



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda.

Acompanhamento Técnico e Elaboração do Plano de Lavra da Pedreira Texugo, da Empresa Lugramar, Lda.

Emanuel Tairocas Branco

Orientação: Professor Doutor Rúben Sílvio Varela Santos Martins

Coorientação: Professor Doutor Joaquim Luís Galego Lopes

Mestrado em Engenharia Geológica

Relatório de Estágio

Évora, 2015



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda.

Acompanhamento Técnico e Elaboração do Plano de Lavra da Pedreira Texugo, da Empresa Lugramar, Lda.

Emanuel Tairocas Branco

Orientação: Professor Doutor Rúben Sílvio Varela Santos Martins

Coorientação: Professor Doutor Joaquim Luís Galego Lopes

Mestrado em Engenharia Geológica

Relatório de Estágio

Évora, 2015

AGRADECIMENTOS

Durante o período de estágio e durante a redação deste relatório intervieram entidades e pessoas que, de alguma forma, prestaram o seu contributo. A eles, desejo manifestar os meus sinceros agradecimentos.

À *Lugramar, Lda.*, nas pessoas do Sr. Guilhermino Teixeira e do Sr. João Nunes, agradeço a disponibilidade na realização deste estágio na empresa, proporcionando a oportunidade única de contactar diretamente com a indústria extrativa.

Ao Sr. Guilhermino Teixeira, agradeço pelos seus ensinamentos e transmissão de conhecimento no que toca ao “mundo” da rocha ornamental. Acima de tudo agradeço-lhe pela amizade demonstrada ao longo do período de estágio.

Ao Sr. João Nunes, agradeço a amizade e todos os momentos passados na pedreira que foram autênticas “lições”, trata-se de uma pessoa com um conhecimento imenso na “arte” de bem explorar uma pedreira.

Ao Prof. Doutor Ruben Martins, meu orientador, agradeço o facto de me ter concedido esta oportunidade, este foi, com toda a certeza, o melhor estágio que poderia ter. Agradeço-lhe ainda o facto de ter sido incansável no apoio durante o período de estágio e durante a redação do relatório. A sua contribuição aumentou certamente o nível deste documento.

Ao Prof. Doutor Luís Lopes, meu coorientador, agradeço todo o apoio prestado durante o estágio e durante a redação do relatório, nomeadamente no que diz respeito à área da geologia.

Aos trabalhadores da pedreira, João Maria, Valdemar, Simões, Beto, Vítor e Leonel. Agradeço a todos eles pela sua disponibilidade em colaborar sempre que foi necessário, bem como pelos ensinamentos transmitidos ao longo do período de estágio.

À *Clotóide – Topografia, Lda.* na pessoa do Sr. Rogério Neves, topógrafo que realizou o levantamento topográfico de toda a área licenciada da exploração. Agradeço-lhe a paciência e o apoio demonstrados durante a realização das peças desenhadas, apesar de todas as dificuldades passadas.

Aos meus colegas e amigos, agradeço o facto de, mesmo de forma indireta, terem facilitado esta minha tarefa.

À Joana, agradeço o facto de ter estado sempre a meu lado durante este período, dando-me sempre todo o apoio e força necessários à realização desta missão. Obrigado pela paciência, carinho, amor e amizade demonstrados ao longo do tempo.

Por fim, o maior agradecimento é endereçado à minha família, em especial à minha mãe e ao meu pai. Foram eles que me possibilitaram a aquisição desta valiosa ferramenta, tendo realizado um esforço suplementar a nível financeiro. Obrigado pelo apoio e amor demonstrados ao longo dos anos e por confiarem sempre nas minhas capacidades.

A todos, Muito Obrigado!

ESTA PÁGINA FOI INTENCIONALMENTE DEIXADA EM BRANCO

RESUMO

Acompanhamento Técnico e Elaboração do Plano de Lavra da Pedreira Texugo, da Empresa Lugramar, Lda.

No presente documento são descritos todos os processos utilizados nos trabalhos de exploração da Pedreira Texugo, pertença da empresa *Lugramar, Lda*. Esta descrição tem como destaques principais as operações realizadas durante o ciclo de trabalhos de pedreira, as tarefas de desenvolvimento de pedreira e operacionalidade de todos os equipamentos utilizados na realização dos trabalhos.

São ainda descritas as tarefas acompanhadas e realizadas pelo estagiário durante o período de permanência na empresa, bem como os trabalhos executados necessários à realização do Plano de Lavra da pedreira.

Palavras-chave: Anticlinal de Estremoz; Pedreira; Exploração Subterrânea; Mármore; Plano de Lavra.

ABSTRACT

Technical Monitoring and Quarry Management Plan Development of Texugo's Quarry, Lugramar Company, Lda.

In the present document are described all the processes used in the exploration of Texugo's Quarry, belonging to Lugramar Company, Lda. As main highlights, this description intends to cover all the operations done during the quarrying cycle, the quarry development tasks, and the workability of all equipment used while performing said works.

The tasks monitored and done by the intern during the internship period are also described, as well as the work required to achieve the Quarry Management Plan.

Keywords: Estremoz Anticline; Quarry; Underground Exploration; Marble; Quarry Management Plan

ESTA PÁGINA FOI INTENCIONALMENTE DEIXADA EM BRANCO

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE GERAL.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVII
ANEXOS.....	XVIII
CAPÍTULO 1	
1. Introdução	2
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Organização do relatório.....	3
CAPÍTULO 2	
2. Enquadramento Geográfico	5
2.1 Localização da unidade extrativa.....	5
2.2 Vias de comunicação e acessos.....	6
CAPÍTULO 3	
3. Enquadramento Geológico	8
3.1 Geologia regional.....	8
3.1.1 Geologia e estratigrafia.....	8
3.1.2 Tectónica.....	10
3.2 Geologia local.....	10
3.2.1 Litologia.....	10
3.2.2 Fraturação.....	12
CAPÍTULO 4	
4. LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda	14
4.1 Apresentação da empresa.....	14
4.2 Pedreira Texugo.....	14

4.3 Instalações auxiliares.....	16
4.3.1 Instalações sociais.....	17
4.3.2 Oficina e armazém.....	17
4.3.3 Parque de blocos.....	17
4.4.4 Aterro de material sem valor ornamental.....	18
4.4 Equipamentos.....	19
4.4.1 Equipamentos de perfuração.....	19
4.4.2 Equipamentos de corte.....	22
4.4.3 Equipamentos de desmonte.....	28
4.4.4 Equipamentos de carga e transporte.....	30
4.4.5 Outros equipamentos.....	35
4.4.6 Quadro resumo dos equipamentos.....	41
 CAPÍTULO 5	
5. Ciclo de Trabalhos de Pedreira.....	43
5.1 Preparação.....	43
5.2 Perfuração.....	45
5.2.1 Perfuradora pneumática rotopercussiva.....	47
5.2.2 Martelo pneumático ligeiro.....	49
5.3 Corte.....	50
5.3.1 Máquina de fio diamantado.....	51
5.3.2 Roçadora de galeria.....	56
5.3.2.1 Corte horizontal.....	56
5.3.2.2 Corte vertical.....	58
5.4 Desmonte.....	60
5.5 Esquadrejamento.....	62
5.6 Remoção e transporte.....	66
5.6.1 Blocos.....	67
5.6.2 Escombros.....	69
 CAPÍTULO 6	
6. Desenvolvimento de Pedreira.....	72
6.1 Rebaixamento de piso.....	72
6.2 Abertura de canal.....	81
6.3 Avanço em bancada.....	86
6.4 Avanço em galeria.....	90

CAPÍTULO 7

7. Acompanhamento Técnico – Pedreira Texugo	96
7.1 Acompanhamento dos trabalhos de pedreira.....	96
7.1.1 Bancada A.....	96
7.1.2 Bancada B.....	101
7.1.3 Canal A.....	108
7.1.4 Canal B.....	113
7.1.5 Análise e discussão dos resultados obtidos.....	115
7.1.5.1 Equipamentos.....	115
7.1.5.2 Rendimento.....	120
7.2 Elaboração do Plano de Lavra da Pedreira Texugo.....	121
7.2.1 Levantamento topográfico.....	122
7.2.1.1 Levantamento topográfico de superfície.....	123
7.2.1.2 Levantamento topográfico da área da pedreira.....	124
7.2.1.3 Tratamento dos dados recolhidos.....	125
7.2.2 Levantamento da fraturação.....	126
7.2.2.1 Resultados.....	127
7.3 Outras tarefas.....	130
CAPÍTULO 8	
8. Considerações finais	133
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
ANEXOS.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 – Localização da Pedreira Texugo em Portugal Continental e na Área Cativa para Exploração de Mármore. (Adaptado de Carvalho <i>et al.</i> , 2008 e <i>Google Earth</i>).....	5
Figura 2.2 – Vias de comunicação de acesso à unidade extrativa. (Adaptado de <i>Google Earth</i>).....	6

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 – Localização do Anticlinal de Estremoz em Portugal Continental. (Adaptado de Guerreiro, 2000).....	8
Figura 3.2 - Coluna estratigráfica do Anticlinal de Estremoz. (<i>in</i> Lopes, 2010).....	9
Figura 3.3 – Folha 6 da Carta Geológica da UNOR 4 (Lagoa). (Adaptado de INETI & CEVALOR, 2008).....	11

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 – Logotipo da <i>LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda</i>	14
Figura 4.2 – Panorâmica da área de exploração a céu aberto da Pedreira Texugo.....	16
Figura 4.3 – Panorâmica da área de exploração em subterrâneo da Pedreira Texugo.....	16
Figura 4.4 – Parque de blocos.....	18
Figura 4.5 – Aterro de material sem valor ornamental.....	18
Figura 4.6 – Martelo pneumático ligeiro com a barrena de 80 cm acoplada. Oleador em destaque.	19
Figura 4.7 – 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª barrenas do conjunto de barrenas.....	20
Figura 4.8 – Pormenor da extremidade da barrena.....	20
Figura 4.9 – Perfuradora pneumática rotopercussiva em funcionamento.....	21
Figura 4.10 – <i>Bit</i> de perfuração.....	22
Figura 4.11 – Tubos extensores.....	22
Figura 4.12 – Conjunto completo de corte: máquina de fio diamantado, carris, central elétrica de comando e fio diamantado.....	23
Figura 4.13 – Execução de um corte horizontal.....	23
Figura 4.14 – Pormenor da roda dentada que promove a deslocação da máquina sobre o carril.....	23
Figura 4.15 – Central elétrica de comando da máquina de fio diamantado.....	24
Figura 4.16 – Fio diamantado.....	25
Figura 4.17 – Roçadora de galeria com a lança desmontada.....	26
Figura 4.18 – Central elétrica de comando da roçadora de galeria.....	26
Figura 4.19 – Representação dos movimentos executados pela roçadora de galeria.....	27
Figura 4.20 – Pormenor da lança com a cinta diamantada. (Foto: Martins, R.).....	27

Figura 4.21 – Colchão hidráulico antes de ser utilizado.....	28
Figura 4.22 – Compressor hidráulico de alta pressão.....	29
Figura 4.23 – Colchão hidráulico após o processo de enchimento.....	29
Figura 4.24 – <i>Ripper</i>	29
Figura 4.25 – Escavadora de rastos com balde acoplado.....	30
Figura 4.26 – Pá carregadora com as patolas acopladas.....	31
Figura 4.27 – Balde de grelha.....	31
Figura 4.28 – <i>Dumper</i>	32
Figura 4.29 – Grua móvel.....	33
Figura 4.30 – Grua <i>Derrick</i>	33
Figura 4.31 – Imagem aérea da zona da pedreira e representação (a vermelho) da área onde a grua tem capacidade de operar. (Fonte: Bing Maps).....	34
Figura 4.32 – Posto de transformação elétrica.....	35
Figura 4.33 –Quadro elétrico.....	35
Figura 4.34 – Compressor de ar.....	36
Figura 4.35 – Repartidor de ar.....	36
Figura 4.36 – Bomba de água Rabor.....	37
Figura 4.37 – Bomba de água Siemens (com o veio de transmissão desmontado para reparação). 37	37
Figura 4.38 – Plataforma utilizada na colocação das bombas de água acima da bacia de retenção de água.....	38
Figura 4.39 – Alicate-prensa.....	38
Figura 4.40 – Foco de halógeno móvel.....	39
Figura 4.41 – Escadas de mão.....	39
Figura 4.42 – Contentor móvel.....	40
Figura 4.43 –Equipamentos diversos.....	40

CAPÍTULO 5

Figura 5.1 – Limpeza do piso utilizando uma pá.....	44
Figura 5.2 – Lavagem do piso com água.....	44
Figura 5.3 – Realização da medição com o metro e marcação com giz.....	44
Figura 5.4 – Realização da técnica de “desempeno”.....	45
Figura 5.5 – Representação 3D da técnica de “desempeno”.....	45
Figura 5.6 – Mangueira de nível.....	46
Figura 5.7 – Realização da marcação do 2º furo horizontal através da utilização da mangueira de nível.	46
Figura 5.8 – Representação da marcação do segundo furo horizontal através da utilização da	

mangueira de nível.	47
Figura 5.9 – Distância entre o apoio frontal da perfuradora e o centro do <i>bit</i> de perfuração.....	47
Figura 5.10 – Tábua de madeira utilizada no nivelamento da perfuradora pneumática.....	47
Figura 5.11 – Ajuste da direção da perfuradora através da observação a partir do topo de bancada.....	48
Figura 5.12 – Pormenor do sistema de fixação da perfuradora.....	48
Figura 5.13 – Sequência utilizada durante a colocação de um tubo extensor na perfuradora pneumática.....	49
Figura 5.14 – Pormenor do pé do operário encostado à barrena no início da perfuração.....	50
Figura 5.15 – Verificação da verticalidade da barrena através da utilização do nível de bolha.....	50
Figura 5.16 – Cordel com desperdício na ponta.....	51
Figura 5.17 – Mangueira com ganchos de arame.....	51
Figura 5.18 – Representação da sequência de passagem do fio diamantado utilizando a “técnica do cordel”	52
Figura 5.19 – Colocação do carril no alinhamento da direção de corte.....	53
Figura 5.20 – Nivelamento do carril com fragmentos de pedra.....	53
Figura 5.21 – Colocação da máquina de fio diamantado no carril, com recurso à pá carregadora...	53
Figura 5.22 – Prensagem da união metálica.....	53
Figura 5.23 – Verificação do alinhamento do conjunto fio diamantado – poleia motriz – carril.....	53
Figura 5.24 – Alinhamento da direção do carril recorrendo a uma barra de ferro.....	53
Figura 5.25 – Aresta partida no local de passagem do fio diamantado.....	54
Figura 5.26 – Mangueira direcionada para o local de corte.....	54
Figura 5.27 – Utilização de poleias direcionais instaladas em postes fixos.....	55
Figura 5.28 – Representação a vermelho da área de contacto entre o fio diamantado e a poleia motriz.....	55
Figura 5.29 – Pistão hidráulico da roçadora de galeria.....	56
Figura 5.30 – Fixação ao teto através do extensor telescópico no topo da coluna. (Fonte: Benetti Macchine).....	56
Figura 5.31 – Posicionamento da lança da roçadora abaixo do motor. (Fonte: Benetti Macchine)...	57
Figura 5.32 – Posicionamento da lança da roçadora acima do motor. (Fonte: Benetti Macchine)....	57
Figura 5.33 – Representação esquemática em planta, da sequência utilizada na realização do corte horizontal. (Adaptado de Catálogo Benetti Macchine, 2005).....	58
Figura 5.34 – Posicionamento da roçadora durante a execução do corte vertical direito. (Fonte: Benetti Macchine).....	59
Figura 5.35 – Representação esquemática (em perfil) da sequência utilizada na realização do corte vertical. (Adaptado de Catálogo Benetti Macchine, 2005).....	59
Figura 5.36 – Execução de uma “pega” junto a um corte recorrendo-se ao martelo pneumático.....	60

Figura 5.37 – “Pega” finalizada, pronta a receber o <i>ripper</i>	60
Figura 5.38 – Atuação de um colchão hidráulico colocado estrategicamente num corte perpendicular a uma fratura.....	61
Figura 5.39 – Realização da “cama” recorrendo-se à pá carregadora com o balde acoplado.....	61
Figura 5.40 – Atuação do <i>ripper</i> numa “pega” junto de uma fratura.....	62
Figura 5.41 – Massa rochosa tombada sobre a “cama” após ser derrubada.....	62
Figura 5.42 – Observação da massa marmórea, em busca de defeitos que esta possa ter.....	63
Figura 5.43 – Medição da massa marmórea, recorrendo-se ao metro e ao esquadro de pedreira...	63
Figura 5.44 – Marcação do local de corte com giz.....	63
Figura 5.45 – Realização dos furos da guilhação parcial ao longo de uma fratura (não visível devido ao pó) recorrendo-se ao martelo pneumático ligeiro.....	64
Figura 5.46 – Guilhos e palmetas colocados nos furos para posteriormente serem batidos com o marrão.....	64
Figura 5.47 – Realização dos furos da guilhação integral com recurso ao martelo pneumático.....	64
Figura 5.48 – Abertura da rocha ao longo do plano de fraqueza criado pela guilhação.....	64
Figura 5.49 – Esquadrejamento com fio diamantado. De notar a colocação de fragmentos de rocha ao lado do bloco de modo a amortecer a (previsível) queda da fração cortada.....	65
Figura 5.50 – Realização do conjunto de pequenos furos paralelos à direção de perfuração (marcada pela barrena colocada no chão).....	66
Figura 5.51 – Perfuração horizontal com martelo pneumático ligeiro. Recurso à barra de ferro como alavanca forçando o avanço deste ao longo do furo.....	66
Figura 5.52 – Realização do corte de esquadrejamento após a execução do furo horizontal com martelo pneumático.....	66
Figura 5.53 – Transporte pela pá carregadora de um bloco desde o interior da exploração em subterrâneo até uma zona de alcance da grua.....	67
Figura 5.54 – Envolvimento de um bloco com os cabos de aço.....	67
Figura 5.55 – Envolvimento de um bloco com os cabos de aço diretamente das patolas da pá carregadora.....	68
Figura 5.56 – Transporte de um bloco para a superfície recorrendo-se à grua <i>Derrick</i> . Área subjacente livre de pessoas e máquinas.....	68
Figura 5.57 – Colocação de fragmentos rochosos sob o bloco, possibilitando a remoção dos cabos de aço.....	68
Figura 5.58 – Blocos no parque com o número de ordem e marcação dos defeitos, caso existam..	68
Figura 5.59 – Carregamento de camião utilizando-se a grua.....	69
Figura 5.60 – Bloco colocado sobre barrotes de madeira e envolvido com um cabo de aço.....	69
Figura 5.61 – Utilização da escavadora de rastos na arrumação dos escombros.....	69
Figura 5.62 – Utilização da pá carregadora no carregamento dos escombros.....	69
Figura 5.63 – Cuba utilizada na remoção dos escombros.....	70

Figura 5.64 – Aterro temporário junto à grua <i>Derrick</i>	70
---	----

CAPÍTULO 6

Figura 6.1 – Representação 3D da execução dos poços mestres realizados com a perfuradora <i>Jumbo</i>	73
Figura 6.2 – Representação 3D dos furos diagonais.....	73
Figura 6.3 – Representação 3D da realização dos furos verticais que delimitam as talhadas da cunha superior.....	74
Figura 6.4 – Representação 3D (em perfil) do corte vertical de topo.	75
Figura 6.5 – Representação 3D do corte vertical de topo.....	75
Figura 6.6 – Representação 3D do corte diagonal.....	76
Figura 6.7 – Representação 3D dos cortes das talhadas.....	77
Figura 6.8 – Representação 3D dos cortes verticais laterais.....	77
Figura 6.9 – Representação 3D da “caixa” após a remoção da cunha superior.....	78
Figura 6.10 – Representação 3D do vértice da cunha inferior que é removido.....	79
Figura 6.11 – Representação 3D dos furos horizontais.....	79
Figura 6.12 – Representação 3D dos furos verticais que delimitam as talhadas da cunha inferior... ..	79
Figura 6.13 – Representação 3D do corte vertical de topo.....	80
Figura 6.14 - Representação 3D do corte horizontal.....	80
Figura 6.15 – Representação 3D do corte das talhadas.....	80
Figura 6.16 – Representação 3D dos cortes verticais laterais.....	80
Figura 6.17 – Representação 3D da “caixa” obtida no final do rebaixamento de piso.....	81
Figura 6.18 – Representação 3D das marcações das perfurações e dimensões geralmente utilizadas.....	82
Figura 6.19 – Representação 3D dos furos horizontais.....	82
Figura 6.20 – Representação 3D da execução do furo vertical do vértice do canal.....	83
Figura 6.21 – Representação 3D da execução dos furos verticais das talhadas.....	83
Figura 6.22 – Representação 3D do corte horizontal.....	84
Figura 6.23 – Representação 3D do corte das talhadas.....	84
Figura 6.24 – Representação 3D dos cortes verticais laterais.....	85
Figura 6.25 – Representação 3D do canal após o desmonte das talhadas.....	85
Figura 6.26 – Representação 3D da bancada antes do início dos trabalhos e indicação das dimensões mais comuns.....	86
Figura 6.27 – Representação 3D dos furos horizontais.....	87
Figura 6.28 – Representação 3D da execução dos furos verticais.....	87
Figura 6.29 – Representação 3D do corte horizontal.....	88

Figura 6.30 – Representação 3D do corte vertical longitudinal.....	88
Figura 6.31 – Representação 3D do corte da primeira talhada.....	89
Figura 6.32 – Representação 3D do desmonte da talhada com <i>ripper</i> montado na escavadora de rastos.....	89
Figura 6.33 – Representação 3D da bancada após o desmonte da primeira talhada.....	90
Figura 6.34 – Representação 3D dos cortes horizontais.....	91
Figura 6.35 – Representação 3D dos cortes verticais.....	91
Figura 6.36 – Representação 3D dos blocos obtidos após a realização dos cortes horizontais e verticais.....	92
Figura 6.37 – Representação 3D do posicionamento do colchão hidráulico de galeria.....	92
Figura 6.38 – Representação 3D após a remoção dos blocos 1 e 2.....	93
Figura 6.39 – Representação 3D do corte posterior dos blocos 3 e 4.....	93
Figura 6.40 – Representação 3D do avanço em galeria após a remoção de todos os blocos.....	94

CAPÍTULO 7

Figura 7.1 – Bancada A e respetivas medidas.....	96
Figura 7.2 – Representação dos furos horizontais.....	97
Figura 7.3 – Representação do furo vertical.....	97
Figura 7.4 – Posicionamento da máquina de fio diamantado para proceder à realização do corte horizontal.....	98
Figura 7.5 – Execução do primeiro corte vertical.....	98
Figura 7.6 – Execução do segundo corte vertical, utilizando-se poleias direcionais.....	98
Figura 7.7 – Parte da bancada desmontada após a ação do <i>ripper</i> numa fratura sub-vertical.....	99
Figura 7.8 – Bancada B.....	102
Figura 7.9 – Representação 3D da Bancada B e respetivas dimensões.....	102
Figura 7.10 – Representação 3D dos furos horizontais da Bancada B.....	103
Figura 7.11 – Representação 3D dos furos verticais da Bancada B.....	103
Figura 7.12 – Representação 3D do corte horizontal e dos dois cortes verticais da primeira porção da Bancada B.....	104
Figura 7.13 – Representação 3D do corte horizontal e dos dois cortes verticais da segunda porção da Bancada B.....	105
Figura 7.14 – Local da abertura de canal e respetivas dimensões.....	108
Figura 7.15 – Representação 3D dos furos horizontais do Canal A.....	109
Figura 7.16 – Representação 3D dos furos verticais do Canal A.....	109
Figura 7.17 – Representação 3D do corte horizontal do Canal A.....	110
Figura 7.18 – Corte da talhada do Canal A.....	110

Figura 7.19 – Representação 3D dos cortes verticais laterais do Canal A.....	111
Figura 7.20 – Atuação do colchão hidráulico no “miolo” do canal.....	112
Figura 7.21 – Desmonte da última porção do “miolo” do canal.....	112
Figura 7.22 – Canal B após a remoção do “miolo” e respectivas dimensões.....	113
Figura 7.23 – GPS Leica GX1230. (Fonte: Catálogo Leica).....	122
Figura 7.24 – Estação total Leica TCR 1105. (Fonte: Catálogo Leica).....	122
Figura 7.25 – Vista aérea com a localização do marco geodésico “Nora”, Estação 1 e área licenciada da exploração. (Fonte: Bing Maps).....	123
Figura 7.26 – Vista aérea da área da pedreira com a localização das estações de recolha de dados.....	125
Figura 7.27 – Excerto da planta da pedreira com as zonas consideradas no levantamento da fraturação.....	127
Figura 7.28 – Estereograma da Zona 1.....	128
Figura 7.29 – Estereograma da Zona 2.....	129
Figura 7.30 – Estereograma da Zona 3.....	129
Figura 7.31 – Estereograma do total da pedreira.....	130

ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS

CAPÍTULO 5

Fluxograma 5.1 – Sequência das operações unitárias realizadas no ciclo de trabalhos de pedreira	43
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 – Carga máxima e velocidade de elevação nas diferentes mudanças da grua <i>Derrick</i> ...	35
Tabela 4.2 – Quadro resumo dos equipamentos afetos à Pedreira Texugo.....	41

CAPÍTULO 5

Tabela 5.1 – Norma utilizada na Pedreira Texugo relativamente à aplicação a dar às massas marmóreas.....	63
--	----

CAPÍTULO 7

Tabela 7.1 – Dados dos cortes de esquadrejamento realizados com a máquina de fio diamantado na Bancada A.....	100
Tabela 7.2 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes da Bancada A.....	100
Tabela 7.3 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes da Bancada A.....	101
Tabela 7.4 – Dados dos cortes de esquadrejamento realizados com a máquina de fio diamantado na Bancada B.....	106
Tabela 7.5 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes da Bancada B.....	107
Tabela 7.6 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes da Bancada B.....	107
Tabela 7.7 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes do Canal A.....	112
Tabela 7.8 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes do Canal A.....	112
Tabela 7.9 – Dados das perfurações realizadas no Canal B.....	113
Tabela 7.10 – Dados dos cortes realizados no Canal B com a máquina de fio diamantado.....	114
Tabela 7.11 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes do Canal B.....	114
Tabela 7.12 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes do Canal B.....	114
Tabela 7.13 – Dados obtidos referentes ao funcionamento do martelo pneumático ligeiro.....	115
Tabela 7.14 – Dados obtidos referentes ao funcionamento da perfuradora pneumática rotopercussiva.....	116
Tabela 7.15 – Dados obtidos referentes ao funcionamento da máquina de fio diamantado.....	118
Tabela 7.16 - Rendimento obtido nas diferentes tarefas, rendimento total e dados utilizados nos cálculos.....	120
Tabela 7.17 - Blocometrias obtidas nas diferentes tarefas.....	120

ANEXOS

ANEXO A - Dados das fraturas referentes ao levantamento da fraturação.

ANEXO B - Plano de Lavra da Pedreira Texugo (Apresentado em volume separado).

ESTA PÁGINA FOI INTENCIONALMENTE DEIXADA EM BRANCO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório é referente ao estágio curricular realizado no âmbito do ciclo de estudos conducentes ao grau de mestre, no curso de mestrado em Engenharia Geológica da Universidade de Évora.

O estágio foi realizado na Pedreira Texugo, pertença da empresa *LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda.*, tendo sido iniciado no dia 10 de Fevereiro de 2014 e terminado no dia 8 de Outubro do mesmo ano.

1.1 Objetivos

A realização deste estágio teve como objetivo principal a execução do Plano de Lavra da Pedreira Texugo, uma vez que aquele que vigorava até à data do estágio era datado de 2001 e se encontrava completamente desatualizado em relação à situação atual da exploração. Este documento foi realizado de acordo com a legislação vigente, para posteriormente ser submetido à apreciação da Direção Regional da Economia do Alentejo, sendo apresentado em volume anexo ao presente relatório.

Outro dos objetivos do estagiário foi a identificação das técnicas utilizadas ao longo do ciclo de trabalhos de pedreira, bem como a operacionalidade de todos os equipamentos afetos à exploração. Estas informações, recolhidas durante o acompanhamento técnico dos trabalhos de pedreira, viriam a ser fundamentais na descrição das operações e tarefas de desenvolvimento de pedreira, bem como na sua otimização.

Foi também feita uma recolha de dados referentes aos tempos de funcionamento de equipamentos de perfuração e de corte, com o propósito de obter resultados passíveis de serem utilizados durante o planeamento dos trabalhos de exploração.

Finalmente, pretendia-se efetuar a recolha de dados referentes ao volume das massas exploradas e dos blocos comercializáveis, com o objetivo de calcular o rendimento obtido e confrontar esse valor com os registos da empresa.

1.2 Organização do relatório

O presente relatório está organizado em oito capítulos principais, cujos conteúdos são apresentados, resumidamente, de seguida.

No Capítulo 1 são referidos o âmbito e objetivos principais do estágio. É também feita uma breve descrição dos conteúdos de cada capítulo.

No Capítulo 2 é feito o enquadramento geográfico da unidade extrativa e acessibilidades.

O Capítulo 3 é dedicado ao enquadramento geológico da unidade extrativa a nível regional e local.

No Capítulo 4 faz-se a apresentação da empresa, da unidade extrativa e respetivas instalações auxiliares. É ainda realizada a descrição e operacionalidade de todos os equipamentos afetos à exploração.

No Capítulo 5 são descritas todas as operações realizadas durante o ciclo de trabalhos de pedra, nomeadamente: preparação, perfuração, corte, desmonte, esquadrejamento e remoção.

No Capítulo 6 descrevem-se todas as tarefas que possibilitam o desenvolvimento da exploração, nomeadamente: rebaixamento de piso, abertura de canal, avanço em bancada e avanço em galeria.

No Capítulo 7 é feita a descrição dos trabalhos acompanhados pelo estagiário. São apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos, referentes a esta fase. É ainda apresentada a metodologia utilizada na elaboração do Plano de Lavra e são descritas as tarefas complementares à sua realização, nomeadamente um levantamento topográfico de toda a área licenciada e um levantamento da fraturação. Finalmente são enumeradas outras tarefas realizadas pelo estagiário durante o período de permanência na empresa.

No Capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões obtidas a partir dos resultados alcançados durante a realização do estágio. São também tecidas as considerações finais relativamente à frequência do estágio.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO

2.1. Localização da unidade extrativa

A Pedreira Texugo localiza-se na freguesia de Nossa Senhora da Conceição e São Bartolomeu, concelho de Vila Viçosa, distrito de Évora, Portugal. As populações mais próximas da unidade extrativa são Vila Viçosa a 3,5 km e Bencatel a 2 km de distância.

A unidade extrativa faz parte da Área Cativa de exploração de mármore do Anticlinal de Estremoz, instituída pela portaria 441/90 do Ministério da Indústria e Energia e regulamentada pelo Plano Regional de Ordenamento do Território da Zona dos Mármore (PROZOM), sendo que pertence à Unidade de Ordenamento nº 4 (UNOR 4), denominada Lagoa (Figura 2.2).

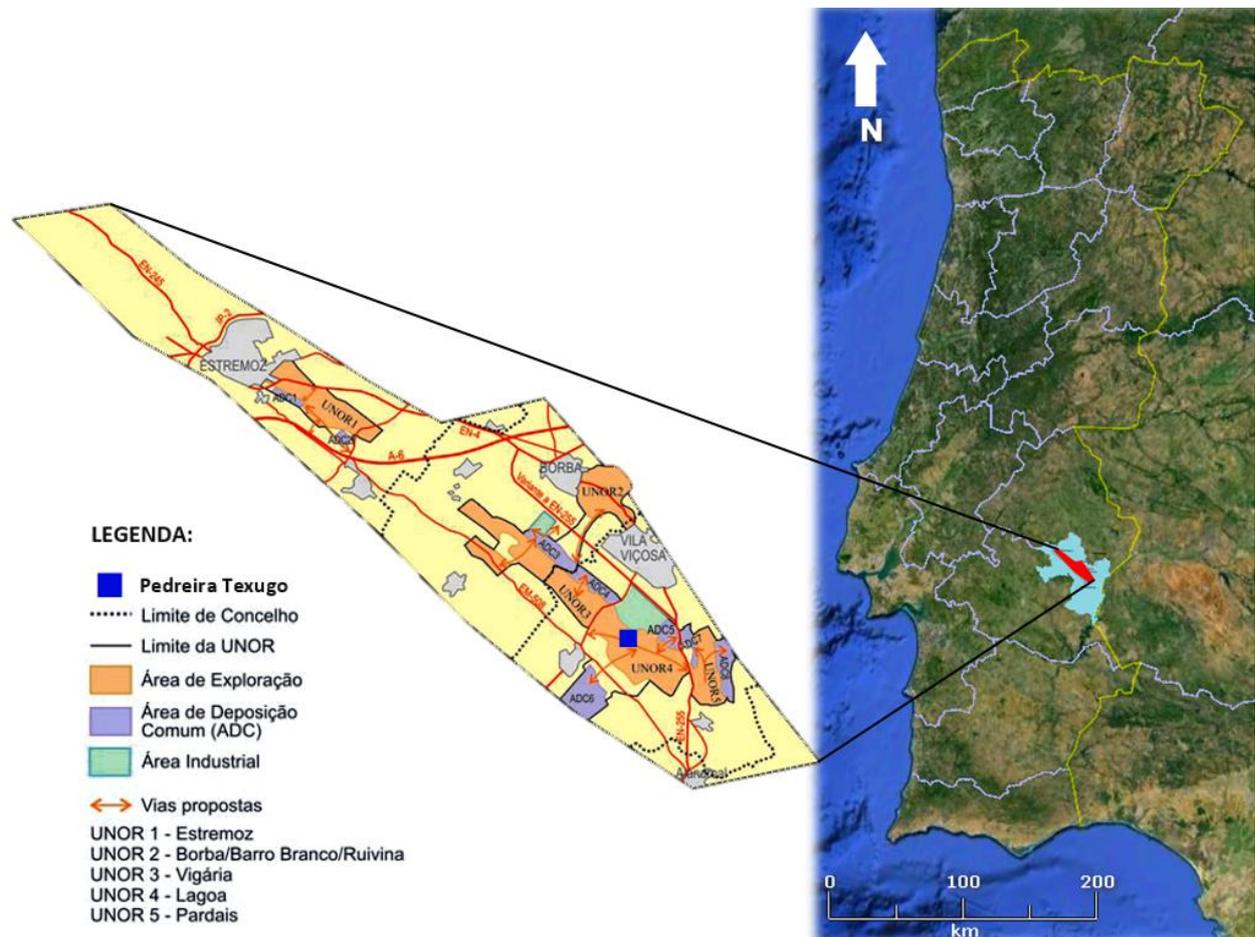


Figura 2.1 – Localização da Pedreira Texugo em Portugal Continental e na Área Cativa para Exploração de Mármore. (Adaptado de Carvalho *et al.*, 2008 e Google Earth)

2.2. Vias de comunicação e acessos

As principais vias de acesso à unidade extrativa são a “estrada da Lagoa” (caminho público que atravessa toda a UNOR 4), a estrada nacional nº 254, a estrada nacional nº 255, a estrada nacional nº 4 e a autoestrada A-6. A pedreira tem uma situação privilegiada no que respeita à expedição de material, devido à grande proximidade e facilidade de acesso a todas estas vias de comunicação (Figura 2.2).



■ - Localização da Pedreira Texugo.

Figura 2.2 – Vias de comunicação de acesso à unidade extrativa. (Adaptado de *Google Earth*).

CAPÍTULO 3

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

3. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

3.1 Geologia regional

3.1.1 Geologia e estratigrafia

O Anticlinal de Estremoz, estrutura geológica onde se insere a Pedreira Texugo, apresenta uma forma elíptica, com cerca de 42 km de comprimento por 8 km de largura máxima e está orientada segundo NW-SE. Inclui os concelhos de Sousel, Estremoz, Borba, Vila Viçosa e Alandroal (Figura 3.1). Em termos de coordenadas geográficas, esta estrutura está localizada a uma latitude entre 38°43'N e 38°56'N e uma longitude entre 7°23'W e 7°43'W.

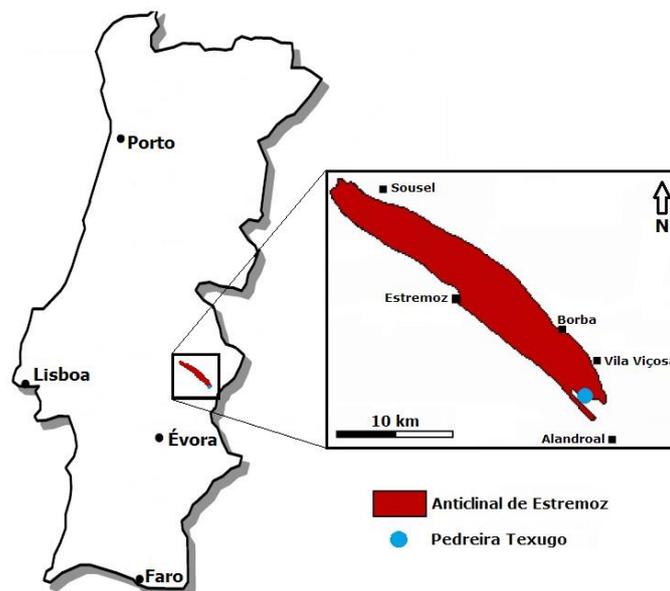


Figura 3.1 – Localização do Anticlinal de Estremoz em Portugal Continental. (Adaptado de Guerreiro, 2000).

O Anticlinal de Estremoz é uma estrutura que corresponde à subdivisão do sector Estremoz – Barrancos da Zona de Ossa-Morena (ZOM) e faz parte do Maciço Hespérico. Esta estrutura encontra-se individualizada devido às suas características litológicas, estratigráficas e tectónicas peculiares (Oliveira *et al.*, 1991 in Henriques *et al.*, 2006).

