



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Emanuel Roberto Malho Alves

Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Funchal, setembro de 2012



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Emanuel Roberto Malho Alves
Licenciado em Engenharia Civil

Orientador:
Prof. Doutor João Martins

Co-orientador
José António Mateus de Brito

Dissertação apresentada à Universidade da Madeira para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Funchal, setembro de 2012

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho de investigação.

Agradeço o importante contributo do meu orientador, o Prof. Doutor João Martins, pela sua disponibilidade, pela partilha do saber científico e pela orientação dada ao longo da elaboração deste trabalho, que contribuíram para o enfoque nas questões com maior pertinência.

À empresa CENORGEO – Engenharia Geotécnica, Lda. por ter aceite e possibilitado a realização deste trabalho. Um especial agradecimento ao Sr. Eng.º Mateus de Brito e à Sr.ª Eng.ª Vitória Rodrigues, pela disponibilidade e apoio prestado durante o processo de recolha dos dados necessários e a disponibilização dos escritórios para poder analisar os dados em software adequado, sendo uma mais-valia para o meu estudo.

E por último, à minha família, por todo o apoio, motivação e compreensão dispensados.

A todos um muito obrigado!

Resumo

Este trabalho pretende contribuir para um melhor conhecimento sobre os túneis rodoviários antigos existentes na ilha da Madeira. Para tal foi efetuado um levantamento dos túneis construídos entre as décadas de 40 e 80, num total de 28 túneis.

Os primeiros túneis rodoviários construídos na década de 40 caracterizam-se por uma geometria retangular ou quadrada. Com passar das décadas e com a evolução ao nível das tecnologias utilizadas, os túneis evoluíram para secções em arco de maior dimensão. Constata-se que estes foram escavados em maciços rochosos com boas características geotécnicas, pelo que eram construídos sem qualquer revestimento, recorrendo-se à execução de revestimentos apenas em zonas pontuais.

Para efetuar uma análise paramétrica bidimensional foi utilizado o método dos elementos finitos, onde foram adotadas secções de escavação e materiais com parâmetros de resistência considerados representativos dos túneis em estudo. Este software permitiu analisar o comportamento do maciço com o faseamento construtivo utilizado na escavação destes túneis.

Através da caracterização realizada verifica-se que os túneis antigos apresentam-se, em geral, em bom estado de conservação, pelo que a grande maioria deles encontram-se em funcionamento e atualmente inseridos em vias alternativas utilizadas essencialmente por turistas.

Palavras-Chaves: Túneis antigos, secção transversal, maciço rochoso, revestimento, software Plaxis.

Abstract

This thesis aims to improve our knowledge of ancient road tunnels existent in Madeira. To address this goal, a survey was conducted of 28 tunnels constructed in the island between 1940 and 1990.

The initial highway tunnels constructed in the 1940s are characterized by a rectangular or square geometry. Since that period, the technological progress permitted the evolution of tunnels construction with the introduction of larger arched sections. The survey allowed concluding that these tunnels were carved in rock masses with good geotechnical characteristics, being constructed without any coating, with the exception of some occasional situations.

The finite element method was used to conduct a two-dimensional parametric analysis. To conduct this analysis, sections from excavation were adopted, as well as materials with strength parameters that were considered representative of tunnels under study. The Plaxis Software allowed examining the mass behavior regarding the constructive phasing used in the excavation of these tunnels.

Through this characterization it is possible to conclude that in general the old tunnels present good structural conditions; whereby most of them are currently in operation, placed in alternative ways that are primarily used by tourists.

Keywords: Ancient tunnels, cross section, rock mass, coating, Plaxis Software.

Índice de Texto

Introdução.....	1
Objetivos e metodologia	3
CAPITULO I – Evolução das vias de comunicação e transportes	5
CAPITULO II – Identificação dos túneis rodoviários antigos e metodologias de caracterização	7
2.1 Identificação.....	7
2.2 Metodologias de caracterização dos túneis rodoviários antigos.....	8
2.2.1 Considerações gerais	8
2.2.2 Identificação	9
2.2.3 Descrição geral	10
2.2.3.1 Condições de funcionamento	10
2.2.3.2 Método construtivo	10
2.2.3.3 Configuração da secção	11
2.2.3.4 Alargamentos ou nichos	12
2.2.3.5 Revestimento.....	12
2.2.3.6 Equipamentos instalados.....	16
2.2.4 Características geométricas	16
2.2.4.1 Pendente longitudinal	16
2.2.4.2 Secção média de escavação.....	17
2.2.4.3 Volume total de escavação.....	17
2.2.4.4 Área útil.....	17
2.2.4.5 Comprimento/largura/altura	17
2.2.4.6 Recobrimento	18
2.2.4.7 Número de vias de circulação	18
2.2.5 Geologia.....	19
2.2.5.1 Geral da zona	19
2.2.5.2 Secção corrente / Emboquilhamentos.....	19
2.2.6 Sistema de drenagem e impermeabilização	20
2.2.7 Aspetos a assinalar.....	20
2.2.7.1 Afluência de água.....	20
2.2.7.2 Estado do revestimento	20
2.2.7.3 Evidência de instabilizações recentes/iminentes.....	20
2.2.7.4 Instabilizações ocorridas (histórico).....	20
2.2.7.5 Intervenções (histórico)	20

2.2.8 Fotos	20
CAPÍTULO III - Enquadramento Geomorfológico e Hidrogeológico dos Túneis Rodoviários Antigos.....	21
3.1 Geomorfologia	21
3.2 Geologia.....	22
3.3 Hidrogeologia.....	26
CAPITULO IV – Caracterização dos Túneis	27
4.1 Considerações gerais	27
4.2 Secção 1 – Zona este (Machico – Caniçal)	27
4.2.1 Considerações gerais	27
4.2.2 Histórico	27
4.2.3 Condições geológicas	33
4.2.4 Caracterização	33
4.3 Secção 2 – Costa Norte.....	35
4.3.1 Considerações gerais	35
4.3.2 Histórico	35
4.3.3 Condições geológicas.....	46
4.3.4 Caracterização	46
4.3.4.1 Grupo nordeste (Arco de São Jorge – São Vicente)	46
4.3.4.2 Grupo noroeste (São Vicente – Porto Moniz).....	49
4.4. Secção 3 – Costa sudoeste	51
4.4.1 Considerações gerais	51
4.4.2 Histórico	51
4.4.3 Enquadramento geológico	58
4.4.4 Caracterização	58
4.4.4.1 Grupo oeste (Fajã da Ovelha – Paul do Mar)	58
4.4.4.2 Grupo sul (Madalena do Mar – Lugar de Baixo).....	61
4.5 Secção 4 – Zona centro-Sul	63
4.5.1 Considerações gerais	63
4.5.2 Histórico	63
4.5.3 Condições geológicas	67
4.5.4 Caracterização	67
4.5.4.1 Grupo Paul da Serra (Bica da Cana – Encumeada).....	67
4.5.4.2 Grupo Curral das Freiras (Eira do Serrado – Curral das Freiras)..	69
4.6 Tratamento e análise de informação recolhida.....	70
4.6.1 Condições de funcionamento	70
4.6.2 Distribuição dos túneis pelos complexos vulcânicos	71

4.6.3 Configuração da secção	72
4.6.4 Revestimentos	73
4.6.5 Recobrimento.....	76
CAPITULO V – Análise bidimensional	77
5.1 Introdução	77
5.2 Secções	77
5.3 Características dos maciços	78
5.4 Faseamento de escavação.....	79
5.5 Modelo de cálculo	80
5.6 Faseamento de cálculo.....	81
5.7 Resultados	83
5.8 Considerações finais.....	91
CAPITULO VI – Interesse turístico dos túneis rodoviários antigos	93
Conclusões e desenvolvimentos futuros	95
Referências bibliográficas	97
Anexos.....	101
Anexo 1 - Mapa da ilha da Madeira com a localização dos túneis rodoviários antigos	103
Anexo 2 - Fichas de caracterização	105
1ª Secção - Zona este	
TA1 - Caniçal	107
TA1a - Caniçal	110
2ª Secção - Costa norte	
TA2 - Eng.o Duarte Pacheco	114
TA3 - Ponta Delgada	119
TA4 - Fajã da Areia	124
TA5 - Água de Alto	129
TA6 - Ribeira do Inferno.....	133
TA7 - Véu da Noiva.....	138
TA8 - Fajã da Parreira.....	141
TA8a - Fajã da Parreira.....	143
TA9 - Fajã das Contreiras.....	147
TA10 - Furado Pequeno.....	152
TA11 - Ribeira da Janela.....	156
3ª Secção - Costa sudoeste	
TA12 - Túnel I.....	160
TA13 - Túnel II.....	164

TA14 - Túnel III.....	169
TA15 - Madalena do Mar.....	174
TA16 - Madalena do Mar (Areia)	179
TA17 - Anjos.....	186
TA18 - Ponta do Sol I.....	190
TA19 – Ponta do Sol II.....	195
TA19a – Ponta do Sol II.....	197
TA20 – Lugar de Baixo I	202
TA21 – Lugar de Baixo II	206
4ª Secção - Zona centro-sul	
TA22 - Túnel I.....	210
TA23 - Túnel II.....	214
TA24 - Túnel III.....	218
TA25 - Túnel I	222
TA26 - Túnel II.....	226
TA27 - Túnel III	230
TA28 - Túnel IV.....	235
Anexo 3 - Tabela geral de caracterização	241

Índice de Figuras

Figura 1 – Organigrama da metodologia adotada na realização do trabalho	3
Figura 2 – Faseamento de escavação	10
Figura 3 – Exemplo de secção retangular - Túnel II do Grupo do Curral das Freiras, 1959.....	11
Figura 4 – Exemplo de secção em arco - Túnel Fajã da Areia, 1984	12
Figura 5 – Exemplo de revestimento em betão ciclópico - Túnel Água D’Alto, 1965..	13
Figura 6 – Exemplo de cimbres em madeira utilizados na aplicação do revestimento em betão dos túneis antigos.....	13
Figura 7 – Construção do revestimento - Túnel II - Paul do Mar, 1971.....	14
Figura 8 – Enchimentos nos hasteais do Túnel III do Grupo do Paul do Mar, 1971	15
Figura 9 – Enchimentos nos hasteais emboquilhamento este do Túnel da Madalena do Mar, 1968	15
Figura 10 – Revestimento com betão projetado na secção corrente - Túnel dos Anjos, 1965.....	16
Figura 11 – Exemplo de recobrimento - Túnel Furado Pequeno, 1955	18
Figura 12 – Costa noroeste - Túnel Furado Pequeno (1) e Túnel Ribeira da Janela (2), 1955.....	21
Figura 13 – Relevo da ilha da Madeira.....	22
Figura 14 – Secção corrente inicial do túnel do Caniçal, 1955	28
Figura 15 – Inauguração do túnel do Caniçal – Emboquilhamento este.....	28
Figura 16 – Localização túnel Secção 1.....	29
Figura 17 – Evolução do alargamento do túnel do Caniçal.....	30
Figura 18 – Emboquilhamento nordeste antes do alargamento.....	31
Figura 19 – Emboquilhamento nordeste após alargamento.....	31
Figura 20 – Emboquilhamento sudoeste antes do alargamento	32
Figura 21 – Emboquilhamento sudoeste após alargamento	32
Figura 22 - Faseamento do alargamento do túnel do Caniçal	34
Figura 23 – Vista da ER101 de S. Vicente para o Seixal, observando-se a queda de água sobre o túnel do Véu da Noiva (1).....	36
Figura 24 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (São Vicente – Seixal)....	37
Figura 25 – Túnel da Ribeira do Inferno (1)	38
Figura 26 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (Seixal –Porto Moniz)	39
Figura 27 – Junto ao emboquilhamento este do túnel Ribeira da Janela, anos 40 a 50.....	40
Figura 28 – Emboquilhamento oeste do túnel Fajã da Areia e o Caminho Real (1)	41
Figura 29 – Localização túneis Secção 2 – grupo nordeste.....	42

Figura 30 – ER 101 junto ao Véu da Noiva (anos 40 a 50).....	43
Figura 31 – Emboquilhamento este do Túnel Véu da Noiva	43
Figura 32 – Vista para este antes da derrocada de 2008	44
Figura 33 – Vista para este após derrocada de 2008	44
Figura 34 - Vista para oeste após derrocada de 2008	45
Figura 35 – Secção corrente (vista para oeste) – Túnel Véu da Noiva	45
Figura 36 – Revestimento no emboquilhamento nordeste do túnel Eng.º Duarte Pacheco, 1953.....	48
Figura 37 – Emboquilhamento oeste do túnel Ponta Delgada, 1950	48
Figura 37 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (São Vicente – Seixal)	51
Figura 38 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (Seixal –Porto Moniz)	51
Figura 38 –Túneis grupo sul junto ao Lugar de Baixo.....	52
Figura 39 – Localização túneis Secção 3 – grupo sul	54
Figura 40 – Antigo acesso ao Paul do Mar	55
Figura 41 – Paul do Mar	56
Figura 42 – Localização túneis Secção 3 – grupo oeste.....	57
Figura 43 – Revestimento Túnel II, junto ao emboquilhamento sul, na zona do acidente de 1968.....	59
Figura 44 – Enchimento dos hasteais do Túnel III	60
Figura 45 – Revestimento no emboquilhamento do Túnel III.....	60
Figura 46 – Localização túneis Secção 4 – grupo Paul da Serra.....	64
Figura 47 – Antigos acessos ao Curral das Freiras – Túnel I (1), 1959	65
Figura 48 – Localização túneis Secção 4 – grupo Curral das Freiras	66
Figura 49 – Emboquilhamento nordeste Paul da Serra - Túnel I, 1990	68
Figura 50 – Situação atual dos túneis rodoviários antigos da Madeira	70
Figura 51 – Evolução da largura e da secção média dos túneis antigos ao longo dos anos	72
Figura 52 – Evolução do número de túneis e de secção média dos túneis antigos ao longo dos anos	73
Figura 53 – Relação dos vários tipos de revestimentos nos túneis rodoviários antigos	75
Figura 54 - Secções adotadas no modelo de cálculo.....	77
Figura 55 - Parâmetros de resistência em formações vulcânicas da ilha da Madeira .	78
Figura 56 – Faseamento executivo	80
Figura 57 – Malha de elementos finitos desenvolvida.....	81
Figura 58 - Primeira fase de escavação (fase ii.)	82
Figura 59 - Segunda fase de escavação (fase iv)	82

Figura 60 - Deformada material 1	84
Figura 61 - Deformada material 2.....	84
Figura 62 - Deformada material 1 (secção A)	85
Figura 63 - Deformada material 1 (secção B)	85
Figura 64 - Deformada material 2 (secção A)	86
Figura 65 - Deformada material 2 (secção B)	86
Figura 66 – Pontos plásticos material 1	88
Figura 67 – Pontos plásticos material 2	88
Figura 68 – Pontos plásticos material 1 (secção A)	89
Figura 69 – Pontos plásticos material 1 (secção B)	89
Figura 70 – Pontos plásticos material 2 (secção A)	90
Figura 71 – Pontos plásticos material 2 (secção B)	90
Figura 72 – ER101 costa noroeste – Túnel Água D’Álto (Emboquilhamento oeste), 1965.....	93
Figura 73 – ER101 costa noroeste - Túnel Água D’Álto (emboquilhamento este) 1965.....	94
Figura 74 – ER107 Curral das Freiras.....	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Identificação dos túneis rodoviários antigos	7
Tabela 2 – Estados de alteração de um maciço	19
Tabela 3 – Grau de Fracturação	19
Tabela 4 – Características do Túnel do Caniçal.....	33
Tabela 5 – Características dos túneis do grupo nordeste	46
Tabela 6 – Características dos túneis do grupo noroeste	49
Tabela 7 – Características dos túneis do grupo oeste	58
Tabela 8 – Características do grupo sul.....	61
Tabela 9 – Características dos túneis do grupo Paul da Serra	67
Tabela 10 – Características dos túneis do grupo Curral das Freiras	69
Tabela 11 – Distribuição dos túneis pelos complexos vulcânicos.....	71
Tabela 12 – Descrição dos revestimentos aplicados nos túneis antigos	74
Tabela 13 – Parâmetros adotados	79
Tabela 14 - Deslocamentos máximos e fatores de segurança obtidos.....	83

Introdução

A orografia muito acidentada desde sempre constituiu uma barreira ao desenvolvimento de uma rede viária na ilha da Madeira. A dificuldade em atravessar os vales profundos e as elevações imponentes, tem representado um constrangimento à evolução de vias de comunicação, dificultando a circulação de pessoas e bens entre os diversos pontos da ilha (Reis 2004).

Na ilha da Madeira, como em qualquer outra região, os transportes e as vias de comunicação têm um papel preponderante no desenvolvimento económico-social e cultural. No entanto, este progresso tardou a aparecer, o que constituiu um obstáculo ao desenvolvimento das principais atividades económicas. Estas dificuldades foram ultrapassadas graças ao investimento público, o qual potenciou o desenvolvimento tecnológico e o incremento e a melhoria dos conhecimentos no domínio da engenharia civil. Desta forma, os túneis e as pontes tornaram-se cada vez mais uma solução para ultrapassar as dificuldades à circulação rodoviária impostas pelo relevo.

O objeto deste estudo são os túneis rodoviários antigos da Madeira construídos antes de 1980 (nomeadamente nas décadas de 40 a 70). No entanto, atendendo às suas características, incide também em alguns túneis construídos na década de 80. No total fazem parte deste trabalho 28 túneis, distribuídos por toda a ilha, com uma extensão total de aproximadamente 4,8km. Neste trabalho, para além de um enquadramento histórico pretendeu-se efetuar o reconhecimento do estado atual destes túneis, tendo em vista a sua caracterização, devido ao elevado interesse na sua preservação e utilização futura.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- **Introdução** - Apresenta-se o trabalho realizado e a estrutura do trabalho elaborado.
- **Objetivos e Metodologia** - Definem-se os objetivos do trabalho e discrimina-se a metodologia e as ferramentas utilizadas para a sua realização.
- **Enquadramento histórico** - Procede-se ao enquadramento da construção dos túneis rodoviários antigos na evolução das vias de comunicação e transportes da ilha da Madeira.
- **Identificação e elementos de caracterização** - São identificados os túneis e descritos os elementos adotados para a sua caracterização.

- **Enquadramento geomorfológico e hidrogeológico** - Procede-se à caracterização geral do relevo, dos maciços vulcânicos onde se desenvolvem os túneis e hidrologia da região.
- **Caraterização dos túneis** – Divide-se os túneis por secções abordando-se as características de cada uma delas.
- **Tratamento e Análise de Dados** - Apresentam-se os dados obtidos e procede-se à sua análise.
- **Análise bidimensional** – Efetua-se uma análise paramétrica representativa dos túneis em estudo e respetivas conclusões.
- **Conclusões e desenvolvimentos futuros**- São apresentadas as principais elações e desenvolvimentos futuros.

Este documento é composto por três anexos onde se incluem as informações que serviram de base à interpretação e análise apresentados.

Objetivos e metodologia

Objetivos da Tese

Este trabalho tem como principal objetivo o levantamento e a caracterização dos túneis rodoviários antigos construídos até à década de 80 na ilha da Madeira, tendo em vista a sua preservação para utilização futura.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Enquadramento histórico e sua importância no desenvolvimento da rede viária;
- Caracterização detalhada dos túneis: Identificação e levantamento das condições geológico-geotécnicas e hidrogeológicas, bem como das características geométricas e do estado atual;
- Análise bidimensional para verificação do comportamento dos túneis.

Metodologia de Desenvolvimento

O presente trabalho foi desenvolvido de acordo com o esquema da Figura 1, tendo-se iniciado por uma pesquisa bibliográfica, seguida da caracterização dos túneis existentes mediante o levantamento de campo e a análise dos dados obtidos. Posteriormente, procedeu-se à utilização de uma ferramenta informática para uma avaliação simplificada das condições de estabilidade. Finalmente, foram tiradas conclusões.

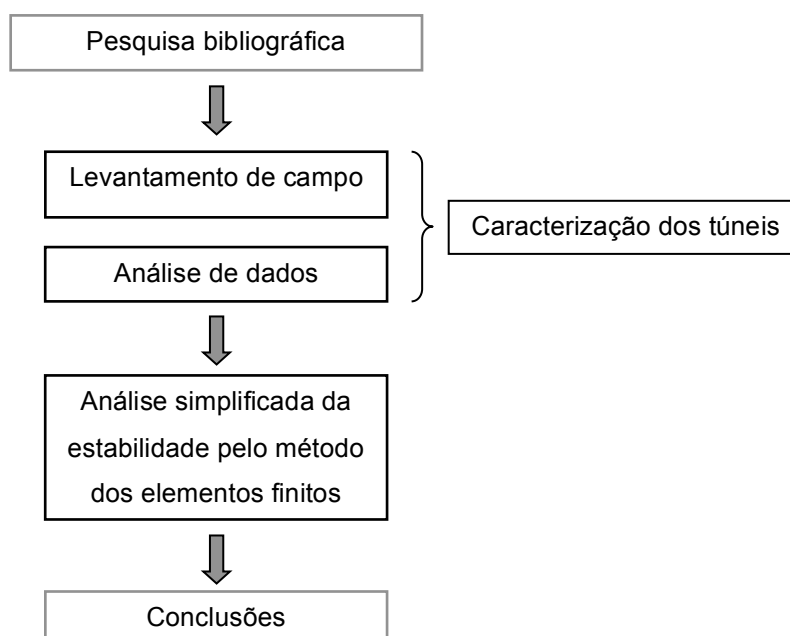


Figura 1 – Organograma da metodologia adotada na realização do trabalho

É de referir que, inicialmente, foi elaborado um mapa com a localização de todos os túneis rodoviários antigos que se encontram distribuídos pelas estradas regionais da ilha (Anexo 1), com base no mapa cedido pela empresa RAMEDM – Estradas da Madeira, S.A. (RAMEDM – Estradas da Madeira, S.A. 2010). Os túneis foram agrupados em quatro secções, tendo em conta a zona, a data de construção e a estrada a que pertencem, apresentando-se os mapas de cada secção à escala 1:30 000, nos respetivos capítulos.

Da pesquisa bibliográfica e do levantamento de campo efetuados, foram elaboradas fichas de caracterização, que são apresentadas no Anexo 2. De modo a analisar, de forma global, os dados recolhidos, foi elaborada uma tabela geral de caracterização dos túneis, que se apresenta no Anexo 3.

CAPITULO I – Evolução das vias de comunicação e transportes

Desde a descoberta da ilha da Madeira que logo se percebeu que o relevo bastante acidentado, sem planícies litorais e cortado por vales profundos, era uma barreira para a abertura de vias de comunicação entre as povoações do litoral e do interior da ilha.

“O Capitão João Gonçalves Zarco (...) mandou gente por terra que caminharam com grande dificuldade e perigo, não por haver na ilha animais ferozes nem bichos peçonhentos, e nocivos (...). Mas tornando a gente por terra descobriam por ser mui fragosa a ilha daqui para baixo de altas rochas, profundas ribeiras, ásperos caminhos, espessos montados” (Fernandes, et al. 1982).

Os primeiros caminhos, construídos na segunda metade do século XIX e meados do século XX, percorriam os vales das ribeiras, e transpunham lombos e enormes escarpas, assegurando, assim, circulação terrestre transversalmente às ribeiras. Esta foi uma tarefa difícil e extremamente onerosa, apenas possível através da utilização de picaretas, malhos e dinamite pelos trabalhadores que, com muito esforço e suor, iam abrindo caminho e assim ligando populações que, até então, viviam isoladas.

A maior parte das vias, exceto as do Funchal, eram estreitos carreiros que, em grande parte do seu percurso, não permitiam qualquer meio de transporte, dificultando também o transporte a pé, com rede ou a cavalo (Fernandes, et al. 1982).

Os mesmos autores referem que, com o passar das décadas, os meios de transporte terrestres evoluíram gradualmente, à medida que as estradas eram melhoradas, que permitiram cada uma, a seu tempo, a utilização da “corsa”, do carro de cesto, do carro de bois e, finalmente, do automóvel. Durante muito tempo, a forma mais eficaz de chegar aos diversos pontos da ilha era por mar, o que permitia estabelecer ligações regulares entre as várias vilas costeiras, embora por vezes dificultada na altura de inverno, principalmente na costa norte, onde as condições atmosféricas são mais adversas.

Como é sabido, os transportes e as vias de comunicação têm um papel preponderante no desenvolvimento económico-social e cultural ao qual a ilha da Madeira não foi exceção. No entanto, este desenvolvimento tardou a aparecer na Madeira devido à inexistência de estradas, o que muito dificultou a circulação dos produtos entre os vários pontos da ilha, constituindo uma barreira ao crescimento da principal atividade, a agricultura, nomeadamente na produção do trigo, açúcar e vinho. Por essa razão, em 1815 a Junta de Agricultura apresentou ao Rei um projeto sobre a abertura de uma nova Estrada Central com o objetivo de beneficiar os lavradores de maneira a

tornar-se menos dependente do comerciante estrangeiro (Simões, Sumares e Silva 1983).

Até 1821 a responsabilidade das vias de comunicação da Madeira ficava a cargo dos Capitães-Generais, através da cobrança de ordenanças, passando desde então para responsabilidade da Inspeção de Agricultura e Estradas. Em 1836, a Madeira viria a beneficiar de um alvará régio sobre a instalação da Comissão Encarregada das Estradas da Madeira, com o objetivo de melhorar a precária rede viária existente. A partir de então, tornou-se comum verificar-se nos registos da Câmara Municipal e no Governo Civil várias referências a reparações e abertura de estradas, caminhos e veredas.

Era evidente que o desenvolvimento comercial e industrial da ilha passaria por uma revolução nas estradas e nos meios de transporte. Assim sendo, em 1901, com a autonomia administrativa, a insuficiente rede vial passou a ser vista com mais atenção, tendo em 1907 sido realizada a medição das estradas reais e ramais por parte da Comissão Distrital a cargo da Junta Geral. Mais tarde, com a publicação do Decreto-lei nº 28592, de 14 de Abril de 1938, abre-se uma nova época na rede de estradas, sendo substituída a classificação antiga de Estradas Reais por Estradas Nacionais (EN) (Simões, Sumares e Silva 1983).

Até 1955 as EN perfaziam um total de 314km, onde se destacava a EN101 que bordejava a ilha em todo o seu litoral. Em 1984, a EN101 passou a ter a designação de Estrada Regional (ER) tal como as outras estradas existentes (Paulino e Costa 2007).

Na década de 40, a execução de estradas adequadas à circulação de veículos automóveis representou um enorme desafio para quem as projetou e construiu, pois com um relevo tão irregular impunha-se o recurso a inúmeros muros de suporte, pontes, pontões e, inevitavelmente, a túneis (vulgarmente conhecidos por “furados”), que em muitos casos eram a única forma para transpor o relevo acidentado.

Efetivamente, durante essa década, começaram a ser construídos os primeiros túneis rodoviários, que acabaram por ser executados por toda a ilha, satisfazendo, assim, as necessidades locais.

Atualmente, por apresentarem, na generalidade, condições de estabilidade bastante aceitáveis, permitindo a circulação rodoviária e/ou pedonal com relativa segurança, alguns destes túneis foram integrados na nova rede de estradas, constituindo, também, uma atração turística.

CAPITULO II – Identificação dos túneis rodoviários antigos e metodologias de caracterização

2.1 Identificação

Os túneis alvo deste levantamento estão identificados na Tabela 1, encontrando-se distribuídos por quatro secções que, por sua vez, se subdividem em grupos.

No Anexo 1, correspondente ao mapa da ilha da Madeira, pode-se observar a localização dos túneis rodoviários antigos.

Tabela 1 – Identificação dos túneis rodoviários antigos

Secção	Grupo	Ref. ^a	Túnel	Ano* (aprox.)	Ligação	Estrada
1 Zona este	—	TA1	Caniçal	1955	Machico Caniçal	ER214
		TA1a	Caniçal	1992		
2 Costa norte	Nordeste	TA2	Eng.º Duarte Pacheco	1953	Arco de São Jorge São Vicente	ER101
		TA3	Ponta Delgada	1952		
		TA4	Fajã da Areia	1984		
	Noroeste	TA5	Água D'Álto	1965	São Vicente Porto Moniz	ER101
		TA6	Ribeira do Inferno	1955		
		TA7	Véu da Noiva	1955		
		TA8	Fajã da Parreira	1955		
		TA8a	Fajã da Parreira	2005		
		TA9	Fajã das Contreiras	1955		
		TA10	Furado Pequeno	1955		
		TA11	Ribeira da Janela	1955		
3 Costa sudoeste	Oeste	TA12	Túnel I	1971	Fajã da Ovelha Paul do Mar	ER223
		TA13	Túnel II			
		TA14	Túnel III			
	Sul	TA15	Madalena do Mar	1968	Madalena do Mar Lugar de Baixo	ER101
		TA16	Madalena do Mar (areia)	1968		
		TA17	Anjos	1966		
		TA18	Ponta do Sol I	1965		
		TA19	Ponta do Sol II	1962		
		TA19a	Ponta do Sol II	2004		
		TA20	Lugar de Baixo I	1962		
TA21	Lugar de Baixo II	1962				
4 Zona centro – sul	Paul da Serra	TA22	Túnel I	1990	Bica da Cana Encumeada	ER105
		TA23	Túnel II			
		TA24	Túnel III			
	Curral das Freiras	TA25	Túnel I	1959	Eira do Serrado Curral das Freiras	ER107
		TA26	Túnel II	1959		
		TA27	Túnel III	1985		
		TA28	Túnel III	1985		
		TA28	Túnel IV	1985		

TA – Túnel antigo

TA1a – Túnel antigo alargado

* Ano de entrada em serviço

2.2 Metodologias de caracterização dos túneis rodoviários antigos

2.2.1 Considerações gerais

Para cada túnel foi registada a informação bibliográfica disponível e possível de obter nos levantamentos de campo, tendo sido criada, para o efeito, uma ficha de caracterização.

De seguida apresenta-se a estrutura da ficha de caracterização elaborada para cada túnel:

1. Identificação
 - Nome
 - Localização
 - Locais mais próximos
 - Período de construção
 - Data de estrada ao serviço
 - Dono de obra
 - Empreiteiro
 - Projetista
 - Fiscalização

2. Descrição geral
 - Condições de funcionamento
 - Método construtivo
 - Configuração da secção
 - Alargamentos ou nichos
 - Revestimento
 - Equipamentos instalados

3. Características geométricas
 - Pendente longitudinal
 - Secção média de escavação
 - Volume de escavação
 - Área útil
 - Largura/altura/comprimento
 - Recobrimento
 - Número vias de circulação

4. Geologia

- Geral da zona
- Secção corrente
- Emboquilhamentos

5. Sistema de drenagem e impermeabilização

6. Aspetos a assinalar

- Afluência de água
- Estado do revestimento (onde aplicável)
- Evidência de instabilizações recentes/iminentes
- Instabilizações ocorridas (histórico)
- Intervenções (histórico)

7. Fotos

- Secção corrente
- Emboquilhamentos

As fichas preenchidas com a informação dos levantamentos constam do Anexo 2.

Em todos os campos, sempre que pertinente, são colocadas fotografias ou figuras a ilustrar os aspectos a assinalar.

Nos subcapítulos seguintes são apresentados todos os aspetos refletidos em cada ponto das fichas de caracterização.

2.2.2 Identificação

Neste campo é efectuada a identificação do túnel (nome e referência) e é indicada a sua localização (estrada regional onde se insere); são indicados os locais ou localidades mais próximas e apresentados dados referentes à sua construção, nomeadamente, o período de construção, a data de entrada ao serviço e a identificação do Dono de Obra, do Projetista, do Empreiteiro e da Fiscalização.

2.2.3 Descrição geral

2.2.3.1 Condições de funcionamento

Campo onde se descreve as condições de funcionamento do túnel, com as seguintes opções: não condicionado, condicionado (e indicação do tipo de condicionamento) ou encerrado.

2.2.3.2 Método construtivo

Da pesquisa bibliográfica efetuada aos documentos da Direção de Obras Públicas, verificou-se que os túneis construídos até cerca de 1970, eram escavados em duas fases, como ilustrado na Figura 2. Na primeira fase era escavada uma galeria de avanço ou piloto com cerca de 5m² e, na segunda fase, era efetuado o alargamento até à secção final pretendida.

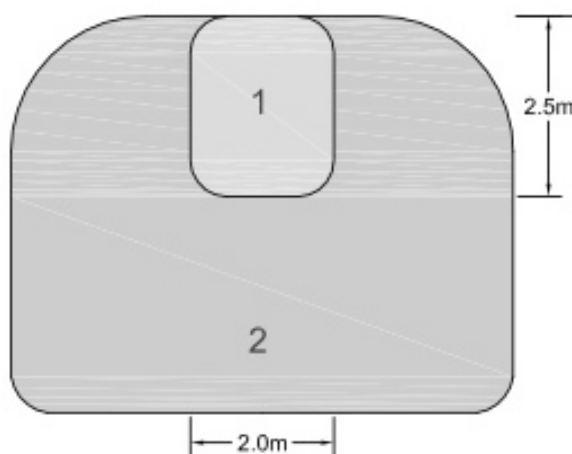


Figura 2 – Faseamento de escavação

Legenda:

- 1 - Primeira fase de escavação.
- 2 - Segunda fase de escavação.

Esta escavação era executada, sempre que possível, com recurso a pás e picaretas. Em rocha eram utilizados martelos pneumáticos e explosivos.

O material resultante da escavação destes túneis era transportado de diferentes formas, verificando-se uma evolução gradual ao longo dos anos. Nos primeiros túneis, construídos por volta de 1940, o transporte era efetuado através do carro de mão,

evoluindo, posteriormente para o carro de bois e para o sistema *decauville*¹ e, finalmente, para os *dumpers* de pequena dimensão.

2.2.3.3 Configuração da secção

Tendo os túneis rodoviários antigos sido escavados, maioritariamente, sem a aplicação de revestimento em toda a extensão, a secção era condicionada pelo maciço envolvente, com geometria retangular (exemplo ilustrado na Figura 3) ou em arco (exemplo ilustrado na Figura 4), apresentando configuração irregular, bem como, por vezes, significativas zonas de sobre-escavação, tanto na abóbada como nos hasteais. Nos casos da existência de revestimento, é referenciada, neste campo, a configuração da secção final.



Figura 3 – Exemplo de secção retangular - Túnel II do Grupo do Curral das Freiras, 1959

¹ O sistema *decauville* consiste num caminho de ferro de via estreita (60cm) composta por elementos metálicos pré-fabricados de fácil transporte e montagem (Vargas s.d.). Este sistema permitia uma movimentação simples e relativamente rápida dos vagões com o material escavado para o exterior dos túneis.



Figura 4 – Exemplo de secção em arco - Túnel Fajã da Areia, 1984

2.2.3.4 Alargamentos ou nichos

Neste campo é indicada a existência e a localização de alargamentos ou nichos. O alargamento consiste num aumento da secção transversal numa determinada extensão. Os nichos constituem zonas pontuais de alargamento nos hasteais, para instalação de equipamentos de segurança, por exemplo.

2.2.3.5 Revestimento

Neste ponto é efectuada a caracterização e localização do(s) revestimento(s) identificados em alguns túneis, aplicados em zonas pontuais ou em toda a sua extensão. Estes revestimentos são geralmente em betão simples, podendo ser também em betão ciclópico ou betão projetado, revestindo totalmente ou parcialmente a secção transversal. Na Figura 5 apresenta-se um exemplo de um revestimento em betão ciclópico, numa extensão significativa e em toda a secção de um túnel.



Figura 5 – Exemplo de revestimento em betão ciclópico - Túnel Água D'Alto, 1965

Para a execução de alguns destes revestimentos foram utilizados cimbres em madeira como o que se apresenta na Figura 6, relativo ao túnel Água D'Alto (Públicas, Direcção das Obras 1964).

