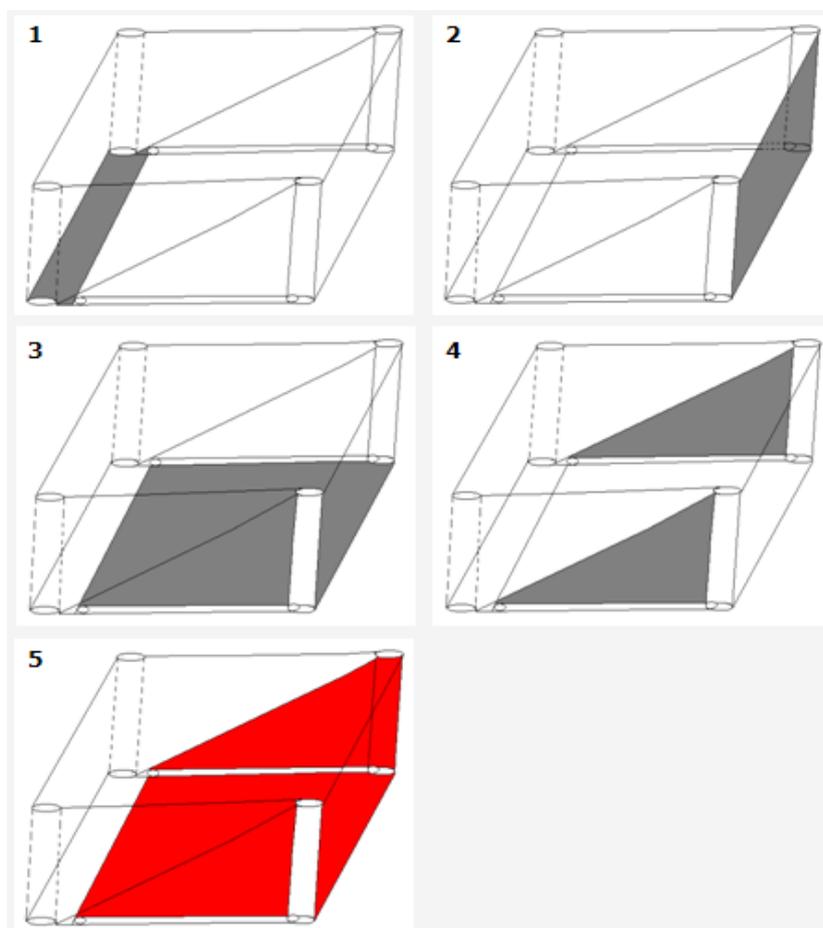
Figura 25 – Sequência de cortes com fio diamantado na execução de abaixamento de piso. Cortes representados em cor cinza. Cunha resultante representada a vermelho.

Ao retirar a cunha obtida (fig. 25-6) através do processo anteriormente realizado obter-se-á uma rampa, isto é, a parte que ficou por baixo que, ainda não sofreu o processo de corte.

Para remover esta rampa é necessário partir uma parte da mesma (fig. 26-1, representado a cinza) de forma a ser possível a montagem da perfuradora pneumática que, com o bit de 90 mm, executa 2 furos horizontais de forma a interceptarem a parte inferior de cada um dos dois poços mestres executados anteriormente. Após a conclusão dos dois furos é realizado o corte de topo (fig. 26-2). Para executar este corte é necessário mais uma vez inserir os dois postes munidos de roldanas direccionais, dentro dos poços mestres executando-se de seguida o corte com o fio diamantado.

Após a conclusão deste corte é realizado o corte de levante (fig. 26-3) inserindo-se inicialmente um cordel, que servirá de guia ao fio diamantado, nos poços mestres e “pescando-o” pelo furo horizontal realizado anteriormente pela perfuradora. Tal como já descrito anteriormente, o processo repete-se substituindo-se o cordel pelo fio diamantado, executando-se de seguida o golpe com recurso à máquina de fio diamantado. Quando concluído este corte são realizados os cortes laterais (fig. 26-4) efectuados de forma idêntica aos do primeiro estágio do

abaixamento de piso. Assim que terminam os cortes laterais a massa (fig. 26-5, representada a vermelho) “está solta” e pode ser retirada pela grua.



Sem escala.

Figura 26 – Representação dos cortes da remoção da cunha inferior no abaixamento de piso.

#### 4.1.3 Desenvolvimento de canais

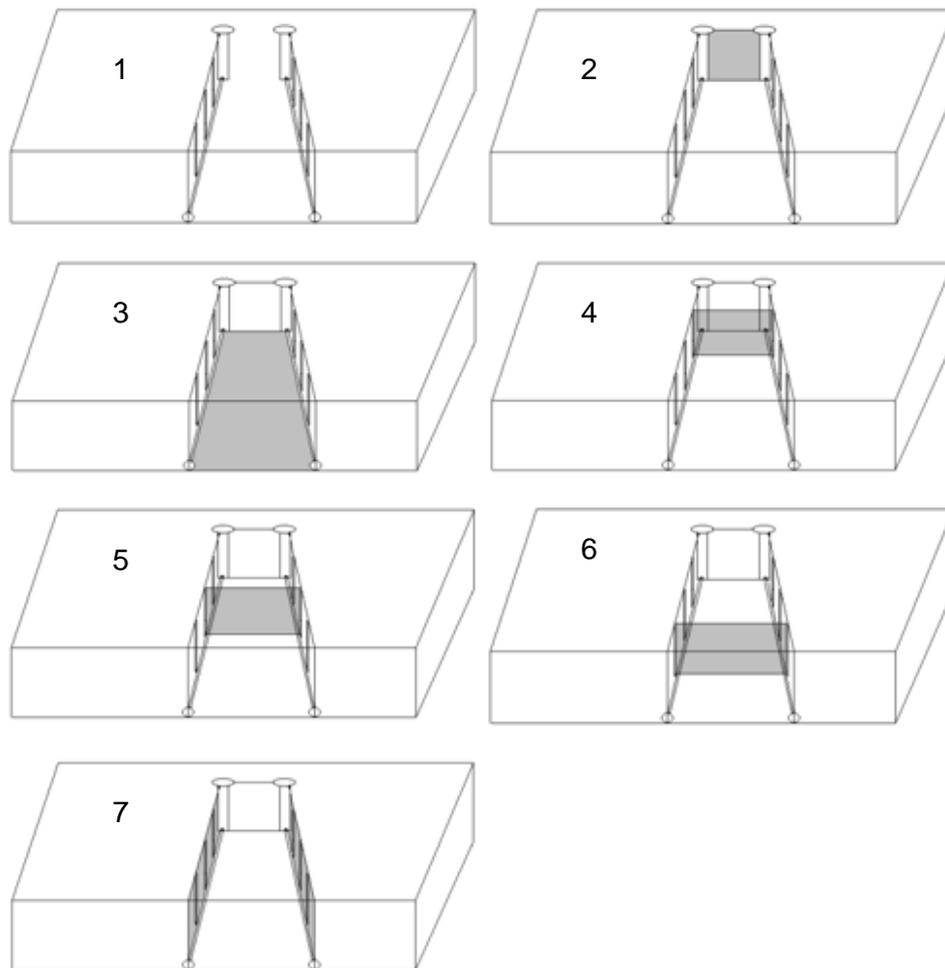
A abertura de canais consiste em criar um corredor na frente de desmonte com forma trapezoidal. Esta técnica é executada após a conclusão da “caixa” de abaixamento de piso e todo o seu interior ter sido retirado e limpo. Na bancada são executados dois furos verticais com a perfuradora pneumática “Jumbo” munida com o bit de 220 mm e distanciados cerca de 3 m (fig. 27-1) e após a conclusão destes são realizados dois furos horizontais convergentes, de dentro da “caixa”, com a perfuradora pneumática, com bit de 90 mm (fig. 27-1) de forma a interceptar os furos verticais realizados anteriormente.

Quando concluídos estes furos são realizados furos na vertical com o martelo pneumático ligeiro (fig. 27-1), de forma a interceptar cada um dos furos horizontais já realizados. A distância entre estes furos é variável, consoante a fracturação e defeitos do maciço. São estes furos que vão determinar a largura das talhadas do canal, variando normalmente entre os 2 e os 3 m.

Finalizada a perfuração são então realizados os cortes. O primeiro corte que se executa é o corte de topo de canal (fig. 27-2) e posteriormente é realizado o corte de levante (fig. 27-3). De seguida são realizados os cortes das talhadas do canal (fig. 27-4,5,6) e o processo é finalizado com os cortes laterais (fig. 27-7).

Terminados os cortes das talhadas, estas são abertas com colchões hidráulicos e posteriormente derrubadas, com o auxílio de uma giratória munida de um ripper, processo este executado sequencialmente para dentro da caixa, progredindo-se, da boca do canal para o topo deste. Após o derrube de cada talhada esta é esquadrejada, através de cortes executados com fio diamantado e com a respectiva máquina, em blocos transportáveis. Os blocos obtidos são posteriormente removidos para o parque de blocos pela grua ou por uma pá carregadora.

Esta operação é descrita com maior pormenor no capítulo 5.2.5



Sem escala

Figura 27 – Esquema dos cortes com fio diamantado no desenvolvimento de canal.

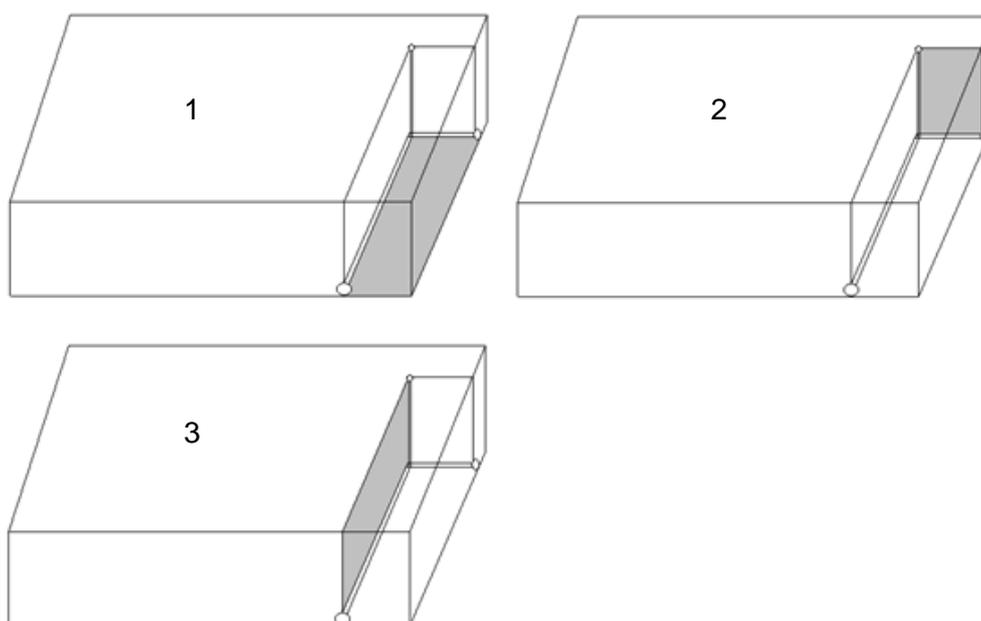
Por observação da figura anterior torna-se claro, o facto de o canal possuir planta trapezoidal. Este pormenor permitirá, aquando dos desmonte das talhadas, que o atrito entre os topos destas e as paredes do canal seja minimizado, tornando assim mais fácil esta operação.

#### 4.1.4 Desenvolvimento de bancadas

Terminadas as técnicas de abaixamento de piso e de abertura de canais, o piso evoluirá em bancadas que serão gradualmente divididas em várias talhadas. A dimensão das talhadas depende do espaço disponível e da fracturação que o maciço apresenta. Normalmente, a largura das talhadas varia entre os 2 e os 3 m e o comprimento entre os 7 e os 15 m em pisos com altura entre os 5 e os 7 m.

O método de separação das talhadas do maciço é o mesmo das fases anteriores, isto é, inicialmente executam-se furos horizontais ou de levante com a perfuradora pneumática munida com o bit de 90 mm e posteriormente são intersectados por furos verticais executados com martelo pneumático ligeiro com barrena de 40 mm de diâmetro, de modo a permitir inserir um cordel guia pelo furo vertical e captá-lo pelo furo de levante, substituindo-o posteriormente pelo fio diamantado para com o uso em conjunto da respectiva máquina de fio diamantado promover os cortes pretendidos. A sequência de cortes é iniciada pelo golpe horizontal ou de “levante” (fig. 28-1) seguido do golpe de topo (fig. 28-2) e finalizada com o golpe de talhada (fig. 28-3).

Depois de concluir os cortes a talhada é aberta através do uso de colchões hidráulicos e derrubada com o auxílio da retroescavadora. Após o derrube, a talhada é esquadrejada em blocos de dimensões transportáveis e removidos do fundo da pedreira para o parque de blocos, por uma grua, ou por uma pá carregadora.



Sem escala.

Figura 28 - Sequência de cortes de talhada.

Esta operação é descrita com maior pormenor no capítulo 5.2.2

## 4.2 Ciclo de trabalhos de pedreira (ciclo produtivo)

O ciclo de trabalhos de pedreira, ou ciclo produtivo, em unidades extractivas de pedra ornamental, tem como principal objectivo a produção de blocos com qualidade e dimensões transportáveis para posteriormente entrarem no processo de transformação em fábrica, resultando nos mais variados produtos acabados com vista a diferentes tipos de aplicações, destacando-se o revestimento de paredes e pavimentos interiores e exteriores. Este ciclo é um conjunto de operações realizadas de forma encadeada e lógica, planeada inicialmente tendo em conta parâmetros geológicos, tecnológicos, económicos, ambientais, considerando ainda a disponibilidade de mão-de-obra e equipamento existente. Assim, o ciclo de trabalhos de pedreira, de uma maneira geral divide-se em:

- ✓ Perfuração
- ✓ Corte
- ✓ Desmonte
- ✓ Esquadrejamento
- ✓ Remoção e transporte

### 4.2.1 Perfuração

Consiste na execução de furos horizontais e verticais que contribuirão para a definição da massa que vai ser desmontada. A intercepção de dois furos ortogonais permitirá, posteriormente, a passagem do fio diamantado. Normalmente, a perfuração horizontal, realizada em primeiro lugar, é executada com a perfuradora pneumática rotopercussiva, denominada regionalmente por “milharoco”. Todo o sistema de rotopercussão imprime movimento combinado de rotação e percussão a um bit de botões de carboneto de tungsténio, possuindo ainda furos na frente do bit, a partir dos quais é injectado um fluxo de ar para remoção dos resíduos criados pela acção de desgaste. A acção de rotação permite que os botões entrem em contacto com diferentes zonas do fundo do furo, garantindo assim a progressão da furação. Os diâmetros dos bits normalmente utilizados variam entre 76 a 90 mm.

A perfuração vertical de pequeno diâmetro é realizada após a perfuração horizontal, com o auxílio de martelos pneumáticos ligeiros e com barrenas integrais acopladas. Estas barrenas possuem pastilhas de carboneto de tungsténio com ponta em bisel e diâmetros de 30 mm e 40

mm. Esta perfuração é efectuada de forma a interceptar os furos horizontais (fig. 29). Após a interceptação destes furos, procede-se à sequência de passagem do fio diamantado, já explicada anteriormente, realizando, de seguida o corte.

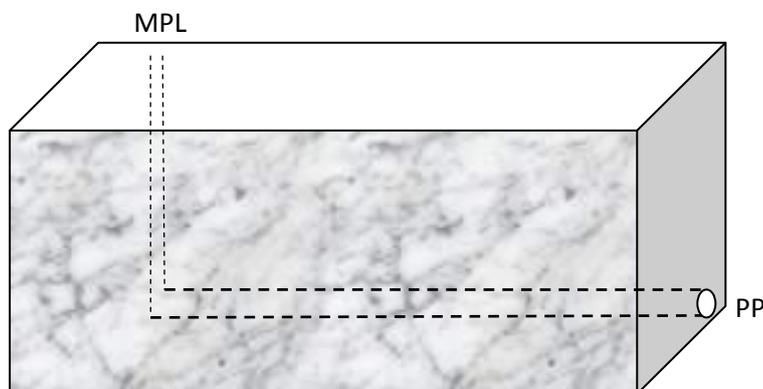


Figura 29 – Esquema de perfuração. MPL – Martelo pneumático ligeiro (diâmetro de 40 mm), PP – Perfuradora de pedra (diâmetro de 90 mm).

#### 4.2.2 Corte

São vários os sistemas de corte que se usam nas pedreiras de pedra ornamental. No caso das pedreiras de mármore na zona de Vila Viçosa as empresas optam essencialmente pelo corte com fio diamantado constituído, principalmente, por pérolas de concreção. O fio diamantado constituiu o salto tecnológico mais importante na exploração de mármore já que permitiu que as velocidades de corte e, por sua vez, as produções das pedreiras atingissem valores impensáveis comparativamente ao uso do fio helicoidal.

O processo de corte consiste na execução de golpes horizontais, também denominados de “levantes”, verticais e oblíquos de forma a individualizar as massas rochosas do resto do maciço e facilitar o seu posterior derrube. Normalmente, o corte é realizado através do uso da máquina de fio diamantado e do respectivo fio diamantado. A máquina de fio diamantado funciona sobre carris nos quais se desloca, promovendo a rotação do fio diamantado, mantendo-o simultaneamente sob tensão garantindo assim a execução do golpe.

Além da máquina de fio diamantado e do respectivo fio, pode também ser usada a roçadora no processo de corte, sendo principalmente, utilizada na execução do golpe horizontal ou de “levantes”.

Nas explorações em subterrâneo a roçadora de galeria é usada para aplicar os golpes na fase de abertura e progressão das galerias, tendo assim, neste tipo de exploração, um papel preponderante comparativamente à máquina de fio diamantado.

### 4.2.3 Desmonte

Após a individualização das talhadas procede-se ao seu desmonte. Para isso, inicialmente, com recurso a uma pá carregadora ou uma giratória amontoam-se escombros, pneus velhos e lamas constituindo uma “cama” que servirá de amortecimento evitando assim uma fracturação indesejável da talhada e o seu assentamento no piso inferior. A construção da “cama” obedece a um critério importante, sendo necessário o alinhamento dos fragmentos criando-se canais, para posteriormente ser possível passar o fio diamantado por baixo da talhada tombada, com vista à execução do esquadrejamento.

O processo de separação ou afastamento das talhadas, do resto da massa é efectuado através de colchões hidráulicos ou pistons hidráulicos (regionalmente denominadas “macacas”), terminando o processo de derrube com o auxílio de uma giratória munida de ripper acoplado.

### 4.2.4 Esquadrejamento

Uma vez derrubadas as talhadas estas, normalmente, fragmentam-se em vários blocos informes, havendo assim a necessidade de os esquadrejar para que tomem uma forma aproximadamente paralelepipedica. O esquadrejamento é realizado com a máquina de fio diamantado e respectivo fio diamantado, sendo executado de forma não só a obter blocos de dimensões transportáveis, mas também de forma a eliminar fracturas (fios) e outros defeitos estruturais, evitando-se ainda dar golpes nas zonas mais sãs, a não ser que a massa seja de elevadas dimensões, não havendo alternativa.

### 4.2.5 Remoção e transporte

Os blocos de dimensões transportáveis obtidos após o esquadrejamento são removidos do fundo da pedreira e transportados pela pá carregadora (caso a pedreira possua rampas) ou através da grua fixa tipo Derrick ou tipo Cosmay para o parque de blocos.

Os escombros resultantes (fragmentos de mármore sem dimensões nem valor comercial) são carregados por uma giratória ou por uma pá carregadora, em dumpers que posteriormente os transportam e depositam em escombreira. No caso de a pedreira não possuir rampas, os escombros em vez de serem carregados nos dumpers são, por sua vez, depositados num balde ou cuba apropriada e removidos pela grua. Alguns escombros permanecem na pedreira de forma a serem usados em futuras operações, tais como, a construção de rampas ou a execução de “camas” utilizadas aquando do derrube das talhadas.

## 5. EXTRACÇÃO DE MÁRMORE – GRANOGULI, LDA

### 5.1 Apresentação da empresa

A Granoguli, Lda, foi fundada em 2009 e tem como actividade principal a extracção, produção e comercialização de blocos de mármore a céu-aberto no lugar da Lagoa, concelho de Vila Viçosa, distrito de Évora. A empresa tem 10 trabalhadores mas apenas 5 estão na pedreira Olival Grande.