Ao longo dos anos tem sido motivo de discussão a idade das formações que compõem o anticlinal, no entanto, a sua sequência litológica há muito que é conhecida (Gonçalves, 1971, 1972 e 1973; Carvalho *et al.* 1971; Oliveira, 1984 in Lopes *et al.*, 2008). De acordo com Carvalhosa *et al.* (1987) a sequência litológica do Anticlinal de Estremoz (Figura 3.2), da base para o topo, é a seguinte:

Proterozoico Superior – “Formação de Mares”, constituída por xistos negros e micaxistos com intercalações de metachertes e metagrauvaques. Este conjunto encontra-se fortemente dobrado e aflora na parte axial do Anticlinal (Gonçalves, 1974 *in* Guerreiro, 2000).

Câmbrico Inferior – “Formação Dolomítica” sucede, em discordância, à “Formação de Mares”. Esta formação é constituída, da base para o topo, por conglomerados silicificados, arcoses, vulcanitos ácidos e básicos e intercalações de calcários dolomíticos e calcíticos.

Ordovícico (?) – “Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz” (CVSCE), composto por mármore (cor variando entre branco, creme, rosa e cinzento), xistos e calcoxistos intercalados com vulcanitos ácidos e básicos e rochas peralcalinas. As datações mais recentes, realizadas em riólitos situados no topo da sequência, apontam a idade deste complexo para o Câmbrico médio/superior (Pereira *et al.*, 2012). Segundo Gonçalves (1974) (*in* Guerreiro, 2000), em algumas zonas os mármore encontram-se dolomitizados à superfície, devido a dolomitização recente e secundária. A estas zonas de dolomitos secundários dá-se o nome de “Olho de mocho”.

Silúrico – Sequência de xistos com intercalações de liditos e xistos grafitosos.

Devónico – Conglomerados, alternância entre xistos e grauvaques.

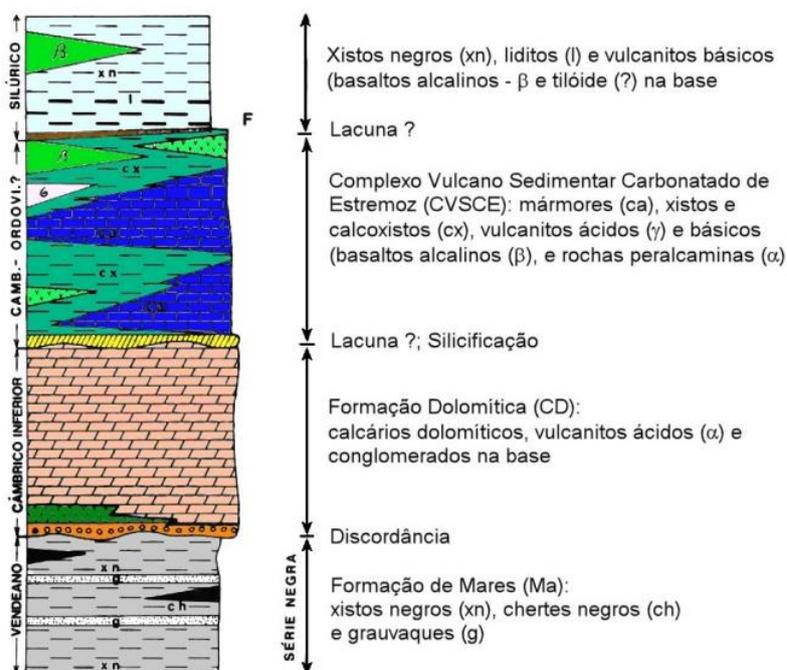


Figura 3.2 - Coluna estratigráfica do Anticlinal de Estremoz. (*in* Lopes & Martins, 2010)

3.1.2 Tectónica

Segundo Lopes *et al.* (2008) o Anticlinal de Estremoz foi afetado pela Orogenia Hercínica e relativamente a esta é possível afirmar que ocorreram duas fases de deformação em regime dúctil não-coaxial mas contínuas, com formação de dobras. Assim, em andar estrutural inferior, na primeira fase de deformação forma-se o bandado metamórfico que os mármore apresentam (microxistosidade) a que se associam dobras com planos axiais de atitude variável e fracamente inclinados. A segunda fase de deformação é responsável pela orientação NW – SE do anticlinal, apresenta um carácter mais frágil e atua em andar estrutural superior, sendo responsável pela génese de dobras com planos axiais sub-verticais, ou muito inclinados para SE, e desenvolvimento de uma clivagem de crenulação nos xistos e clivagem de fratura nos mármore, ambas mais ou menos desenvolvidas.

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, numa terceira fase, intensa compartimentação. As direções mais importantes dessa compartimentação são as seguintes:

NNE–SSW – Fraturas predominantemente verticais, estando associadas, em alguns casos, a dolomitização secundária (“olho de mocho”).

ENE–WSW – Fraturas sub-verticais apresentam-se preenchidas, geralmente, por filões doleríticos (conhecidos na região por “Cabos Reais”).

Sub-horizontal – Fraturas sub-horizontais que podem apresentar inclinações máximas na ordem dos 30° e direções ENE-WSW ou NNE-SSW.

3.2 Geologia local

3.2.1 Litologia

A Pedreira Texugo encontra-se implantada no flanco SW do Complexo Vulcano-Sedimentar Carbonatado de Estremoz, num sinclinal de grandes dimensões, no qual o mármore apresenta cores claras que variam entre o branco e o creme, com intercalações de vergada xistenta de tonalidade acastanhada/avermelhada.

A unidade extrativa localiza-se nas proximidades do contacto dos mármore com os metadolomitos, que correspondem à base do CVSCE (Figura 3.3).

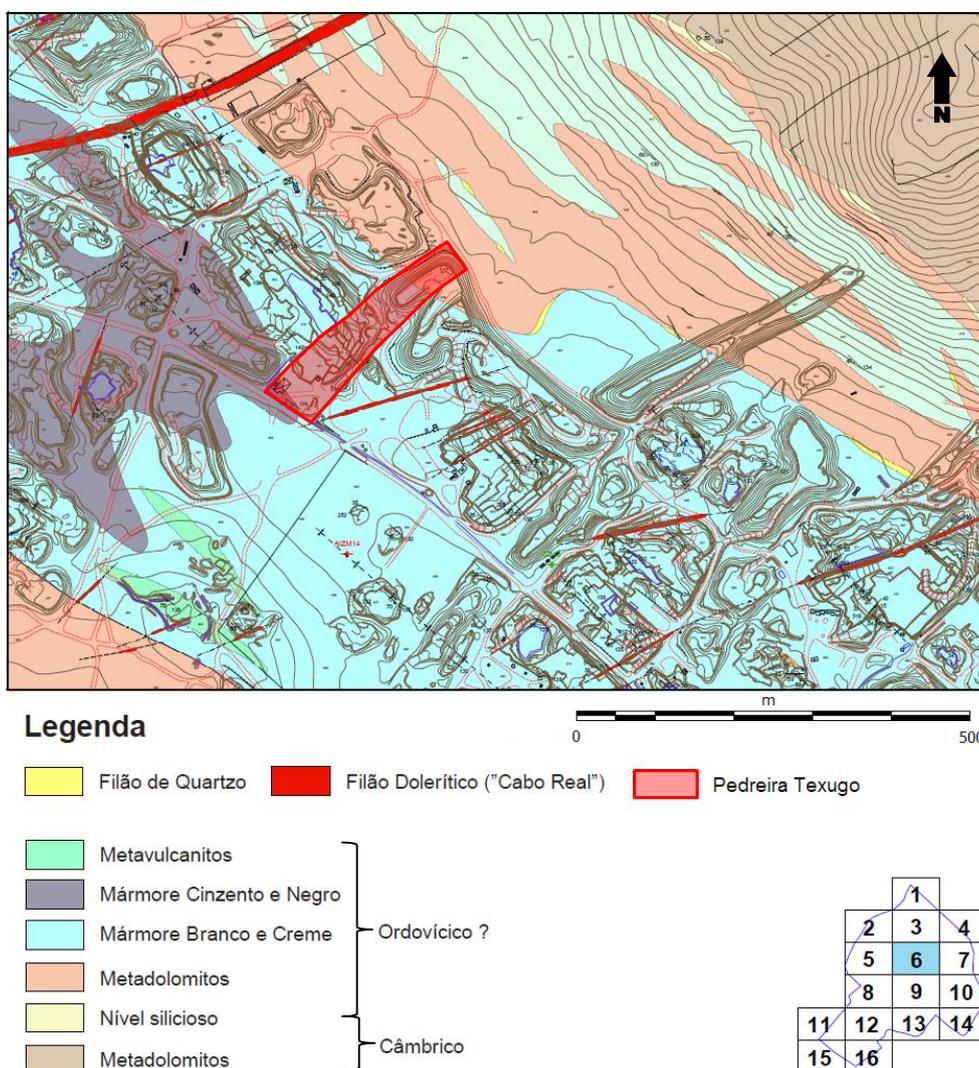


Figura 3.3 – Folha 6 da Carta Geológica da UNOR 4 (Lagoa). (Adaptado de Carvalho *et al.*, 2008).

Na zona NE da pedreira estão presentes os metadolomitos, rochas sem interesse do ponto de vista ornamental, razão pela qual a exploração não evoluiu nessa direção.

A direção média dos estratos tem um valor próximo de N80°W, com inclinação que varia entre 20° e 50° para SW. Na parte SW da zona de exploração a céu aberto, onde se verifica diminuição da inclinação dos estratos, é visível a existência de um dobramento bastante acentuado apenas restringido àquela zona da pedreira.

A sequência litológica (da base para o topo) presente na pedreira é a seguinte:

- Metadolomitos;
- Mármore rosa, com alternância de mármore creme e um nível lenticular de azul na zona SW da pedreira;
- Mármore creme rosado, com vergada avermelhada;
- Mármore creme, com vergada castanha e verde;
- Mármore azul.

3.2.2 Fraturação

Relativamente à rede de fraturação que afeta o maciço rochoso, verifica-se que esta é bastante intensa nos primeiros pisos da exploração, diminuindo significativamente em profundidade. Existe também uma variação na intensidade da fraturação ao longo da direção NE-SW, sendo que existe uma diminuição desta no sentido SW.

Através da realização de duas campanhas de sondagens efetuadas pelo CEVALOR em 1994 (uma sondagem) e em 1997 (três sondagens) foi possível estimar a densidade linear de fraturação que afeta o maciço marmóreo, a qual é cerca de 0,7 fraturas/m. A partir dos testemunhos das sondagens foi ainda possível determinar as principais famílias de fraturas que afetavam o maciço rochoso em profundidade, designadamente:

F1: Sub-horizontal;

F2: N60°W; 40°NE;

F3: N20°W; 50°NE;

F4: N70°E; 50°SE.

Durante o presente estágio foi realizado um levantamento de fraturação de superfície, o qual será abordado neste documento na secção 7.2.2.

CAPÍTULO 4

**LUGRAMAR – SOCIEDADE LUSITANA DE
MÁRMORES E GRANITOS, LDA.**

4. LUGRAMAR – SOCIEDADE LUSITANA DE MÁRMORES E GRANITOS, LDA.

4.1 Apresentação da empresa

A *LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda.* (Figura 4.1) é uma empresa que tem como atividade única a extração e comercialização de blocos de mármore para fins ornamentais, possuindo o CAE (Classificação de Atividades Económicas) nº 08111 – “Extração de mármore e outras rochas carbonatadas”.



Figura 4.1 – Logótipo da *LUGRAMAR – Sociedade Lusitana de Mármore e Granitos, Lda.*

Foi constituída no dia 23 de janeiro de 1987 sob a forma jurídica de sociedade por quotas, sendo composta por um consórcio entre as empresas *EUROBER – Sociedade de Construções, Lda.* e *LUSITALMAC – Máquinas Lusitanas e Italianas, Lda.*, cada uma detentora de metade do capital social da *Lugramar, Lda.*

A empresa tem sede na Herdade do Magarreiro – Alandroal, possui cinco funcionários, sendo gerida pelo senhor João Joaquim Évora Nunes.

Toda a produção é vendida para fins ornamentais, sendo que os principais destinos são o mercado nacional e países do Médio Oriente. Os produtos finais deste mármore são aplicados ao nível da construção civil e vão desde chapas, a ladrilhos, plaquetes, etc.

4.2 Pedreira Texugo

A Pedreira Texugo situa-se no Olival do Texugo e pertence à UNOR 4 (Lagoa) da Área Cativa de exploração de mármore do Anticlinal de Estremoz.

A exploração da Pedreira Texugo teve início no ano de 1972 pela empresa *Bertos Internacional, Empreendimentos Imobiliários, Lda.* Nesta altura, a exploração era feita

unicamente a céu aberto, possuindo oito trabalhadores, tendo-se prolongado até 1987 e atingido o segundo piso. Nesse ano a *Lugramar, Lda.* adquiriu a propriedade e assumiu a exploração da pedra ininterruptamente até à atualidade.

No ano de 1989 foi realizado o primeiro Plano de Lavra referente à Pedreira Texugo, o qual foi entregue à Direção Geral de Geologia e Minas (DGGM), juntamente com o pedido de licenciamento da exploração de pedra a céu aberto. A licença foi atribuída à *Lugramar, Lda.* pela DGGM no dia 16 de março de 1990, com o número 5243, correspondendo a uma área total de 21.250 m³.

No final da década de noventa foram realizados estudos geológicos, geomecânicos e económicos, em colaboração com várias entidades, entre as quais a Universidade de Évora, o Instituto Superior Técnico, o CEVALOR e a Universidade de Pisa, tendo em vista a possibilidade de iniciar a exploração da pedra em subterrâneo. A conjugação dos resultados obtidos nos vários estudos indicou que este método de exploração seria viável, pelo que a administração da empresa decidiu avançar com a elaboração do Plano de Lavra e com o pedido de licença de exploração subterrânea na Pedreira Texugo. No dia 25 de setembro de 2000 a licença de exploração subterrânea foi atribuída à *Lugramar, Lda.* pela Direção Regional da Economia do Alentejo. Esta data tornou-se um marco na história da empresa, já que, desde então, grande parte da produção proveio da área de exploração em subterrâneo.

Atualmente a exploração da Pedreira Texugo é de carácter misto desenvolvendo-se a céu aberto, pelo método de degraus direitos (Figura 4.2) e em subterrâneo, através do método de câmaras e pilares (Figura 4.3). A cota inferior da pedra pertence ao décimo piso, correspondendo ao quinto piso em exploração subterrânea e apresentando uma diferença de cota de cerca de 65 m em relação à superfície.

O acesso de pessoas ao fundo da pedra é feito através das escadas de ferro fixas ao longo das paredes da cavidade, com degraus planos antiderrapantes (Figura 4.2). Esta escadaria possui oito lanços de escadas, contabilizando um total de duzentos e vinte degraus, possuindo ainda corrimãos ao longo de toda a sua extensão.

Dada a inexistência de rampas, o acesso ou a remoção de máquinas do fundo da pedra é feita através da grua *Derrick*, recorrendo a uma plataforma própria para o efeito.



Figura 4.2 – Panorâmica da área de exploração a céu aberto da Pedreira Texugo.

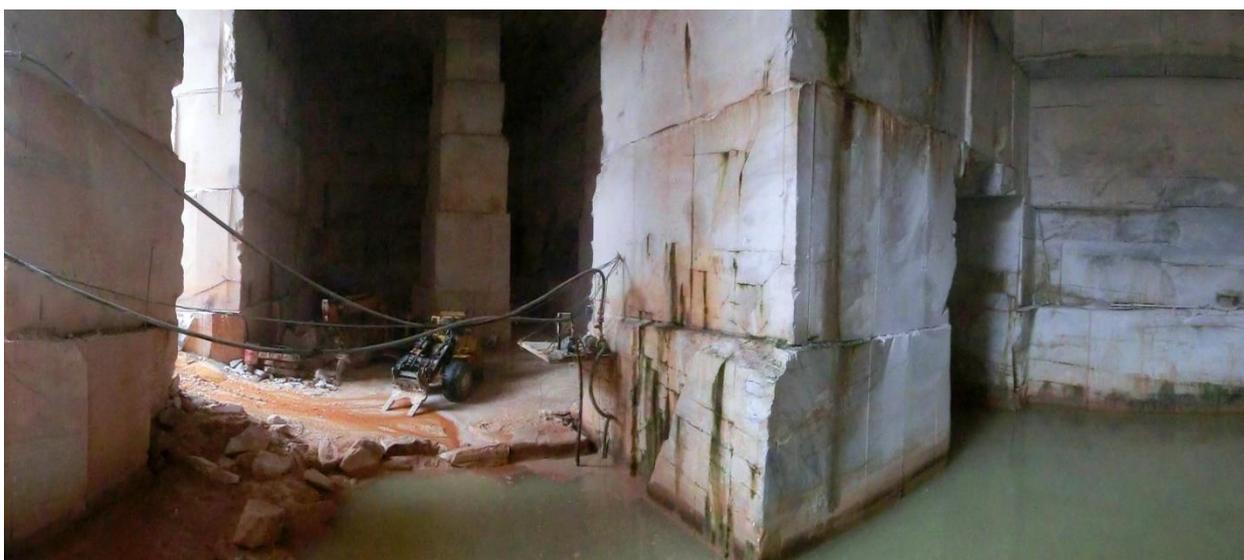


Figura 4.3 – Panorâmica da área de exploração em subterrâneo da Pedreira Texugo.

4.3 Instalações auxiliares

As instalações auxiliares existentes na área licenciada da Pedreira Texugo, necessárias ao normal funcionamento da exploração são as seguintes:

- Instalações sociais;
- Oficina e armazém;

- Parque de blocos;
- Aterro de material sem valor ornamental.

4.3.1 Instalações sociais

As instalações sociais existentes na Pedreira Texugo são construídas em alvenaria, sendo compostas por:

Refeitório – Local onde os trabalhadores da empresa guardam, preparam e tomam a refeição na pausa para almoço. Possui cerca de 12 m² e encontra-se equipado com frigorífico, fogão e todo o mobiliário adequado;

Vestiário – Possui cerca de 20 m², sendo o local onde os trabalhadores trocam de roupa e calçado e guardam os seus bens. Encontra-se equipado com cacifos individuais;

Escritório – Local onde são guardados todos os documentos e registos afetos à exploração e onde se realiza a gestão de toda a atividade extrativa e comercial.

4.3.2 Oficina e armazém

Nestas instalações, com cerca de 180 m², encontram-se armazenados todos os equipamentos de apoio à exploração, nomeadamente, ferramentas, peças e material de manutenção e reparação da maquinaria utilizada em todo o ciclo produtivo. Está adaptada para a realização de pequenas reparações, sendo também neste local que está instalado o compressor de ar.

4.3.3 Parque de blocos

O parque de blocos (Figura 4.4), com cerca de 400 m² é o local onde são colocados e mantidos os blocos após a sua remoção do fundo da pedreira até ao momento de expedição. Tem um acesso devidamente preparado para a entrada de veículos de grande porte, para carregamento. A grua *Derrick* encontra-se posicionada estrategicamente para dar serventia quer à cavidade, quer ao parque de blocos, nomeadamente ao carregamento de camiões.

Neste local, os blocos são devidamente inspecionados e avaliados, sendo marcados todos os defeitos estruturais e identificados com um número de ordem. Atendendo à pequena área destinada para este efeito é inevitável a sua acumulação em altura, não se empilhando mais de dois blocos, por questões de segurança, sendo devidamente calçados e estabilizados com fragmentos de rocha ou ripas de madeira.



Figura 4.4 – Parque de blocos.

4.4.4 Aterro de material sem valor ornamental

A unidade extrativa possui um aterro de material sem valor ornamental (Figura 4.5) resultante da acumulação de estéreis, situado na zona NE da área licenciada. O volume aproximado do aterro é de 105.000 m³, constituído essencialmente por fragmentos de rocha. O material apresenta uma granulometria extensa, que vai desde blocos com alguns metros cúbicos até solos de cobertura, resultantes de anteriores destapações. Trata-se de um aterro contemporâneo da exploração, pelo que o aterro contém material desde o início da atividade, contendo no seu núcleo material proveniente das zonas mais superficiais.



Figura 4.5 – Aterro de material sem valor ornamental.

4.4 Equipamentos

4.4.1 Equipamentos de perfuração

Martelo pneumático ligeiro (Atlas Copco – RH 571-5L)

O martelo pneumático ligeiro (Figura 4.6) é um equipamento portátil, utilizado maioritariamente na realização de furos verticais, tendo em vista a passagem do fio diamantado para proceder à operação de corte. Outras das suas aplicações são a realização de pequenos furos para a fixação de outros equipamentos, a guilhação de blocos e, pontualmente, a execução de furos horizontais durante a realização da operação de esquadrejamento (assunto tratado no subcapítulo 5.5). Existem dois martelos pneumáticos ligeiros na Pedreira Texugo.



Figura 4.6 – Martelo pneumático ligeiro com a barrena de 80 cm acoplada. Oleador em destaque.

Este equipamento funciona através de ar comprimido, que lhe é fornecido através de uma mangueira com $\frac{3}{4}$ ", a uma pressão de 6,5 bar. O sistema operacional deste equipamento é rotopercussivo, sendo o movimento transmitido através de barrenas integrais de aço que lhe são acopladas. Estas possuem na sua extremidade um *bit* de carboneto de tungsténio, em forma de bisel (Figura 4.8), capazes de realizar furos com um diâmetro de 3,00 cm através da quebra e fragmentação da rocha. A limpeza do furo é realizada através do ar que sai na extremidade da barrena, num orifício existente para esse efeito (Figura 4.8).

O conjunto de barrenas (Figura 4.7) existente na Pedreira Texugo é formado por nove unidades, possuindo cada uma delas os seguintes comprimentos: 1ª – 0,80 m; 2ª – 1,60 m; 3ª – 2,40 m; 4ª – 3,20 m; 5ª – 4,00 m; 6ª – 4,80 m; 7ª – 5,60 m; 8ª – 6,40 m; 9ª – 7,20 m.



Figura 4.7 – 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª barrenas.



Figura 4.8 – Pormenor da extremidade da barrena.

Um dos componentes mais importantes para o correto funcionamento deste equipamento é a utilização do oleador (Figura 4.6). Esta peça, na qual é colocado óleo lubrificante, é acoplada nos encaixes da mangueira, de modo a injetar pequenas gotículas de óleo no fluxo de ar aquando da utilização do equipamento. Através desta ação o martelo pneumático mantém-se lubrificado e protegido da corrosão.

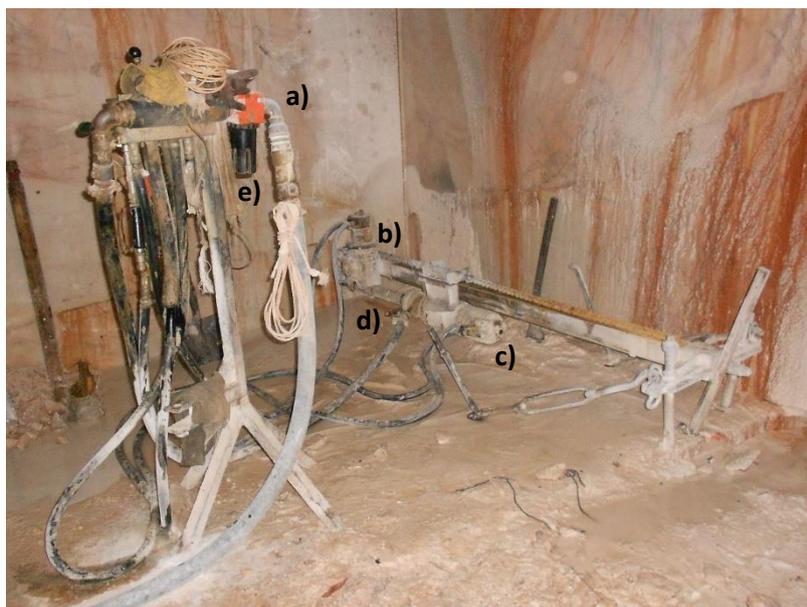
A operacionalidade relacionada com a utilização do martelo pneumático ligeiro é descrita na secção 5.2.2.

Perfuradora pneumática rotopercussiva (Benetti Macchine – PP 630)

A perfuradora pneumática rotopercussiva (Figura 4.9) é utilizada na execução de furos horizontais e, mais pontualmente, na execução de furos diagonais, durante a tarefa de rebaixamento de piso que, permitirão a posterior passagem do fio diamantado.

Trata-se de um equipamento que possui um sistema operativo rotopercussivo, resultado da conjugação entre o movimento de rotação da cabeça da perfuradora e o movimento de percussão do martelo fundo de furo. Toda a operacionalidade da perfuradora advém exclusivamente da utilização de ar comprimido. Este é-lhe fornecido, a uma pressão de 6,5 bar, através de uma mangueira com $1\frac{1}{2}$ " que é acoplada à central de controlo da perfuradora (Figura 4.9 – a). A partir desta derivam cinco mangueiras: duas são ligadas ao motor de

avanço/recuo da cabeça da perfuradora (Figura 4.9 – b); duas são ligadas ao motor de rotação horária/anti-horária (Figura 4.9 – c); uma é ligada à cabeça da perfuradora (Figura 4.9 – d) e tem como função fornecer o ar necessário ao movimento de percussão do martelo fundo de furo. Todos os movimentos executados pela perfuradora são controlados por um operário através de três manípulos existentes na central de controlo. A lubrificação de todos os componentes constituintes da perfuradora é efetuada à semelhança do que acontece com os martelos pneumáticos ligeiros, sendo que neste equipamento o depósito do óleo lubrificante se encontra à cabeça da central de controlo (Figura 4.9 – e).



- a) Mangueira de alimentação da central de controlo.
- b) Motor de avanço/recuo da cabeça da perfuradora.
- c) Motor de rotação horária/anti-horária da perfuradora.
- d) Cabeça da perfuradora.
- e) Recipiente do óleo lubrificante.

Figura 4.9 – Perfuradora pneumática rotopercussiva em funcionamento.

A ferramenta de perfuração é um *bit*, com diâmetro de 9,00 cm, munido de botões de carboneto de tungsténio. Este possui dois orifícios na sua parte frontal por onde sai o fluxo de ar, promovendo deste modo a limpeza do furo (Figura 4.10).

Ao longo da perfuração são acoplados tubos extensores na cabeça da perfuradora, de modo a progredir na perfuração. Cada um destes tubos extensores (Figura 4.11) possui 1,00 m de comprimento, sendo que existem dezasseis unidades. Assim, um furo realizado com este equipamento poderá atingir, no máximo, 16,80 m de comprimento (16,00 m dos tubos extensores + 0,80 m do martelo fundo de furo).

Toda a operacionalidade relacionada com este equipamento é descrita na secção 5.2.1.



Figura 4.10 – *Bit* de perfuração.



Figura 4.11 – Tubos extensores.

4.4.2 Equipamentos de corte

Máquina de fio diamantado (Benetti Macchine – Alpha 840)

Existem duas máquinas de fio diamantado na Pedreira Texugo, ambas com a mesma marca e modelo, no entanto uma delas possui 40 cv e a outra possui 50 cv. A máquina de 50 cv é utilizada na operação de corte durante as tarefas de desenvolvimento de pedreira e a máquina de 40 cv é utilizada na operação de esquadreamento das massas rochosas.

Este equipamento de corte é na verdade um conjunto de componentes, composto pela própria máquina de fio diamantado, pelos carris, pela central elétrica de comando e pelo fio diamantado (Figura 4.12).



Figura 4.12 – Conjunto completo de corte: máquina de fio diamantado, carris, central elétrica de comando e fio diamantado.

A máquina de fio diamantado é um equipamento bastante versátil que possui uma poleia motriz com 80 cm de diâmetro, capaz de executar cortes verticais (Figura 4.12), horizontais (Figura 4.13) e oblíquos a qualquer ângulo. Este equipamento movimenta-se sobre carris utilizando para isso uma roda dentada que encaixa na calha central do carril (Figura 4.14). Este mecanismo permite que a máquina recue ao longo da execução do corte, mantendo o fio diamantado sob tensão.

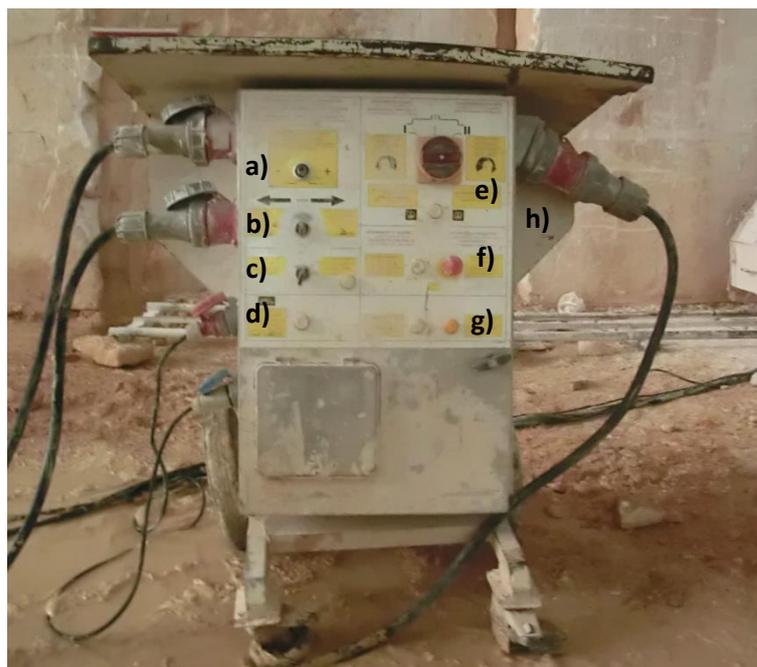


Figura 4.13 – Execução de um corte horizontal.



Figura 4.14 – Pormenor da roda dentada que promove a deslocação da máquina sobre o carril.

Todos os movimentos executados pela máquina de fio diamantado são controlados pelo operador a partir da central elétrica de comando (Figura 4.15).



- a) Velocidade de avanço da máquina no modo automático.
- b) Avanço/recuo da máquina no modo automático.
- c) Avanço/recuo da máquina no modo manual.
- d) Modo automático/manual.
- e) Rotação da poleia motriz no sentido horário/anti-horário.
- f) Paragem de emergência.
- g) Ligar/desligar a máquina.
- h) Controlo da inclinação da poleia motriz (na parte lateral da central elétrica de comando).

Figura 4.15 – Central elétrica de comando da máquina de fio diamantado.

A ferramenta de corte utilizada é o fio diamantado (Figura 4.16) que promove o desgaste da rocha por abrasão, devido ao movimento de rotação imposto pela poleia motriz da máquina.

O fio diamantado atualmente em uso na Pedreira Texugo é fornecido pela empresa *Diamond Service Portuguesa, Lda*. Este é composto por um cabo de aço com 5 mm de diâmetro, revestido de pérolas diamantadas, responsáveis pelo corte da rocha, molas que permitem maior mobilidade e a rotação das pérolas diamantadas, anilhas, colocadas entre os dois elementos anteriores evitando que a extremidade da mola se crave no casquilho da pérola danificando-o e impedindo a sua livre rotação e prensadores, colocados entre cada quatro pérolas diamantadas, cuja função é manter os outros componentes solidários ao cabo de aço, no caso de este se partir. Por cada metro linear de fio diamantado existem vinte e sete pérolas diamantadas, sendo que estas são fabricadas por sinterização possuindo, quando novas, 11 mm de diâmetro.

O fio diamantado menos desgastado é utilizado na execução dos cortes durante as tarefas de desenvolvimento de pedreira, enquanto aquele que se apresenta com mais uso é utilizado nas operações de esquadrejamento das massas rochosas. Isto deve-se às diferenças de esforços que os fios diamantados são sujeitos nas diferentes operações.

Toda a operacionalidade relacionada com a utilização da máquina de fio diamantado é descrita na secção 5.3.1.



Figura 4.16 – Fio diamantado.

Roçadora de galeria (Benetti Macchine – Super Jet Belt 940)

A roçadora de galeria (Figura 4.17) é utilizada para executar cortes verticais e horizontais, durante o avanço em galeria. Este equipamento é composto por duas colunas verticais ligadas através duma barra central horizontal que sustenta a unidade motora elétrica principal da máquina. Este motor, com uma potência de 68 cv é responsável pelo movimento de rotação da lança e pelo movimento da cinta diamantada. As bases das colunas possuem unidades motoras que permitem a deslocação da máquina de forma autónoma.

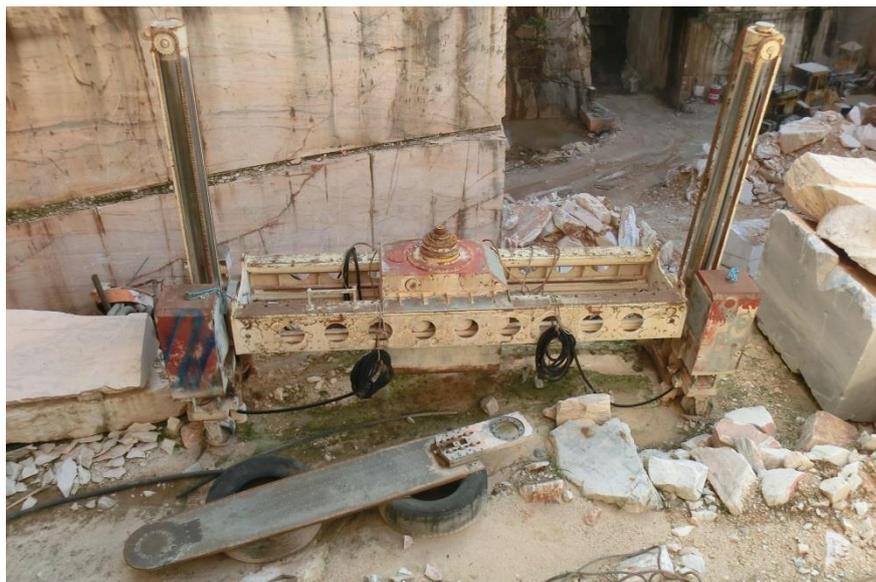
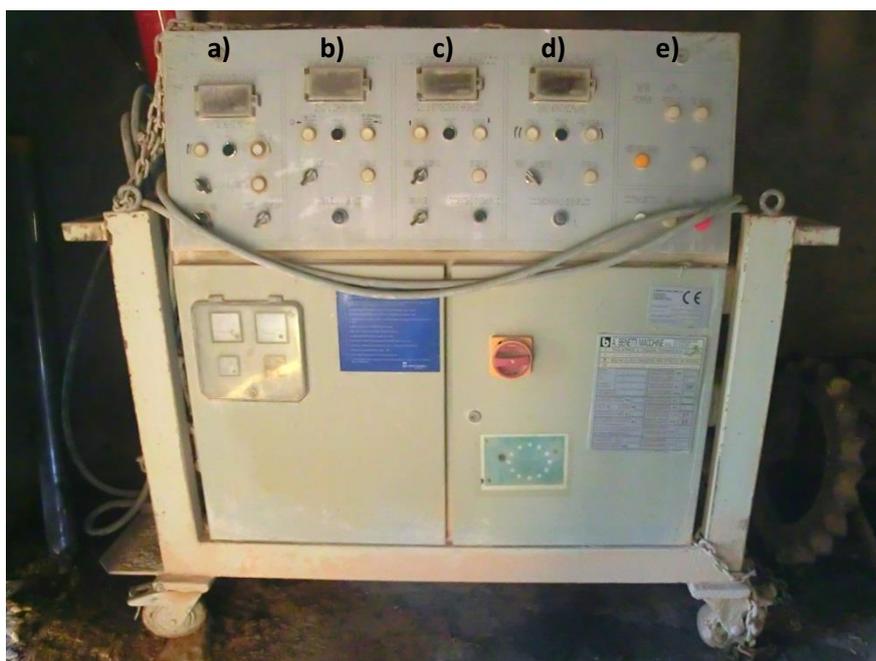


Figura 4.17 – Roçadora de galeria com a lança desmontada.

Todos os movimentos executados pela roçadora de galeria são controlados pelo operador através da central elétrica de comando (Figura 4.18).



- a) Controlo do movimento da lança e da cinta diamantada.
- b) Controlo do movimento do motor sobre a barra central.
- c) Controlo do movimento ascendente/descendente da barra central.
- d) Controlo do movimento de rotação da barra central.
- e) Controlo de ligar/desligar; Controlos de movimentação da máquina.

Figura 4.18 – Central elétrica de comando da roçadora de galeria.

Os movimentos executados pela roçadora associados aos comandos a), b), c) e d) são representados na figura 4.19.

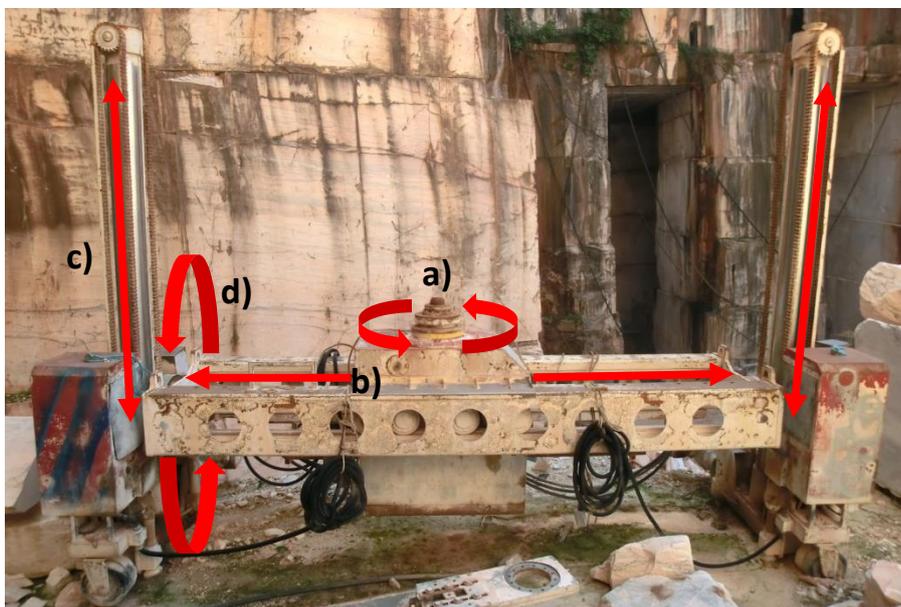


Figura 4.19 – Representação dos movimentos executados pela roçadora de galeria.