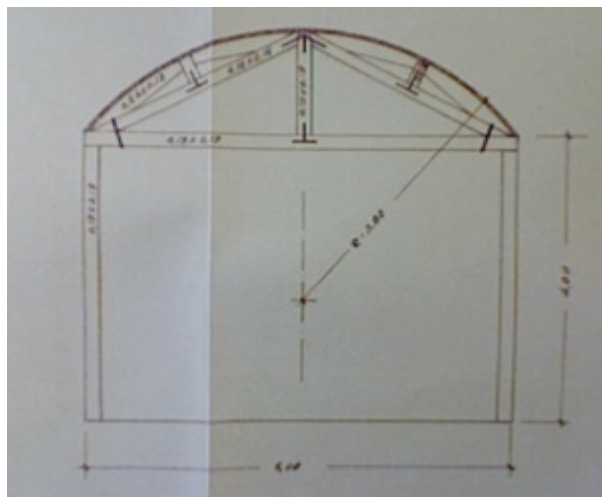


Figura 6 – Exemplo de cimbres em madeira utilizados na aplicação do revestimento em betão dos túneis antigos (Públicas, Direcção das Obras 1964)

Na Figura 7 é possível observar os cimbres em madeira e o revestimento na abóbada executado no Túnel II do Grupo do Paul do Mar.

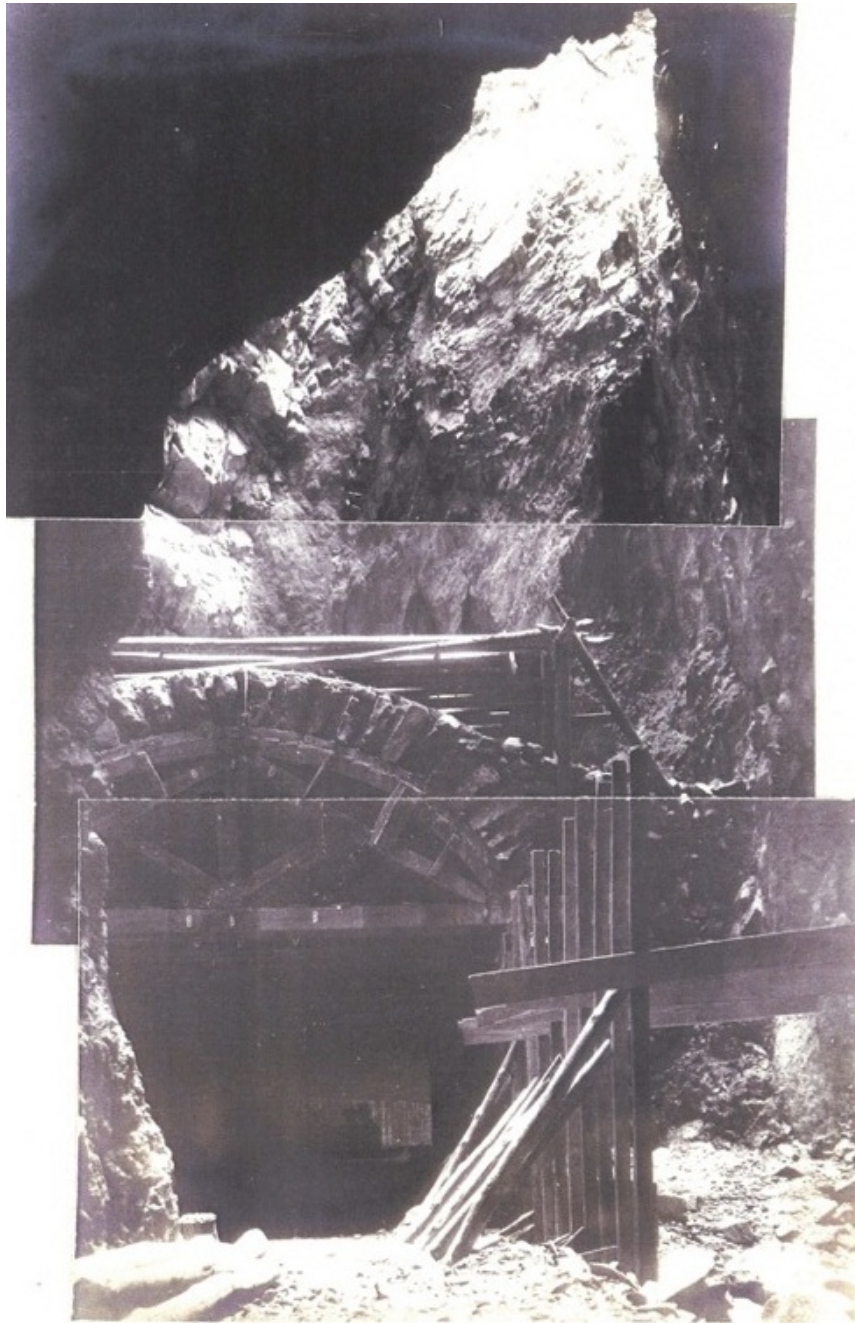


Figura 7 – Construção do revestimento - Túnel II - Paul do Mar, 1971 (Públicas, Direcção das Obras 1963)

Para além dos revestimentos de secção total ou parcial, foram também executados alguns enchimentos com pedra em zonas de sobre-escavação, nos hasteais e abóbada, entre o revestimento e o maciço.

Nas Figuras 8 e 9 são apresentados dois exemplos de enchimentos executados nos hasteais de dois túneis.



Figura 8 – Enchimentos nos hasteais do Túnel III do Grupo do Paul do Mar, 1971



Figura 9 – Enchimentos nos hasteais emboquilhamento este do Túnel da Madalena do Mar, 1968

Na Figura 10 apresenta-se um exemplo do revestimento da secção corrente de um túnel com betão projetado.



Figura 10 – Revestimento com betão projetado na secção corrente - Túnel dos Anjos, 1965

2.2.3.6 Equipamentos instalados

Neste campo são indicados os equipamentos instalados, tais como, iluminação, ventilação e sinalização existentes nos túneis.

2.2.4 Características geométricas

2.2.4.1 Pendente longitudinal

Pendente longitudinal é a inclinação da estrada, em percentagem, significando que a cada 100 metros de avanço no plano horizontal (comprimento) teremos um desnível de x metros no plano vertical (altura).

$$Inclinação = \frac{altura \times 100}{comprimento}$$

2.2.4.2 Secção média de escavação

A secção média de escavação é a secção transversal média obtida através das larguras e alturas médias, expressa em metro quadrado.

2.2.4.3 Volume total de escavação

O volume total de escavação é a secção média de escavação multiplicada pelo comprimento do túnel, expressa em metro cúbico.

No caso dos túneis sujeitos a alargamento foi contabilizado o volume de escavação fazendo-se a diferença entre a secção média após o alargamento e a secção média inicial a multiplicar pelo comprimento do túnel, expressa em metro cúbico.

2.2.4.4 Área útil

A área útil é obtida pela largura e altura mínimas do túnel, expressa em metro quadrado, que corresponde à área interior do túnel. Em caso de variação ao longo do túnel, foi indicada a área de menor secção útil.

2.2.4.5 Comprimento/largura/altura

O comprimento é a distância medida entre emboquilhamentos, em metros. A largura útil entre hasteais é o comprimento mínimo entre as extremidades laterais do túnel, medida em metros. A altura útil é a distância mínima entre a plataforma da estrada e o ponto mais baixo da extremidade superior (abóbada) medida ao eixo a via, expressa em metros.

2.2.4.6 Recobrimento

O recobrimento revelou-se de difícil avaliação, pelo que em muitos casos apenas foi possível realizar uma medição aproximada da altura h indicada na Figura 11. No caso dos túneis com maiores recobrimentos utilizou-se o software *Google Earth*, desenvolvido pela Google Inc. (2011) e no caso dos túneis com recobrimentos menores efetuou-se uma medição visual nos emboquilhamentos.



Figura 11 – Exemplo de recobrimento - Túnel Furado Pequeno, 1955

São apresentados o recobrimento médio e o recobrimento máximo de cada túnel.

2.2.4.7 Número de vias de circulação

Neste ponto é indicado o número de vias de circulação existentes no interior do túnel.

2.2.5 Geologia

2.2.5.1 Geral da zona

Neste campo é feita a caracterização geológica geral dos maciços interessados pelos túneis, recorrendo à carta geológica da Madeira (A. B. Silveira, et al. 2010).

2.2.5.2 Secção corrente / Emboquilhamentos

É efectuada a descrição geológica detalhada das formações interessadas pela secção corrente e pelos emboquilhamentos recorrendo às Tabelas 2 e 3, que abordam, respetivamente, o estado de alteração e o grau de fracturação do maciço.

A descrição do grau de alteração, ou de meteorização, pode ser baseada em métodos simples de observação visual. A alteração pode ser classificada em cinco graus, descritas na Tabela 2:

Tabela 2 – Estados de alteração de um maciço (ISRM, 1982)

Símbolos	Designações	Características
W ₁	São	Sem sinais de alteração
W ₂	Pouco alterado	Sinais de alteração apenas nas imediações das discontinuidades
W ₃	Mediamente alterado	Alteração visível em todo o maciço rochoso mas a rocha não é friável
W ₄	Muito alterado	Alteração visível em todo o maciço e a rocha é parcialmente friável
W ₅	Decomposto	O maciço apresenta-se completamente friável com comportamento de solo

Quanto à fracturação do material, esta pode ser avaliada considerando o espaçamento entre diaclases. É também classificada em cinco classes, como verificado na Tabela 3:

Tabela 3 – Grau de Fracturação (ISRM, 1982)

Símbolos	Intervalo entre Fracturas (cm)	Designação
F1	>200	Muito afastadas
F2	60 - 200	Afastadas
F3	20 - 60	Mediamente afastadas
F4	6 - 20	Próximas
F5	<6	Muito próximas

2.2.6 Sistema de drenagem e impermeabilização

Neste campo é caracterizado o sistema de drenagem e impermeabilização, se existente.

2.2.7 Aspetos a assinalar

2.2.7.1 Afluência de água

Neste ponto é feita referência à existência de zonas e da intensidade de afluências de água na secção corrente e junto aos emboquilhamentos.

2.2.7.2 Estado do revestimento

É feita uma avaliação da descrição do estado atual do revestimento (fissuras, manchas de humidade e afluência de água), sempre que existente.

2.2.7.3 Evidência de instabilizações recentes/iminentes

Neste ponto é feito o registo de instabilizações recentes/iminentes após observação da secção corrente, emboquilhamentos e envolvente, à data do levantamento.

2.2.7.4 Instabilizações ocorridas (histórico)

Nesta área é feito o registo histórico das instabilizações ocorridas, com base na pesquisa bibliográfica.

2.2.7.5 Intervenções (histórico)

Neste campo é feito o registo histórico de intervenções efetuadas, também com base na pesquisa bibliográfica.

2.2.8 Fotos

Neste ponto é efetuado um registo fotográfico da secção corrente e dos emboquilhamentos.

CAPÍTULO III - Enquadramento Geomorfológico e Hidrogeológico dos Túneis Rodoviários Antigos

3.1 Geomorfologia

A morfologia da ilha da Madeira está relacionada com as características dos materiais que constituem os maciços vulcânicos face aos agentes erosivos a que estão expostos. Desta forma, a altitude associada à pluviosidade existente, tornam a água no principal agente erosivo, embora fortemente condicionado pelos diferentes tipos de rochas, tornando assim a erosão diferencial no principal fator modelador do relevo (Madeira 2012).

Alguns maciços montanhosos estendem-se até o mar. No entanto, em outros casos, esta transição entre o maciço central, mais elevado, e o litoral pode ser formada através de vertentes mais ou menos íngremes, denominadas por “lombos”, “lombinhos” e “lombadas”. As vertentes são profundamente entalhadas por vales com perfil torrencial, por onde correm os cursos de água que formam a rede de drenagem da ilha. A linha de costa é igualmente alta e escarpada, formando as arribas litorais com desníveis com cerca de 500m, subverticais em direção ao mar (M. J. Fernandes 2009), tal como é possível visualizar na Figura 12.



Figura 12 – Costa noroeste - Túnel Furado Pequeno (1) e Túnel Ribeira da Janela (2), 1955

O entalhe das linhas de água varia consoante o tipo de material que as constitui, sendo que, em termos gerais, verifica-se que os vales constituídos por escoadas basálticas não alteradas e materiais piroclásticos mais coesos, apresentam-se mais profundos e estreitos com perfil transversal em forma de “U”. Por outro lado, quando estamos na presença de materiais piroclásticos pouco coesos e formações muito alteradas, os vales são mais abertos com perfil em “V” (Madeira 2012).

Segundo o mesmo autor, a altitude média da ilha é de 650m, em que 90% da área total encontra-se acima dos 500m de altitude. O relevo é muito acentuado sendo que cerca de 65% da sua área apresenta declives superiores a 25% e apenas 12% tem declives inferiores a 16%. As áreas planas ou relativamente planas são escassas, não existindo praticamente planícies litorais (Figura 13).

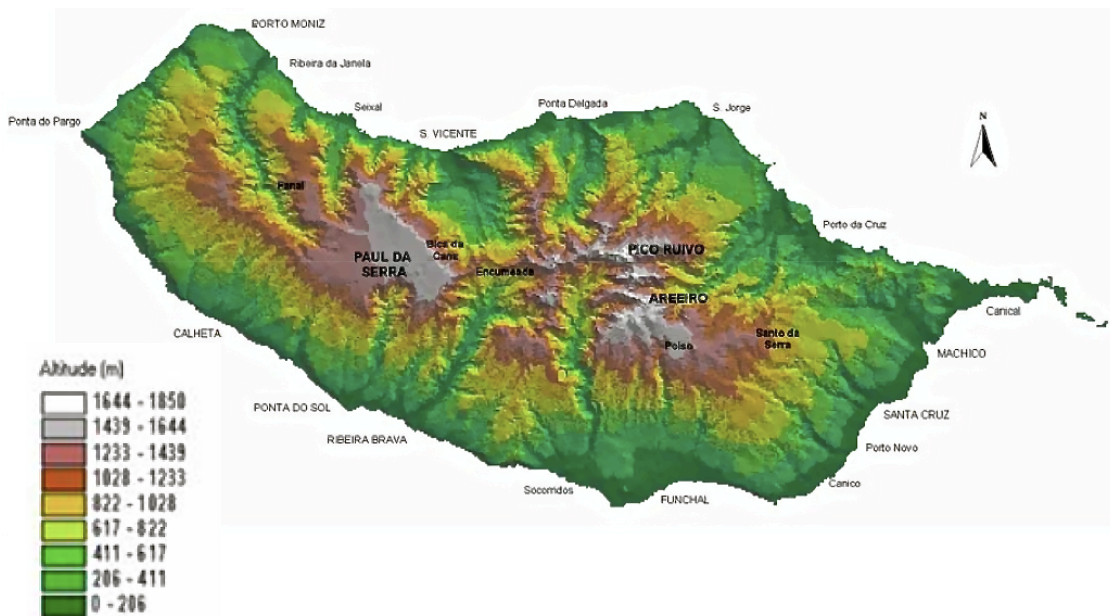


Figura 13 – Relevo da ilha da Madeira (Prada, et al. s.d.)

3.2 Geologia

A ilha da Madeira, de origem vulcânica, foi formada em várias etapas com diferentes intensidades vulcânicas, originando características litológicas específicas que foram alteradas ao longo do tempo por fenómenos como as variações do nível do mar e agentes erosivos, que deram a forma ao relevo atual, com vales profundos e zonas escarpadas.

Este tipo de relevo deve-se, ainda, à alternância de diferentes litologias com distintas competências resistentes – maciços basálticos, muito resistentes, por um lado, e rochas piroclásticas (tufos, brechas, cinzas, entre outros) extremamente

desagregáveis, por outro que, quando expostas aos agentes erosivos desagregam-se mais rapidamente (INETInovação 2007).

De acordo com a notícia explicativa da carta geológica da ilha da Madeira (A. B. Silveira, et al. 2010), na constituição do grande vulcão escudo da Madeira reconhecem-se três fases que se traduzem numa estratigrafia composta por três complexos vulcânicos principais. Cada um destes complexos é composto por diferentes unidades estratigráficas delimitadas por discordâncias entre regiões, refletindo descontinuidades na evolução do edifício vulcânico. Desta forma, na parte emersa da ilha, reconhecem-se sete unidades vulcânico-estratigráficas principais, que se apresentam de seguida, da mais antiga para a mais recente, distribuídas por três complexos vulcânicos:

- Complexo vulcânico inferior (CVI)($>5,57\text{Ma}$)
 - Unidade do Porto da Cruz (CVI1)
 - Unidade dos Lameiros (CVI2)

- Complexo vulcânico intermédio (CVM)($5,57 - 1,8\text{Ma}$)
 - Unidade da Encumeada (CVM1)
 - Unidade de Penha d'Águia (CVM2)
 - Unidade do Curral das Freiras (CVM3)

- Complexo vulcânico superior (CVS) ($1,8 - 0,007\text{Ma}$)
 - Unidade dos Lombos (CVS1)
 - Unidade do Funchal (CVS2)

Nesta cartografia geológica de 2010, as unidades foram subdividas consoante a predominância dos materiais. Assim, no caso de numa dada área predominarem os derrames lávicos, a sigla da unidade vem acrescida de “ β ”, quando predominam os materiais piroclásticos é utilizada a sigla “ π ” e no caso de depósitos sedimentares acresce-se a sigla “g”. Encontram-se também identificados na carta depósitos sedimentares, tais como: aluviões (a), cascalheiras e areias de praia (cap), depósitos de vertente (dv), depósitos de movimentos de massa (dm), depósitos de areias eólicas (ad), entre outros.

Ainda com base na Carta Geológica da Madeira de 2010, apresenta-se, de seguida, a descrição dos complexos vulcânicos e respetivas unidades estratigráficas onde se situam os túneis alvo deste estudo.

Complexo vulcânico intermédio (Plio-Plistocénico 5,57 – 1,8 Ma)

Representa a segunda grande fase de edificação da ilha. As lavas caracterizam-se pelos valores elevados de alcalis/sílica onde predominam os basanitos e basaltos.

Este complexo vulcânico representa o volume principal do edifício subaéreo da ilha e resultou da atividade vulcânica fissural que materializa uma zona de rift da direção este – oeste, cujas fracturas eruptivas estão bem presentes no sector entre o Maciço Central e a Ponta de São Lourenço e em arribas litorais da costa oeste.

- Unidade de Penha d'Águia (CVM2) – Representa a segunda etapa de atividade vulcânica em ambiente subaéreo, marcada por um número elevado de erupções do tipo estromboliano e havaiano, caracterizados pela emissão de grandes volumes de lava a partir de centros eruptivos, que contribuíram para um aumento significativo do volume imerso da ilha. As sequências de derrames lávicos desta unidade (CVM2 β) formam geralmente grandes empilhamentos de escoadas basálticas de espessura reduzida, apresentando-se na sua maioria pouco alteradas. Intercalado com as escoadas lávicas ocorrem níveis de piroclastos de queda distais (tufos de lapilli e cinzas), geralmente muito compactos e pouco espessos, assim como produtos de atividade freato-magmática. Os depósitos piroclásticos máficos subaéreos (CVM2 pi) integram tufos de escórias e lapilli, piroclastos de queda distais e ocasionais produtos freatomagmáticos.
- Unidade do Curral das Freiras (CVM3) – Terceira etapa de atividade eruptiva em ambiente subaéreo, essencialmente com vulcanismo de estilo havaiano ou estromboliano, em bocas fissurais situadas provavelmente na região do Paul da Serra, neste período inicia-se a fase de crescimento no sector oeste da ilha. É constituída essencialmente por sequências lávicas resultantes de atividade predominantemente efusiva subaérea (CVM3 β), com ocasionais intercalações de depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapilli e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos máficos de atividade freato-magmática. As escoadas basálticas podem ser muito espessas, mas em número reduzido, tal como se observa na região da Encumeada e Paul da Serra, ou compreender empilhamentos de numerosos derrames basálticos pouco espessos. Os depósitos piroclásticos (CVM3 pi) são constituídos essencialmente por tufos de escórias sobrepostos, incluem piroclastos de queda distais e produto de atividade freato-magmática, aos quais podem estar associados níveis de tufos de cinzas traquíticas.

Complexo vulcânico superior (CVS) (Plistocénico e Holocénico ~ 1,8 – 0,007 Ma)

Materializa a terceira fase de edificação do vulcão escudo da Madeira e é composto por duas etapas de atividade eruptiva em ambiente predominantemente subaéreo. As lavas são maioritariamente alcalinas e deram origem a basanitos e basaltos, a ocorrência de rochas intermédias extrusivas evidencia uma maior importância dos processos de diferenciação magmática relativamente aos complexos vulcânicos anteriores.

Este complexo reúne as manifestações eruptivas mais recentes, expressas num modelado vulcânico de construção que se relaciona diretamente com a morfologia atual. Definem-se duas unidades vulcano-estratigráficas:

- Unidade dos Lombos (CVS1) – Etapa de revestimento vulcânico insular em posição morfológica culminante e, em alguns casos, preenchimento de vales relacionados com a morfologia atual. A denominação atribuída a esta unidade não tem uma conotação geográfica local, mas um significado geomorfológico de âmbito regional. Na toponímia insular designam-se por “lombos”, “lombas” e “lombadas” os interflúvios de topo relativamente aplanado e de declive pouco acentuado para a linha da costa. Os derrames lávicos subaéreos (CVS1 β) de composição máfica (basanitos e basaltos) são por vezes intercalados com tufitos, depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapilli e cinzas basálticas) e ocasionais produtos máficos de atividade fretomagmática. As zonas CVS1 pic referem-se a depósitos piroclásticos máficos subaéreos (blocos e bombas, lapilli e cinzas) de cones estrombolianos/havaianos. Estes materiais são cortados por filões subverticais. Os depósitos piroclásticos máficos subaéreos distais (CVS1 pid) são constituídos predominantemente por cinzas e lapilli de queda, geralmente alterados.
- Unidade do Funchal (CVS2) – Composta por derrames lávicos de composição máfica (basaltos) e produtos de atividade freato-magmática (CVS2 β). As erupções de estilo havaiano ou estromboliano produziram cones de escórias (CVS2 pic) e depósitos piroclásticos de queda distais (cinzas e lapilli) geralmente alterados (CVS2 pid). Estas escodas (CVS2 β) podem fossilizar arribas litorais, já talhadas em materiais de unidades mais antigas, formando deltas ou fajãs lávicas no litoral (Seixal e Porto Moniz).

Depósitos de movimentos de massa (dm)

São reconhecidos um pouco por toda a ilha, depósitos de movimentos de massa recente, resultantes fundamentalmente da ação da gravidade sobre as vertentes de pendor elevado e de grande desnível, como nos vales fluviais e nas arribas litorais. Os depósitos de tipo avalanche de detritos gerados por deslizamentos podem apresentar associações de fácies brechóides, conglomeráticas e areníticas, suportadas por clastos ou matriz argilosa, ou ocorrem sob a forma de grandes blocos de rocha muito fraturada e estilhaçada, incorporando vários níveis (derrames, piroclastos) de sequências vulcânicas.

3.3 Hidrogeologia

Localizada no Oceano Atlântico, a ilha da Madeira forma uma barreira vulcânica com direção este-oeste que se contrapõe às correntes húmidas predominantes de nordeste. A sua localização, relevo e altitude contribuem para um regime pluviométrico favorável com chuva e nevoeiro ao longo de todo o ano, principalmente nas zonas mais altas da ilha e nas encostas viradas a norte. As características geológicas e a topografia da ilha da Madeira são igualmente favoráveis à existência de nascentes, distribuídas quase uniformemente por toda a ilha (IGA 2012).

O comportamento hidrogeológico das formações vulcânicas na ilha da Madeira depende, em grande parte, do estado de alteração dos complexos onde estão inseridas e do tipo de litologia dominante, atendendo à fracturação das formações rochosas e à granulometria/permeabilidade das formações “terrosas”, podendo ocorrer níveis suspensos, sempre que em profundidade ocorrem formações mais impermeáveis. Por outro lado, a existência de estruturas geotectónicas sob a forma de fraturas ou de filões, em virtude do vulcanismo ser essencialmente do tipo fissural, é outro dos fatores que condicionam as diferentes unidades aquíferas, quer em dimensões e continuidade, quer nas condições de infiltração e permeabilidade (Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Direcção-Geral do Ambiente 1995).

CAPITULO IV – Caracterização dos Túneis

4.1 Considerações gerais

Este capítulo encontra-se estruturado de acordo com a Tabela 1, onde os túneis alvo deste trabalho estão distribuídos por quatro secções subdivididas, por sua vez, em grupos.

Para a apresentação do tratamento dos dados relativos a cada secção, foi adotada a seguinte estrutura: considerações gerais, histórico, condições geológicas e caracterização.

Ao longo do subcapítulo “histórico” apresenta-se o respetivo mapa à escala 1:30 000 com a localização dos túneis que o constituem cada grupo. No subcapítulo “caracterização” é apresentado um excerto da tabela geral constante no Anexo 3, onde estão representados dados das fichas de caracterização apresentadas no Anexo 2. Neste subcapítulo é ainda realizado o tratamento dos dados referentes a cada grupo.

No final deste capítulo é efetuado o tratamento e análise da informação recolhida.

4.2 Secção 1 – Zona este (Machico – Caniçal)

4.2.1 Considerações gerais

Esta secção é constituída apenas pelo túnel do Caniçal, o único construído no lado este da ilha (Figura 16).

4.2.2 Histórico

A povoação do Caniçal localiza-se no extremo este da ilha. Esta encontrava-se, antigamente, isolada do resto da ilha por um relevo muito acidentado que caía abruptamente sobre o mar, o qual impossibilitava a ligação terrestre até Machico, a povoação mais próxima do lado sul da ilha. Desta forma, a circulação entre estas povoações fazia-se, maioritariamente por via marítima. Pedonalmente, esta ligação podia ser feita através de uma estreita vereda construída ao longo da montanha. O túnel construído na vereda, com 3,6m² de secção, foi construído pela “Comissão de

Aproveitamento Hidráulico da Madeira”, para a passagem da “Levada do Caniçal”. Este veio também possibilitar uma melhor ligação pedonal entre as duas povoações.

Posteriormente, em 1955, este túnel foi alargado para uma secção com cerca de 27 m² (Figura 14), passando a possibilitar a circulação rodoviária através da ER214 (Públicas, Direcção das Obras 1951).



Figura 14 – Secção corrente inicial do túnel do Caniçal, 1955

A inauguração deste túnel rodoviário, em 1955, foi um dos acontecimentos mais importantes da época, como registado na Figura 15.



Figura 15 – Inauguração do túnel do Caniçal – Emboquilhamento este

Localização - Túnel do Cañiçal



Figura 16 – Localização túnel Secção 1

Em 1992, este túnel sofreu novamente obras de alargamento, de 6,2 m para 9,5 m de largura, (cerca de 57 m² de secção) por forma a acompanhar o incremento da circulação rodoviária, visto que constituía a única ligação entre as duas localidades por via terrestre.

Na figura 17 apresenta-se a evolução do alargamento deste túnel ao longo dos anos:

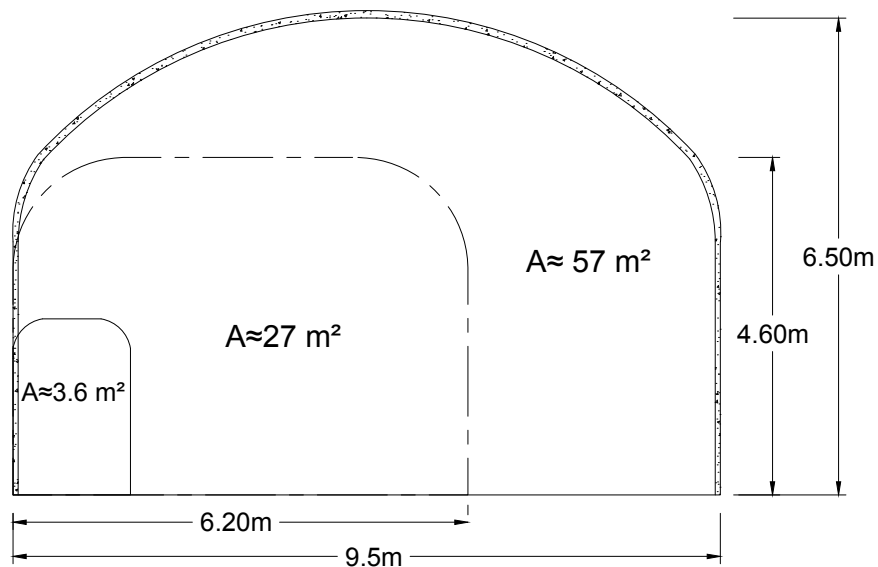


Figura 17 – Evolução do alargamento do túnel do Caniçal

Nas Figuras 18 a 21 pode-se observar os emboquilhamentos antes e após o alargamento efectuado em 1992. É de referir, que com o alargamento efectuado verificou-se a necessidade de passar a revestir integralmente a secção transversal e a extensão do túnel.



Figura 18 – Emboquilhamento nordeste antes do alargamento (Cenor, 1991)



Figura 19 – Emboquilhamento nordeste após alargamento (Cenor, 1992)



Figura 20 – Emboquilhamento sudoeste antes do alargamento (Cenor, 1991)



Figura 21 – Emboquilhamento sudoeste após alargamento (Cenor, 1992)

4.2.3 Condições geológicas

Como é indicado na folha B da carta geológica da Madeira (A. B. Silveira, et al. 2010), o túnel do Caniçal situa-se no complexo vulcânico intermédio, na unidade de Penha D'Água (CVM2 β), essencialmente constituído por escoadas basálticas com intercalações de brechas e tufos, apresentando-se estas formações, em geral, medianamente a pouco alteradas e medianamente a pouco fraturadas.

4.2.4 Caracterização

Na Tabela 4 apresentam-se as características do Túnel do Caniçal. Apresenta cerca de 710 m de extensão e um recobrimento máximo de 300 m.

Foram elaboradas duas fichas de caracterização, onde são apresentados os dados referentes a este túnel em dois momentos distintos, antes (TA1) e após o alargamento de 1992 (TA1a). A informação referente este túnel foi consultada no projeto de execução elaborado pela Cenor em 1992.

Tabela 4 – Características do túnel do Caniçal

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel do Caniçal	TA 1	1955	6,2	—	6,2	4,6	4,6	retangular	27	710	300	CVM2 β
	TA 1a	1992	9,4	9,5	9,85	6,5	6,5	arco	57			

Houve dificuldade em obter informação sobre o túnel antigo (TA1). Este tinha geometria retangular com cerca de 6,2m de largura e 4,6m de altura útil, perfazendo cerca de 27m² de secção e, não apresentava qualquer tipo de revestimento.

Este alargamento foi executado com recurso a explosivos, sendo o transporte de material resultante efetuado com carro de mão e sistema *decauville*. Devido à largura insuficiente e ao incremento de tráfego neste túnel, foram colocados semáforos nos emboquilhamentos, de modo a que o tráfego se realiza-se alternadamente. Em 1992 foi então alargado facilitando a circulação.

Para a concretização do alargamento de 27m² de secção para 57m², foi prevista a aplicação de um revestimento com betão projetado, pregagens e malha electrossoldada em toda a secção corrente. Nos emboquilhamentos além deste revestimento, foi também previsto um outro em betão armado. Este foi considerado

devido ao reduzido recobrimento e ao estado avançado de alteração e fracturação do maciço nas zonas dos emboquilhamentos. O alargamento deste túnel foi efetuado faseadamente na sequência de I a IV, como se apresenta na Figura 22 garantindo uma distância mínima de 4m à frente de escavação na zona III, para o efeito foram utilizados explosivos para o desmonte e meios mecânicos ou movidos a ar comprimido para eliminar blocos soltos e enquadrar as superfícies finais nas condições geométricas impostas.

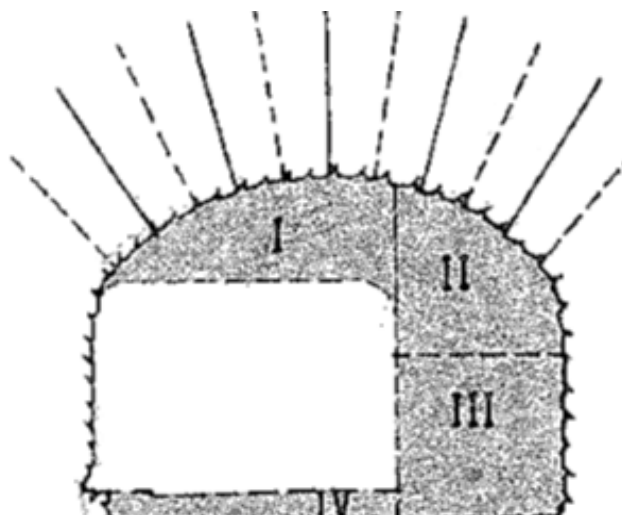


Figura 22 - Faseamento do alargamento do túnel do Caniçal (Cenor, 1992)

Na abóboda o revestimento consistiu na aplicação de betão projetado numa camada de 3 cm após escavação e na execução de pregagens $\varnothing 25\text{mm}$ com 4m de comprimento, espaçadas de 2m em quincôncio e aplicação de malha electrossoldada (AQ50). Posteriormente foi aplicada uma camada de betão projetado com 7cm em toda a secção.

Os emboquilhamentos foram ainda revestidos, numa extensão de 8m, com betão armado (C20/25, A400ER) com espessura de 0,35m (CENOR, 1992).

Atualmente este túnel encontra-se em condições normais de funcionamento, servindo a população local, não havendo aspetos relevantes a assinalar.

4.3 Secção 2 – Costa Norte

4.3.1 Considerações gerais

Os dez túneis da secção da Costa Norte localizam-se entre o Arco de São Jorge e o Porto Moniz. Foram divididos em dois grupos, sete correspondentes aos túneis situados a noroeste (Figura 24 e 26) e os outros três situados a nordeste de São Vicente (Figura 29).

É de referir que o Túnel do Véu da Noiva colapsou em 2008 e que o Túnel da Fajã da Parreira foi alargado e integrado na Via Expresso VE2 em 2005.

Nas Tabelas 5 e 6 apresentam-se algumas das características referentes aos túneis que pertencem a estes dois grupos.

4.3.2 Histórico

Antes da construção da ER101, era pela Estrada Real 23 (que não era mais que uma estreita vereda) que a circulação de pessoas e bens entre povoações da costa Norte se efetuava.

Esta situação manteve-se até meados dos anos 40, altura em que houve a necessidade de construir uma via de comunicação que permitisse a circulação de meios de transporte movidos a motor. A construção de uma estrada de maior dimensão (faixa de rodagem de 5m de largura) numa zona com um relevo particularmente acidentado foi, portanto, um enorme desafio para operários e engenheiros, só possível com recurso a inúmeros muros de betão ciclópico, pontes e túneis como é possível comprovar pela Figura 23. Esta ligação consistiu na ER101 entre o Arco de São Jorge e o Porto Moniz, passando por São Vicente, e ficou concluída em 1953, data da inauguração do túnel Eng.º Duarte Pacheco que liga a Boaventura ao Arco de São Jorge (Paulino e Costa 2007).