A produção anual desta empresa é de 1000 m<sup>3</sup> e tem uma facturação de cerca de 500.000 euros. Os principais mercados a que se destinam os blocos extraídos são o mercado nacional, China, Índia e Itália.

A licença para a exploração da pedreira Olival Grande foi atribuída em 1986 com o nº 5244 numa área de 1,8 ha à empresa Mármore Batanete. Em Abril de 2010, a licença de exploração desta pedreira, transitou para a empresa Granoguli, Lda, aquando da aquisição da pedreira por esta.

O acesso à pedreira é feito pela N254 ou pela N255 (fig. 30) através de uma estrada de terra batida.

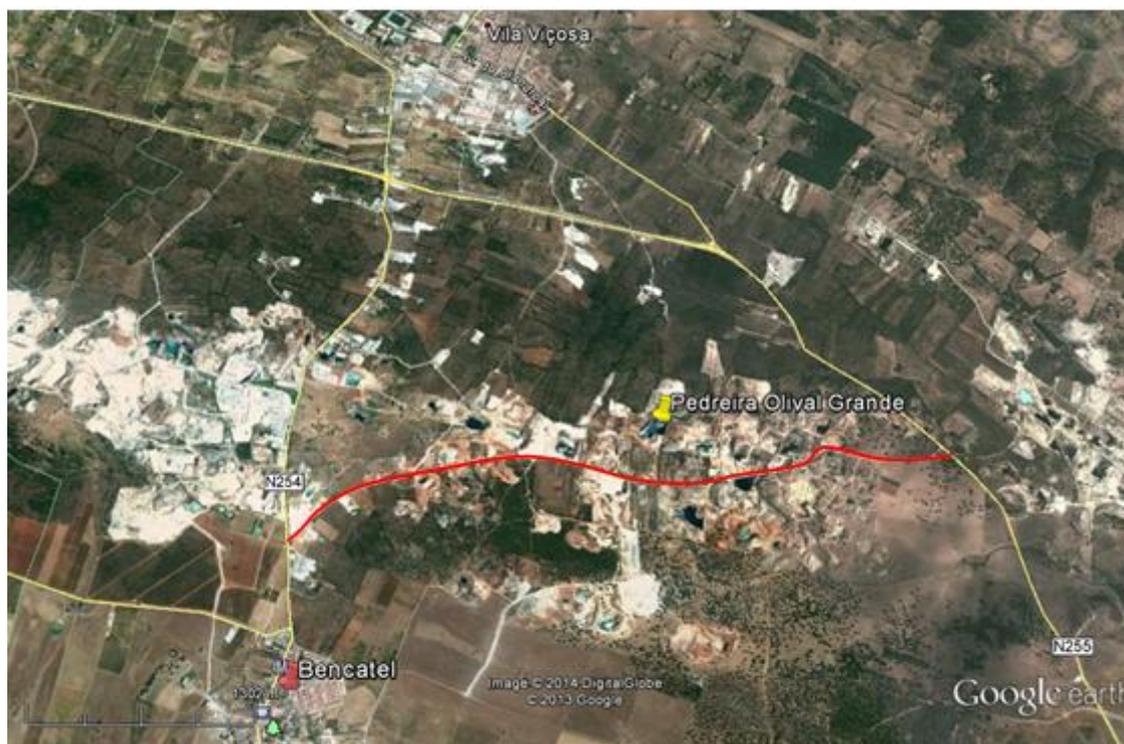


Figura 30 – Localização da pedreira Olival Grande. Fonte: Google earth.

## 5.2 Acompanhamento Técnico – Pedreira Olival Grande

No início do estágio, a pedreira do Olival Grande, apesar de ter estado dois anos com lavra suspensa, já se encontrava em laboração. Tinham sido realizados previamente, pela empresa Granoguli, um abaixamento de piso e abertos três canais. O estado que a pedreira apresentava na altura pode observar-se na figura 31.

Foram definidas duas zonas na pedreira: a zona A e a zona B. A zona A refere-se à parte mais funda (piso inferior) e onde o mármore apresenta melhor qualidade, enquanto que a zona B inclui as cotas superiores da cavidade (piso superior) e de mármore de qualidade inferior, isto é, fracturação evidente, presença de dolomitização, designado localmente como “olho de mocho” e de nódulos de quartzo, designado localmente como “cravo”.

Os primeiros trabalhos acompanhados pelo estagiário, na zona A, foram a abertura das talhadas dentro de um dos canais pré-existent, o derrube, o esquadrejamento e remoção dos blocos com auxílio de grua Derrick. Na zona B, tal como na zona A, já tinham sido realizadas a perfuração e cortes, faltando apenas abrir as talhadas e derrubá-las. Posteriormente, ainda se realizaram perfurações e cortes (fig. 31-1) para mais três talhadas e, desde então, esta zona tem estado sem actividade. A delimitação da zona A-1, surge posteriormente quando se deu início à extracção de material naquela zona.



Figura 31 – (1) Estado inicial da pedreira e localização da zona A-1 e B. (2) Localização da zona A.

No início do acompanhamento dos trabalhos, a pedreira possuía os seguintes equipamentos:

- 1 retroescavadora CAT;
- 2 máquinas de fio diamantado Benetti (60 cv e 30 cv);
- 2 martelos pneumáticos ligeiros;
- 1 grua Derrick.

No sentido de aumentar a produção, posteriormente, a empresa colocou na pedreira Olival Grande, os seguintes equipamentos, imprescindíveis no desenvolvimento dos trabalhos:

- 1 martelo de fundo-de-furo Poeiras;
- 2 máquinas de fio diamantado (Fravizel FSC-45 e FSC-60, modelo antigo sem poleia basculante);
- 2 máquinas de fio diamantado Fravizel (FSCR-45 de nova geração);
- 1 retroescavadora Hyundai 380LC-9;
- 1 pá carregadora Volvo 220F.

### 5.2.1 Extracção de material de dentro do canal

A produção de material dentro do canal (zona A) iniciou-se pelo derrube de talhadas, aproveitando-se os cortes (fig. 31-2) que tinham sido realizados previamente, tendo sido apenas efectuada a abertura das talhadas com colchão hidráulico e consequente derrube, esquadrejamento e posterior transporte dos blocos produzidos, através da grua Derrick.

A abertura das talhadas foi executada com o uso de colchão hidráulico que inserido no “rasgo” promovido anteriormente pelo fio diamantado foi enchido com água a alta pressão pela central hidráulica. À medida que o colchão se ia enchendo com água e afastando a talhada, esta ia sendo “calçada”, isto é, procedeu-se à colocação de fragmentos de mármore no espaço já aberto de forma a que, caso o colchão rebentasse a talhada não retomasse à posição inicial. Após a talhada estar aberta e calçada foi então derrubada pela retroescavadora. Neste processo, a retroescavadora equipada com um ripper vai inserindo fragmentos de mármore de maiores dimensões pelo afastamento que a talhada vai possuindo e ao mesmo tempo vai forçando de forma gradual, para que a massa adquira maiores inclinações e se afaste da vertical. Quando a inclinação é acentuada deixa de haver o perigo de esta retomar a sua posição inicial, pois os fragmentos de pedra ao descerem pelo espaço que se vai abrindo entre a talhada e a bancada já não o permitem. Com a continuação deste processo, o efeito da gravidade passa a fazer-se sentir e a talhada acaba por ser derrubada em cima de uma “cama” previamente realizada com lama, alvenaria (fragmentos de mármore) com vista ao seu amortecimento.

Com a talhada já derrubada em cima da “cama” foi então realizado o seu esquadrejamento. Este processo foi executado na parte de cima da bancada devido à falta de espaço para montar os carris e máquina de fio diamantado dentro do canal (fig. 32A). Foi passado inicialmente um arame por baixo da talhada, no local onde se ia executar o corte, tendo-se posteriormente unido a uma das suas extremidades, o fio diamantado. Procedeu-se de seguida à sua passagem, envolvendo parcialmente a talhada. Na parte de cima da bancada foram feitos dois furos curtos com o martelo pneumático para posteriormente se montar o poste direccional, com respectivas poleias direccionais e colocar o fio diamantado para início do corte.

Terminado o esquadrejamento, a remoção dos blocos e fragmentos resultantes foi executada pela retroescavadora com o auxílio da grua.

Foram assim, derrubadas, esquadrejadas e removidas todas as talhadas presentes dentro do canal, assim como, os fragmentos resultantes da operação, até o canal ficar completamente limpo (fig. 32B).

Posteriormente, reinicia-se o ciclo de trabalhos de pedra, novamente com a perfuração horizontal, agora, em bancada.

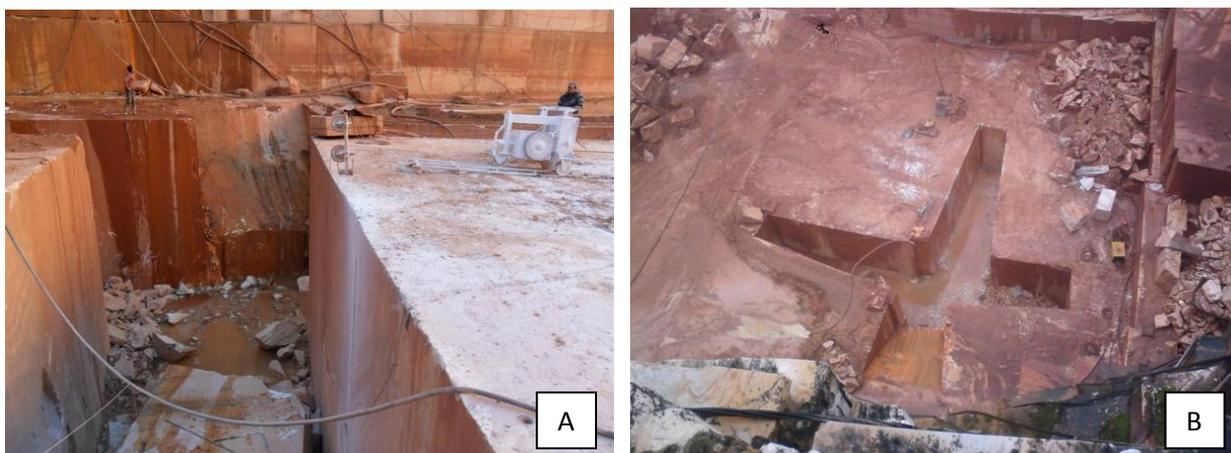


Figura 32 – A-Esquadrimento de talhada de cima da bancada. B-Aspecto do canal depois de limpo.

## 5.2.2 Desmonte em talhadas

### 5.2.2.1 Perfuração horizontal e vertical

Após a remoção dos fragmentos e total limpeza dos canais, cada um deles passou a ter duas faces livres, tendo-se dado início aos trabalhos com vista à exploração destas bancadas e à sua divisão em talhadas. Na realização destas talhadas foram, em primeiro lugar, efectuados furos horizontais na base da bancada, com o martelo fundo-de-furo munido com um bit de botões de carboneto de tungsténio com 90 mm de diâmetro. O espaçamento entre furos foi de 2 m no lado A e de 3 m do lado B, tal como se pode observar na figura 33.

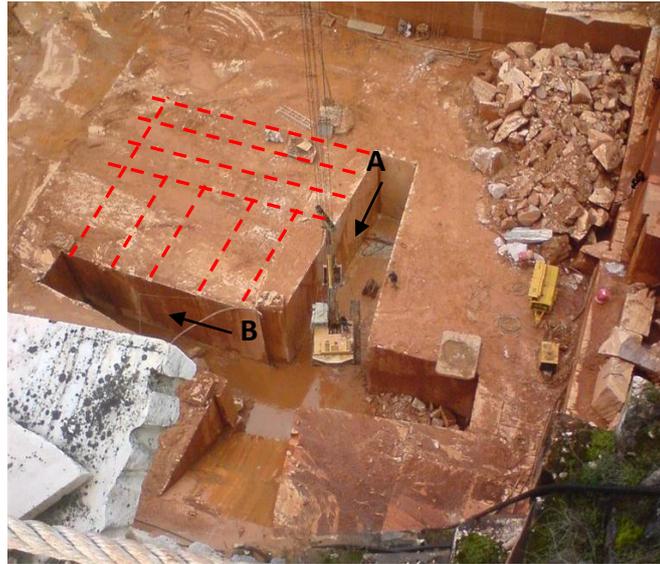


Figura 33 – Esquema da localização e dimensão dos furos realizados com o martelo de fundo-de-furo.

No lado A foram então executados quatro furos a partir do topo do canal e no lado B foram executados cinco furos a contar da boca do canal para o topo, representados na figura 33 com uma seta.

Ao longo da realização dos furos no lado B sempre que estes interceptavam o primeiro furo do lado A, este era interrompido e iniciava-se um outro furo ao lado. Assim, sucessivamente, até o quinto furo do lado B interceptar o primeiro furo do lado A. Assim que estes dois furos se interceptaram foi executado um furo vertical de 40 mm de diâmetro, com o martelo pneumático ligeiro, de forma a interceptar a união dos furos anteriores para que permitisse posteriormente introduzir o cordel guia por este furo vertical e depois com o uso do fio diamantado executar o corte de levante (horizontal). Este processo de interceptar a união dos furos horizontais com um furo vertical é muitas das vezes falível, devido a desvios que ocorrem durante a furação, sendo necessária a realização de vários furos até se atingir o objectivo.

Após a intercepção, foi então, inserido um cordel no furo vertical, sendo este captado por um dos furos horizontais, realizados anteriormente, pelos lados A ou B. Este cordel leva na ponta um pouco de “desperdício” atado ou um fio de pesca, mais fino, com duas uniões metálicas atadas, de forma a facilitar a sua captura por um gancho inserido pelos furos horizontais. Para ser “pescado” o cordel é introduzido com água ou com ar comprimido, de forma a ser empurrado através do furo e para se “pescar” o cordel é usada uma mangueira, ou tubo em pvc, munida de ganchos na extremidade (fig. 34B). Esse tubo deverá ter comprimento superior ao do furo, para poder ser manuseado por um operário. Quando a extremidade com os ganchos chega ao fim do furo, o trabalhador roda o tubo (fig. 34A) de forma a entrelaçar neles, o “desperdício” ou o fio de pesca.



Figura 34 – A-Operário a pescar o cordel com auxílio da mangueira. B-Mangueira com arame em forma de gancho na ponta.

Captado o cordel por um dos furos é novamente inserida a mangueira pelo outro furo horizontal, de forma a “pescar” a outra extremidade do cordel. Assim que se consiga ter as pontas do cordel a sair dos furos horizontais, este é puxado de forma a ligar os dois furos.

Quando o cordel já se encontra na posição em que se pretende realizar o corte é substituído pelo fio diamantado. Numa das pontas do cordel é atado o fio diamantado, ou até mesmo prensado (fig. 35) e posteriormente é puxada a outra ponta até que o cordel fique totalmente de fora do furo e o fio diamantado ocupe o seu lugar. Assim que o fio diamantado está dentro dos furos são puxadas as duas pontas, unidas com uma união metálica e prensadas com prensa hidráulica.



Figura 35 – Operário a prensar o fio diamantado na prensa hidráulica.

### 5.2.2.2 Cortes com fio diamantado

Com o fio diamantado já dentro dos furos é então colocada a máquina de fio diamantado de forma a promover o corte. A máquina é transportada pela retroescavadora devido ao seu elevado peso. Alinhada a máquina e colocado o fio diamantado, o corte de levante é realizado. Por vezes, ao iniciar a máquina, o fio diamantado fica preso impossibilitando o início do corte devido a arestas vivas. Nesta situação deve-se iniciar a máquina com o fio com pouca tensão, isto é, com alguma folga no cabo, ou iniciar a máquina com a poleia motriz a rodar no sentido contrário ao da realização do corte, ou até o fio diamantado ser puxado pelos operários de forma a facilitar o arranque da máquina até o fio “acamar” (designação para referir o borilamento das arestas). Assim que a máquina conseguir arrancar, o corte de levante é então executado. Normalmente, são colocados pneus e fragmentos de mármore (fig. 36A e B) de forma a “segurar” o fio diamantado, numa tentativa de impedi-lo de oscilar em demasia, podendo levar a que salte das poleias, tanto da máquina como das poleias direcionais, interrompendo assim o corte.



Figura 36 – Diferentes perspectivas do corte de levante.

Dados do corte de levante:

- Área: 124.5 m<sup>2</sup> (15 m de comprimento x 8.3 m de largura);
- Tempo de corte: 33h20m;
- Velocidade de corte: 3.74 m<sup>2</sup>/h

Concluído o corte de levante foi então realizado o corte de topo (fig. 37A). Tal como no corte de levante, foi necessário primeiramente introduzir o cordel pelo furo realizado anteriormente pelo martelo pneumático ligeiro que intercepta o furo do martelo de fundo-de-furo do lado B. Todo o procedimento é igual ao anteriormente descrito para o golpe de levante.

Com o fio já prensado, foi montada a máquina de fio diamantado sendo esta colocada na direcção do corte que vai efectuar. A montagem da máquina de fio diamantado começa pela colocação dos carris de forma a ficarem alinhados com a área onde se pretende realizar o corte. Normalmente, como o piso não é totalmente “liso” é necessário colocar pedras por baixo dos carris de forma a garantir a sua horizontalidade, evitando-se ainda que eles vibrem e ocorram desalinhamentos durante o corte e possíveis descarrilamentos da máquina. Posicionados convenientemente os carris, é então colocada em cima deles a máquina de fio diamantado com o auxílio da retroescavadora ou da pá carregadora. Nesta fase é necessário averiguar se o fio diamantado está alinhado, de forma a que o golpe não fique torto. Sempre que o fio diamantado ou até mesmo a máquina e os carris não estão alinhados é necessário corrigir o posicionamento utilizando-se para isso uma barra de aço (barrena) que se usa como alavanca.

Para o corte ficar direito o fio diamantado deverá estar no meio do furo do martelo fundo-de-furo. A marcação do local onde o fio diamantado vai “cortar” denomina-se desempeno, sendo realizada através do uso de um fio-de-prumo que é estendido desde a parte de cima da bancada e assim que o prumo estiver no meio do furo do martelo, o fio diamantado é encostado na zona a cortar sendo realizada uma marca com o picão partindo-se assim um pouco da aresta. O fio diamantado é então colocado sobre a marca realizada anteriormente de forma a executar o corte o mais direito possível.

É então ligada a máquina iniciando-se o corte de topo. Durante a execução deste corte, pode ser iniciado o corte da primeira talhada, de forma a rentabilizar-se o tempo, não esperando assim pelo fim do corte de topo, isto é, assim que o fio diamantado passar da zona onde se irá executar o corte perpendicular correspondente à primeira talhada, este pode ser iniciado sem problema, tal como se pode ver na figura 37A.

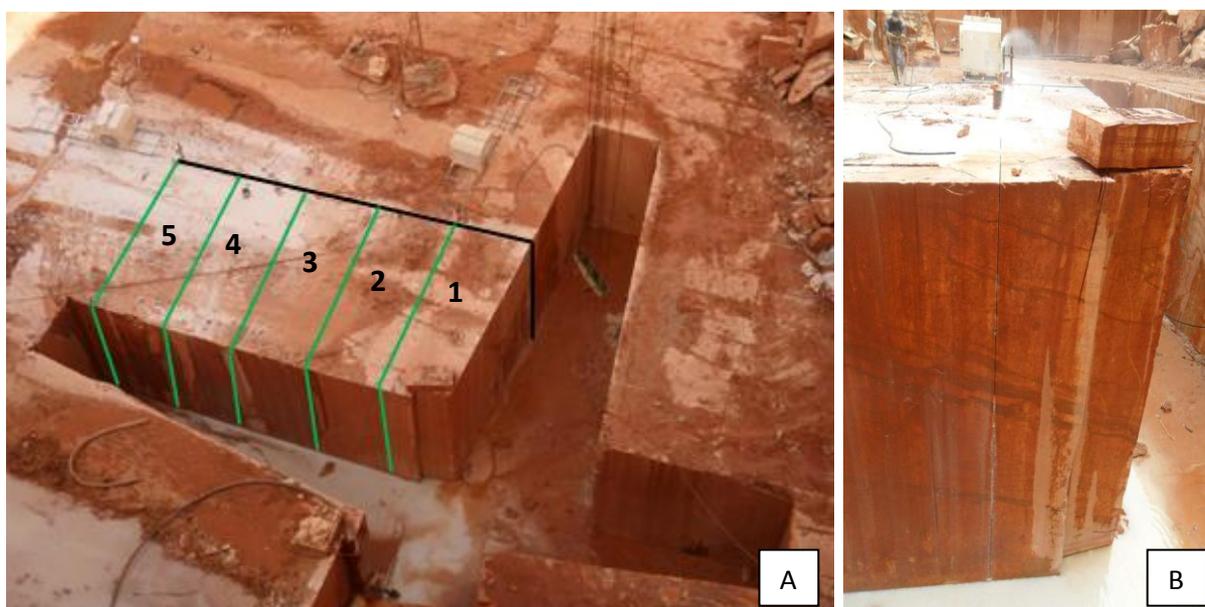


Figura 37 – A- Corte de topo (a preto) e localização dos cortes de talhadas (a verde). B- Corte de talhada visto de frente.