A ferramenta de corte utilizada por este equipamento é uma cinta composta por segmentos diamantados, com 3,80 cm de espessura (Figura 4.20). Esta promove o corte da rocha por abrasão, devido ao seu movimento de rotação ao longo de todo o perímetro da lança que possui 3,50 m de comprimento, sendo que o comprimento de corte útil é cerca de 2,50 m. Esta possui um sistema interno de circulação de água que debita um caudal total de 2,10 l/s ao longo de todo o seu perímetro durante a execução dos cortes. Este sistema permite a refrigeração da cinta, promove a limpeza do corte e anula a formação de poeiras.



Figura 4.20 – Pormenor da lança com a cinta diamantada. (Foto: Martins, R.)

A operacionalidade relacionada com a utilização da roçadora de galeria é descrita na secção 5.3.2.

4.4.3 Equipamentos de desmonte

Colchões hidráulicos (Newtec – Power Push)

Os colchões hidráulicos (Figura 4.21) são equipamentos utilizados para proceder ao afastamento de massas rochosas após a operação de corte. Normalmente são colocados em locais estratégicos, de modo a provocar a abertura de fraturas naturais presentes na rocha ou dos golpes executados. A decisão da utilização deste equipamento e do seu posicionamento cabe sempre ao encarregado da pedreira que deverá tentar rentabilizar ao máximo o seu efeito, uma vez que se trata de um equipamento não reutilizável.



Figura 4.21 – Colchão hidráulico antes de ser utilizado.

Estes equipamentos são constituídos por duas chapas metálicas quadradas soldadas entre si, com 1,00 m de lado, espessura total de 2,00 mm e massa de 11,70 kg. Para além destes colchões existem outros de menores dimensões, com 0,50 m de lado, utilizados exclusivamente durante o avanço em galeria.

Os colchões são enchidos com água, através de um compressor hidráulico de alta pressão (Benetti Macchine – Hydro-Bag 645) (Figura 4.22), à pressão de 3,00 MPa. O processo de enchimento do colchão termina quando este atinge a sua espessura máxima (0,20 m) (Figura 4.23). Os colchões hidráulicos possuem a capacidade máxima de deslocar 300 t.



Figura 4.22 – Compressor hidráulico de alta pressão. **Figura 4.23** – Colchão hidráulico após o processo de enchimento.

***Ripper* (acoplado à escavadora de rastos)**

O *ripper* (Figura 4.24) é um instrumento utilizado para promover a separação e o derrube das massas rochosas ao longo dos cortes previamente executados ou através das fraturas que a rocha possa ter.

Para utilizar este equipamento é necessário acoplá-lo ao braço da escavadora de rastos (equipamento descrito na secção 4.4.4).



Figura 4.24 – *Ripper*.

A operacionalidade relacionada com a utilização do *ripper* é descrita no subcapítulo 5.4.

4.4.4 Equipamentos de carga e transporte

Escavadora de rastos (Hyundai – R 250NLC-3)

A escavadora de rastos é um equipamento indispensável, dada a sua versatilidade e o leque de tarefas nas quais é utilizado. Para além da utilização do *ripper* durante a operação de desmonte, este equipamento também permite a utilização do balde que possui uma capacidade de 1,08 m³ (Figura 4.25). Este é utilizado durante a operação de limpeza das frentes, nomeadamente na movimentação e carregamento dos escombros, colocando-os em local acessível à pá carregadora. A construção das “camas” e das rampas de serventia aos pisos é também realizada com recurso à escavadora de rastos com o balde acoplado. Para além de todas as tarefas anteriormente referidas, outra das utilizações da escavadora de rastos é a movimentação de outros equipamentos, através de cabos de aço que lhe são acoplados no braço, nomeadamente: máquinas de fio diamantado e respetivas centrais de controlo, perfuradora pneumática, etc.



Figura 4.25 – Escavadora de rastos com balde acoplado.

A escavadora de rastos é movida a gasóleo, possui uma potência de 163 cv e desloca-se por meio de lagartas com movimentos independentes que permitem a sua mudança de direção. A cabina gira sobre a estrutura das lagartas continuamente, ao longo de 360°. O braço é articulado, possuindo dois movimentos controlados através de pistões hidráulicos. O movimento do balde ou do *ripper* também é controlado hidráulicamente.

Pá carregadora (Volvo – L160)

A pá carregadora (Figura 4.26) é um equipamento utilizado majoritariamente no transporte de blocos e escombros.

Este equipamento pode operar com as patolas acopladas (Figura 4.26) ou com o balde de grelha (Figura 4.27). As patolas são utilizadas no carregamento e transporte de blocos para uma área de alcance da lança da grua *Derrick*. O balde possui 4 m³ de capacidade, sendo utilizado no carregamento e transporte do material estéril para a cuba ou para o *dumper*. Tal como a escavadora de rastos este equipamento também é utilizado na construção das “camas” e das rampas de serventia aos pisos, bem como na movimentação de outros equipamentos.



Figura 4.26 – Pá carregadora com as patolas acopladas.



Figura 4.27 – Balde de grelha.

A pá carregadora é movida a gasóleo, possui uma potência de 268 cv, desloca-se sobre rodas, todas elas com capacidade trativa, sendo que a sua direção é imposta pelo mecanismo de articulação hidráulico central. Possui a capacidade de carregar 22,70 t, sendo o movimento do braço controlado através de pistões hidráulicos. O movimento do balde ou das patolas também é controlado por meio de pistões hidráulicos.

Dumper (Volvo BM – A25)

O *dumper* (Figura 4.28) é um equipamento que não opera no fundo da pedreira, mas sim à superfície e apenas é utilizado no transporte e deposição do material estéril no aterro de material sem valor ornamental.



Figura 4.28 – Dumper.

Este equipamento é movido a gasóleo e possui uma potência de 247 cv. Desloca-se sobre seis rodas, quatro delas com capacidade trativa, sendo o seu direcionamento imposto pelo mecanismo de articulação hidráulico. Possui uma caixa basculante, controlada por um pistão hidráulico, com uma capacidade de 9,4 m³ capaz de carregar 22,50 t.

Grua móvel (Villares –VG22)

A grua móvel (Figura 4.29) é utilizada exclusivamente durante o rebaixamento de piso na remoção das massas rochosas que a escavadora de rastos não tem capacidade de remover do interior da “caixa”. Este equipamento efetua a remoção destas massas rochosas, através da utilização de cabos de aço, colocando-as posteriormente num local acessível à pá carregadora.

A grua móvel é movida a gasóleo e possui uma potência de 240 cv. Possui uma lança extensível até 26,00 m capaz de suportar 22,00 t. Todos os movimentos executados pela lança são controlados hidráulicamente. A estrutura da cabina e da lança giram continuamente, ao longo de 360°.



Figura 4.29 – Grua móvel.

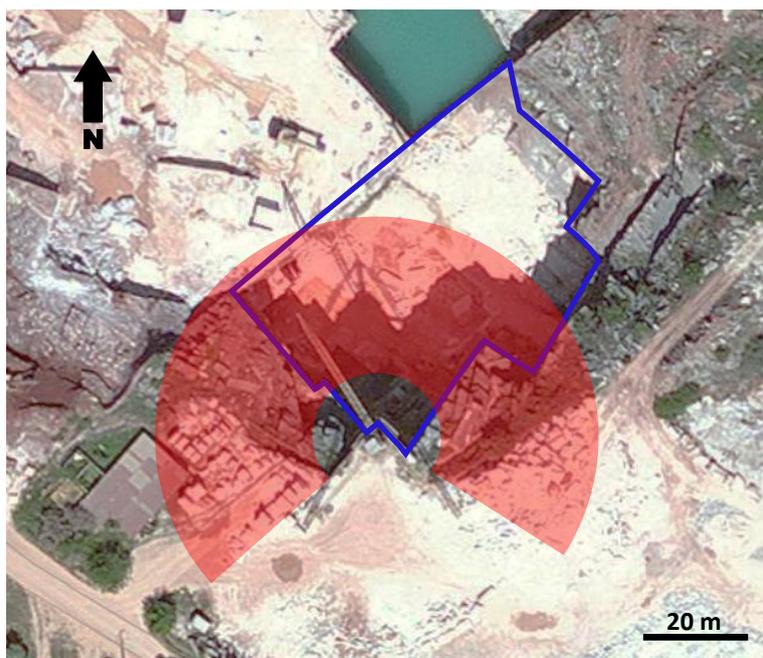
Grua *Derrick* (Benetti Macchine)

A grua *Derrick* (Figura 4.30) tem como funções principais o transporte dos blocos e dos escombros desde o fundo da pedreira até à superfície e o carregamento dos camiões (operações descritas no subcapítulo 5.6). Para além disso, todos os materiais ou equipamentos que não possam ser transportados pelas escadas também são transportados através da grua, tais como bidões de gasóleo e óleo, peças de reposição, equipamentos avariados, etc. Tal como já foi referido, é também, através da grua que é feita a movimentação da maquinaria pesada (pá carregadora, escavadora de rastos, etc.) entre o fundo da pedreira e a superfície, dada a inexistência de outro acesso.



Figura 4.30 – Grua *Derrick*.

A estrutura da grua é composta por uma coluna central, apoiada por duas escoras laterais que fazem um ângulo de 90° entre elas, e por uma lança com 40 m de comprimento. A lança é basculante e opera com uma inclinação entre os 15° e os 85° , para além disso possibilita um movimento de rotação ao longo de 260° . A conjugação destes dois movimentos permite que esta opere numa vasta área que abrange parte do fundo da pedreira, o parque de blocos e a zona de carregamento dos camiões (Figura 4.31).



— - Limite da corta principal.

Figura 4.31 – Imagem aérea da zona da pedreira e representação (a vermelho) da área onde a grua tem capacidade de operar. (Fonte: Bing Maps).

A grua possui três motores elétricos, que permitem a sua total operacionalidade. Um dos motores, de 2,2 kW, controla o movimento de rotação da lança, outro motor, de 11 kW, controla o movimento de subida/descida da lança e um segundo motor de 11 kW controla a subida/descida do cadernal. Todos os movimentos executados pela grua são controlados a partir de um comando à distância.

A carga máxima admitida pela grua é de 25 t, no entanto este valor está condicionado pela mudança utilizada durante a ascensão da carga e pelo ângulo de inclinação da lança.

Assim, com a lança entre 15° e 60° a capacidade de carga máxima de elevação é de 25 t e com a lança entre 60° e os 85° é de 17 t.

As cargas máximas admitidas nas várias mudanças e respetiva velocidade de elevação estão expostas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Carga máxima e velocidade de elevação nas diferentes mudanças da grua *Derrick*.

Mudança	Carga máxima (t)	Velocidade (m/min)
1ª	25,0	1,5
2ª	12,5	2,9
3ª	7,0	4,7
4ª	1,0	7,8
5ª	0,0	11,1

4.4.5 Outros equipamentos

Posto de transformação elétrica

A *Lugramar, Lda.* possui a licença de um posto de transformação (PT Monobloco – 250 KVA) (Figura 4.32) que permite a passagem da corrente elétrica de média tensão para baixa tensão. Este PT tem capacidade suficiente para alimentar os equipamentos eléctricos das instalações sociais e todos os equipamentos eléctricos afectos à exploração.

Para além do quadro geral associado ao PT, existem três quadros eléctricos montados em cavaletes (Figura 4.33), de modo a que estejam protegidos da humidade. Estes quadros possuem tomadas trifásicas de 125 A e 32 A para a ligação dos equipamentos de alta potência e uma tomada monofásica para a ligação dos focos luminosos e outros equipamentos de baixa potência.



Figura 4.32 – Posto de transformação elétrica.



Figura 4.33 –Quadro elétrico.

Compressor de ar (Atlas Copco – BT 4E)

O compressor de ar (Figura 4.34) é utilizado na produção do ar comprimido necessário aos equipamentos de perfuração. O ar comprimido é encaminhado para o fundo da pedreira através de um tubo rígido de aço com um diâmetro de $3\frac{1}{2}$ " até um repartidor de ar (Figura 4.35). A partir daí é distribuído pelos martelos pneumáticos e perfuradora pneumática através de mangueiras com $\frac{3}{4}$ " e $1\frac{1}{2}$ " de diâmetro, respetivamente.



Figura 4.34 – Compressor de ar.



Figura 4.35 – Repartidor de ar.

O compressor funciona com energia eléctrica e encontra-se numa instalação em alvenaria adequada para o efeito. Consome cerca de 70 kW, para produzir uma potência de 50 cv. Debita cerca de 7500 l/min de ar a uma pressão de 6,5 bar.

Bombas de água (Siemens; Rabor)

As bombas de água são utilizadas na remoção da água que é recolhida no último piso da exploração, numa depressão criada para esse efeito, denominada bacia de retenção. Depois de recolhida, a água é bombeada para o tanque de decantação à superfície, sendo reutilizada no processo extrativo, ou encaminhada para a vala de drenagem que se encontra no limite SW da pedreira, ao longo do caminho municipal. Esta vala de drenagem encaminha-a até à linha de água, juntamente com o efluente de outras unidades extrativas.

A água que se acumula na bacia de retenção provém essencialmente de fraturas naturais existentes no maciço, por onde circula abundantemente, dificultando por vezes os trabalhos de exploração. Esta situação é uma das maiores adversidades, com a qual os trabalhadores têm

de lidar no dia-a-dia, especialmente nos períodos mais chuvosos. A ocorrência de água na Pedreira Texugo é agravada, devido ao facto de ser a unidade extrativa que possui a cota mais baixa nesta zona de exploração. Para além da ocorrência natural, a água também provém da utilização dos equipamentos de corte, quer das máquinas de fio diamantado, quer da roçadora de galeria, embora em quantidades muito menores.

A empresa possui três bombas de água elétricas com características semelhantes, uma delas da marca Rabor (Figura 4.36) e duas da marca Siemens (Figura 4.37). Cada uma destas bombas possui 30 cv de potência e capacidade de bombear cerca de 30 m³/h de água, superando uma diferença de cota de 65 m. As bombas funcionam com turbinas centrífugas aspirantes de 6 $\frac{1}{2}$ " , que permitem uma altura de aspiração até 6 m. Os tubos de aspiração e os tubos que encaminham a água para a superfície são de PVC e possuem 4" e 3" de diâmetro, respetivamente.



Figura 4.36 – Bomba de água Rabor.



Figura 4.37 – Bomba de água Siemens (com o veio de transmissão desmontado para reparação).

As bombas são colocadas numa plataforma que é fixada acima da bacia de retenção de água (Figura 4.38), sendo que o número de bombas em funcionamento depende do caudal de água que aflui a esta bacia. Durante os períodos mais secos, geralmente, é suficiente uma bomba em funcionamento contínuo e outra bomba em funcionamento intermitente. Durante os períodos de chuva intensa é necessário o funcionamento das três bombas em simultâneo, sendo que, por vezes, estas não são suficientes para vencer o caudal de água que entra na bacia de retenção.



Figura 4.38 – Plataforma utilizada na colocação das bombas de água acima da bacia de retenção de água.

Equipamentos auxiliares e ferramentas

Para além de todos os equipamentos apresentados anteriormente, são utilizados outros equipamentos auxiliares e ferramentas essenciais à realização dos trabalhos de pedreira. Estes são apresentados em seguida.

Alicate-prensa (Figura 4.39) – Utilizado para cortar o fio diamantado e prensar as uniões metálicas que ligam o fio diamantado.



Figura 4.39 – Alicate-prensa.

Focos de halogéneo móveis (Figura 4.40) – Utilizados na zona de exploração subterrânea, permitem o foco de luz para o local pretendido, facilitando assim a execução dos trabalhos. Possuem uma potência de 400 W e emitem um fluxo luminoso na ordem dos 36 000 lm.



Figura 4.40 – Foco de halogéneo móvel.

Escadas de mão (Figura 4.41) – Utilizadas no acesso dos trabalhadores aos diferentes pisos da exploração. Possuem calços antiderrapantes nas bases.



Figura 4.41 – Escadas de mão.

Contentor móvel (Figura 4.42) – Utilizado para armazenar equipamentos e ferramentas no fundo da pedreira.

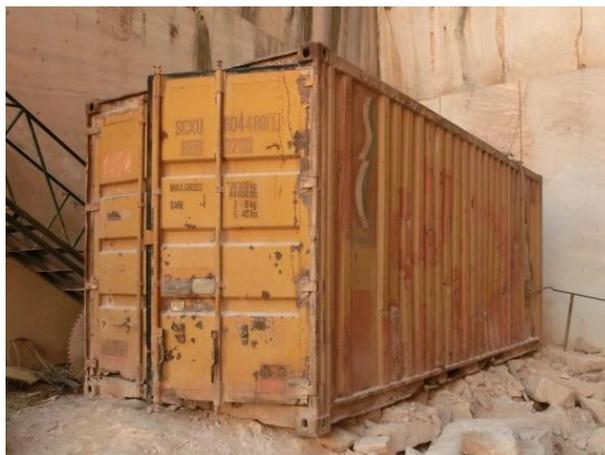


Figura 4.42 – Contentor móvel.

Equipamentos diversos – Durante os trabalhos de pedra são utilizados outros equipamentos e ferramentas diversas, como as que constam na figura 4.43.



- a.) Pá.
- b.) Picareta.
- c.) Marrão.
- d.) Picão.
- e.) Rolos de aço.
- f.) Guilho e palmetas.

Figura 4.43 – Equipamentos diversos.

4.4.6 Quadro resumo dos equipamentos

Os equipamentos anteriormente apresentados estão listados na tabela 4.2, na qual está especificada a respectiva função, quantidade, marca, potência (ou pressão) e capacidade.

Tabela 4.2 – Quadro resumo dos equipamentos afetos à Pedreira Texugo.

Função	Equipamento	Quantidade	Marca/Modelo	¹ Potência (cv) / ² Pressão (bar)	Capacidade (t)
Perfuração	Martelo pneumático ligeiro	2	Atlas Copco / RH 571-5L	6,5 ²	N.A.
	Perfuradora pneumática rotopercussiva	1	Benetti Macchine / PP 630	6,5 ²	N.A.
Corte	Máquina de fio diamantado	2	Benetti Macchine / Alpha 840	1 x 40 ¹ + 1 x 50 ¹	N.A.
	Roçadora de galeria	1	Benetti Macchine / Tunnel Jet Belt 940	68 ¹	N.A.
Desmorte	Colchões hidráulicos	N. C.	Newtec / PowerPush	N.A.	300
	Colchões hidráulicos de galeria	N. C.	Newtec / PowerPush	N.A.	150
	Compressor hidráulico	1	Benetti Macchine / Hydro-Bag 645	1,5 ¹	600
Carga e transporte	Escavadora de rastos	1	Hyundai / R 250 NLC-3	163 ¹	12
	Pá carregadora	1	Volvo / L160	268 ¹	22,7
	<i>Dumper</i>	1	Volvo / A25	247 ¹	22,5
	Grua móvel	1	Villares / VG22	240 ¹	22
	Grua <i>Derrick</i>	1	Benetti Macchine	Vertical: 35 ¹ Lança: 35 ¹ Rotação: 3 ¹	25
Outra	Compressor de ar	1	Atlas Copco / BT 4E	50 ¹	N.A.
	Bomba de água	3	2 x Siemens; 1 x Rabor	3 x 30 ¹	N.A.

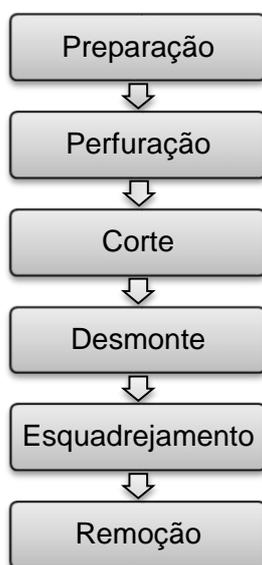
N.A. - Não aplicável; N.C. - Não contabilizável, por ser descartável.

CAPÍTULO 5

CICLO DE TRABALHOS DE PEDREIRA

5. CICLO DE TRABALHOS DE PEDREIRA

O ciclo de trabalhos de pedreira é composto por um conjunto de operações unitárias realizadas sequencialmente (fluxograma 5.1) que possibilitam o desenvolvimento de tarefas. Este ciclo inicia-se com os trabalhos de **preparação** das massas a desmontar, segue-se a **perfuração**, operação necessária à execução do **corte**. Posteriormente procede-se ao **desmonte** do material, seguido do seu **esquadrejamento**, com o propósito de obter blocos com dimensões comercializáveis. O ciclo de trabalhos de pedreira termina com a limpeza e **remoção** dos blocos para o parque de blocos e dos escombros para o aterro de material sem valor ornamental.



Fluxograma 5.1 – Sequência das operações unitárias realizadas no ciclo de trabalhos de pedreira.

Todas as operações unitárias são descritas tal como são executadas atualmente na Pedreira Texugo, recorrendo às técnicas utilizadas na empresa e aos equipamentos disponíveis.

5.1 Preparação

A preparação das massas a desmontar é a primeira operação executada no ciclo de trabalhos de pedreira.

A primeira fase desta operação é a limpeza, recorrendo a picaretas e pás de modo a remover a terra e lama presentes no piso da pedreira (Figura 5.1). Esta tarefa é finalizada através da

lavagem com água de todas as superfícies (piso e paredes) onde irão ocorrer os trabalhos (Figura 5.2).



Figura 5.1 – Limpeza do piso utilizando uma pá.



Figura 5.2 – Lavagem do piso com água.

Após a limpeza, é feita uma avaliação do maciço, tarefa realizada pelo encarregado da pedreira. Nesta etapa são identificadas as características da rocha: cor, vergada e fraturação. A realização desta tarefa é fulcral, já que todas as informações recolhidas durante esta fase influenciam as decisões tomadas durante a evolução dos trabalhos. A característica mais influente e à qual se dá mais importância é a fraturação da rocha, pois é a principal condicionante da blocometria obtida.

Os trabalhos de preparação terminam com a realização das medições e marcações dos locais de perfuração e de corte, utilizando uma régua e giz (Figura 5.3). Estas tarefas também são realizadas pelo encarregado, visto tratar-se da pessoa com mais experiência e conhecedora da pedreira.



Figura 5.3 – Realização da medição com o metro e marcação com giz.

A realização das tarefas enumeradas é muito importante, pois permite a aquisição do máximo conhecimento possível do maciço antes de iniciar os trabalhos de exploração propriamente ditos.

5.2 Perfuração

A perfuração é a segunda operação realizada no ciclo de trabalhos de pedreira, sendo essencial para posteriormente se proceder à passagem do fio diamantado para a realização da operação de corte. Para que tal aconteça é necessário que os furos se intersetem entre si.

A perfuração horizontal é realizada utilizando-se sobretudo a perfuradora pneumática rotopercussiva, embora nalguns casos, nomeadamente durante a operação de esquadreamento, seja usado o martelo pneumático ligeiro. Assim, a perfuração vertical é realizada recorrendo-se ao martelo pneumático ligeiro, sendo esta realizada sempre, após a perfuração horizontal, devido à maior facilidade do operador do martelo pneumático detetar o momento da interseção dos furos. Para além disso, no caso dos furos não se intersetarem, é bastante mais rápida a realização de outro furo vertical com o martelo pneumático ligeiro, em comparação com a realização de um furo horizontal com a perfuradora pneumática.

Para garantir que um furo vertical e um furo horizontal se intersetem recorre-se a uma técnica, à qual se dá o nome de “desempeno”. Esta técnica consiste na colocação de uma barrena no topo da bancada, com o alinhamento que se pretende em relação à marcação onde será feito o furo vertical. Na extremidade da barrena que fica fora da bancada é pendurado um fio-de-prumo que se estende até à sua base, marcando-se com giz, o local do emboquilhamento da perfuração horizontal, junto à base da bancada (Figuras 5.4 e 5.5).

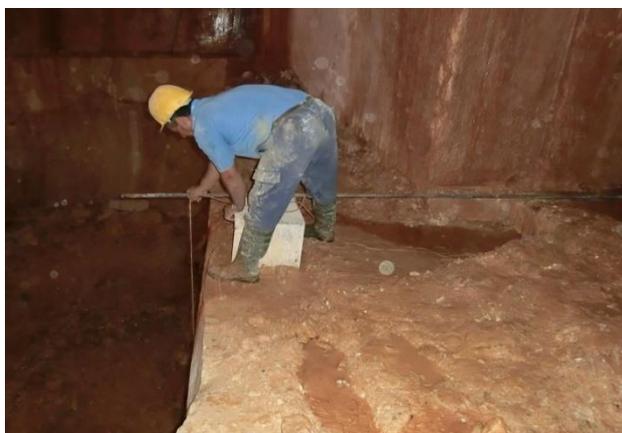


Figura 5.4 – Realização da técnica de “desempeno”.

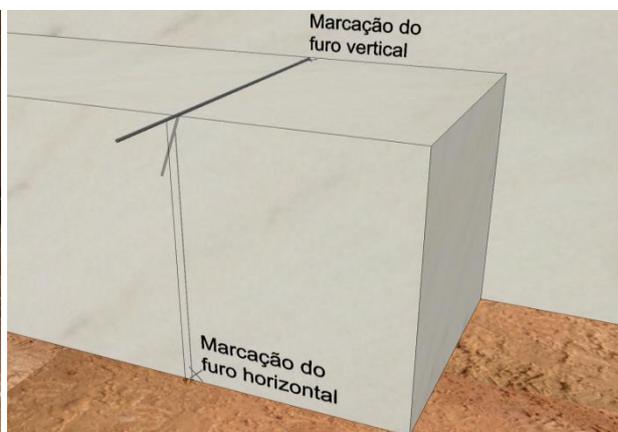


Figura 5.5 – Representação 3D da técnica de “desempeno”.

Para garantir que dois furos horizontais se interessem é aconselhável que estes sejam executados à mesma cota. Quando estes são executados próximos um do outro é fácil proceder-se à marcação do segundo furo recorrendo-se ao nível de bolha. No entanto, em bancadas de grandes dimensões torna-se difícil e pouco fiável a marcação do segundo furo com recurso a este método. Nestes casos é utilizada uma mangueira de nível (mangueira transparente com as duas extremidades abertas) (Figura 5.6) que é cheia de água, sendo ambas as extremidades colocadas verticalmente junto à parede da bancada, uma delas na prumada do primeiro furo horizontal, e a outra na prumada de onde será realizado o segundo furo horizontal (Figura 5.7).



Figura 5.6 – Mangueira de nível.



Figura 5.7 – Realização da marcação do 2º furo horizontal através da utilização da mangueira de nível.

É medido na vertical, o comprimento entre o centro do primeiro furo e o nível de água na mangueira, devendo essa mesma distância ser medida a partir do nível de água na outra extremidade da mangueira até à posição onde figurará o segundo furo, fazendo-se a respetiva marcação, garantindo-se assim que ficam ambos exatamente à mesma cota (Figura 5.8).

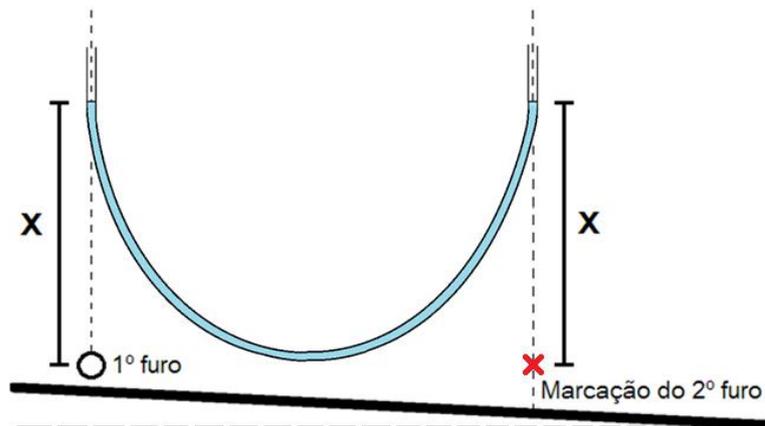


Figura 5.8 – Representação da marcação do segundo furo horizontal através da utilização da mangueira de nível.

5.2.1 Perfuradora pneumática rotopercussiva

Após ser marcado o local onde será efetuado o furo horizontal é realizado um furo 16 cm acima dessa marca, que corresponde à diferença de altura entre o apoio frontal da perfuradora e o centro do *bit* de perfuração, utilizando-se para isso o martelo pneumático (Figura 5.9). Posteriormente o apoio frontal da perfuradora é colocado no furo e procede-se ao seu nivelamento. Esta operação é realizada através da leitura de um nível de bolha que é colocado no corpo da perfuradora. Caso seja necessário, são colocadas tábuas de madeira debaixo dos apoios traseiros de modo a garantir a sua horizontalidade (Figura 5.10).



Figura 5.9 – Distância entre o apoio frontal da perfuradora e o centro do *bit* de perfuração.



Figura 5.10 – Tábua de madeira utilizada no nivelamento da perfuradora pneumática.

Após o nivelamento é feito o ajuste da direção da perfuradora. Esta tarefa é dirigida por um operário que dá instruções desde o topo da bancada relativamente aos ajustes que deverão

ser feitos na perfuradora, de modo a que esta fique perfeitamente alinhada com a barrena que foi utilizada para realizar o “desempeno” (Figura 5.11).



Figura 5.11 – Ajuste da direção da perfuradora através da observação a partir do topo de bancada.

Finalmente procede-se à fixação da perfuradora, de modo a que esta se mantenha imóvel durante a execução da perfuração, efetuando-se um furo inclinado com cerca de 20 cm de profundidade, em cada um dos seus lados, onde são colocadas duas estacas de ferro, procedendo-se posteriormente à sua fixação através de dois esticadores devidamente tensionados (Figura 5.12).



Figura 5.12 – Pormenor do sistema de fixação da perfuradora.

Antes de se dar início à realização do furo horizontal são verificados, novamente, o nivelamento e a direção da perfuradora, devido à possibilidade de terem ocorrido desvios

durante a sua fixação. Finalmente procede-se à ligação de todas as mangueiras à central de controlo e é iniciada a perfuração.

Quando a cabeça da perfuradora atinge o final do seu curso é necessário acoplar tubos extensores de modo a que a perfuração prossiga. Esta manobra é realizada com recurso a uma chave de boca que encaixa nos tubos extensores. A chave é encaixada no tubo que penetrou no furo e a cabeça da perfuradora é desenroscada através do movimento de rotação anti-horário (contrário ao movimento de rotação de perfuração) (Figura 5.13 – a). A cabeça da perfuradora é puxada para trás (Figura 5.13 – b), sendo enroscado um tubo extensor no tubo que já se encontra no interior do furo (Figura 5.13 – c). A cabeça da perfuradora avança, encaixando no tubo extensor através do movimento de rotação no sentido horário e a perfuração é retomada (Figura 5.13 – d).



- a) Chave de boca encaixada no tubo extensor.
- b) Cabeça da perfuradora recuada.
- c) Operário a enroscar um tubo extensor no tubo que se encontra no interior do furo.
- d) Avanço e encaixe da cabeça da perfuradora no tubo extensor.

Figura 5.13 – Sequência utilizada durante a colocação de um tubo extensor na perfuradora pneumática.

Após o final da perfuração a remoção dos tubos do interior do furo é efetuada aplicando a mesma sequência, mas no sentido inverso.

5.2.2 Martelo pneumático ligeiro

O início da perfuração vertical com o martelo pneumático ligeiro inicia-se sempre com a primeira barrena que possui 80 cm de comprimento. A parte inicial da perfuração é realizada com pouca potência e com o pé do operário encostado na extremidade da barrena de modo a que não haja um desvio do local previamente marcado, facilitando o emboquilhamento do furo (Figura 5.14). Quando a barrena penetra suficientemente na rocha, o operário para o martelo pneumático e verifica a verticalidade do conjunto através da leitura do nível de bolha encostado

à barrena. Para garantir uma leitura correta é necessário que a barrena não se encontre encostada às paredes do furo (Figura 5.15).



Figura 5.14 – Pormenor do pé do operário encostado à barrena no início da perfuração.



Figura 5.15 – Verificação da verticalidade da barrena através da utilização do nível de bolha.

Quando uma barrena penetra completamente no furo, o martelo pneumático é desacoplado, sendo esta substituída por outra de comprimento maior. O martelo pneumático volta a ser acoplado, prosseguindo a perfuração. Sempre que é efetuada uma troca de barrenas é verificada a verticalidade do furo, através do método anteriormente descrito.

O furo é executado até ao momento em que o operador do martelo pneumático sentir que este baixou bruscamente, significando que se deu a interseção com o furo horizontal. Para confirmar esta interseção é injetado ar comprimido no furo vertical, sendo colocada no furo horizontal uma mangueira, que serve de “auscultador”. Caso se ouça o ruído emitido pelo ar comprimido, confirma-se que os furos se intersetaram. No caso da perfuração vertical se prolongar para além do expectável, sem que tenha havido interseção do furo horizontal, são realizados na sua periferia, tantos furos quantos os necessários até se conseguir a interseção.

5.3 Corte

O corte é a operação que permite a individualização das massas rochosas através da realização de cortes horizontais, verticais e oblíquos. Esta operação é realizada utilizando a máquina de fio diamantado ou a roçadora de galeria, sendo esta última, apenas utilizada no caso de avanço na exploração subterrânea.

5.3.1 Máquina de fio diamantado

Para proceder ao corte com a máquina de fio diamantado é necessário que o fio diamantado passe no interior dos furos previamente executados, de modo a envolver todo o perímetro da área a cortar. Para que tal aconteça é necessário recorrer-se à técnica do cordel, a qual é executada com uso de um cordel munido de um desperdício na ponta (Figura 5.16) e a uma mangueira com ganchos na sua extremidade (Figura 5.17).

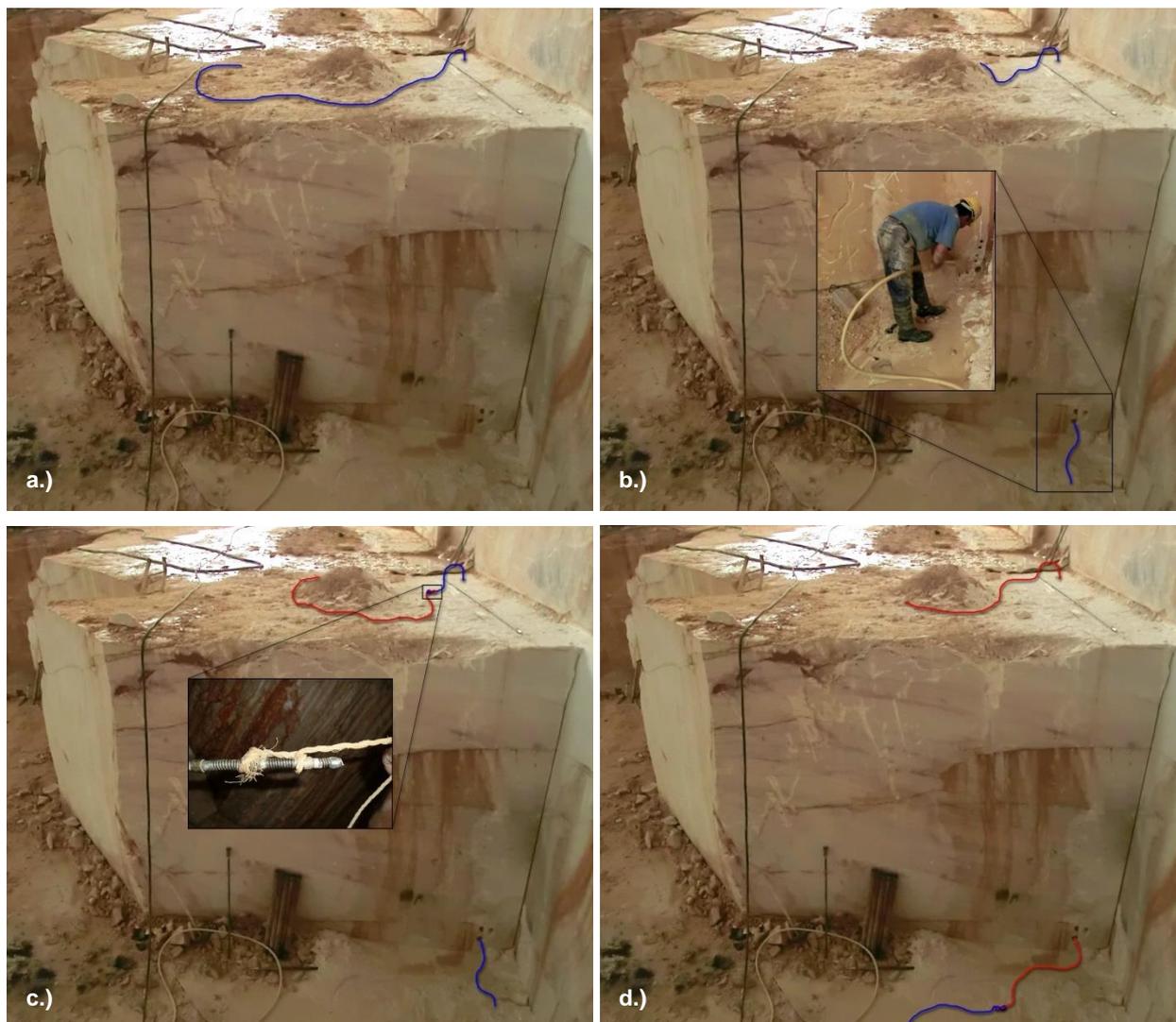


Figura 5.16 – Cordel com desperdício na ponta.



Figura 5.17 – Mangueira com ganchos de arame.

Esta técnica consiste na inserção do cordel no interior do furo vertical (Figura 5.18 – a.) juntamente com água, de modo a facilitar a sua descida. Posteriormente este é “pescado” através do furo horizontal (Figura 5.18 – b.) utilizando-se a mangueira com ganchos. Finalmente o cordel é atado ao fio diamantado (Figura – c.), sendo puxado pelo furo horizontal, fazendo com que este o substitua nos furos (Figura 5.18 – d.).



- a.) Inserção do cordel representado a azul, no furo vertical.
- b.) Cordel passado por ambos os furos através da utilização da mangueira com ganchos de arame.
- c.) Cordel atado ao fio diamantado representado a vermelho, no topo da bancada.
- d.) Final da sequência, já com o fio diamantado no interior de ambos os furos.