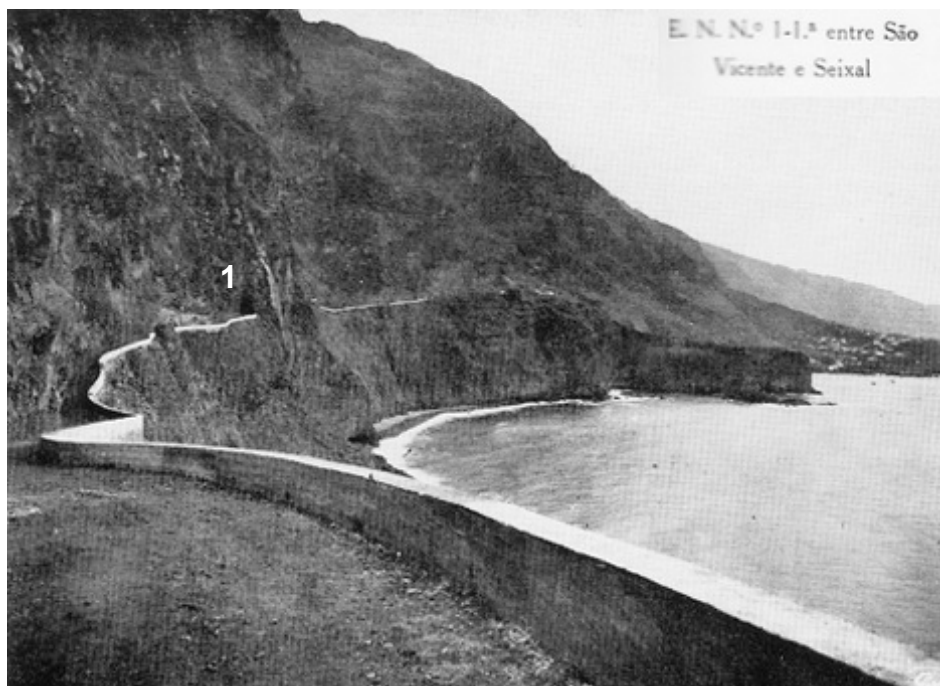


Figura 23 – Vista da ER101 de S. Vicente para o Seixal, observando-se a queda de água sobre o túnel do Vêu da Noiva (1) (Simões, Sumares e Silva 1983)

A ER101, na costa norte entre São Vicente e o Porto Moniz, foi construída em duas fases. A primeira fase ligou São Vicente ao Seixal. A estrada viria a acompanhar, quase na totalidade, a diretriz do caminho existente (Estrada Real 23), tendo incluído a construção de dois túneis: Ribeira do Inferno (Figura 25), construído de raiz e o túnel Vêu da Noiva que fazia parte do caminho anterior e viria a ser alargado para a passagem da nova via (Públicas, Direcção das Obras 1941 A).

Mais tarde, em 1965, houve a necessidade de construir o túnel Água D'Alto, afim de substituir uma parte do troço de estrada existente, extremamente insegura devido à instabilidade da escarpa sobranceira. O orçamento elaborado previa um custo de aproximadamente 400.000\$00 para a escavação deste túnel (Públicas, Direcção das Obras 1964).

Localização – Túneis grupo noroeste (São Vicente - Seixal)

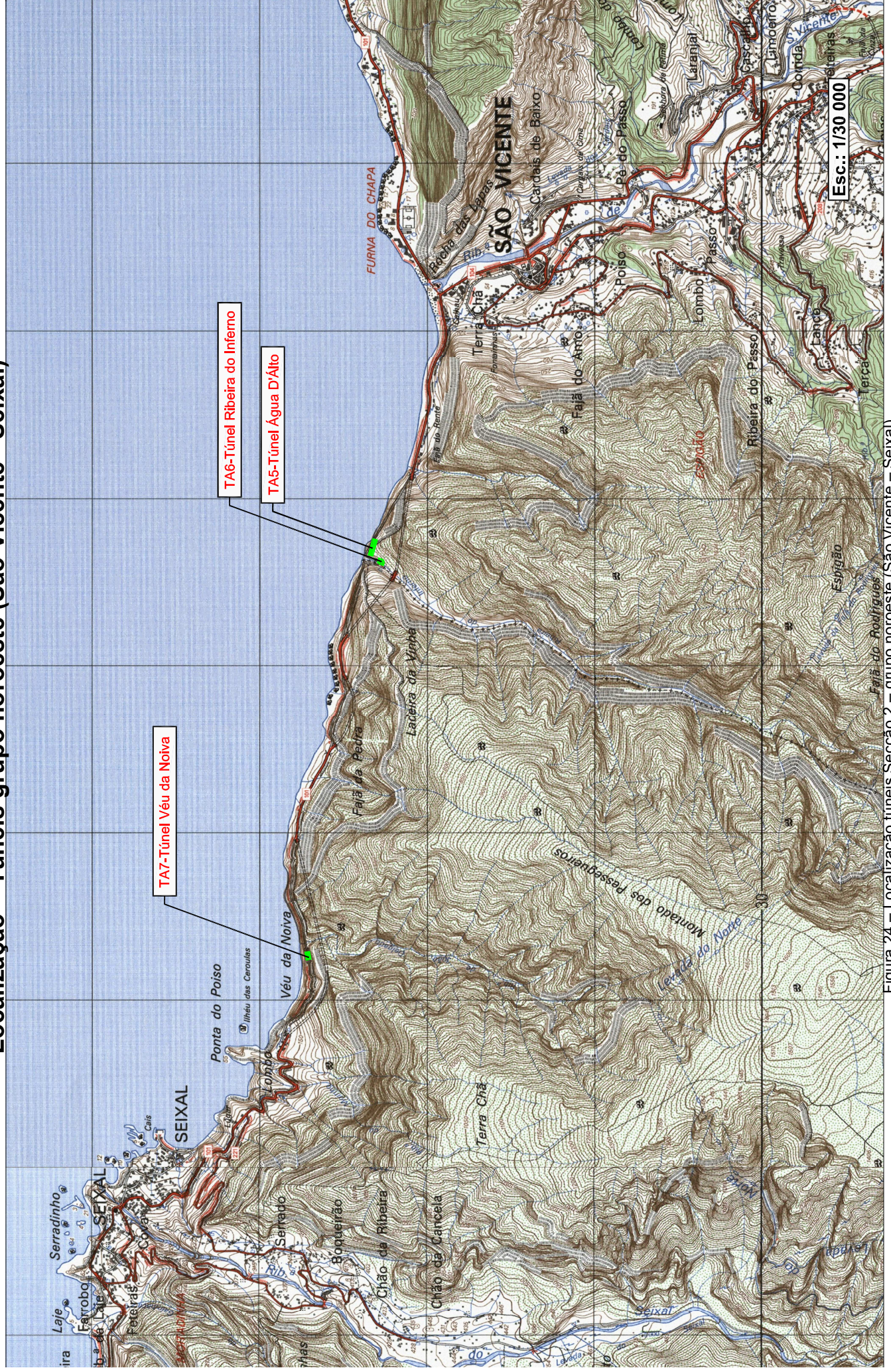


Figura 24 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (São Vicente – Seixal)

Uma das dificuldades consistiu em transpor a Ribeira do Inferno onde foi construído um túnel em curva e um pontão sobre a ribeira (Figura 25).



Figura 25 – Túnel da Ribeira do Inferno (1) (foto cedida por Élvio Caires, s.d.)

A segunda fase de construção desta estrada contemplou a ligação entre o Seixal e o Porto Moniz. Anteriormente, esta ligação era feita através da já referida Estrada Real 23, percorrendo uma extensão de 12Km ou através da costa, pela praia de calhau rolado, numa extensão de 9 Km, sendo este o percurso mais utilizado sempre que as condições climáticas o permitiam.

A nova estrada não acompanhou a diretriz do caminho existente, por este ser de difícil acesso, com subidas e descidas íngremes, tendo sido então escolhido um traçado junto ao mar, que incluiu quatro túneis entre o Seixal e o Porto Moniz: Fajã da Parreira (mais tarde, em início de 2000, alargado para integrar a Via Expresso, VE2), Fajã das Contreiras, Furado Pequeno e Ribeira da Janela (Públicas, Direcção das Obras 1947).

Localização – Túneis grupo noroeste (Seixal – Porto Moniz)



Figura 26 – Localização túneis Secção 2 – grupo noroeste (Seixal –Porto Moniz)

Esc.: 1/30 000

Na Figura 27 é possível visualizar o troço de estrada entre os túneis Furado Pequeno e Ribeira da Janela.



Figura 27 – Junto ao emboquilhamento este do túnel Ribeira da Janela, anos 40 a 50 (Simões, Sumares e Silva 1983).

Simultaneamente à construção da ER 101 para noroeste foi construída a ligação entre Ponta Delgada e Arco de São Jorge, dando continuidade ao troço já existente entre São Vicente e Ponta Delgada. Este troço incluiu um pequeno túnel, que em 1984 foi substituído pelo túnel Fajã da Areia, construído paralelamente ao anterior, mas de maior secção e extensão.

Na Figura 27 observam-se os dois túneis da Fajã da Areia, construídos respetivamente na década de 40 e em 1984, podendo observar-se, no topo da encosta, o antigo Caminho Real.



Figura 28 – Emboquilhamento oeste do túnel Fajã da Areia e o Caminho Real (1)

A construção da estrada entre Ponta Delgada e Arco de São Jorge foi executada em dois trechos, em que o primeiro ligou Ponta Delgada a Boaventura e o segundo ligou Boaventura ao Arco de São Jorge.

A construção do primeiro trecho desta estrada foi apenas possível ao longo da escarpa, o que em determinado ponto obrigou à abertura do túnel Ponta Delgada (Públicas, Direcção das Obras 1941 B).

De modo a completar a cintura à volta da Ilha, faltava concluir o segundo trecho, de Boaventura ao Arco de São Jorge. Este obrigou à transposição da montanha que separa estas duas povoações, tornando-se por isso inevitável a abertura do túnel Eng.º Duarte Pacheco, o mais extenso da costa norte (Públicas, Direcção das Obras 1945).

Localização – Túneis grupo nordeste



Figura 29 – Localização túneis Secção 2 – grupo nordeste

Túnel Vêu da Noiva

O Túnel do Vêu da Noiva colapsou em 2008. Devido a ter sido um túnel emblemático dos túneis antigos da ilha da Madeira, pelo seu elevado interesse turístico, é de seguida alvo de um maior detalhe.

Este túnel localizava-se sob um vale suspenso do qual a água da ribeira João Delgado caía diretamente para o mar através de uma cascata. Esta morfologia foi resultante do facto do recuo da arriba se ter dado mais rapidamente do que o encaixe do vale da linha de água.



Figura 30 – ER 101 junto ao Vêu da Noiva (anos 40 a 50) (Simões, Sumares e Silva 1983)



Figura 31 – Emboquilhamento este do Túnel Vêu da Noiva (foto de Hugo Reis, 2005)

Esta arriba, que se apresentava instável, acabou por ceder completamente, em outubro de 2008, destruindo a parte da ER 101 onde se situava o túnel, formando uma fajã na sua base (Diário de Notícias 2008).

Nas figuras 32 e 33, vistas para este, podemos observar a zona do túnel do Véu da Noiva, antes e após a derrocada de 2008.



Figura 32 – Vista para este antes da derrocada de 2008 (RAMEDM, s.d.)



Figura 33 – Vista para este após derrocada de 2008 (RAMEDM, s.d.)

Na figura 34 podemos observar parte da estrada e o emboquilhamento este do túnel do Véu da Noiva após a derrocada.



Figura 34 - Vista para oeste após derrocada de 2008 (RAMEDM, s.d.)

Este túnel situado por baixo de uma linha de água, apresentava grande afluência de água como mostra a Figura 35 registada antes do colapso do túnel.



Figura 35 – Secção corrente (vista para oeste) – Túnel Véu da Noiva (RAMEDM, s.d.)

4.3.3 Condições geológicas

De acordo com a folha A da carta geológica da Madeira de 2010, os túneis da costa norte da ilha situam-se, na sua grande maioria, no complexo vulcânico intermédio β , na unidade de Penha D'Águia (CVM2 β). Como já referido anteriormente, este complexo é essencialmente constituído por escoadas basálticas com intercalações de brechas e tufos, caracterizando-se pelas formações se apresentarem, no geral, pouco alteradas e pouco fraturadas, o que lhes confere grande resistência.

Morfologicamente, a costa norte é muito acidentada sendo a que se apresenta mais escarpada, com enormes desníveis devido, principalmente, à ação erosiva dos ventos elísios, da erosão marítima e ao encaixe das linhas de água que a intercetam. Esta orografia muito acidentada é ainda mais notória a noroeste, com uma sucessão de arribas intercaladas com vales encaixados, em alguns casos com quedas de água originadas pelo recuo rápido das encostas. Este recuo deve-se à formação de superfícies de rotura dando origem ao desmonte e posterior deslizamento, por gravidade, depositando-se na base das escarpas ou junto à costa constituindo as designadas “Fajãs” (INETInovação 2007).

4.3.4 Caracterização

4.3.4.1 Grupo nordeste (Arco de São Jorge – São Vicente)

Na Tabela 5 apresentam-se algumas das características referentes aos três túneis pertencentes a este grupo.

Tabela 5 – Características dos túneis do grupo nordeste

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel Eng. ^o Duarte Pacheco	TA 2	1953	5,0	5,0	5,3	3,8	5,0	retangular	22	395	200	CVM2 β
Túnel da Ponta Delgada	TA 3	1950	4,0	4,2	4,3	4,5	5,0	retangular	21	100	30	
Túnel da Fajã da Areia	TA 4	1984	8,5	9,0	9,6	6,0	7,0	arco	55	190	25	

O funcionamento nos túneis deste grupo ocorre normalmente, apenas de referir que no túnel da Ponta Delgada a largura do túnel não permite a circulação em simultâneo nos dois sentidos, sendo esta realizada alternadamente.

A extensão dos túneis deste grupo são iguais ou superiores a 100m, sendo o túnel Eng.º Duarte Pacheco do mais extenso deste grupo e de toda a costa norte com 395m.

O recobrimento dos túneis Ponta Delgada e Fajã da Areia são de cerca de 30m e o túnel Eng.º Duarte Pacheco o que apresenta maior recobrimento da secção norte com cerca de 200m.

Os túneis deste grupo situam-se no complexo vulcânico superior (CVM2) caracterizado por escoadas basálticas intercaladas com tufos e brechas, em geral, com um estado de alteração e fracturação pouco significativo. No entanto, o túnel da Ponta Delgada encontra-se num estado de alteração e fracturação mais avançado em relação aos restantes túneis deste grupo. Verifica-se uma multiplicidade quanto às características resistentes dos maciços onde se situam os túneis. Comprova-se que o túnel Fajã da Areia, construído na década de 80, encontra-se num maciço rochoso com características mecânicas superiores às dos outros dois túneis. Este apesar de possuir uma secção com 55m² embora em arco, sem qualquer tipo de revestimento, demonstra a grande capacidade autoportante do maciço onde foi escavado.

Neste grupo é evidente a evolução da geometria e área de secção ao longo do tempo. Os túneis construídos na década de 50 apresentam uma geometria retangular e com cerca de metade da área de secção (aprox. 22 m²) do túnel construído na década de 80.

O túnel Eng.º. Duarte Pacheco é o único que se encontra revestido (em cerca de 20% da sua extensão). Os revestimentos foram aplicados em zonas com afluência de água e em zonas em que o maciço apresentava fraca capacidade resistente, sendo que o maior revestimento, com cerca de 40m de extensão, situa-se no emboquilhamento do lado do Arco de São Jorge (Figura 36). Na ficha de caracterização em anexo, encontram-se todas as características dos revestimentos deste túnel.



Figura 36 – Revestimento no emboquilhamento nordeste do túnel Eng.º Duarte Pacheco, 1953

O túnel da Ponta Delgada apresenta a menor área útil (17m^2) de entre os túneis em estudo, com 4m de largura útil e 4,5m de altura útil. Os emboquilhamentos deste túnel, assim como as escarpas junto a este, apresentam-se instáveis devido ao seu estado avançado de alteração e fracturação do maciço rochoso, visível na Figura 37.



Figura 37 – Emboquilhamento oeste do túnel Ponta Delgada, 1950

Os túneis deste grupo encontram-se todos em funcionamento. De realçar o facto de o maciço rochoso onde se insere o túnel da Ponta Delgada estar num estado avançado de alteração e muito fraturado. Os emboquilhamentos representam zonas instáveis, sendo possível observar fraturas abertas entre 5 e 10mm, criando condições favoráveis para a individualização de blocos de basalto.

4.3.4.2 Grupo noroeste (São Vicente – Porto Moniz)

Na tabela 6 apresentam-se algumas das características referentes aos sete túneis pertencentes a este grupo.

Tabela 6 – Características dos túneis do grupo noroeste

Túnel	Ref.ª	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel da Água D'Alto	TA 5	1966	6,0	7,0	7,0	6,0	6,5	retangular	44	100	30	CVM2 β
Túnel Ribeira do Inferno	TA 6	1955	4,5	5,5	7,0	6,0	6,0	retangular	33	36	30	
Túnel do Véu da Noiva	TA 7	1955	—	5,5	—	—	—	retangular	33	95	—	
Túnel da Fajã da Parreira	TA 8	1955	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	31	7	CVM2 dm
	TA8a	2005	9,0	9,0	10,0	7,0	7,5	arco	64			
Túnel Fajã das Contreiras	TA 9	1955	5,5	5,5	6,0	4,5	5,5	quadrada	32	200	20	CVM2 β
Túnel Furado Pequeno	TA 10	1955	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	15	8	CVM3 β
Túnel Ribeira da Janela	TA 11	1955	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	300	90	CVS2 pid

Legenda:

	Condicionados
	Antes do alargamento
	Colapsou

Todos os túneis deste grupo encontram-se em condições normais de funcionamento com exceção do túnel Véu da Noiva que colapsou, como já referido anteriormente. No entanto os túneis Água D'Álto, Ribeira do Inferno, Furado Pequeno e Ribeira da Janela apresentam circulação condicionada, sendo abertos ao trânsito apenas nos dias em que as condições atmosféricas são favoráveis, devido à instabilidade das escarpas nos troços onde se inserem os túneis.

Com exceção do túnel Fajã da Parreira e do túnel da Ribeira da Janela, que se situam numa zona de depósito de movimentos de massa (dm) e no complexo vulcânico superior (CVS2 pid) respetivamente, todos os outros túneis deste grupo encontram-se em maciços rochosos pertencentes ao complexo vulcânico intermédio (CVM2) em geral pouco alteradas e pouco fraturadas. O túnel inserido no CVS2 numa zona de depósito de piroclastos alterados apresenta queda de pequenos fragmentos nos emboquilhamentos.

O túnel da Ribeira da Janela é o mais extenso deste grupo com 300m de comprimento. Os túneis Fajã das Contreiras e Água D'Álto apresentam uma extensão de 200m e 100m respetivamente, sendo que os restantes possuem menor extensão (inferior a 40m).

O recobrimento do túnel da Ribeira da Janela é o maior deste grupo com cerca de 90m, seguido dos túneis Água D'Álto, Ribeira do Inferno e Fajã das Contreiras com cerca de 30m e os túneis da Fajã da Parreira e Furado Pequeno com recobrimento inferior a 10m.

Apenas os túneis Água D'Álto e o da Fajã da Parreira é que possuem revestimentos. O túnel de Água D'Álto possui um revestimento em betão ciclópico numa extensão de 20m, espessura média de 0,4m com 6m de largura e 6 m de altura (33m^2), numa zona com afluência de água e o túnel Fajã da Parreira um revestimento em betão armado, espessura de 0,5m com 9m de largura e 7m de altura (54m^2), revestindo integralmente a secção transversal e a extensão do túnel.

Para efeitos de análise, considerou-se que o túnel do Véu da Noiva possuía características geométricas idênticas ao túnel da Ribeira do Inferno, que foi construído durante a mesma empreitada. O túnel Fajã da Parreira, pertencente à antiga estrada regional, foi alargado e integrado na Via Expresso (VE2) em 2005. Neste caso e por falta de dados sobre o túnel inicialmente construído (TA8), considerou-se uma secção geométrica idêntica ao túnel Furado Pequeno e Ribeira da Janela, visto que foram construídos durante a mesma empreitada.

Analisando os túneis pertencentes a este grupo, verifica-se que estes possuem uma geometria predominantemente retangular com uma secção média de escavação de aproximadamente 30m^2 , excepto o túnel da Fajã da Parreira que apresenta uma secção superior (64m^2) devido ao alargamento a que foi sujeito. De referir que o túnel Água D'Álto construído posteriormente aos restantes túneis deste grupo, apresenta uma largura média entre hasteais de 6m e conseqüentemente a maior área de secção deste grupo, com 44m^2 .

Atualmente os túneis deste grupo apresentam-se, em geral, em bom estado, demonstrando que estes encontram-se inseridos em maciços com características resistentes competentes, verificando-se que reúnem todas as condições de funcionamento, desde que seja feita a devida manutenção.

4.4. Secção 3 – Costa sudoeste

4.4.1 Considerações gerais

Os túneis situados na costa sudoeste, num total de dez, foram divididos em dois grupos, nomeadamente sul (sete) e oeste (três) – (Figuras 39 e 42).

Nas Tabelas 7 e 8 apresentam-se as características referentes aos túneis pertencentes a estes dois grupos.

4.4.2 Histórico

Costa sul

A costa sul da ilha, na zona compreendida entre a Ribeira Brava e Madalena do Mar, até cerca da década de 50 era desprovida de uma via rodoviária que permitisse a circulação de pessoas e bens.

Em finais da década de 50, com a necessidade de uma ligação terrestre entre estas povoações deu-se início à construção da ER101-10 com o seguinte traçado: Tabua, Lugar de Baixo, Ponta do Sol e Madalena do Mar.

Esta via viria a ser construída em duas fases, a primeira entre Tabua e Ponta do Sol e a segunda entre Ponta do Sol e Madalena do Mar entre cerca de 1957 e 1968.

Entre cerca de 1957 e 1962, foi construída a estrada entre a Tabua e a Ponta do Sol, passando pelo Lugar de Baixo e desenvolvendo-se à beira mar, na base das escarpas existentes.

Segundo a memória descritiva e justificativa de outubro de 1964, o maciço que constitui estas escarpas, tem uma constituição muito heterogénea, sendo constituído por alternâncias de basaltos em vários estados de fracturação e alteração, com tufos argilosos e escórias vulcânicas. Neste caso, esta heterogeneidade contribui para a inconsistência e instabilidade das escarpas, que em alguns pontos atingem várias dezenas de metros.

Por estes motivos, houve a necessidade de em algumas zonas localizadas, proceder à limpeza das rochas sobranceiras à estrada, por mão-de-obra especializada neste género de trabalho o que, para além de oneroso, era de difícil execução, demorado e perigoso (Públicas, Direcção das Obras 1956).

Nestes trabalhos foram, por vezes, utilizados explosivos. A limpeza destas rochas caídas para a estrada originadas por numerosos desabamentos, alguns de enormes proporções, prejudicavam o andamento da obra, ocupando vários trabalhadores na remoção destas rochas. De salientar a enorme derrocada ocorrida entre os emboquilhamentos dos dois túneis do Lugar de Baixo, já depois da estrada estar em funcionamento, que originou um amontoado de material rochoso com cerca de 40m de altura, que obstruiu a via (Públicas, Direcção das Obras 1956).

No troço entre o Lugar de Baixo e a Ponta do Sol existem três túneis pertencentes a este trabalho, sendo que os túneis Lugar de Baixo I e Lugar de Baixo II (TA20 e TA21) encontram-se encerrados e o túnel Ponta do Sol II (TA19) foi alargado e revestido com betão armado, atualmente servindo de estacionamento junto à vila da Ponta do Sol e de acesso a estação de tratamento de água residuais desta localidade. Na Figura 38 apresenta-se a localização destes túneis, situados à esquerda do túnel Lugar de Baixo pertencente à Via Expresso (VE3) atualmente em serviço.



Figura 38 –Túneis grupo sul junto ao Lugar de Baixo

Legenda:

- (1) – Túnel Ponta do Sol II (TA19)
- (2) – Túnel Lugar de Baixo I (TA20)
- (3) – Túnel Lugar de Baixo II (TA21)

Dando seguimento para oeste, a segunda fase de construção desta estrada deu-se na década de 60, ligando a vila da Ponta do Sol à Madalena do Mar e destinava-se a servir uma das freguesias rurais de maior valor económico do ponto de vista agrícola, a Madalena do Mar. Situada numa extensa e larga fajã, era apenas por algumas íngremes veredas e via marítima que se escoavam os produtos cultivados, principalmente banana.

Segundo a memória descritiva e justificativa de dezembro de 1965, este traçado sofreu duas importantes alterações durante o decorrer da obra, assim como a execução de trabalhos não previstos, motivados pela natureza frágil dos terrenos, como o caso do túnel a oeste da vila da Ponta do Sol (TA18), onde foi necessário o revestimento do túnel em cerca de 50m de extensão, assim como a construção de um muro de suporte no emboquilhamento sudeste, junto à vila (Públicas, Direcção das Obras 1961).

A primeira alteração ao traçado foi o desvio da estrada (que se previa em recta), em continuidade com o túnel da Ponta do Sol, seguindo-se a este um pontão sobre a ribeira e depois um segundo túnel. Todavia, verificou-se que o maciço de natureza desagregável não oferecia condições de estabilidade para a abertura deste túnel. A alternativa ao traçado foi, então, uma inflexão à direita logo à saída do primeiro túnel, seguindo a margem esquerda da ribeira e atravessando-a através de um pontão, num ponto mais a montante que o anteriormente previsto. Depois deste pontão foi então construído o túnel dos Anjos (Públicas, Direcção das Obras 1961).

Outra alternativa ao traçado inicialmente previsto foi a construção do túnel Madalena do Mar (Areia), substituindo o traçado através do caminho primitivo à beira mar, que se desenvolvia pela praia de calhau e na base da escarpa. Este túnel ligaria por meio de um pequeno troço a céu aberto ao último túnel (TA15), que por sua vez desembocaria na Madalena do Mar. Alguns dos motivos para a alteração deste traçado, foi a constante queda de pedras, para a zona onde a estrada seria construída, principalmente na época de chuva. Passando a ligação a ser feita em túnel, era conseguida uma via mais segura, evitando também grandes custos com a conservação da estrada.

Cerca de uma década depois de se ter iniciado na Tabua a construção da ER101-10, chegava-se ao fim da obra, o que veio, sem dúvida, melhorar a circulação de pessoas e bens entre a Tabua e a Madalena do Mar, bem como estas e o resto da ilha (Públicas, Direcção das Obras 1961).

Localização – Túneis grupo sul

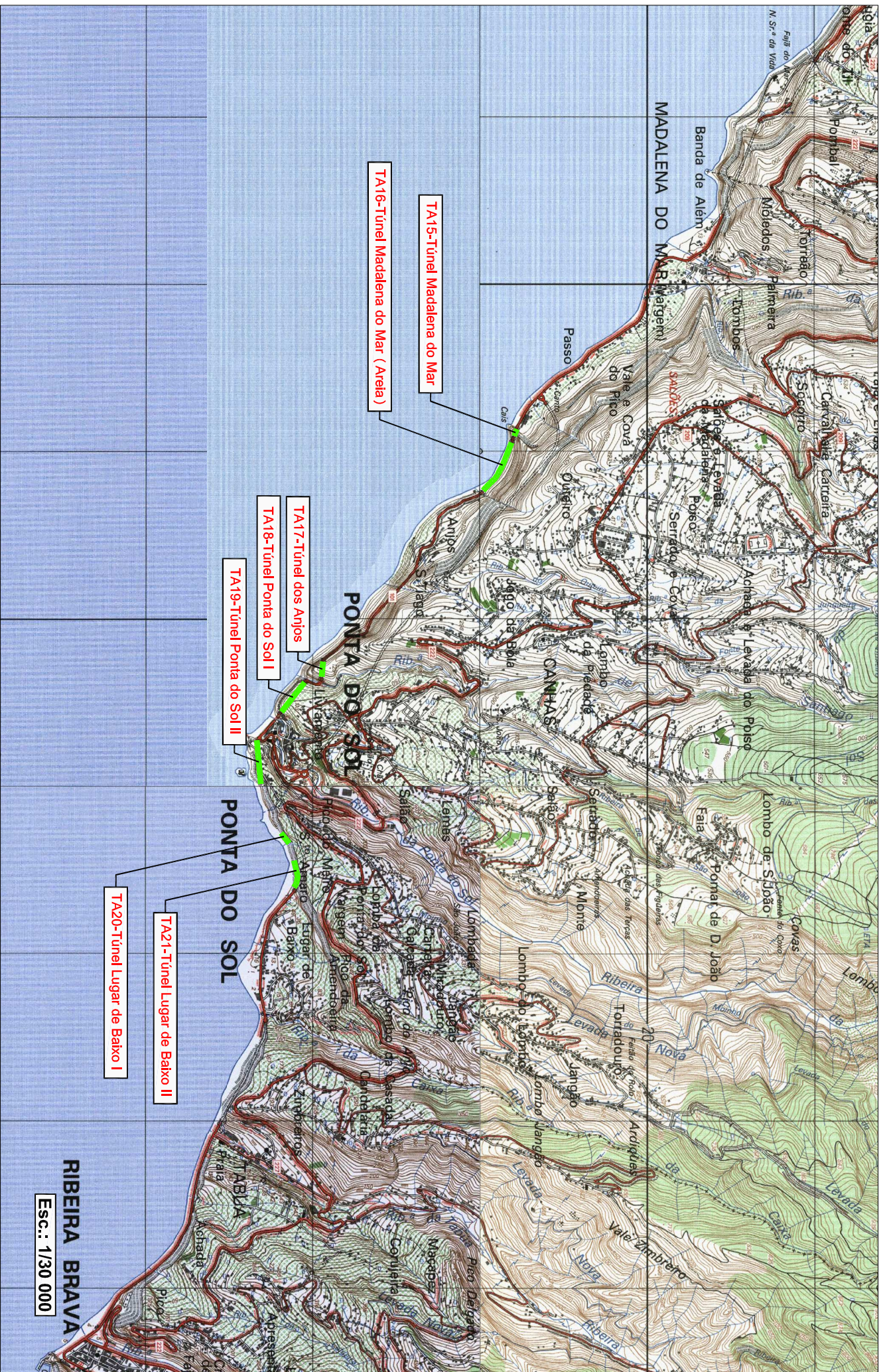


Figura 39 – Localização túneis Secção 3 – grupo sul

Costa oeste

No lado oeste da ilha situa-se a ER223, via que estabelece ligação entre a Fajã da Ovelha e o Paul do Mar. Antes da construção desta estrada, o Paul do Mar tinha apenas dois caminhos estreitos através da encosta, por onde estabelecia comunicação terrestre com o exterior. Um a este, que ligava aos Prazeres (Figura 40) e outro a oeste, ligado à Fajã da Ovelha, ambos com desníveis de 600m.



Figura 40 – Antigo acesso ao Paul do Mar (disponível em <http://www.flickr.com/photos/voyageons-autrement/6751840475/sizes/z/in/photostream/>, s.d.)

Devido à dificuldade imposta pela orografia da zona, a principal via para escoar os produtos cultivados nos terrenos férteis desta povoação, era a via marítima. No entanto, no inverno estas ficavam condicionadas pelas condições atmosféricas. Tornava-se assim indispensável a construção de uma via terrestre que permitisse a fácil circulação de pessoas e bens entre o Paul do Mar e o exterior. A ligação seria então estabelecida através da encosta sobranceira ao Paul do Mar até à Fajã da Ovelha pela ER223 como visível na Figura 41, sendo para isso construídos três túneis.



Figura 41 – Paul do Mar

Esta obra viria a ser marcada pela morte de dois operários em janeiro de 1968, quando eram escavados os últimos metros do túnel maior (TA13) junto ao emboquilhamento sul. Este acidente foi causado pelo desmoronamento de um filão basáltico constituído por blocos parcialmente soltos. Este abatimento formou uma chaminé com cerca de 65m de altura, com forma cónica, causando também o aluimento de uma parte considerável da abóbada do túnel já escavado. Na Figura 7, é visível parte da chaminé originada pelo desmoronamento, assim como parte do revestimento já executado (Públicas, Direcção das Obras 1963).

Devido a este acidente trágico, os operários mostravam-se desencorajados em voltar ao trabalho, por não haver condições de segurança para continuar. Era necessário remover os cerca de 18 000m³ de rocha provenientes do desabamento, assim como a construção de um revestimento com cerca de 80m. Todos estes factos contribuíram para o atraso da abertura da estrada, que só em 1971 entrou ao serviço (Públicas, Direcção das Obras 1963).

4.4.3 Enquadramento geológico

Segundo a folha A da carta geológica da Madeira de 2010, os túneis da costa sudoeste encontram-se distribuídos por dois complexos vulcânicos, o intermédio (CVM) e o superior (CVS).

Os túneis do grupo oeste, entre a Fajã da Ovelha e o Paul do Mar situam-se no complexo vulcânico intermédio, na unidade de Penha D'Águia (CVM2 pi), que corresponde a uma área com vários filões basálticos, geralmente muito alterados e fraturados, intercalados com depósitos piroclásticos máficos subaéreos, integrando tufos de escórias e lapilli, igualmente muito alterados e fraturados.

O grupo sul abrange uma área considerável, estando os túneis deste grupo distribuídos em CVM2 β , no caso dos dois túneis da Madalena do Mar, e os restantes no CVS1 β e CVS2 β onde predominam as escoadas lávicas subaéreas de composição basáltica, por vezes intercalados com tufitos, depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapilli e cinzas basálticas), que em alguns casos apresentam um estado de alteração e fracturação considerável, devido à sua composição e localização junto à costa.

4.4.4 Caracterização

4.4.4.1 Grupo oeste (Fajã da Ovelha – Paul do Mar)

Na tabela 7 apresentam-se algumas das características referentes aos três túneis que pertencem a este grupo.

Tabela 7 – Características dos túneis do grupo oeste

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel I	TA 12	1971	6,0	6,0	7,5	4,8	5,0	retangular	30	25	15	CVM2 pi
Túnel II	TA 13		6,0	6,5	9,3	4,8	5,0		32	198	70	
Túnel III	TA 14		6,0	7,0	7,0	4,5	5,0		35	34	10	

A extensão dos túneis deste grupo varia entre os 25m e os 198m, sendo o Túnel I o menos extenso e o Túnel II o mais longo.

Os recobrimentos dos Túneis I e III são menores que o recobrimento do túnel II, sendo que este último possui um recobrimento máximo com cerca de 70m e os restantes cerca de 15m.

Os maciços rochosos onde se situam estes túneis, apresentam-se muito alterados e fraturados, apresentando zonas com fraca capacidade resistente, verificando-se que cerca de 45% da extensão total dos túneis deste grupo, apresentam revestimentos.

A secção média de escavação do túnel I é inferior aos restantes, sendo este o único sem revestimento. Os outros dois túneis apresentam secções de escavação média ligeiramente superiores, devido à necessidade de garantir as alturas e larguras úteis, sendo para isso necessário escavar uma área superior para a aplicação dos revestimentos.

Os túneis deste grupo apresentam uma secção média de escavação de aproximadamente 32m^2 , com geometria retangular, exceto nas zonas revestidas onde a secção tem geometria em arco com 6m de largura (29m^2), como no caso dos 80m iniciais do Túnel II junto ao emboquilhamento sul, situação ilustrada na Figura 43.



Figura 43 – Revestimento Túnel II, junto ao emboquilhamento sul, na zona do acidente de 1968

O Túnel III é revestido em toda a secção nos primeiros 7m, junto ao emboquilhamento noroeste, e os hasteais preenchidos em toda a sua extensão (Figuras 44 e 45). Apesar da abóbada deste túnel não ser completamente revestida, verifica-se que esta apresenta-se muito fraturada ocorrendo queda de pequenos fragmentos.



Figura 44 – Enchimento dos hasteais do Túnel III



Figura 45 – Revestimento no emboquilhamento do Túnel III

Os revestimentos e enchimentos destes túneis são em betão ciclópico com espessura média de 0,55m com pedra arrumada entre o betão ciclópico e a rocha, encontrando-se em geral num estado de conservação aceitável.

Atualmente estes túneis encontram-se em condições normais de funcionamento garantindo a ligação entre as povoações locais e para os turistas que habitualmente procuram estas estradas secundárias.

4.4.4.2 Grupo sul (Madalena do Mar – Lugar de Baixo)

Na Tabela 8 apresentam-se algumas das características referentes aos sete túneis que pertencem a este grupo.