Dados do corte de topo:

- Área: 105 m<sup>2</sup> (15 m de comprimento x 7 m de altura);
- Tempo de corte: 37h;
- Velocidade de corte: 2.84 m<sup>2</sup>/h.

Após a conclusão dos golpes de levante e de topo foram executados golpes de forma a dividir a massa em talhadas individuais de cerca de 9 m de comprimento, 3 m de largura e 7 m de altura. Tal como nos golpes anteriores, primeiro foi necessário inserir o cordel guia pelo furo do martelo pneumático ligeiro, pescá-lo pelo furo do martelo fundo-de-furo, colocar o fio-de-prumo de forma a ficar a meio do furo do martelo fundo-de-furo, marcar na parte de cima da bancada com o picão o local onde o fio diamantado irá passar e substituir o cordel pelo fio diamantado. Com o fio já dentro dos furos foram colocados os carris da máquina de fio diamantado e montados os postes com as poleias direcionais.

Na montagem destes postes foram realizados dois furos com o martelo pneumático ligeiro, de forma a inserir os “pés” deste dentro dos furos tendo sido colocados, em cada pé, uma palmeta de forma a fixá-lo bem à bancada. Os postes foram montados na “parte de trás” da talhada por motivos de espaço mas este golpe também podia ter sido executado sem o uso de postes com a máquina de fio diamantado no piso inferior, isto é, de frente para o golpe, caso houvesse espaço, o que não era o caso como se pode constatar por observação da figura 37.

Após a montagem do poste foi colocado o fio diamantado tanto nas poleias da máquina como do poste e também foi colocado em cima da marca previamente feita com o picão, sendo então iniciada a máquina, dando-se início ao corte de talhada.

Dados dos cortes das talhadas:

- Número de golpes: 5;
- Dimensões das talhadas: 174 m<sup>3</sup> (8.3 m de comprimento, 3 m de largura e 7 m de altura);
- Peso de cada talhada: 470 t

Ao longo da realização do corte da primeira talhada concluiu-se que o fio diamantado apresentava-se com defeito, devido à baixa velocidade de corte, tendo sido devolvido ao fabricante que, posteriormente, informou que este seria um fio diamantado para uso em calcários sedimentares, particularmente em pedra Moca Creme e que por engano tinha sido enviado para esta pedreira. Este facto pode explicar a baixa velocidade de corte verificada, pois o tipo de diamante usado nos calcários sedimentares é mais brando, mas inserido numa matriz mais resistente ao desgaste, fazendo com que este não se renove, ou seja, a matriz não se desgasta e os diamantes não surgem ficando a superfície da pérola completamente lisa (cega) e sem capacidade de corte.

A tabela seguinte resume a velocidade por metro quadrado obtida para cada talhada.

Tabela 3 – Tabela de resumo da velocidade de corte obtida em cada uma das 5 talhadas.

Talhada Nº	Velocidade (m <sup>2</sup> /h)	Fio diamantado	Máquina	OBS
1	2.73	Fio 1	Fravizel FSC-60	Fio devolvido
2	5.05	Fio 2	Fravizel FSC-60	
3	4.56	Fio 2	Fravizel FSC-45	
4	4.36	Fio 2	Fravizel FSC-45	
5	4.28	Fio 2	Fravizel FSC-45	

### 5.2.2.3 Abertura das talhadas por meio de colchão hidráulico

Após a conclusão dos golpes das talhadas, estas foram abertas (fig. 38 A e B) com o auxílio de um colchão hidráulico e de fragmentos de pedra sucessivamente maiores, à medida que se vai procedendo ao afastamento da talhada em relação à vertical. Ao longo do corte da segunda talhada, a primeira foi aberta e posteriormente derrubada.



Figura 38 – A-Central hidráulica e ligação ao colchão inserido no golpe. B-Talhada calçada.

Após a abertura (fig. 39A), tentou-se o derrube da talhada com o auxílio da retroescavadora equipada com o ripper, mas como esta máquina era um pouco antiga concluiu-se que não tinha potência suficiente para derrubar a talhada inteira, no entanto, efectuou um derrube parcial, tendo-o feito através de um plano de descontinuidade definido pela vergada (fig. 39B). Tal facto revelou-se positivo, tendo-se decidido que as talhadas iriam ser divididas de forma a que a retroescavadora as pudesse derrubar posteriormente.



Figura 39 – A- Abertura da 1ª talhada. B- Derrube da 1ª talhada “pela vergada”.

#### 5.2.2.4 Divisão das talhadas pelo método de furo horizontal com martelo pneumático

O processo de divisão das talhadas foi executado após a abertura das mesmas. Na realização deste processo foi executado um furo horizontal com o martelo pneumático na parte de baixo da talhada, na medida pretendida (+/- 3 m). Neste processo de perfuração horizontal, o martelo pneumático é, basicamente, colocado no chão ou por cima de um cilindro de ferro/metálico e “empurrado” com uma barrena que serve de alavanca contra a parte de baixo da talhada, até atingir a abertura (fig. 40A). Atingida a abertura, significa que o furo chegou ao local desejado e a perfuração é interrompida, sendo então introduzido um arame por esse furo e rodado de forma a que seja possível ver a sua localização na parte de cima da talhada. Posteriormente foi pendurado na parte de cima da talhada um cordel na direcção do furo (em baixo) (fig. 40B) sendo “pescado” na parte de baixo pelo arame introduzido previamente no furo horizontal. Por vezes, não é fácil localizar o arame na parte de baixo devido à falta de luz, nesse caso pode ser usado um espelho orientado de forma a reflectir os raios solares (fig. 40B).



Figura 40 – A- Operário a “empurrar” o martelo pneumático na horizontal. B-Operário a colocar o cordel de forma a ser pescado fornecendo luz com um espelho.

Assim que se consegue pescar o cordel com o auxílio do arame, este é substituído pelo fio diamantado sendo executado o corte, recorrendo ao uso de poste direcional. Este corte também pode ser executado com a máquina de fio diamantado no piso inferior dispensando assim o uso do poste direcional.

Após este corte a massa resultante tinha:

- Dimensões: 3 m de comprimento x 3 m de largura x 7 m de altura
- Volume: 63 m<sup>3</sup>
- Peso:171 t.

Finalizado o corte de divisão de talhada, esta foi então derrubada pela retroescavadora equipada com ripper. As talhadas foram divididas em duas ou três partes consoante a fracturação, mas ficando com um mínimo de 3 m de comprimento. A primeira talhada foi em parte “derrubada pela vergada” e na parte remanescente foi também aplicado o método de divisão de talhada de forma a facilitar o seu derrube.

#### 5.2.2.5 Derrube da talhada dividida

Finalizado o corte de divisão de talhada, esta foi derrubada (fig. 41), tendo-se utilizado a técnica explicada anteriormente. Antes do processo de derrube foi executada uma “cama” no local onde a talhada iria cair, servindo para que esta não embatesse directamente no piso, evitando-se a sua fracturação. Tal como referido anteriormente, mais uma vez o facto da talhada ficar apoiada nos fragmentos de rocha e não assente directamente no piso, facilita o

posterior processo de esquadrejamento da talhada, na medida que se passa facilmente o fio diamantado por baixo dela.

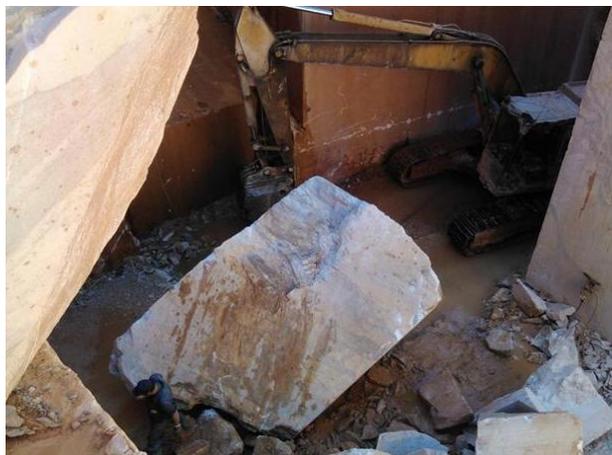


Figura 41 – Derrube da talhada dividida.

#### 5.2.2.6 Esquadrejamento da talhada derrubada

O esquadrejamento da massa derrubada foi efectuado seguindo as indicações do mestre da pedreira. A massa foi observada de forma cuidadosa, analisando-se todas as fracturas e vergadas presentes, pois a direcção e localização dos cortes a aplicar no esquadrejamento desta massa dependem desta avaliação. Normalmente, para que as fracturas e vergadas sejam visíveis mais facilmente a massa é lavada com água.

Após a avaliação efectuada pelo mestre da pedreira, foram então aplicados cortes de forma a dividi-la em blocos. Na preparação deste processo foi passado pela parte de baixo do bloco um arame até ao outro lado da massa a esquadrear e nessa ponta do arame foi atado o fio diamantado e posteriormente puxado de forma a que este ficasse por debaixo do bloco. Na parte de cima deste, o fio diamantado foi colocado no local previamente marcado com o auxílio de um esquadro de pedreira. Foram então montados os carris e a máquina de fio diamantado, sendo alinhada de forma a garantir um corte, o mais direito possível (fig. 42). Para estes cortes, de menores dimensões é normalmente utilizada uma máquina de fio diamantado de menor potência, com cerca de 30 cv.



Figura 42 – Execução de esquadrejamento com recurso a uma máquina de fio diamantado.

#### 5.2.2.7 Remoção e transporte

Finalizado o esquadrejamento, os blocos originados por este processo foram removidos (fig. 43) para o parque de blocos através da grua Derrick e os fragmentos resultantes foram transportados e depositados na escombreira através do dumper carregado pela retroescavadora.

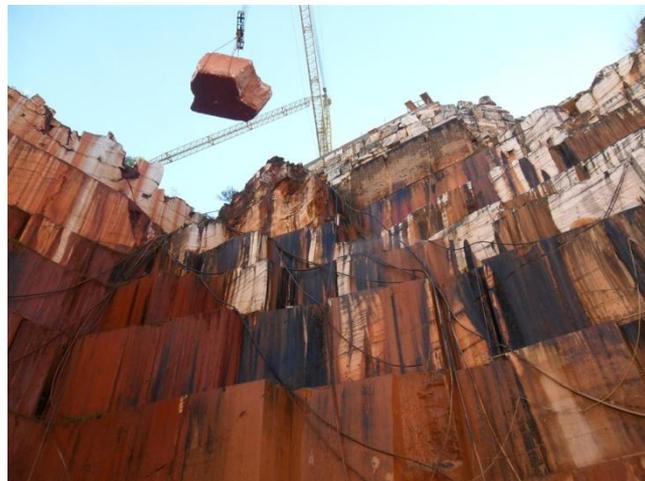


Figura 43 – Remoção por grua Derrick.

Os blocos comercializáveis depositados no parque de blocos permanecem neste stock até serem carregados em camiões e expedidos directamente para o cliente ou para um parque de blocos em Pardais onde se lhe irá aplicar o corte primário, com vista ao seu melhoramento, caso ainda seja necessário.

Concluído o processo de derrube, esquadreamento e remoção tanto dos blocos comercializáveis como dos fragmentos resultantes das cinco talhadas, toda a área foi limpa, tendo-se iniciado o processo de corte em talhadas da massa contígua a esta, onde já tinha sido executada a perfuração anteriormente. Simultaneamente, iniciou-se a abertura de um novo canal.

### 5.2.3 Desmonte em talhadas de maiores dimensões da massa remanescente

A perfuração realizada previamente tinha sido feita para que esta massa fosse dividida em três talhadas (fig. 44). Assim, partiu-se logo para a execução dos cortes em talhadas e repetiu-se toda a sequência de trabalhos, com vista à obtenção de blocos comercializáveis.



Figura 44 – Localização e dimensão dos furos com martelo de fundo-de-furo.

Ficha de caracterização deste desmonte em talhadas:

- Localização na pedreira: Zona A
- Volume: 698,4 m<sup>3</sup> (15.35 m de comprimento x 6.5 m de largura x 7 m de altura)
- Comprimento da perfuração; Tempo envolvido
  - 3 furos horizontais com o martelo fundo-de-furo com cerca de 17 m e um quarto furo perpendicular a estes com cerca de 7 m, interceptando-os;

- Furos horizontais com 17 m
  - Duração de cada furo:
    - 1- 2h55m
    - 2- 3h05m
    - 3- 3h
- Furo horizontal com 7 m
  - Duração: 1h15m
- 3 furos verticais com martelo pneumático ligeiro com cerca de 7 m de modo a interceptar os anteriores.
  - Duração de cada furo:
    - 1- 1h40m
    - 2- 1h45m
    - 3- 1h35m
- Nº de cortes; Áreas de corte; Tempo envolvido
  - 5 cortes com fio diamantado:
    - 1 corte de levante (horizontal):
      - Área: 99,7 m<sup>2</sup> (15.35 m de comprimento x 6.5 m de largura);
      - Tempo de corte: 22h30m;
      - Velocidade de corte: 4,43 m<sup>2</sup>/h.
    - 3 cortes de talhada:
      - Área: 107,45 m<sup>2</sup> (15.35 m de comprimento x 7 m de altura);
      - Tempo de corte:
        - 1- 37h00m;
        - 2- 37h05m;
        - 3- 22h00m.
      - Velocidade de corte:
        - 1- 2,90 m<sup>2</sup>/h;
        - 2- 2,90 m<sup>2</sup>/h;
        - 3- 4,88 m<sup>2</sup>/h.
    - 1 corte de topo:
      - Área: 45,5 m<sup>2</sup> (6.5 m de comprimento x 7 m de altura);
      - Tempo de corte: 13h30m;
      - Velocidade de corte: 3,37 m<sup>2</sup>/h.

- Dimensão, peso e volume das talhadas
  - Cada talhada tinha:
    - 15,35 m de comprimento x 2,15 m de largura x 7 m de altura;
    - Volume: 231 m<sup>3</sup>;
    - Peso: 626 t.
  
- Observações:
  - Os cortes das talhadas foram executados simultaneamente pois o fio diamantado não se cruzava, rentabilizando assim o tempo;
  - O corte de topo apenas se executou quando os cortes das talhadas já estavam a meio, isto é, quando o fio diamantado que estava a cortar as talhadas já tinha passado a área onde se ia realizar o corte de topo;
  - Como já havia mais espaço e uma retroescavadora mais potente decidiu-se que apenas a primeira talhada seria dividida com o método de divisão de talhadas através da técnica do furo horizontal realizado com barrena integral de 40 mm de diâmetro procedido de corte vertical;
  - O corte de divisão de talhada foi executado de forma a que a massa ficasse com cerca de 3 m de comprimento x 2 m de largura x 7 m de altura, seguida de derrube com auxílio de ripper (fig. 45);



Figura 45 – Derrube da talhada dividida, com recurso a ripper.

- No processo de abertura da segunda e terceira talhadas foram usados dois colchões hidráulicos para cada uma, pois as suas dimensões assim o exigiam.

- Foi construída uma “cama” com grande quantidade de alvenaria (fig. 46A), para que, ao derrubar estas talhadas, uma de cada vez, as mesmas não se fracturassem muito.



Figura 46 – A- Construção da cama. B- Talhada derrubada.

#### 5.2.4 Desmonte em talhadas na zona A-1

Ao mesmo tempo que se executavam alguns dos processos anteriores deu-se início à extracção de material por talhadas na zona A-1 (fig. 47). Nesta zona foi, mais uma vez, aplicado o método de desmonte por talhadas. Este processo iniciou-se com a remoção da rampa que dava serventia ao fundo da pedreira e que consistia num aglomerado de fragmentos de mármore e lamas resultantes de derrubes e esquadrejamentos anteriores. Após a remoção da rampa foi iniciada a fase de perfuração e repetiu-se toda a sequência de trabalhos, com vista à obtenção de blocos comercializáveis.



Figura 47 – Direcção e comprimento dos furos horizontais com martelo fundo-de-furo na zona A-1.

Ficha de caracterização deste desmonte em talhadas:

- Localização na pedreira: Zona A-1;
- Volume: 384 m<sup>3</sup> (16 m de comprimento x 6 m de largura x 4 m de altura);
- Comprimento da perfuração; Tempo envolvido
  - 3 furos horizontais com o martelo de fundo-de-furo com cerca de 16 m e um quarto furo perpendicular a estes com cerca de 6 m, interceptando-os;
    - Furos horizontais com 17 m
      - Duração de cada furo:
        - 1- 2h45m;
        - 2- 2h40m;
        - 3- 2h50m.
    - Furo horizontal com 6 m;
      - Duração: 1h10m.
  - 3 furos verticais com martelo pneumático ligeiro com cerca de 4 m de modo a interceptar os anteriores.
    - Duração de cada furo:
      - 1- 1h05m;
      - 2- 1h;
      - 3- 0h55m.

- Nº de cortes; Áreas de corte; Tempo envolvido
  - 5 cortes com fio diamantado
    - 1 corte de levante (horizontal):
      - Área: 95 m<sup>2</sup> (15.8 m de comprimento x 6 m de largura);
      - Tempo de corte: 16h50m;
      - Velocidade de corte: 5,63 m<sup>2</sup>/h.
    - 3 cortes de talhada:
      - Área: 63,2 m<sup>2</sup> (15.8 m de comprimento x 4 m de altura);
      - Tempo de corte:
        - 1- 11h25m;
        - 2- 11h40m;
        - 3- 13h15m.
      - Velocidade de corte:
        - 1- 5,54 m<sup>2</sup>/h;
        - 2- 5,42 m<sup>2</sup>/h;
        - 3- 4,77 m<sup>2</sup>/h.
    - 1 corte de topo:
      - Área: 24 m<sup>2</sup> (6 m de comprimento x 4 m de altura);
      - Tempo de corte: 4h45m;
      - Velocidade de corte: 5,05 m<sup>2</sup>/h.
- Dimensão, peso e volume das talhadas
  - Cada talhada tinha:
    - 15,8 m de comprimento x 2 m de largura x 4 m de altura;
    - Volume: 126 m<sup>3</sup>;
    - Peso: 342,5 t.

#### Observações

- Os cortes de talhada e de topo foram executados sem o uso de postes direcionais, isto é, com a máquina montada no piso imediatamente abaixo e de frente para a massa a cortar;
- Os blocos obtidos foram transportados pela pá carregadora até à zona de alcance da grua Derrick que os removeu para o parque de blocos.

### 5.2.5 Abertura de canal

A abertura de um canal (fig. 48) inicia-se com a escolha do respectivo local iniciando-se com a consequente marcação, com giz azul e um picão, dos furos, tanto horizontais como verticais, definindo assim o volume a explorar.



Figura 48 – Projecção do canal na zona A.

Foram realizados dois furos horizontais com o martelo de fundo-de-furo com cerca de 16 m de comprimento. Concluídos estes furos foram realizados os furos verticais, com o martelo pneumático ligeiro, no cimo da bancada e segundo o alinhamento definido pelos dois furos horizontais realizados anteriormente. O espaçamento dado entre estes furos foi de cerca de 3 m, de forma a poder dividir posteriormente em talhadas essa massa no interior do canal. No meio de cada talhada de dentro do canal foram também executados furos verticais de 7 m com o martelo pneumático. Estes furos são localizados um pouco antes do local onde será posteriormente promovido o corte de talhada e servem para quando se está a executar o corte de levante saber a localização do fio diamantado para se parar o corte e passar os cordéis. Estes furos são cheios com água e quando o fio diamantado passa, a água escapa, dando a indicação do local onde este se encontra.