Figura 5.18 – Representação da sequência de passagem do fio diamantado com recurso à “técnica do cordel”.

O procedimento da passagem do fio diamantado pelos furos anteriormente descrito é realizado para se proceder à realização do corte vertical. No caso do corte horizontal, o procedimento é semelhante, diferindo apenas no facto de que, após o cordel ser “pescado” num furo horizontal, este volta a ser “pescado” no outro furo horizontal, ficando assim, inserido em ambos. Posteriormente a colocação do fio diamantado é realizada utilizando-se a técnica anteriormente descrita.

Após a colocação do fio diamantado nos furos procede-se à montagem do carril devidamente alinhado com o corte que se vai realizar (Figura 5.19). No caso de o piso ser irregular são-lhe

colocadas pedras debaixo com o objetivo de o nivelar, evitando-se que este se desloque e/ou vibre durante a execução do corte (Figura 5.20). A máquina de fio diamantado é colocada no carril, com recurso à escavadora de rastos ou à pá carregadora (Figura 5.21).



Figura 5.19 – Colocação do carril no alinhamento da direção de corte.



Figura 5.20 – Nivelamento do carril com fragmentos de pedra.



Figura 5.21 – Colocação da máquina de fio diamantado no carril, com recurso à pá carregadora.

Em seguida, a máquina é ligada à central elétrica de comando, sendo posicionada na extremidade do carril, mais próxima do corte. O comprimento do fio diamantado é ajustado, as suas extremidades são ligadas com uma união metálica que é prensada com o alicate-prensa (Figura 5.22), sendo posteriormente colocado na poleia motriz da máquina de fio diamantado. O operário verifica o alinhamento do conjunto fio diamantado – poleia motriz – carril (Figura 5.23) e, caso seja necessário, procede aos respetivos ajustes. A poleia motriz é alinhada através da central elétrica de comando e a direção do carril é ajustada utilizando-se uma barra de ferro, que funciona como alavanca (Figura 5.24).



Figura 5.22 – Prensagem da união metálica.



Figura 5.23 – Verificação do alinhamento do conjunto fio diamantado – poleia motriz – carril.



Figura 5.24 – Alinhamento da direção do carril recorrendo a uma barra de ferro.

Antes do início do corte, utilizando-se um picão são suavizadas as arestas vivas existentes no percurso do fio diamantado (Figura 5.25). Esta operação tem como objetivo evitar possíveis danos no fio diamantado, evitar o seu desvio dos locais de corte definidos e facilitar o arranque da máquina de fio diamantado. Durante a execução da operação é colocada uma mangueira com a água direcionada para o local do golpe (Figura 5.26), sendo absolutamente necessária para promover o arrefecimento do fio diamantado, anular a formação de poeiras e limpar o corte. A localização da mangueira é alterada à medida que o corte avança.



Figura 5.25 – Aresta partida no local de passagem do fio diamantado. **Figura 5.26** – Mangueira direcionada para o local de corte.

No início do corte o fio diamantado deve estar pouco tenso, de modo a desgastar as referidas arestas, sendo esta técnica vulgarmente designada por “acamar” o fio. À medida que o corte avança a máquina de fio diamantado vai recuando no carril até atingir a sua extremidade. Quando tal acontece é necessário interromper a operação para diminuir o comprimento do fio diamantado. Para realizar esta operação a máquina de fio diamantado avança para o início do carril, o operário corta o fio diamantado na medida adequada com o alicate-prensa e volta a uni-lo com uma união metálica utilizando a mesma ferramenta. Em seguida o fio diamantado volta a ser colocado na poleia motriz da máquina e o corte é retomado.

Todo o procedimento anteriormente descrito é válido para a realização de qualquer tipo de corte utilizando a máquina de fio diamantado.

Nalguns casos é necessário recorrer-se à utilização de poleias direcionais montadas em postes fixos para se proceder à execução do corte (Figura 5.27), sendo esta solução utilizada fundamentalmente quando não existe espaço suficiente para instalar o carril da máquina de fio diamantado no local desejado correspondente ao alinhamento do golpe.



Figura 5.27 – Utilização de poleias direcionais instaladas em postes fixos.

As poleias direcionais também poderão ser montadas na parte frontal da máquina de fio diamantado, num suporte preparado para o efeito. Esta solução é utilizada para se obter maior raio de curvatura correspondente ao contacto entre a poleia motriz e o fio diamantado, obtendo-se deste modo uma maior tração (Figura 5.28).



a) Sem a poleia direcional montada no suporte da máquina de fio diamantado.

b) Com a poleia direcional montada no suporte da máquina de fio diamantado.

Figura 5.28 – Representação a vermelho da área de contacto entre o fio diamantado e a poleia motriz.

Durante o funcionamento da máquina de fio diamantado é expressamente proibida a permanência ou a passagem de pessoas e máquinas no alinhamento do corte devido à perigosidade associada à possibilidade de ocorrer projeção dos componentes do fio diamantado, no caso de este se partir.

5.3.2 Roçadora de galeria

A operação de corte com recurso à roçadora de galeria é realizada apenas durante o avanço da exploração subterrânea. Esta tarefa não foi executada nos últimos tempos, já que o avanço da exploração tem ocorrido sobretudo em profundidade. Contudo, prevê-se que este equipamento venha a ser utilizado num futuro próximo, durante a realização do alargamento da exploração subterrânea, previsto no Plano de Lavra da Pedreira Texugo.

5.3.2.1 Corte horizontal

Para a execução do corte horizontal a roçadora é posicionada paralelamente à face a cortar, com recurso à pá carregadora. De seguida a máquina é ligada à central de controlo e são feitos os ajustes necessários através das unidades motoras. Após o seu posicionamento no local pretendido, esta é nivelada automaticamente, através da ação de quatro pistões hidráulicos posicionados nos seus vértices (Figura 5.29). Em seguida a roçadora é fixada com extensores telescópicos no topo das colunas, verificando-se esta situação, apenas, caso o teto esteja próximo (Figura 5.30). Outra solução para a fixação da roçadora é a utilização de cabos de aço espiados no chão e ligados ao topo das duas colunas. A realização destas duas ações é fundamental para que a máquina funcione de forma correta durante a execução do corte, evitando-se a ocorrência de desvios e/ou vibrações que poderão causar danos na máquina, na lança e na cinta diamantada.



Figura 5.29 – Pistão hidráulico da roçadora de galeria.



Figura 5.30 – Fixação ao teto através do extensor telescópico no topo da coluna. (Fonte: Benetti Macchine).

Posteriormente procede-se ao ajuste da posição da lança, através da rotação da barra central da roçadora, dependendo do corte a executar, podendo haver duas soluções: no caso do corte

horizontal de base que é o primeiro a ser realizado, a lança é posicionada debaixo do motor da máquina (Figura 5.31); no caso do corte horizontal de topo, o último a ser realizado, a lança é posicionada acima do motor da máquina (Figura 5.32).

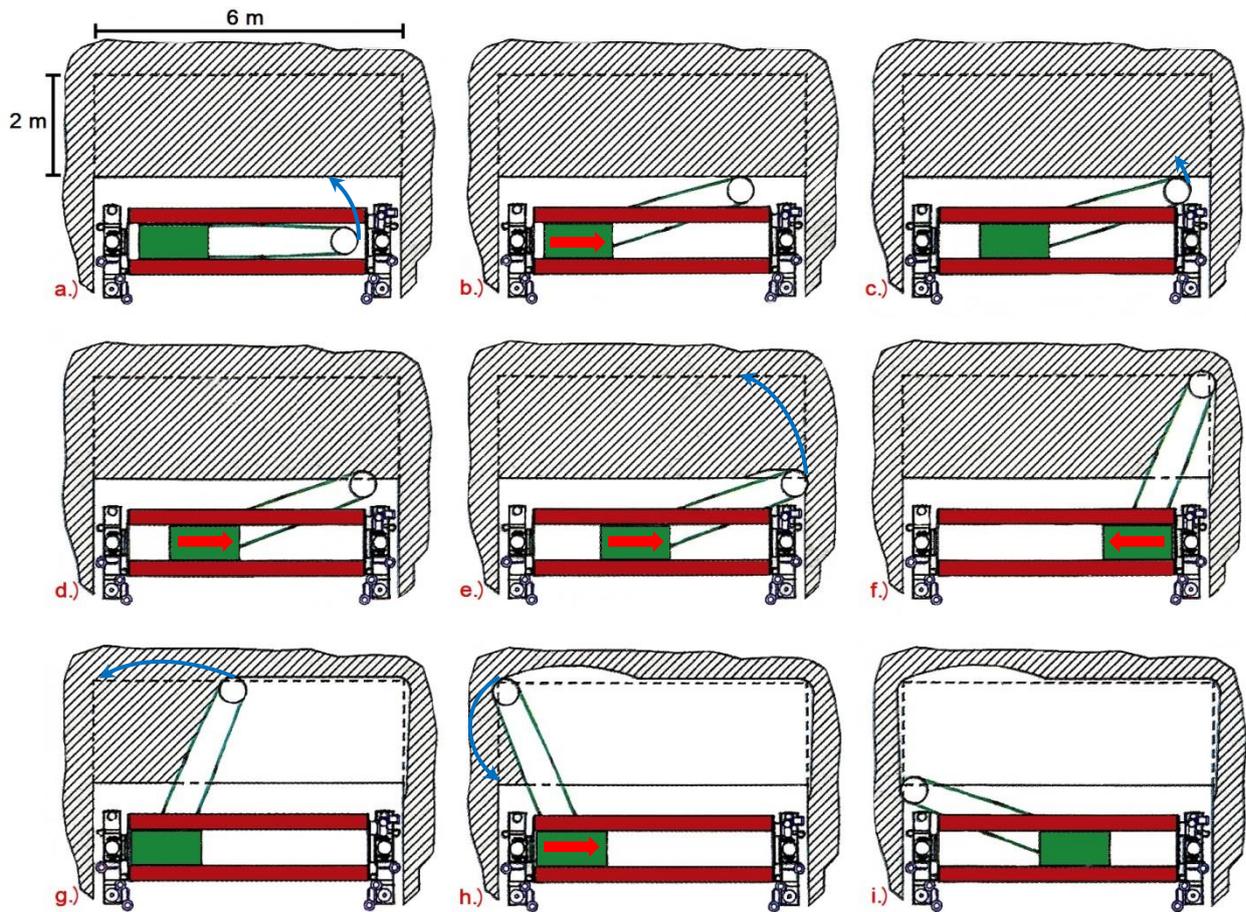


Figura 5.31 – Posicionamento da lança da roçadora abaixo do motor. (Fonte: Benetti Macchine).



Figura 5.32 – Posicionamento da lança da roçadora acima do motor. (Fonte: Benetti Macchine).

Após toda a fase preparatória é possível iniciar-se o corte horizontal. Toda a sequência de corte utilizada na Pedreira Texugo, descrita em seguida, está representada esquematicamente na Figura 5.33. Partindo da posição inicial (a) e ainda com a cinta diamantada parada, é realizado um movimento de rotação da lança até esta ficar posicionada junto à face a cortar (b). Seguidamente o motor avança sobre a barra central até a extremidade da lança ficar junto à coluna da máquina (c). Inicia-se o movimento da cinta diamantada e a lança é rotacionada de forma a promover o contacto entre a cinta diamantada e a rocha, dando início ao corte (d). Em seguida, o motor avança no carril até que a extremidade da lança atinja o limite lateral do corte (e). A seguir, de forma a delimitar o corte lateralmente é realizado o movimento de rotação da lança em simultâneo com o movimento de avanço do motor sobre a barra central até este atingir o final do carril (f). Na fase seguinte o motor recua sobre a barra central até atingir o início do carril, sempre com a lança fixa (g). À medida que a operação evolui são colocados rolos de aço no interior do corte para impedirem o seu fecho, situação que dificultaria a posterior remoção das massas rochosas. Seguidamente, o motor mantém-se nessa posição realizando-se o movimento de rotação da lança até a sua extremidade atingir o limite lateral do corte (h). Finalmente são efetuados simultaneamente o movimento de rotação da lança e o movimento de avanço do motor de forma a delimitar o corte lateralmente. Após este último passo, a roçadora é desmontada ou procede-se aos ajustes da altura e da rotação da barra central, necessários à realização de outros cortes horizontais acima deste, caso seja necessário.



→ – Representação da direção do movimento do motor da roçadora sobre a barra central.

↺ – Representação da direção do movimento de rotação da lança.

Figura 5.33 – Representação esquemática em planta, da sequência utilizada na realização do corte horizontal. (Adaptado de Catálogo Benetti Macchine, 2005).

5.3.2.2 Corte vertical

Todo o processo de preparação, nivelamento e fixação da máquina é semelhante aos cortes horizontais, sendo que, neste caso, a máquina é posicionada perpendicularmente à face a cortar (Figura 5.34). Proceda-se ao ajuste da posição da lança, através da rotação da barra central da roçadora, dependendo do corte a executar. No caso do corte vertical esquerdo, a lança é posicionada no lado esquerdo da máquina, no caso do corte vertical direito, esta é posicionada no lado direito da máquina (Figura 5.34).

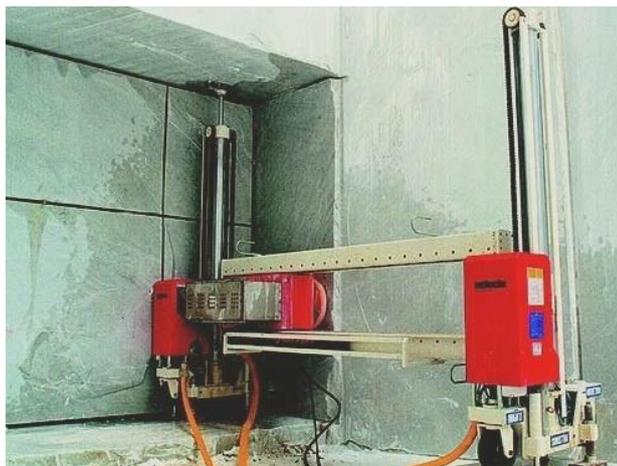


Figura 5.34 – Posicionamento da roçadora durante a execução do corte vertical direito. (Fonte: Benetti Macchine).

A sequência utilizada na realização dos cortes verticais (Figura 5.35) é bastante mais simples comparativamente à sequência dos cortes horizontais. Esta é iniciada com o posicionamento da extremidade da lança junto à face a cortar, à cota onde será realizado o topo do corte (a). É iniciado o movimento de rotação da cinta diamantada e o corte é executado através do avanço do motor da máquina até ao final do carril, delimitando o topo do corte (b). Em seguida é iniciado o movimento de rotação da lança até esta ficar numa posição horizontal (c). Com a lança nesta posição procede-se à descida da barra central da máquina até à base das colunas (d) e a lança é rodada até a sua extremidade atingir a cota da base do corte (e). Finalmente, o motor da máquina recua no carril, delimitando toda a base do corte (f). Dá-se por terminado o corte e a roçadora é desmontada.

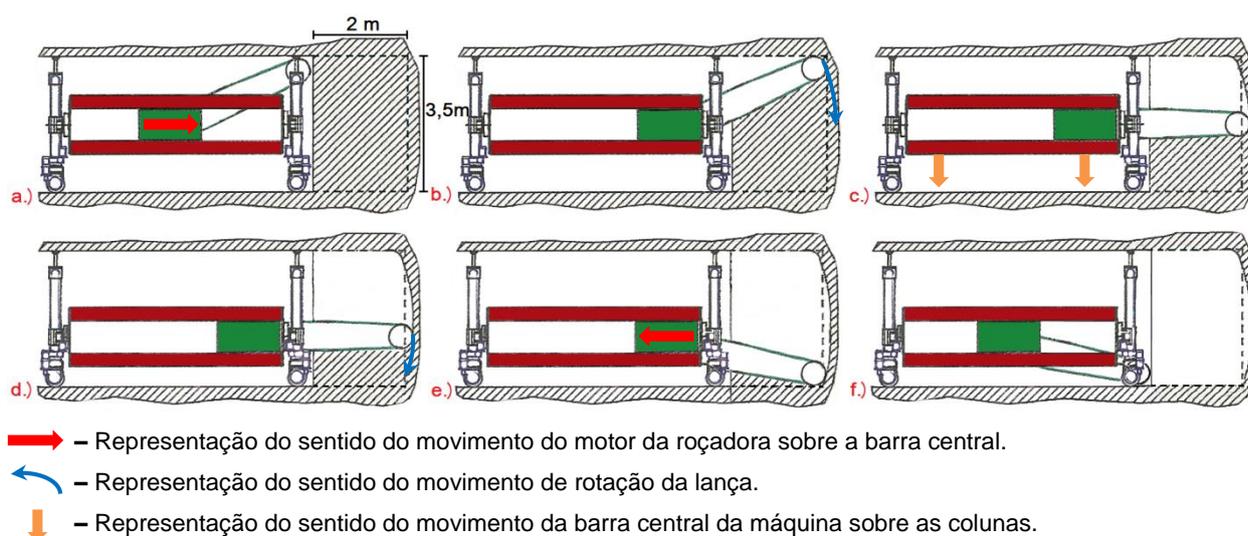


Figura 5.35 – Representação esquemática (em perfil) da sequência utilizada na realização do corte vertical. (Adaptado de Catálogo Benetti Macchine, 2005).

5.4 Desmonte

Após a realização dos cortes, as massas rochosas encontram-se individualizadas, sendo possível proceder-se ao seu desmonte. A operação de desmonte na Pedreira Texugo assenta, sempre que possível, no aproveitamento das discontinuidades naturais da rocha, em combinação com os cortes executados. O derrube das massas rochosas é realizado recorrendo-se à escavadora de rastos equipada com o *ripper*.

Este método de desmonte é exequível graças à realização de pequenas caixas, denominadas “pegas”, junto das fraturas presentes na rocha, ou junto dos cortes executados. Estas são executadas com recurso ao martelo pneumático ligeiro, para a execução do contorno da “pega” e ao marrão para partir a pedra do seu interior (Figura 5.36). Estas “pegas” são realizadas com o objetivo de criar o espaço necessário à atuação eficaz do *ripper* (Figura 5.37).

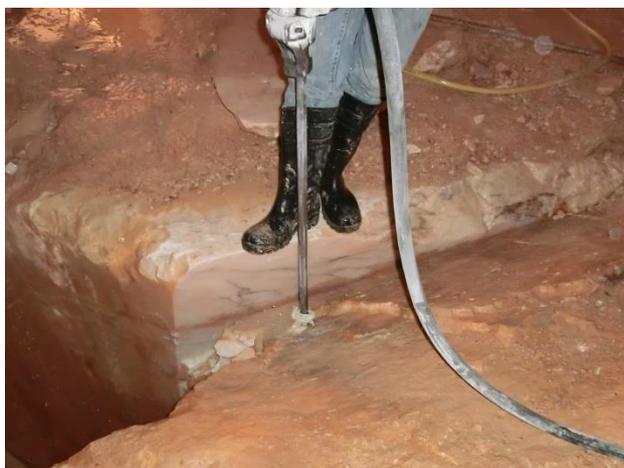
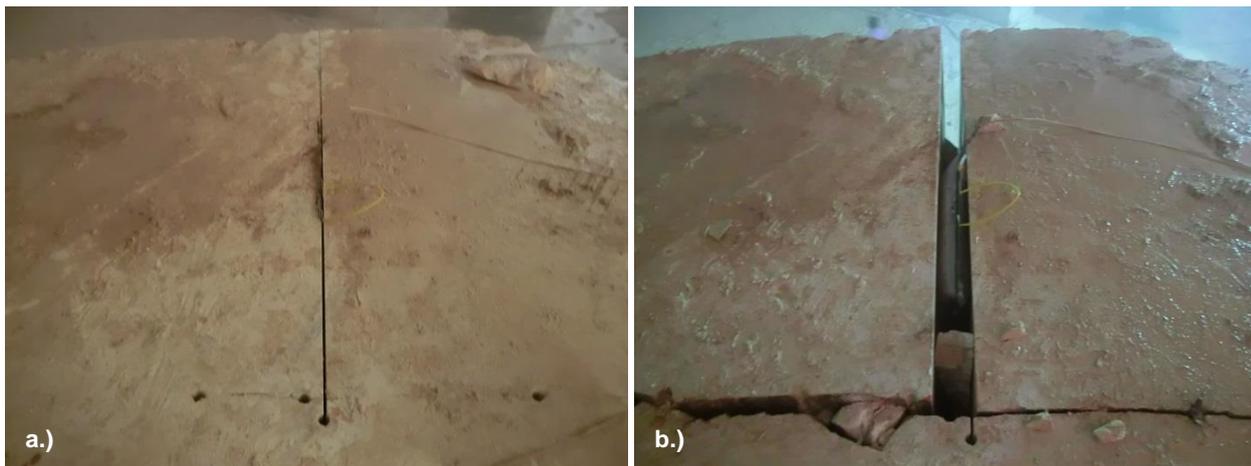


Figura 5.36 – Execução de uma “pega” junto a um corte recorrendo-se ao martelo pneumático.



Figura 5.37 – “Pega” finalizada, pronta a receber o *ripper*.

Nalguns casos específicos recorre-se à utilização de colchões hidráulicos em alternativa à realização de “pegas”. Estes são utilizados quando as massas a desmontar têm dimensões demasiado elevadas para as capacidades da escavadora de rastos. Geralmente são colocados em locais estratégicos com o objetivo de alargar as discontinuidades criadas pelos cortes com o fio diamantado, ou as fraturas naturais presentes na rocha (Figura 5.38), dividindo assim as massas rochosas e permitindo o seu posterior derrube recorrendo-se à escavadora de rastos equipada com o *ripper*.



a.) Colchão hidráulico no interior do corte. Momento anterior à sua utilização.

b.) Abertura da fratura devido à atuação de forças de tração criadas pelo enchimento do colchão hidráulico.

Figura 5.38 – Atuação de um colchão hidráulico colocado estrategicamente num corte perpendicular a uma fratura.

Antes de se iniciar a operação de desmonte é feita a “cama” no piso inferior, designação utilizada para caracterizar a colocação de fragmentos de rocha e lama, de modo a amortecer a queda das massas desmontadas, evitando que estas se partam e promovendo uma diminuição do impacto no piso base. Esta tarefa pode ser realizada utilizando a escavadora de rastos ou a pá carregadora, ambas com o balde acoplado (Figura 5.39).



Figura 5.39 – Realização da “cama” recorrendo-se à pá carregadora com o balde acoplado.

O *ripper* exerce uma função de alavanca forçando a separação das massas rochosas ao longo das fraturas ou dos cortes (Figura 5.40). À medida que esta operação avança são colocados fragmentos de rocha no interior da abertura que se vai criando, de modo a evitar que a massa a desmontar volte à sua posição inicial. Este procedimento é efetuado até ao momento em que a massa rochosa cai sobre a “cama” (Figura. 5.41).



Figura 5.40 – Atuação do *ripper* numa “pega” junto de uma fratura.



Figura 5.41 – Massa rochosa tombada sobre a “cama” após ser derrubada.

Sempre que possível esta operação é executada com a escavadora de rastos posicionada no topo da bancada, devido à perigosidade associada ao derrube da massa rochosa. No caso ilustrado nas figuras 5.40 e 5.41, a inexistência de espaço e de acesso ao topo da bancada impossibilitou a implementação desta medida de prevenção.

5.5 Esquadrejamento

A operação de esquadrejamento é iniciada com trabalhos preparatórios. Primeiramente é realizada uma análise cuidada das massas marmóreas desmontadas (Figura 5.42), em busca de possíveis defeitos, essencialmente fraturas que estas possam ter. De seguida é realizada a medição dos blocos (Figura 5.43) com o intuito de proceder ao seu dimensionamento e obter as dimensões máximas admissíveis, aproximadamente 3,20 m x 1,80 m x 1,40 m, limitadas pela capacidade máxima de carga da pá carregadora que é de 22,70 t. Antes de se proceder ao esquadrejamento é feita a marcação dos locais onde serão executados os cortes (Figura 5.44). Todo o planeamento de esquadrejamento é realizado pelo encarregado da pedra, auxiliado pela utilização do fio-de-prumo, do esquadro de pedra, de régua e giz.



Figura 5.42 – Observação da massa marmórea, em busca de defeitos que esta possa ter.



Figura 5.43 – Medição da massa marmórea, recorrendo-se ao metro e ao esquadro de pedreira.



Figura 5.44 – Marcação do local de corte com giz.

A conjugação dos dados obtidos durante a observação e medição das massas marmóreas determina o destino a dar às mesmas, tal como está representado genericamente na Tabela 5.1. A utilização desta norma é possível graças à orgânica interna da empresa, podendo não ser aplicável a outras empresas.

Tabela 5.1 – Norma utilizada na Pedreira Texugo relativamente à aplicação a dar às massas marmóreas.

		Dimensão	
		Pequena	Grande
Defeitos	Sim	Aterro de material sem valor ornamental	Bloco para produção de ladrilho
	Não	Bloco para produção de ladrilho	Bloco para produção de chapa

Os métodos de esquadreamento utilizados na Pedreira Texugo variam, consoante as características da massa rochosa a esquadrear. Em seguida são apresentados os vários métodos utilizados na realização desta operação.

Guilhação parcial – Este tipo de guilhação é realizado nas massas que possuem fraturas que as atravessam totalmente. A guilhação é realizada através da execução de furos com uma profundidade aproximadamente de 20 cm, espaçados ao longo da fratura, utilizando-se o martelo pneumático ligeiro (Figura 5.45). Posteriormente são colocados nos furos guilhos no meio de palmetas (Figura 5.46), sendo batidos com um marrão, provocando a abertura da rocha através da fratura.



Figura 5.45 – Realização dos furos da guilhação parcial ao longo de uma fratura (não visível devido ao pó) recorrendo-se ao martelo pneumático ligeiro.



Figura 5.46 – Guilhos e palmetas colocados nos furos para posteriormente serem batidos com o marrão.

Guilhação integral – Este tipo de guilhação é realizado quando é necessário remover uma pequena fração de rocha, evitando-se deste modo a realização de corte com fio diamantado. O objetivo desta guilhação é a criação de um plano de fraqueza na rocha através da execução de um “picotado” com o martelo pneumático ligeiro (Figura 5.47). Os furos atravessam totalmente a massa rochosa e são realizados próximos uns dos outros, com espaçamento entre 2 a 3 cm. Após a realização de toda a furação, à semelhança da guilhação parcial, os guilhos são colocados nos furos e posteriormente são batidos com o marrão, provocando a abertura da rocha ao longo do plano de guilhação (Figura 5.48).



Figura 5.47 – Realização dos furos da guilhação integral com recurso ao martelo pneumático.



Figura 5.48 – Abertura da rocha ao longo do plano de fraqueza criado pela guilhação.

Corte com fio diamantado – Este corte é realizado quando as massas marmóreas são demasiado grandes para serem guilhadas. Esta é a forma mais comum de esquadrejamento na Pedreira Texugo. A massa desmontada é levantada com as patolas da pá carregadora e são-lhe colocadas pedras debaixo, de modo a possibilitar a passagem do fio diamantado e proceder ao corte (Figura 5.49).



Figura 5.49 – Esquadrejamento com fio diamantado. De notar a colocação de fragmentos de rocha ao lado do bloco de modo a amortecer a (previsível) queda da fração cortada.

No caso do volume de rocha possuir uma massa superior à admitida pela pá carregadora, torna-se difícil, senão impossível a passagem do fio diamantado por debaixo desta. Assim, de modo a possibilitar esta tarefa é necessário realizar um furo horizontal que atravesse totalmente a massa marmórea junto à sua base. Neste caso o furo horizontal é executado com martelo pneumático ligeiro. Antes da execução da perfuração horizontal é realizado um conjunto de pequenos furos paralelos à direção desta, utilizando-se o martelo pneumático (Figura 5.50). Estes servirão de apoio a uma barra de ferro que funciona como alavanca sobre o martelo pneumático, forçando o seu avanço durante a realização da perfuração (Figura 5.51). Caso seja necessário, durante a perfuração é colocada uma tábua de madeira debaixo do martelo de modo a que este fique devidamente nivelado.



Figura 5.50 – Realização do conjunto de pequenos furos paralelos à direção de perfuração (marcada pela barrena colocada no chão).



Figura 5.51 – Perfuração horizontal com martelo pneumático ligeiro. Recurso à barra de ferro como alavanca forçando o avanço deste ao longo do furo.

Após a realização do furo horizontal o fio diamantado é passado através deste e procede-se à execução do corte de esquadrejamento (Figura 5.52). A faixa de material posicionada abaixo do furo não é cortada, no entanto após a realização do corte esta quebra por tração através da ação do *ripper* na parte superior do corte.



Figura 5.52 – Realização do corte de esquadrejamento após a execução do furo horizontal com martelo pneumático.

5.6 Remoção e transporte

O ciclo de trabalhos de pedra termina com a remoção e transporte dos blocos para o parque de blocos e dos escombros para o aterro de material sem valor ornamental. Os equipamentos

utilizados durante esta operação são a escavadora de rastos, a pá carregadora, a grua *Derrick* e o *dumper*.

5.6.1 Blocos

A remoção dos blocos é realizada pela pá carregadora com as patolas acopladas, transportando-os desde a exploração subterrânea até à área de exploração a céu aberto (Figura 5.53), para uma zona ao alcance da lança da grua *Derrick*. Antes de pousar os blocos no chão são-lhes colocadas pedras debaixo de modo a possibilitar o posterior envolvimento com os cabos de aço (Figura 5.54). O operário que faz o envolvimento dos blocos comunica permanentemente com o operador da grua, dando-lhe instruções através de sinais relativamente aos movimentos que este deve efetuar com a grua.



Figura 5.53 – Transporte pela pá carregadora de um bloco desde o interior da exploração em subterrâneo até uma zona de alcance da grua.



Figura 5.54 – Envolvimento de um bloco com os cabos de aço.

Esta operação poderá ser realizada quando os blocos ainda se encontram nas patolas da pá carregadora (Figura 5.55), facilitando bastante o processo. Antes do início da ascensão, a superfície de todos os blocos é limpa de modo a evitar a queda de detritos durante o seu transporte.

Enquanto um bloco se encontra a ser içado através da grua não é permitida a circulação de trabalhadores e máquinas na área subjacente a este (Figura 5.56), sendo esta uma das regras de segurança mais importantes que devem ser respeitadas numa unidade extrativa de rochas ornamentais.



Figura 5.55 – Envolvimento de um bloco com os cabos de aço diretamente das patolas da pá carregadora.



Figura 5.56 – Transporte de um bloco para a superfície recorrendo-se à grua *Derrick*. Área subjacente livre de pessoas e máquinas.

Os blocos são depositados no parque de blocos, sendo-lhes colocados fragmentos rochosos debaixo de modo a possibilitar a posterior remoção dos cabos de aço (Figura 5.57). Aquando da sua colocação no parque, os blocos são marcados com número de ordem e permanecem neste local até ao momento da sua expedição (Figura 5.58).



Figura 5.57 – Colocação de fragmentos rochosos sob o bloco, possibilitando a remoção dos cabos de aço.



Figura 5.58 – Blocos no parque com o número de ordem e marcação dos defeitos, caso existam.

A expedição dos blocos é realizada através de camiã, sendo esta, da total responsabilidade do cliente. O operador da grua é encarregue pelo seu carregamento, fazendo o envolvimento dos blocos com os cabos de aço e controlando a grua (Figura 5.59), equipamento utilizado na realização desta tarefa. O condutor do camiã define a quantidade de blocos a transportar e a sua disposição no reboque. Os blocos são amarrados com um cabo de aço e são-lhes

colocados barrotes de madeira debaixo com o objetivo de manter a sua estabilidade durante o transporte (Figura 5.60).



Figura 5.59 – Carregamento de camião utilizando-se a grua.



Figura 5.60 – Bloco colocado sobre barrotes de madeira e envolvido com um cabo de aço.

5.6.2 Escombros

O processo de remoção dos escombros é realizado com a pá carregadora munida do balde e com a escavadora de rastos com o *ripper* ou o balde acoplado. A conjugação destes dois equipamentos torna a realização desta tarefa bastante mais célere e eficiente. O manobrador da escavadora de rastos arruma os escombros (Figura 5.61) para que o balde da pá carregadora consiga abarcar o máximo volume possível de escombros numa só vez (Figura 5.62).



Figura 5.61 – Utilização da escavadora de rastos na arrumação dos escombros.



Figura 5.62 – Utilização da pá carregadora no carregamento dos escombros.

Os escombros são carregados para o exterior da exploração subterrânea através do balde da pá carregadora e são depositados numa cuba (Figura 5.58). Esta é transportada para a superfície através da grua *Derrick*, sendo que todos os procedimentos de comunicação e segurança são semelhantes aos do transporte de blocos. Os escombros são depositados temporariamente num aterro junto à grua (Figura 5.59).



Figura 5.63 – Cuba utilizada na remoção dos escombros. **Figura 5.64** – Aterro temporário junto à grua *Derrick*.

Quando este aterro temporário atinge a sua capacidade máxima ou quando não é necessária a utilização da pá carregadora na pedreira esta é transportada para a superfície através da grua *Derrick* e procede-se ao carregamento do *dumper* que faz o transporte e a deposição dos escombros no aterro de material sem valor ornamental. Durante o período de estágio não foi realizada esta operação.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO DE PEDREIRA

6. DESENVOLVIMENTO DE PEDREIRA

Durante a fase de exploração de uma pedreira é utilizado um conjunto de tarefas que permitem a progressão dos trabalhos de exploração. A realização destas tarefas depende do tipo de avanço que se pretende efetuar: avanço descendente por degraus direitos (em profundidade) ou avanço horizontal. Caso se pretenda avançar na exploração em profundidade recorre-se ao rebaixamento de piso. Caso se pretenda progredir horizontalmente poderá realizar-se a abertura de canal, o avanço em bancada ou o avanço em galeria, dependendo da situação.

Todos os desenvolvimentos abordados neste capítulo são executados com recurso às operações expostas no Capítulo 5 e são descritas tal como são concretizadas atualmente na Pedreira Texugo. As representações 3D expostas ao longo do presente documento foram realizadas recorrendo ao programa informático *SketchUp*.

6.1 Rebaixamento de piso

O rebaixamento de piso permite a progressão dos trabalhos em profundidade através da criação de uma “caixa”. Após a conclusão desta manobra é iniciado um novo piso (ou nível) na exploração.

Esta tarefa de desenvolvimento da pedreira é aquela que requer um maior planeamento por parte da equipa técnica antes de se iniciarem os trabalhos. O encarregado, juntamente com o diretor técnico têm a tarefa de selecionar o local onde se realizará a “caixa”, tendo em consideração as características do maciço, nomeadamente a fraturação, a cor, a vergada e a percolação de água. Devido ao facto da blocometria e o rendimento obtidos nesta fase serem, por norma, mais reduzidos, o local selecionado deverá ser aquele onde o mármore é de pior qualidade. Assim, a escolha do local normalmente recai numa zona da pedreira muito fraturada, onde o mármore se apresenta muito vergado, possuindo por isso um valor menor, e onde não existe percolação de água nas fraturas, facilitando a execução dos trabalhos no interior da “caixa”. Para além da seleção do local, o encarregado da pedreira procede à realização de todos os cálculos relacionados com os ângulos das perfurações diagonais.

Após a execução dos trabalhos de preparação são realizados quatro poços mestres com uma perfuradora pneumática *Jumbo* que é alugada pela empresa para o efeito. Esta perfuradora é

munida com um *bit* de botões de carboneto de tungstênio com um diâmetro de 22 cm. A utilização deste equipamento é indispensável devido à necessidade de colocar os postes direcionais no interior dos poços durante a operação de corte. Por norma, os poços são executados com uma profundidade de 6 m e cuja distribuição em planta tem a forma trapezoidal. As extremidades desse trapézio possuem respetivamente 4 m e 2,5 m de comprimentos e a distância entre eles é de 10 m, tal como consta na figura 6.1.

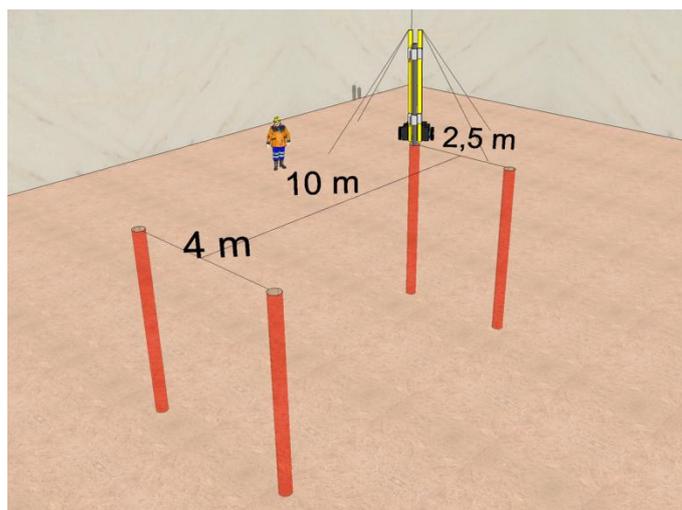


Figura 6.1 – Representação 3D da execução dos poços mestres realizados com a perfuradora *Jumbo*.

Posteriormente são realizados dois furos diagonais com a perfuradora pneumática rotopercussiva (Figura 6.2) com a inclinação calculada durante a fase de planeamento. Estes são iniciados no topo de um poço mestre e estendem-se até à base do poço mestre localizado na extremidade oposta, de modo a intersectar este último ligeiramente acima dos 6 m de fundo. Este procedimento é efetuado para evitar que, devido ao peso do *bit* de perfuração e dos tubos extensores, ocorra um desvio na vertical, podendo a perfuração não intercepar o poço mestre.