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel Madalena do Mar	TA 15	1968	8,5	8,5	8,7	5,5	6,0	retangular	48	96	30	CVM2 β
Túnel Madalena do Mar (Areia)	TA 16	1968	7,0	8,0	8,5	6,0	6,5	retangular	49	317	30	
Túnel dos Anjos	TA 17	1966	8,0	8,3	8,5	5,8	6,0	retangular	48	73	50	CVS2 β
Túnel da Ponta do Sol I	TA 18	1965	6,0	6,5	7,0	4,7	6,5	quadrada	41	242	25	CVS1 β
Túnel Ponta do Sol II	TA19	1962	6,0	6,0	6,5	4,7	5,0	retangular	30	250	35	CVS2 β
	TA19a	2004	9,0	10,0	10,0	7,0	7,5	arco	64			
Túnel Lugar de Baixo I	TA20	1962	6	6	6,5	4,7	5	retangular	29	70	10	CVS1 β
Túnel Lugar de Baixo II	TA21	1962	6,5	6,5	7	4,5	5	retangular	31	160	30	

Legenda:

 Antes do alargamento

 Encerrado

Tabela 8 – Características do grupo sul

Os túneis Lugar de Baixo I e Lugar de Baixo II encontram-se encerrados, no entanto verifica-se que estes túneis apresentam-se em condições de funcionamento, estando encerrados devido à instabilidade da encosta sobranceira à estrada principalmente na zona entre os emboquilhamentos destes dois túneis. Os restantes túneis deste grupo encontram-se em condições normais de funcionamento garantindo a ligação entre as povoações locais e muito procurada por turistas. O túnel da Ponta do Sol II atualmente serve de estacionamento no lado este da vila da Ponta do Sol e de acesso à estação de tratamento de águas residuais desta localidade.

Neste grupo a extensão dos túneis varia entre os 70 e os 317m, sendo o túnel dos Anjos o menos extenso e o túnel da Madalena do Mar (Areia) o mais extenso.

O recobrimento dos túneis deste grupo não ultrapassa os cerca de 50m de altura no túnel dos anjos, sendo o túnel do Lugar de Baixo I o que apresenta menor recobrimento, cerca de 10m.

A este grupo pertencem sete túneis que se encontram distribuídos por dois complexos vulcânicos, 70% no complexo vulcânico superior (CVS) e os restantes 30% no complexo vulcânico intermédio (CVM).

Os túneis estão situados em maciços rochosos muito heterogéneos por vezes muito alterados e fraturados que lhes conferem uma fraca capacidade resistente, tendo havido necessidade de executar revestimentos e enchimentos na sua grande maioria. A construção do Túnel Ponta do Sol I revelou-se a mais imprevista devido à má qualidade do maciço onde se situa, obrigando à execução de um revestimento em arco com cerca de 50m de extensão, 6m de largura e 4,7m de altura, perfazendo uma área útil de 25m², enchimentos nos hasteais e um muro de contenção no emboquilhamento sudeste.

Os túneis deste grupo apresentam geometria maioritariamente retangular com uma área média de escavação de aproximadamente 40m², considerando, para tal, que o túnel da Ponta do Sol II antes do alargamento (TA19), tinha características idênticas às dos restantes túneis executados na mesma empreitada, isto é, dos dois túneis do Lugar de Baixo. Após o alargamento, o túnel da Ponta do Sol II (TA19a) passou para uma secção média de escavação com cerca de 64m², geometria em arco e revestimento em betão armado. Constata-se que os túneis construídos entre a Ponta do Sol e a Madalena do Mar, apresentam uma secção média de escavação superior aos túneis entre o Lugar de Baixo e Ponta do Sol em cerca de 15m².

Os emboquilhamentos dos túneis do Lugar de Baixo são os que se apresentam mais instáveis, sendo que nos restantes, estes apresentam-se em relativas condições de estabilidade. No caso dos túneis da Madalena do Mar é de realçar a falta de manutenção das valetas o que dificulta a drenagem da água. O túnel Ponta do Sol II apresenta manchas de humidade e afluência de água nas juntas de betonagem.

4.5 Secção 4 – Zona centro-Sul

4.5.1 Considerações gerais

Os túneis situados na zona centro-sul num total de sete foram divididos em dois grupos, nomeadamente grupo Paul da Serra (três) e grupo Curral das Freiras (quatro) – (Figuras 46 e 48).

Nas Tabelas 9 e 10 apresentam-se algumas das características referentes aos túneis pertencentes a estes dois grupos.

4.5.2 Histórico

Paul da Serra

O Paul da Serra anteriormente à construção do troço entre a Encumeada e Bica da Cana da ER105 na década de 80, não possuía ligação para o lado este da ilha sendo o único acesso ao Paul feito pelo lado oeste. Esta ligação através das encostas íngremes entre o planalto e a zona da Encumeada impôs à construção de três túneis.

Localização – Túneis grupo Paul da Serra



Figura 46 – Localização túneis Secção 4 – grupo Paul da Serra

Curral das Freiras

Situado no fundo de um vale profundo e escarpado, o Curral das Freiras foi desde sempre um local de difícil acesso. O seu único acesso era uma estreita e perigosa vereda através da encosta que ligava à Eira do Serrado. Em 1959 foi então inaugurada a ER 107 entre a Eira do Serrado e o Curral das Freiras, que apesar de perigosa e sinuosa, permitia o acesso a veículos. (Freitas s.d.). Este traçado desenvolve-se ao longo da encosta escarpada que envolve o Curral das Freiras e inclui dois longos e estreitos túneis. Na Figura 47 vê-se os dois antigos acessos ao Curral, à direita a antiga vereda e à esquerda a ER107 com o emboquilhamento norte do túnel I (TA25).



Figura 47 – Antigos acessos ao Curral das Freiras – Túnel I (1), 1959

Localização – Túneis grupo Curral das Freiras

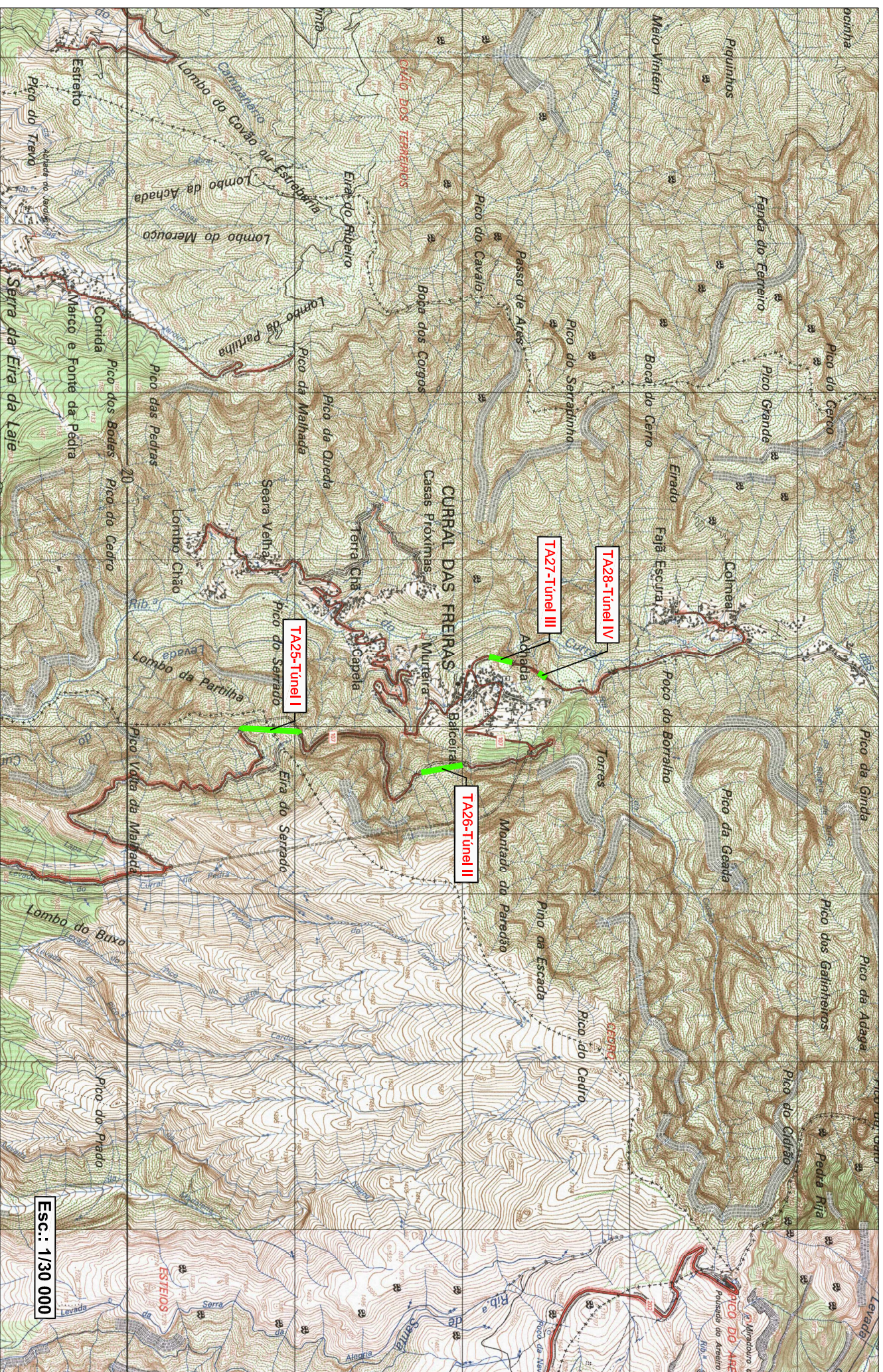


Figura 48 – Localização túneis Secção 4 – grupo Curral das Freiras

Esc.: 1/30 000

4.5.3 Condições geológicas

De acordo com a folha A da carta geológica da Madeira de 2010, os túneis pertencentes à secção 4, situam-se no complexo vulcânico intermédio β , na unidade do Curral das Freiras (CVM3 β).

A região onde se situam os túneis do grupo Paul da Serra é morfologicamente acidentada, com encostas escarpadas, entre a Bica da Cana e a Encumeada. As formações nesta zona são constituídas essencialmente por escoadas basálticas muito espessas, intercaladas com depósitos piroclásticos de queda.

Localizado numa zona morfologicamente muito acidentada, o Curral das Freiras, encontra-se condicionado pela instalação do vale, bastante largo, da ribeira do Curral das Freiras. O fundo deste vale encontra-se geralmente preenchido por depósitos de movimentos de massa constituídos por blocos de grandes dimensões, calhaus rolados e seixos soltos. Como referido anteriormente, esta região é formada essencialmente por formações do complexo vulcânico intermédio, na unidade do Curral das Freiras (CVM3 β), constituído essencialmente por escoadas basálticas, com ocasionais intercalações de depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapilli e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos máficos de atividade freato-magmática.

4.5.4 Caracterização

4.5.4.1 Grupo Paul da Serra (Bica da Cana – Encumeada)

Na Tabela 9 apresentam-se algumas das características referentes aos três túneis que pertencem a este grupo.

Tabela 9 – Características dos túneis do grupo Paul da Serra

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel I	TA 22	1990	8,0	8,5	9,0	5,5	5,5	arco	39	167	20	CVM3 β
Túnel II	TA 23		8,0	8,5	8,5	5,5	5,5		39	159	25	
Túnel III	TA 24		8,0	8,5	9,0	5,5	5,5		39	98	20	

Os túneis deste grupo apresentam-se em condições normais de funcionamento, não existindo qualquer situação anormal a realçar.

Os túneis deste grupo apresentam extensões significativas, os dois primeiros túneis com extensões superiores a 150m e o terceiro em curva com cerca de 100m de extensão.

Os recobrimentos destes túneis são idênticos, todos eles com cerca de 20m.

Todos os túneis deste grupo estão situados no complexo vulcânico intermédio na unidade do Curral das Freiras (CVM3 β), que apresenta boas características resistentes.

Estes túneis têm uma secção média de escavação de 39m^2 , em arco, e possuem apenas revestimento com betão projetado nos emboquilhamentos e em algumas zonas pontuais ao longo da secção corrente. Dois destes túneis apresentam enchimentos com betão nos hasteais, caso dos túneis I (Figura 49) e II. Todos os túneis deste grupo apresentam características geométricas idênticas, com cerca de 8m de largura útil e 5,5m de altura útil.



Figura 49 – Emboquilhamento nordeste Paul da Serra - Túnel I, 1990

4.5.4.2 Grupo Curral das Freiras (Eira do Serrado – Curral das Freiras)

Na Tabela 10 apresentam-se algumas das características referentes aos quatro túneis que pertencem a este grupo.

Tabela 10 – Características dos túneis do grupo Curral das Freiras

Túnel	Ref. ^a	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Secção média de escavação (m ²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia
Túnel I	TA 25	1959	5,0	5,0	7,0	4,2	4,5	retangular	21	359	100	CVM3 β
Túnel II	TA 26	1959	5,0	5,0	6,0	4,2	4,5	retangular	21	245	30	
Túnel III	TA 27	1985	7,0	8,0	8,0	5,7	6,2	arco	43	142	8	CVM3 Dm
Túnel IV	TA 28	1985	7,0	8,0	8,0	5,7	6,2	arco	43	55	15	

Legenda:

Encerrado

Os túneis I e II, os mais antigos deste grupo e inseridos na encosta escarpada que envolve o Curral das Freiras, apresentam extensões significativas, o Túnel I com cerca de 360m e o Túnel II cerca de 245m. Os túneis III e IV situados no fundo do vale do Curral das Freiras são menos extensos com 142 e 55 m de comprimento respetivamente.

O Túnel I tem um recobrimento máximo com cerca de 100m e o Túnel II cerca de 30m, sendo que os restantes detêm recobrimentos menores com cerca de 8 e 10m.

O grupo de túneis do Curral das Freiras é constituído por quatro túneis, os túneis I e II construídos no final da década de 50 e os túneis III e IV construídos na década de 80. A ER107, no troço onde se inserem os dois primeiros túneis, encontra-se encerrada devido à instabilidade das escarpas sobranceiras à estrada. Contudo, os túneis encontram-se em condições aceitáveis de funcionamento.

Neste grupo é evidente a diferença das características entre os túneis construídos mais recentemente e os dois túneis mais antigos. Estes encontram-se em zonas com características mecânicas distintas, sendo que os túneis I e II encontram-se em zonas em que os maciços rochosos apresentam grande capacidade resistente, ao contrário dos túneis III e IV situados num depósito de movimento de massa. Os túneis I e II apresentam geometria retangular com uma secção média de escavação de 21m², largura útil de 5m e altura útil de 4,20m, não apresentando qualquer tipo de revestimento. No Túnel I a secção corrente junto aos emboquilhamentos tem largura superior (7m) e em curva. Os túneis III e IV apresentam revestimento em betão, com secção em arco com cerca de 35m² de área útil, 7m de largura e 5,7m de altura.

4.6 Tratamento e análise de informação recolhida

4.6.1 Condições de funcionamento

Os 28 túneis rodoviários antigos da Madeira alvo deste trabalho constituem cerca de 4,8km das antigas estradas regionais, sendo que 14% destes estão encerrados (4), nomeadamente os túneis I e II no Curral das Freiras e os túneis I e II no Lugar de Baixo, 4% colapsou (1 túnel), o Túnel do Véu da Noiva e os restantes 82% (23) encontram-se em serviço (Figura 50).

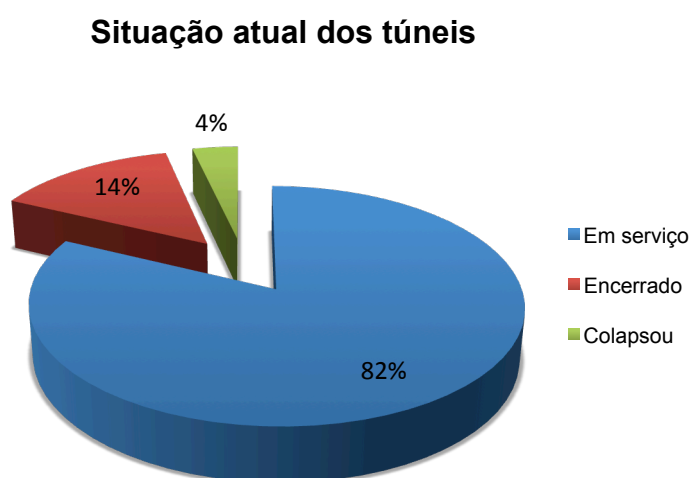


Figura 50 – Situação atual dos túneis rodoviários antigos da Madeira

Quatro dos túneis que se encontram em serviço têm funcionamento condicionado, caso dos túneis Água D'Álto, Ribeira do Inferno, Furado Pequeno e Ribeira da Janela, sendo que os troços onde se inserem, apenas se encontram abertos ao trânsito no sentido São Vicente – Porto Moniz, durante o dia e quando as condições atmosféricas são favoráveis.

O facto de existirem quatro túneis encerrados e outros quatro com funcionamento condicionado, não está diretamente ligado às condições de estabilidade verificadas nos túneis, mas sim à instabilidade das encostas sobranceiras às vias onde estes se inserem.

4.6.2 Distribuição dos túneis pelos complexos vulcânicos

Na Tabela 11 apresenta-se a distribuição dos túneis pelos complexos vulcânicos com a subdivisão pelas respetivas unidades e predominância dos materiais que as constituem, após consulta da Carta Geológica da Madeira (A. B. Silveira, et al. 2010),

Tabela 11 – Distribuição dos túneis pelos complexos vulcânicos

Complexo vulcânico	nº túneis	%	Unidades	nº túneis	%	Predominância	nº túneis	%
CVM	22	78,6	CVM2	14	50,0	β	10	35,7
						Pi	3	10,7
						Dm	1	3,6
			CVM3	8	28,6	β	6	21,4
						Dm	2	7,1
CVS	6	21,4	CVS1	3	10,7	β	3	10,7
			CVS2	3	10,7	β	2	7,1
						Pid	1	3,6

Dos 28 túneis cerca de 79% localizam-se no complexo vulcânico intermédio (CVM), e cerca de 21% (6 túneis) no complexo vulcânico superior (CVS). No complexo vulcânico intermédio (CVM), 50% dos túneis (14 túneis) foram inseridos na unidade de Penha d'Águia (CVM2) e cerca de 29% (8 túneis) na unidade do Curral das Freiras (CVM3). Por sua vez, no complexo vulcânico superior (CVS), cerca de 11% (3 túneis) interessaram, quer a unidade dos Lombos (CVS1), quer a unidade do Funchal (CVS2).

Verifica-se que a maioria destes túneis situam-se em maciços rochosos pouco alterados e pouco fraturados, como é o caso da maioria das unidades estratigráficas pertencentes ao complexo vulcânico intermédio. No caso das formações do complexo vulcânico superior, estes apresentam-se em geral mais alterados e fraturados, com uma constituição heterogénea, demonstrando-se menos competentes, comparativamente às formações do complexo vulcânico intermédio.

Constata-se através da análise efetuada que 75% dos túneis, ou seja, 21 túneis, estão inseridos em áreas maioritariamente compostas por derrames lávicos (β) e apenas 14% (4 túneis) a áreas com predominância piroclástica (pi) e a zonas de depósitos piroclásticos de queda geralmente alterados (pid) e três túneis (11%) encontram-se, ainda, em depósitos de movimentos de massa (dm).

4.6.3 Configuração da secção

No gráfico seguinte, Figura 51, apresenta-se a evolução temporal da secção média de escavação paralelamente à largura média dos túneis antigos.

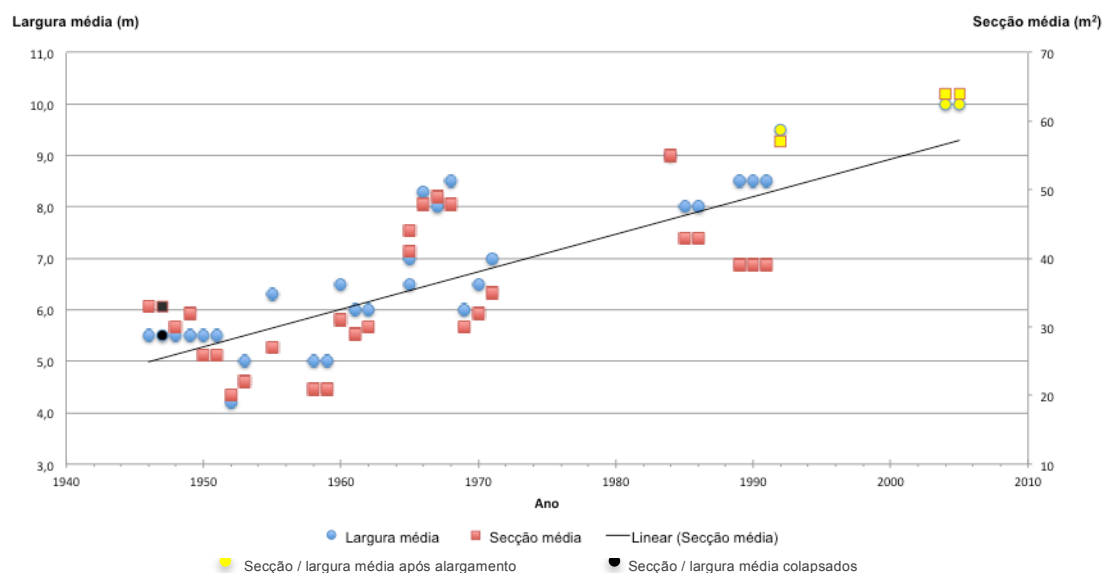


Figura 51 – Evolução da largura e da secção média dos túneis antigos ao longo dos anos

Verifica-se um aumento gradual das secções médias ao longo do tempo, como mostra a linha de tendência obtida na representação gráfica anterior. Os túneis rodoviários construídos nas décadas de 40, 50, início da década de 60 e os três túneis do Paul do Mar (1971), apresentam uma secção retangular com cerca 20 a 40m², com largura média de 5,5m.

Os restantes túneis, construídos nas décadas de 60 e 80, apresentam secções médias entre os 40 e 55m², com largura média de 7,5m.

Verifica-se que com o passar dos anos e com o aumento da área de secção, os túneis de um modo geral, evoluíram de uma geometria predominantemente retangular ou quadrada, cerca de 79% (22 túneis), para uma secção com abóbada em arco, cerca de 21% (6 túneis).

No gráfico estão também representados, a amarelo, os túneis que foram sujeitos a alargamento, caso dos túneis do Caniçal (1992) e dos túneis Fajã da Parreira e Ponta do Sol II (inícios de 2000), onde foi considerada uma geometria inicial semelhante aos túneis do grupo a que pertencem, passando para uma geometria em arco após o alargamento.

Representado a preto encontra-se o túnel do Vêu da Noiva que colapsou em 2008, tendo sido considerada uma geometria idêntica aos restantes túneis do mesmo grupo.

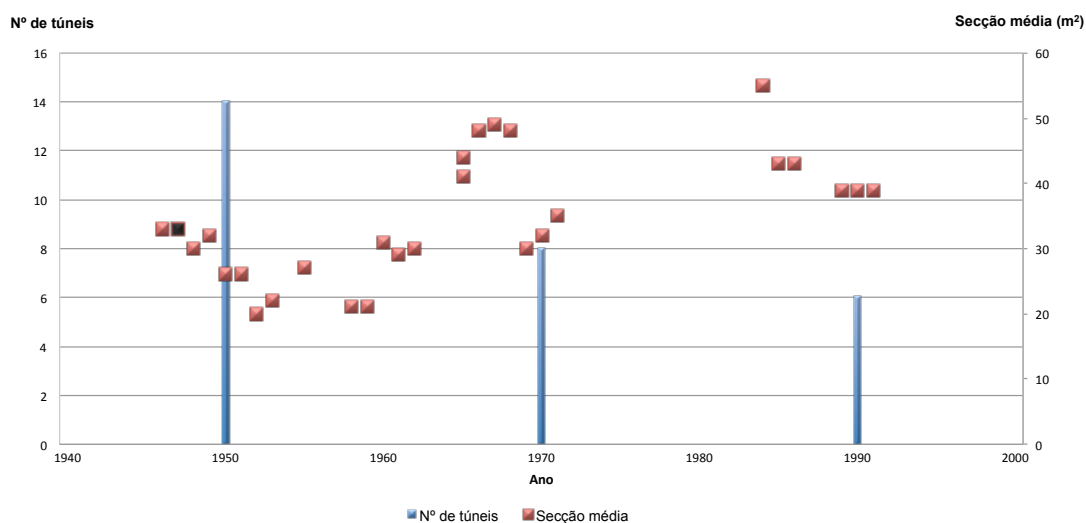


Figura 52 – Evolução do número de túneis e de secção média dos túneis antigos ao longo dos anos

Com base na Figura 52, é possível observar que entre as décadas de 40 e início da década de 60 foram construídos 14 túneis com secção média de 30m^2 (entre os 20 e 35m^2) e entre 1965 e 1970 construíram-se 8 túneis com secção média de 40m^2 (entre os 30 e 50m^2), todos eles com geometria retangular ou quadrada. Finalmente, na década de 80, foram construídos 6 túneis com secção média de 45m^2 (entre 40 e 55m^2), com geometria em arco.

4.6.4 Revestimentos

Alguns dos túneis antigos encontram-se revestidos em zonas pontuais ou em toda a secção corrente, podendo existir vários tipos de revestimento no mesmo túnel. Na tabela 12 encontram-se os túneis revestidos com a descrição e localização dos revestimentos existentes em cada túnel, assim como a geologia da zona em que se inserem.

Tabela 12 – Descrição dos revestimentos aplicados nos túneis antigos

Grupo	Túnel	Ref. ^a	Geologia	Revestimento	Descrição	Localização
Este	Caniçal	TA 1	CVM2 β	Betão armado	Betão armado (C20/25, A400ER) com espessura de 0,35m	Emboquilhamentos
				Pregagens+malha +betão projetado	Pregagens (Ø25mm), malha electrosoldada (AQ50) e betão projetado	Secção corrente
Nordeste	Eng. Duarte Pacheco	TA 2	CVM2 β	Betão ciclópico	Três revestimentos em arco; espessura média de 0,25m	Um desde o emboquilhamento nordeste até 40m para o interior. As outras no interior do túnel ambas com cerca de 20m de extensão
Noroeste	Água D'Alto	TA 5	CVM2 β	Betão ciclópico	Um revestimento em arco, espessura variável entre os 0,3m e 1m	Localizado a 20m do emboquilhamento oeste. Este compreende uma extensão de 19,6m
	Fajã da Parreira	TA 8a	CVM2 dm	Betão armado	Betão armado com espessura de 0,5m	Secção corrente
Oeste	Túnel II	TA 13	CVM2 pi	Betão ciclópico	Um revestimento em arco, com espessura média de 0,5m	Situado desde o emboquilhamento sul até cerca de 80m para o interior
	Túnel III	TA 14		Betão ciclópico	Revestimento dos hasteais em toda a extensão e um revestimento em arco; espessura média 0,65m	Revestimento secção total desde o emboquilhamento noroeste até cerca de 7m para o interior; Hasteais em toda a extensão
Sul	Madalena do Mar	TA 15	CVM2 β	Betão	Revestimento dos hasteais; espessura variável entre 0,25 e 1,5m	Emboquilhamento este
				Betão projetado	Espessura < 3cm	Secção corrente
	Madalena do Mar (Areia)	TA 16	CVM2 β	Betão	Revestimento nos hasteais; espessura média de 0,25cm	Emboquilhamento oeste e nos 65m que o antecedem
				Anjos	TA 17	CVS2 β
	Ponta do Sol I	TA 18	CVS1 β	Betão	Revestimento em arco, com espessura média nos hasteais de 0,8m e 0,65m na abóbada; revestimento dos hasteais	Revestimento secção total situado nos 53m iniciais a partir do emboquilhamento sudeste; revestimento em toda a extensão no hasteal nordeste e até meia extensão no hasteal sudoeste, sentido sudeste-noroeste
				Betão projetado	Espessura < 3cm	Emboquilhamento noroeste até cerca de 10m para o interior.
	Ponta do Sol II	TA19a	CVS2 β	Betão armado	Betão armado com espessura de 0,5m	Secção corrente
Lugar de Baixo I	TA20	CVS1 β	Betão	Revestimento do hasteal sudeste, espessura variável entre 0,5m e 2m	Emboquilhamento nordeste até cerca de 40m para o interior	
			Pregagens+malha +betão projetado	—————	Emboquilhamento nordeste ate cerca de 30m para o interior	
Paul da Serra	Túnel I	TA 22	CVM3 β	Betão	Revestimento no hasteal sudeste, com espessura de 1m numa extensão de 13m	Emboquilhamento nordeste até 13m para o interior
				Betão projetado	Espessura < 3cm	Secção corrente desde os emboquilhamentos até 20m para o interior
	Túnel II	TA 23		Betão projetado	Espessura < 3cm	Emboquilhamentos e Secção corrente
	Túnel III	TA 24		Betão	Revestimento do hasteal sudeste, espessura de 1m	Emboquilhamento sudoeste, numa extensão de 10m.
Curral das Freiras	Túnel III	TA 27	CVM3 dm	Betão armado	—————	Secção corrente
	Túnel IV	TA 28		Betão armado	—————	Secção corrente

Através da análise da tabela 12 constata-se que dos 28 túneis cerca de 60% (17 túneis) possuem algum tipo de revestimento. Relacionando os túneis revestidos com o complexo vulcânico em que se inserem, verifica-se que dos 22 túneis inseridos no complexo vulcânico intermédio (CVM), 60%, ou seja, 13 túneis possuem revestimento e dos 6 túneis pertencentes ao complexo vulcânico superior (CVS), 67%, ou seja, 4 túneis apresentam revestimentos, demonstrando que existe maior incidência de revestimentos nos túneis do grupo sul, inseridos no complexo vulcânico superior.

Os revestimentos de secção total ou parcial, foram executados, regra geral, em zonas localizadas dos túneis com afluência de água ou em zonas em que o maciço apresentava menores características resistentes. Os revestimentos em betão ciclópico ou simples de secção total ou parcial apresentam espessuras variáveis entre os 0,2m e 1m. Associados a estes revestimentos foram feitos enchimentos com pedra entre o revestimento e o maciço, preenchendo as zonas de sobre-escavação. O betão projetado existente em alguns dos túneis, em zonas pontuais ou em toda a secção corrente, apresenta-se, regra geral, com espessura insuficiente e muito deteriorado. Os revestimentos em betão armado coincidem com os túneis construídos ou alargados mais recentemente.

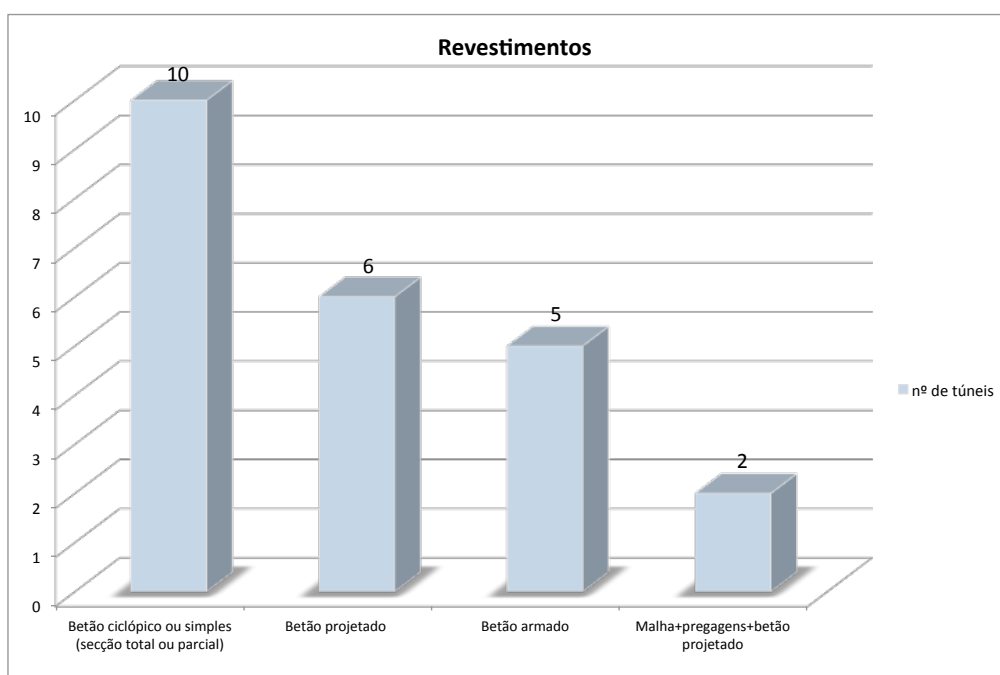


Figura 53 – Relação dos vários tipos de revestimentos nos túneis rodoviários antigos

A Figura 53 relaciona o número de túneis com os vários tipos de revestimentos existentes, podendo o mesmo túnel possuir mais do que um tipo de revestimento. Verifica-se que os revestimentos com betão ciclópico ou simples de secção parcial (hasteais) ou total com geometria em arco são os mais frequentes, encontrando-se em cerca de 60% (10 túneis) dos túneis revestidos. Dos túneis em estudo, seis possuem revestimento parcial ou total com betão projetado, cinco com betão armado e dois com malha+pregagens+betão projetado.

4.6.5 Recobrimento

O recobrimento máximo dos túneis antigos variam na sua grande maioria, entre os 10m e 70m. Constituem exceção os túneis do Caniçal e Eng.º Duarte Pacheco com aproximadamente 300m e 200m de recobrimento, respetivamente. Após tratamento estatístico verificou-se que o valor da mediana é de 30m.

Na tabela geral de caracterização dos túneis, que se apresenta no Anexo 3 são apresentados os recobrimentos referentes a cada túnel.

CAPITULO V – Análise bidimensional

5.1 Introdução

Com o objetivo de avaliar o comportamento dos túneis realizou-se uma análise paramétrica bidimensional (em estado plano de deformação) de duas secções representativas dos túneis antigos. Para tal foi utilizado o método dos elementos finitos, recorrendo-se ao programa de cálculo PLAXIS, desenvolvido pela Plaxis bv, na versão 2010.01.

Este software permite analisar a forma como o maciço envolvente responde às sucessivas fases de cálculo efetuadas para simular o faseamento da escavação. Esta análise com um modelo contínuo não considera zonas localizadas do maciço onde poderá ocorrer queda de blocos.

Foram efetuados cálculos variando a secção e as características geotécnicas do maciço. Adotaram-se duas secções e dois materiais com parâmetros de resistência considerados representativos das situações reconhecidas nos levantamentos efectuados aos túneis antigos da ilha da Madeira.

5.2 Secções

As duas secções consideradas para o modelo de cálculo são apresentadas na Figura 54. A secção A é representativa dos túneis construídos na década de 40 e 50 enquanto, por sua vez, a secção B é representativa dos túneis construídos na década de 60.