Sempre que um furo vertical, intercepta a perfuração horizontal é tapado de forma a não entrarem lamas, poeiras ou pequenos fragmentos de mármore que o possam obstruir.

Após a conclusão de todos os furos horizontais e verticais foram então realizados os poços mestres. Os poços mestres são executados com a perfuradora vertical Jumbo equipada com um martelo fundo-de-furo e um bit de 220 mm, sendo o seu comprimento cerca de 7,10 m. Os 10 cm perfurados a mais do que os 7 m pretendidos dizem respeito à distância medida entre a gola da poleia pequena do poste mestre até à base deste (fig. 49), pois, caso o furo apenas tenha 7 m de comprimento quando se executa o corte de topo de canal o fio diamantado não

atinge a zona entre a gola da poleia e a base do poste, logo o piso não irá ficar com 7 m de altura. Assim, quando se termina a perfuração com o 6º tubo é ainda colocado o 7º tubo para perfurar o restante até perfazer a medida desejada.

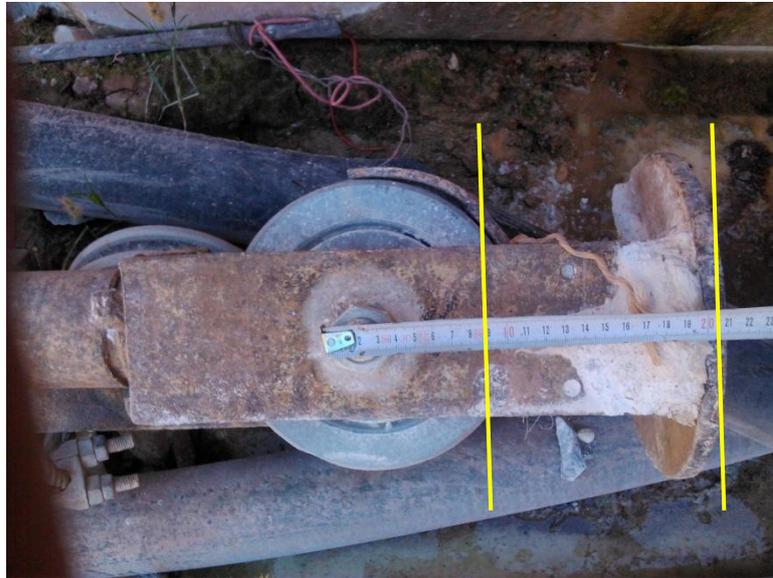


Figura 49 – Medida desde a gola da poleia até à base do poste mestre.

Os postes foram introduzidos nos furos com auxílio da retroescavadora devido ao seu elevado peso, tendo sido ajustados de forma a ficarem as poleias pequenas perfeitamente alinhadas no interior dos furos, evitando assim prejudicar posteriormente o corte de topo de canal. Os postes são “rodados” na sua parte de cima até se encontrarem na posição pretendida. Foi usado um espelho para reflectir os raios solares para o interior do furo, de forma a confirmar o referido alinhamento.

Na secção exterior dos postes são colocadas umas correntes que servem para fixar estes de forma a que não oscilem e prejudiquem o corte. Para fixar os postes são executados furos com o martelo pneumático e são acoplados nas correntes os esticadores (fig. 50) que servem para posteriormente tensioná-las. Dentro destes furos foram colocados uns segmentos de barrena, ou uma barra de ferro, para apoio do esticador.

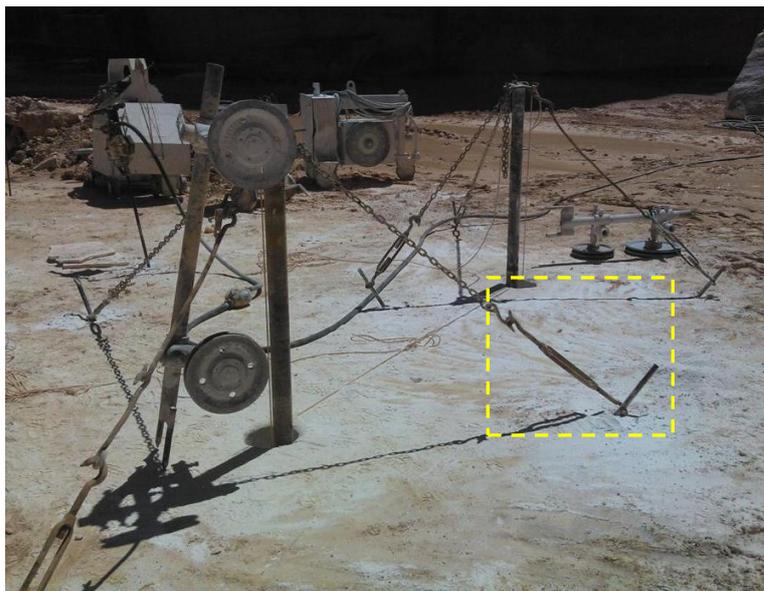


Figura 50 – Esticadores acoplados em correntes e firmes em barras de aço dentro de furos.

Ambos os postes foram inseridos nos poços, cada um com um cordel previamente colocado nas suas poleias mais pequenas, estando as suas pontas atadas na parte de cima dos mesmos, ficando estas fora do furo. As outras extremidades de ambos os cordéis são atadas e ficam assentes no maciço, demarcando o golpe que irá ser dado (fig. 51). Este cordel, tal como nos casos anteriores será usado para posterior substituição pelo fio diamantado.

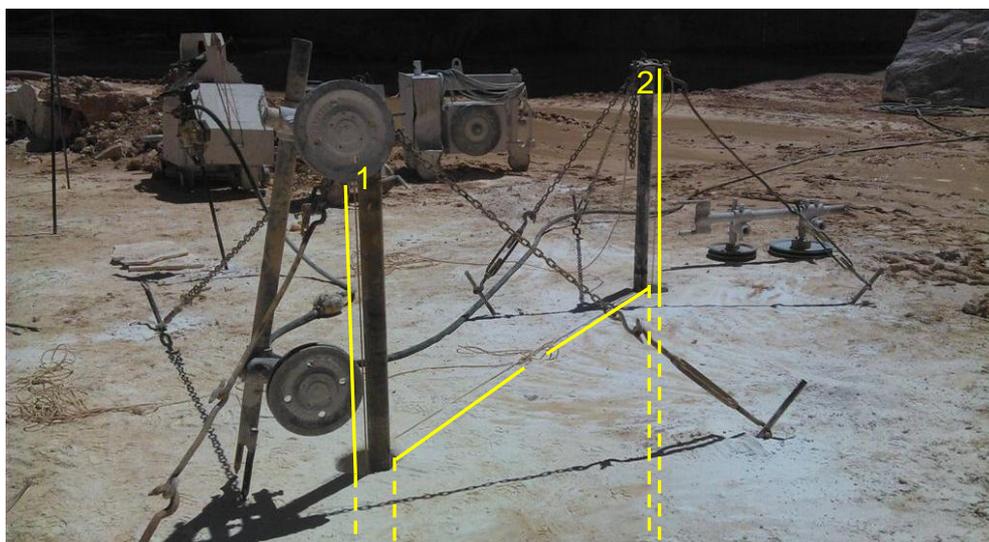


Figura 51 – Esquema representando os dois cordéis de cada um dos montantes, onde duas das extremidades estão atadas nessas estruturas e as outras apoiadas no maciço.

Nas pontas do fio diamantado que ficaram atadas aos postes mestres foi prensado um acrescento do fio diamantado para que este tenha dimensão suficiente para se acoplar nas poleias direcionais e na poleia motriz da máquina de fio diamantado. Com o fio diamantado já correctamente posicionado, a máquina é ajeitada com uma barrena que serve de alavanca de modo a ficar perfeitamente alinhada com as poleias, dando-se de seguida início ao corte, tal como se pode observar na figura 52.



Figura 52 – Esquema do corte de topo de canal.

Ao longo do processo de corte a profundidade deve ser medida. Normalmente, quando a máquina de fio diamantado chega ao fim dos carris e, é encurtado o fio diamantado, a máquina é puxada à frente, aproveitando-se essa altura, quando o corte está parado, para se proceder à medição da profundidade de corte com uma fita metálica de dimensão superior a 7 m e largura inferior à do corte do fio diamantado. Dá-se por finalizado o corte quando se atinge os 7 m de profundidade.

A poleia motriz, usada na máquina neste tipo de corte, mede apenas 40 cm de diâmetro, sendo por isso menor que as poleias usadas normalmente nos outros cortes, evitando-se assim uma elevada rotação das poleias dos postes, podendo levar à sua destruição.

Finalizado o corte de topo de canal, o fio permanece dentro do rasgo, sendo introduzido um cordel em cada poço mestre e pescados posteriormente pelos furos horizontais executados pelo “milharoco”. Após pescar o cordel pelos furos horizontais, as pontas do fio diamantado usado no golpe de topo e previamente separadas são atadas nos cordéis e puxadas até saírem

pela boca dos furos horizontais. Como a nova área de corte (golpe de levante) é superior à anterior (golpe de topo), é acrescentado mais fio.

Para garantir que o golpe seja o mais horizontal possível, com o auxílio de uma fita metálica de medição ou de uma barrena, o fio na base do golpe de topo, é empurrado para o fundo, evitando-se assim possíveis ressaltos e irregularidades no futuro piso. Posteriormente, é montada a máquina de fio diamantado e os respectivos carris, no piso inferior, realizando-se o corte de levante.

Durante a execução deste corte, este é interrompido quando são atingidos os furos com água feitos previamente no meio da largura das futuras talhadas, servindo para localizar o fio. Por esta ocasião é introduzido um cordel (fig. 53) pelo furo vertical de 40 mm (A-vermelho) e pescado pelo furo horizontal de 90 mm (C), sendo atado no fio diamantado. Como a máquina se encontra desligada, o fio é rodado à mão obrigando o cordel a percorrer todo o perímetro do golpe até sair no outro furo horizontal (D). De seguida é introduzido um segundo cordel pelo outro furo vertical de 40 mm (B-azul) e pescado pelo furo horizontal (D). Quando as duas pontas dos cordéis se encontram fora do furo (D) são atadas e puxadas pelo furo vertical (B). Quando este se encontra completamente esticado a envolver todo o perímetro interior do futuro golpe de talhada, as pontas são atadas e aguardando o momento de lhes ser acoplado o fio diamantado, para execução do golpe. O anterior processo é repetido cada vez que o corte de levante atinge os furos com água.

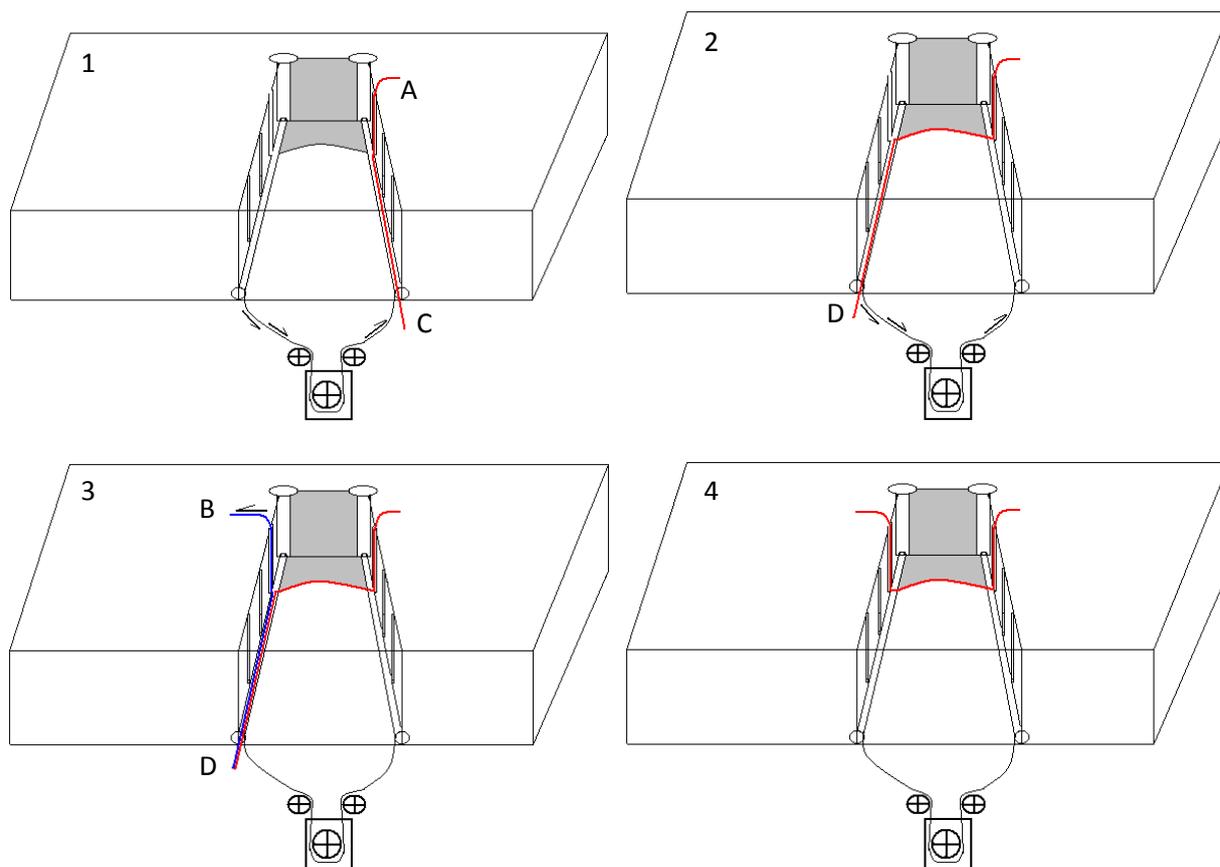


Figura 53 – Esquema de colocação dos cordéis guia para posterior corte de talhadas em canal.

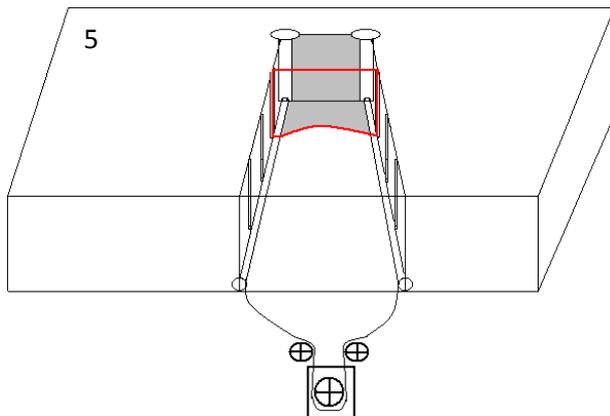


Figura 53 – Esquema de colocação dos cordéis guia para posterior corte de talhadas em canal (cont.).

Finalizado o corte de levante foram executados os cortes de talhadas de canal aproveitando os cordéis colocados previamente. Na execução deste corte, o cordel é substituído pelo fio diamantado e devido ao pouco espaço livre que ficou no interior da massa onde foi anteriormente executado o corte de levante, o fio diamantado é ligado ao cordel por um arame e prensado (fig. 54), de modo a que seja mais fácil a passagem do fio por dentro da massa. Posteriormente o corte foi executado como habitualmente.



Figura 54 – Fio diamantado prensado com arame dobrado e enrolado no cordel.

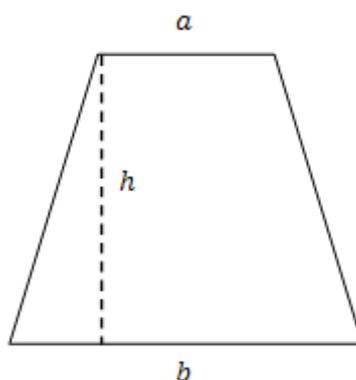
Numa destas operações o conjunto cordel e fio diamantado ficou preso. Para resolver este problema, que acabou por atrasar toda a dinâmica dos cortes de talhada, introduziu-se um tubo de pvc pelo furo horizontal de forma a empurrar o fio para uma zona menos apertada, soltando-o e possibilitando a continuação da operação.

Após a finalização dos cortes das talhadas foram então realizados os cortes laterais. Na execução destes cortes, os cordéis guia foram inseridos pelos poços mestres e captados pelos furos horizontais, executando-se os cortes como habitualmente.

Finalizados os cortes laterais, significa que todos os cortes foram realizados e as talhadas já se encontram individualizadas e prontas para serem derrubadas. Foram, posteriormente, efectuados os processos normais, objectivando a obtenção de blocos transportáveis.

Ficha de caracterização do desmonte em talhadas do canal

- Localização na pedreira: Zona A;
- Volume: total obtido com recurso à fórmula de cálculo da área do trapézio (fig. 55) multiplicada pela altura da bancada (7 m): 446.6 m<sup>3</sup>;



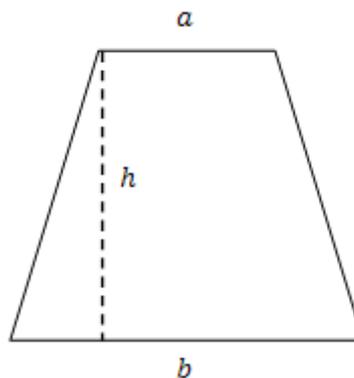
$$\text{Área} = \frac{(a + b)}{2} \times h$$

Figura 55 – Expressão de cálculo da área trapezoidal do canal.

- Comprimento das perfurações e tempo envolvido:
  - 2 furos horizontais convergentes com a perfuradora pneumática (bit 90 mm) de cerca de 17 m de comprimento;
    - Duração dos furos:
      - 1- 3h25m;
      - 2- 3h15m.

- 14 furos verticais com martelo pneumático ligeiro (bit 40 mm) de cerca de 7 m, sendo 10 alinhados segundo os furos horizontais e 4, um em cada talhada, junto à zona onde posteriormente será executado o seu corte;
  - Duração dos furos:
    - 1- 1h45m; 2- 1h35m; 3- 1h50; 4- 1h40; 5- 1h50; 6- 1h30; 7- 1h40;
    - 8- 1h35m; 9- 1h40m; 10- 1h45m; 11- 1h35m; 12- 1h55m; 13- 1h45; 14- 1h35m;
  
- 2 furos verticais com perfuradora pneumática Jumbo (bit 220 mm) de cerca de 7,30 m.
  - Duração dos furos:
    - 1- 3h45m;
    - 2- 4h00m.
  
- Áreas de corte; nº de cortes e tempo envolvido:
  - 8 cortes com fio diamantado:
    - Corte de topo de canal/1ª talhada
      - Área: 17.15 m<sup>2</sup> (2.45 m comprimento x 7 m altura);
      - Tempo de corte: 8h35m;
      - Velocidade de corte: 2.00 m<sup>2</sup>/h.
  
    - Corte 2ª talhada
      - Área: 22.75 m<sup>2</sup> (3.25 m comprimento x 7 m altura);
      - Tempo de corte: 5h;
      - Velocidade de corte: 4.55 m<sup>2</sup>/h.
  
    - Corte 3ª talhada
      - Área: 28.35 m<sup>2</sup> (4.05 m comprimento x 7 m altura);
      - Tempo de corte: 7h30m;
      - Velocidade de corte: 3.78m<sup>2</sup>/h.
  
    - Corte 4ª talhada
      - Área: 33.95 m<sup>2</sup> (4.85 m comprimento x 7 m altura);
      - Tempo de corte: 8h25m;
      - Velocidade de corte: 4.03 m<sup>2</sup>/h.
  
    - Corte 5ª talhada
      - Área: 38.85 m<sup>2</sup> (5.55 m comprimento x 7 m altura);

- Tempo de corte: 10h;
- Velocidade de corte: 3.89 m<sup>2</sup>/h.
  
- Corte levante
  - Área: 63.8 m<sup>2</sup>;
  - Tempo de corte: 20h;
  - Velocidade de corte: 3.19 m<sup>2</sup>/h.
  
- Corte lateral esquerdo
  - Área: 99.4 m<sup>2</sup> (14.20 m comprimento x 7 m altura);
  - Tempo de corte: 24h05m;
  - Velocidade de corte: 4.13 m<sup>2</sup>/h.
  