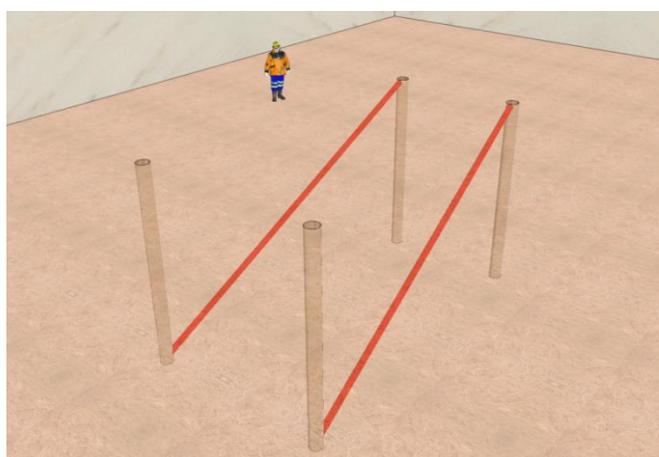


Figura 6.2 – Representação 3D dos furos diagonais.

De seguida são realizados os furos verticais com o martelo pneumático ligeiro (Figura 6.3). Estes são executados até intersectarem os furos diagonais, de modo a possibilitar a passagem do fio diamantado, para se proceder posteriormente ao corte das talhadas. O seccionamento da cunha em talhadas deve-se ao facto de esta não poder ser removida de uma só vez devido à sua massa. A largura das talhadas varia consoante o nível de fraturação do maciço: quanto maior é a densidade de fraturação, maior deverá ser a largura da talhada.

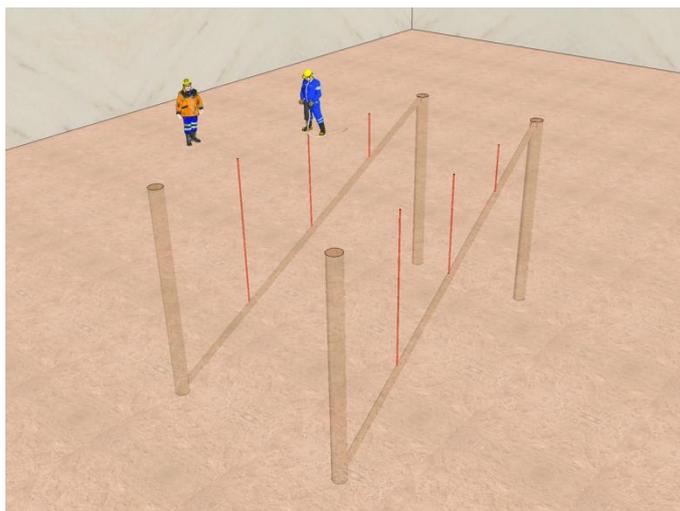
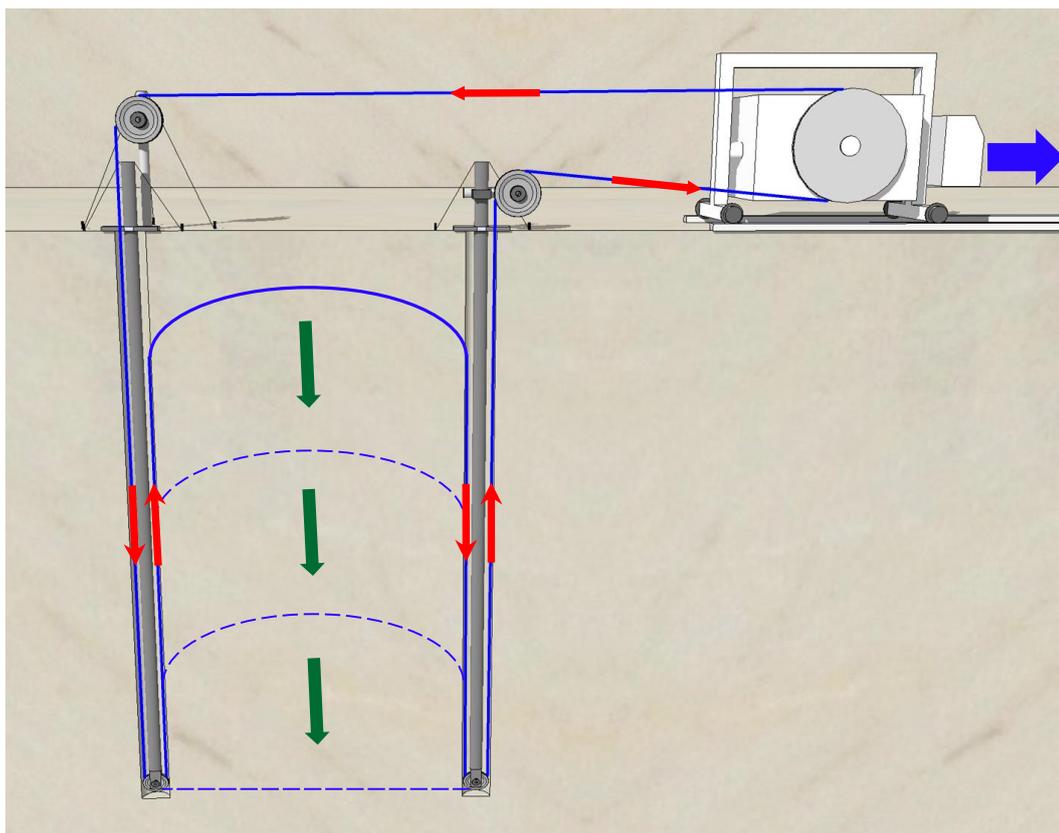


Figura 6.3 – Representação 3D da realização dos furos verticais que delimitam as talhadas da cunha superior.

Após a realização das operações de perfuração na cunha superior da “caixa”, dá-se início às operações de corte. Estes são realizados pela ordem que se segue:

1 – Corte vertical de topo - Devido à impossibilidade de realizar a passagem do fio diamantado entre a base dos dois poços mestres o corte vertical de topo é executado no sentido descendente. Para executar esta tarefa recorre-se aos postes direcionais que são introduzidos nos poços mestres e às poleias de direção que encaminham o fio diamantado para a poleia motriz da máquina (Figura 6.4). Devido ao facto, das poleias inferiores dos postes direcionais possuírem um diâmetro de 18 cm, durante a execução deste corte a poleia motriz da máquina que, normalmente possui 80 cm de diâmetro é substituída por uma com 40 cm. Assim, é possível proporcionar uma aproximação da velocidade angular das poleias dos postes direcionais e da poleia motriz.



- - Indicação do sentido de movimento do fio diamantado ao longo do percurso.
- ↓ - Indicação do sentido de avanço do corte.
- - Indicação do sentido de movimento da máquina de fio diamantado sobre o carril.

Figura 6.4 – Representação 3D (em perfil) do corte vertical de topo.

No final, o corte corresponderá a um plano vertical limitado pelos poços mestres (Figura 6.5).

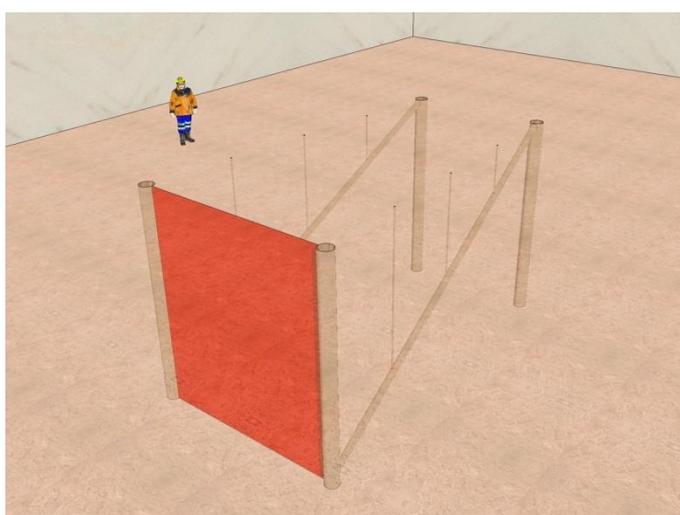


Figura 6.5 – Representação 3D do corte vertical de topo.

2 – Corte diagonal – Para a realização deste corte é necessário proceder-se à passagem do fio diamantado recorrendo-se à “técnica do cordel”, já explanada no subcapítulo 5.3.1. As extremidades do cordel são introduzidas nos poços mestres e são “pescadas” através dos furos diagonais. De seguida, dois operários puxam as extremidades do cordel alternadamente, fazendo com que este desça pelo corte vertical de topo, anteriormente realizado, até à sua base. Finalmente, o cordel é substituído pelo fio diamantado e procede-se à execução do corte diagonal (Figura 6.6).

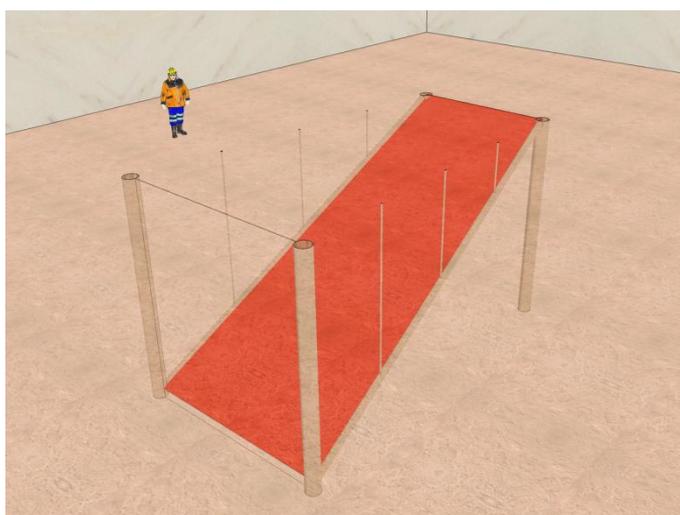


Figura 6.6 – Representação 3D do corte diagonal.

Este corte nunca poderá ser o último a ser realizado devido à necessidade da cunha permanecer solidária ao maciço pelas suas laterais. Assim, o fio diamantado poderá circular livremente ao longo do golpe, não ficando preso por assentamento da cunha.

3 – Cortes das talhadas – Para se proceder à realização dos cortes das talhadas também é necessário o uso da “técnica do cordel”. Neste caso, as extremidades do cordel são introduzidas nos furos verticais, realizados pelo martelo pneumático ligeiro e são “pescadas” pelos furos diagonais. Aqui, o fio diamantado é atado às extremidades do cordel que volta a ser puxado, agora no sentido inverso, fazendo com que este desça pelo corte diagonal até se posicionar no local desejado para o corte da talhada. Depois das extremidades do fio diamantado estarem fora dos furos verticais são unidas, sendo preparado todo o equipamento para se proceder à execução do corte (Figura 6.7).

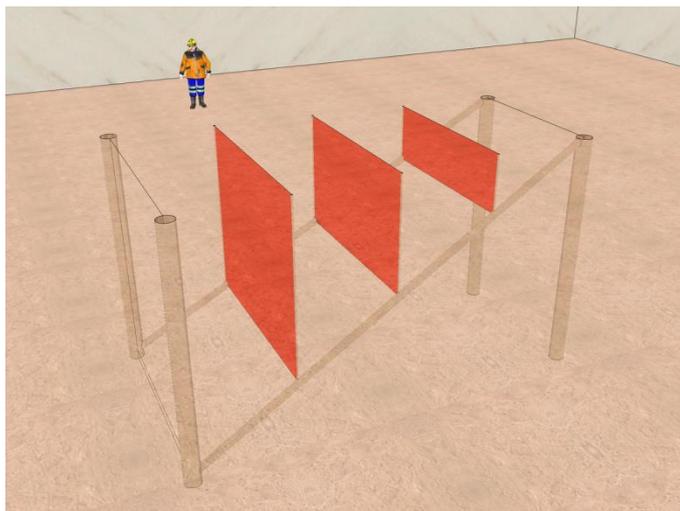


Figura 6.7 – Representação 3D dos cortes das talhadas.

A metodologia de passagem do fio diamantado, anteriormente descrita, é idêntica para todas as talhadas, sendo que o primeiro corte a executar é sempre o de maior profundidade.

4 – Cortes verticais laterais – Para se proceder à realização destes cortes a tarefa de passagem do fio diamantado é bastante mais simples. O cordel depois de colocado no poço mestre é “pescado” pelo furo diagonal e de seguida é substituído pelo fio diamantado, procedendo-se à execução do primeiro corte. O procedimento de passagem do fio diamantado é repetido entre o poço mestre e o furo diagonal opostos realizando-se o segundo corte vertical lateral (Figura 6.8).

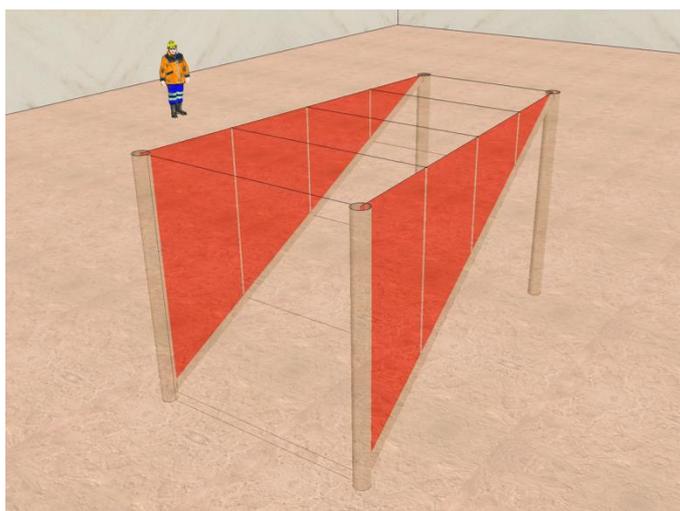


Figura 6.8 – Representação 3D dos cortes verticais laterais.

Finalizadas as operações de corte na cunha superior procede-se ao seu desmonte. Numa primeira fase são realizadas “pegas” junto dos cortes e das fraturas, de modo a ser

desmontado o máximo de material possível recorrendo-se à escavadora de rastos com o *ripper* acoplado. À medida que o material é desmontado vai sendo removido pelo mesmo equipamento, mas agora com o balde acoplado. Este processo é utilizado sempre que os fragmentos no interior da “caixa” sejam passíveis de serem removidos através deste equipamento. No caso da existência de blocos com uma massa elevada é utilizada a grua móvel para efetuar a sua remoção para o exterior da “caixa”.

Após a operação de desmonte da cunha superior, o resultado final é a obtenção de uma rampa, cuja superfície inclinada corresponde à cunha inferior (Figura 6.9).

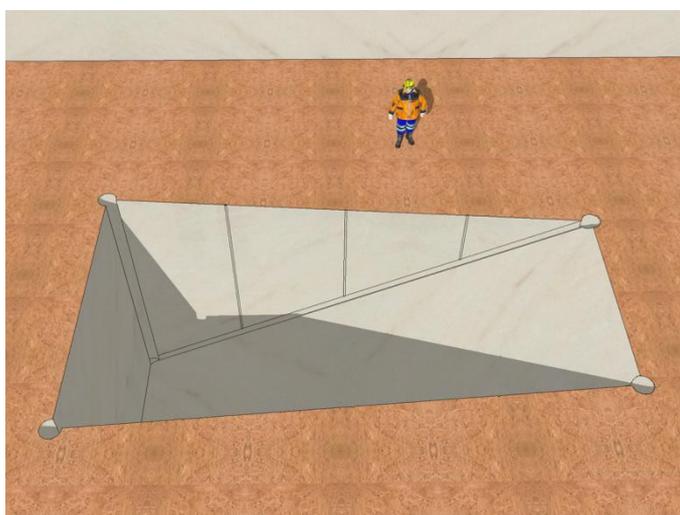


Figura 6.9 – Representação 3D da “caixa” após a remoção da cunha superior.

De modo a proceder à extração da cunha inferior realizam-se de novo trabalhos de perfuração. Para isso, é necessário remover-se parte do vértice inferior da cunha (Figura 6.10) utilizando-se o martelo pneumático ligeiro e o marrão. A remoção dos fragmentos resultantes desta tarefa é efetuada através do balde da escavadora de rastos. A realização desta tarefa é necessária para que seja possível instalar no fundo da “caixa” a perfuradora pneumática rotopercussiva de forma nivelada e estável e, proceder-se à execução de dois furos horizontais que intersejam a base dos dois poços mestres opostos (Figura 6.11).

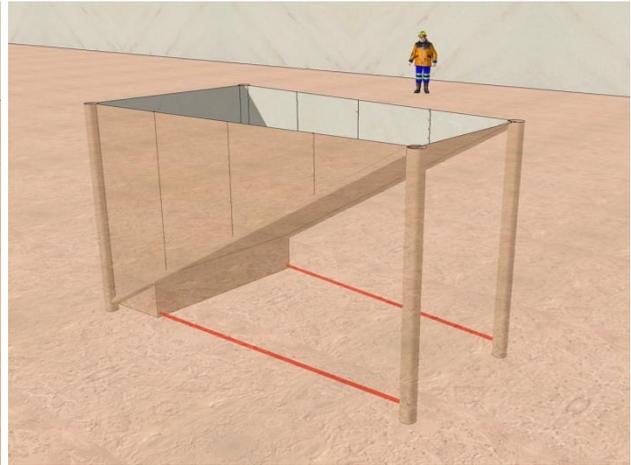
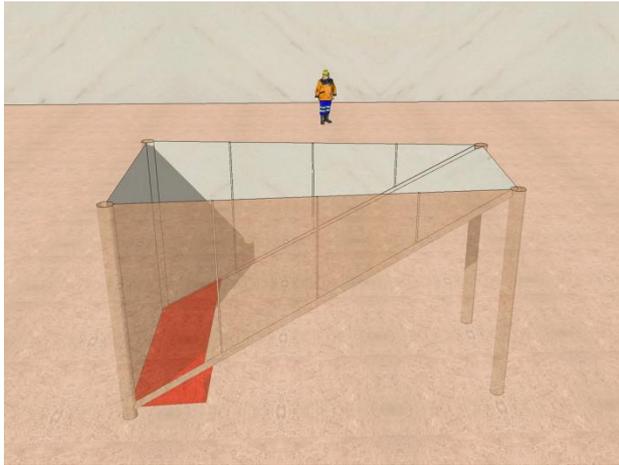


Figura 6.10 – Representação 3D do vértice da cunha inferior que é removido. **Figura 6.11** – Representação 3D dos furos horizontais.

De seguida, executam-se os furos verticais com martelo pneumático ligeiro, de modo a dividir a cunha inferior em talhadas, tal como aconteceu na cunha superior. Estes furos interseam os furos horizontais realizados anteriormente (Figura 6.12).

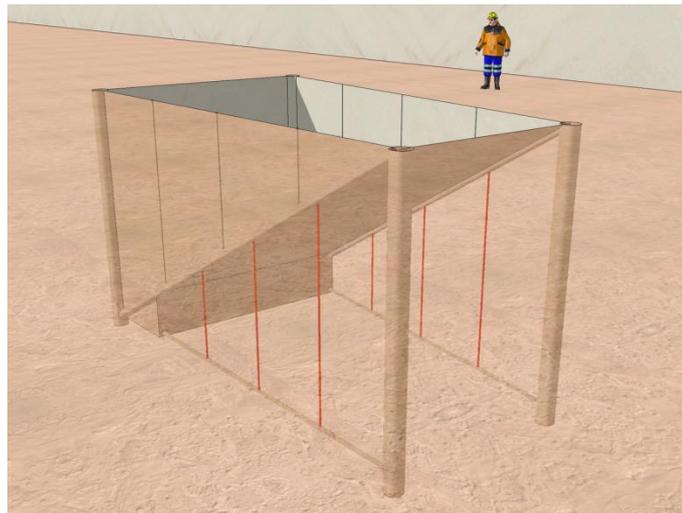


Figura 6.12 – Representação 3D dos furos verticais que delimitam as talhadas da cunha inferior.

Após os trabalhos de perfuração procede-se à realização dos trabalhos de corte na cunha inferior da “caixa”. A execução dos cortes e todo o procedimento da passagem do fio diamantado pelos furos é realizado de modo análogo ao que foi referido nos trabalhos de corte da cunha superior. Assim, os cortes são realizados pela seguinte ordem:

- Corte vertical de topo (Figura 6.13);
- Corte horizontal (Figura 6.14);
- Cortes das talhadas (Figura 6.15);

- Cortes verticais laterais (Figura 6.16).

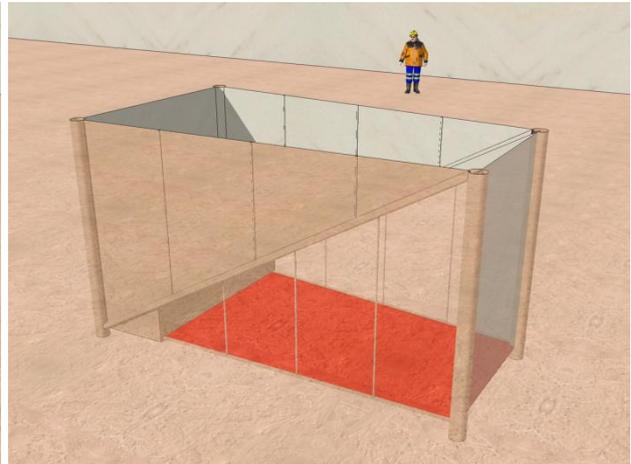
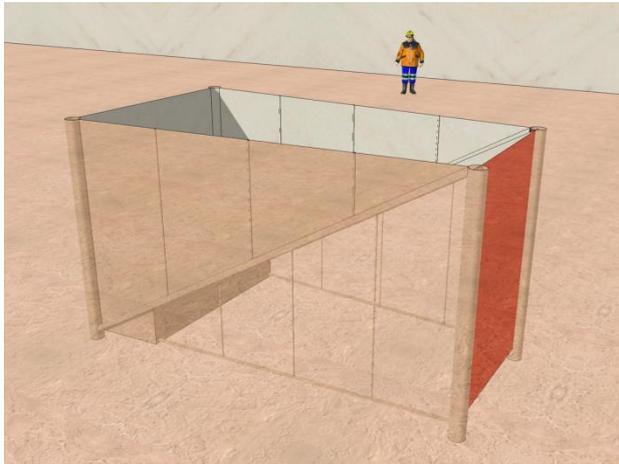


Figura 6.13 – Representação 3D do corte vertical de topo. **Figura 6.14** - Representação 3D do corte horizontal.

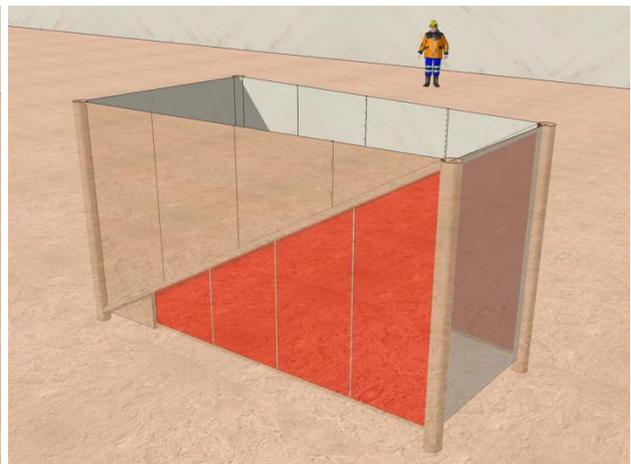
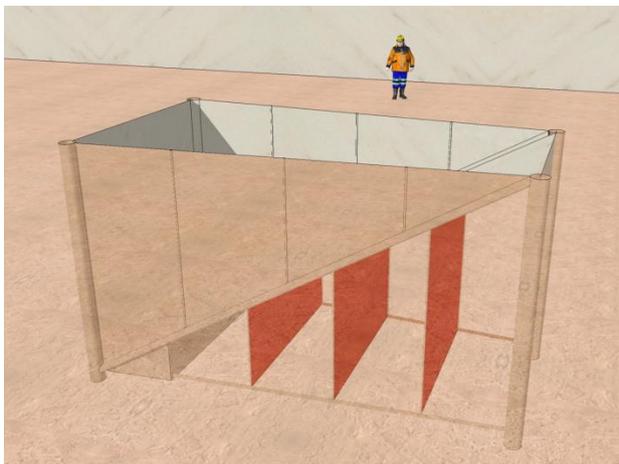


Figura 6.15 – Representação 3D do corte das talhadas. **Figura 6.16** – Representação 3D dos cortes verticais laterais.

Finalmente a cunha inferior é desmontada, de modo idêntico ao utilizado na cunha superior. Sempre que possível recorre-se à escavadora de rastros, exceto no caso de blocos com massa elevada, os quais são a removidos através da grua móvel. No final da tarefa de rebaixamento de piso, o resultado final é a obtenção de uma “caixa” (Figura 6.17), a partir da qual é possível progredir na exploração através da abertura de canais.

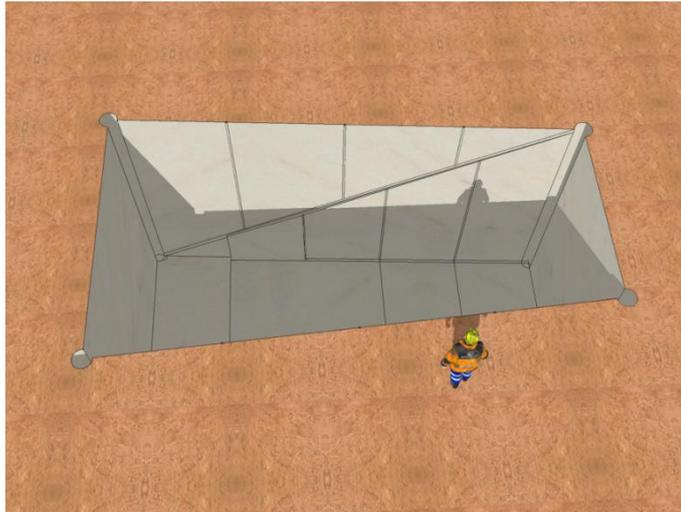


Figura 6.17 – Representação 3D da “caixa” obtida no final do rebaixamento de piso.

6.2 Abertura de canal

A abertura de canal é executada de modo a progredir na exploração do piso perpendicularmente a uma das faces livres existentes. Esta manobra permite a criação da área necessária à realização do avanço em bancada.

Após os trabalhos de preparação, a primeira tarefa a realizar é o “desempeno” de ambos os furos horizontais a partir da marcação do furo vertical do vértice do canal, recorrendo à técnica já explanada no subcapítulo 5.2. De seguida, o local do primeiro furo horizontal é marcado e procede-se ao nivelamento do segundo furo horizontal utilizando-se ao nível de mangueira, tal como foi referido no subcapítulo 5.2. As dimensões do canal variam consoante o local e as características do maciço onde esta é executada, sendo que geralmente se encontram dentro dos limites ilustrados na figura 6.18.

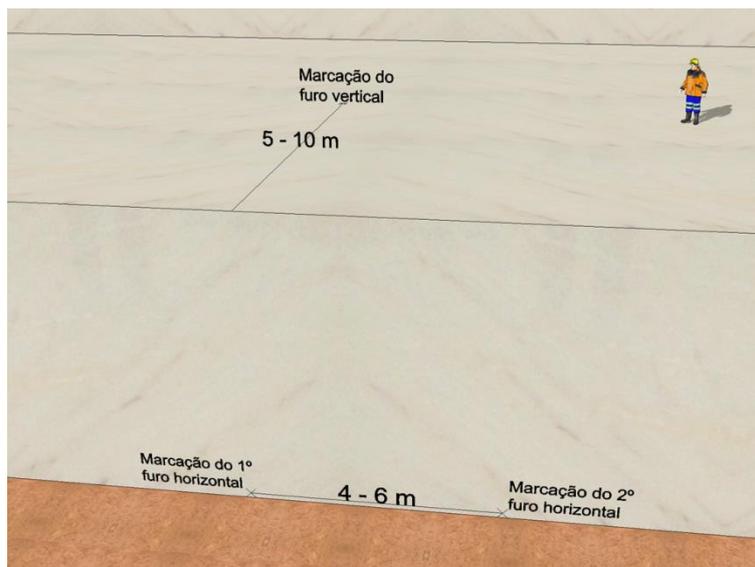


Figura 6.18 – Representação 3D das marcações das perfurações e dimensões geralmente utilizadas.

Após a marcação dos locais dos furos procede-se à execução das perfurações horizontais com a perfuradora pneumática (Figura 6.19). Estes deverão interseccionar-se, de modo a possibilitar a passagem do fio diamantado para posterior realização do corte horizontal.

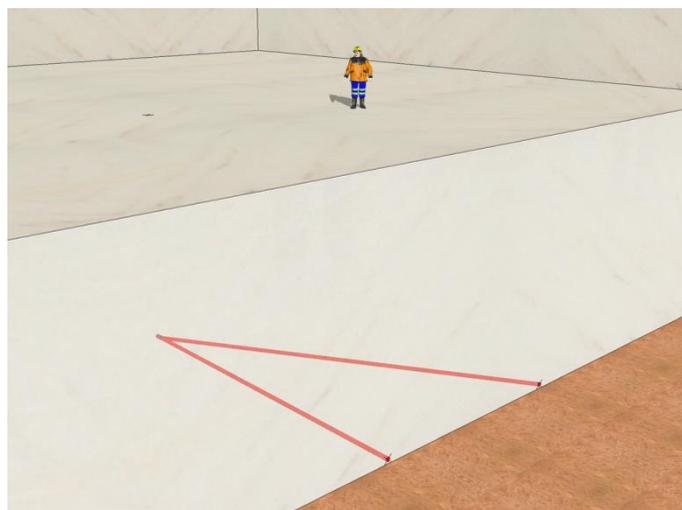


Figura 6.19 – Representação 3D dos furos horizontais.

De seguida é executado o furo vertical do vértice do canal com o martelo pneumático ligeiro (Figura 6.20). A realização deste furo deve-se à necessidade de se passar o fio diamantado para a execução do corte horizontal. Assim, esta perfuração terá de interseccionar ambos os furos horizontais.



Figura 6.20 – Representação 3D da execução do furo vertical do vértice do canal.

Procede-se à execução dos furos verticais que delimitam as talhadas, de modo a intersetarem os furos horizontais, sendo realizados com o martelo pneumático ligeiro (Figura 6.21). O número de talhadas depende das dimensões do canal, sendo que, geralmente, a largura destas ronda os 2,50 m.



Figura 6.21 – Representação 3D da execução dos furos verticais das talhadas.

Após a execução de todos os furos iniciam-se as operações de corte, pela seguinte ordem:

1 – Corte horizontal – Para a execução deste corte, é necessário efetuar-se a passagem do fio diamantado recorrendo-se à “técnica do cordel”. O cordel é colocado no furo vertical do vértice do canal e a sua extremidade é “pescada” por um dos furos horizontais. De seguida o cordel é “pescado” pelo outro furo horizontal, fazendo com que este percorra ambos os furos

horizontais. Procede-se à substituição do cordel pelo fio diamantado, efetuando-se de seguida o corte horizontal (Figura 6.22).

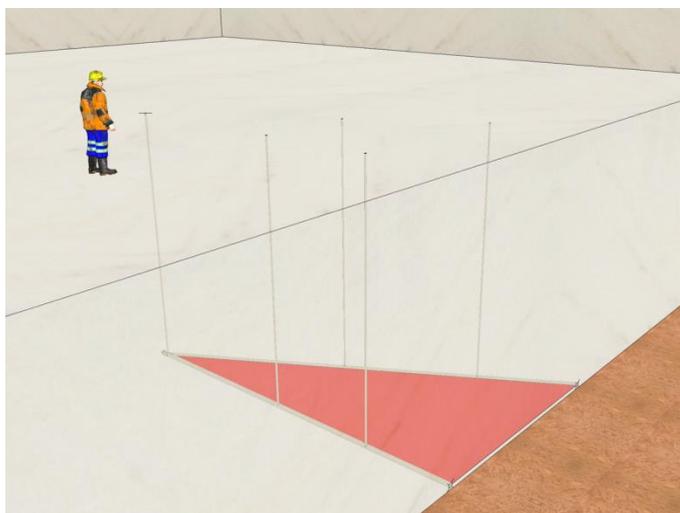


Figura 6.22 – Representação 3D do corte horizontal.

2 – Corte das talhadas – A passagem do fio diamantado é realizada através da colocação do cordel num dos furos verticais que delimita a talhada, sendo “pescado” pelo furo horizontal. Aqui, o cordel é atado ao fio diamantado e volta a ser puxado pelo furo vertical. Este procedimento é repetido entre o outro furo vertical e o furo horizontal. Dois operários puxam, alternadamente, as pontas do fio diamantado através dos furos verticais, fazendo com que este percorra o corte horizontal até estar posicionado no local que se pretende para a execução do corte da talhada. De seguida procede-se à realização do corte com a máquina de fio diamantado (Figura 6.23)

O processo de corte das talhadas é iniciado no golpe vertical mais distante da frente livre.

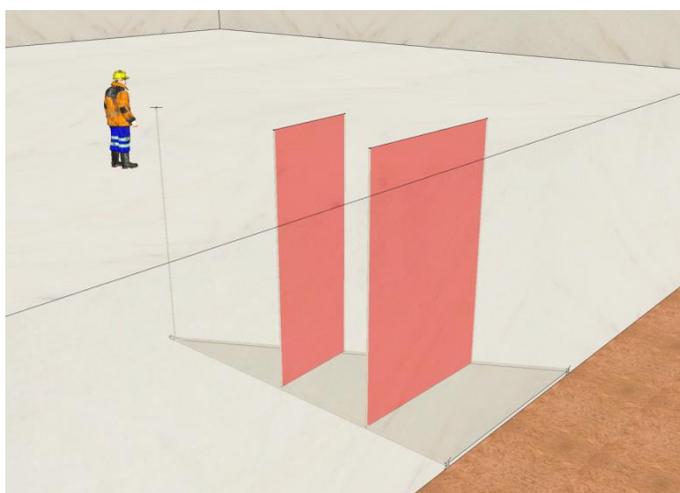


Figura 6.23 – Representação 3D do corte das talhadas.

3 - Cortes verticais laterais – As operações de corte terminam com a realização dos cortes verticais laterais. É feita a passagem do fio diamantado, recorrendo à “técnica do cordel” entre os furos verticais da última talhada, que na realidade será o topo do canal, e os furos horizontais. De seguida procede-se à realização dos cortes verticais laterais com a máquina de fio diamantado (Figura 6.24).

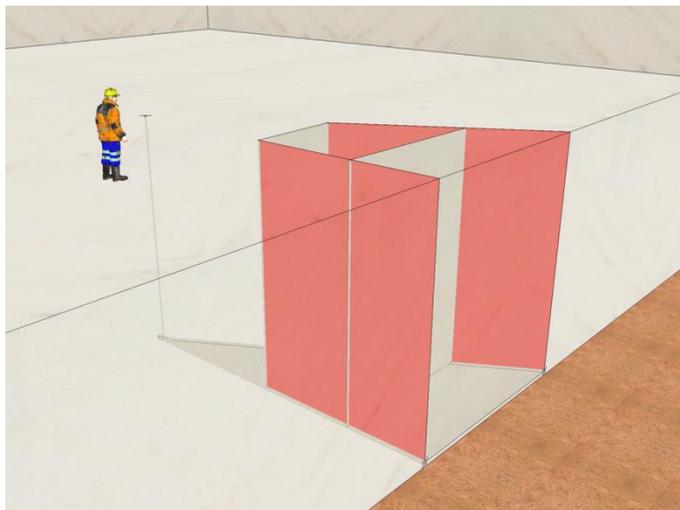


Figura 6.24 – Representação 3D dos cortes verticais laterais.

Após as operações de corte procede-se ao desmonte do canal, utilizando-se para isso o *ripper* acoplado na escavadora de rastos.

Após a operação de desmonte, o resultado obtido é um canal com forma trapezoidal (Figura 6.25), a partir do qual será possível progredir na exploração do piso através do avanço em bancada.

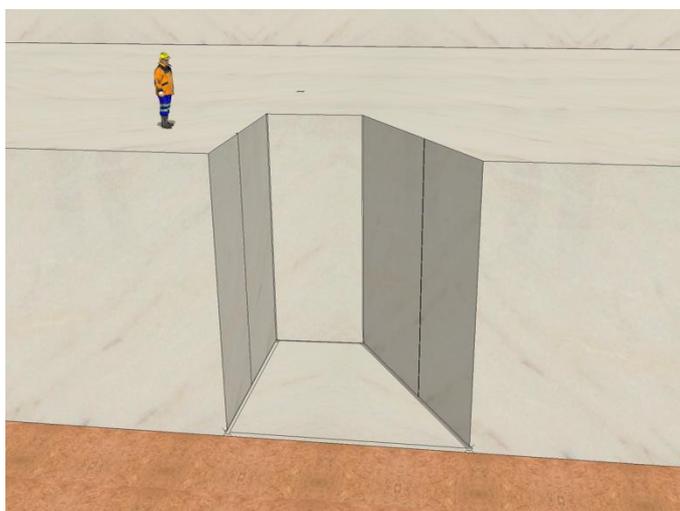


Figura 6.25 – Representação 3D do canal após o desmonte das talhadas.

6.3 Avanço em bancada

Após a abertura de canal é possível a progressão da exploração no sentido longitudinal através do avanço em bancada. Esta é a tarefa de desenvolvimento de pedreira que permite a extração de um maior volume de material, sendo ao mesmo tempo a que se realiza num menor intervalo de tempo e a que requer menor mão-de-obra. As dimensões utilizadas na realização desta manobra variam (Figura 6.26), dependendo essencialmente da configuração da bancada e da fraturação da mesma.

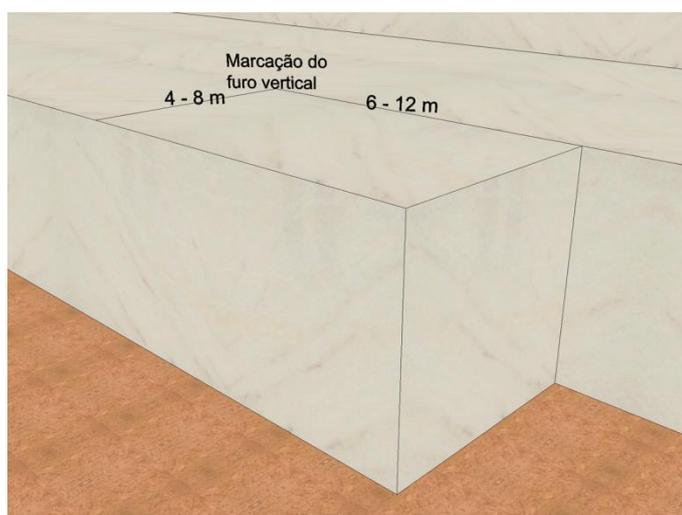


Figura 6.26 – Representação 3D da bancada antes do início dos trabalhos e indicação das dimensões mais comuns.