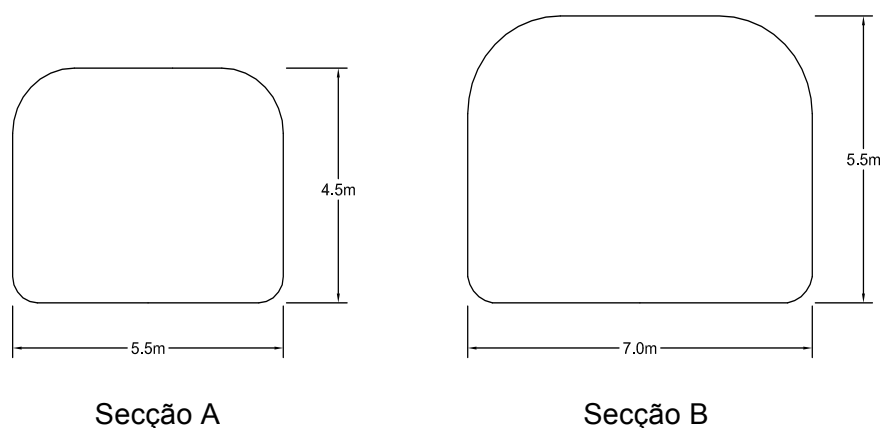
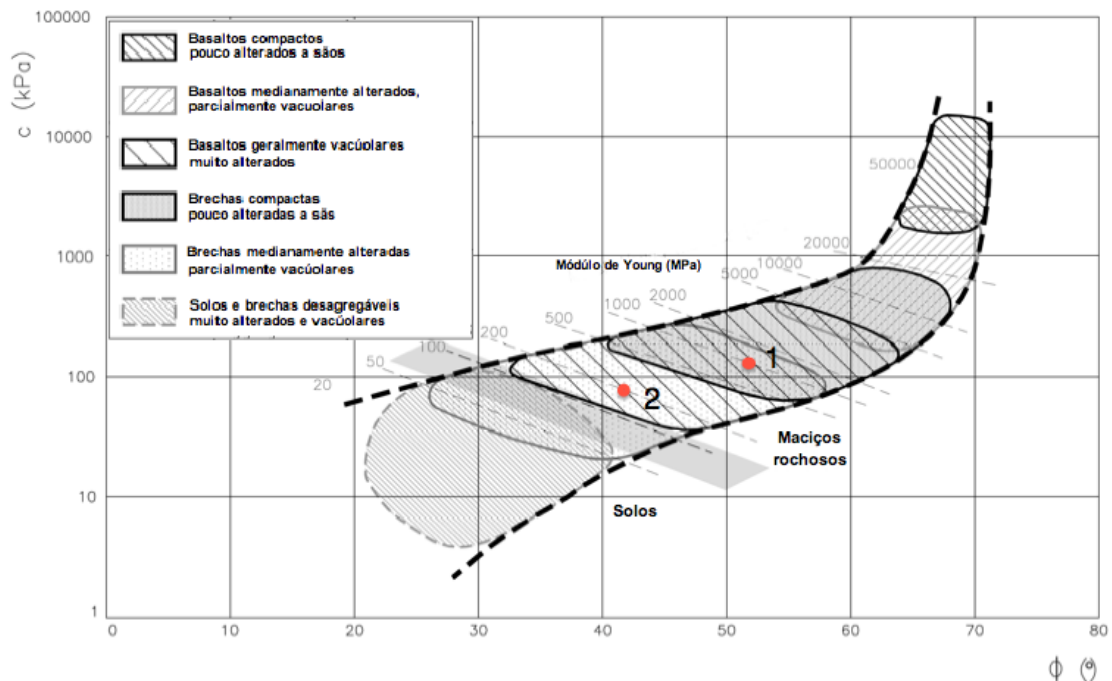


Figura 54 - Secções adotadas no modelo de cálculo

5.3 Características dos maciços

Após o levantamento de campo, verificou-se que apesar da grande heterogeneidade e complexidade litológica e estrutural dos maciços vulcânicos, os túneis antigos foram escavados em maciços com boas características geotécnicas, variando entre basaltos são a ligeiramente alterados e brechas moderadamente alteradas a parcialmente vacuolares.

Os parâmetros de resistência para estes maciços distribuem-se de acordo com a Figura 55, onde se encontram assinalados os dois conjuntos de parâmetros de resistência e deformabilidade (c , Φ e E) escolhidos para esta análise (Lourenço, et al. s.d.).



Legenda:

- 1 – Maciço do tipo 1
- 2 – Maciço do tipo 2

Figura 55 - Parâmetros de resistência em formações vulcânicas da ilha da Madeira

Os dois maciços rochosos considerados são representativos dos terrenos interessados pelos túneis antigos. O primeiro corresponde a maciços rochosos bastante a medianamente resistentes (maciço do tipo 1), onde se incluem os basaltos muito alterados, geralmente vacuolares e as brechas pouco alteradas. O segundo corresponde a maciços rochosos menos resistentes (maciço do tipo 2), onde se incluem os basaltos muito fraturados e alterados e as brechas medianamente alteradas e parcialmente vacuolares.

Na tabela 13 apresentam-se os parâmetros adotados para os maciços do tipo 1 e do tipo 2. Os parâmetros coesão (c), ângulo de resistência ao corte (Φ), e módulo de Young (E) foram retirados da Figura 55. Os valores de peso volúmico (γ), de coeficiente de impulso em repouso (K_o) e o coeficiente de Poisson (ν), correspondem aos valores habitualmente utilizados em cálculos deste género, baseados na experiência adquirida pela Cenor. Foi ainda considerada uma resistência à tração (σ_t) para cada tipo de maciço, compatível com os materiais considerados, estimada através do critério de Hoek-Brown (Hoek, Carranza-Torres e Corkum 2002), (Lourenço, et al. s.d.).

Tabela 13 – Parâmetros adotados

Maciço rochoso	Parâmetros de cálculo						
	γ (kN/m ³)	C (kPa)	Φ (°)	E (Gpa)	σ_t (kPa)	K_o	ν
Maciço do tipo 1	23	120	52	1	30	0,6	0,38
Maciço do tipo 2	22	80	42	0,5	5		

O maciço rochoso do tipo 1 procura representar a envolvente inferior dos maciços rochosos que podem ser escavados sem revestimento primário, com a maior secção dos túneis antigos (secção B) e o maciço rochoso do tipo 2 procura representar a envolvente inferior dos maciços rochosos que podem ser escavados sem revestimento primário com a menor secção dos túneis antigos (secção A).

5.4 Faseamento de escavação

Na pesquisa bibliográfica efetuada na Direção de Obras Públicas no Arquivo Regional da Madeira, foi possível verificar que a maioria dos túneis antigos da Madeira foram escavados segundo o método de galeria de avanço (capítulo 2.2.3.2).

O faseamento de escavação considerado para as duas secções em estudo consistiu, numa 1ª fase, na abertura de uma galeria de avanço ou piloto, de geometria retangular, com 2m de largura por 2,5m de altura (1) e, numa 2ª fase, na escavação da restante secção (2), como representado na Figura 56. Este faseamento foi o considerado nos cálculos de elementos finitos realizados.

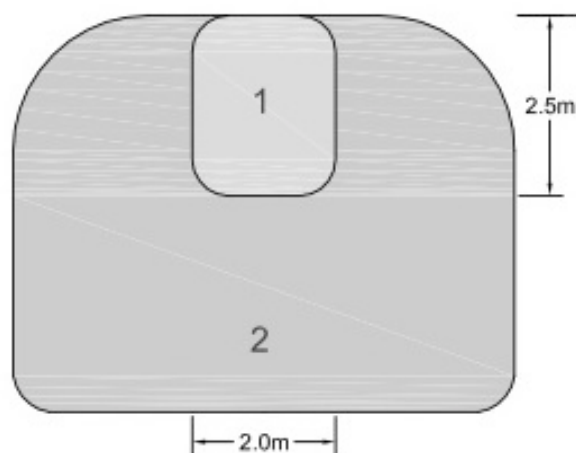


Figura 56 – Faseamento executivo

5.5 Modelo de cálculo

Como já referido, o modelo de cálculo foi desenvolvido recorrendo ao método dos elementos finitos, no programa comercial Plaxis (v. 2010.01).

O modelo foi desenvolvido em estado plano de deformação bidimensional baseado no critério Mohr-Culomb, utilizando para tal, elementos finitos triangulares de 15 pontos nodais, para obter maior rigor nos resultados, tendo sido adotado um estado de tensão gravítico com os respetivos pesos volúmicos apresentados no capítulo 5.3. A geometria destas obras, de configuração linear e grande extensão, e tendo-se adotado um maciço homogéneo, justificam a escolha de uma análise bidimensional simplificada, em vez de uma análise tridimensional.

Foi adotado um recobrimento de 30m, que se considerou representativo da maioria dos túneis reconhecidos no âmbito deste trabalho (capítulo 4.6.5).

A malha de elementos finitos é apresentada na Figura 57. De modo a refinar a malha na envolvente da secção a escavar, foi executado um quadrado com dimensões 20m por 20m.

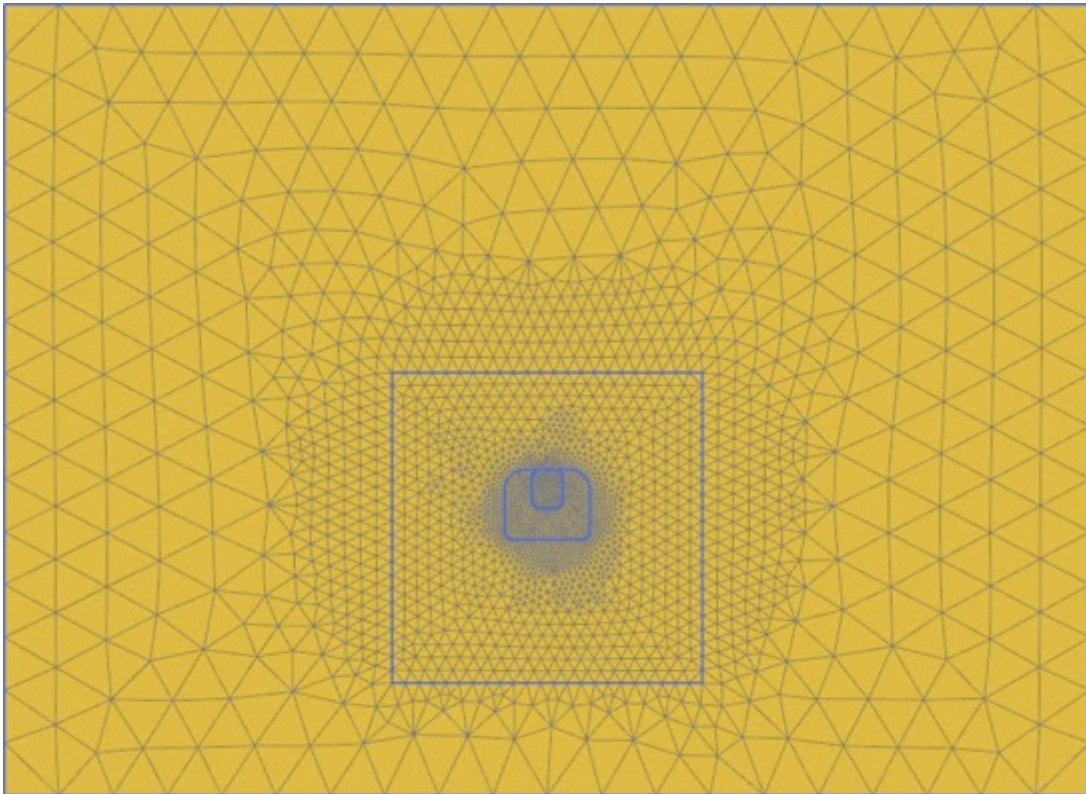


Figura 57 – Malha de elementos finitos desenvolvida

Como condição de fronteira foram restringidos os deslocamentos horizontais nas fronteiras laterais e os deslocamentos verticais e horizontais na fronteira inferior.

Foram adotadas vigas sem inércia no contorno da escavação, a fim de estudar a deformada após escavação.

5.6 Faseamento de cálculo

O faseamento de cálculo procurou respeitar o faseamento construtivo apresentado no subcapítulo 5.4.

Assim, o cálculo segue as seguintes fases:

- i. Geração do estado de tensão inicial, através do K_0 ;
- ii. Abertura da galeria de avanço de geometria retangular, com 2m de largura e 2,5m de altura e ativação dos elementos viga no contorno da escavação;
- iii. Cálculo da segurança (redução gradual de c e $\text{tg } \phi$);
- iv. Escavação da restante secção (a partir da fase ii.) e ativação dos elementos viga no contorno da escavação;
- v. Cálculo da segurança.

Nas Figura 58 e 59 apresenta-se, a título de exemplo, as fases ii. e iv. do cálculo.

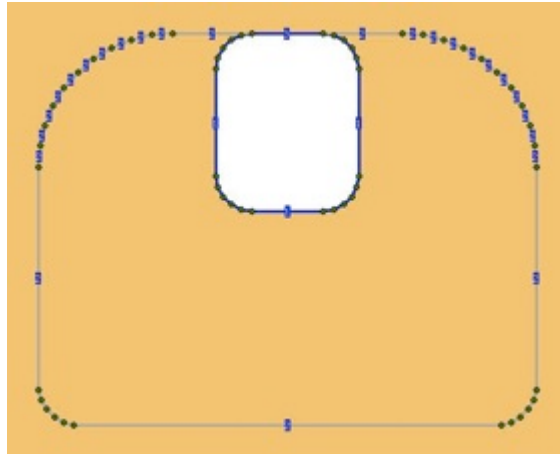


Figura 58 - Primeira fase de escavação (fase ii.)

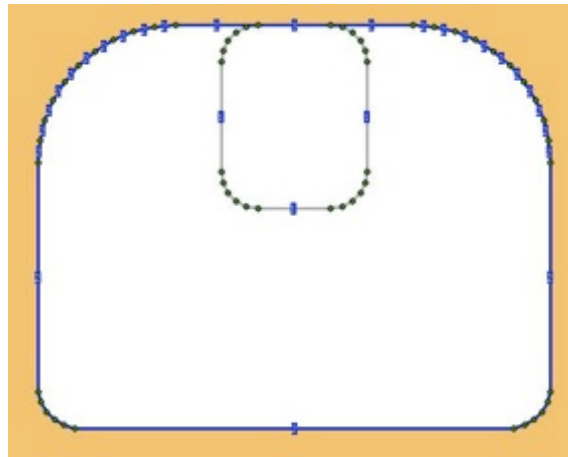


Figura 59 - Segunda fase de escavação (fase iv)

Como se indicou, nos modelos de cálculo foi considerada uma fase de cálculo do fator de segurança após cada fase de escavação. O programa de cálculo permite nesta fase obter automaticamente um fator (ΣM_{sf}) relativo à redução dos parâmetros - coesão e tangente do ângulo de resistência ao corte - do modelo, até este atingir o colapso, permitindo, posteriormente, a comparação entre os vários fatores de segurança obtidos para cada cálculo.

5.7 Resultados

Os deslocamentos máximos verticais ($U_y \max$) e os fatores de segurança (ΣM_{sf}) obtidos nos cálculos efetuados encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 - Deslocamentos máximos e fatores de segurança obtidos

		Material tipo 1		Material tipo2	
		$U_y \max$ (mm)	ΣM_{sf}	$U_y \max$ (mm)	ΣM_{sf}
Secção A	1ª fase de escavação	1,40	3,19	3,19	2,33
	2ª fase de escavação	4,02	2,46	9,17	1,83
Secção B	1ª fase de escavação	1,40	3,13	3,20	2,24
	2ª fase de escavação	5,19	2,28	12,11	1,69

Verifica-se nos vários cálculos que os deslocamentos verticais na abóbada e na soleira, com sentido para o interior da escavação são praticamente iguais. Isto é uma fragilidade do modelo, pois como o túnel é profundo, o estado de tensão no topo e na base da escavação é sensivelmente igual e o modelo é elástico linear perfeitamente plástico (praticamente não plastifica) tendo um comportamento elástico. Tal é possível verificar, por exemplo, pelas deformadas apresentadas nas Figuras 60 e 61, relativas à primeira fase de escavação.

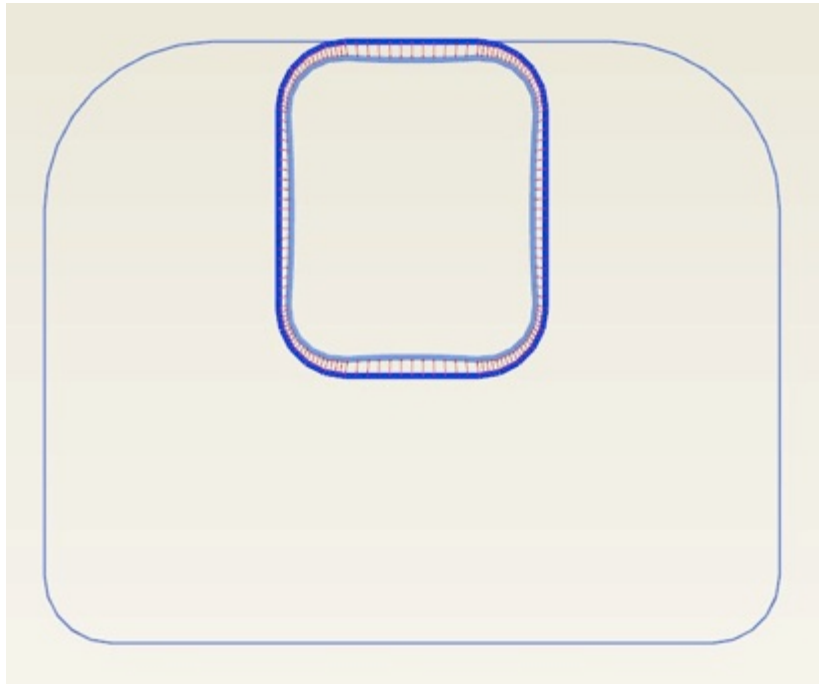


Figura 60 - Deformada material 1

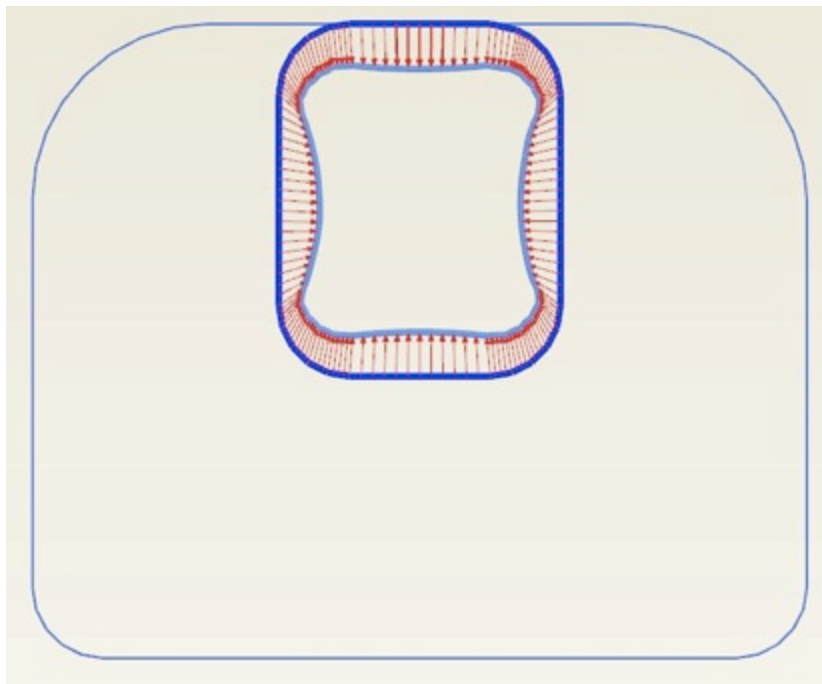


Figura 61 - Deformada material 2

Para a segunda fase de escavação, os deslocamentos máximos verticais localizam-se na abóbada que, para o material do tipo 1, são aproximadamente 1mm menores na secção A do que na secção B (Figuras 62 e 63), enquanto para o material do tipo 2, a variação dos resultados obtidos entre as duas secções é cerca de 3mm (9,17mm na secção A e 12,11mm na secção B), como se pode comprovar nas Figuras 64 e 65.

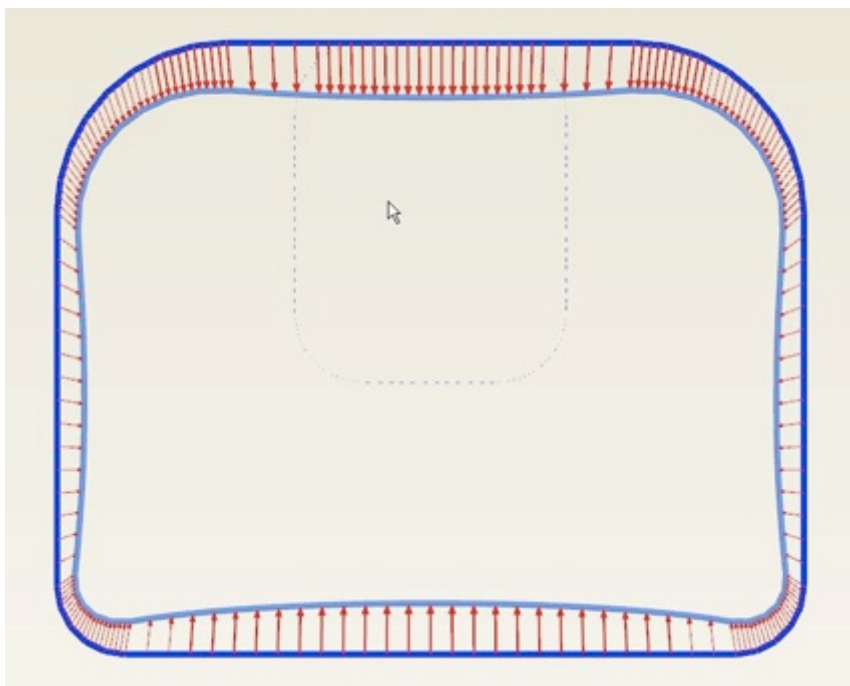


Figura 62 - Deformada material 1 (secção A)

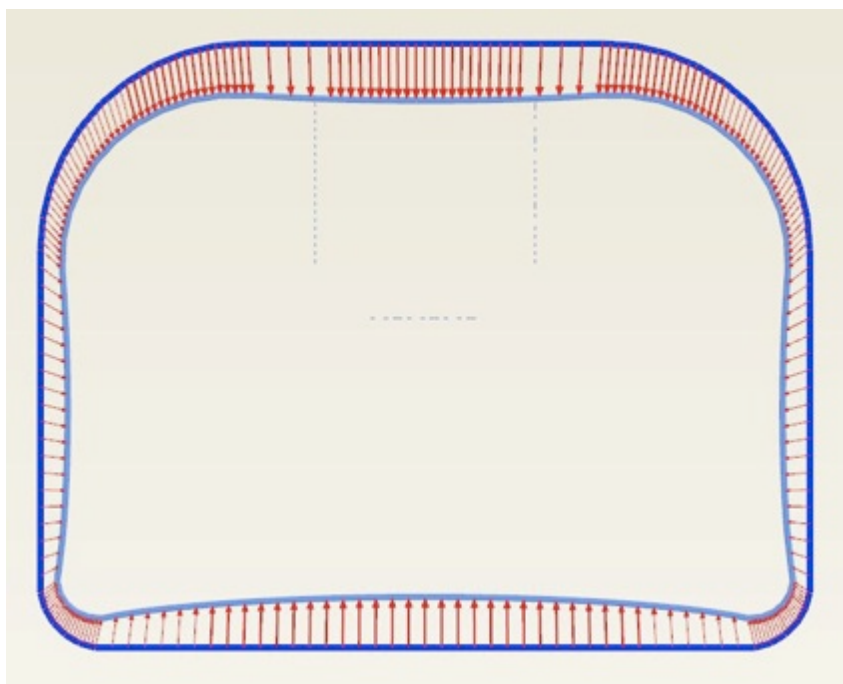


Figura 63 - Deformada material 1 (secção B)

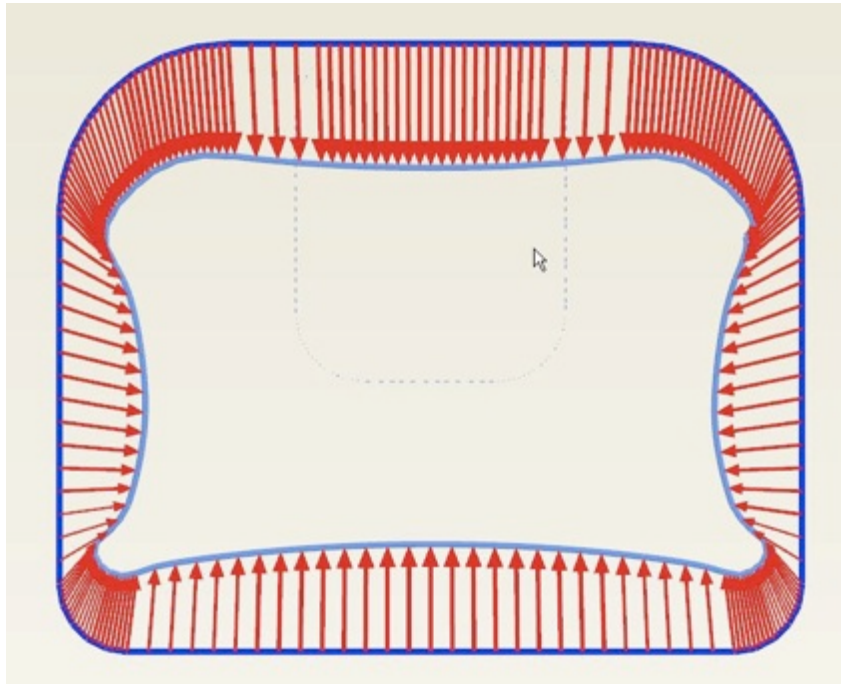


Figura 64 - Deformada material 2 (secção A)

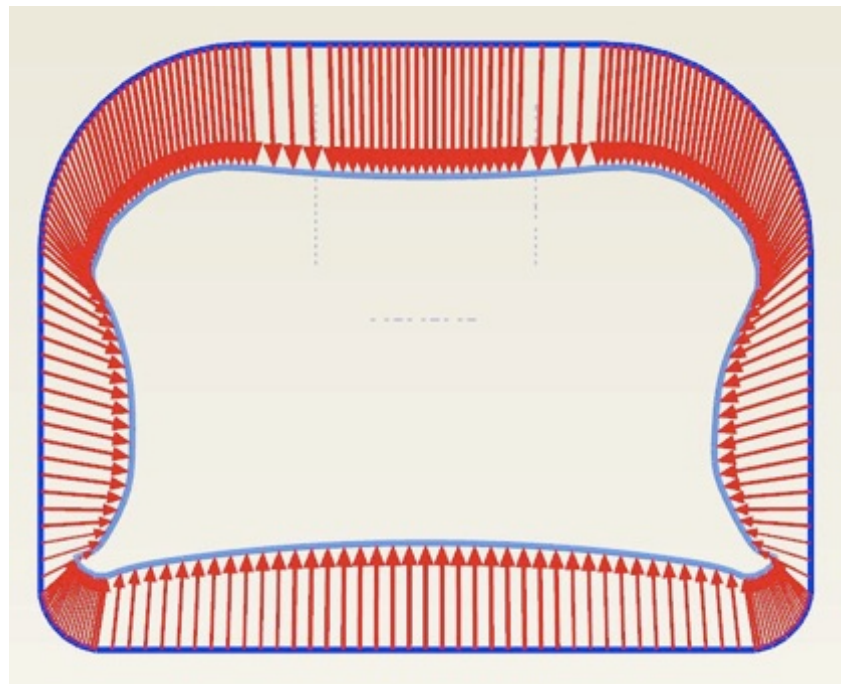


Figura 65 - Deformada material 2 (secção B)

Como se pode verificar nas Figuras 66 a 71, os pontos plásticos localizam-se sobretudo na zona dos hasteais. Isto acontece pois as tensões principais são verticais e horizontais, sendo as horizontais as menores ($K_0 = 0,6$). Assim, quando se anula o estado de tensão, correspondendo à escavação, a diminuição da tensão horizontal junto ao hasteal, provoca a plastificação da rocha, não ocorrendo o mesmo no topo com a anulação da tensão vertical.

Nos cálculos realizados para a secção plena no maciço do tipo 2, considerados os mais desfavoráveis nesta análise, os fatores de segurança (ΣMsf) obtidos foram de 1,83 para a secção A e de 1,69 para a secção B.

Foi observada plastificação na envolvente do túnel em todos os cálculos, conforme se pode observar nas Figuras 66 a 71. As zonas plastificadas apresentam maior expressão para o material do tipo 2 do que no material do tipo 1 em qualquer das fases de escavação, como seria expectável uma vez que os parâmetros usados para modelar este maciço são inferiores aos do material do tipo 1.

Nos modelos efectuados no material do tipo 1, os pontos de plastificação concentram-se junto aos hasteais (Figuras 68 e 69). Já no material do tipo 2, os pontos de plastificação alcançam uma zona mais interior do maciço, seja horizontalmente ou verticalmente, atingindo a envolvente da soleira e da abóbada, em ambas as secções estudadas (Figuras 70 e 71).

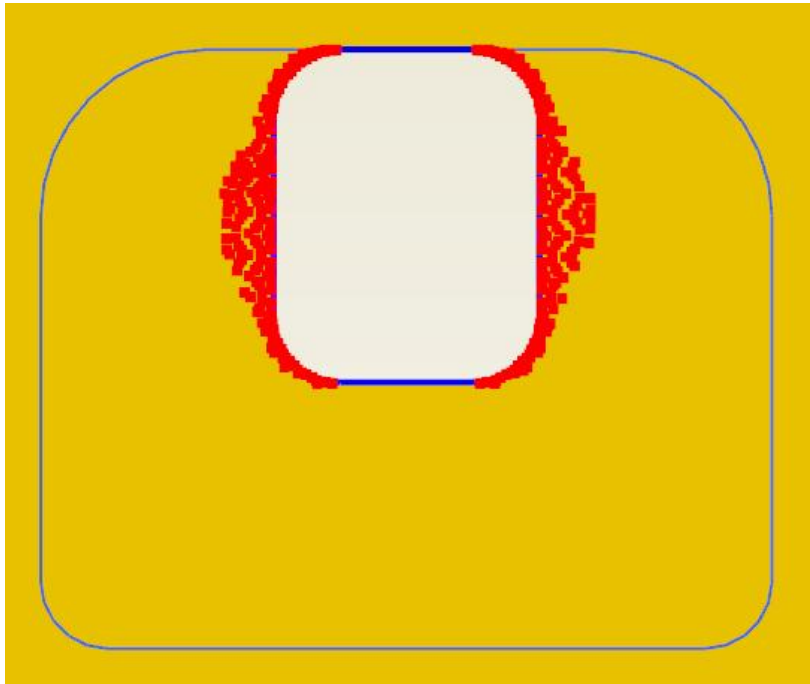


Figura 66 – Pontos plásticos material 1

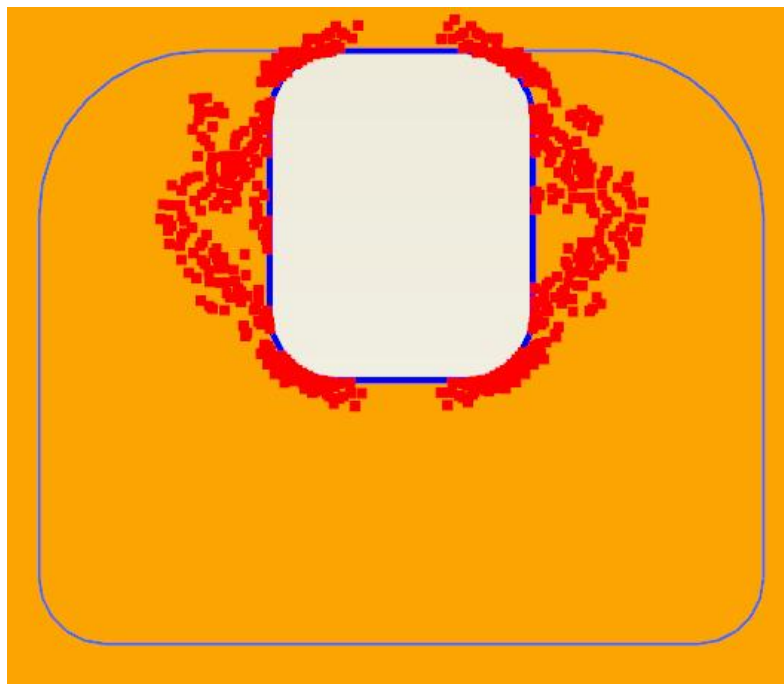


Figura 67 – Pontos plásticos material 2

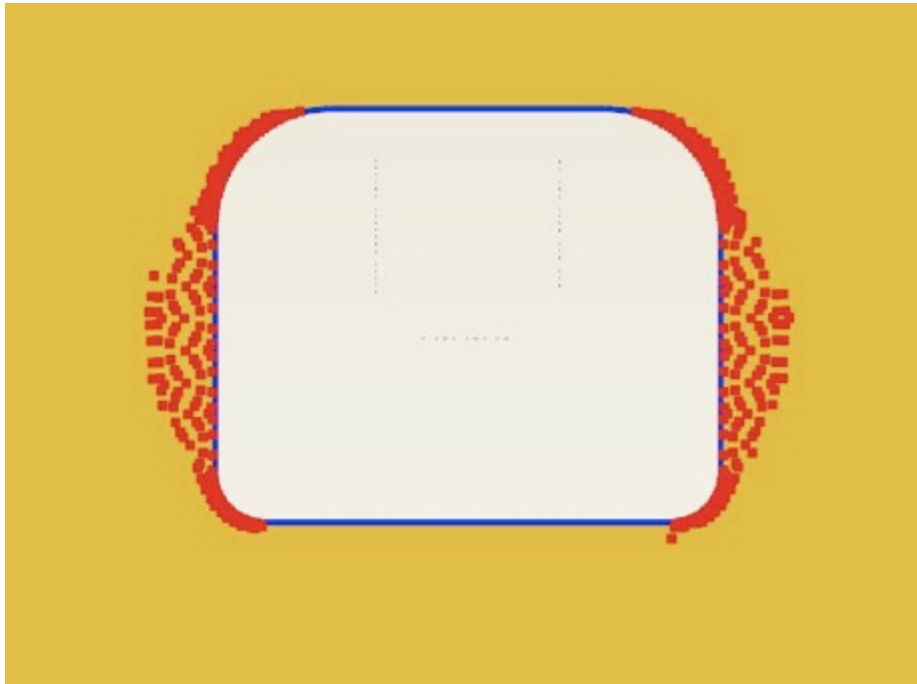


Figura 68 – Pontos plásticos material 1 (secção A)

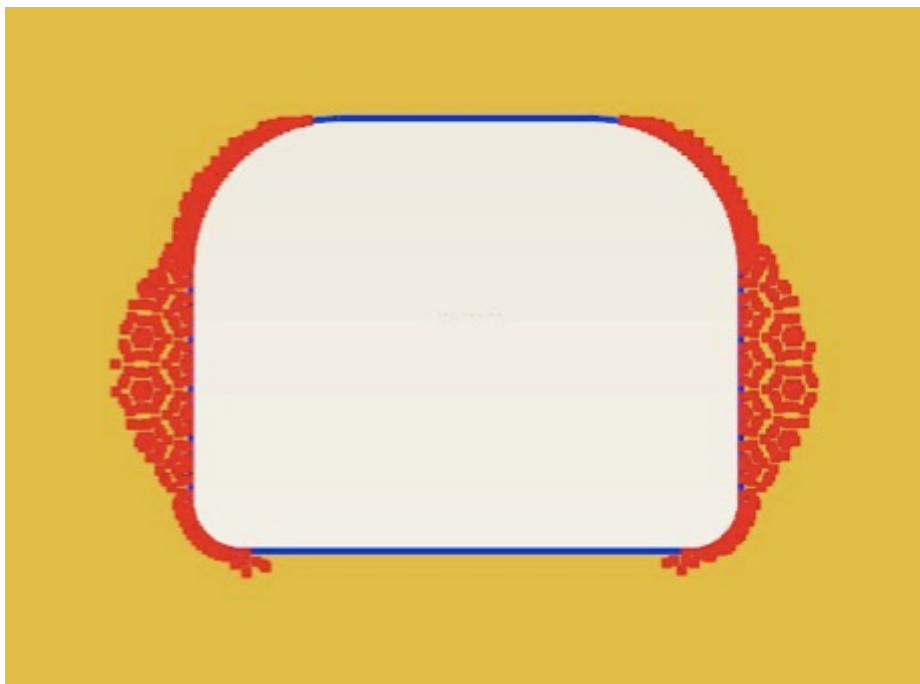


Figura 69 – Pontos plásticos material 1 (secção B)

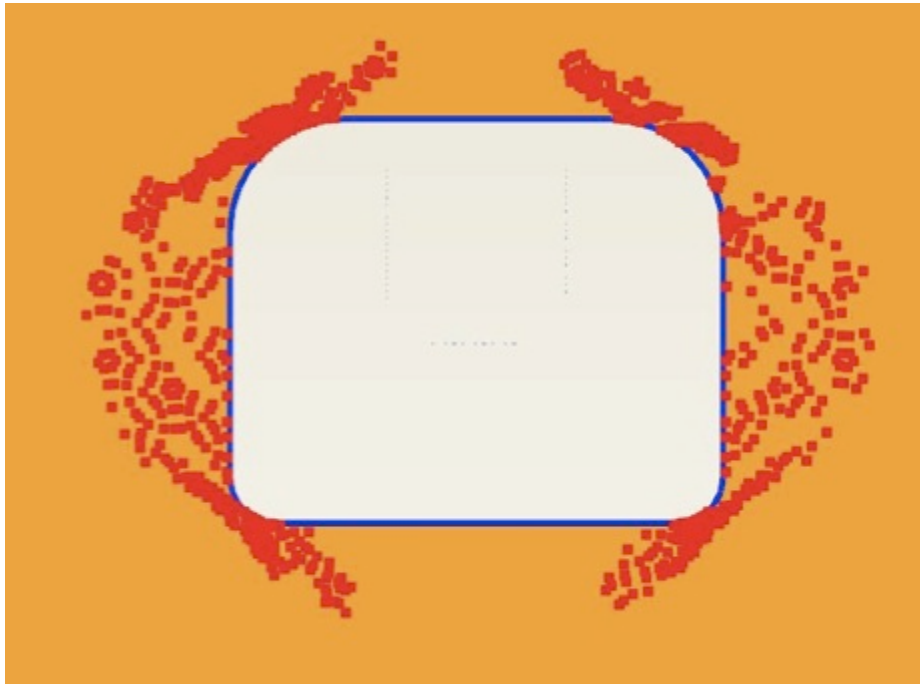


Figura 70 – Pontos plásticos material 2 (secção A)

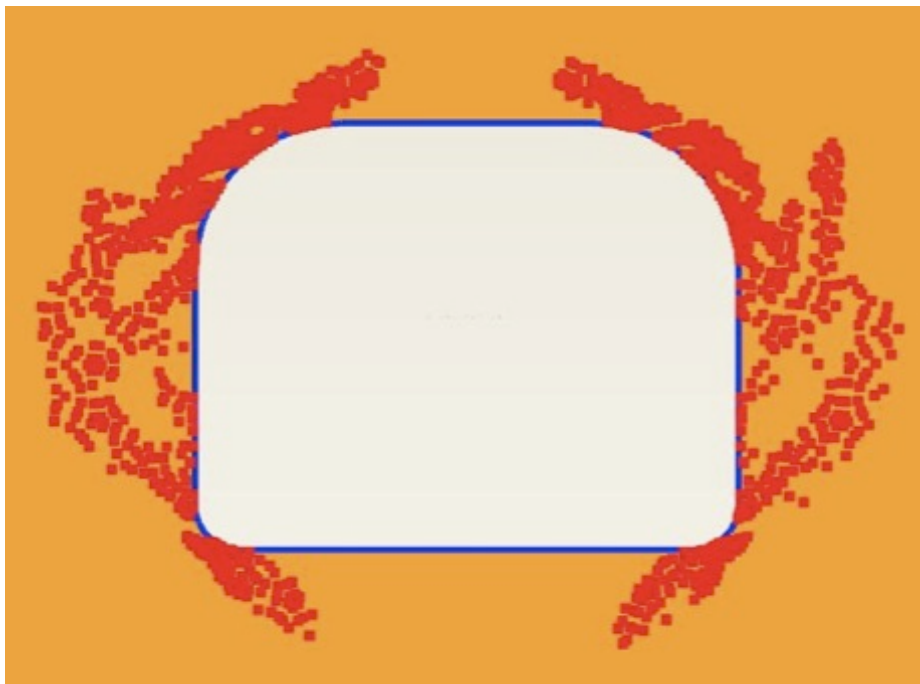


Figura 71 – Pontos plásticos material 2 (secção B)

5.8 Considerações finais

Através da análise efectuada comprovou-se que o maciço do tipo 1, onde foram escavados, praticamente na totalidade, os túneis antigos da Madeira, são competentes e autoportantes para as secções de escavação adotadas.