- Corte lateral direito
  - Área: 102.55 m<sup>2</sup> (14.65 m comprimento x 7 m altura);
  - Tempo de corte: 23h;
  - Velocidade de corte: 4.46 m<sup>2</sup>/h.
  
- Dimensão, volume e peso das talhadas: obtido com recurso à fórmula de cálculo da área do trapézio (fig. 56) multiplicada pela altura da bancada (7 m):



$$\text{Área} = \frac{(a + b)}{2} \times h$$

Figura 56 – Expressão de cálculo da área trapezoidal das talhadas do canal.

- 1<sup>a</sup> talhada
  - Dimensões: a=2.45 m; b=3.25 m; h=3 m;
  - Área: 8.55 m<sup>2</sup>;
  - Volume: 59.85 m<sup>3</sup>;
  - Peso: 162 t.

- 2ª talhada
  - Dimensões: a=3.25 m; b=4.05 m; h=3 m;
  - Área: 10.95 m<sup>2</sup>;
  - Volume: 76.65 m<sup>3</sup>;
  - Peso: 208 t.
  
- 3ª talhada
  - Dimensões: a=4.05 m; b=4.85 m; h= 3m;
  - Área: 13.35 m<sup>2</sup>;
  - Volume: 93.5 m<sup>3</sup>;
  - Peso: 253 t.
  
- 4ª talhada
  - Dimensões: a= 4.85 m; b=5,55 m; h=3 m;
  - Área: 15.6 m<sup>2</sup>;
  - Volume: 109.2 m<sup>3</sup>;
  - Peso:296 t.
  
- 5ª talhada
  - Dimensões: a= 5.55 m; b= 6,35 m; h= 3 m;
  - Área: 17.85 m<sup>2</sup>;
  - Volume: 124.95 m<sup>3</sup>;
  - Peso: 339 t.

#### 5.2.6 Alargamento da corta da pedreira

Durante o estágio, teve início um processo de alargamento da corta da pedreira, tendo as operações sido levadas a cabo pela empresa M.Simões, Lda.

O processo de alargamento de corta da pedreira à superfície, inseriu-se numa fase de preparação que tem como objectivo colocar a descoberto a rocha explorável, criar mais faces livres e mais amplas, com vista ao avanço da exploração, aumentando-lhe assim, o tempo de vida útil.

Do conjunto de operações desenvolvidas no alargamento destacaram-se duas absolutamente fundamentais para a progressão dos trabalhos: 1- Destapamento; 2- Instalação de uma grua Derrick.

A operação de destapamento iniciou-se pela remoção de alguns blocos informes, sem valor ornamental, que estavam em cima do talude de forma a facilitar a escavação deste e a colocar a descoberto os cabeços de mármore, típicos de relevos cárscicos. A remoção destas massas (fig. 57) foi executada com a pá carregadora e com o dumper, que posteriormente as transportou para a escombreira. Com o talude já livre de blocos sem valor ornamental foi então

removido o solo de cobertura, de forma a pôr a descoberto os referidos cabeços arredondados, tendo o solo, sido posteriormente transportado por dumper para a escombreira. Ao mesmo tempo que se executava esta operação de destapamento iniciou-se o processo de instalação de uma grua para dar apoio à posterior extracção nesse local.



Figura 57 – A e B - Remoção das massas por cima do talude. C - Remoção do solo para deixar os cabeços a descoberto.

Com os cabeços de mármore já a descoberto, foi então iniciada a fase de produção que se caracteriza pela sua remoção, quer apresentem valor comercial ou não. Nesta fase, muito incipiente da extracção, os cabeços sem qualidade como pedra ornamental são normalmente destacados com recurso a pólvora negra. Neste caso particular, não foi necessário o uso de explosivo, pois estes apresentavam qualidade aceitável para posterior transformação em fábrica.

#### 5.2.6.1 Desmonte de cabeços

Para o desmorte dos cabeços foi necessária a realização de furos horizontais com o martelo de fundo-de-furo (fig. 58) interceptados por furos verticais executados com o martelo pneumático ligeiro, de forma a, posteriormente ser possível passar o fio diamantado e executar os cortes, com vista ao destaque das massas ou realização de talhadas.

Esta remoção de cabeços irregulares tem como objectivo obter-se uma superfície de trabalho perfeitamente regular e lisa.

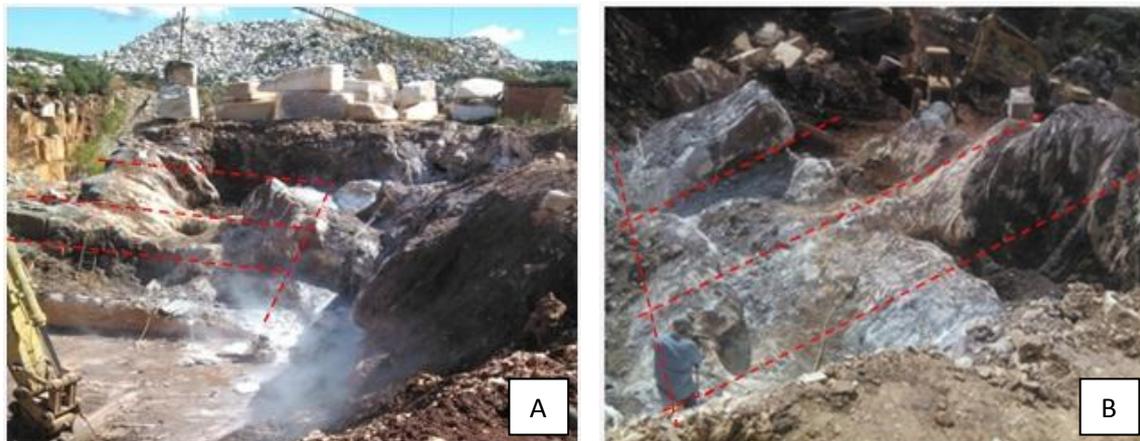


Figura 58 – Direcção dos furos de levante, com vista ao destaque dos cabeços.

Após a conclusão dos furos horizontais e verticais deu-se então início à fase de corte com fio diamantado (fig. 59 A e B).

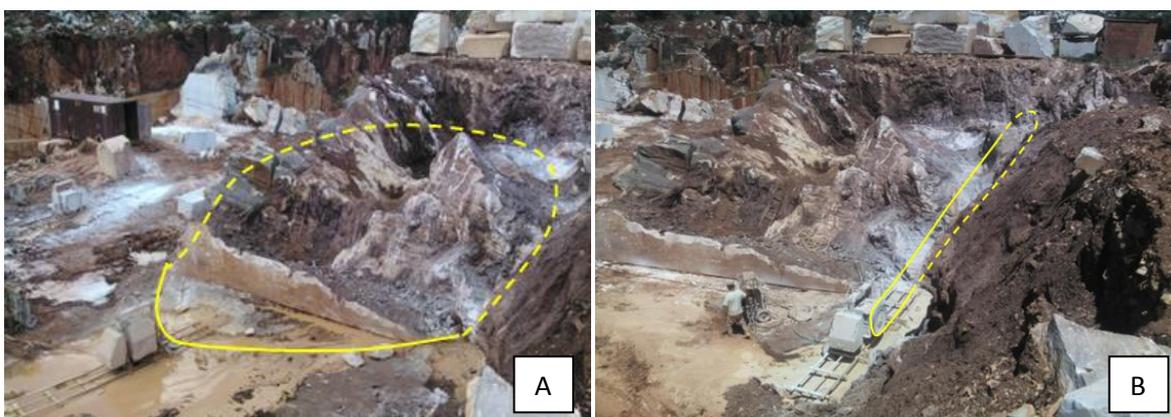


Figura 59 – A - Corte horizontal ou de levante. B – Corte vertical.

Na remoção destes cabeços foram inicialmente executados furos com a perfuradora de pedra, atravessando-os completamente. Posteriormente foi passado o cordel e seguidamente o fio diamantado para se proceder aos cortes, com a sequência normal, já referida anteriormente. Após a execução dos golpes e das massas individualizadas, estas foram separadas com recurso a colchões hidráulicos.

Por motivos de segurança, já que do outro lado da massa que iria ser removida, a pedra apresentava-se com cerca de 50 m de profundidade teve de se proceder às operações com cuidados redobrados. Assim, foi executado um corte a meio (fig. 60A) para facilitar o derrube desta massa. A poleia motriz da máquina de fio diamantado foi colocada ao alto tal como se

mostra na referida figura. Com a massa já dividida, esta foi derrubada com o auxílio da retroescavadora com uma corrente (fig. 60B) colocada pela parte de trás do cabeço e pelo lado previamente aberto pelo colchão hidráulico.

Após a massa ter sido derrubada foi então esquadrejada de forma a obter-se blocos transportáveis, tendo estes sido removidos pela pá carregadora para o parque de blocos.



Figura 60 – A – Golpe ao alto; B – Derrube da massa com uso de corrente.

Após a obtenção de superfícies lisas continuou-se com os trabalhos de desenvolvimento da pedreira, executando-se o abaixamento de piso seguido do desenvolvimento de canais, prosseguindo assim a evolução natural da pedreira. Neste caso, não se realizou o abaixamento de piso de forma tradicional, optando-se por aproveitar um vestígio de canal já existente.

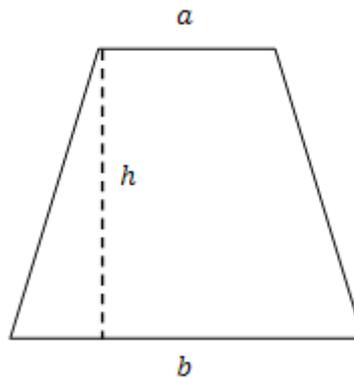
### 5.2.7 Desenvolvimento de canais

Após a remoção do solo de cobertura realizada pela retroescavadora e pelo dumper, deu-se início a um canal (fig. 61) com toda a sequência de trabalhos já referida anteriormente.



Figura 61 – Projecção do canal, numa fase ainda de limpeza.

- Localização na pedreira: Zona à superfície;
- Dimensões, área total, volume total: obtido com recurso à fórmula de cálculo da área do trapézio (fig. 62) multiplicada pela altura da bancada (5 m):

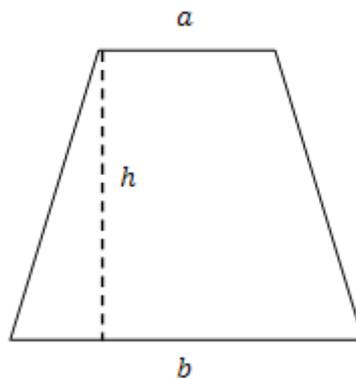


$$\text{Área} = \frac{(a + b)}{2} \times h$$

Figura 62 – Expressão de cálculo da área trapezoidal do canal.

- Dimensões do canal: a= 2,30 m; b= 6,30 m; h=14,30 m;
- Área total: 61.49 m<sup>2</sup>;
- Volume total: 307.45 m<sup>3</sup>;

- Comprimento da perfuração:
  - 2 furos horizontais convergentes com a perfuradora pneumática (bit 90 mm) de cerca de 15 m de comprimento;
  - 8 furos verticais com martelo pneumático ligeiro de cerca de 5 m ao longo dos furos anteriores;
  - 2 furos verticais com perfuradora pneumática Jumbo (bit de 220 mm) de cerca de 5,30 m.
  
- Nº de cortes; Áreas de corte;
  - 6 cortes com fio diamantado
    - Corte de topo de canal/1ª talhada - 2.30 m x 5 m;
    - Corte 2ª talhada – 3.10 m x 5 m;
    - Corte 3ª talhada – 3.95 m x 5 m;
    - Corte 4ª talhada – 4.75 m x 5 m;
    - Corte 5ª talhada –5.50m x 5 m;
    - Corte de levante – a- 6.30 m; b- 2.30 m; Área: 61.50 m<sup>2</sup>;
    - 2 Cortes laterais – 14.50 m x 5 m.
  
- Dimensão, peso e volume das talhadas: obtido com recurso à fórmula de cálculo da área do trapézio (fig. 63) multiplicada pela altura da bancada (5 m);



$$\text{Área} = \frac{(a + b)}{2} \times h$$

Figura 63 – Expressão de cálculo da área trapezoidal das talhadas do canal.

- 1ª talhada – Dimensões: a= 2,30 m; b= 3,10 m; h= 3 m; altura do piso = 5 m;
  - Área: 8,1 m<sup>2</sup>; Volume: 40,5 m<sup>3</sup>; Peso: 110 t

- 2ª talhada – Dimensões: a= 3,10 m; b= 3,95 m; h= 3 m; altura do piso = 5 m;
  - Área: 10,57 m<sup>2</sup>; Volume: 52.85 m<sup>3</sup>; Peso: 143 t
  
- 3ª talhada – Dimensões: a= 3,95 m; b= 4,75 m; h= 3 m; altura do piso = 5 m;
  - Área: 13.05 m<sup>2</sup>; Volume: 65.25 m<sup>3</sup>; Peso: 177 t
  
- 4ª talhada – Dimensões: a= 4,75 m; b= 5,50 m; h= 3 m; altura do piso = 5 m;
  - Área: 15.38 m<sup>2</sup>; Volume: 77 m<sup>3</sup>; Peso: 208 t
  
- 5ª talhada – Dimensões: a= 5,50 m; b= 6,30 m; h= 3 m; altura do piso = 5 m;
  - Área: 17.7 m<sup>2</sup>; Volume: 88.5 m<sup>3</sup>; Peso: 240 t

Observações:

- A perfuração horizontal foi realizada enquanto se removia o solo sobre a área onde se ia desenvolver o canal;
  
- A figura 64 representa o esquema da perfuração adoptado na execução do canal. A vermelho estão representados os furos horizontais com martelo de fundo-de-furo (bit 90 mm), a azul estão representados os poços mestres executados com a perfuradora Jumbo (bit 220 mm) e a amarelo estão representados os furos verticais executados com martelo pneumático ligeiro espaçados cerca de 3 m que vão definir a largura de cada talhada;

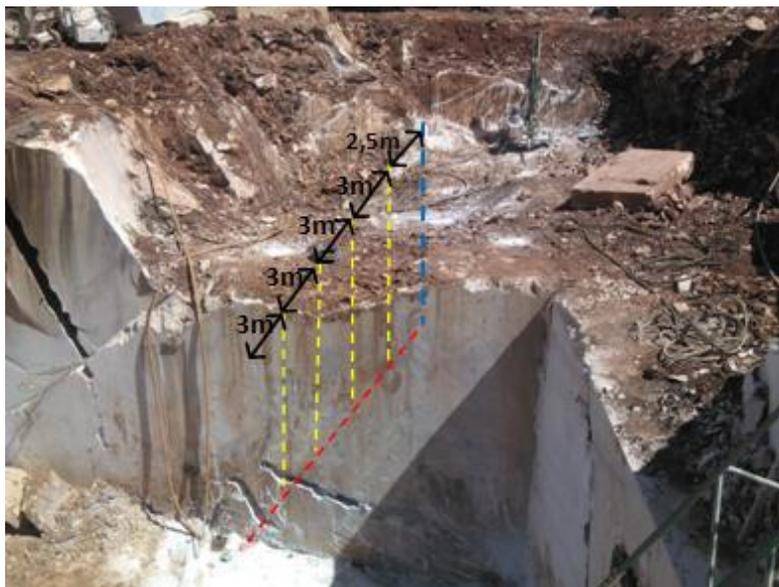


Figura 64 – Representação esquemática da perfuração executada na abertura de um canal.

- Após a conclusão dos furos horizontais com o martelo pneumático realizaram-se os poços mestres com a perfuradora Jumbo equipada com bit de 220 mm. A perfuradora foi transportada pela grua Derrick para o local onde realizou os furos e após ter sido colocada no local previamente marcado foi alinhada e fixa de forma a realizar o furo o mais direito possível.
- Aquando do golpe de levante, acrescentou-se um pouco de fio, cerca de 25 m, pois a nova área de corte era superior à área correspondente ao golpe de topo. Após o corte de topo deixou-se o fio diamantado no rasgo por ele efectuado, tendo sido empurrado para baixo de forma a ficar bem na base do corte de topo e permitir assim uma execução perfeita do corte de levante, evitando-se possíveis ressaltos no futuro piso.

### 5.3 Rendimento dos equipamentos

Ao longo do estágio foram recolhidos dados relativos ao funcionamento dos vários equipamentos com o objectivo de determinar os rendimentos de cada operação. Para determinar estes rendimentos foi apontada no caderno de campo a hora de início de cada operação individual (perfuração, corte, derrube, esquadrejamento, remoção e transporte) e também a hora de conclusão das mesmas.

Após contabilizado o tempo total foi determinado o tempo útil. Este procedimento foi principalmente adoptado para as operações de corte, pois foram as que mais se prolongaram abrangendo tempos mortos como a hora de refeição, a descida e subida pelas escadas para o fundo da cavidade, no início de cada turno, almoço e fim de turno. Assim, no cálculo do tempo útil para operações de corte, a cada turno de 4 horas foi subtraído 15 minutos relativo à descida e subida dos trabalhadores. Como cada turno de 4 horas é constituído por 240 minutos (4 x 60 min) neste caso tomou-se 225 minutos (240-15 min).

Os dados recolhidos relativos à perfuração com martelo pneumático ligeiro, perfuradora pneumática rotopercussiva e perfuradora pneumática Jumbo foram inseridos em folha de cálculo excel onde foram definidas colunas com o comprimento (em metros) do furo realizado, com a duração (em horas e em minutos) da operação e foi calculada a velocidade (em metros por minuto e em metros por hora) dividindo o comprimento pela duração em minutos e em horas, respectivamente.

A tabela 4 representa os dados recolhidos relativos à perfuradora pneumática roto-percussiva com bit de 90 mm.

Tabela 4 – Dados recolhidos para a perfuradora pneumática roto-percussiva.

Comprimento (m)	Duração (h)	Duração (min)	Velocidade (m/min)	Velocidade (m/h)
20	3h20	200	0.10	6.00
18	3h	180	0.10	6.00
18	3h10	190	0.09	5.68
9	1h25	85	0.11	6.35
18	3h05	185	0.10	5.84
9	1h35	95	0.09	5.68
9	1h30	90	0.10	6.00
9	1h35	95	0.09	5.68
13	2h15	135	0.10	5.78
17	2h55	175	0.10	5.83
17	2h50	170	0.10	6.00
17	3h25	205	0.08	4.98
17	3h15	195	0.09	5.23

A partir dos dados da tabela anterior foi calculada a média para os diferentes valores de velocidade de perfuração, obtendo-se 5.77 m/h de velocidade de perfuração média e 15 m de comprimento médio. A determinação deste parâmetro é útil, por exemplo, no cálculo da

duração da perfuração para qualquer comprimento de furo, permitindo assim projectar-se períodos de tempo necessário para perfuração em furos futuros.

Exemplo:

Comprimento do furo a calcular – 15 m ; Velocidade média de perfuração – 5,8 m/h.

$$\text{Duração (t)} = \frac{\text{Comprimento do furo (m)}}{\text{Velocidade média de perfuração (m/h)}}; \text{Duração (t)} = \frac{15}{5,8} = 2,58 \text{ horas ou seja } \underline{2\text{h}35\text{min.}}$$

O gráfico seguinte representa os vários valores de velocidade de perfuração com perfuradora pneumática roto-percussiva por ordem cronológica.

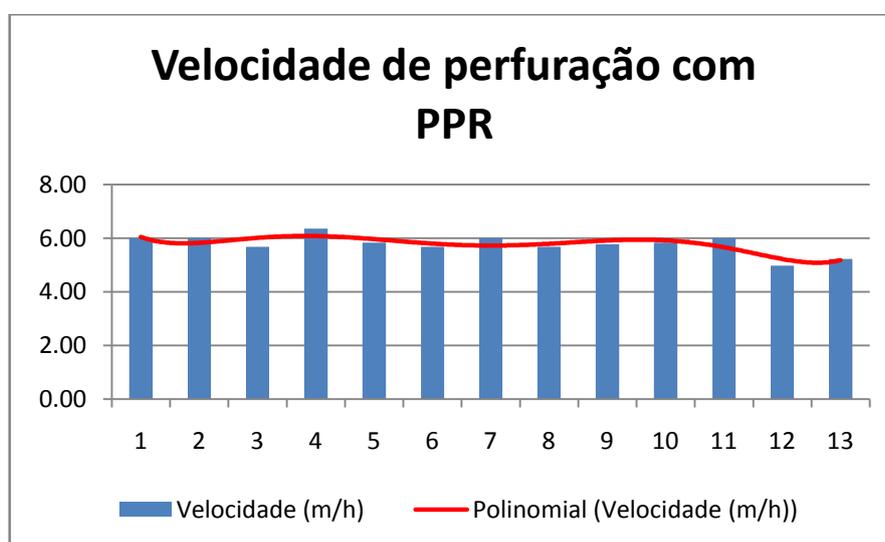


Gráfico 1 – Velocidade de perfuração com perfuradora pneumática.