Após os trabalhos de preparação, as primeiras tarefas a realizar são o “desempeno” e o nivelamento de todos os furos horizontais que delimitarão a bancada e definirão as talhadas. Estas tarefas são realizadas de forma semelhante ao que foi explanado na abertura de canal.

Após a marcação do local dos furos procede-se à execução das perfurações horizontais com a perfuradora pneumática rotopercussiva. A primeira perfuração a ser realizada é a mais longa (perfuração longitudinal), sendo que todas as outras a deverão intersetar (Figura 6.27), de modo a possibilitar a passagem do fio diamantado para a execução dos cortes.

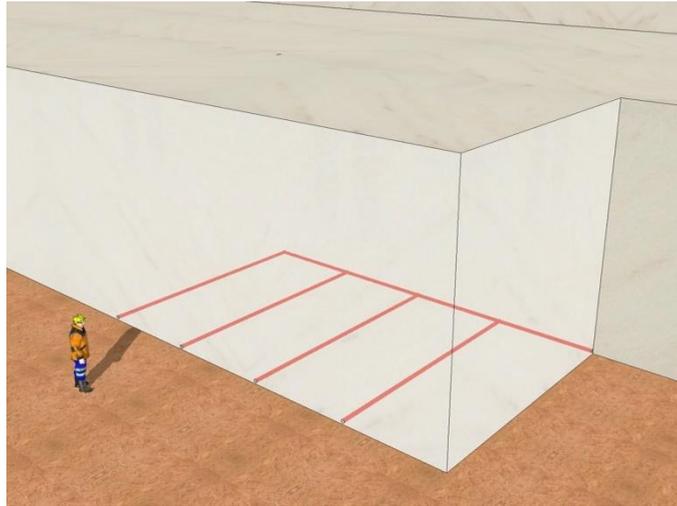


Figura 6.27 – Representação 3D dos furos horizontais.

De seguida, procede-se à execução das perfurações verticais com o martelo pneumático ligeiro nos locais previamente marcados, devendo estes interseccionar o furo horizontal longitudinal e os furos horizontais que definem as talhadas (Figura 6.28).

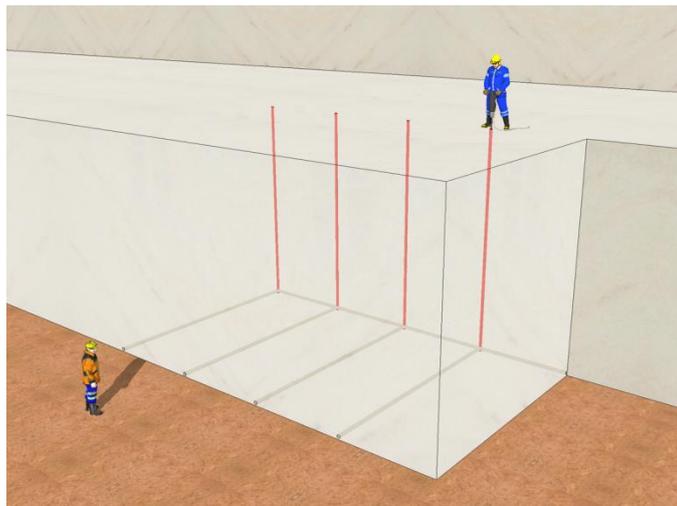


Figura 6.28 – Representação 3D da execução dos furos verticais.

Após a realização de todas as perfurações procede-se à execução das operações de corte, pela seguinte ordem:

1 – Corte horizontal – Para a realização deste corte é necessária a passagem do fio diamantado pelos furos, utilizando-se mais uma vez a “técnica do cordel”. Este é introduzido pelo furo vertical e “pescado” por um dos furos horizontais delimitadores da bancada. De seguida é “pescado” pelo outro furo horizontal, fazendo com que este percorra ambos os furos horizontais. Finalmente procede-se à substituição do cordel pelo fio diamantado, sendo executado o corte horizontal de toda a bancada (Figura 6.29).

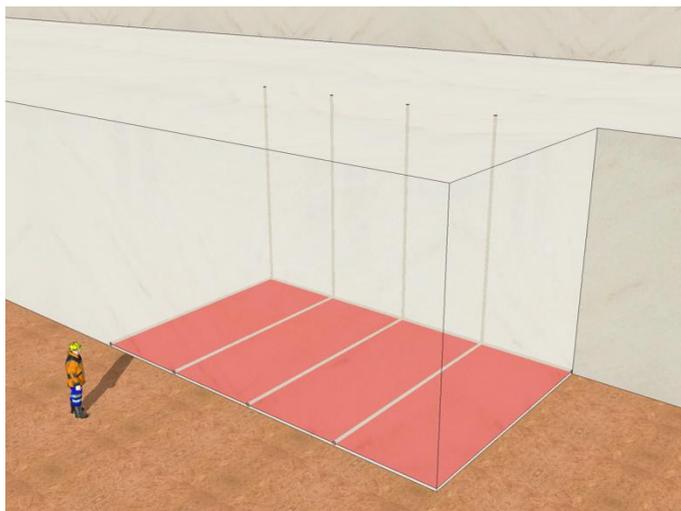


Figura 6.29 – Representação 3D do corte horizontal.

2 – Corte vertical longitudinal – O cordel é colocado no furo vertical da última talhada, sendo “pescado” através do furo horizontal longitudinal e posteriormente substituído pelo fio diamantado, procedendo-se à realização do corte longitudinal da bancada (Figura 6.30).



Figura 6.30 – Representação 3D do corte vertical longitudinal.

3 – Corte das talhadas – O procedimento de passagem do fio diamantado repete-se. A primeira talhada a ser cortada é aquela que está mais próxima da frente livre (Figura 6.31), sendo que o corte da segunda talhada só é efetuado após o desmonte e remoção da primeira talhada, porém é perfeitamente viável, caso haja espaço e equipamento suficiente, o corte simultâneo de todas as talhadas.

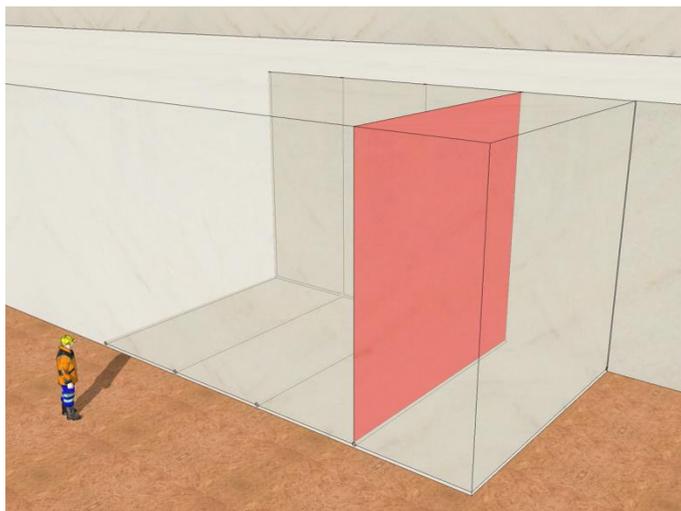


Figura 6.31 – Representação 3D do corte da primeira talhada.

O desmonte das talhadas é efetuado através da ação do *ripper* da escavadora de rastos nas “pegas” criadas para o efeito junto aos cortes (6.32).

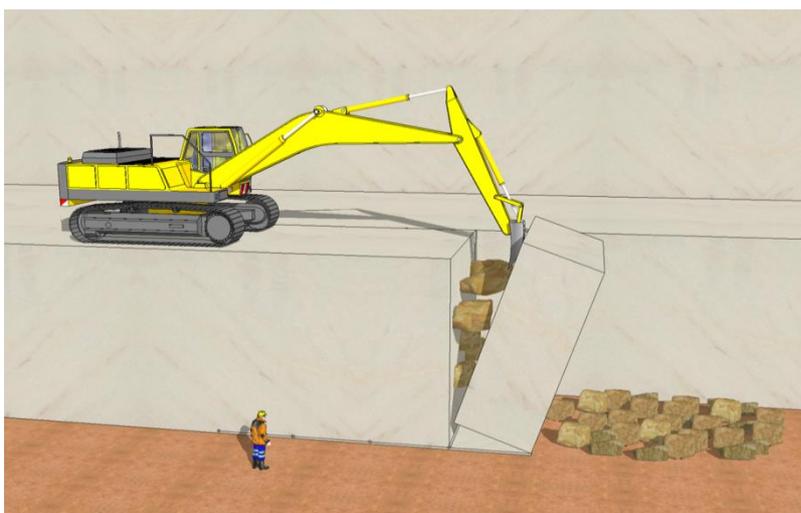


Figura 6.32 – Representação 3D do desmonte da talhada com *ripper* montado na escavadora de rastos.

No final do desmonte de cada talhada é efetuada a limpeza e remoção do material, ficando a frente livre para a realização do corte e desmonte da próxima talhada (Figura 6.33).



Figura 6.33 – Representação 3D da bancada após o desmonte da primeira talhada.

6.4 Avanço em galeria

O avanço em galeria é realizado de modo a progredir na exploração perpendicularmente a uma das faces livres, tendo como objetivo o alargamento da área de exploração em subterrâneo. Durante o avanço em galeria não é necessário efetuar qualquer perfuração, visto que a operação de corte é executada com recurso a uma roçadora adaptada para o efeito.

Esta tarefa é realizada segundo uma técnica denominada “cruz descentrada”. Esta técnica consiste na execução de seis cortes, sendo três horizontais e três verticais. A sua realização segue sempre o mesmo formato e as mesmas dimensões, independentemente da zona da pedreira e das características da rocha.

Após os trabalhos de preparação procede-se à operação de corte, utilizando-se a roçadora de galeria, pela seguinte ordem:

1 - Cortes horizontais – Em primeiro lugar é executado o corte horizontal de base, seguindo-se o corte horizontal intermédio, espaçado 2,50 m do primeiro e finalmente é executado o corte horizontal de topo, espaçado 1,00 m do segundo (Figura 6.34). O corte horizontal de base e o corte horizontal intermédio são executados com uma ligeira inclinação para a frente livre. Para além disso, após a realização destes cortes são colocados rolos de aço nos golpes. A conjugação destas duas ações facilita bastante a posterior remoção dos blocos.

A sequência de cortes horizontais utilizada pela roçadora de galeria está explanada na secção 5.3.2.1.

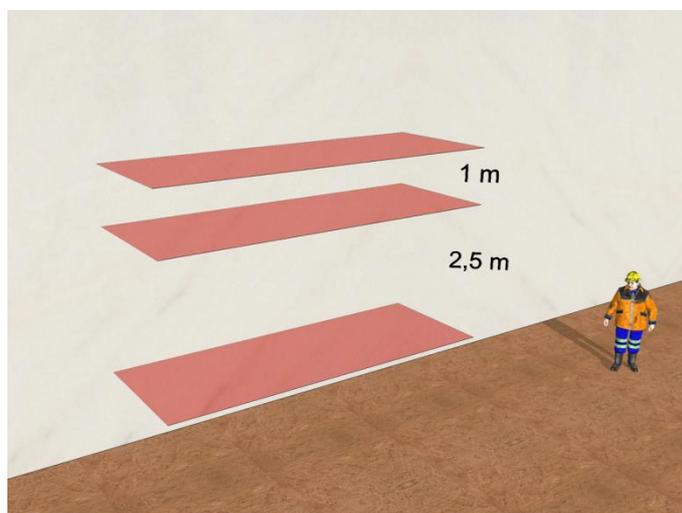


Figura 6.34 – Representação 3D dos cortes horizontais.

2 - Cortes verticais – O corte vertical esquerdo e o corte vertical direito são executados a uma distância de 6,00 m um do outro (Figura 6.35), sendo que o posicionamento do corte vertical intermédio depende da qualidade do mármore. Este é executado no flanco onde o mármore apresenta pior qualidade, a 1,00 m do corte vertical esquerdo ou a 1,00 m do corte vertical direito. Esta técnica é utilizada de modo a maximizar a blocometria do mármore de melhor qualidade. A ordem de execução dos cortes verticais é indiferente.

A sequência de corte utilizada pela roçadora de galeria durante a execução dos cortes verticais está explanada na secção 5.3.2.2.

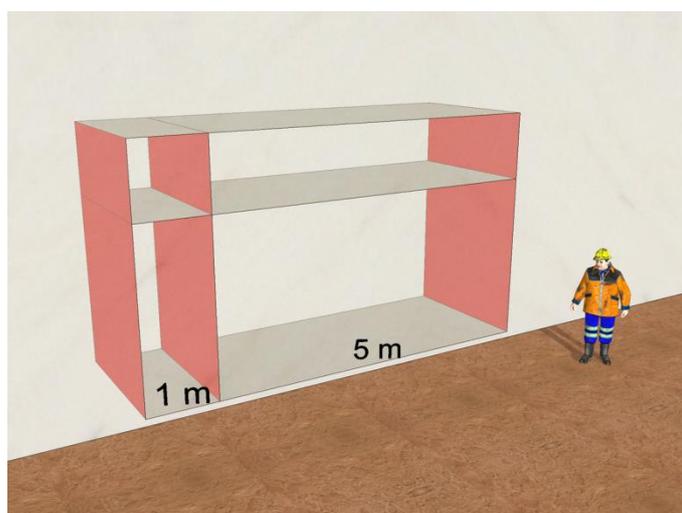


Figura 6.35 – Representação 3D dos cortes verticais.

Após a realização dos cortes encontram-se definidos 4 blocos, sendo possível observar-se a “cruz descentrada” (Figura 6.36).

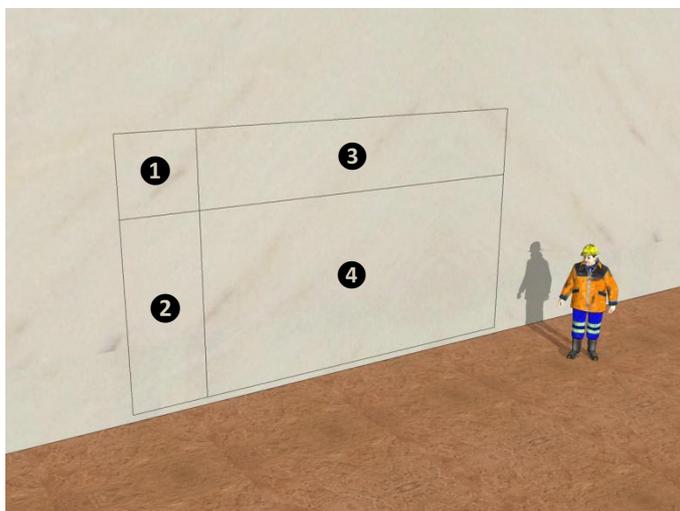


Figura 6.36 – Representação 3D dos blocos obtidos após a realização dos cortes horizontais e verticais.

Os blocos 1 e 2 são os primeiros a serem desmontados. Esta tarefa é realizada através do enchimento de um colchão hidráulico de galeria que é colocado no corte horizontal de base, debaixo do bloco 2 (Figura 6.37). Este promove a quebra da rocha por tração na parte posterior de ambos os blocos.

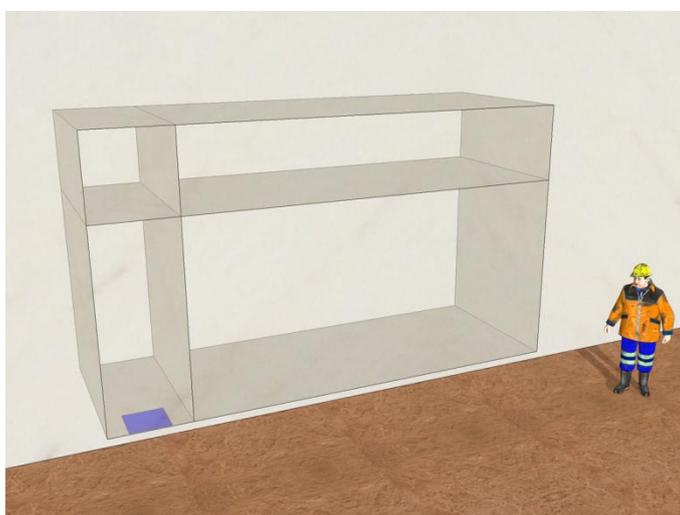


Figura 6.37 – Representação 3D do posicionamento do colchão hidráulico de galeria.

De seguida procede-se à remoção do bloco 1, para tal é realizada uma pequena pregagem, na qual é colocado um cabo de aço. Posteriormente, com recurso à escavadora de rastos, o cabo é puxado e o bloco é removido como se de uma gaveta se tratasse, devido à presença dos

rolos de aço na sua base. De seguida procede-se à remoção do bloco 2 utilizando a mesma técnica, restando ainda os blocos 3 e 4 (Figura 6.38).

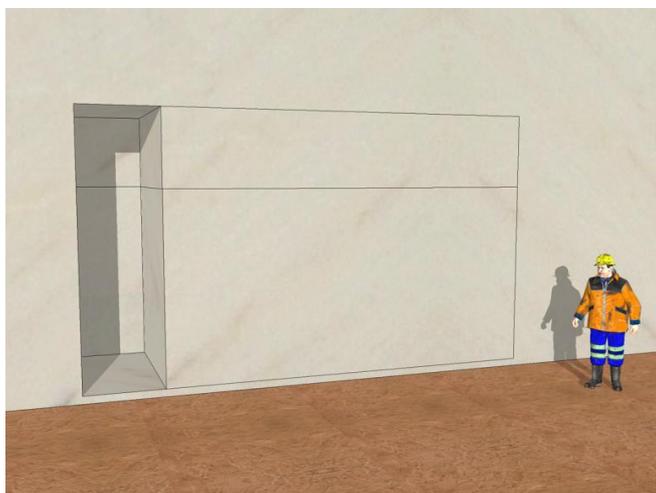
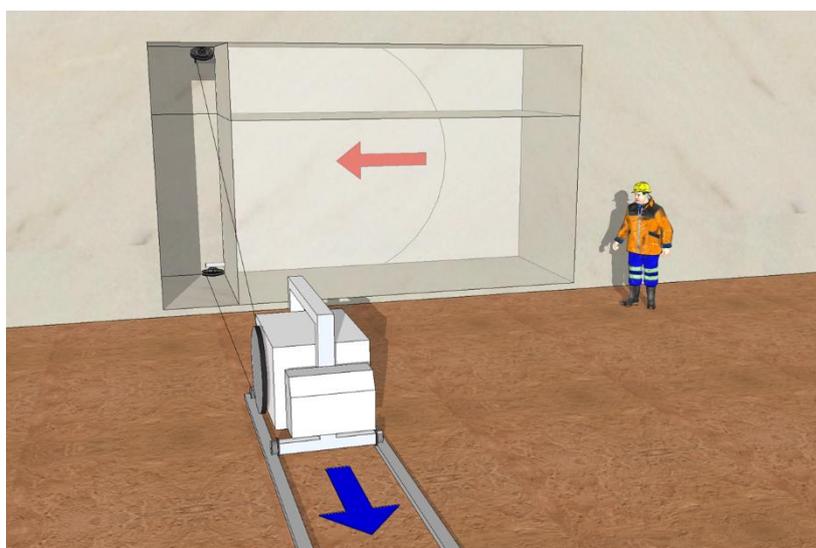


Figura 6.38 – Representação 3D após a remoção dos blocos 1 e 2.

O corte posterior dos blocos 3 e 4 é realizado através da máquina de fio diamantado. Para isso é necessária a colocação do fio diamantado no fundo dos cortes horizontais de topo e de base e do corte vertical direito. Esta tarefa é realizada através da utilização de uma barra de aço que empurra o fio até ao fundo dos cortes. De seguida o fio diamantado é passado por duas poleias direcionais, uma em cima e outra em baixo, de modo a ser direcionado para a máquina de fio diamantado. Esta é posicionada perpendicularmente ao plano de corte (Figura 6.39).



← – Indicação do sentido de corte.

→ – Indicação do sentido do movimento da máquina de fio diamantado.

Figura 6.39 – Representação 3D da execução do corte posterior dos blocos 3 e 4.

Finalmente procede-se à remoção dos blocos 3 e 4, de forma análoga ao descrito anteriormente, sendo que o bloco 3 é removido em primeiro lugar. Após a remoção de todos os blocos a manobra de avanço em galeria é terminada e a área está livre para a realização de outro avanço (Figura 6.40).

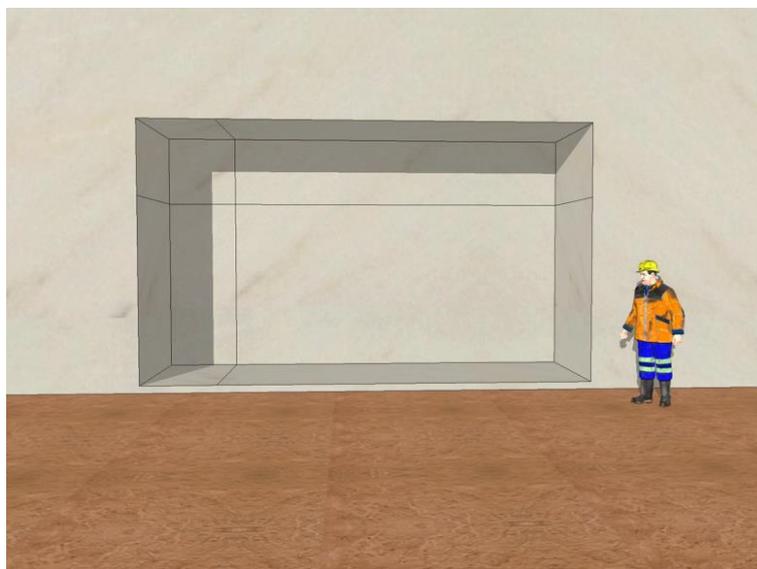


Figura 6.40 – Representação 3D do avanço em galeria após a remoção de todos os blocos.

CAPÍTULO 7

ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – PEDREIRA TEXUGO

7. ACOMPANHAMENTO TÉCNICO – PEDREIRA TEXUGO

7.1 Acompanhamento dos trabalhos de pedreira

Durante a frequência do estágio na Pedreira Texugo uma das ocupações do estagiário foi o acompanhamento dos trabalhos de pedreira executados durante o período de um mês. Durante este período realizaram-se quatro tarefas de desenvolvimento de pedreira, nomeadamente dois avanços em bancada e duas aberturas de canal. Todas estas tarefas foram realizadas no último piso da exploração subterrânea, correspondente ao 10º piso da pedreira.

7.1.1 Bancada A

O primeiro avanço em bancada foi realizado numa massa com as dimensões de 6,40 m x 4,00 m x 3,80 m (Figura 7.1). Esta bancada correspondia à massa remanescente situada no vértice Sul da área de exploração em subterrâneo. O mármore apresentava uma cor creme com vergada castanha e avermelhada e possuía algumas fraturas abertas sub-verticais que a atravessavam completamente. Estas foram devidamente consideradas ao longo da realização dos trabalhos, nomeadamente durante a operação de desmonte.

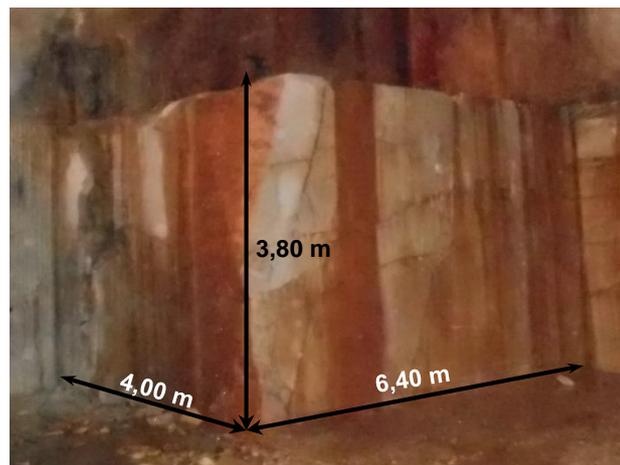


Figura 7.1 – Bancada A e respetivas medidas.

Antes do início do acompanhamento dos trabalhos já tinham sido realizados os dois furos horizontais com a perfuradora pneumática rotopercussiva (Figura 7.2).



Figura 7.2 – Representação dos furos horizontais.

A primeira tarefa acompanhada pelo estagiário foi a perfuração vertical que foi executada com o martelo pneumático ligeiro num ponto previamente marcado (Figura 7.3).



Figura 7.3 – Representação do furo vertical.

Dados da perfuração vertical com martelo pneumático ligeiro:

- Comprimento: 4,10 m
- Duração: 29 min
- Velocidade: 8,48 m/h

Optou-se por não se realizar mais furos verticais para proceder à divisão da bancada em talhadas, visto que esta já se encontrava “naturalmente dividida”, devido à existência de uma família de fraturas sub-verticais que a atravessava na sua totalidade. Esta decisão foi tomada com o intuito de aumentar a probabilidade de obter blocos com o maior volume possível.

Após a conclusão dos trabalhos de perfuração iniciaram-se os trabalhos de corte da bancada com a máquina de fio diamantado. O primeiro corte a ser efetuado foi o corte horizontal (Figura 7.4).



Figura 7.4 – Posicionamento da máquina de fio diamantado para proceder à realização do corte horizontal.

Dados do corte horizontal:

- Área: 25,60 m² (6,40 m x 4,00 m)
- Duração: 1h59min
- Velocidade: 12,91 m²/h

Após a realização do corte horizontal efetuaram-se os cortes verticais. Num dos casos a máquina de fio diamantada foi posicionada no piso base e procedeu-se à realização do corte (Figura 7.5). Para a execução do outro corte vertical foi necessário colocar a máquina no topo de outra bancada, devido à inexistência de espaço no piso base. Para isso foi necessário proceder à montagem de um poste com duas poleias direcionais (Figura 7.6).



Figura 7.5 – Execução do primeiro corte vertical.



Figura 7.6 – Execução do segundo corte vertical, utilizando-se poleias direcionais.

Dados do primeiro corte vertical:

- Área: 15,20 m² (4,00 m x 3,80 m)
- Duração: 1h13min
- Velocidade: 12,49 m²/h

Dados do segundo corte vertical:

- Área: 24,32 m² (6,40 m x 3,80 m)
- Duração: 2h17min
- Velocidade: 10,65 m²/h

Após a realização dos cortes procedeu-se ao desmonte da bancada. Como já foi referido, a operação de desmonte na Pedreira Texugo é realizada de modo a aproveitar as descontinuidades naturais da rocha. Assim, foram executadas “pegas” junto das fraturas tendo-se desmontado a bancada ao longo destas descontinuidades (Figura 7.7), com recurso ao *ripper* montado na escavadora de rastos.



Figura 7.7 – Parte da bancada desmontada após a ação do *ripper* numa fratura sub-vertical.

À medida que as massas rochosas foram desmontadas da bancada procedeu-se ao seu esquadrejamento através dos vários métodos já abordados no subcapítulo 5.5. Na Tabela 7.1 são apresentados os dados referentes aos cortes de esquadrejamento das massas rochosas da Bancada A, realizados com a máquina de fio diamantado.

Tabela 7.1 – Dados dos cortes de esquadrejamento realizados com a máquina de fio diamantado na Bancada A.

Dimensões (m)	Área (m²)	Duração (min)	Velocidade (m²/h)
2,70 x 1,70	4,59	33	8,35
2,75 x 1,75	4,81	34	8,49
1,85 x 1,10	2,04	20	6,12
2,80 x 0,65	1,82	20	5,46
4,00 x 2,50	10,00	59	10,17
2,20 x 1,60	3,52	20	10,56
3,00 x 1,75	5,25	32	9,84
2,30 x 1,40	3,22	26	7,43
2,50 x 1,50	3,75	28	8,04

A tarefa foi finalizada com o transporte dos blocos e dos escombros para a zona da exploração a céu aberto através da pá carregadora. Esta operação foi sendo executada à medida que os blocos eram esquadrejados.

No final da tarefa procedeu-se à medição e classificação dos blocos relativamente à sua finalidade, recorrendo-se à norma apresentada no subcapítulo 5.5. Assim, obtiveram-se blocos para produção de chapa e blocos para produção de ladrilho, cujas dimensões são apresentadas nas Tabelas 7.2 e 7.3, respetivamente.

Tabela 7.2 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes da Bancada A.

Dimensões (m)	Volume (m³)
2,70 x 1,80 x 0,50	2,43
2,80 x 1,80 x 1,20	6,05
2,80 x 1,50 x 0,95	3,99
2,70 x 1,50 x 1,00	4,05
2,20 x 1,50 x 1,30	4,29
2,00 x 1,50 x 1,40	4,20
2,50 x 1,50 x 1,40	5,25
2,50 x 1,50 x 1,20	4,50
Volume Total:	34,76

Tabela 7.3 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes da Bancada A.

Dimensões (m)	Volume (m ³)	(continuação)	
2,00 x 0,80 x 0,60	0,96	1,80 x 1,20 x 0,50	1,08
2,30 x 1,00 x 0,80	1,84	1,50 x 1,20 x 1,00	1,80
1,20 x 1,00 x 0,80	0,96	2,40 x 0,50 x 0,50	0,60
2,10 x 0,70 x 0,60	0,88	2,00 x 0,60 x 0,50	0,60
1,90 x 0,90 x 0,50	0,86	1,80 x 1,80 x 0,50	1,62
1,80 x 1,10 x 0,50	0,99	2,40 x 0,80 x 0,80	1,54
1,30 x 1,30 x 1,00	1,69	1,50 x 1,40 x 0,50	1,05
1,50 x 1,00 x 0,80	1,20	Volume Total:	18,47
1,00 x 1,00 x 0,80	0,80		

Cálculo do rendimento da Bancada A:

Volume total da bancada ($V_{bancada}$): **97,28 m³** = (6,40 m x 4,00 m x 3,8 m)

Volume de blocos para produção de chapa: **34,76 m³**

Volume de blocos para produção de ladrilho: **18,47 m³**

Volume total de blocos vendáveis (V_{blocos}): **53,23 m³** = (34,76 m³ + 18,47 m³)

Rendimento total da Bancada A: **54,72 %** = $\left(\frac{V_{blocos}}{V_{bancada}} \times 100\right)$

7.1.2 Bancada B

Esta bancada possuía dimensões superiores à Bancada A, no entanto não apresentava uma forma regular (Figura 7.8). As dimensões referentes à Bancada B são ilustradas na Figura 7.9. O mármore era creme com vergada castanha e avermelhada, possuindo uma rede de fraturação mais densa e com direções e inclinações variáveis.



Figura 7.8 – Bancada B.

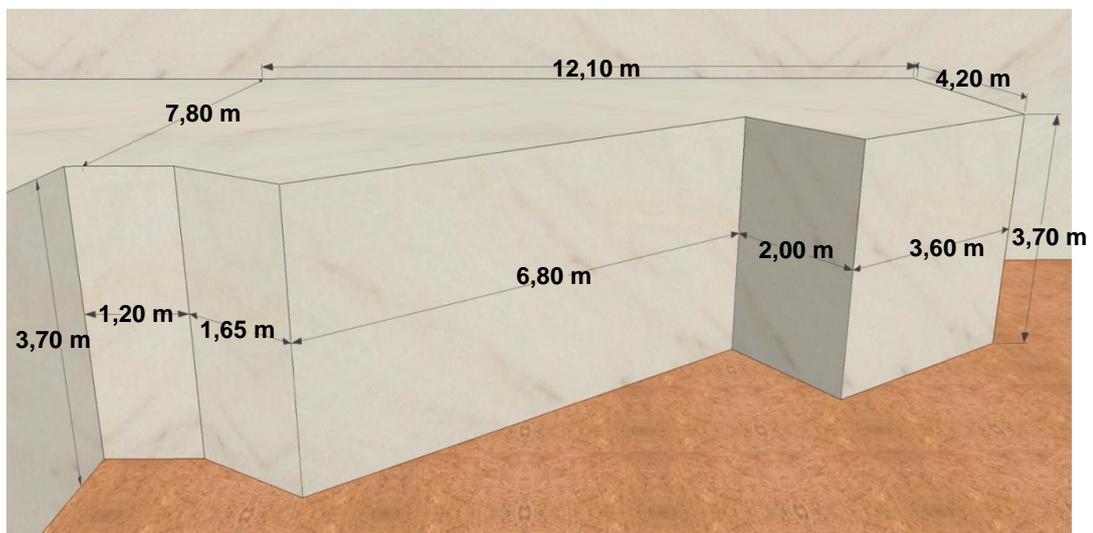


Figura 7.9 – Representação 3D da Bancada B e respetivas dimensões.

Inicialmente procedeu-se à limpeza dos locais, com recurso a pás, picaretas e água, onde viriam a ser executadas as perfurações horizontais e verticais. De seguida foram marcados os locais dos furos verticais e posteriormente procedeu-se à realização do “desempeno”, nivelamento e marcação dos furos horizontais.

Com todas as marcações realizadas iniciaram-se os trabalhos de perfuração através da execução de três furos horizontais (FH1, FH2 e FH3) (Figura 7.10) com a perfuradora pneumática rotopercussiva. Embora o comprimento da bancada fosse de 12,10 m, o primeiro furo (FH1) foi executado com um comprimento de 16,80 m (o máximo permitido pela perfuradora), tendo em vista a sua utilização numa abertura de canal a realizar futuramente naquele local. Os furos FH2 e FH3 foram executados de seguida, intersetando o furo FH1.

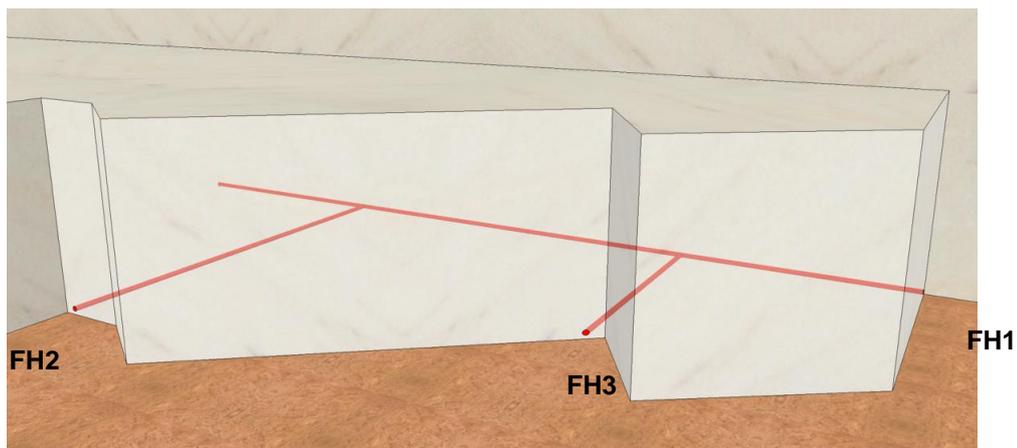


Figura 7.10 – Representação 3D dos furos horizontais da Bancada B.

Dados do furo horizontal FH1:

- Comprimento: 16,80 m
- Duração: 7h13min
- Velocidade: 2,33 m/h

Dados do furo horizontal FH2:

- Comprimento: 7,80 m
- Duração: 3h25min
- Velocidade: 2,29 m/h

Dados do furo horizontal FH3:

- Comprimento: 4,40 m
- Duração: 1h47min
- Velocidade: 3,43 m/h

Após a execução dos furos horizontais realizaram-se os furos verticais (FV1 e FV2) com o martelo pneumático ligeiro, nos locais previamente marcados (Figura 7.11).

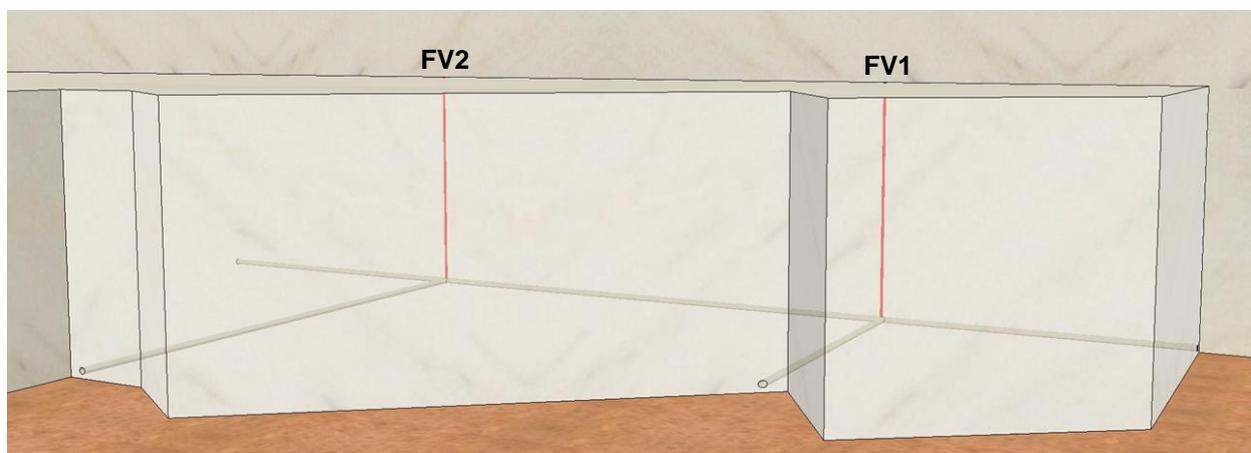


Figura 7.11 – Representação 3D dos furos verticais da Bancada B.

Dados do furo vertical FV1:

- Comprimento: 3,70 m
- Duração: 18 min
- Velocidade: 12,33 m/h

Dados do furo vertical FV2:

- Comprimento: 3,70 m
- Duração: 21 min
- Velocidade: 10,57 m/h

Após a realização de todas as operações de perfuração iniciaram-se as operações de corte, sendo que o primeiro a ter sido realizado foi o corte horizontal. Dadas as dimensões da bancada, optou-se por não realizar o corte horizontal de toda a sua área, devido à possibilidade de ocorrer a quebra do fio diamantado durante a operação. Assim, o corte horizontal foi executado entre os furos horizontais FH1 e FH3 (Figura 7.11). Após a sua realização, foram executados os dois cortes verticais. O primeiro foi executado entre o furo horizontal FH3 e o furo vertical FV1 e o segundo foi executado entre o furo horizontal FH1 e o furo vertical FV1 (Figura 7.12).