Confirmou-se, assim, o observado nos levantamentos efectuados, que apenas se verificava necessário recorrer ao revestimento total ou parcial da secção escavada em basaltos, apenas em zonas pontuais de intercalações de materiais com menor resistência, de maior grau de fracturação, de intersecção de zonas de falha ou zonas de grande afluência de água.

O faseamento executivo adotado permitia, por sua vez, o reconhecimento prévio do maciço a escavar, na zona mais crítica para a estabilidade dos túneis (abóbada) e a antecipação da necessidade ou não do revestimento da secção de escavação.

Para o maciço do tipo 2 verificou-se que, apesar de na primeira fase de escavação apresentar comportamento competente e autoportante, quando se procedia ao alargamento para a segunda fase (secção plena), apresentava já alguns sinais de plastificação, com deformadas superiores ao maciço do tipo 1, mas demonstrando ainda assim um comportamento autoportante admissível.

CAPITULO VI – Interesse turístico dos túneis rodoviários antigos

As estradas regionais e túneis rodoviários antigos que se encontram em utilização, além de satisfazerem, em alguns casos, as necessidades locais, também constituem uma atração turística, por serem obras de arte construídas em condições adversas.



Figura 72 – ER101 costa noroeste – Túnel Água D’Álto (Emboquilhamento oeste), 1965

O melhor exemplo é a ER101 que bordeja a ilha em todo o seu litoral, principalmente na costa norte, que se tornou numa das obras mais emblemáticas da época, e que constitui um enorme interesse turístico, pelo facto de esta ser uma via marginal construída ao longo da costa, sob grandes dificuldades executivas. Esta constitui uma espécie de miradouro contínuo, que se assume como a memória viva da primeira ligação entre as principais localidades do norte da ilha.



Figura 73 – ER101 costa noroeste - Túnel Água D'Álto (emboquilhamento este), 1965

As estradas regionais estão integradas em zonas de paisagem natural única, recortadas em arribas com centenas de metros de altura, interrompidas por linhas de água quase verticais. Atualmente algumas destas estradas encontram-se intransitáveis devido à instabilidade das encostas que lhes são sobranceiras, das quais se regista a constante queda de pedras, como é o caso da ER107 para o Curral das Freiras (Figura 74) e a ER101-10 entre o Lugar de Baixo e a Ponta do Sol.



Figura 74 – ER107 Curral das Freiras

Estas antigas vias constituem memórias vivas do passado da região, inseridas de forma quase impercetível no relevo e perfeitamente integradas na beleza natural da ilha frequentemente procurada por turistas.

Conclusões e desenvolvimentos futuros

Verifica-se que os túneis rodoviários antigos da ilha da Madeira, construídos entre 1940 e 1980, com o desenvolvimento da rede viária, evoluíram de uma secção retangular ou quadrada com cerca de 25m², para uma secção em arco com secção superior a 50m². Devido a terem sido executados em maciços de boas características resistentes (basaltos e brechas compactas) eram construídos sem qualquer revestimento, recorrendo-se apenas a revestimentos de secção total ou parcial em zonas pontuais, quando intersectados materiais com menor resistência, caixas de falha ou zonas de grande afluência de água.

Estes túneis apresentam-se, no geral, em bom estado de conservação e em boas condições de funcionamento, sendo apenas necessário proceder, em casos particulares, a algumas beneficiações.

Existem, no entanto, túneis com circulação condicionada e encerrados. Constatou-se que os túneis que se encontram condicionados, devem esse facto ao estado das vias em que se inserem também apresentarem circulação condicionada às condições atmosféricas. Por sua vez, os encerrados devem o seu estado ao facto de algumas vias terem sido, ainda, desativadas, aquando da construção de vias alternativas mais rápidas e seguras.

Verifica-se, assim, que estes encerramentos dos túneis antigos não são devidos a problemas de estabilidade dos próprios túneis, mas de instabilidade dos taludes, por vezes escarpados, que são sobranceiros às estradas onde estes se inserem.

Devido ao elevado potencial turístico que estas vias apresentam, visto constituírem uma memória viva da história da região e por proporcionarem acesso a zonas onde as vias modernas não o permitem, considerou-se pertinente a elaboração do presente trabalho, incidindo nos troços subterrâneos destas vias.

Considera-se que seria enriquecedor complementar o presente trabalho com um levantamento do estado atual dos troços a céu aberto destas vias, identificando os pontos onde seja necessário intervir, para poder ser equacionada, no futuro, a possibilidade da sua reabilitação.

Em relação ao levantamento efetuado no âmbito deste trabalho, interessa completar os campos em falta, tais como, instabilizações ocorridas e histórico de intervenções nos túneis. A dificuldade em reunir informação sobre estes túneis tornou-se evidente, verificando-se a falta de informação disponível. Perante a necessidade de intervir eficazmente em algum destes túneis, estas informações revelam-se de enorme importância, julgando-se vital uma monitorização constante.

Referências bibliográficas

CENOR, Consultores para Estudos, Projetos e Obras, Lda. *Túnel para o Caniçal, Traçado, Projeto de execução*. Vol. III, em *Concepção-construção da ER Machico-Caniçal - 1ª fase alargamento e beneficiação dos troços da Queimada e do túnel para o Caniçal*. Lisboa, 1992.

Diário de Notícias. “dnoticias.pt.” *diário de notícias*. 17 de 10 de 2008. <http://www.dnoticias.pt/multimedia/video/156068-derrocada-junto-ao-veu-da-noiva-interdita-acesso> (acedido em 5 de 2012).

Fernandes, Julieta Maria R. V., Ângela Maria F. Alves, Abel Soares Fernandes, e Irene F. B. Rodrigues. *Os transportes na Madeira*. Funchal, 1982.

Fernandes, Mariela Justina Pio. *Estudo Geral: Riscos no Concelho da Ribeira Brava movimentos de vertente cheias rápidas e inundações*. Coimbra, 2009. 2009. <https://estudogeral.sib.uc.pt/jspui/handle/10316/12826?mode=full> (acedido em maio de 2012).

Freitas, Manuel Pedro. *Câmara de Lobos - Dicionário Corográfico*. s.d. http://www.concelhodecamaradelobos.com/dicionario/tunel_curral_freiras.html (accessed 2012, 20-Maio).

Hoek, E, C Carranza-Torres, e B Corkum. “Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition.” *North American Rock Mechanics Society, Toronto, 2002*, North American Rock Mechanics Society ed.

IGA. *IGA - Investimentos e Gestão da Água, S.A.* 2012. <http://iga.igserv.pt/recursos-hidricos.html> (acedido em 30 de julho de 2012).

IGA, investimentos e gestão da água, S.A. <http://iga.igserv.pt/recursos-hidricos.html> (acedido em 30 de julho de 2012).

INETInovação. “DRCIE.” *Direção Regional do Comércio Indústria e Energia*. 2007. https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:g64ZPbhdjrAJ:drcie.gov-madeira.pt/drcie/index.php/drcie/documentos/doc_download/390-roteiro-geo-turistico-portugues+drcie.gov-madeira.pt/drcie/.../390-roteiro-geo-turistico-portugues&hl=pt-PT&gl=pt&pid=bl&srcid=ADGEESgBAQ0Q0VUQ0eJvsgw42oP9SD4v7s3c7eqvOvWITvOCxBaFakuDLyINhLvUznZ9KBx8Wi5snHdmbFiDbCkCED0AY6yTw8Ton8wJqUbvITztM_8cmTRDFUcZCJfyc3qbW_gytrZD&sig=AHIEtbT_i-6HBAhk44W_GtQQLJgPI_beJQ (acedido em 10 de Março de 2012).

Lourenço, J.C., J.M. Brito, J. Santos, S. Rosa, V. Rodrigues, e R. Oliva. "Geotechnical Characterisation of Volcanic Rocks and Soils of Madeira Island."

Pedras que falam - Do mar à montanha. Realizado por Paulo Duarte. Produzido por António Plácido. Com Emanuel Madeira. 2012.

Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Direcção-Geral do Ambiente. 1995. http://www.iambiente.pt/website/estatico/pdf/VII_03.pdf (acedido em julho de 2012).

Públicas, Direcção das Obras. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." Compiled by Arquivo Regional da Madeira. Funchal, s.d.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 101-10, Ponta do Sol - Madalena do Mar*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1961.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 1, 1.ª classe, Fajã da Parreira-Ribeira da Janela*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1947.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 1, de 1.ª classe, lanço do Arco de São Jorge - Ribeira dos Moinhos*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1945.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 1, 1.ª classe, Ramal para o Caniçal*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1951.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 101-10, lanço Tabua - Ponta do Sol*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1956.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 101-7 (Fajã da Ovelha)*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1963.

—. "Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976)." *Estrada Nacional n.º 101, km 86*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1964.

—. “Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976).” *Estrada Nacional n.º 1, 1.ª classe, Ponte de São Vicente-Fajã da Eira (Seixal)*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1941 A.

—. “Projectos e Processos de Obras, datados entre 1861 a 1990 (com incidência para o período entre 1861 e 1976).” *Estrada Nacional n.º 1, 1.ª classe, Ponta Delgada-Ribeira dos Moinhos (Boaventura)*. Compiled by Arquivo Regional da Madeira. 1941 B.

Caminhos para o futuro - A história dos transportes terrestres na Madeira. Realizado por Francisco Faria Paulino e Eduardo Costa. Produzido por Francisco Faria Paulino. 2007.

Prada, S., M.A. Gaspar, M.O. Silva, J.V. Cruz, M.M. Portela, e G.R. Hora. *Universidade da Madeira*. <http://www3.uma.pt/sprada/documentos/academicos/Recursos%20Hidricos%20da%20Madeira.pdf> (acedido em junho de 2012).

RAMEDM – Estradas da Madeira, S.A. “Região Autónoma da Madeira .” *Estradas Regionais - Túneis*. Funchal, janeiro de 2010.

Reis, Ricardo. “Modernização da rede viária da ilha da Madeira.” *Engenharia e Vida*, Novembro de 2004.

Silveira, A. Brum da, J. Madeira, R. Ramalho, P. E. Fonseca, e S. Prada. “Carta Geológica da Ilha da Madeira.” *Carta Geológica da Ilha da Madeira*. Região Autónoma da Madeira, Governo Regional da Madeira, Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais, 2010.

Silveira, António Brum da, José Madeira, Ricardo Ramalho, Paulo Fonseca, e Susana Prada. *Notícia Explicativa da Carta Geológica da ilha da Madeira na escala 1:50 000, Folhas A e B*. 1ª. Montagem por Região Autónoma da Madeira e Universidade da Madeira Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais. Funchal, 2010.

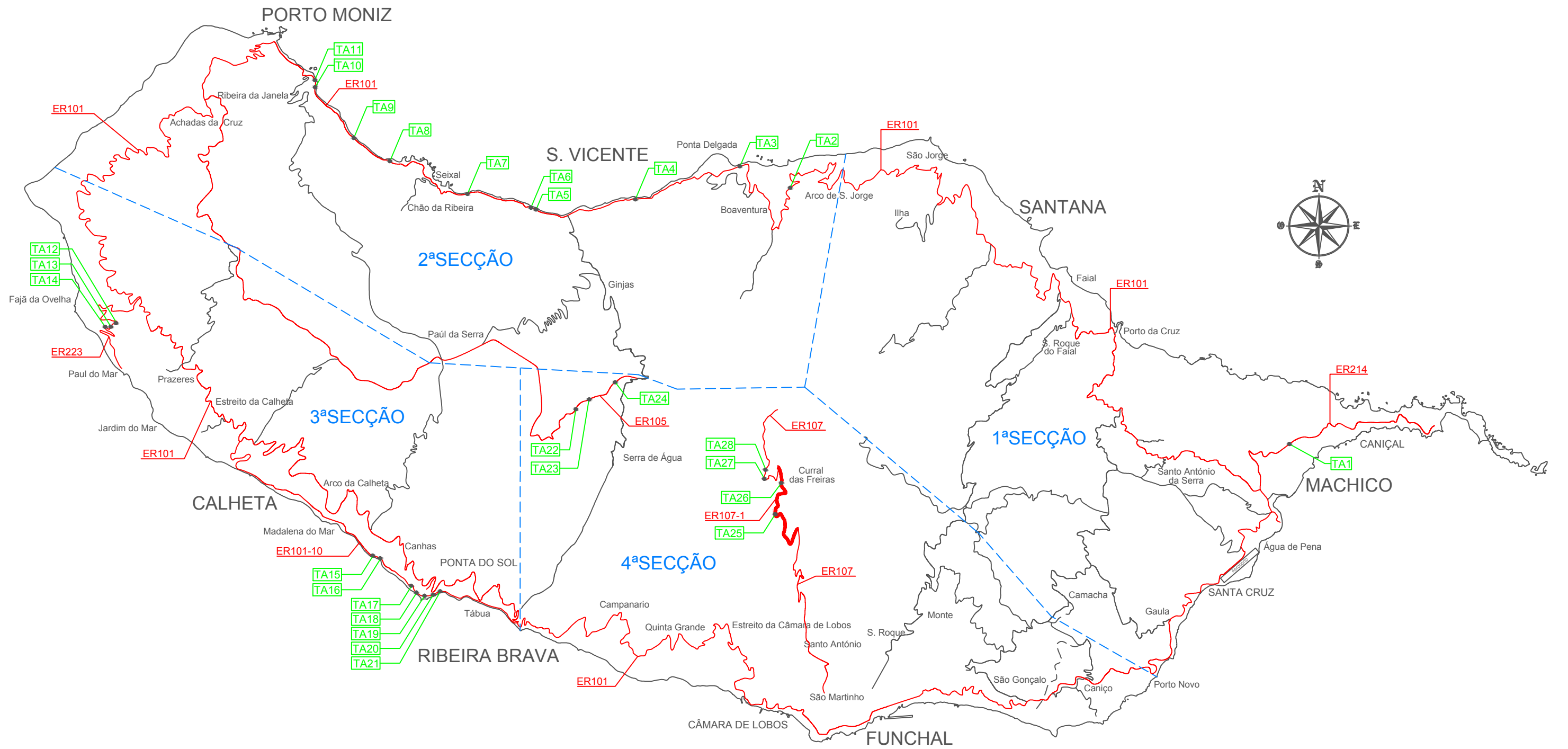
Simões, Álvaro Vieira, Jorge Sumares , e Iolanda Silva. *Transportes na Madeira*. Gráfica Maiadouro, 1983.

Vargas, Juana María Rangel. http://museoferrocarrilesmexicanos.gob.mx/secciones/cedif/boletines/boletin_6/articulos/05_tierra_ferroviana_decauville.pdf.

Anexos

Anexo 1 - Mapa da ilha da Madeira com a localização dos túneis rodoviários antigos

Mapa geral de localização dos túneis antigos



0 5000 10000 m

Anexo 2 - Fichas de caracterização

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 1 – Zona este Machico – Caniçal

Ficha de caracterização

Data levantamento: N/A

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Caniçal (TA1)	
Localização: ER-214	Locais mais próximos: Machico e Caniçal
Período de construção: 1951 a 1955	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: José Pedro Azevedo Campos
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

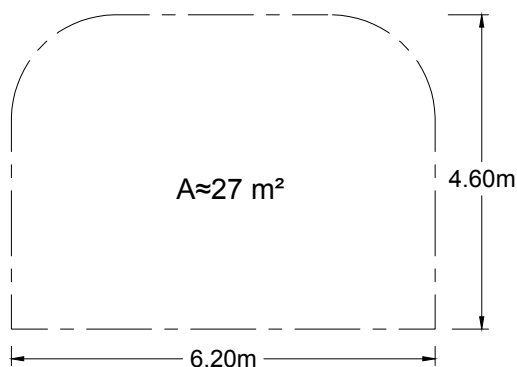
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 4m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 710m
Secção média de escavação: ≈ 27m ²	Volume total de escavação: 19170m ³
Largura útil entre hasteais: 6,2m	Altura útil: 4,6m
Área útil: 25m ²	Recobrimento médio/máximo: 100m/300m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica no seu conjunto pouco alterada (W_2) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com brechas medianamente alteradas (W_3) e com níveis de tufos em zonas pontuais.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) na parte superior, intercalada com níveis de brechas desagregáveis nas laterais.

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3), intercalada com brechas desagregáveis e tufos compactos.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água pouco significativa em zonas pontuais (CENOR-Consultores para estudos 1992)

Estado do revestimento: N/A.

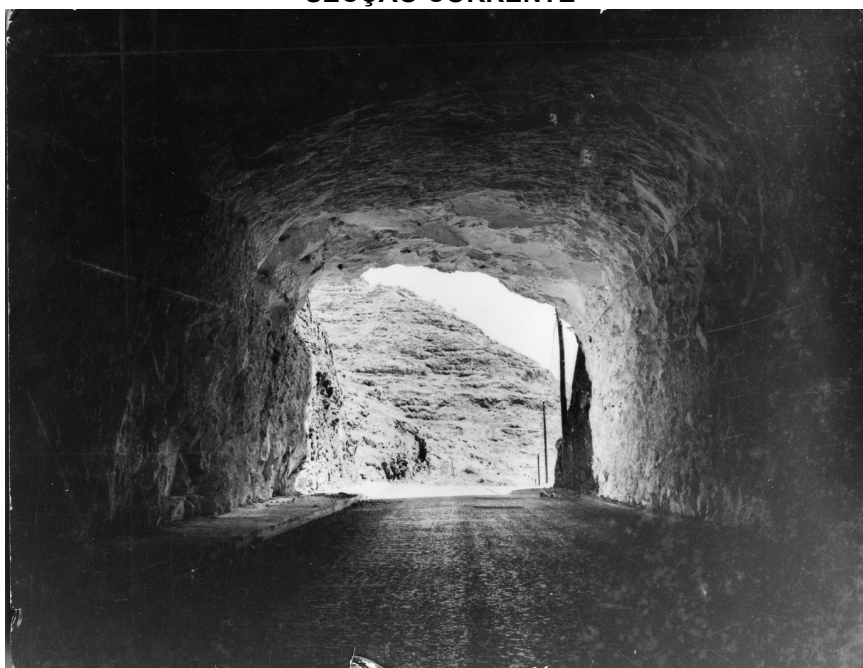
Evidência de instabilizações recentes/iminentes: No emboquilhamento nordeste, a abóbada encontra-se escavada numa camada de basaltos muito fraturados, havendo blocos em risco de queda (CENOR-Consultores para estudos 1992).

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Até 1955, data em que túnel sofreu um alargamento de $3,6m^2$ para $27m^2$ de secção, este túnel garantia uma ligação pedonal e passagem da levada. Em 1955 passou a estabelecer a primeira ligação rodoviária para o Caniçal..

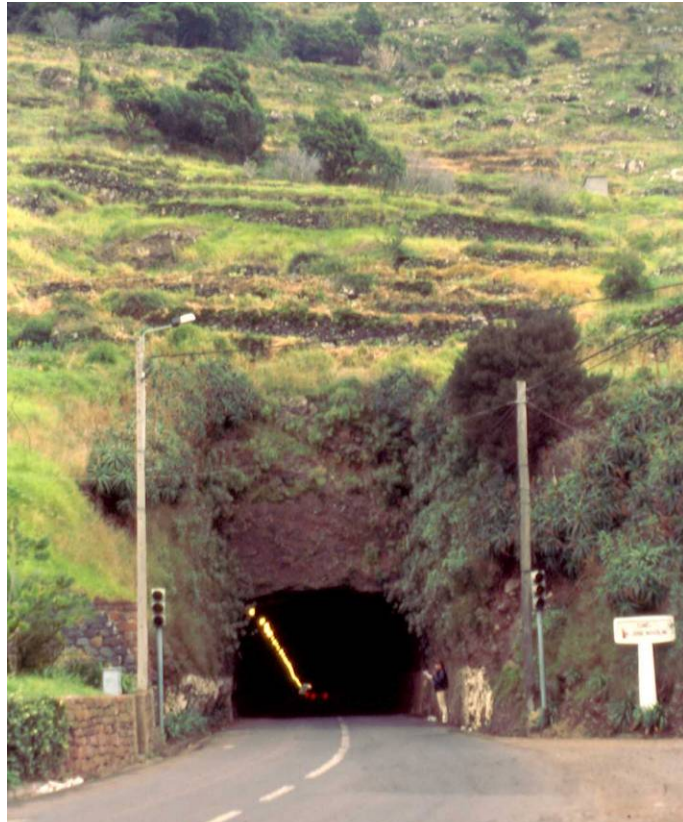
7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

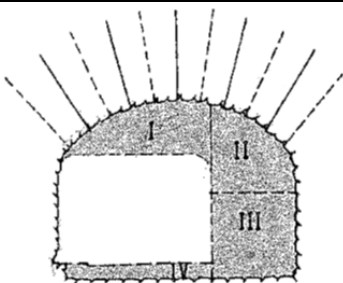
Data levantamento: 08-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Caniçal (TA1a)	
Localização: ER-214	Locais mais próximos: Machico e Caniçal
Período de construção: 1992	Data de entrada ao serviço: 1992
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Tâmega, S.A.; Somague, S.A.
Projetista: CENOR	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

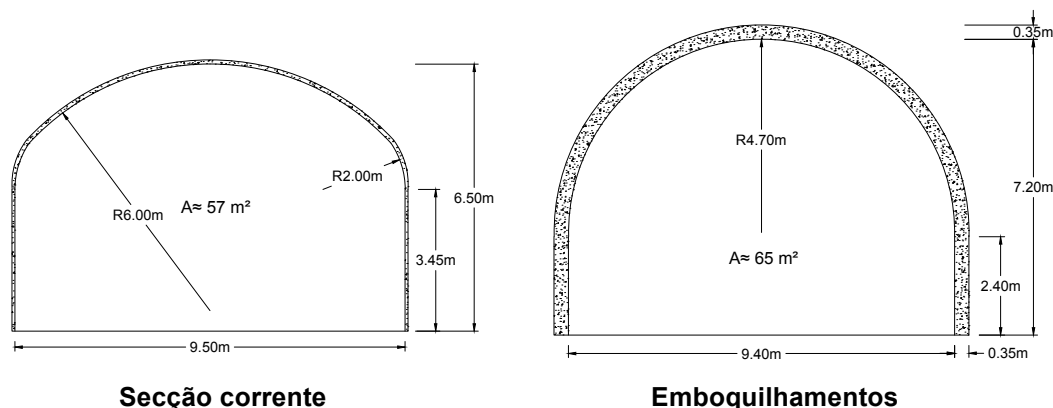
<p>Condições de funcionamento: Não condicionado.</p> <p>Método construtivo: Faseamento de escavação na sequência de I a IV, garantindo uma distância mínima de 4m à frente de escavação na zona III. Alargamento com recurso a explosivos e escavação até à secção geométrica imposta eliminando quaisquer blocos soltos, recorrendo apenas a meios movidos a ar comprimido (CENOR-Consultores para estudos 1992).</p>	
<p>Configuração da secção: Em arco, em que a abóbada, depois de colocado o revestimento, descreve uma curva definida por dois raios, um de 6m que define a zona superior mais extensa da abóbada e outra com 2m de raio nas zonas de transição para os hasteais que têm 3,45m de altura, perfazendo uma altura máxima total de 6,50m e largura de 9,5m. Os emboquilhamentos têm secção de 9,40m de largura, definida por raio de 4,7m na abóbada, garantindo uma altura total de 7,20m (CENOR-Consultores para estudos 1992).</p>	
<p>Alargamentos ou nichos: Inexistentes.</p>	
<p>Revestimento: Os emboquilhamentos são revestidos numa extensão de 8m com betão armado (C20/25, A400ER) com espessura de 0,35m. Na secção corrente, o revestimento da abóbada consiste em pregagens (Ø25mm com 4m, espaçadas de 2m em quicôncio), malha eletrosoldada (AQ50) e aplicação do betão projetado em duas camadas, 3cm na abóbada após escavação, e posteriormente uma camada de 7cm em toda a secção (CENOR-Consultores para estudos 1992).</p>	
<p>Equipamentos instalados: Iluminação, sistema de ventilação e sinalização. Passagem de levada com 0,7×0,5m², conduta de água com Ø350mm e sistema de comunicações.</p>	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 0\%$	Comprimento: 710m
Secção média de escavação: $\approx 57\text{m}^2$	Volume de escavação (alargamento): 21300m^3
Largura útil entre hasteais: 9,40m	Altura útil: 6,5m
Área útil: 55m^2	Recobrimento médio/máximo: 100m/300m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica no seu conjunto pouco alterada (W_2) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com brechas medianamente alteradas (W_3) e com níveis de tufos em zonas pontuais.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) na parte superior, intercalada com níveis de brechas desagregáveis nas laterais.

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3), intercalada com brechas desagregáveis e tufos compactos.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade em algumas zonas do túnel. Afluência de água pouco significativa em zonas muito pontuais.

Estado do revestimento: Os revestimentos apresentam-se com manchas de humidade.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Em 1992 foi sujeito a obras de beneficiação, passando a ter 57m^2 de secção, revestido em toda a sua extensão.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 2 – Zona nordeste Arco de São Jorge – São Vicente

Ficha de caracterização

Data levantamento: 11-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Eng.º Duarte Pacheco (TA2)	
Localização: ER 101	Locais mais próximos: São Vicente e Santana
Período de construção: 1948 a 1953	Data de entrada ao serviço: 1953
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Sociedade de Serragens da Madeira, Lda.
Projetista: Eng.º António Pinheiro de Magalhães	Fiscalização: João do Espírito Santo Andrade

2 – Descrição geral

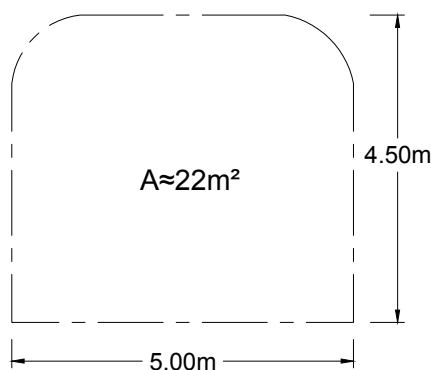
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material resultante através de carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Quadrada com três revestimentos em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: : Em betão ciclópico, com espessura média de 0,25m, havendo zonas preenchidas com pedra entre o betão e a rocha. Um desde o emboquilhamento nordeste até 40m para o interior com secção em arco com 21m ² . As outras no interior do túnel com secção de 18m ² , ambas com cerca de 20m de extensão.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

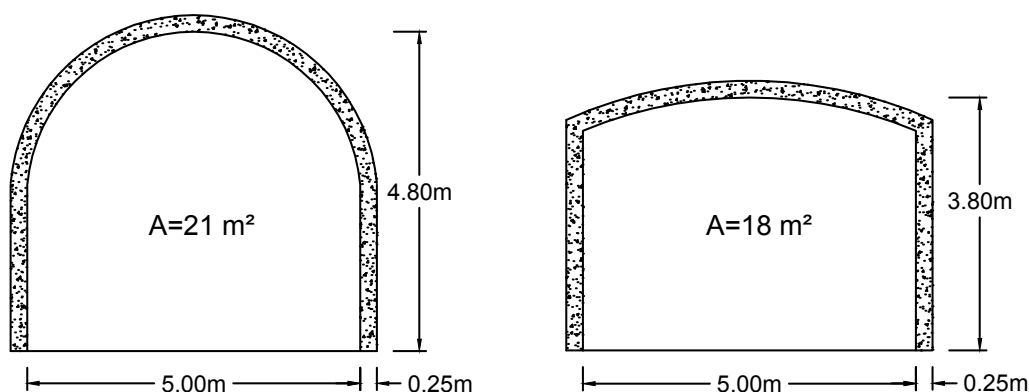
Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 395m
Secção média de escavação: ≈ 22m ²	Volume total de escavação: 8690m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 3,8m
Área útil: ≈ 18m ²	Recobrimento médio/máximo: 120m/200m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



Revestimentos



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento (F_{3-4}) intercalado com brechas desagregáveis, predominantes na zona da abóbada enquanto que nos hasteais ocorrem essencialmente basaltos.

Emboquilhamento nordeste: Revestimento em betão ciclópico. E grande densidade de vegetação não possibilitam a observação do maciço.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) na parte superior, intercalada com brechas alteradas e desagregáveis na parte inferior.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Intervenções (histórico): Não há registos.

Afluência de água: Afluência de água em zonas pontuais da abóbada e hasteais, sendo mais evidente junto aos revestimentos.



Estado do revestimento: Os revestimentos apresentam manchas de humidade e fendas por onde a água afluí.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sudoeste



Vista para o emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento nordeste



Emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 11-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ponta Delgada (TA3)	
Localização: ER 101	Locais mais próximos: São Vicente e Santana
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1950
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: José Pedro Marques
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: Francisco de Freitas

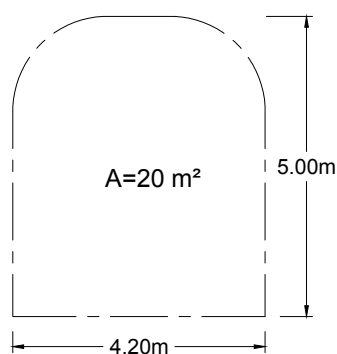
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material resultante através de carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular. Junto ao emboquilhamento este, a secção tem altura máxima de 6m, diminuindo em direção ao emboquilhamento oeste, onde a altura útil é de 4,5m. No hasteal sul, próximo ao emboquilhamento oeste, encontra-se uma zona de sobre-escavação com cerca de 3m ³ .
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈6%; direção: E-O	Comprimento: 100m
Secção média de escavação: ≈ 21m ²	Volume total de escavação: 2100m ³
Largura útil entre hasteais: 4,0m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 17m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via. Com circulação alternada nos dois sentidos.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufo.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) e com ocorrência de tufo argilosos compactos na abóbada junto ao emboquilhamento este.

Emboquilhamento este: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com camadas de tufo argilosos compactos.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com pequenas passagens de tufo argilosos compactos.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de uma valeta na base do hasteal sul em toda a extensão do túnel, que encaminha a água para o exterior na direção do emboquilhamento oeste.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em toda a extensão do túnel, com afluência de água a meia extensão, principalmente da abóbada.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Os emboquilhamentos representam zonas instáveis, sendo evidente o estado de alteração e fraturação avançado do maciço. É possível observar fraturas abertas entre 5 e 10mm, criando condições favoráveis para a individualização de blocos de basalto, caso do emboquilhamento este.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Na lateral sul do mesmo emboquilhamento, uma recente e pequena derrocada deixou em consola o material sobrejacente.



No emboquilhamento oeste, verifica-se a existência de uma fenda aberta com 1cm a 2cm, desde a parte superior da escarpa até a lateral norte.

Instabilizações ocorridas (histórico): Derrocada de pequena dimensão no emboquilhamento este (2012).