Os valores para a velocidade de perfuração com a perfuradora de pedra (gráfico 1) mantiveram-se praticamente constantes ao longo do período de recolha de dados.

Na tabela 5 estão representados os valores relativos à velocidade de perfuração com martelo pneumático ligeiro.

Tabela 5 – Dados recolhidos relativos ao martelo pneumático ligeiro.

Comprimento (m)	Duração (h)	Duração (min)	Velocidade (m/min)	Velocidade (m/h)
7	1h25	85	0.08	4.94
7	1h35	95	0.07	4.42
7	1h40	100	0.07	4.20

Tabela 5 – Dados recolhidos relativos ao martelo pneumático ligeiro (cont.).

7	1h45	105	0.07	4.00
7	1h30	90	0.08	4.67
7	1h25	85	0.08	4.94
7	1h50	110	0.06	3.82
7	1h30	90	0.08	4.67
4	0h50m	50	0.08	4.80
4	0h55m	55	0.07	4.36
4	1h	60	0.07	4.00
4	1h05	65	0.06	3.69
4	1h	60	0.07	4.00
7	1h40	100	0.07	4.20
7	1h35	95	0.07	4.42
7	1h50	110	0.06	3.82
7	1h45	105	0.07	4.00

Com os dados relativos à tabela anterior, calculou-se a média para os valores de velocidade de perfuração, obtendo-se 4,29 m/h de velocidade média de perfuração. O comprimento mais usual para este tipo de furos é 7 m.

O gráfico seguinte representa os vários valores de velocidade de perfuração com o martelo pneumático ligeiro por ordem cronológica.

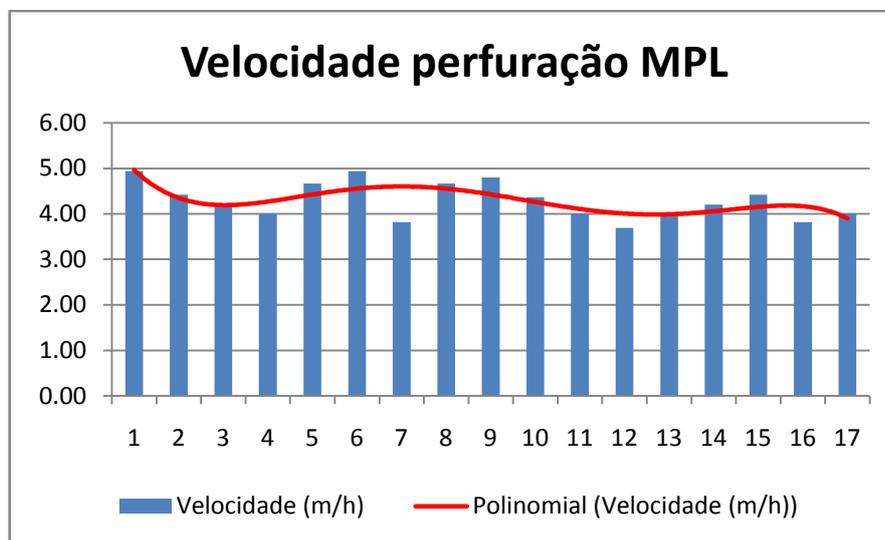


Gráfico 2 – Velocidade de perfuração com martelo pneumático ligeiro.

Os valores para a velocidade de perfuração com martelo pneumático ligeiro (gráfico 2) variaram um pouco ao longo do período de recolha de dados mas sempre dentro do intervalo 4 a 5 m/h.

Na seguinte tabela estão representados os dados obtidos relativos ao corte com fio diamantado.

Tabela 6 – Dados recolhidos para os golpes com fio diamantado.

Medidas (C x L) ou (C x H)		Área (m <sup>2</sup> )	Duraçã o (h)	Duração (min)	Velocidade (m <sup>2</sup> /min)	Velocidade (m <sup>2</sup> /h)	Máquina	Zona	Tipo de corte	Cabo	OBS
15	8.3	124.5	33h20m	2000	0.06225	3.74	Benetti	Zona A	Levante	Cabo novo 1	Retirar maq antes
15	7	105	37h	2220	0.0473	2.84	Fravizel FSC-60	Zona A	Topo	Cabo novo 1	
8.4	6	50.4	11h05m	665	0.0758	4.55	Benetti	Zona B	Levante	Cabo novo 2	
8.4	4	33.6	7h05m	425	0.0791	4.74	Benetti	Zona B	Talhada	Cabo novo 2	
8.3	7	58.1	21h15m	1275	0.0456	2.73	Fravizel FSC-60	Zona A	Talhada 1	Cabo novo 1	Ultimo corte do cabo 1
8.3	7	58.1	11h30m	690	0.0842	5.05	Fravizel FSC-60	Zona A	Talhada 2	Cabo novo 2	
8.3	7	58.1	13h30m	765	0.0759	4.56	Fravizel FSC-45	Zona A	Talhada 3	Cabo novo 2	
8.3	7	58.1	14h	800	0.0726	4.36	Fravizel FSC-45	Zona A	Talhada 4	Cabo novo 2	
8.3	7	58.1	14h15	815	0.0713	4.28	Fravizel FSC-45	Zona A	Talhada 5	Cabo novo 2	
3	7	21	3h40	220	0.0955	5.73	Fravizel FSC-45	Zona A	DiviTalhad1	Cabo novo 2	
3	7	21	4h00	240	0.0875	5.25	Fravizel FSC-45	Zona A	DiviTalhad2	Cabo novo 2	
3	7	21	5h30	300	0.0700	4.20	Fravizel FSC-45	Zona A	DiviTalhad3	Cabo novo 2	
15.8	6	94.8	16h50	1010	0.0939	5.63	Benetti	Zona A-1	Levante	Cabo novo 3	Substituto do Cabo1
3	7	21	4h30	270	0.0778	4.67	Fravizel FSC-45	Zona A	DiviTalhad5	Cabo novo 2	
15.8	4	63.2	11h25	685	0.0923	5.54	Fravizel FSC-45	Zona A-1	Talhada 1	Cabo novo 3	
15.8	4	63.2	11h40	700	0.0903	5.42	Fravizel FSC-45	Zona A-1	Talhada 2	Cabo novo 3	
15.8	4	63.2	13h15m	795	0.0795	4.77	Fravizel FSC-45	Zona A-1	Talhada 3	Cabo novo 3	Maior área
6	4	24	4h45m	285	0.0842	5.05	Fravizel FSC-45	Zona A-1	Topo	Cabo novo 3	
15.35	6.5	99.775	22h30m	1350	0.0739	4.43	Benetti	Zona A	Levante	Cabo novo 3	
15.35	7	107.45	37h	2220	0.0484	2.90	Fravizel FSC-45	Zona A	Talhada 1	Cabo novo 3	Cabo partiu (2h30-3h)
15.35	7	107.45	37h05m	2225	0.0483	2.90	Fravizel FSC-45	Zona A	Talhada 2	Cabo novo 3	Cabo partiu (2h30-3h)
15.35	7	107.45	22h	1320	0.0814	4.88	Fravizel FSCR45-1	Zona A	Talhada 3	Cabo novo 3	

Tabela 6 – Dados recolhidos para os golpes com fio diamantado (cont.).

7	6.5	45.5	13h30	810	0.0562	3.37	Fravizel FSC-45	Zona A	Topo	Cabo novo 3	Ultimo corte das FSC
7	2.2	15.4	3h35m	215	0.0716	4.30	Fravizel FSCR45-1	Zona A	DiviTalhadada1	Cabo novo 3	
12.8	4.4	56.32	12h40	760	0.0741	4.45	Fravizel FSCR45-2	Zona A-1	Levante	Cabo novo 3	
12.8	4	51.2	15h	900	0.0569	3.41	Fravizel FSCR45-2	Zona A-1	Talhada 1	Cabo novo 3	
12.8	4	51.2	14h30	870	0.0589	3.53	Fravizel FSCR45-2	Zona A-1	Talhada 2	Cabo novo 3	
4	4.4	17.6	3h12	132	0.1333	8.00	Fravizel FSCR45-2	Zona A-1	Topo	Cabo novo 3	
2.45	7	17.15	8h35	515	0.0333	2.00	Benetti	Zona A	Topo Canal	Cabo novo 4	
8.8	7.25	63.8	20h	1200	0.0532	3.19	Fravizel FSCR45-1	Zona A	Levante Canal	Cabo novo 4	
3.25	7	22.75	5h	300	0.0758	4.55	Fravizel FSCR45-2	Zona A	Talhada 1 Canal	Cabo novo 4	
4.05	7	28.35	7h30	450	0.0630	3.78	Fravizel FSCR45-1	Zona A	Talhada 2 Canal	Cabo novo 4	
4.85	7	33.95	8h25	505	0.0672	4.03	Fravizel FSCR45-2	Zona A	Talhada 3 Canal	Cabo novo 4	
5.55	7	38.85	10h	600	0.0648	3.89	Fravizel FSCR45-1	Zona A	Talhada 4 Canal	Cabo novo 4	
14.2	7	99.4	24h05	1445	0.0688	4.13	Fravizel FSCR45-1	Zona A	LateralEsq.Canal	Cabo novo 4	
14.65	7	102.55	23h	1380	0.0743	4.46	Fravizel FSCR45-2	Zona A	LateralDir.Canal	Cabo novo 4	

A partir dos dados da tabela anterior foi calculada a média para os diferentes valores de velocidade de corte com fio diamantado no qual se obteve 4,3 m<sup>2</sup>/h de velocidade de corte média e a área média de golpe é de 58 m<sup>2</sup>.

Este valor de velocidade média de corte está dentro do intervalo de 4 e 7 m<sup>2</sup>/h preconizado por Guerreiro, 2000 para os mármore do anticlinal.

O gráfico seguinte representa os vários valores de velocidade de corte com fio diamantado por ordem cronológica.

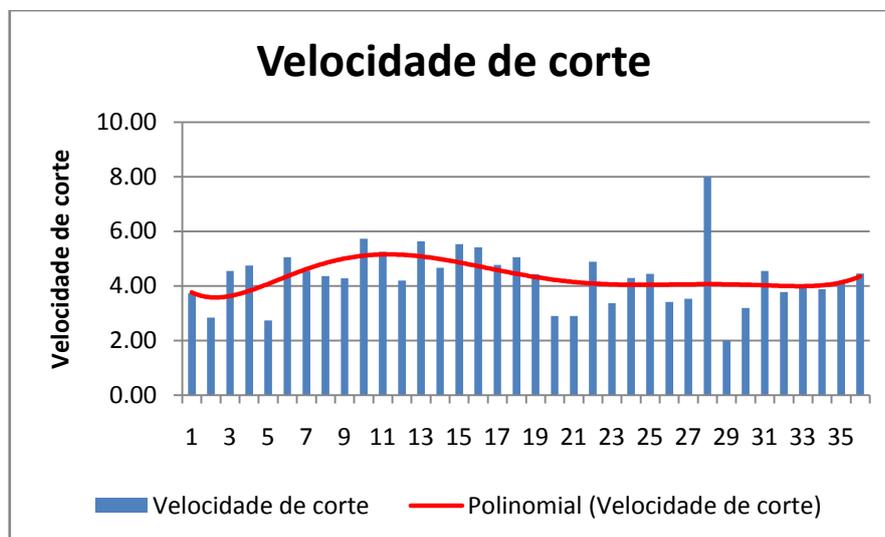


Gráfico 3 – Velocidade de corte com fio diamantado por ordem cronológica.

No gráfico anterior pode observar-se que no início as velocidades de corte eram inferiores a 4 m<sup>2</sup>/h e que posteriormente estas subiram para valores superiores a 5 m<sup>2</sup>/h, voltando depois a valores a rondar os 4 m<sup>2</sup>/h. Esta oscilação nos valores de velocidade de corte deveu-se, no início, a um fio diamantado que foi enviado para a pedreira, não ser o indicado para mármore, mas sim, para moca creme e, posteriormente, à introdução de máquinas de fio diamantado de última geração, às quais os operários tiveram que se adaptar.

Na seguinte tabela estão representados os dados recolhidos para a perfuração vertical com perfuradora Jumbo com bit de 220 mm.

Tabela 7 – Dados recolhidos relativos à perfuradora Jumbo.

	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Duração (min)</b>	<b>Velocidade (m/min)</b>	<b>Velocidade (m/h)</b>
<b>Perfuração V JUMBO</b>	7	3h45m	225	0.031	1.87
	7	4h	240	0.029	1.75
	7	4h30	270	0.026	1.56
	7	4h	240	0.029	1.75

Com os dados relativos à tabela anterior, calculou-se a média para os valores de velocidade de perfuração, obtendo-se 1,7 m/h de velocidade média de perfuração. O comprimento mais usual para este tipo de furos é 7 m.

O gráfico seguinte representa os valores de velocidade de perfuração para a perfuradora Jumbo por ordem cronológica.

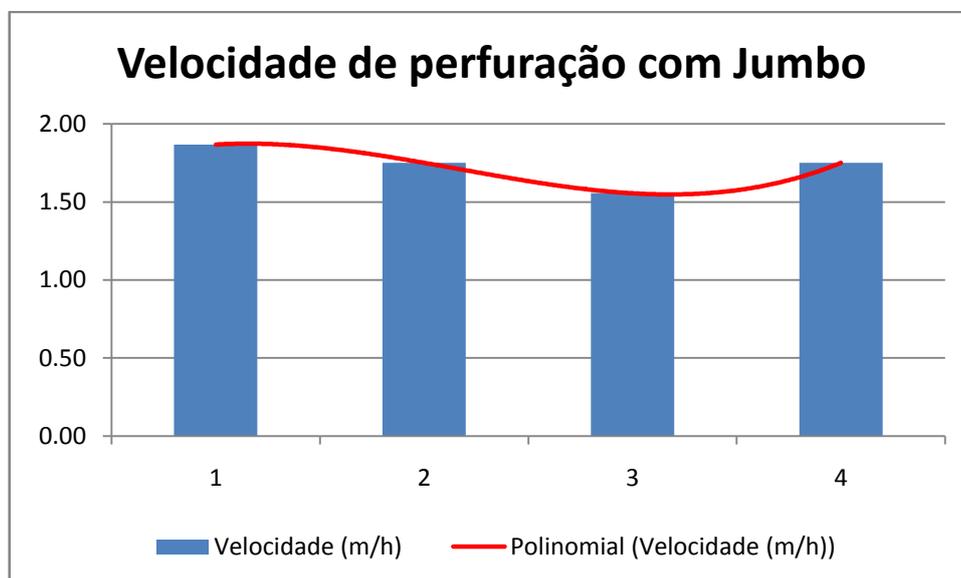


Gráfico 4 – Velocidade de perfuração com perfuradora Jumbo.

As velocidades de perfuração obtidas com a perfuradora Jumbo ao longo do período de recolha de dados situaram-se no intervalo entre 1,50 e 2 m/h.

Todas as médias encontradas reflectem um padrão de operacionalidade, para a unidade extractiva do Olival Grande, com o equipamento usado e com o número de trabalhadores afectos à produção.

#### 5.4 Levantamento de custos por operação da unidade extractiva

Usando os dados recolhidos no capítulo anterior no qual se recolheu dados sobre o rendimento de trabalho dos equipamentos e duração das várias tarefas realizadas na pedreira, executou-se um levantamento de custos onde se estimou o custo de cada operação, nomeadamente, perfuração horizontal e vertical, cortes, desmonte, esquadreamento, remoção e transporte.

Foram recolhidos os valores mensais pagos pela empresa pelos diversos equipamentos (amortização), sempre que existisse, assim como os custos mensais com electricidade, gasóleo e operários.

Assim, considerou-se:

- 1- A duração das operações por minuto para evitar ter valores com casas decimais;
- 2- Considerou-se 2160 horas de trabalho por ano, sendo o resultado de 45 semanas x 6 dias x 8 horas diárias;
- 3- Para o custo de electricidade considerou-se 12 meses pois as bombas funcionam mesmo em altura de férias;
- 4- Para o custo de gasóleo apenas se considerou 11 meses devido a férias;
- 5- Para o custo de ar comprimido considerou-se ser igual ao de electricidade, dado que o ar comprimido é produzido por compressor eléctrico.

Para a operação perfuração horizontal considerou-se o custo do furo médio de 15 m com duração de 160 min.

Tabela 8 – Levantamento de custos para a operação perfuração horizontal.

	Qnt	Duração (min)			Qnt	Duração (min)	
<b>Montagem</b>		<b>40</b>	<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		<b>160</b>	<b>Custo</b>
Homem	2	40	10.67 €	Homem	1	160	21.33 €
Giratória	1	15	9.45 €	Martelo FF	1	160	
Maquinista	1	15	2.00 €	Ar comprimido	1	160	45.33 €
				Electricidade	1	160	45.33 €
Martelo Pneum		15				<b>Total</b>	<b>112.00 €</b>
Ar comprimido	1	15	4.25 €		Qnt		
Electricidade	1	5	1.42 €	<b>Desmontagem</b>		40	
Água				Homens	2	40	10.67 €
Gasóleo	1	15	6.50 €	Electricidade	1	40	11.33 €
		<b>Total</b>	<b>34.28 €</b>			<b>Total</b>	<b>22.00 €</b>
					<b>Total</b>	<b>Operação</b>	<b>168 €</b>

Para a perfuração vertical com martelo pneumático ligeiro considerou-se o custo para um furo de 7 m com duração média de 100 min.

Tabela 9 – Levantamento de custos para a operação perfuração vertical com martelo pneumático ligeiro.

	Qnt	Duração (min.)			Qnt	Duração (min)	
<b>Montagem</b>			<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		100	<b>Custo</b>
Homem	1	5	0.67 €	Homem	1	100	13.33 €
				Ar comprimido	1	100	28.33 €
<b>Mudar barrenas</b>				Martelo Pneumático	1	100	
Homem	1	15	2.00 €	Barrenas	1	100	
		<b>Total</b>	2.67 €			<b>Total</b>	41.67 €
				<b>Total</b>		<b>Operação</b>	44.33 €

No caso do corte com fio diamantado foi considerado um golpe de 58 m<sup>2</sup> de dimensão e de duração de 875 min.

Tabela 10 – Levantamento de custos para a operação de corte com fio diamantado.

	Qnt	Duração (min)			Qnt	Duração (min)	
<b>Montagem</b>		50	<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		875	<b>Custo</b>
Homem	2	50	13.33 €	Homem	1	875	116.67 €
Giratória	1	20	12.60 €	Maq. Fio. D	1	875	176.46 €
Maquinista	1	20	2.67 €	Electricidade	1	875	247.92 €
Maq. Fio D.	1	25	5.05 €	Fio D.	1	875	102.08 €
Passar fio D.	1	30	4.00 €			<b>Total</b>	643.13 €
Poste Orientação	1	20	2.67 €				
Martelo Pneum	1	15		<b>Desmontagem</b>		20	
				Homem	1	20	2.67 €
Ar comprimido	1	15	4.25 €	Giratória	1	15	9.45 €
Gasóleo	1	20	8.67 €	Maquinista	1	15	2.00 €
				Gasóleo	1	15	6.50 €
		<b>Total</b>	53.23 €			<b>Total</b>	20.62 €
				<b>Total</b>		<b>Operação</b>	716.98 €

No caso da operação de desmonte foi considerada a abertura (com apenas 1 colchão) e derrube de uma talhada de 7 m de altura.

Tabela 11 – Levantamento de custos para a operação de desmonte.