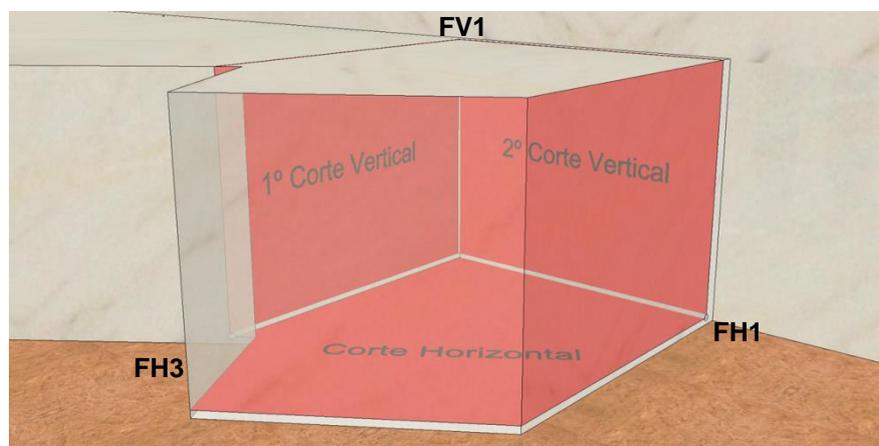


Figura 7.12 – Representação 3D do corte horizontal e dos dois cortes verticais da primeira porção da Bancada B.

Dados do corte horizontal (FH1-FH3):

- Área: 22,69 m² (obtido através de AutoCAD)
- Duração: 1h50min
- Velocidade: 12,38 m²/h

Dados do primeiro corte vertical (FH3-FV1):

- Área: 16,28 m² (4,40 m x 3,70 m)
- Duração: 1h23min
- Velocidade: 11,77 m²/h

Dados do segundo corte vertical (FH1-FV1):

- Área: 15,17 m² (4,10 m x 3,70 m)
- Duração: 1h21min
- Velocidade: 11,24 m²/h

Após a realização dos cortes, efetuaram-se “pegas” junto destes e das fraturas possibilitando o desmonte de toda a bancada recorrendo-se ao *ripper* acoplado à escavadora de rastros. Todas as massas rochosas desmontadas foram transportadas para outra zona da pedreira de modo a libertar o espaço necessário à realização dos restantes cortes da bancada.

Os cortes realizaram-se sequencialmente, sendo que o primeiro a ser executado foi o corte horizontal entre os furos horizontais FH1 e FH2, seguido do corte vertical entre o furo horizontal FH2 e o furo vertical FV2, por último foi realizado o corte vertical entre o furo horizontal FH1 e o furo vertical FV2 (Figura 7.13).

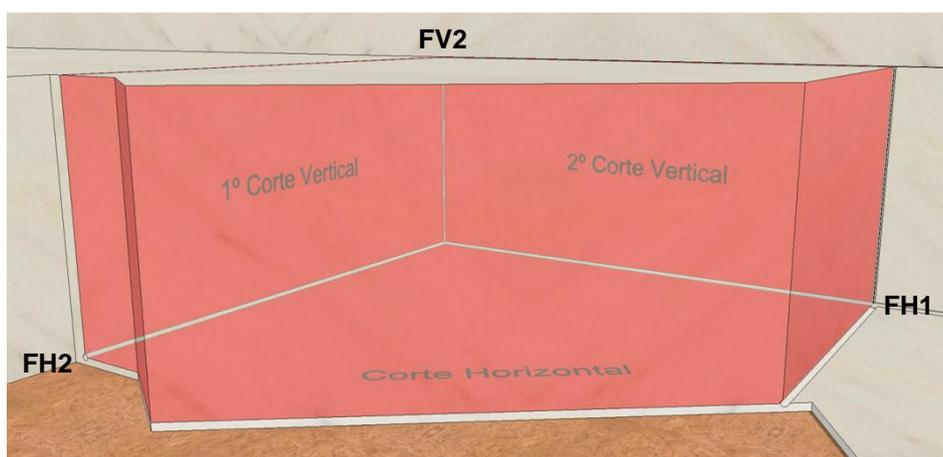


Figura 7.13 – Representação 3D do corte horizontal e dos dois cortes verticais da segunda porção da Bancada B.

Dados do corte horizontal (FH1-FH2):

- Área: 54,85 m² (obtido através de AutoCAD)
- Duração: 4h07min
- Velocidade: 13,32 m²/h

Dados do primeiro corte vertical (FH2-FV2):

- Área: 28,86 m² (7,80 m x 3,70 m)
- Duração: 2h27min
- Velocidade: 11,77 m²/h

Dados do segundo corte vertical (FH1-FV2):

- Área: 29,60 m² (8,00 m x 3,70 m)
- Duração: 2h23min
- Velocidade: 12,42 m²/h

Após a realização de todos os cortes procedeu-se ao desmonte da bancada de forma faseada, tendo-se usado o *ripper* da escavadora de rastos nas “pegas” que foram feitas junto dos cortes e das fraturas. À medida que se realizava o desmonte da bancada, as massas rochosas foram esquadrejadas e redimensionadas através da máquina de fio diamantado. Na Tabela 7.4 são apresentados os dados referentes a esta operação.

Tabela 7.4 – Dados dos cortes de esquadrejamento realizados com a máquina de fio diamantado na Bancada B.

Dimensões (m)	Área (m ²)	Duração (min)	Velocidade (m ² /h)
3,60 x 0,50	1,80	16	6,75
3,90 x 0,40	1,56	16	5,85
5,60 x 3,30	18,48	88	13,52
2,30 x 2,10	4,83	39	7,43
2,40 x 1,80	4,32	38	6,82
2,60 x 1,30	3,38	18	11,27
2,60 x 1,10	2,86	16	10,73
3,60 x 3,15	11,34	60	11,34
2,20 x 1,10	2,42	35	4,15
2,70 x 0,70	1,89	29	3,91

(continuação)

3,40 x 1,20	4,08	36	6,80
5,00 x 3,60	18,00	105	10,29
1,60 x 1,00	1,60	18	5,33
1,90 x 1,00	1,90	20	5,70
1,60 x 0,90	1,44	21	4,11
2,80 x 0,85	2,38	34	4,20
2,60 x 0,70	1,82	29	3,77
2,80 x 1,50	4,20	25	10,08
1,90 x 1,30	2,47	22	6,74
1,70 x 1,30	2,21	20	6,63

Os blocos e os escombros foram transportados para a zona da exploração a céu aberto através da pá carregadora. No final, procedeu-se à medição e classificação dos blocos relativamente à sua finalidade e obtiveram-se blocos para produção de chapa e blocos para produção de ladrilho, cujas dimensões são apresentadas nas Tabelas 7.5 e 7.6, respetivamente.

Tabela 7.5 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes da Bancada B.

Dimensões (m)	Volume (m ³)	(continuação)	
3,70 x 1,20 x 0,50	2,22	2,50 x 1,10 x 0,70	1,93
2,10 x 1,80 x 0,60	2,27	2,30 x 1,20 x 0,80	2,21
3,10 x 1,70 x 0,60	3,16	2,60 x 1,50 x 0,80	3,12
2,70 x 2,40 x 1,20	7,78	2,90 x 1,10 x 0,80	2,55
2,90 x 2,40 x 1,20	8,35	2,80 x 2,00 x 1,10	6,16
2,60 x 1,70 x 0,70	3,09	2,30 x 1,60 x 0,90	3,31
2,80 x 1,50 x 0,50	2,1	2,80 x 1,70 x 1,30	6,19
2,80 x 1,40 x 0,80	3,14	3,00 x 1,80 x 0,60	3,24
2,80 x 1,60 x 1,20	5,38	3,20 x 1,30 x 0,60	2,50
2,20 x 1,80 x 0,70	2,77	Volume Total:	71,47

Tabela 7.6 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes da Bancada B.

Dimensões (m)	Volume (m ³)	(continuação)	
1,80 x 1,40 x 0,60	1,51	1,20 x 1,00 x 1,00	1,20
3,70 x 0,80 x 0,40	1,18	2,00 x 1,00 x 1,00	2,00
1,80 x 1,20 x 0,70	1,51	1,40 x 0,80 x 0,60	0,67
1,40 x 1,20 x 0,80	1,34	1,20 x 1,00 x 0,80	0,96
1,20 x 0,80 x 0,80	0,77	2,80 x 0,90 x 0,50	1,26
1,40 x 1,00 x 0,50	0,70	2,00 x 0,80 x 0,80	1,28
1,40 x 1,00 x 0,70	0,98	2,00 x 1,00 x 0,50	1,00
1,50 x 0,90 x 0,80	1,08	2,00 x 1,40 x 1,00	2,80
2,00 x 1,00 x 0,50	1,00	2,00 x 1,20 x 0,60	1,44
1,80 x 1,10 x 0,65	1,29	1,50 x 1,20 x 1,00	1,80
2,10 x 1,00 x 0,80	1,69	2,00 x 1,80 x 1,00	3,60
2,70 x 0,80 x 0,60	1,30	2,00 x 1,00 x 1,00	2,00
1,50 x 1,20 x 0,60	1,08	2,00 x 0,80 x 0,80	1,28
2,00 x 1,70 x 0,60	2,04	1,50 x 1,30 x 1,00	1,95
1,60 x 0,90 x 0,60	0,86	2,70 x 0,80 x 0,80	1,73
1,60 x 1,20 x 0,50	0,96	Volume Total:	44,26

Cálculo do rendimento da Bancada B:

Volume total da bancada ($V_{bancada}$): 286,90 m³ (obtido através de AutoCAD)

Volume de blocos para produção de chapa: 71,47 m³

Volume de blocos para produção de ladrilho: 44,26 m³

Volume total de blocos vendáveis (V_{blocos}): 115,73 m³ = (71,47 m³ + 44,26 m³)

Rendimento total da Bancada B: 40,34 % = $\left(\frac{V_{blocos}}{V_{bancada}} \times 100\right)$

7.1.3 Canal A

A abertura deste canal teve como objetivo criar a área necessária à execução do avanço em bancada que viria a ser realizado posteriormente. Neste local, o mármore apresentava uma cor creme com vergada avermelhada e possuía uma família de fraturas sub-horizontais. As dimensões finais do canal são ilustradas na Figura 7.14.

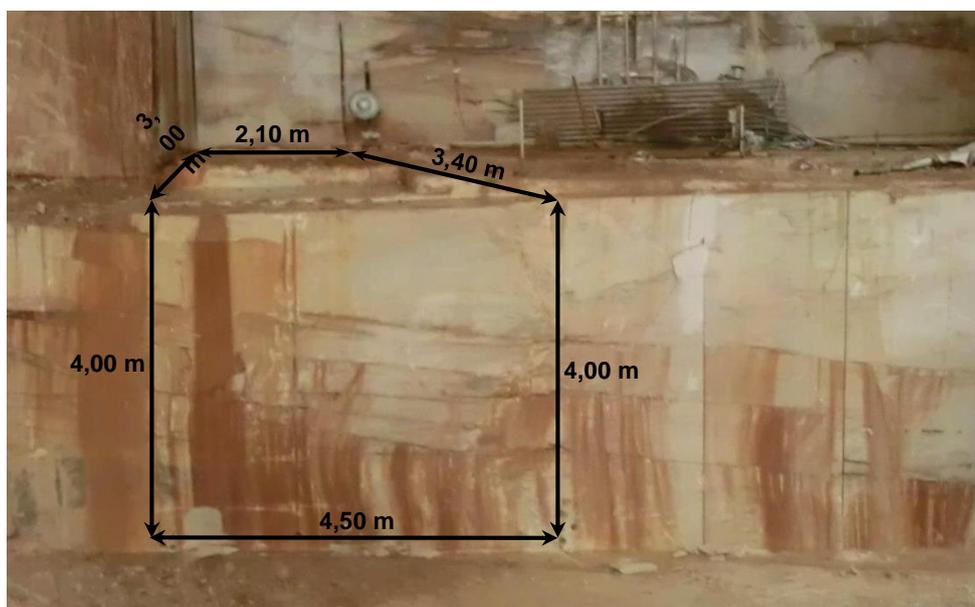


Figura 7.14 – Local da abertura de canal e respetivas dimensões.

Os trabalhos iniciaram-se com a limpeza e posterior marcação dos locais dos furos verticais. De seguida procedeu-se à realização do “desempeno”, nivelamento e marcação do local dos furos horizontais.

Após a marcação dos furos iniciaram-se os trabalhos de perfuração através da execução dos dois furos horizontais (FH1 e FH2) que delimitam o canal (Figura 7.15) com a perfuradora pneumática rotopercussiva.

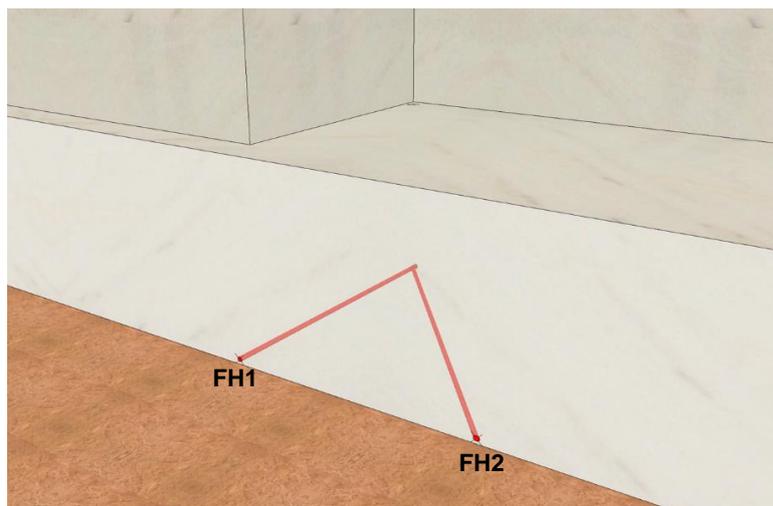


Figura 7.15 – Representação 3D dos furos horizontais do Canal A.

Dados do furo horizontal FH1:

- Comprimento: 5,90 m
- Duração: 2h5min
- Velocidade: 2,83 m/h

Dados do furo horizontal FH2:

- Comprimento: 7,45 m
- Duração: 2h56min
- Velocidade: 2,54 m/h

Após a execução dos furos horizontais procedeu-se à realização dos furos verticais com o martelo pneumático ligeiro. Ao todo realizaram-se três furos (FV1, FV2 e FV3) (Figura 7.16). O furo FV1 é o vértice do canal e os furos FV2 e FV3 delimitam a única talhada do canal.

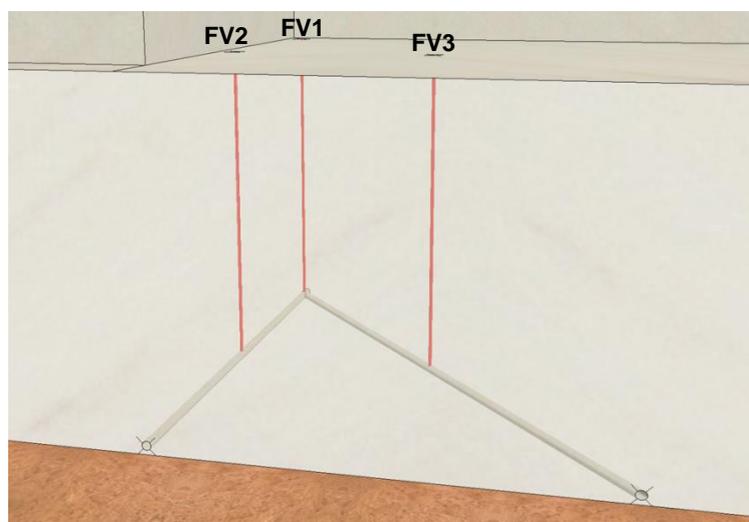


Figura 7.16 – Representação 3D dos furos verticais do Canal A.

Dados do furo vertical FV1:

- Comprimento: 4,00 m
- Duração: 27 min
- Velocidade: 8,89 m/h

Dados do furo vertical FV2:

- Comprimento: 4,00 m
- Duração: 22 min
- Velocidade: 10,91 m/h

Dados do furo vertical FV3:

- Comprimento: 4,00 m
- Duração: 23 min
- Velocidade: 10,43 m/h

Após a realização de todos os furos iniciou-se a operação de corte através da execução do corte horizontal entre os furos FH1 e FH2 (Figura 7.17). De seguida a máquina de fio diamantado foi colocada no topo da bancada e procedeu-se à realização do corte da talhada entre os furos FV2 e FV3 tendo-se utilizado poleias direcionais (Figura 7.18).

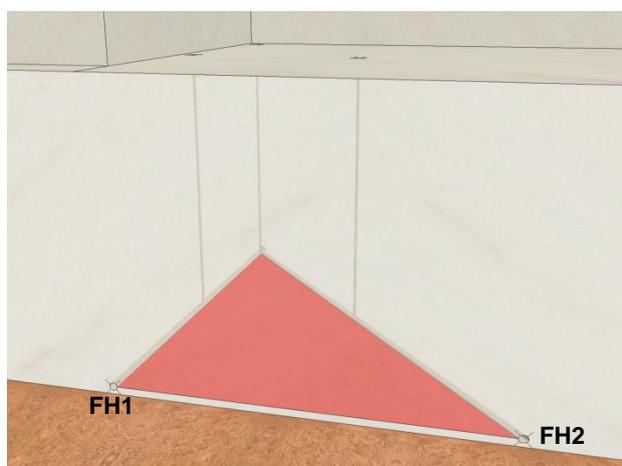


Figura 7.17 – Representação 3D do corte horizontal do Canal A. **Figura 7.18** – Corte da talhada do Canal A.

Dados do corte horizontal (FH1-FH2):

- Área: $12,28 \text{ m}^2 \left(\frac{5,90 \text{ m} \times 4,50 \text{ m}}{2} \right)$
- Duração: 1h28min
- Velocidade: $8,37 \text{ m}^2/\text{h}$

Dados do corte da talhada (FV2-FV3):

- Área: 15,17 m² (4,10 m x 3,70 m)
- Duração: 1h21min
- Velocidade: 11,24 m²/h

De seguida procedeu-se à realização dos dois cortes verticais laterais do canal, sendo que o primeiro foi executado entre os furos FH1 e FV2 e o segundo entre os furos FH2 e FV3 (Figura 7.19).

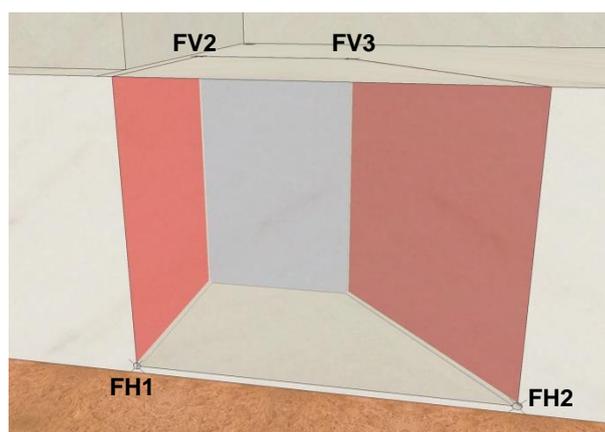


Figura 7.19 – Representação 3D dos cortes verticais laterais do Canal A.

Dados do primeiro corte vertical (FH1-FV2):

- Área: 12,00 m² (3,00 m x 4,00 m)
- Duração: 1h26min
- Velocidade: 8,37 m²/h

Dados do segundo corte vertical (FH2-FV3):

- Área: 13,60 m² (3,40 m x 4,00 m)
- Duração: 1h59min
- Velocidade: 6,86 m²/h

Após a execução de todos os cortes procedeu-se ao desmonte do canal. Numa primeira fase optou-se por utilizar um colchão hidráulico no interior do corte da talhada (Figura 7.20), de modo a criar o espaço necessário à atuação do *ripper* e numa tentativa de promover a abertura das fraturas presentes no “miolo” do canal que, posteriormente foi desmontado com recurso ao *ripper* (Figura 7.21).



Figura 7.20 – Atuação do colchão hidráulico no “miolo” do canal.

Figura 7.21 – Desmonte da última porção do “miolo” do canal.

Devido à presença das fraturas, não foi necessário proceder-se a quaisquer cortes de esquadrejamento e/ou redimensionamento das massas desmontadas. No final obtiveram-se blocos para produção de chapa e blocos para produção de ladrilho, cujas dimensões são apresentadas nas Tabelas 7.7 e 7.8, respectivamente.

Tabela 7.7 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes do Canal A.

Dimensões (m)	Volume (m ³)
3,40 x 1,50 x 1,00	5,10
2,00 x 1,80 x 0,70	2,52
2,70 x 1,70 x 1,50	6,89
3,30 x 1,60 x 1,30	6,86
Volume Total:	21,37

Tabela 7.8 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes do Canal A.

Dimensões (m)	Volume (m ³)
2,20 x 0,80 x 0,40	0,70
2,20 x 0,80 x 0,80	1,41
Volume Total:	2,11

Cálculo do rendimento do Canal A:

$$\underline{\text{Volume total do canal (} V_{\text{canal}} \text{): } 39,60 \text{ m}^3 = \left(\left(\frac{4,50+2,10}{2} \times 3,00 \right) \times 4,00 \right)$$

Volume de blocos para produção de chapa: 21,37 m³

Volume de blocos para produção de ladrilho: 2,11 m³

Volume total de blocos vendáveis (V_{blocos}): $23,48 \text{ m}^3 = (21,37 \text{ m}^3 + 2,11 \text{ m}^3)$

Rendimento total do Canal A: $59,29 \% = \left(\frac{V_{blocos}}{V_{canal}} \times 100\right)$

7.1.4 Canal B

Tal como o Canal A, a abertura deste canal teve como objetivo criar a área necessária à execução do avanço em bancada que viria a ser realizado posteriormente neste local. Todos os procedimentos de preparação, perfuração, corte e desmonte foram realizados de forma análoga ao descrito no Canal A, diferindo apenas nas dimensões que se encontram ilustradas na Figura 7.22.

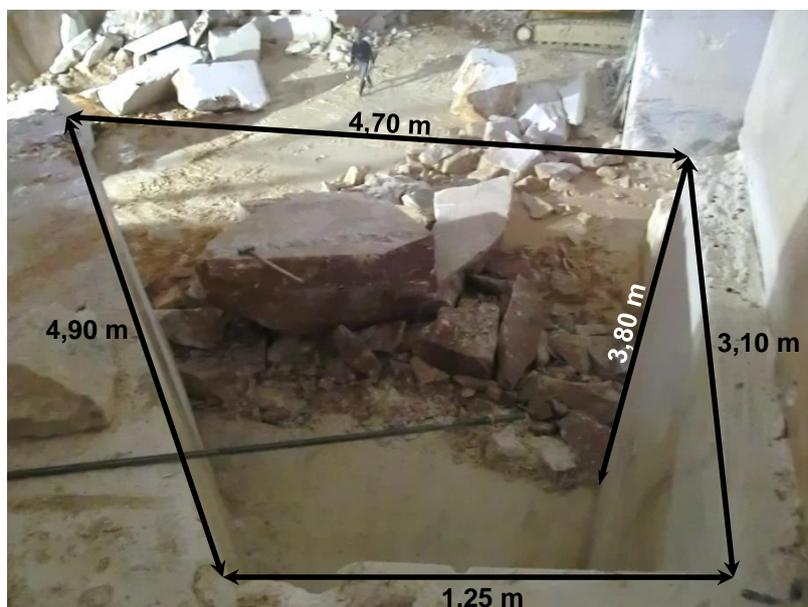


Figura 7.22 – Canal B após a remoção do “miolo” e respectivas dimensões.

Os dados das perfurações e dos cortes realizados ao longo da execução desta tarefa são apresentados nas Tabelas 7.9 e 7.10, respetivamente.

Tabela 7.9 – Dados das perfurações realizadas no Canal B.

Descrição	Equipamento	Comprimento (m)	Duração (min)	Velocidade (m/h)
PH1	Perfuradora pneumática	4,40	127	2,08
PH2	Perfuradora pneumática	6,40	169	2,27
PV1	Martelo pneumático	3,80	27	8,44
PV2	Martelo pneumático	3,80	29	7,86
PV3	Martelo pneumático	3,80	26	8,77

Tabela 7.10 – Dados dos cortes realizados no Canal B com a máquina de fio diamantado.

Descrição do corte	Dimensões (m)	Área (m ²)	Duração (min)	Velocidade (m ² /h)
Horizontal	$\frac{4,40 \times 4,70}{2}$	10,34	135	4,60
Talhada	1,25 x 3,80	4,75	71	4,01
Vertical lateral 1	3,10 x 3,80	11,78	83	8,52
Vertical lateral 2	4,90 x 3,80	18,62	136	8,21
Esquadrejamento	3,20 x 1,90	6,08	70	5,21
Esquadrejamento	3,20 x 0,80	2,56	29	5,17
Esquadrejamento	3,20 x 1,00	3,20	38	5,05

No final da tarefa obtiveram-se blocos para produção de chapa e blocos para produção de ladrilho, cujas dimensões são apresentadas nas Tabelas 7.11 e 7.12, respetivamente.

Tabela 7.11 – Dimensões dos blocos para produção de chapa provenientes do Canal B.

Dimensões (m)	Volume (m ³)
1,90 x 1,50 x 1,40	3,99
3,10 x 1,50 x 1,10	5,12
Volume Total:	9,11

Tabela 7.12 – Dimensões dos blocos para produção de ladrilho provenientes do Canal B.

Dimensões (m)	Volume (m ³)
1,90 x 1,00 x 0,90	1,71
1,60 x 0,80 x 0,80	1,02
1,40 x 0,80 x 0,80	0,90
1,50 x 1,00 x 0,80	1,20
1,40 x 1,00 x 0,80	1,12
1,70 x 1,50 x 0,90	2,30
Volume Total:	8,25

Cálculo do rendimento do Canal B:

Volume total do canal (V_{canal}): $35,05 \text{ m}^3 = \left(\left(\frac{4,70+1,25}{2} \times 3,10 \right) \times 3,80 \right)$

Volume de blocos para produção de chapa: $9,11 \text{ m}^3$

Volume de blocos para produção de ladrilho: $8,25 \text{ m}^3$

Volume total de blocos vendáveis (V_{blocos}): $17,36 \text{ m}^3 = (9,11 \text{ m}^3 + 8,25 \text{ m}^3)$

Rendimento total do Canal B: $49,53 \% = \left(\frac{V_{blocos}}{V_{canal}} \times 100\right)$

7.1.5 Análise e discussão dos resultados obtidos

7.1.5.1 Equipamentos

Durante o período de acompanhamento dos trabalhos de pedreira foram cronometrados os períodos de funcionamento dos equipamentos de perfuração e de corte, nomeadamente martelo pneumático ligeiro, perfuradora pneumática rotopercussiva e máquina de fio diamantado. Os dados referentes ao funcionamento desses equipamentos, apresentados nas secções anteriores (7.1.1, 7.1.2, 7.1.3 e 7.1.4), são relativos ao período efetivo do seu funcionamento. Ou seja, todos os períodos de paragem (troca de barrena, colocação de tubo extensor, ajuste do comprimento do fio diamantado, etc.) foram devidamente considerados.

Para além dos dados já apresentados nas secções anteriores, nesta secção são incluídos dados obtidos durante a realização de outras tarefas.

Martelo pneumático ligeiro

Todos os dados recolhidos durante o funcionamento dos martelos pneumáticos ligeiros são apresentados na Tabela 7.13. Apesar dos resultados serem referentes aos dois martelos pneumáticos ligeiros existentes na exploração, não foi feita distinção entre eles, visto que possuem a mesma marca e modelo.

Tabela 7.13 – Dados obtidos referentes ao funcionamento do martelo pneumático ligeiro.

Comprimento (m)	Duração (min)	Velocidade (m/h)
4,10	29	8,48
3,70	18	12,33
3,70	21	10,57
4,00	27	8,89
4,00	22	10,91
4,00	23	10,43
3,80	27	8,44
3,80	29	7,86
3,80	26	8,77

(continuação)

3,70	19	11,68
4,00	28	8,57
4,00	22	10,91
5,60	35	9,60
3,70	26	8,54
4,00	31	7,74
4,00	27	8,89
Velocidade média (m/h)		9,54

Através da observação da Tabela 7.13 pode-se verificar que o comprimento mais usual das perfurações realizadas com os martelos pneumáticos ligeiros ronda os 4 m (altura do atual piso em exploração).

Também é possível fazer uma análise ao resultado obtido para a velocidade média de perfuração (9,54 m/h). Este resultado poderá ser importante durante o planeamento dos trabalhos, na medida em que permite calcular o tempo médio necessário para executar um furo em função do seu comprimento, através da seguinte fórmula:

$$Duração da perfuração (min) = \frac{Comprimento do furo (m)}{9,54 (m/h)} \times 60$$

Apesar do valor obtido para a velocidade média de perfuração com o martelo pneumático ligeiro estar dentro do esperado, este poderia ser superior caso os *bits* das barrenas estivessem devidamente afiados.

Perfuradora pneumática rotopercussiva

Os dados recolhidos durante o funcionamento da perfuradora pneumática rotopercussiva são apresentados na Tabela 7.14.

Tabela 7.14 – Dados obtidos referentes ao funcionamento da perfuradora pneumática rotopercussiva.

Comprimento (m)	Duração (min)	Velocidade (m/h)
16,80	433	2,33
7,80	205	2,29
4,40	107	3,43
5,90	125	2,83
7,45	176	2,54
4,40	127	2,08
6,40	169	2,27
12,80	224	3,43
14,80	375	2,37
14,80	389	2,29
Velocidade média (m/h):		2,59

Observando a Tabela 7.14 é possível aferir que o comprimento dos furos executados com a perfuradora pneumática rotopercussiva varia bastante, ao contrário do que acontece com o

martelo pneumático ligeiro. Isto deve-se ao facto das dimensões das bancadas e dos canais onde operou serem diferentes.

Tal como acontece com o martelo pneumático ligeiro, a velocidade média de perfuração obtida para a perfuradora pneumática rotopercussiva (2,59 m/h), também poderá ser importante durante o planeamento dos trabalhos, nomeadamente no cálculo do tempo médio necessário para executar um furo. A fórmula utilizada é idêntica à adotada para o martelo pneumático ligeiro mas utilizando o valor da velocidade média de perfuração da perfuradora pneumática rotopercussiva.

$$\text{Duração da perfuração (min)} = \frac{\text{Comprimento do furo (m)}}{2,59 \text{ (m/h)}} \times 60$$

O valor da velocidade média de perfuração da perfuradora pneumática poderia ser mais elevado, pois existem algumas fugas de ar, especialmente nas ligações das mangueiras na central de controlo deste equipamento, contribuindo para que este não funcione na plenitude das suas capacidades.

Máquina de fio diamantado

Os dados recolhidos durante o funcionamento da máquina de fio diamantado são apresentados na Tabela 7.15. Apesar de existirem duas máquinas de fio diamantado na exploração, durante o período de acompanhamento dos trabalhos apenas a máquina de 50 cv esteve em funcionamento, visto que a máquina de 40 cv encontrava-se em reparação. Sendo assim os dados recolhidos dizem respeito apenas à máquina de fio diamantado de 50 cv.

Tabela 7.15 – Dados obtidos referentes ao funcionamento da máquina de fio diamantado.

Dimensões (m)	Área (m ²)	Duração (min)	Velocidade (m ² /h)
6,40 x 4,00	25,60	119	12,91
4,00 x 3,80	15,20	73	12,49
6,40 x 3,80	24,32	137	10,65
2,70 x 1,70	4,59	33	8,35
2,75 x 1,75	4,81	34	8,49
1,85 x 1,10	2,04	20	6,12
2,80 x 0,65	1,82	20	5,46
4,00 x 2,50	10,00	59	10,17
2,20 x 1,60	3,52	20	10,56
3,00 x 1,75	5,25	32	9,84
2,30 x 1,40	3,22	26	7,43
2,50 x 1,50	3,75	28	8,04
AutoCAD	22,69	110	12,38
4,40 x 3,70	16,28	83	11,77
4,10 x 3,70	15,17	81	11,24
AutoCAD	54,85	247	13,32
7,80 x 3,70	28,86	147	11,77
8,00 x 3,70	29,60	143	12,42
3,60 x 0,50	1,80	16	6,75
3,90 x 0,40	1,56	16	5,85
5,60 x 3,30	18,48	88	13,52
2,30 x 2,10	4,83	39	7,43
2,40 x 1,80	4,32	38	6,82
2,60 x 1,30	3,38	18	11,27
2,60 x 1,10	2,86	16	10,73
3,60 x 3,15	11,34	60	11,34

(continuação)			
2,20 x 1,10	2,42	35	4,15
2,70 x 0,70	1,89	29	3,91
3,40 x 1,20	4,08	36	6,80
5,00 x 3,60	18,00	105	10,29
1,60 x 1,00	1,60	18	5,33
1,90 x 1,00	1,90	20	5,70
1,60 x 0,90	1,44	21	4,11
2,80 x 0,85	2,38	34	4,20
2,60 x 0,70	1,82	29	3,77
2,80 x 1,50	4,20	25	10,08
1,90 x 1,30	2,47	22	6,74
1,70 x 1,30	2,21	20	6,63
$\frac{5,90 \times 4,50}{2}$	12,28	88	8,37
4,10 x 3,70	15,17	81	11,24
3,00 x 4,00	12,00	86	8,37
3,40 x 4,00	13,60	119	6,86
$\frac{4,40 \times 4,70}{2}$	10,34	135	4,60
1,25 x 3,80	4,75	71	4,01
3,10 x 3,80	11,78	83	8,52
4,90 x 3,80	18,62	136	8,21
3,20 x 1,90	6,08	70	5,21
3,20 x 0,80	2,56	29	5,17
3,20 x 1,00	3,20	38	5,05
Velocidade média (m²/h):			8,25

Através da observação dos dados constantes na Tabela 7.15 é possível verificar que a velocidade de corte é bastante variável, sendo possível aferir que essa variação se relaciona com a área do corte, sendo superior em cortes com área maior e inferior em cortes com área menor. No Gráfico 7.1 são confrontados os valores constantes na Tabela 7.15, nomeadamente a área de corte e a respetiva velocidade de corte.

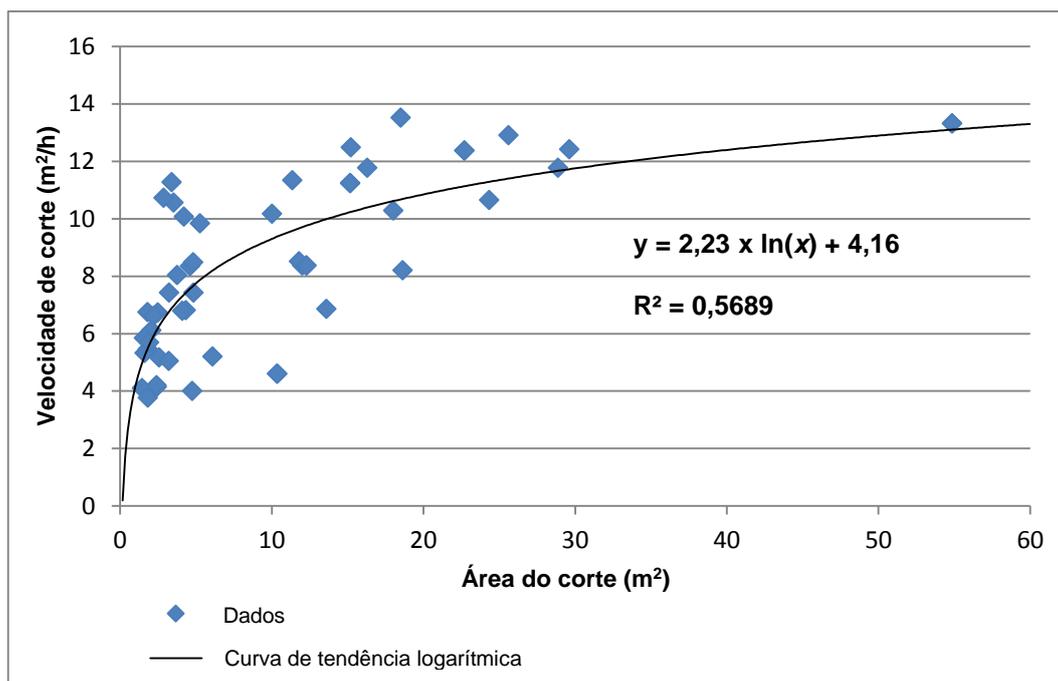


Gráfico 7.1 – Velocidade de corte em função da área de corte.

De modo a obter a tendência da velocidade de corte foi introduzida a linha de tendência não-linear logarítmica ao gráfico, a qual apresenta um ajuste de 56,89% (valor não muito elevado devido à dispersão dos dados). Ainda assim, esta curva foi considerada válida, pois através da sua equação é possível obter a velocidade de corte em função da área a cortar, de forma expedita:

$$Velocidade\ de\ corte\ (m^2/h) = 2,23 \times \ln (\text{Área do corte } (m^2)) + 4,16$$

A velocidade de corte obtida através da fórmula anterior poderá ser bastante útil na projeção dos tempos de corte durante os trabalhos de pedreira através da sua introdução na seguinte fórmula:

$$Duração\ do\ corte\ (min) = \frac{\text{Área do corte } (m^2)}{Velocidade\ de\ corte\ (m^2/h)} \times 60$$

O método anteriormente descrito para a obtenção da velocidade de corte trata-se apenas de uma metodologia simples e expedita, desenvolvida com o intuito de auxiliar o planeamento dos trabalhos. A única variável incluída na determinação deste parâmetro foi a sua área, sendo que este depende de muitas outras variáveis não consideradas, tais como: a forma da área a cortar, as características litológicas, o desgaste do fio diamantado, a velocidade de avanço da máquina, a quantidade de água introduzida no corte, o operador da máquina, etc.