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento oeste



Vista para o emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento este



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 11-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Fajã da Areia (TA4)	
Localização: ER 101	Locais mais próximos: São Vicente e Santana
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1984
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

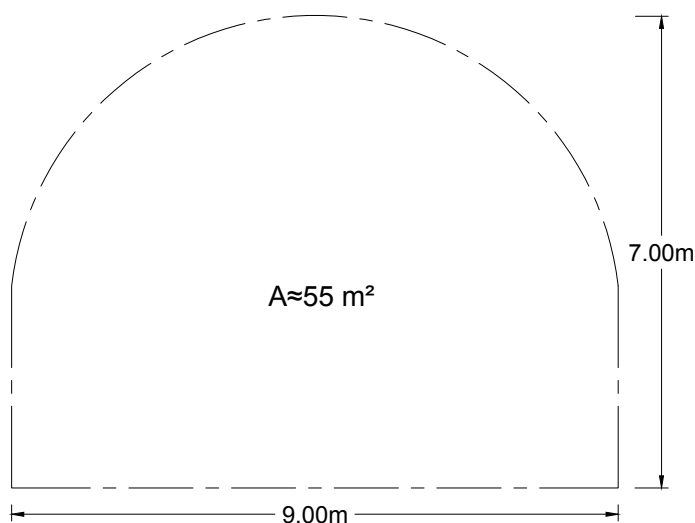
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Não se dispõe de informação.
Configuração da secção: Em arco com pequenas zonas de sobre-escavação, com altura variável entre 6,5m e 7m e largura entre 8,5m e 9,5m.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação e sinalização horizontal.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈0%	Comprimento: 190m
Secção média de escavação: ≈ 55m ²	Volume total de escavação: 10450m ³
Largura útil entre hasteais: 8,5m	Altura útil: 6,5m
Área útil: 48m ²	Recobrimento médio/máximo: 20/25m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufo.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com brechas desagregáveis na parte central do túnel, principalmente na abóbada. A cerca de 20m do emboquilhamento nordeste.

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3).

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas de 0,4m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior em ambas as direções.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Ligeira afluência de água em algumas zonas pontuais da abóbada e hasteal sul. Afluência de água muito significativa junto ao emboquilhamento nordeste.



Estado do revestimento: N/A.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Nos emboquilhamentos é possível observar fraturas abertas entre os 5mm e 10mm, que criam condições favoráveis para a individualização de blocos de basalto de dimensões variadas, sendo que no emboquilhamento oeste, estes blocos encontram-se em consola devido à queda do material subjacente.



Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento oeste



Vista para o emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento nordeste



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 2 – Costa norte

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Água D'Alto (TA5)	
Localização: ER 101-1	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1964 a 1965	Data de entrada ao serviço: 1965
Dono de obra: Via Expresso	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

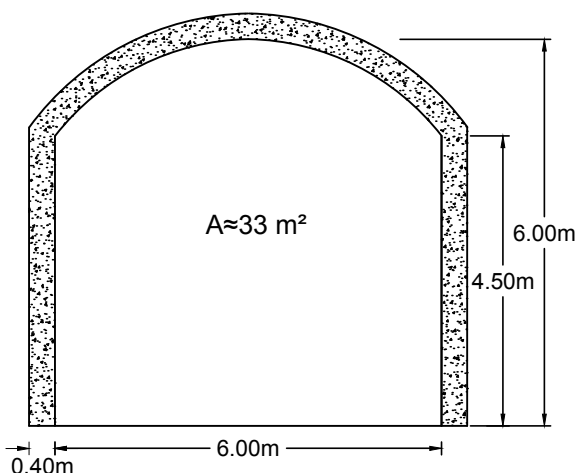
Condições de funcionamento: Condicionado. Apenas em funcionamento quando as condições atmosféricas são favoráveis.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material com carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção média de escavação.
Configuração da secção: Retangular com um revestimento em arco A secção de escavação é superior junto ao emboquilhamento este, devido à sobre-escavação na abóbada onde a altura máxima é 7,3m. Junto ao emboquilhamento oeste existe uma zona de sobre-escavação no hasteal norte de aproximadamente 4m ³ .
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Em betão ciclópico, secção com espessura variável entre os 0,3m e 1m com algumas zonas preenchidas com pedra entre o betão e a rocha. Este compreende uma extensão de 19,6m, localizado a 20m do emboquilhamento oeste.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

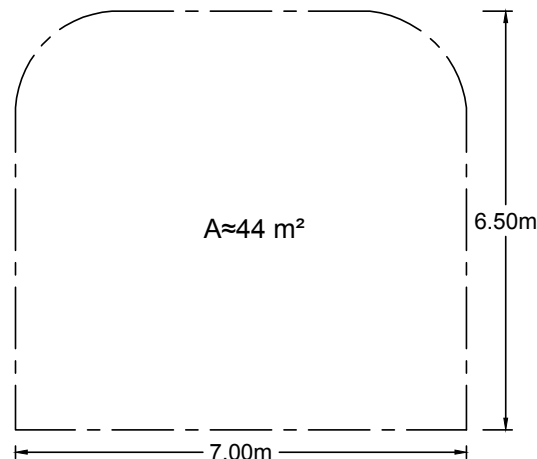
Pendente longitudinal: ≈ 2% ; direção: E–O	Comprimento: 100m
Secção média de escavação: ≈ 44m ²	Volume total de escavação: 4400m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 6m
Área útil: 33m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Revestimento



Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e estado de fraturação variável entre (F_{3-4}) intercalado com brechas desagregáveis no hastear norte, em grande parte do hastear sul e na abóbada, sendo que entre o emboquilhamento este e o revestimento em betão são muito desagregáveis. O hastear sul apresenta uma zona com tufos argilosos compactos.

Emboquilhamento este: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) com intercalações de brechas com aspeto friável. Este encontra-se em grande parte coberto por vegetação.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica alterada (W_3) com fraturas próximas (F_4), intercalada com zonas consideráveis de brechas e tufos alterados, por vezes desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas na base de cada hastear, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior em ambas as direções.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em praticamente todo o túnel, com afluência de água junto ao emboquilhamento este, sendo mais significativa na zona revestida e na zona que a antecede (direção este – oeste).

Estado do revestimento: O revestimento com betão ciclópico apresenta-se com manchas de humidade e com fendas por onde a água aflui.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Em 1965 foi efetuado o revestimento em betão ciclópico numa extensão de 19,6m a 20m do emboquilhamento oeste. Para a execução deste revestimento foi necessário escavar cerca de 108m^3 de rocha e utilizados 209m^3 de betão ciclópico (Direcção das Obras Públicas 1965).

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento este



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ribeira do Inferno (TA6)	
Localização: ER 101-1	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1943 a 1948	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Via Expresso	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

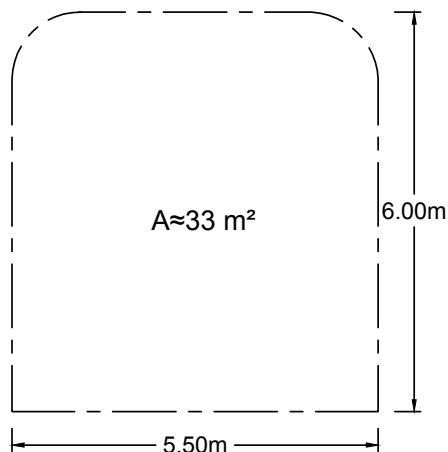
Condições de funcionamento: Condicionado. Apenas em funcionamento quando as condições atmosféricas são favoráveis.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material com carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular. A secção de escavação é inferior à média junto ao emboquilhamento norte, onde a largura é 4,5m. Devido a ser um túnel em curva, a secção de escavação aumenta nesta zona, chegando a ter 7m de largura entre hasteais.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 5%	Comprimento: 36m
Secção média de escavação: ≈ 33m ²	Volume total de escavação: 1188m ³
Largura útil entre hasteais: 4,5m	Altura útil: 6m
Área útil: 26m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com uma grande faixa de tufos argilosos e compactos no hasteal sul e brechas medianamente alteradas no hasteal oposto e abóbada.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com tufos argilosos compactos na lateral este.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturada (F_4) intercalada com níveis de tufos e brechas compactos.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento oeste onde existe uma sarjeta transversal à estrada.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em toda a envolvente do túnel com grande afluência de água principalmente no hasteal sul, em zonas pontuais da abóbada e nos emboquilhamentos.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento norte



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento norte



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Vêu da Noiva (TA7)	
Localização: ER 101-1	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1943 a 1948	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Via Expresso	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

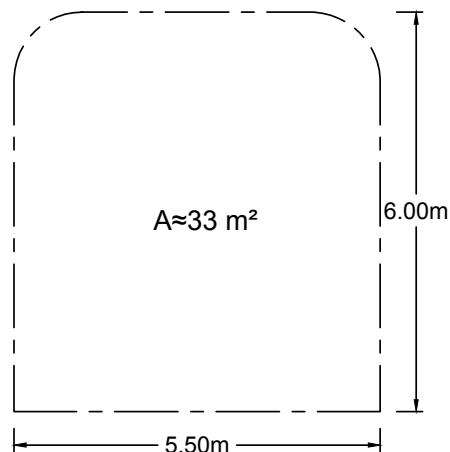
Condições de funcionamento: N/A.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material com carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 95m
Secção média de escavação: ≈ 33m ²	Volume total de escavação: ≈ 3135m ³
Largura útil entre hasteais: (Não se dispõe de informação)	Altura útil: 6m
Área útil: (Não se dispõe de informação)	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com brechas e tufos muito alterados (W_4).

Emboquilhamento este: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada grandes passagens de brechas medianamente alteradas (W_3).

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com pequenas passagens de brechas muito alteradas (W_4).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Grande afluência de água na abóbada e hasteias junto ao emboquilhamento este.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: N/A.

Instabilizações ocorridas (histórico): Uma derrocada em outubro de 2008, destruiu parte da ER 101 e do túnel Véu da Noiva.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento este



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: N/A

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Fajã da Parreira (TA8)	
Localização: ER 101-6	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1947 e 1952	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Francisco de Azevedo Campos
Projetista: Eng.º Luís Martins	Fiscalização: João do Espírito Santo Andrade

2 – Descrição geral

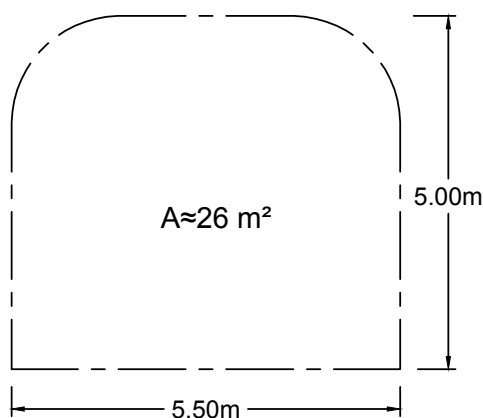
Condições de funcionamento: Não há registos.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material resultante através de carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção pretendida, de aproximadamente 30m ² .
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Não há registos.
Equipamentos instalados: Não há registos.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 31m
Secção média de escavação: ≈ 26m ²	Volume total de escavação: 806m ³
Largura útil entre hasteais: ≈ 5m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 21m ²	Recobrimento médio/máximo: 5m/7m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos. Depósito de movimento de massa, do tipo avalanche de detritos associados a deslizamentos e deslocamentos; brechas sedimentares, conglomerados e mega-blocos de rocha fraturada.

Secção corrente: Não há registos.

Emboquilhamento nordeste: Composta por material de depósito de vertente constituído por fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões variadas (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina, pouco consolidada, com cor acastanhada.

Emboquilhamento sudoeste: Composto por material de depósito de vertente constituído por fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões variadas (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina, pouco consolidada, com cor acastanhada.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Não há registos.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Não há registos.

Estado do revestimento: Não há registos.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não há registos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Foram efetuadas obras de beneficiação onde foi alargado para uma secção de escavação com cerca de 64 m^2 , revestido com betão armado, de modo a integrar a atual via expresso em 2005 (VE2).

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Fajã da Parreira (TA8a)	
Localização: ER 101-6	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 2005
Dono de obra: Via Expresso	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

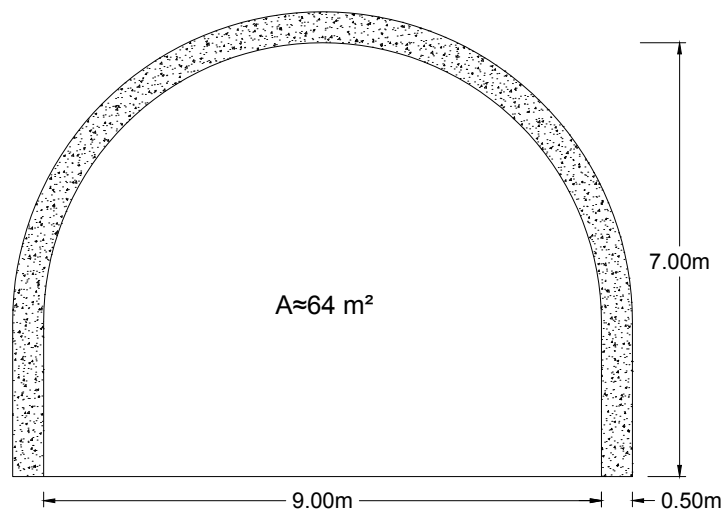
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Não há registos.
Configuração da secção: Em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Betão armado com espessura de 0,5m.
Equipamentos instalados: Iluminação e sinalização vertical luminosa.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 0\%$	Comprimento: 31m
Secção média de escavação: $\approx 64\text{m}^2$	Volume de escavação (alargamento): 1178m^3
Largura útil entre hasteais: 9m	Altura útil: 7m
Área útil: 54m^2	Recobrimento médio/máximo: 5m/7m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufo. Depósito de movimento de massa, do tipo avalanche de detritos associados a deslizamentos e deslocamentos; brechas sedimentares, conglomerados e mega-blocos de rocha fraturada.

Secção corrente: Não visível por se encontrar revestida com betão armado.

Emboquilhamento nordeste: Apenas uma pequena parte encontra-se visível na lateral sudeste, composta por material de depósito de vertente constituído por fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões variadas (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina, pouco consolidada, com cor acastanhada.

Emboquilhamento sudoeste: Composto por material de depósito de vertente constituído por fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões variadas (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina, pouco consolidada, com cor acastanhada.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem da plataforma através de sarjetas. Não se dispõem de informação sobre a impermeabilização.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Inexistente.

Estado do revestimento: O revestimento com betão armado encontra-se em bom estado, havendo apenas pequenas manchas de humidade em zonas muito pontuais.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos

Intervenções (histórico): Foram efetuadas obras de beneficiação para integração na via expresso (VE2).

Estabilização nos emboquilhamentos: O emboquilhamento nordeste encontra-se na sua maioria revestido por betão projetado. No emboquilhamento sudoeste, o talude a sul encontra-se contido por um muro em betão com 5m de altura, revestido com pedra basáltica arrumada, sendo a parte superior deste talude revestida com betão projetado. A drenagem deste muro é assegurada através de barbacãs. A zona superior do emboquilhamento está contida com uma rede metálica pregada (Sistema MAC.RO).

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sudoeste



Vista para o emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento nordeste



Emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Fajã das Contreiras (TA9)	
Localização: ER 101-6	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1947 a 1952	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Via Expresso	Empreiteiro: Francisco de Azevedo Campos
Projetista: Eng.º Luís Martins	Fiscalização: João do Espírito Santo Andrade

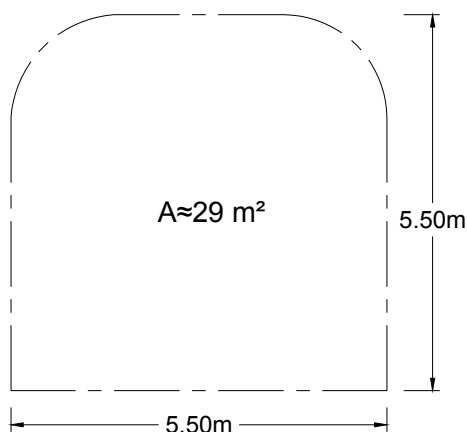
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material com carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção média de escavação.
Configuração da secção: Quadrada. Apresenta algumas zonas de sobre-escavação nomeadamente na abóbada, em praticamente toda a extensão do túnel. A mais expressiva encontra-se próximo ao emboquilhamento sudeste e representa cerca 10m ³ de volume sobreescavado, onde a altura máxima atinge os 6,5m.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈0%	Comprimento: 200m
Secção média de escavação: ≈ 29m ²	Volume total de escavação: 6400m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 24m ²	Recobrimento médio/máximo: 15m/20m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com grandes zonas de tufos e brechas medianamente alteradas e na sua maioria desagregáveis.

Emboquilhamento sudeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4), intercalada com nível de tufo argiloso alterado e desagregável na parte inferior e na parte superior com níveis de brechas e tufos desagregáveis.

Emboquilhamento noroeste: Na sua maioria constituído por tufos e brechas desagregáveis com pequenas zonas compostas por basaltos medianamente alterados (W_3) e com fraturas próximas (F_4).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior em ambas as direções.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Manchas de humidade em algumas zonas do túnel com ligeira afluência de água em zonas pontuais da abóbada e hasteais.

Estado do revestimento: N/A.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Em ambos os emboquilhamentos, a zona da abóbada apresenta-se com fendas abertas na ordem dos 0,5cm individualizando blocos que se revelam instáveis.



Emboquilhamento sudeste



Abóbada emboquilhamento noroeste

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

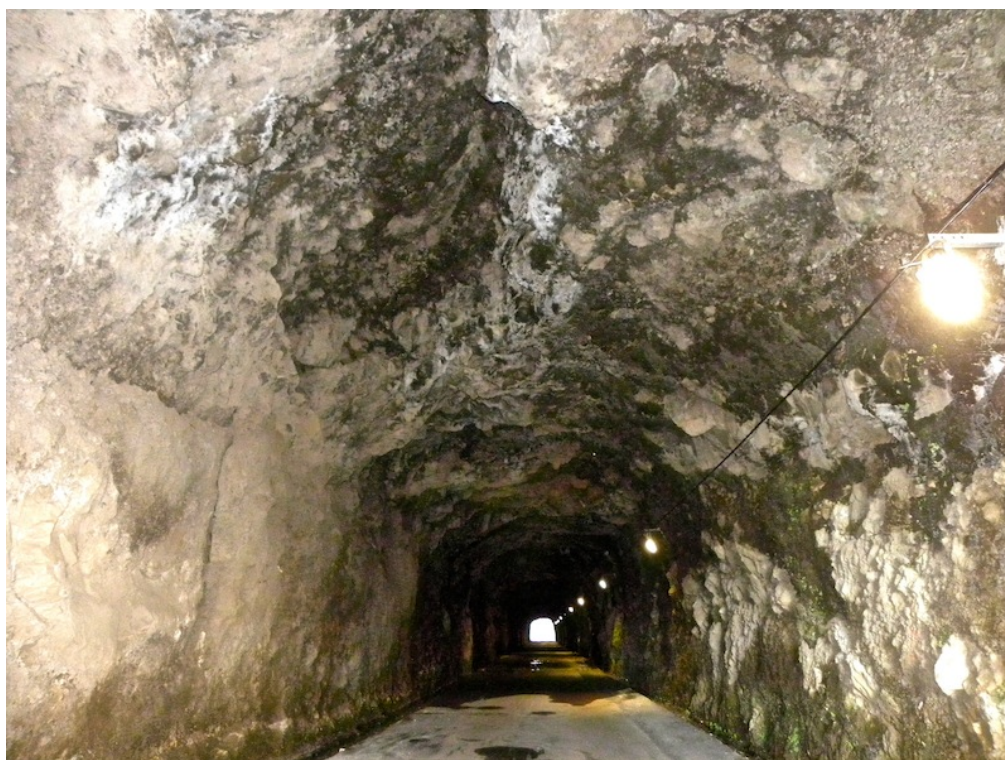
TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento noroeste



Vista para o emboquilhamento sudeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento Sudeste



Emboquilhamento Noroeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Furado Pequeno (TA10)	
Localização: ER 101-7	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1947 e 1952	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Francisco de Azevedo Campos
Projetista: Eng.º Luís Martins	Fiscalização: João do Espírito Santo Andrade

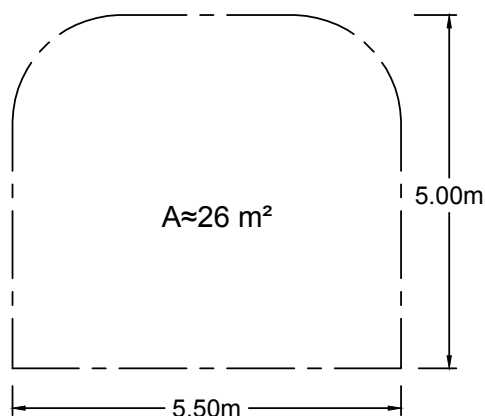
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material resultante através de carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈1%; Direção: S-N	Comprimento: 15m
Secção média de escavação: ≈ 26m ²	Volume total de escavação: 390m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 21m ²	Recobrimento médio/máximo: 6m/8m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufo.

Secção corrente: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com pequenas zonas de tufo e brechas alteradas, desagregáveis na abóbada e compactas nos hasteais.

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas (F_{3-4}) na zona lateral oeste e superior, sendo a zona entre estas composta por tufo e brechas medianamente alterados e desagregáveis, onde se verifica uma fenda aberta com cerca de 2cm, desde o topo do emboquilhamento até à abóbada.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com camada de brechas alteradas e desagregáveis na abóbada e lateral este.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior, na direção do emboquilhamento norte.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Inexistente.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Desprendimentos de pequenos fragmentos nos emboquilhamentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento norte



Vista para o emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sul



Emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 04-03-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ribeira da Janela (TA11)	
Localização: ER 101-7	Locais mais próximos: São Vicente e Porto Moniz
Período de construção: 1947 e 1952	Data de entrada ao serviço: 1955
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Francisco de Azevedo Campos
Projetista: Eng.º Luís Martins 500-10	Fiscalização: João do Espírito Santo Andrade

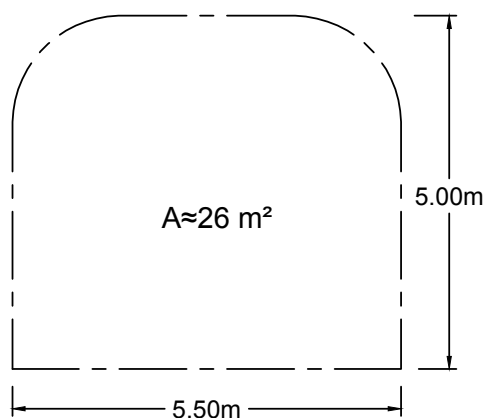
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação manual e transporte de material resultante através de carro de mão. Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈0%	Comprimento: 300m
Secção média de escavação: ≈ 26m ²	Volume total de escavação: 8700m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 24m ²	Recobrimento médio/máximo: 50m/90m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS2 pi). Escoadas basálticas com Intercalações ocasionais de piroclastos de queda.

Secção corrente: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com grandes zonas de tufo e brechas em toda a extensão do túnel, apresentando-se muito mais desagregadas e alteradas nas zonas que antecedem os emboquilhamentos.

Emboquilhamento sudeste: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) na parte superior. A parte subjacente a esta é constituída por tufo e brechas de espessura variável, muito desagregáveis e alteradas, constituindo toda a envolvente do emboquilhamento.

Emboquilhamento noroeste: Escoda basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) disposta em várias camadas intercaladas com níveis de tufo e brechas de espessura variável, muito alteradas e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Inexistente.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: O emboquilhamento noroeste apresenta no seu topo, zonas com fendas abertas entre 0,5cm e os 2cm nos basaltos individualizando blocos. Nos emboquilhamentos ocorrem desprendimentos de pequenos fragmentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento noroeste



Vista para o emboquilhamento sudeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudeste



Emboquilhamento noroeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 3 – Costa Sudoeste Fajã da Ovelha – Paul do Mar

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel I (TA12)	
Localização: ER-223	Locais mais próximos: Fajã da Ovelha e Paul do Mar
Período de construção: 1966 a 1971	Data de entrada ao serviço: 1971
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Júlio Inácio Fernandes
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

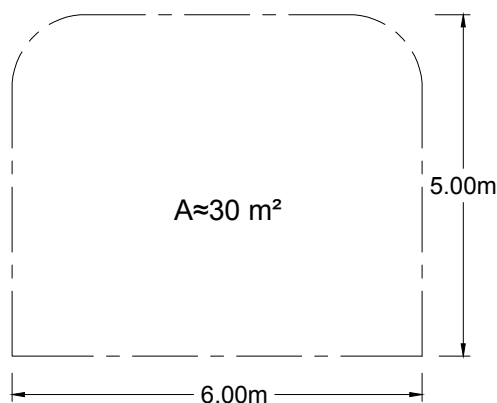
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com <i>dumper</i> . Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 3% ; direção: N-S	Comprimento: 25m
Secção média de escavação: ≈ 30m ²	Volume total de escavação: 750m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,8m
Área útil: 28m ²	Recobrimento médio/máximo: 10m/15m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 pi). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos subaéreos indiferenciados (brechas e tufos).

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com espessas passagens de tufos medianamente alterados e desagregáveis.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com tufos alterados e desagregáveis.

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com níveis de tufos alterados e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de uma valeta com 0,2m de largura na base do hasteal este, em toda a extensão do túnel, que encaminha a água para o exterior na direção do emboquilhamento sul.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Inexistente.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sul



Vista para o emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento norte



Emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel II (TA13)	
Localização: ER-223	Locais mais próximos: Fajã da Ovelha e Paul do Mar
Período de construção: 1966 a 1971	Data de entrada ao serviço: 1971
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Júlio Inácio Fernandes
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

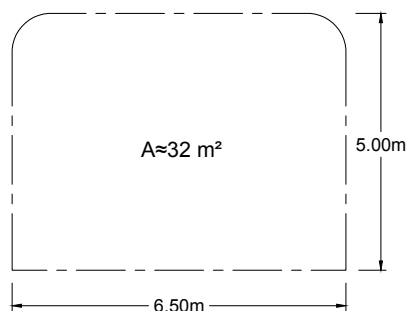
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com <i>dumper</i> . Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção de escavação. Para a execução do revestimento no extremo sul, foi prevista a abertura de uma galeria no teto com 1,2m ² para permitir o transporte dos materiais por parte dos trabalhadores para a construção da abóbada e enchimento com pedra arrumada à mão dos espaços vazios entre a abóbada e o terreno superior.
Configuração da secção: Retangular com revestimento em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Em betão ciclópico, com espessuras médias de 0,6m nos hasteais e 0,4m na abóbada, preenchido com pedra entre o betão e a rocha. Situado desde o emboquilhamento sul até cerca de 80m para o interior. Os últimos 15m no interior do túnel não são revestidos na abóbada.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

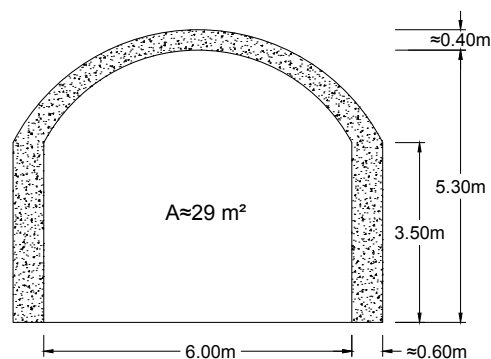
Pendente longitudinal: ≈ 5% ; direção: N-S	Comprimento: 198m
Secção média de escavação: ≈ 32m ²	Volume total de escavação: 6336m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,8m
Área útil: 29m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/70m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



Revestimento



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 pi). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos subaéreos indiferenciados (brechas e tufos).

Secção corrente: Escoada basáltica no seu conjunto medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com grandes passagens de brechas alteradas principalmente na abóbada.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com níveis de tufos alterados e muito desagregáveis.

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4), intercalada com níveis de tufos muito alterados e desagregáveis com fraturas abertas nos tufos (0,5 a 1cm).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,2m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento sul.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água pouco significativa na abóbada a meia extensão do túnel.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Desprendimento de pequenos fragmentos no emboquilhamento sul.

Instabilizações ocorridas (histórico): Em janeiro de 1968 o abatimento da frente de escavação provocou a morte a dois trabalhadores que na altura escavavam os últimos metros de terreno que faltava para concluir a estrada. Ao encontrar um filão basáltico constituído por blocos soltos deu-se o seu desmoronamento que formou uma chaminé com 65m de altura, de forma cónica, causando também o aluimento de parte da abóbada do túnel já escavado. No total foram removidos cerca 18000m^3 de rocha. Este acidente atrasou inevitavelmente a abertura da estrada (Direcção das Obras Públicas 1963).

Intervenções (histórico): Revestimento com 80m de extensão no extremo sul.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Estado do revestimento: O revestimento apresenta algumas manchas de humidade desde a abóbada até aos hasteais nas juntas do revestimento.



Vista para o emboquilhamento sul



Vista para o emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sul



Vista para o emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento norte



Emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel III (TA14)	
Localização: ER-223	Locais mais próximos: Fajã da Ovelha e Paul do Mar
Período de construção: 1966 a 1971	Data de entrada ao serviço: 1971
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Júlio Inácio Fernandes
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

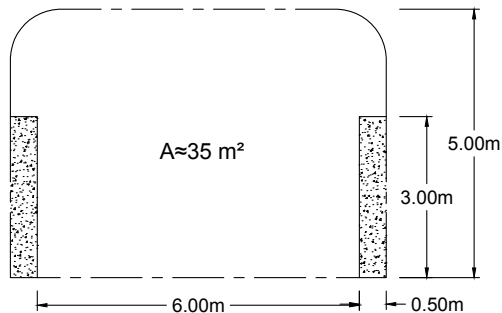
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com <i>dumper</i> . Execução de túnel de avanço com secção aproximadamente de 5m ² e posterior alargamento até à secção média de escavação.
Configuração da secção: Retangular com revestimento nos hasteais e um revestimento em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Em betão ciclópico, com espessura variável entre os 0,6m e 0,7m, preenchido com pedra entre o betão e a rocha. Revestimento dos hasteais em toda a extensão com 3m de altura e revestimento da secção total desde o emboquilhamento noroeste até cerca de 7m para o interior.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

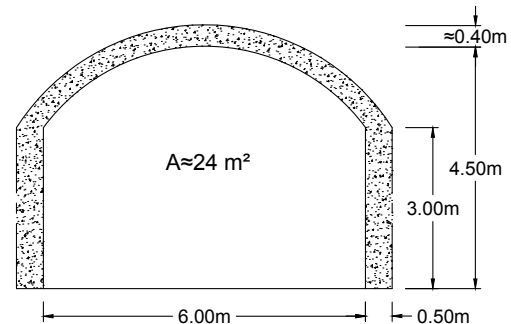
Pendente longitudinal: ≈ 5% ; direção: SE–NO	Comprimento: 34m
Secção média de escavação: ≈ 35m ²	Volume total de escavação: 1190m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 24m ²	Recobrimento médio/máximo: 7m/10m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



Revestimento



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 pi). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos subaéreos indiferenciados (brechas e tufos).

Secção corrente: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas a muito próximas (F_{4-5}).

Emboquilhamento sudeste: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas a muito próximas (F_{4-5}), intercalada com níveis de tufos muito alterados e desagregáveis na parte superior e na lateral sudoeste.

Emboquilhamento noroeste: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas a muito próximas (F_{4-5}), intercalada com níveis de tufos muito alterados e desagregáveis na lateral sudoeste.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,2m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento sul.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água muito pouco significativa na abóbada, a meia extensão do túnel.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Estado do revestimento: O revestimento apresenta manchas de humidade principalmente na base dos hasteais.



Vista para o emboquilhamento noroeste

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Desprendimento de pequenos fragmentos da abóbada na zona não revestida e nos emboquilhamentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento noroeste



Vista para o emboquilhamento sudeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudeste



Emboquilhamento noroeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 3 – Costa Sudoeste Madalena do Mar – Lugar de Baixo

Ficha de caracterização

Data levantamento: 12-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Madalena do Mar (TA15)	
Localização: ER-101-10	Locais mais próximos: Madalena do Mar e Anjos
Período de construção: 1961 a 1968	Data de entrada ao serviço: 1968
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Conduril Construtora Duriense, Lda.
Projetista: Eng.º Fernando Ribeiro Pereira	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

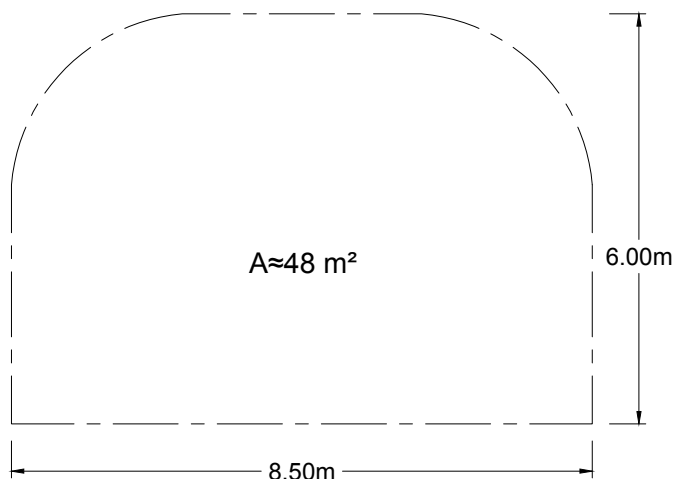
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular com os hasteais do emboquilhamento este preenchidos com betão ciclópico.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Os revestimentos dos hasteais são em betão ciclópico apresentando espessura variável entre 0,25 e 1,5m no hasteal sul e espessura média de 0,25m para o hasteal norte. Betão projetado a revestir os emboquilhamentos e toda a secção, com espessura inferior a 0,03m.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 96m
Secção média de escavação: ≈ 48m ²	Volume total de escavação: 4608m ³
Largura útil entre hasteais: 8,5m	Altura útil: 5,5m
Área útil: 44m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica no seu conjunto medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com passagens de brechas medianamente alteradas principalmente na abóbada.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento variável (F_3 a F_4).

Emboquilhamento este: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3). Este encontra-se em grande parte coberto por vegetação.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Existência de valeta com 0,2m de largura na base do hasteal norte, em toda a extensão do túnel. A água fica estagnada na valeta devido à inclinação insuficiente e por falta de manutenção.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água significativa junto ao emboquilhamento este.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Estado do revestimento: O betão projetado dos emboquilhamentos apresenta-se muito deteriorado, devido à presença de água e espessura insuficiente. O revestimento, a meia extensão do túnel, apresenta-se deteriorado em zonas pontuais da abóbada. Os enchimentos dos hasteais do emboquilhamento este apresentam-se com manchas de humidade.



Emboquilhamento este

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Presença de fraturas abertas (3mm) nos basaltos do emboquilhamento oeste, individualizando pequenos blocos.



Emboquilhamento oeste

Instabilizações ocorridas (histórico): Queda de pedras no emboquilhamento este.

Intervenções (histórico): Preenchimentos com betão e revestimento com betão projetado na secção corrente e emboquilhamentos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 12-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Madalena do Mar (Areia)(TA16)	
Localização: ER-101-10	Locais mais próximos: Calheta e Ponta do Sol
Período de construção: 1961 a 1968	Data de entrada ao serviço: 1968
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Conduril Construtora Duriense, Lda.
Projetista: Eng.º Fernando Ribeiro Pereira	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

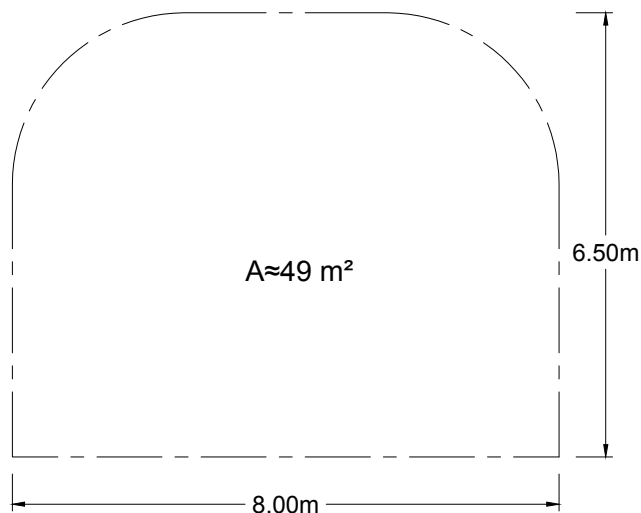
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular, com revestimento nos hasteais do emboquilhamento oeste e nos 65m que o antecedem.
Alargamentos ou nichos: Galeria de ligação ao túnel Ponta do Sol/Madalena do Mar pertencente à Via Expresso (VE3).
Revestimento: Com betão ciclópico, espessura média de 0,25cm. Os hasteais do emboquilhamento oeste são revestidos, o hasteal sul com 3,5m de altura e o hasteal norte com altura variável entre 2m e 7m, ambos numa extensão de cerca de 5m, sendo que o revestimento do hasteal norte prolonga-se até o hasteal do emboquilhamento do túnel seguinte. Os revestimentos nos hasteais da secção corrente têm uma altura média de 3m ao longo de 65m.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈0%	Comprimento: 317m
Secção média de escavação: ≈ 49m ²	Volume total de escavação: 15533m ³
Largura útil entre hasteais: 7m	Altura útil: 6m
Área útil: 39m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM2 β). Intercalações de escoadas basálticas com níveis de brechas e tufos.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com passagens de brechas medianamente alteradas (W_3).