<b>Abertura</b>	Qnt	Duração (min)		<b>Abertura</b>	Qnt	Duração (min)	
<b>Montagem</b>		15	<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		30	<b>Custo</b>
Homem	2	15	2.00 €	Homem	2	30	8.00 €
Colchão Hidr	1		25.00 €	Bomba	1	30	
				Electricidade	1	30	8.50 €
Inserir colchão	1	5	0.67 €				
Transp. Bomba	1	10	1.33 €		Qnt	Duração (min)	
				<b>Desmontagem</b>		20	
				Retirar colchão	1	15	2.00 €
				Arrumar bomba	1	5	0.67 €
		<b>Total</b>	29.00 €			<b>Total</b>	19.17 €
<b>Derrube</b>	Qnt	Duração (min)					
<b>Execução</b>		25	<b>Custo</b>				
Giratória c/ripper	1	25	15.75 €				
Máquinista	1	25	3.33 €				
Gasóleo	1	25	10.83 €				
					<b>Total</b>	<b>Operação</b>	78.08 €
		<b>Total</b>	29.92 €				

Para a operação de esquadrejamento foi considerado o tempo médio por bloco de 100 min.

Tabela 12 – Levantamento de custos para a operação esquadrejamento.

	Qnt	Duração (min)			Qnt	Duração (min)	
<b>Montagem</b>		20	<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		100	<b>Custo</b>
Homem	2	20	5.33 €	Homem	1	100	13.33 €
Giratória	1	15	9.45 €	Maq. Fio.D	1	100	20.17 €
Maquinista	1	15	2.00 €	Fio D.	1	100	11.67 €
				Electricidade	1	100	28.33 €
Gasóleo	1	15	6.50 €				
						<b>Total</b>	73.50 €
		<b>Total</b>	23.28 €				
				<b>Total</b>	<b>Operação</b>		96.78 €

Para a operação de remoção de blocos com auxílio da grua considerou-se a duração da operação por bloco.

Tabela 13 – Levantamento de custos para a operação de remoção de blocos com a grua.

	Qty	Duração (min)			Qty	Duração (min)	
<b>Ligar bloco</b>		10	<b>Custo</b>	<b>Execução</b>		35	<b>Custo</b>
Homem	1	10	1.33 €	Grua	1	35	
Pá carregadora	1	10	8.06 €	Operador	1	35	4.67 €
Maquinista	1	10	1.33 €	Electricidade	1	35	9.92 €
Grua	1	10					
Operador	1	10	1.33 €			<b>Total</b>	14.58 €
Electricidade	1	5	1.42 €				
Gasóleo	1	10	4.33 €				
		<b>Total</b>	17.81 €		<b>Total</b>	<b>Operação</b>	32.39 €

No caso da remoção de escombros com dumper pela rampa para a escombreira.

Tabela 14 – Levantamento de custos para a operação de remoção de escombros com dumper.

	Qty	Duração (min)			Qty	Duração (min)	
<b>Carregar</b>		15	<b>Custo</b>	<b>Descarregar/Rampa</b>		40	<b>Custo</b>
Giratória	1	15	9.45 €	Dumper	1	40	
Dumper	1	15		Maquinista	1	40	5.33 €
Maquinista	1	15	2.00 €	Gasóleo	1	40	17.33 €
Gasóleo	1	15	6.50 €				
						<b>Total</b>	22.67 €
		<b>Total</b>	17.95 €				
					<b>Total</b>	<b>Operação</b>	40.62 €

No caso da remoção de escombros pela grua com uma cuba.

Tabela 15 – Levantamento de custos para a remoção de escombros pela grua.

	Qnt	Duração (min)			Qnt	Duração (min)	
<b>Carregar a cuba</b>		15	<b>Custo</b>	<b>Descarregar/Grua</b>		40	<b>Custo</b>
Pá carregadora	1	15	12.09 €	Grua	1	40	
Maquinista	1	15	2.00 €	Operador	1	40	5.33 €
				Electricidade	1	40	11.33 €
Gasóleo	1	15	6.50 €				
						<b>Total</b>	16.67 €
		<b>Total</b>	20.59 €				
					<b>Total</b>	<b>Operação</b>	37.25 €

Em resumo, com este levantamento de custos concluiu-se que cada perfuração horizontal com um comprimento médio de 15 m custa 168€, cada perfuração vertical com martelo pneumático ligeiro de 7 m de dimensão custa 45€, cada golpe com fio diamantado de área de 58 m<sup>2</sup> custa 716€, por cada desmonte de talhada usando apenas 1 colchão e a giratória com ripper custa 79 €, por cada esquadrejamento com fio diamantado custa 97€, que cada bloco removido pela grua custa 33€, a remoção de escombros com grua e cuba custa 38€ enquanto que a mesma remoção de escombros efectuada pelo dumper através da rampa até à escombreira custa 41€.

Assim, com este levantamento, conseguimos ter uma noção do custo de cada operação essencial ao bom desenvolvimento da unidade extractiva e apercebermo-nos da importância do sucesso de cada operação, de modo, a evitar custos desnecessários.

## 6. TRANSFORMAÇÃO

### 6.1 Apresentação da empresa A. B. Vermelho, Lda

A empresa António Bento Vermelho, Lda., foi fundada em 1960 em nome individual e desde então dedica-se à extracção, transformação e comercialização de blocos e produtos derivados.

Actualmente, tem 50 operários mas em tempos áureos chegou a ter cerca de 160.

A área total das instalações de transformação é de cerca de 2 ha, sendo que, a área de produção coberta da nave é de 3900 m<sup>2</sup>. Cerca de 90% do material que é transformado nesta fábrica é proveniente das pedreiras que possui.

A produção anual desta empresa é de 50000 m<sup>2</sup> de chapa e 50000 m<sup>2</sup> de ladrilho/obra acabada, sendo que estes produtos têm marcação CE.

Cerca de 90% da produção da empresa destina-se à exportação, particularmente para a Arábia Saudita, Espanha, China, países da América Latina, Norte de África e resto da Europa, facturando anualmente 2,5 milhões de euros.

O acesso às instalações fabris (fig. 65) é feito pelo parque industrial de Borba pela rua de Montes Claros em direcção à localidade Barro Branco.



Figura 65 – Localização da A.B.Vermelho, Lda. Fonte: Google earth.

O ciclo fabril é representado no fluxograma seguinte (fig. 66), sendo posteriormente descritos todos os processos referentes às principais linhas de produção desta unidade de transformação.

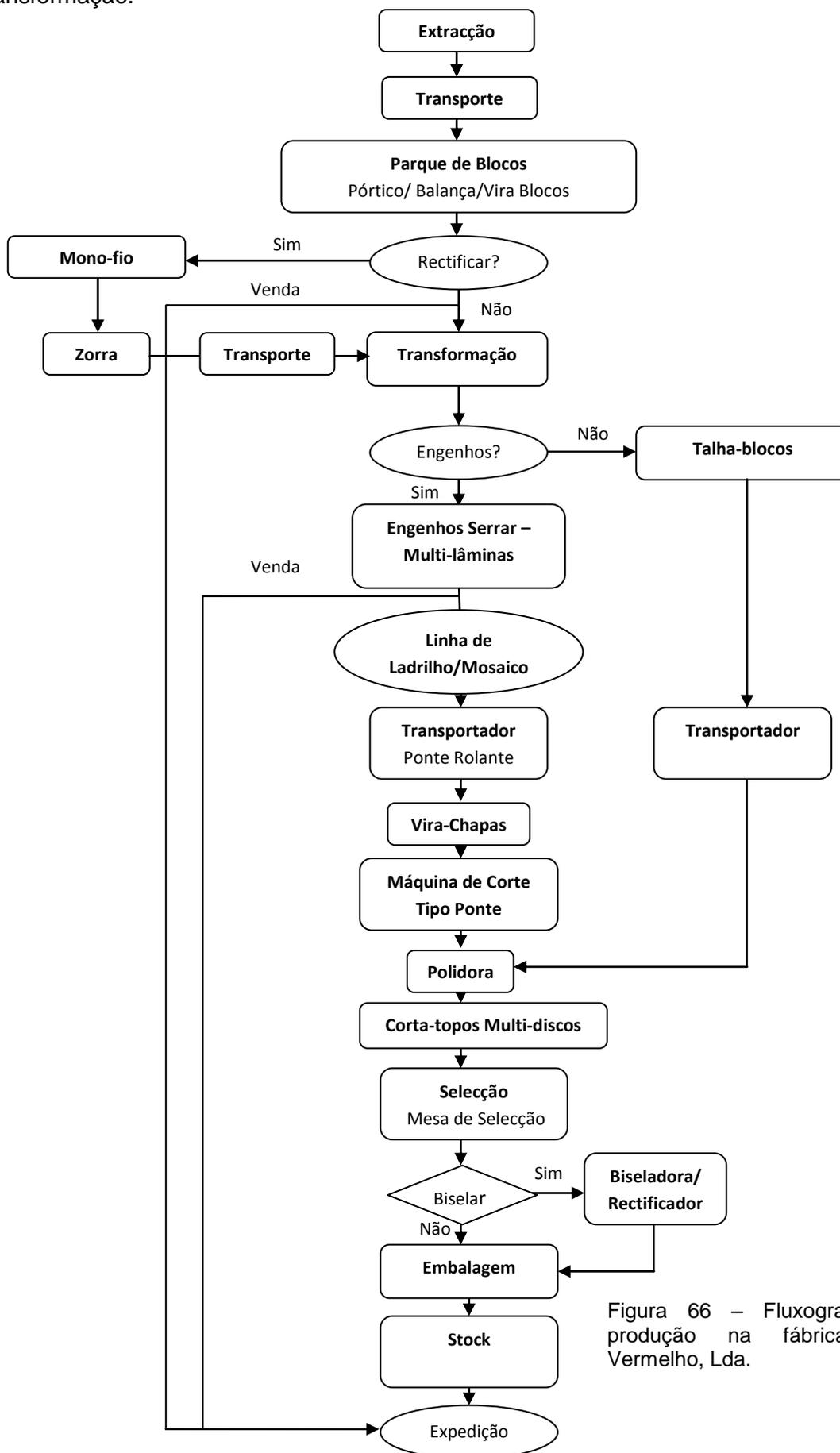


Figura 66 – Fluxograma da produção na fábrica A.B. Vermelho, Lda.

## 6.2 Recepção dos blocos

Os blocos extraídos chegam em camiões provenientes das pedreiras pertencentes à empresa, mais propriamente, da pedreira D, da pedreira H (zona de Pardais) e da pedreira Olival Grande (Lagoa) que são as unidades extractivas que mais blocos fornecem para a transformação. Estes blocos são depositados no parque de blocos, sendo distribuídos criteriosamente, consoante a sua proveniência e prioridade.

A descarga do camião para o parque de blocos é conseguida através de dois pórticos (fig. 67) cujo raio de acção cobre toda a área. Após serem descarregados, os blocos são medidos, avaliados e identificados com um número de fábrica. Na avaliação é decidido se o bloco possui as condições necessárias para ser encaminhado para os engenhos de serrar ou, caso seja necessário, pode ser rectificativo no monofio, considerando-se esta fase como transformação primária.



Figura 67 – Pórticos que dão serventia ao parque de blocos.

Se não for necessária a rectificação, o bloco segue automaticamente para o processo de serragem nos engenhos, ou caso este não apresente qualidade suficiente para ser serrado nos engenhos é encaminhado para o talha-blocos.

As condições necessárias para um bloco ser serrado no engenho são que, este possua boas dimensões, forma paralelepípedica, ausência de fracturas, ou quando presentes, não comprometam o processo de serragem.

### 6.3 Transformação primária

O principal objectivo do corte primário é conferir uma forma paralelepipedica aos blocos, retirando-lhes os defeitos estruturais. Nesta empresa, este processo é normalmente executado com recurso a monofio (fig. 68), sendo particularmente utilizado para rectificar as dimensões de blocos adquiridos a outras empresas, pois os blocos provenientes das pedreiras pertencentes à empresa já chegam com o corte primário aplicado.



Figura 68 – Monofio Pelegrini.

### 6.4 Produção de chapa

#### 6.4.1 Engenho multilâminas

A transformação do bloco em chapas é efectuada por engenhos multilâminas que cortam o bloco em chapas com espessuras predefinidas pelo afastamento entre lâminas.

Este equipamento possui um tear que suporta o conjunto de lâminas que, através de movimento de “vai-e-vem”, promove os cortes. À medida que o corte se vai efectuando, a zorra onde o bloco está colocado, executa um movimento ascendente, “empurrando” o bloco contra as lâminas, permitindo assim que estas estejam em permanente contacto com a pedra (fig. 69). Este equipamento possui uma velocidade de corte de aproximadamente 15 cm/h e, tal como

outros equipamentos, possui um sistema de refrigeração das peças de corte e de limpeza constantes dos golpes, por injeção de água. A colocação e remoção dos blocos na zorra é feita com o auxílio do pórtico.

Concluído este processo, as chapas obtidas são depositadas no parque de blocos numa zona reservada a estas, ou nas laterais do pavilhão, perto das máquinas de corte tipo ponte.

Esta empresa possui 3 engenhos multilaminas, com diferentes características. Dois destes engenhos, de maiores dimensões possuem 80 lâminas com 4,40 m de comprimento, destinados a serrar a 2 cm de espessura. Têm capacidade para blocos com dimensões até 3,20 m x 2 m x 2 m e possuem 150 cv de potência.

O engenho de menores dimensões tem capacidade para 48 lâminas com 3,85 m de comprimento e serra a 3 cm de espessura. A dimensão máxima dos blocos que suporta é de 2,90 m x 1,70 m x 1,70 m e possui 120 cv de potência.



Figura 69 – Bloco em processo de corte no engenho.

## 6.5 Produção de bandas

### 6.5.1 Talha-blocos

Os blocos informes, ou sem qualidade que justifique a sua transformação em chapas nos engenhos, são encaminhados para o talha-blocos.

Este equipamento possui dois discos de corte, um posicionado na vertical e outro na horizontal. O disco vertical aplica o corte, segundo medida pré-definida pelo operário, que corresponderá à largura e espessura da banda, enquanto que, o disco horizontal aplica o corte que desprende a banda do bloco. Normalmente, este processo inicia-se pela rectificação do bloco que consiste na aplicação de sucessivos cortes, com o disco vertical, com profundidades iguais ou superiores a 2 cm. São usadas profundidades maiores, caso o bloco seja muito irregular, procedendo-se aos correspondentes cortes com o disco horizontal, de forma a remover uma pequena “capa” do bloco tornando-o o mais regular possível e de modo a tomar essa medida como ponto de partida para os golpes seguintes. Após o processo de rectificação, a estrutura móvel que possui os 2 discos, é posicionada de forma a executar o corte e este é iniciado segundo as medidas pretendidas.

O talha-blocos presente na fábrica é da marca Pedrini e tem um disco vertical de 1300 mm e um disco horizontal de 400 mm. O motor do disco vertical é de 230 cv. Este é um equipamento que não é muito usado pois apresenta um elevado consumo de electricidade devido à enorme potência dos seus motores.

As bandas resultantes deste processo são colocadas em cavaletes e com recurso a um empilhador são posicionadas junto da polidora de ladrilho, pois este será o seu próximo estágio.

#### 6.5.2 Máquina de corte tipo ponte

As chapas produzidas previamente no engenho e armazenadas, são transferidas através da ponte rolante, suspensas por cabos de aço, ou através de empilhadores, para um vira-chapas que as coloca na horizontal por cima da mesa da máquina de corte tipo ponte que possui um disco de 700 mm e uma potência instalada de 25 kW.

Neste equipamento são aplicados às chapas, cortes longitudinais e transversais com medidas definidas pelo operário. As chapas são assim transformadas em bandas de comprimento mais ou menos variável mas de largura fixa, normalmente, de 60 ou 30 cm.

As chapas são colocadas consoante a orientação que se pretende cortar e são fixas à mesa de corte (fig. 70) para que não se movam durante a execução deste. O primeiro corte efectuado serve para rectificar o comprimento das chapas e marcar o ponto inicial a partir do qual a unidade móvel com disco será deslocada até perfazer a largura pretendida. O equipamento possui um laser que indica ao operador o local, nas chapas, onde será efectuado o corte.

As bandas resultantes deste processo são colocadas com auxílio de um empilhador junto da polidora.



Figura 70 – Execução de golpes longitudinais em chapas, em máquina de corte tipo ponte.

### 8.5.3. Polimento de bandas e produção de ladrilhos

As bandas produzidas previamente nas máquinas de corte tipo ponte e no talha-blocos são agora encaminhadas para um novo estágio de beneficiação, o polimento, com vista ao aumento do seu valor comercial.

Devido ao elevado peso das bandas o seu carregamento é feito através de carregadores equipados com ventosas que por sucção fazem aderir a peça, tornando mais fácil a sua deslocação.

O polimento consiste, basicamente, numa sequência de processos para aplicar brilho neste material. O processo de polimento pode ser dividido em três fases, a primeira, a fase de rectificação em que as bandas passam por uma rectificadora de espessura que as calibrará na espessura pré-definida, este é um processo executado por calços diamantados. A segunda fase, corresponde ao amaciamento que consiste no uso de diferentes calços abrasivos de grão progressivamente decrescente, cada um dos quais vai eliminando os traços deixados pelo anterior, tornando a superfície da pedra o mais lisa possível, sem imperfeições. A terceira fase corresponde ao polimento propriamente dito em que são usados calços de polimento e de limpeza.

Posteriormente, através de rolos e de tapete rolante, as bandas são encaminhadas para uma secção constituída por um corta-topos multidisco. Este equipamento constituído por vários discos diamantados e previamente programados aplicam nas bandas polidas, cortes transversais que lhes confere uma forma rectangular, definindo o comprimento do ladrilho.

O corta-topos multidiscos possui quatro discos espaçados de forma a dividir a banda em vários ladrilhos de 60 cm de comprimento. Caso a banda não tenha comprimento suficiente há um disco montado intermédio que permite o corte em 30 cm.

As dimensões mais usuais nos ladrilhos produzidos nesta empresa são:

- 60 cm x 60 cm;

- 60 cm x 30 cm.

## **6.6 Embalagem e selecção**

Nesta fase o produto final é embalado criteriosamente atendendo à uniformização da cor e padrões, isto é, pretende-se que as peças resultantes do processo de polimento sejam colocadas em grupos com as mesmas características cromáticas. Este é um processo manual efectuado por operários especializados que é iniciado por um prévio controlo de qualidade em mesas de escolha efectuado normalmente por mulheres (seleccionadoras) devido a que estas possuem uma melhor aptidão cromática. Trata-se de um processo caracterizado por alguma complexidade devido à grande heterogeneidade do mármore, pois de uma mesma chapa, ou até mesmo banda, podem sair ladrilhos com padrões diferentes.

Posteriormente, os ladrilhos ou os mosaicos são embalados em caixas de papelão, separados por um filme plástico colocado entre duas superfícies polidas. Segue-se a colocação destas caixas em paletes de madeira protegidas nos topos por placas de esferovite. Em cada lote existe um ladrilho exterior que serve de modelo do conjunto de ladrilhos embalados.

O transporte das paletes é assegurado por um empilhador e por pontes rolantes, ficando o material armazenado em local definido para stock, até sua expedição.

## **6.7 Cortes por medida**

Nos trabalhos especiais feitos por medida inclui-se a elaboração de bancadas de cozinha, de casas de banho, rodapés, revestimentos de fachadas, entre outros. Estes trabalhos são efectuados por equipamentos manuais, como rebarbadoras e também máquinas de corte automáticas tipo ponte.

## 6.8 Estação de tratamento de águas

A água usada no processo de transformação, engenhos e polidora principalmente, é encaminhada por canais para um reservatório comum. Nesse reservatório é adicionado um químico floculante, que actua facilitando a precipitação da carga sólida presente nestas águas. Esta solução, constituída pela água e o floculante, é então bombeada para o depurador (fig. 71).



Figura 71 – Estação de tratamento de águas. 1-Depurador. 2-Depósito.

No depurador, as lamas precipitam para o fundo, ficando por cima destas a água, menos densa, que é posteriormente bombeada para o depósito junto ao depurador, para quando for necessário, volta a entrar no circuito de água da fábrica.

As lamas acumuladas no depurador são bombeadas para o filtro-prensa (fig. 72 A e B) onde são prensadas e ainda acaba por se extrair alguma água que é encaminhada para os reservatórios.