7.1.5.2 Rendimento

O resultado do rendimento obtido nas diversas tarefas acompanhadas pelo estagiário e o rendimento total são apresentados na Tabela 7.16.

Tabela 7.16 - Rendimento obtido nas diferentes tarefas, rendimento total e dados utilizados nos cálculos.

Tarefa	V _{bancada/canal} (m ³)	V _{blocos - chapa} (m ³)	V _{blocos - ladrilho} (m ³)	V _{blocos} (m ³)	Rendimento (%)
Bancada A	97,28	34,76	18,47	53,23	54,72
Bancada B	286,90	71,47	44,26	115,73	40,34
Canal A	39,60	21,37	2,11	23,48	59,29
Canal B	35,05	9,11	8,25	17,36	49,53
TOTAL:	458,83	136,71	73,09	209,80	45,72

Através da observação da Tabela 7.16 é possível verificar que durante o período de um mês em que estagiário acompanhou os trabalhos, o rendimento total da Pedreira Texugo foi de 45,72 %. Trata-se de um valor muito acima do normal, já que, segundo dados fornecidos pela empresa, o rendimento atual da exploração ronda os 15 %. Um dos fatores que poderá ter contribuído para obtenção deste valor é a característica do maciço nesta zona da pedreira, nomeadamente a sua densidade de fraturação. Esta zona, correspondente à Zona 1, definida na secção 7.2.2, apresenta famílias de fraturas sub-verticais e famílias de fraturas sub-horizontais, proporcionando um rendimento e blocometrias muito acima da média. Outro dos fatores que decididamente contribuiu para obtenção deste rendimento foi o correto planeamento de todas as operações ao longo da evolução dos trabalhos, tendo sempre como principal objetivo a obtenção de blocos com o máximo volume possível. Para além disso, durante este período não existiram avarias importantes que impedissem a evolução normal dos trabalhos.

Os resultados obtidos referentes às blocometrias obtidas são apresentados na Tabela 7.17.

Tabela 7.17 - Blocometrias obtidas nas diferentes tarefas.

Tarefa	Blocos para produção de chapa			Blocos para produção de ladrilho		
	Nº blocos	V _{total} (m ³)	Blocometria (m ³)	Nº blocos	V _{total} (m ³)	Blocometria (m ³)
Bancada A	8	34,76	4,35	16	18,47	1,15
Bancada B	19	71,47	3,76	31	44,26	1,43
Canal A	4	21,37	5,34	2	2,11	1,06
Canal B	2	9,11	4,56	6	8,25	1,38
TOTAL:	33	136,71	4,14	55	73,09	1,33

Através da observação da Tabela 7.17 podemos verificar que a blocometria obtida para os blocos de chapa e para os blocos de ladrilho durante o acompanhamento dos trabalhos foi de 4,14 m³ e 1,33 m³, respetivamente.

Tal como se verifica com o rendimento, os resultados obtidos para as blocometrias também estão acima da média, cujos valores, segundo dados fornecidos pela empresa, são de 2,00 m³ para os blocos para produção de chapa e de 0,80 m³ para os blocos para produção de ladrilho.

As razões que poderão justificar este aumento da blocometria são as mesmas que as referidas anteriormente, ou seja, uma rede de fraturação favorável à obtenção de blocometrias elevadas e um adequado planeamento dos trabalhos.

7.2 Elaboração do Plano de Lavra da Pedreira Texugo

Durante o período de estágio, outra das ocupações do estagiário foi a elaboração do Plano de Lavra referente à Pedreira Texugo (volume anexo ao presente trabalho). O objetivo da elaboração deste Plano de Lavra foi a atualização do anterior que vigorava na exploração desde 2001, de acordo com o previsto no D.L. nº 340/2007.

Este documento técnico foi elaborado tendo em consideração a legislação vigente ao nível da atividade de exploração de pedreiras, nomeadamente o Regulamento de Pedreiras (Decreto-Lei nº 270/01 de 6 de Outubro, alterado pelo Decreto-Lei nº 340/2007 de 12 de Outubro) e o Regulamento Geral de Segurança e Higiene no Trabalho nas Minas e Pedreiras (Decreto-Lei nº 162/90 de 11 de Maio), entre outros.

A estrutura adotada na realização deste documento obedece ao modelo de Plano de Lavra sugerido pelo Instituto Geológico e Mineiro (1997).

Assim, a metodologia utilizada na elaboração do Plano de Lavra foi a seguinte:

- Compilação de informação (documentos referentes à exploração, registos da empresa, equipamentos, recursos humanos, etc.);
- Pesquisa bibliográfica;
- Acompanhamento dos trabalhos de exploração.

De modo a complementar a informação recolhida nas fontes anteriormente referidas foi realizado um levantamento topográfico de toda a área licenciada, um levantamento de fraturação e o cálculo de reservas exploráveis. A metodologia utilizada na realização do levantamento topográfico e no levantamento da fraturação são descritas nas secções que se seguem.

7.2.1 Levantamento topográfico

Dadas as alterações topográficas inerentes a qualquer exploração de rocha ornamental foi necessário realizar um levantamento topográfico da área licenciada. Esta tarefa foi realizada pela *Clotóide – Topografia, Lda.*, empresa da especialidade contratada pela *Lugramar, Lda.* O estagiário acompanhou e colaborou em todas as fases dos trabalhos realizados.

Os trabalhos dividiram-se em três fases: levantamento topográfico de superfície, levantamento topográfico da área da pedreira e tratamento dos dados recolhidos.

O material utilizado pela empresa durante os levantamentos topográficos foi um recetor *GPS* (Leica GX1230) (Figura 7.23) e uma estação total (Leica TCR 1105) (Figura 7.24).



Figura 7.23 – *GPS* Leica GX1230. (Fonte: Catálogo Leica).



Figura 7.24 – Estação total Leica TCR 1105. (Fonte: Catálogo Leica).

7.2.1.1 Levantamento topográfico de superfície

A primeira tarefa realizada foi o levantamento das coordenadas de um ponto conhecido, correspondente ao marco geodésico mais próximo da unidade extrativa, denominado “Nora” (Figura 7.25). As coordenadas deste marco geodésico serviram para proceder aos ajustes do *GPS*.

De seguida o recetor *GPS* foi estacionado sobre um tripé num local perto da unidade extrativa e foram levantadas as coordenadas desse ponto. A escolha deste local teve em conta essencialmente dois fatores: o local ser “aberto” (longe de edifícios, árvores, etc.) e que não viesse a sofrer alterações durante o período dos trabalhos. Este ponto, denominado “Estação 1” (Figura 7.25) serviu de apoio a todo o levantamento topográfico, uma vez que todas as coordenadas levantadas posteriormente foram corrigidas em função da sua posição, através de sinal rádio.

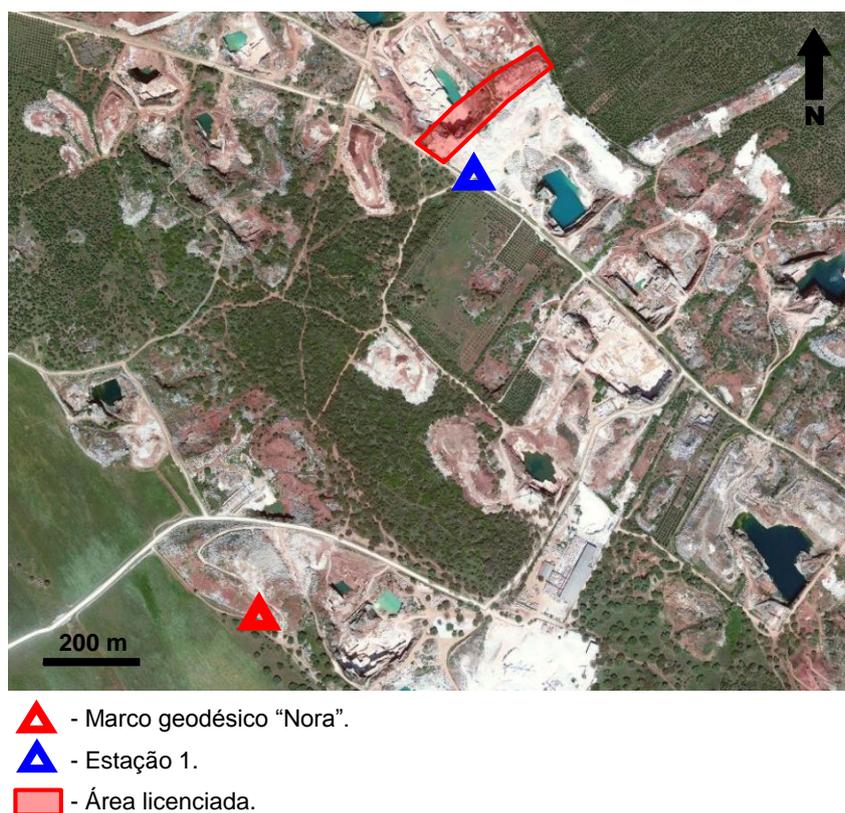


Figura 7.25 – Vista aérea com a localização do marco geodésico “Nora”, Estação 1 e área licenciada da exploração. (Fonte: Bing Maps).

De seguida o recetor *GPS* foi removido do tripé e foi acoplado ao bastão portátil procedendo-se ao levantamento dos pontos à superfície, nomeadamente: limite da corta da pedra, delimitação do aterro de material sem valor ornamental, escombreira temporária, caminho de

acesso à pedreira, tanque de decantação, vala de drenagem, grua *Derrick*, oficina e armazém, instalações sociais e posto de transformação elétrica.

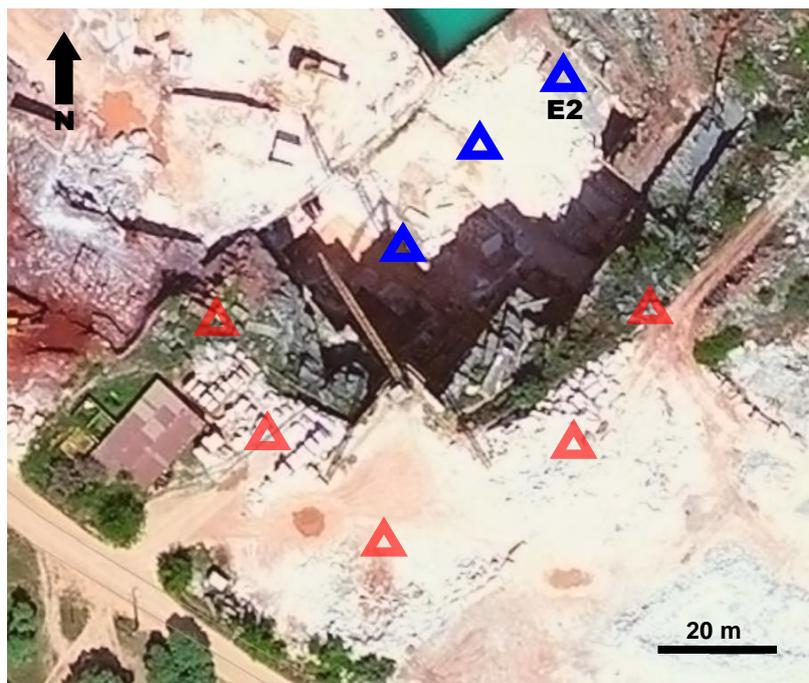
A aquisição de coordenadas através do *GPS* em conjunto com a correção proporcionada pela Estação 1 permitiu a obtenção de dados com um erro máximo de 2 mm.

7.2.1.2 Levantamento topográfico da área da pedreira

O levantamento topográfico do interior da cavidade foi realizado recorrendo-se à estação total. Este aparelho possui a capacidade de obter as coordenadas de qualquer ponto visível até uma distância de 500 m, com uma precisão de 2 mm, através de um laser infravermelho.

A primeira tarefa realizada nesta fase foi a criação da Estação 2 através do levantamento das coordenadas de um ponto no interior da cavidade com recurso ao *GPS*. Devido à dificuldade em encontrar satélites desde o fundo da pedreira, o levantamento das coordenadas deste ponto foi realizado no piso menos profundo. De seguida foi marcado um ponto no chão e procedeu-se à montagem da estação total nesse local (Estação 2). As coordenadas do ponto foram introduzidas na estação total, de modo a que todos os pontos posteriormente recolhidos fossem armazenados com as coordenadas corretas.

Após a realização de todos os preparativos procedeu-se à recolha das coordenadas dos pontos visíveis a partir daquele local. Devido à impossibilidade de recolher todos os pontos da pedreira a partir deste local, foi necessário proceder-se à criação de mais estações. Ao todo foram utilizadas oito estações de recolha de dados (Figura 7.26), a partir das quais foram levantadas as coordenadas de todos os vértices e arestas da cavidade recorrendo-se à estação total. No final do levantamento topográfico da área da pedreira obteve-se um total de 1058 pontos recolhidos.



-  - Estações utilizadas na zona de exploração a céu aberto.
-  - Estações utilizadas na zona de exploração em subterrâneo.

Figura 7.26 – Vista aérea da área da pedreira com a localização das estações de recolha de dados.

7.2.1.3 Tratamento dos dados recolhidos

Após a recolha dos dados procedeu-se ao seu tratamento com o objetivo de obter plantas de toda a área licenciada e perfis topográficos, de acordo com o previsto no D.L. nº 340/2007. Assim, todos os pontos recolhidos durante os trabalhos de campo foram transferidos para formato informático e entregues pela *Clotóide, Lda.* à *Lugramar, Lda.* Devido à complexidade associada à topografia da área da pedreira e ao elevado número de pontos recolhidos, o esboço do desenho referente a essa zona também foi realizado pela empresa contratada.

Visto que o limite exato da área licenciada é difícil de identificar no terreno, não foi possível realizar a recolha dessa informação durante os trabalhos de campo. Assim, foi necessário solicitar ao Instituto Geográfico Português as coordenadas dos vértices que delimitam o perímetro da área licenciada para posteriormente serem incluídos nas plantas.

Após a obtenção de toda a informação necessária, o estagiário procedeu à execução do desenho das plantas e dos perfis topográficos, recorrendo ao *software* AutoCAD. No total foram realizadas as seguintes oito peças desenhadas à escala 1:500, incluídas nos anexos do Plano de Lavra:

- Planta da lavra atual (Anexo I do Plano de Lavra);
- Perfis da lavra atual (Anexo II do Plano de Lavra);
- Planta da lavra atual (exploração a céu aberto) (Anexo III do Plano de Lavra);
- Planta da lavra atual (exploração em subterrâneo) (Anexo IV do Plano de Lavra);
- Planta da lavra final (Anexo V do Plano de Lavra);
- Perfis da lavra final (Anexo VI do Plano de Lavra);
- Planta da lavra final (exploração a céu aberto) (Anexo VII do Plano de Lavra);
- Planta da lavra final (exploração em subterrâneo) (Anexo VIII do Plano de Lavra).

7.2.2 Levantamento da fraturação

O levantamento da fraturação da pedreira foi uma tarefa realizada com o objetivo de aferir a rede de fraturação que afeta o maciço rochoso. A realização desta tarefa é de extrema importância numa exploração de rocha ornamental, já que os dados recolhidos são uma ferramenta bastante útil ao longo dos trabalhos de pedreira, pois poderão ser utilizados num leque variado de situações, nomeadamente:

- Identificação das zonas da pedreira com diferentes densidades de fraturação. As zonas mais fraturadas, geralmente, são utilizadas na execução dos rebaixamentos de piso e aberturas de canal, enquanto as zonas menos fraturadas, geralmente, são reservadas aos avanços em bancada;
- Identificação da direção das principais famílias de fraturas. Permite a realização dos cortes nas direções mais favoráveis à obtenção de massas rochosas de grandes dimensões, aumentando a possibilidade de obter blocometrias superiores;
- Previsão da fraturação que afeta o maciço no piso inferior.

O material utilizado durante a realização desta tarefa foi a bússola de geólogo (utilizada na medição da direção e inclinação das fraturas), escopro e maço (utilizados na exposição dos planos das fraturas, possibilitando a sua medição com a bússola), fita métrica e caderno de campo.

O levantamento da fraturação consistiu na medição da direção e inclinação de todas as fraturas presentes nas paredes da pedreira, ao longo do nono e décimo piso. De modo a realizar a

medição das fraturas a uma altura constante foi utilizada uma *scanline* com 1,30 m de altura. Para a obtenção de resultados mais detalhados, a área de recolha dos dados foi dividida em três zonas (Figura 7.27), sendo que, no total, foram levantadas 158 fraturas.



Figura 7.27 – Excerto da planta da pedra com as zonas consideradas no levantamento da fraturação.

7.2.2.1 Resultados

De modo a facilitar a observação e interpretação dos dados referentes à atitude das fraturas optou-se pela sua representação sob a forma de estereograma. Numa primeira fase foi necessário proceder-se à transformação do formato dos dados recolhidos (leitura por quadrantes) para o formato aceite pelo *software* utilizado (*dip direction*). Todos os dados recolhidos durante o trabalho de campo constam no Anexo A, em ambos os formatos.

De seguida os dados foram inseridos no *software* RockWorks15 e procedeu-se à realização dos estereogramas referentes à Zona 1, Zona 2, Zona 3 e total da pedra, sendo apresentada

a densidade dos polos das fraturas, em percentagem, levantadas em cada uma das zonas, projetados no hemisfério Sul da rede de Schmidt.

Zona 1

Através da observação do estereograma da Zona 1 (Figura 7.28) é possível verificar-se que existem duas famílias de fraturas principais, cujas atitudes são NW-SE, 80° NE e NNW-SSE, 70° WSW. Para além destas duas famílias de fraturas principais existem outras duas famílias de fraturas secundárias, cujas atitudes são NNE-SSW, sub-vertical e NW-SE, 20° NE.

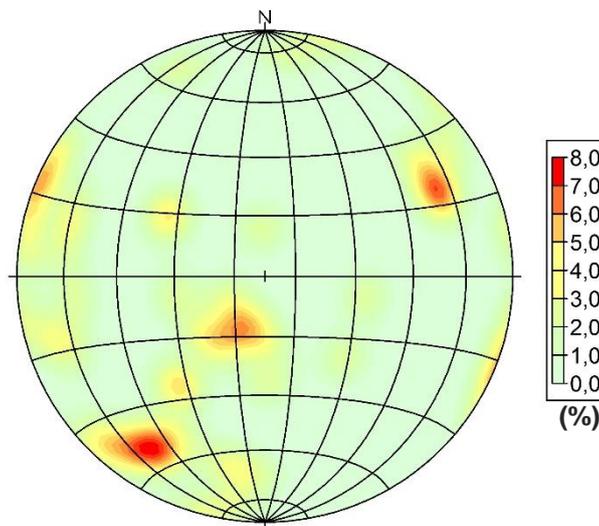


Figura 7.28 – Estereograma da Zona 1.

Zona 2

Observando o estereograma da Zona 2 (Figura 7.29) verifica-se que a família de fraturação dominante possui uma atitude NNE-SSW, sub-vertical. Para além desta família principal existe uma família secundária, cuja atitude é NW-SE com inclinações a variar entre 20° e 40° para NE.

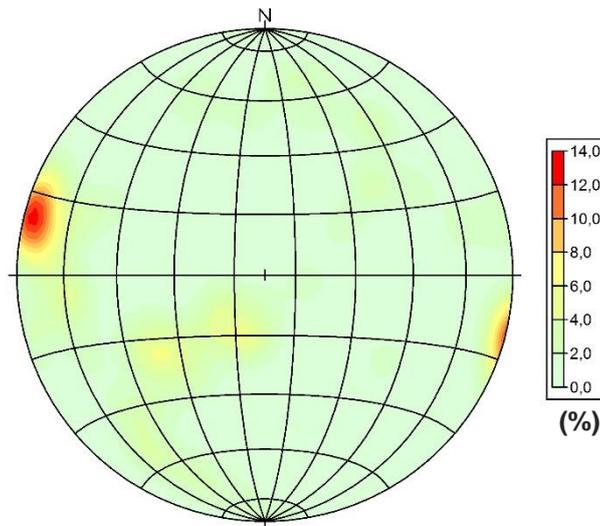


Figura 7.29 – Estereograma da Zona 2.

Zona 3

O estereograma da Zona 3 (Figura 7.30) é bastante semelhante ao estereograma da Zona 2, onde é possível observar-se que a principal família de fraturas nesta zona apresenta uma atitude NNE- SSW, sub-vertical. Para além desta família principal de fraturação, existe alguma concentração de fraturas na direção NW-SE com inclinações variáveis para NE.

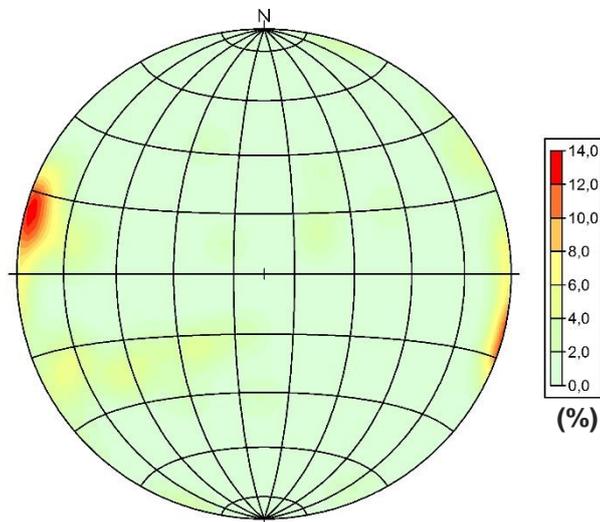


Figura 7.30 – Estereograma da Zona 3.

Total da pedreira

O estereograma referente ao total da pedreira (Figura 7.31) permite a obtenção da principal família de fraturas na área estudada, cuja atitude é NNE-SSW, sub-vertical. Existem outras

famílias de fraturas secundárias, especialmente na direção NW-SE com inclinações variáveis para NE.

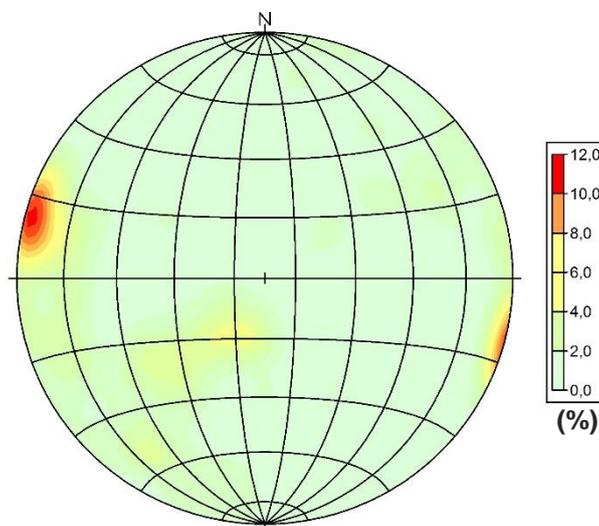


Figura 7.31 – Estereograma do total da pedreira.

7.3 Outras tarefas

Para além de todas as tarefas descritas ao longo do presente relatório, o estagiário, durante o período de permanência na empresa esteve incumbido de outras tarefas, às quais, de seguida faz-se uma abordagem sucinta:

- Levantamento das necessidades relacionadas com a segurança dos trabalhadores e equipamentos na pedreira e Organização das atividades de Segurança, Higiene e Saúde no trabalho, nomeadamente, a realização do Plano de Prevenção de Riscos Profissionais. Este documento foi posteriormente elaborado pela *PrevhiBox – Engenharia, Equipamentos e Prevenção Laboral, Lda.*, empresa autorizada pela ACT para a realização deste tipo de atividade;
- Sensibilização dos trabalhadores para a utilização obrigatória dos equipamentos de proteção individual (EPIs) fornecidos pela empresa, nomeadamente calçado de proteção adequado às funções, capacete de proteção, colete de sinalização e protetores auriculares;
- Acompanhamento de todo o processo de comercialização dos blocos, desde a fase de negociação dos preços entre os responsáveis da empresa e os clientes, passando pela marcação e medição/aferição das dimensões dos blocos em conjunto com o cliente, terminando na expedição do material;

- Responsável pela prospeção de produtos, equipamentos e peças de reposição necessários aos vários equipamentos afetos à exploração.

- Acompanhamento e guia de turistas ao fundo da pedreira, ao abrigo da “Rota Tons de Mármore”, numa parceria existente entre a *Lugramar, Lda.* e a *SPIRA – Revitalização Patrimonial, Lda.* Durante o acompanhamento das visitas era feita uma breve introdução à geologia regional e local, seguida da explicação do funcionamento geral de todo o ciclo produtivo na Pedreira Texugo.

CAPÍTULO 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal que foi proposto no início deste estágio foi cumprido, já que o Plano de Lavra foi elaborado durante o período previsto e foi entregue à *Lugramar, Lda.* para posteriormente ser submetido a apreciação por parte da Direção Regional da Economia do Alentejo.

Embora a *Lugramar, Lda.* tenha sido alertada para o facto de poder ser necessário proceder à realização de um estudo detalhado, tendo como alvo a caracterização geotécnica do maciço da pedra, esta não possui, de momento, capacidade financeira que permita a sua execução. A realização deste estudo tinha sido prevista, de modo a possibilitar a realização de um modelo geomecânico, a ser incluído no Plano de Lavra. Para além disso, a realização deste estudo assumiria uma importância fundamental no que diz respeito ao controlo da estabilidade do maciço.

Relativamente à instrumentação de controlo de estabilidade, a *Lugramar, Lda.* tinha a intenção de adquirir um distanciómetro laser, de modo a executar a medição de possíveis deslocamentos em secções internas da galeria, bem como proceder à instalação de fissurómetros de régua nas fraturas mais importantes. Embora a empresa tenha conhecimento que os equipamentos mais adequados a este tipo de exploração seria a instalação de marcas topográficas de superfície, instalação de convergenciómetros de fita e instalação de fissurómetros digitais, a aquisição não se concretizou, aguardando-se por uma conjuntura económica mais favorável.

No que respeita à descrição das operações, tarefas de desenvolvimento de pedra e operacionalidade dos equipamentos, tal foi possível realizar graças ao valioso contributo de todos os trabalhadores da empresa. Estes foram fundamentais na transmissão dos conhecimentos e competências que possuem, adquiridas ao longo de largos anos de trabalho neste setor de atividade. Durante o período de estágio não foram realizadas todas as tarefas de desenvolvimento de pedra, tendo apenas se realizado aberturas de canal e avanços em bancada. Também, nem todos os equipamentos funcionaram, nomeadamente a roçadora de galeria e a grua móvel. Apesar disso, a descrição destas tarefas e da operacionalidade destes equipamentos foi realizada com o máximo rigor possível.

Relativamente aos resultados obtidos, referentes ao funcionamento dos equipamentos de perfuração e de corte, considera-se que estes estão dentro dos valores esperados, excetuando

a perfuradora pneumática rotopercussiva. Embora este equipamento funcione normalmente, poderia alcançar uma velocidade de perfuração mais elevada, obtendo-se melhores rendimentos, caso as ligações das mangueiras da sua central de controlo não tivessem fugas de ar. Este facto foi transmitido à *Lugramar, Lda.*, com o objetivo de proceder à reparação deste equipamento o mais rapidamente possível. Considera-se que os resultados obtidos para as velocidades de perfuração e corte dos equipamentos estudados poderão ter uma importância significativa futuramente, durante o planeamento dos trabalhos.

No que se refere ao rendimento e blocometrias obtidas durante o acompanhamento dos trabalhos de pedreira, verifica-se que estes valores são bastante elevados, quando comparados com os registos fornecidos pela empresa. Considera-se que a obtenção destes resultados foi possível graças ao perfeito planeamento dos trabalhos e a um estudo pormenorizado da rede de fraturação da zona, tendo sido determinante para a obtenção de um alto rendimento e blocometrias elevadas.

A realização deste estágio na *Lugramar, Lda.* foi uma experiência enriquecedora a todos os níveis, já que proporcionou a oportunidade única de contactar diretamente, de forma contínua e prolongada com o “mundo” das rochas ornamentais, especificamente com a exploração de mármore. O estagiário contactou com profissionais de vários ramos, desde os trabalhadores e administração da empresa, a responsáveis de outras unidades extrativas, responsáveis de unidades de transformação, clientes nacionais e internacionais, mecânicos, eletricitas e fornecedores de produtos, peças e equipamentos. Tratou-se de um estágio com uma forte componente prática e com uma vasta abrangência nos temas tratados, fatores decisivos na escolha deste tipo de prática para a conclusão do ciclo de estudos conducentes ao grau de mestre.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENETTI MACCHINE (2005) – “*Catálogo Roçadora de Galeria Super Jet Belt 940*”.
- CARVALHO, J.; MACHUCO, A.; DORES, F.; SOARES DE ALMEIDA, I.; AUGUSTO, J.; GABRIEL SAÚDE, J.; MARTINS, N.; BONITO, N.; OLIVEIRA, R.; SOBREIRO, S.; CATRAPONA, A.; MENDONÇA, A.; CARVALHO DILL, A.; MIDÕES, C.; SILVA LOPES, C.; VINTÉM, C.; ANTUNES, C.; LUÍS, G.; FERNANDES, J.; MARTINS, L.; HENRIQUES, P.; FALÉ, P. (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.
- GONÇALVES, F. (1971) – “*Subsídios para o conhecimento geológico do Nordeste Alentejano*”. Mem. Serv. Geol. Portugal. Nova Série, 16, 62 pp.
- GONÇALVES, F. (1973) – “*Observações sobre o Anticlinório de Estremoz. Alguns aspectos geológico-económicos dos mármore*”. Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min., Porto, vol. XXII. Fasc. I – II, p. 121 – 132.
- GONÇALVES, F. (1974) - “*Notícia Explicativa da Folha 36-B, Estremoz, da Carta Geológica de Portugal*”. Serviços Geológicos de Portugal.
- 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, P. F.; Carvalho, J. M. F.; Falé, P.; Luís, A. G. (2006) – “*Estudos Geológicos Aplicados à Indústria Extractiva de Mármore no Anticlinal de Estremoz - o Caso do Núcleo de Pardais*”. Comunicações Geológicas, t. 93, pp. 159-184
- IGM (1997) – “*Plano de Lavra*”. Consultado no dia 14/04/2014 no sítio http://www.Ineg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/plano_lavra
- INETI; CEVALOR (2008) – “*Cartografia Temática do Anticlinal como Instrumento de Ordenamento do Território e Apoio à Indústria Extractiva - Carta Geológica da UNOR 4 (Lagoa) - Folha 6*”.

- LOPES, L.; MARTINS, R. (2008) – “*Anticlinal de Estremoz: Geologia e Tecnologia de Exploração de Mármore*”. Geologia no Verão. Departamento de Geociências da Universidade de Évora.
- LOPES, L.; MARTINS, R. (2010) – “*Aspectos da Geologia e Exploração de Mármore em Vila Viçosa: Património Geológico e Mineiro a Preservar*”. Câmara Municipal de Vila Viçosa. Callipole, Revista de Cultura nº 18.
- OLIVEIRA, J. T.; OLIVEIRA, V. M.; PIÇARRA, J. M. (1991) – “*Traços Gerais da Evolução Tectono-Estratigráfica da Zona de Ossa – Morena, em Portugal*”. Cuadernos Lab. Xeológico de Laxe. Coruña. Vol. nº 16. pp. 221-250.
- OLIVEIRA, V. (1984) – “*Contribuição para o conhecimento geológico-mineiro da região de Alandroal – Juromenha (Alto Alentejo)*”. Est. Not. Tra. Serv. Fom. Mineiro, 26 (1-4):103-126.
- PEREIRA, M.F.; SOLÁ, A.R.; 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”. *Gondwana Research* Volume 22, Issues 3-4. pp. 866-881. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2012.02.010>.
- REYNAUD, R.; VINTÉM, C. (1992) - “*Estudo da Jazida de Calcários Cristalinos de Estremoz-Borba-Vila Viçosa – Sector de Pardais*”. Instituto Geológico e Mineiro. Separata do Volume Nº 31 do “Boletim de Minas”. Lisboa. pp. 355-473.

ANEXOS

ANEXO A

Dados das fraturas referentes ao levantamento da fraturação

Anexo A – Dados das fraturas referentes ao levantamento da fraturação, divididos por zonas.

Tabela 1 – Dados recolhidos durante o levantamento da fraturação da Zona 1. Formato “leitura por quadrantes” nas colunas da esquerda; formato *dip direction* nas colunas da direita.

Dados recolhidos (leitura por quadrantes)		Dados inseridos no RockWorks15 (<i>dip direction</i>)	
Direção (°)	Inclinação (°)	<i>Dip</i> (°)	<i>Direction</i> (°)
N86E	16SE	16	176
N6E	84SE	84	96
N32E	86SE	86	122
N22E	86SE	86	112
N68E	80SE	80	158
N30E	36SE	36	120
N20E	70SE	70	110
N10E	70SE	70	100
N34E	40SE	40	124
N46E	38NW	38	316
N88E	22NW	22	358
N88E	36NW	36	358
N12E	34NW	34	282
N14E	90NW	90	284
N24E	90NW	90	294
N52W	46NE	46	38
N16W	80NE	80	74
N12W	30NE	30	78
N60W	72NE	72	30
N72W	16NE	16	18
N56W	70NE	70	34
N78W	66NE	66	12
N46W	88NE	88	44
N56W	74NE	74	34
N60W	62NE	62	30
N64W	20NE	20	26
N52W	48NE	48	38
N54W	80NE	80	36
N6W	66NE	66	84
N46W	80NE	80	44
N82W	82NE	82	8
N86W	70NE	70	4

(continuação)

N74W	90NE	90	16
N58W	28NE	28	32
N20W	72NE	72	70
N42W	28NE	28	48
N32W	14NE	14	58
N84W	80SW	80	186
N28W	68SW	68	242
N26W	64SW	64	244
N38W	66SW	66	232
N36W	80SW	80	234
N24W	68SW	68	246
N10W	90SW	90	260

Tabela 2 – Dados recolhidos durante o levantamento da fraturação da Zona 2. Formato “leitura por quadrantes” nas colunas da esquerda; formato *dip direction* nas colunas da direita.

Dados recolhidos (leitura por quadrantes)		Dados inseridos no RockWorks15 (<i>dip direction</i>)	
Direção (°)	Inclinação (°)	<i>Dip</i> (°)	<i>Direction</i> (°)
N10E	80SE	80	100
N68E	62SE	62	158
N8E	90SE	90	98
N14E	70SE	70	104
N18E	66SE	66	108
N70E	72SE	72	160
N24E	58SE	58	114
N24E	84SE	84	114
N12E	82SE	82	102
N16E	90SE	90	106
N8E	82SE	82	98
N16E	86SE	86	106
N14E	80SE	80	104
N14E	86SE	86	104
N12E	90SE	90	102
N22E	90SE	90	112
N20E	84SE	84	110
N6E	80SE	80	96
N86E	90SE	90	176

(continuação)

N2E	72SE	72	92
N84E	54SE	54	174
N22E	80SE	80	112
N14E	88NW	88	284
N10E	14NW	14	280
N36E	50NW	50	306
N12E	84NW	84	282
N50W	68NE	68	40
N48W	26NE	26	42
N72W	80NE	80	18
N24W	42NE	42	66
N36W	18NE	18	54
N32W	16NE	16	58
N72W	70NE	70	18
N24W	68NE	68	66
N18W	86NE	86	72
N58W	74NE	74	32
N82W	10NE	10	8
N8W	80NE	80	82
N74W	24NE	24	16
N58W	42NE	42	32
N10W	72NE	72	80
N38W	48NE	48	52
N80W	20NE	20	10
N54W	24NE	24	36
N80W	22NE	22	10
N36W	34NE	34	54
N38W	40NE	40	52
N4W	66NE	66	86
N8W	66NE	66	82
N48W	40NE	40	42
N84W	80NE	80	6
N28W	50NE	50	62
N38W	48NE	48	52
N52W	56NE	56	38
N44W	66NE	66	46
N58W	76NE	76	32
N76W	72SW	72	194
N30W	60SW	60	240
N14W	70SW	70	256

(continuação)

N54W	64SW	64	216
N56W	64SW	64	214
N42W	50SW	50	228
N32W	30SW	30	238
N74W	56SW	56	196
N84W	68SW	68	186
N38W	44SW	44	232
N12W	84SW	84	258

Tabela 3 – Dados recolhidos durante o levantamento da fraturação da Zona 3. Formato “leitura por quadrantes” nas colunas da esquerda; formato *dip direction* nas colunas da direita.

Dados recolhidos (leitura por quadrantes)		Dados inseridos no RockWorks15 (<i>dip direction</i>)	
Direção (°)	Inclinação (°)	<i>Dip</i> (°)	<i>Direction</i> (°)
N16E	86SE	86	106
N28E	80SE	80	118
N18E	86SE	86	108
N8E	86SE	86	98
N10E	80SE	80	100
N10E	78SE	78	100
N20E	80SE	80	110
N4E	66SE	66	94
N12E	70SE	70	102
N12E	60SE	60	102
N38E	16SE	16	128
N66E	48SE	48	156
N68E	84NW	84	338
N12E	90NW	90	282
N2E	90NW	90	272
N4E	90NW	90	274
N20E	90NW	90	290
N10E	90NW	90	280
N20E	90NW	90	290
N20E	90NW	90	290
N76W	90NE	90	14
N68W	90NE	90	22
N36W	62NE	62	54
N50W	34NE	34	40

(continuação)

N32W	80NE	80	58
N36W	60NE	60	54
N28W	86NE	86	62
N32W	46NE	46	58
N22W	80NE	80	68
N4W	90NE	90	86
N88W	42NE	42	2
N26W	72NE	72	64
N44W	90NE	90	46
N44W	36NE	36	46
N22W	70NE	70	68
N58W	50NE	50	32
N38W	52NE	52	52
N10W	90NE	90	80
N76W	20NE	20	14
N54W	26NE	26	36
N44W	26SW	26	226
N30W	20SW	20	240
N28W	48SW	48	242
N28W	86SW	86	242
N32W	80SW	80	238
N60W	40SW	40	210
N8W	86SW	86	262

ANEXO B

Plano de Lavra da Pedreira Texugo

Anexo B – Plano de Lavra da Pedreira Texugo

Este anexo é apresentado em volume separado, dada a sua extensão e visto que se trata de um documento autónomo.