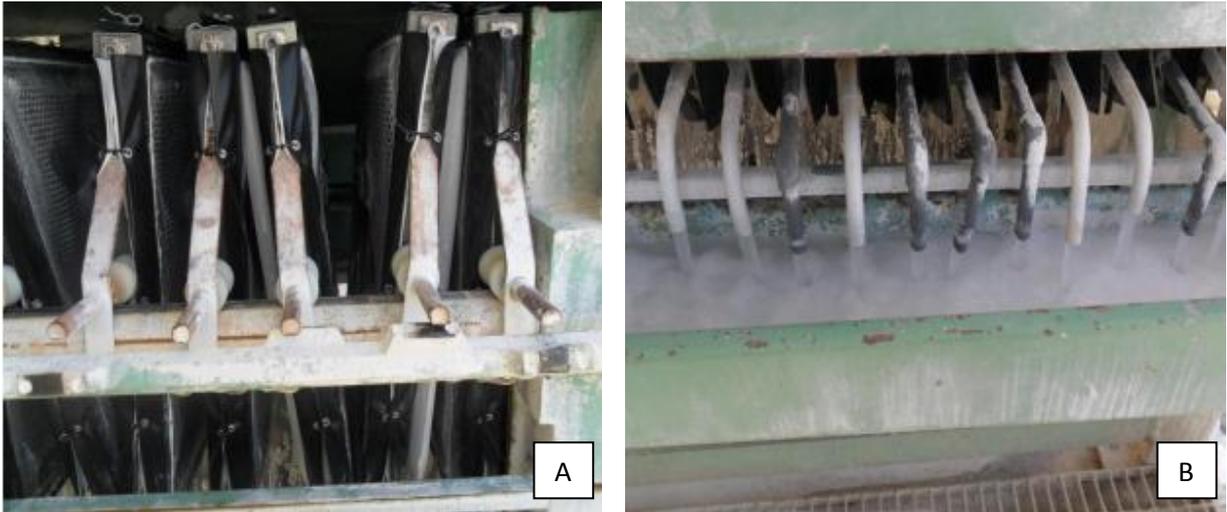


Figura 72 – A-Filtro-prensa. B- Água resultante do filtro-prensa.

As lamas prensadas no interior do filtro-prensa são depositadas na cuba de um dumper por gravidade, quando o fitro-prensa “abre”. Finalmente estas lamas são depositadas na escombeira.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos de pedreira, atendendo às particularidades geológicas, ao equipamento existente e ao número de trabalhadores, estão bem orientados. Apenas se sugere uma distribuição mais equilibrada dos operários pelas diferentes tarefas com vista a optimização do processo produtivo. O alargamento da corta em curso é absolutamente fundamental de forma a aumentar o tempo de vida útil da pedreira.

A divisão das talhadas poderia ter sido feita apenas com um furo horizontal, transversal a todas as talhadas (fig. 73, projectado a amarelo), com a perfuradora de pedreira, evitando-se assim, a realização de vários furos horizontais com martelo pneumático ligeiro na base de cada talhada. Este teria sido um processo muito mais célere.



Figura 73 – Projecção do furo horizontal para posterior divisão de talhadas.

A nível pessoal foi bastante enriquecedor usufruir das inúmeras oportunidades surgidas ao longo do estágio para adquirir experiência, novos conhecimentos e competências, designadamente através do contacto directo com pessoas, que com a sua vasta experiência nas mais diversas áreas, se manifestaram sempre disponíveis para o esclarecimento das dúvidas suscitadas.

O estágio permitiu aprofundar e colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica, de modo a que seja possível a percepção das dificuldades, aprender a superá-las e tomar consciência da importância que o rigor e o conhecimento detêm no exercício desta profissão.

A área da extracção e transformação de rochas ornamentais é uma das mais abrangentes e complexas, não tanto por uma profunda complexidade de conceitos físicos ou matemáticos, mas porque está sempre associada às particularidades de cada pedreira, de cada tipo de rocha de inúmeros equipamentos e de diferentes áreas como a mecânica, hidráulica e electricidade.

A empresa Granoguli, Lda é uma empresa jovem e que aposta forte na aquisição de equipamentos inovadores que prometem maior produtividade e redução de custos.

## BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, D., GOÍNHAS, J., OLIVEIRA, V., RIBEIRO, A. (1971) – “*Observações sobre a geologia do Sul de Portugal e consequências metalogenéticas.*” Serv. Fom. Mineiro, 20 (1/2): 153 - 199.
- CARVALHO, J., et al., 2008, “*Cartografia Temática do Anticlinal: Zona dos Mármore.*” 36p. CEVALOR. INETI. FEDER. Lisboa.
- CARVALHOSA, A.; GONÇALVES, F.; OLIVEIRA, V. (1987) – “*Notícia Explicativa da Folha 36-D, Redondo, da Carta Geológica de Portugal*”. Serviços Geológicos de Portugal.
- CATÁLOGO HYUNDAI 380LC-9. Consultado em 1 Set. 2013. Disponível em: <http://www.hyundai-ce.com.au/brochures/hyundai-r380lc-9-38t-excavator-68.pdf>
- CATÁLOGO MOTORREGO – JOVAL. Consultado em 10 Mar. 2014. Disponível em: <http://www.motorrego.pt/catalogo/HTML/#/107/zoomed>
- CATÁLOGO VOLVO L220F. Consultado em 1 Set. 2013. Disponível em: [http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/whel%20loaders/ProductBrochure\\_L150FtoL220F\\_EN\\_21D1002739\\_2009-09.pdf](http://www.volvoce.com/SiteCollectionDocuments/VCE/Documents%20Global/whel%20loaders/ProductBrochure_L150FtoL220F_EN_21D1002739_2009-09.pdf)
- EUROSTONE\_USA. Consultado em 2 Ago. 2013. Disponível em: <http://eurostoneusa.com/pellegrini-derrick-crane-specifications/>
- GUERREIRO, H. (2000) – “*Exploração Subterrânea de Mármore – Aspectos Geotécnicos.*” Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Georrecursos - Área de Geotecnia. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- HENRIQUES, A.E. (2003) – *Editorial*. Revista Rochas & Equipamentos, nº 72. Comedil – Comunicação e edição, Lda. Lisboa.
- LOPES, J. L. (1995) – “*Caracterização Geológico – Estrutural do Flanco Sudoeste do Anticlinal de Estremoz e Suas Implicações Económicas*”. Dissertação apresentada ao D.G.F.C.U.L. para obtenção do grau de mestre em Geologia Dinâmica Interna. 135p.
- LOPES, J. L. G. (2003) – “*Contribuição para o conhecimento Tectono - Estratigráfico do Nordeste Alentejano, transversal Terena - Elvas. Implicações económicas no aproveitamento de rochas ornamentais existentes na região (Mármore e Granitos).*” Tese de Doutoramento, Departamento Geociências - Universidade de Évora, 568 p.
- OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, V. M.; PIÇARRA, J. M. (1991) – “*Traços Gerais da Evolução Tectono-Estratigráfica da Zona de Ossa – Morena, em Portugal*”. CuadernosLab. Xeológico de Laxe Coruña. Vol. Nº 16. pp. 221-250.

PEREIRA, M.; SOLÁ, A; CHICHORRO, M.; LOPES, L.; GERDES, A.; SILVA, J.B. (2012) – “North-Gondwana assembly, break-up and paleogeography: U–Pb isotope evidence from detrital and igneous zircons of Ediacaran and Cambrian rocks of SW Iberia.” *GondwanaResearch*22. 866-881.

RAMOS, J.M. & MOURA, A. (2010) – “*Alguns aspectos do contributo da geologia no estudo e caracterização de maciços para exploração de rochas ornamentais*”. Ciências Geológicas – Ensino e Investigação e sua História. Vol. II, Cap. I, Geologia e Recursos Geológicos. pp. 131-141.

RIBEIRO, A., ANTUNES, M. T., FERREIRA, M. P., ROCHA, R. B., SOARES, A. F., ZBYSZEWSKY, G., MOITINHO DE ALMEIDA, F., CARVALHO, D. & MONTEIRO, J. H. (1979) – “*Introduction à la géologie générale du Portugal*”. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 114 p.

RITCHIESPECS. Consultado em 3 Ago. 2013. Disponível em: <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=&category=Articulated+Dump+Truck&make=Volvo+BM&model=A20+6x4&modelid=103192>

**ANEXOS**

## Anexo 1 - Dados das *scanlines*

Orientação	Scanline1 N38ºW	Obs	Afast	Scanline2 N36ºW	Obs	Afast	Scanline3 N36ºW	Obs	Afast
CompTOTAL	15.15			15.25			15.5		
	0			0			0		
	0.5		0.5	2.05		2.05	0.6 V+F		0.6
	1.3		0.8	2.15		0.1	1.85		1.25
	1.4		0.1	2.69		0.54	3.85		2
	1.42		0.02	2.89		0.2	4.59		0.74
	2.15		0.73	3.35		0.46	5.9		1.31
	3.1		0.95	3.98		0.63	6.22		0.32
	3.49		0.39	4.19		0.21	6.36		0.14
	3.8		0.31	4.25		0.06	6.6		0.24
	3.9		0.1	4.4		0.15	8 V+F		1.4
	4.8		0.9	4.8		0.4	10.1 V+F		2.1
	4.95		0.15	7.71		2.91	10.6		0.5
	5.3		0.35	<b>10.6 V</b>		2.89	11.9		1.3
	5.6		0.3	<b>11.6 V</b>		1	12.65		0.75
	6 V+F		0.4	12.6		1	13.72		1.07
	6.25 V+F		0.25	13.25		0.65	14.4		0.68
	6.8		0.55	14.29		1.04	15		0.6
	6.95		0.15				15.15		0.15
	<b>7.5 V</b>		0.55				15.37		0.22
	7.8		0.3				15.45		0.08
	8.4		0.6						
	9.29		0.89						
	9.39		0.1						
	10.05		0.66						
	10.69		0.64						
	10.78		0.09						
	11.25		0.47						
	13.75		2.5						
	14.32		0.57						
	15.05		0.73						

Legenda:  
V - Veio  
F - Fractura

Scanline4	Obs	Afast	Scanline5	Obs	Afast	Scanline6	Obs	Afast
N50°E			N52°E			N52°E		
14.6			13.6			14.8		
0			0			0		
0.4		0.4	0.05		0.05	0.04		0.04
0.6		0.2	0.34		0.29	0.25		0.21
0.8 V+F		0.2	<b>0.77 V</b>		0.43	0.4		0.15
0.92		0.12	1.07 V+F		0.3	0.82 v		0.42
1.05		0.13	1.21 V+F		0.14	0.96		0.14
2.25		1.2	<b>1.35 V</b>		0.14	1.1		0.14
3.05 V+F		0.8	<b>1.6 V</b>		0.25	1.3 v		0.2
3.25		0.2	<b>1.8 V</b>		0.2	1.51		0.21
4.3		1.05	<b>2.05 V</b>		0.25	2.1 v		0.59
4.4		0.1	<b>2.2 V</b>		0.15	2.5 v		0.4
<b>4.6 V</b>		0.2	2.95		0.75	2.7 v		0.2
<b>4.8 V</b>		0.2	3.1		0.15	2.8		0.1
<b>5.7 V</b>		0.9	3.2		0.1	3.25		0.45
<b>6.9 V</b>		1.2	<b>4 v</b>		0.8	3.6		0.35
7.4		0.5	<b>4.7 v</b>		0.7	3.8		0.2
7.79		0.39	4.85		0.15	4.1		0.3
7.85		0.06	5.5		0.65	4.52		0.42
<b>8.9 V</b>		1.05	<b>5.6 v</b>		0.1	5 V+F		0.48
<b>9.8 V</b>		0.9	<b>7.9 v</b>		2.3	5.2		0.2
<b>12.2 v</b>		2.4	8.05		0.15	5.75		0.55
<b>12.75 v</b>		0.55	8.85		0.8	8.02		2.27
13.75		1	9.05		0.2	<b>8.8 v</b>		0.78
			9.4		0.35	<b>9.1 v</b>		0.3
			9.5		0.1	9.25		0.15
			<b>10.1 v</b>		0.6	9.62		0.37
			<b>10.4 v</b>		0.3	9.9		0.28
			<b>11 v</b>		0.6	10.2		0.3
			<b>11.3 v</b>		0.3	10.4		0.2
			<b>11.5 v</b>		0.2	10.55		0.15
			<b>12.05 v</b>		0.55	10.6		0.05
			12.1		0.05	10.62		0.02
			12.5		0.4	10.73		0.11
						10.9		0.17
						<b>11.05 v</b>		0.15
						<b>11.2 v</b>		0.15
						<b>11.25 v</b>		0.05
						<b>11.4 v</b>		0.15
						<b>11.6 v</b>		0.2
						12.35		0.75
						12.55		0.2
						12.75		0.2
						13.9		1.15

Scanline7	Obs	Afast	Scanline8	Obs	Afast	Scanline9	Obs	Afast
N38°W			N36°W			N36°W		
17			15.45			15.5		
0			0			0		
1.8 V		1.8	0.4		0.4	0.59		0.59
2.7 V+F		0.9	0.58		0.18	1.07		0.48
4 V+F		1.3	1 v+f		0.42	3.4 v+f		2.33
5.3 V+F		1.3	2 v		1	4.05		0.65
5.7		0.4	3 v		1	4.5 v+f		0.45
6.9		1.2	3.4 v+f		0.4	8.75		4.25
8.2		1.3	3.6 v+f		0.2	9.3		0.55
8.65		0.45	3.75 Fvermelho		0.15	9.6		0.3
9.1 v		0.45	4.2 v		0.45	10.2 v		0.6
9.3		0.2	4.4 v		0.2	10.75 v		0.55
11.1 v		1.8	5 v		0.6	11.2 v+f		0.45
12.2 Fvermelha		1.1	6 v		1	11.7 v+f		0.5
13.2 v		1	6.1 v		0.1	11.9		0.2
13.6 v		0.4	7.6 v		1.5	12.95		1.05
14.2		0.6	7.95		0.35	13.3 v+f		0.35
14.6		0.4	8.3 v		0.35	13.8 v+f		0.5
15.5 v		0.9	8.6 v		0.3	14.3		0.5
15.8 v		0.3	8.9 v+f		0.3			
16.1		0.3	9.1 v+f		0.2			
16.6		0.5	10.15		1.05			
16.8		0.2	11.1 v		0.95			
			11.6		0.5			
			12.2 v		0.6			
			12.6 v		0.4			
			13.5		0.9			

Scanline10	Obs	Afast	Scanline11	Obs	Afast	Scanline12	Obs	Afast
N52ºW			N52ºE			N54ºE		
15.9			18			17		
0			0			0		
0.15 v+f		0.15	0.12		0.12	0.7		0.7
0.35 v		0.2	0.65		0.53	1.4 v		0.7
0.62 v		0.27	1.31 v		0.66	1.5 v		0.1
0.8 v		0.18	2.2		0.89	2.1 v		0.6
1.5 v+f		0.7	2.8		0.6	2.4		0.3
1.75 v+f		0.25	2.9 v		0.1	2.8 v		0.4
1.95		0.2	3.3		0.4	3.1		0.3
2.75 v+f		0.8	3.6 v		0.3	3.8 v		0.7
3.42 v+f		0.67	3.8 v		0.2	3.9		0.1
3.65 v+f		0.23	4.1		0.3	4.2 v		0.3
4		0.35	4.4		0.3	4.5 v		0.3
4.3		0.3	5.3 v		0.9	5.6 v		1.1
4.65 v+f		0.35	6.8 v		1.5	6.5 v		0.9
5 v+f		0.35	7.6 v		0.8	7.3		0.8
5.2 v		0.2	8 v		0.4	8.5		1.2
6.3 v		1.1	9 v		1	9.5 v		1
7.22 V		0.92	9.25		0.25	11 v		1.5
7.6 V		0.38	9.55 v		0.3	11.2 v		0.2
7.75 v+f		0.15	10.25 v		0.7	12.1 v		0.9
8.1		0.35	10.7 v		0.45	12.5		0.4
8.5 v		0.4	10.9 v		0.2	13 v		0.5
8.7 v		0.2	11.6 v		0.7	13.25 v		0.25
9.7 v		1	12.5		0.9	13.75		0.5
9.85		0.15	13 v		0.5	14.5 Fvermelha		0.75
10.3 v		0.45	13.5 v		0.5	15.2 v		0.7
10.5 v+f		0.2	14 Fvermelha		0.5	15.4 v		0.2
10.9		0.4	15.05		1.05	16.1		0.7
11.1		0.2	15.3		0.25			
11.25		0.15	15.5 v		0.2			
12 v		0.75	15.7 Fvermelha		0.2			
12.2 v		0.2	17.9 v		2.2			
13.2 v		1						
13.75 Fgrande		0.55						
14.3 v		0.55						
14.5 v		0.2						
14.8 v		0.3						

## Anexo 2 – Plano de manutenção Hyundai 380LC-9

Intervalo de assistência	N.º	Descrição	Ação de assistência	Símbolo do óleo	Capacidade * (galões EUA)	Números de pontos de assistência
10 horas ou diariamente	1	Nível de óleo hidráulico	verificar, adicionar	OH	210 (55,5)	1
	2	Nível de óleo do motor	verificar, adicionar	OM	33,5 (8,8)	1
	4	Líquido de refrigeração do radiador	verificar, adicionar	C	35 (9,2)	1
	5	Pré-filtro (água, elemento)	verificar, limpar	-	-	1
	6	Tensão da correia da ventoinha, danos	verificar, ajustar	-	-	1
50 horas ou semanalmente	9	Depósito de combustível	verificar, abastecer	DF	550 (145,3)	1
	8	Cavilha de engate do balde	verificar, adicionar	ML	-	6
	9	Depósito de combustível (água, sedimentos)	verificar, limpar	-	-	1
	10	Lubrificação da cremalheira de rotação	verificar, adicionar	ML	-	3
	11	Corpo da redutora de giratória	verificar, adicionar	OE	8,0 (2,1)	1
250 horas	12	Massa lubrificante do redutor de rotação	verificar, adicionar	ML	1,6 kg (0,42 lb)	1
	14	Tensão da corrente do rasto	verificar, ajustar	ML	-	2
	7	Pinos de fixação e casquilho	verificar, adicionar	ML	-	11
	15	Bateria (tensão)	verificar, limpar	-	-	1
500 horas	18	Elemento do respirador de ar	substituir	-	-	1
	21	Filtro fresco do ar condicionado e aquecimento	verificar, limpar	-	-	1
	2	Óleo do motor	mudar	OM	33,5 (8,8)	1
	3	Engine oil filter (filtro de óleo do motor)	substituir	-	-	1
	5	Pré-filtro	substituir	-	-	1
	22	Elemento do filtro de ar (principal)	verificar, limpar	-	-	1
	23	Fuel filter element (elemento do filtro de combustível)	substituir	-	-	1
1000 horas	24	Radiador, refrigerador de óleo, arrefecedor do ar de sobrealimentação	verificar, limpar	-	-	3
	26	Filtro de água (anticorrosão)	substituir	-	-	1
	6	Tensionador da correia da ventoinha	Verificar, substituir	-	-	1
	11	Corpo da redutora de giratória	mudar	OE	8,0 (2,1)	1
	13	Massa lubrificante do carreto e pinhão de rotação	mudar	ML	11,5 kg (25,4 lb)	1
	16	Hydraulic oil return filter (filtro de retorno de óleo hidráulico)	substituir	-	-	2
	17	Cartucho do filtro de drenagem	substituir	-	-	1
2000 horas	20	Pilot line filter element (elemento do filtro da linha de pilotagem)	substituir	-	-	1
	25	Câter do redutor de translação	mudar	OE	7,0 (1,8)	2
	1	Óleo hidráulico <sup>1</sup>	mudar	OH	210 (55,5)	1
5000 horas	4	Líquido de refrigeração do radiador	mudar	C	35 (9,2)	1
	19	Filtro de rede de aspiração do óleo hidráulico	verificar, limpar	-	-	1
Conforme necessário	1	Óleo hidráulico <sup>2</sup>	mudar	OH	210 (55,5)	1
	21	Filtro de ar fresco do ar condicionado e do aquecimento	substituir	-	-	1
	21	Filtro de recirculação do ar condicionado e do aquecimento	limpar, substituir	-	-	1
	22	Elemento do filtro de ar (principal, de segurança)	substituir	-	-	2

<sup>1</sup>: Conventional hydraulic oil (óleo hidráulico convencional)  
<sup>2</sup>: Hyundai genuine long life hydraulic oil (óleo hidráulico de longa duração Hyundai genuíno)