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com brechas alteradas na parte superior (W_3).

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com brechas alteradas (W_3). Este encontra-se coberto por densa vegetação, sendo difícil observar o maciço.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Existência de valeta com 0,2m de largura na base do hasteal norte, em toda a extensão do túnel. A água fica estagnada na levada devido à inclinação insuficiente e por falta de manutenção.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água nos emboquilhamentos e na secção corrente, principalmente na abóbada, em aproximadamente 50m de extensão, sendo mais significativa junto ao emboquilhamento sul.



Junto ao emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Junto ao emboquilhamento sul

Estado do revestimento: Apresenta-se com manchas de água e de humidade.



Emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Junto ao emboquilhamento oeste

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Blocos individualizados por fraturas abertas nos basaltos, principalmente na abóbada em praticamente toda a extensão.

Instabilizações ocorridas (histórico): Queda de pedras no emboquilhamento oeste.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sul



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 12-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Anjos (TA17)	
Localização: ER-101-10	Locais mais próximos: Calheta e Ponta do Sol
Período de construção: 1961 a 1966	Data de entrada ao serviço: 1966
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Conduril Construtora Duriense, Lda.
Projetista: Eng.º Fernando Ribeiro Pereira	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

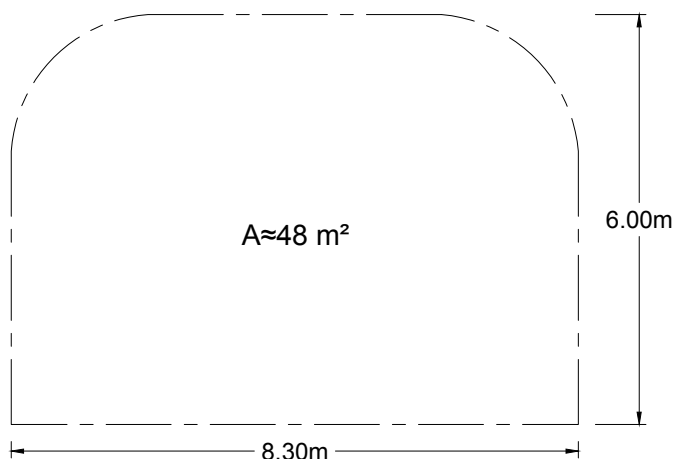
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Os emboquilhamentos e toda a secção do túnel são revestidos com betão projetado com espessura inferior a 0,03m.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 2% ; direção: O - E	Comprimento: 73m
Secção média de escavação: ≈ 48m ²	Volume total de escavação: 3504m ³
Largura útil entre hasteais: 8m	Altura útil: 5,8m
Área útil: 46m ²	Recobrimento médio/máximo: 25m/50m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS2 β). Escoadas basálticas com intercalações ocasionais de piroclastos de queda.

Secção corrente: Escuada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com espessas passagens de brechas alteradas (W_3) na abóbada.

Emboquilhamento oeste: Escuada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com níveis de brechas desagregáveis e de tufos com bombas vulcânicas de espessura 5 a 10cm na parte superior.

Emboquilhamento este: Escuada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) com uma intercalação de tufos com bombas de espessura média de 15cm.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade em algumas zonas do túnel. Afluência de água muito pouco significativa em zonas muito pontuais.

Estado do revestimento: O revestimento da abóbada apresenta-se desgastado e com manchas de humidade.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Os emboquilhamentos apresentam sinais de instabilidade, sendo possível observar fraturas abertas entre 3 e 5mm, criando condições favoráveis para a individualização de blocos. Desprendimento de pequenos fragmentos nos emboquilhamentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Revestimento com betão projetado na secção e nos emboquilhamentos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 24-02-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ponta do Sol I (TA18)	
Localização: ER-101-10	Locais mais próximos: Ponta do Sol e Anjos
Período de construção: 1961 a 1966	Data de entrada ao serviço: 1965
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: Conduril Construtora Duriense, Lda.
Projetista: Eng.º Fernando Ribeiro Pereira	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

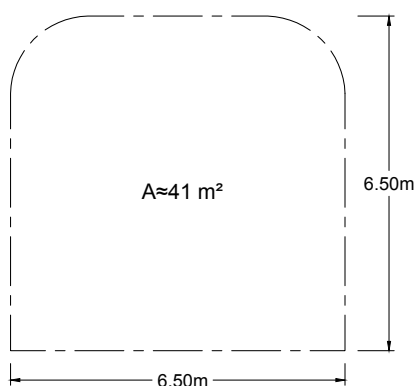
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Quadrada com um revestimento em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Revestimento com betão, com espessura média nos hasteais de 0,8m e 0,65m na abóbada, preenchido com pedra entre o betão ciclópico e a rocha, situado nos 53m iniciais a partir do emboquilhamento sudeste. Os hasteais são preenchidos com betão, altura 3,5m, em toda a extensão no hasteal nordeste e até meia extensão no hasteal sudoeste, sentido sudeste-noroeste. Betão projetado com espessura inferior a 0,03m no emboquilhamento noroeste até cerca de 10m para o interior.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

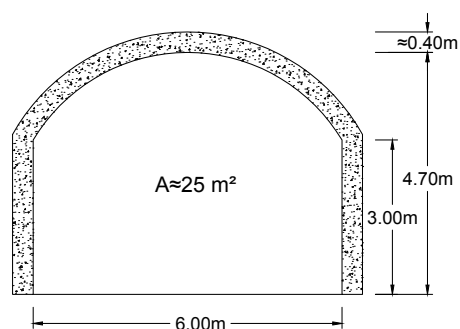
Pendente longitudinal: ≈ 8% ; direção: NO - SE	Comprimento: 242m
Secção média de escavação: ≈ 41m ²	Volume total de escavação: 9922m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,7m
Área útil: 25m ²	Recobrimento médio/máximo: 15m/25m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



Revestimento



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS1 β). Escodas basálticas com intercalações de tufos e depósitos piroclásticos de queda.

Secção corrente: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento variável (F_3 a F_4).

Emboquilhamento noroeste: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento variável (F_3 a F_4).

Emboquilhamento sudeste: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com níveis de brechas e tufos alterados e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,15cm na base dos hasteais revestidos com betão ciclópico, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento sudeste.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em todo o túnel, com afluência de água muito significativa na zona central do túnel.



Vista para o emboquilhamento sudeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Estado do revestimento: O revestimento com betão encontra-se com manchas de humidade e com algumas fendas, por onde a água aflui. Nas zonas revestidas com betão projetado, este apresenta-se deteriorado pela presença de humidade e pequena espessura.



Vista para o emboquilhamento noroeste

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Blocos individualizados por fraturas abertas nos basaltos, na abóbada não revestida.

Instabilizações ocorridas (histórico): Em 1965 ocorreram desprendimentos na abóbada (alturas entre 10m a 12m), nos 50m iniciais do túnel no sentido sudeste-noroeste. Verificaram-se igualmente desprendimentos na abóbada do emboquilhamento sudeste que provocaram a queda do caminho Municipal existente por cima deste emboquilhamento (Direcção das Obras Públicas 1961).

Intervenções (histórico): Em 1965 foi revestido um troço de 53m, dividido em dois sectores de secção idêntica com 6m metros de largura por 4,7m de altura, em betão ciclópico com aproximadamente 40cm de espessura, sendo o topo preenchido com pedra, completando a sobre-escavação (Direcção das Obras Públicas 1961).

No emboquilhamento sudeste, foi construído um muro em betão ciclópico revestido com pedra emparelhada.

Revestimento com betão projetado no emboquilhamento noroeste até cerca de 10m para o interior.

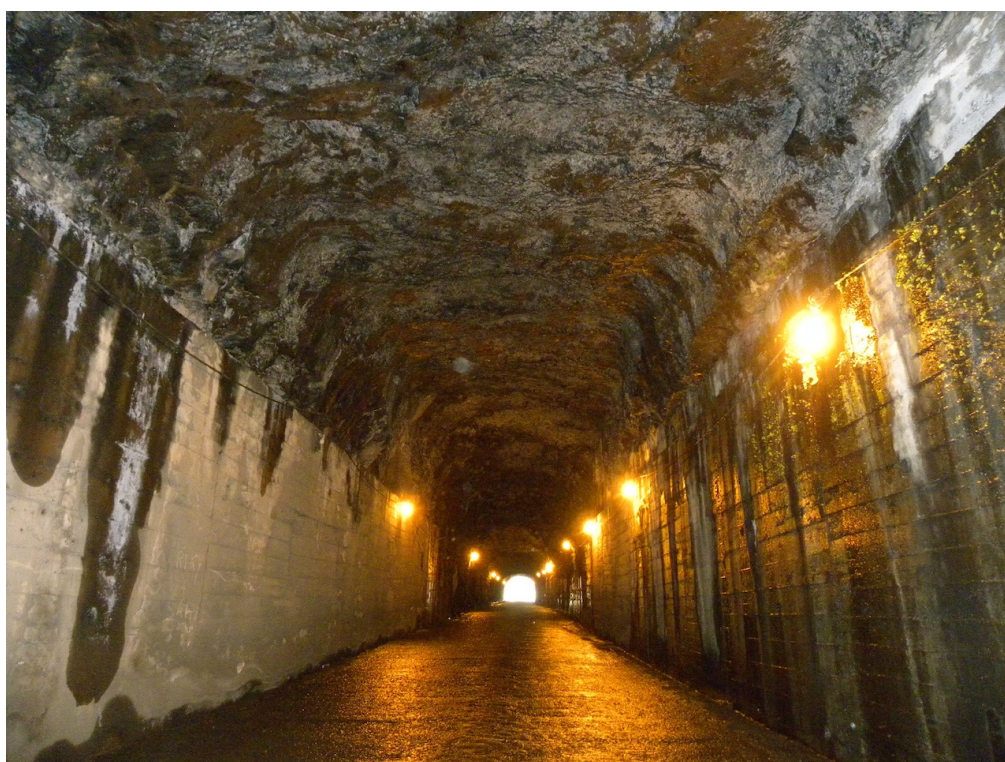
TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento sudeste



Vista para o emboquilhamento noroeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento noroeste



Emboquilhamento sudeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: N/A

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ponta de Sol II (TA19)	
Localização: ER-101	Locais mais próximos: Ponta do Sol e Lugar de Baixo
Período de construção: 1957 a 1962	Data de entrada ao serviço: 1962
Dono de obra: (Não se dispõe de informação)	Empreiteiro: Lopes, Silva & Leandro, Lda.
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

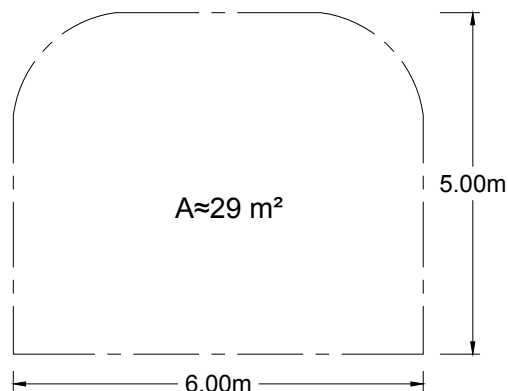
Condições de funcionamento: Não há registos.
Método construtivo: A escavação foi executada com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até uma secção com cerca de 30m ² .
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Não há registos.
Revestimento: Não há registos.
Equipamentos instalados: Não há registos.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 250m
Secção média de escavação: ≈ 29m ²	Volume total de escavação: 7250m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 26m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/35m
Nº vias de circulação: Uma via para os dois sentidos.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS2 β). Intercalações ocasionais de piroclastos de queda.

Secção corrente: Não há registos.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3).

Emboquilhamento este: Escoada basáltica com estado alteração entre (W_3 a W_4) em que a escoada superior apresenta-se mais alterada e com fraturas com espaçamento variável (F_3 a F_4) intercalada com brechas e tufo alterados e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Não há registos.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Não há registos.

Estado do revestimento: Não há registos.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não há registos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Alargamento e revestimento em betão armado em 2004. Emboquilhamento oeste estabilizado com betão projetado e rede metálica com cabos de aço pregados. Golas nos emboquilhamentos para proteção contra queda de pedras das escarpas sobranceiras.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Ponta de Sol II (TA19a)	
Localização: ER-101	Locais mais próximos: Ponta do Sol e Lugar de Baixo
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 2004
Dono de obra: (Não se dispõe de informação)	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

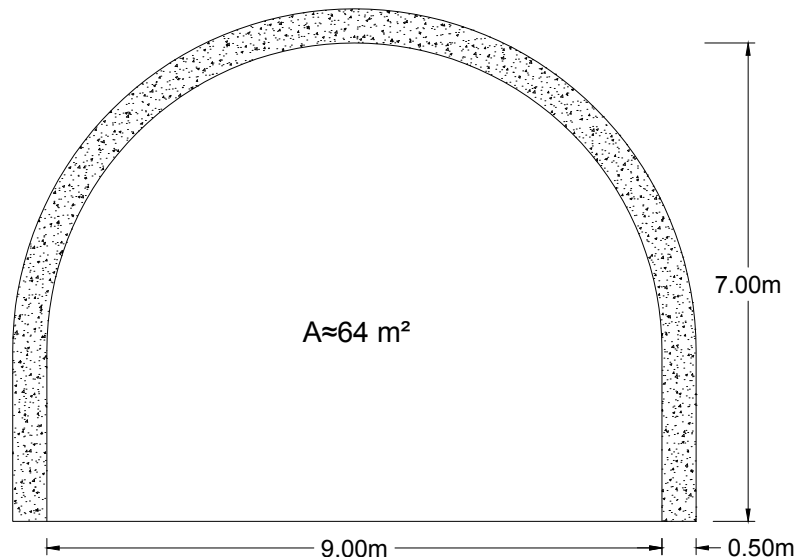
Condições de funcionamento: Estacionamento (ETAR da Ponta do Sol desde 2004)
Método construtivo: Não há registos.
Configuração da secção: Arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Revestimento do túnel em betão armado com espessura de 0,5m. Os emboquilhamentos encontram-se revestidos com betão projetado.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 0\%$	Comprimento: 250m
Secção média de escavação: $\approx 64\text{m}^2$	Volume total de escavação: 16000m^3
Largura útil entre hasteais: 9m	Altura útil: 7m
Área útil: 54m^2	Recobrimento médio/máximo: 20m/35m
Nº vias de circulação: Uma via para os dois sentidos.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS2 β). Intercalações ocasionais de piroclastos de queda.

Secção corrente: Não visível por se encontrar revestida com betão armado.

Emboquilhamento oeste: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3).

Emboquilhamento este: Escoda basáltica com estado alteração entre (W_3 a W_4) em que a escoda superior apresenta-se mais alterada e com fraturas com espaçamento variável (F_3 a F_4) intercalada com brechas e tufo alterados e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas 0,15cm de largura na base dos hasteais, que encaminham a água para o exterior.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade nas juntas do revestimento do túnel. Afluência de água muito pouco significativa em zonas pontuais.

Estado do revestimento: O revestimento do apresenta-se com manchas de humidade e com fissuras por onde a água afluí.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Desprendimento de pedras no emboquilhamento este.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Alargamento e revestimento em betão armado. Emboquilhamento oeste estabilizado com betão projetado e rede metálica com cabos de aço pregados. Golas nos emboquilhamentos para proteção contra queda de pedras das escarpas sobranceiras.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Lugar de Baixo I (TA20)	
Localização: ER-101	Locais mais próximos: Ponta do Sol e Lugar de Baixo
Período de construção: 1957 a 1962	Data de entrada ao serviço: 1962
Dono de obra: (Não se dispõe de informação)	Empreiteiro: Lopes, Silva & Leandro, Lda.
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

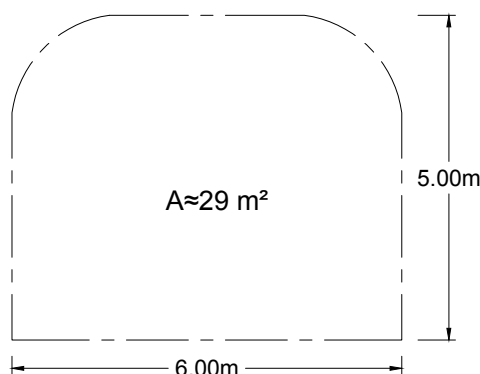
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Encerrado devido à instabilidade das escarpas sobranceiras à estrada.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Preenchimento do hasteal sudeste com betão, espessura variável entre 0,5m e 2m, altura 3,8m numa extensão com cerca de 40m. Este hasteal é reforçado com vigas metálicas junto do emboquilhamento nordeste. Betão projetado, malha metálica electrossoldada e pregagens desde o emboquilhamento nordeste cerca de 30m para o interior.
Equipamentos instalados: Inexistente.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 70m
Secção média de escavação: ≈ 29m ²	Volume total de escavação: 2030m ³
Largura útil entre hasteais: 6m	Altura útil: 4,7m
Área útil: 26m ²	Recobrimento médio/máximo: 7m/10m
Nº vias de circulação: Uma via para os dois sentidos.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico superior (CVS1 β). Escoadas basálticas com intercalações de tufo e depósitos piroclásticos de queda.

Secção corrente: Escoda basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com níveis de tufo argilosos e brechas desagregáveis nos hasteais.

Emboquilhamento sudoeste: Escoda basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com níveis de tufo nas laterais.

Emboquilhamento nordeste: Escoda basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com tufo alterado e desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade em toda a extensão do túnel com afluência de água significativa desde o emboquilhamento nordeste até meia extensão.

Estado do revestimento: Os revestimentos apresentam-se com manchas de humidade e com fraturas por onde a água aflui. Espessura de betão projetado insuficiente deixando a malha metálica descoberta.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Os emboquilhamentos apresentam sinais de instabilidade, sendo possível observar fraturas abertas nos basaltos (3mm) no emboquilhamento sudoeste, criando condições favoráveis para a individualização de blocos. Desprendimento de fragmentos, principalmente no emboquilhamento nordeste, ficando em parte retidos na rede metálica de proteção.



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

Instabilizações ocorridas (histórico): No início da década de 60, ocorreu uma derrocada de dimensões consideráveis na zona entre o emboquilhamento nordeste e o emboquilhamento do túnel seguinte (TA21), que originou um amontoado de rocha com cerca de 40m de altura sobre a estrada (fotos do emboquilhamento nordeste) (Direcção das Obras Públicas 1956).

Intervenções (histórico): Rede metálica de proteção no emboquilhamento nordeste e revestimento no túnel.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 03-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Lugar de Baixo II (TA21)	
Localização: ER-101	Locais mais próximos: Ponta de Sol e Lugar de Baixo
Período de construção: 1957 a 1962	Data de entrada ao serviço: 1962
Dono de obra: (Não se dispõe de informação)	Empreiteiro: Lopes, Silva & Leandro, Lda.
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

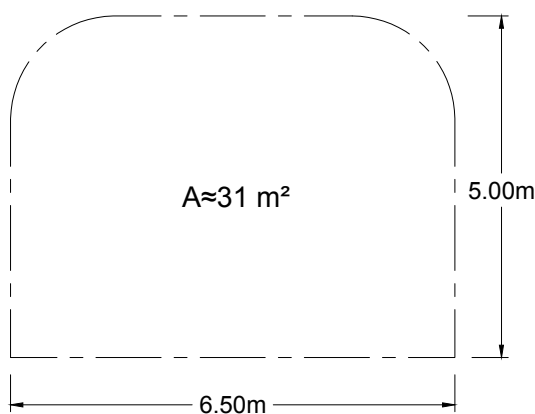
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Encerrado devido à Instabilidade das escarpas sobranceiras à estrada.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 5m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Inexistentes.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 0%	Comprimento: 160m
Secção média de escavação: ≈ 31m ²	Volume total de escavação: 4960m ³
Largura útil entre hasteais: 6,5m	Altura útil: 4,5m
Área útil: 28m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via para os dois sentidos.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: : Complexo vulcânico superior (CVS1 β). Escoadas basálticas com intercalações de tufos e depósitos piroclásticos de queda.

Secção corrente: Escuada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com passagens tufos e brechas desagregáveis.

Emboquilhamento oeste: Escuada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com pequenas passagens de tufos e brechas muito desagregáveis principalmente na lateral sul.

Emboquilhamento este: Escuada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas (F_4) intercalada com tufos e brechas desagregáveis.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade e afluência de água em toda a envolvente do túnel sendo mais significativa junto aos emboquilhamentos.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Os emboquilhamentos apresentam sinais de instabilidade, sendo possível observar fraturas abertas entre 3 e 5mm nos basaltos, criando condições favoráveis para a individualização de blocos. Desprendimento de pequenos fragmentos nos emboquilhamentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): No início da década de 60, ocorreu uma derrocada de dimensões consideráveis na zona entre o emboquilhamento nordeste e o emboquilhamento do túnel seguinte (TA20), que originou um amontoado de rocha com cerca de 40m de altura sobre a estrada (foto do emboquilhamento oeste) (Direcção das Obras Públicas 1956).

Intervenções (histórico): Rede metálica com cabos de aço pregada nos emboquilhamentos.



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 4 – Zona centro-Sul Bica da Cana – Encumeada

Ficha de caracterização

Data levantamento: 06-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel I (TA22)	
Localização: ER 105	Locais mais próximos: Paul da Serra, Bica da Cana e Encumeada
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1990
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

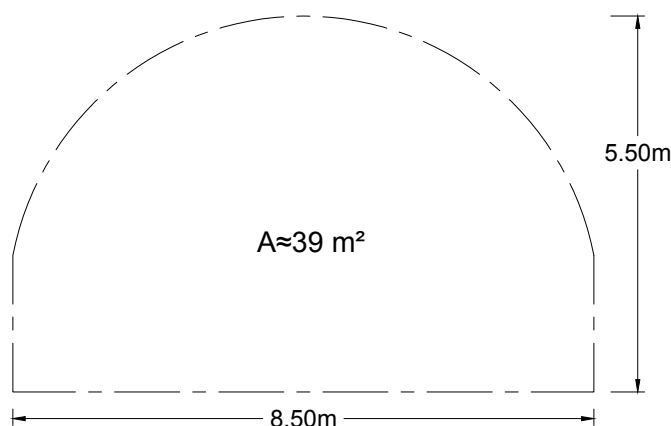
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Não se dispõe de informação.
Configuração da secção: Em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Os emboquilhamentos são revestidos em betão projetado com espessura inferior a 0,03m, em toda a secção, prolongando-se até 20m para interior do túnel. O hasteal sudeste do emboquilhamento nordeste, é revestido com betão, espessura de 1m e altura de 2,5m, numa extensão de 13m.
Equipamentos instalados: Sinalização horizontal.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 6\%$; direção: SO-NE	Comprimento: 167m
Secção média de escavação: $\approx 39\text{m}^2$	Volume total de escavação: 6513m^3
Largura útil entre hasteais: 8m	Altura útil: 5,5m
Área útil: 34m^2	Recobrimento médio/máximo: 15m/20m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas com espaçamento variável entre medianamente afastadas a próximas (F_3 a F_4) com tufos argilosos compactos na abóbada junto ao emboquilhamento sudoeste.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas medianamente afastadas (F_3).

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas medianamente afastadas (F_3).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,3m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento nordeste.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em grande parte do túnel. Ligeira afluência de água principalmente da abóbada nas zonas que antecedem os emboquilhamentos.

Estado do revestimento: O revestimento com betão projetado apresenta-se com manchas de humidade. Junto ao emboquilhamento sudoeste, existem pequenas zonas na abóbada em que o revestimento apresenta-se com espessura inferior a 1cm ou praticamente inexistente, possivelmente devido à aplicação de uma camada de menor espessura associada a uma significativa presença humidade.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: O emboquilhamento nordeste apresenta-se com inúmeras fendas abertas entre os 0,5cm e os 2cm individualizando grandes blocos, formando bancadas basálticas.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 06-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel II (TA23)	
Localização: ER 105	Locais mais próximos: Paul da Serra, Bica da Cana e Encumeada
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1990
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

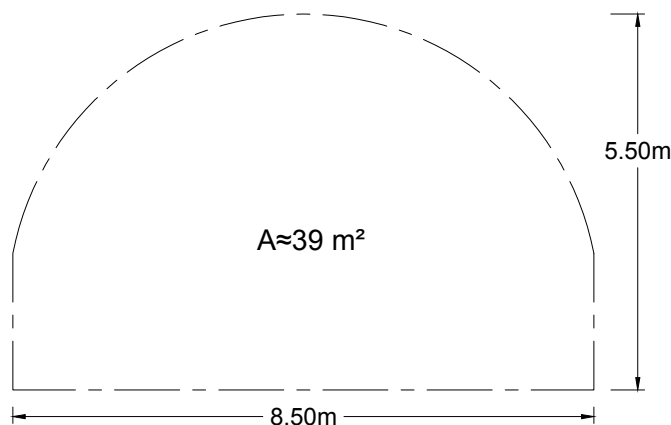
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Não se dispõe de informação.
Configuração da secção: Em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento: Os emboquilhamentos e toda a secção do túnel são revestidos em betão projetado com espessura inferior a 0,03m.
Equipamentos instalados: Sinalização horizontal.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 6\%$; direção: O-E	Comprimento: 159m
Secção média de escavação: $\approx 39\text{m}^2$	Volume total de escavação: 6201m^3
Largura útil entre hasteais: 8m	Altura útil: 5,5m
Área útil: 34m^2	Recobrimento médio/máximo: 20m/25m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) com fraturas próximas (F_4) individualizando blocos na zona da abóbada.

Emboquilhamento oeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) com fraturas próximas (F_4). Este encontra-se coberto por densa vegetação, sendo difícil observar o maciço.

Emboquilhamento este: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) com fraturas de espaçamento variável entre medianamente a próximas (F_3 a F_4). Este encontra-se coberto por densa vegetação, sendo difícil observar o maciço.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,3m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento este.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de humidade em toda a envolvente do túnel com grande afluência de água principalmente da abóbada e nos emboquilhamentos.

Estado do revestimento: O revestimento com betão projetado apresenta-se com manchas de humidade. Na abóbada, principalmente na zona central do túnel, o revestimento apresenta uma espessura inferior a 1cm chegando a ser inexistente.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não existem evidências de instabilizações recentes ou iminentes.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento este



Vista para o emboquilhamento oeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento oeste



Emboquilhamento este

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 06-04-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel III (TA24)	
Localização: ER 105	Locais mais próximos: Paul da Serra, Bica da Cana e Encumeada
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1990
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

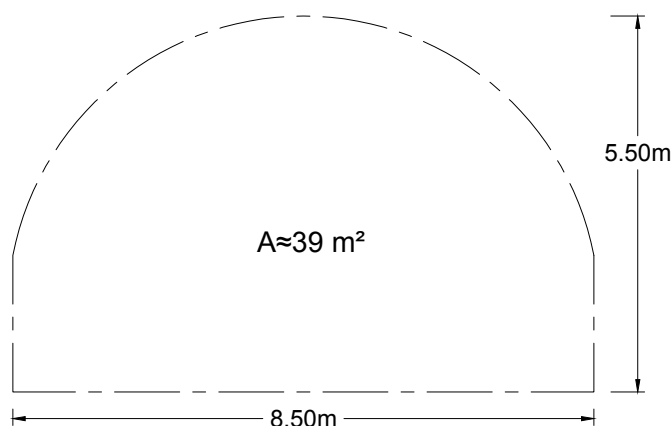
Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: Não se dispõe de informação.
Configuração da secção: Em arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento provisório: Inexistente.
Revestimento: Os emboquilhamentos são revestidos com betão projetado, espessura inferior a 0,03m, em toda a secção, prolongando-se até cerca de 10m para interior do túnel. O hasteal sudeste do emboquilhamento sudoeste, é revestido com betão, espessura de 1m, altura de 2,5m, numa extensão de 10m.
Equipamentos instalados: Sinalização horizontal.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 6\%$; direção: SO-NE	Comprimento: 98m
Secção média de escavação: $\approx 39\text{m}^2$	Volume total de escavação: 3822m^3
Largura útil entre hasteais: 8m	Altura útil: 5,5m
Área útil: 34m^2	Recobrimento médio/máximo: 15m/20m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas próximas (F_4) intercalada com grandes zonas de tufos com aspeto friável.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas medianamente afastadas (F_3).

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e fraturas medianamente afastadas (F_3).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,3m de largura na base de cada hasteal, em toda a extensão do túnel, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento nordeste.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Afluência de água principalmente da abóbada em toda a extensão do túnel.

Estado do revestimento: O revestimento com betão projetado apresenta-se com manchas de humidade, sendo que na abóbada existem zonas em que este é inexistente.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Na zona superior dos emboquilhamentos, os basaltos apresentam fendas abertas (0,5cm), individualizando blocos, que em determinadas zonas encontram-se em consola.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Não há registos.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento Sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção 4 – Zona centro - sul Eira do Serrado – Curral das Freiras

Ficha de caracterização

Data levantamento: 07-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel I (TA25)	
Localização: ER-107-1	Locais mais próximos: Eira do Serrado e Curral das Freiras
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1959
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

2 – Descrição geral

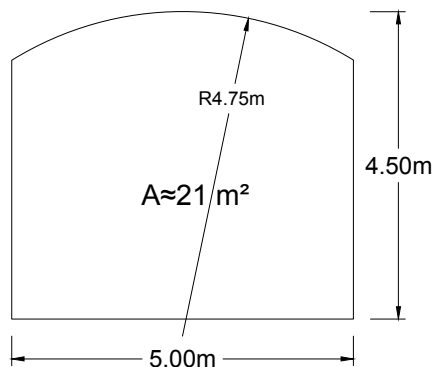
Condições de funcionamento: Encerrado devido à instabilidade das escarpas sobranceiras à estrada.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 4m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Nas curvas à entrada do túnel (cerca de 7m de largura).
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação (desativada).

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈ 4% ; direção: S-N	Comprimento: 359m
Secção média de escavação: ≈ 21m ²	Volume total de escavação: 7539m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 4,2m
Área útil: 20m ²	Recobrimento médio/máximo: 70m/100m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Secção média de escavação



4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática.

Secção corrente: Escoada basáltica no seu conjunto medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com brechas medianamente alteradas (W_3) e pouco desagregáveis.

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3), intercalada com pequenas passagens brechas desagregáveis.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento variável entre medianamente afastadas a próximas (F_3 a F_4), intercalada com brechas desagregáveis na abóbada.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade ao longo de toda a extensão do túnel, com ligeira afluência de água em zonas pontuais da abóbada na zona central.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Desprendimento de pequenos fragmentos e de blocos de basalto junto aos emboquilhamentos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Em 1963 foi aplicada cal nas paredes do túnel de forma a obter maior luminosidade facilitando a circulação automóvel.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento norte



Vista para o emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sul



Emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 07-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel II (TA26)	
Localização: ER-107-1	Locais mais próximos: Eira do Serrado e Curral das Freiras
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1959
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

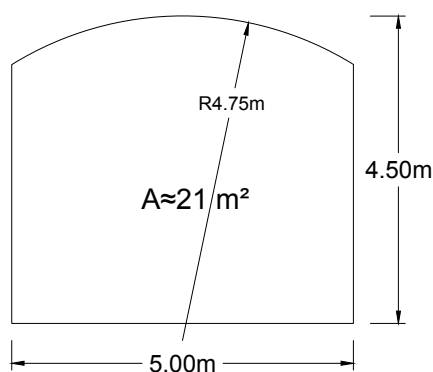
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Encerrado devido à instabilidade das escarpas sobranceiras à estrada.
Método construtivo: Escavação com recurso a explosivos e transporte de material resultante com carro de mão e sistema <i>decauville</i> . Execução de túnel de avanço com secção de aproximadamente 4m ² e posterior alargamento até à secção final de escavação.
Configuração da secção: Retangular.
Alargamentos ou nichos: Inexistente.
Revestimento: Inexistente.
Equipamentos instalados: Iluminação (desativada).

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: ≈5% ; direção: S-N	Comprimento: 245m
Secção média de escavação: ≈ 21m ²	Volume total de escavação: 5145m ³
Largura útil entre hasteais: 5m	Altura útil: 4,2m
Área útil: 20m ²	Recobrimento médio/máximo: 20m/30m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática.

Secção corrente: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas com espaçamento variável entre medianamente afastadas a próximas (F_3 a F_4) intercalada com passagens de brechas medianamente alteradas (W_3) e níveis de tufos argilosos compactos.

Emboquilhamento sul: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3), intercalada com brechas desagregáveis e níveis de tufos medianamente alterados (W_3) na parte superior e laterais do emboquilhamento.

Emboquilhamento norte: Escoada basáltica muito alterada (W_4) e com fraturas próximas a muito próximas (F_{4-5}), intercalada com brechas desagregáveis e níveis de tufos medianamente alterados (W_3).

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Inexistentes.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade ao longo de toda a extensão do túnel com afluência de água em zonas pontuais da abóbada e hasteais na zona central.

Estado do revestimento: N/A.

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Presença de fraturas abertas (0,5cm) nos basaltos no emboquilhamento norte, individualizando pequenos blocos. Queda de blocos e fragmentos nos emboquilhamentos.



Emboquilhamento norte

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Em 1963 foi aplicada cal nas paredes do túnel de forma a obter maior luminosidade facilitando a circulação automóvel.

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento norte



Vista para o emboquilhamento sul

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sul



Emboquilhamento norte

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 07-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel III (TA27)	
Localização: ER-107	Locais mais próximos: Eira do Serrado e Curral das Freiras
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1985
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

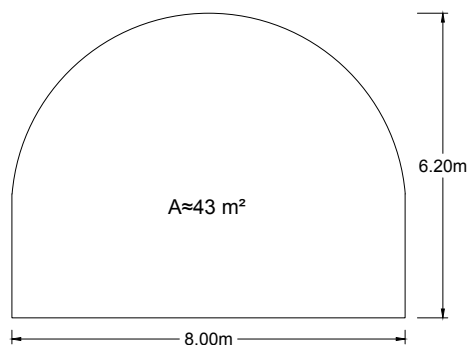
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: (Não se dispõe de informação)
Configuração da secção: Arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento provisório: Inexistente.
Revestimento: Com betão armado em toda a extensão, espessura média de 0,5m. Enchimentos no emboquilhamento sudoeste, com betão e betão com pedra arrumada.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 6\%$; direção: SO - NE	Comprimento: 142m
Secção média de escavação: $\approx 43\text{m}^2$	Volume total de escavação: 6106m^3
Largura útil entre hasteais: 7m	Altura útil: 5,7m
Área útil: 35m^2	Recobrimento médio/máximo: 6m/8m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática. Depósito de movimento de massa (dm), do tipo avalanche de detritos associados a deslizamentos e deslocamentos; brechas sedimentares, conglomerados e mega-blocos de rocha fraturada.

Secção corrente: Não visível por se encontrar revestida com betão armado.

Emboquilhamento sudoeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) intercalada com fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina argilo-siltosa, pouco consolidada e de pequena espessura, com cor acastanhada principalmente na lateral sudeste.

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) na da abóbada intercalada com fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões centimétricas, envolvidos por matriz fina pouco consolidada principalmente na zona lateral sudeste do emboquilhamento.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,25m de largura na base do hasteal sudoeste, em toda a extensão do túnel, que encaminha a água para o exterior na direção do emboquilhamento nordeste.

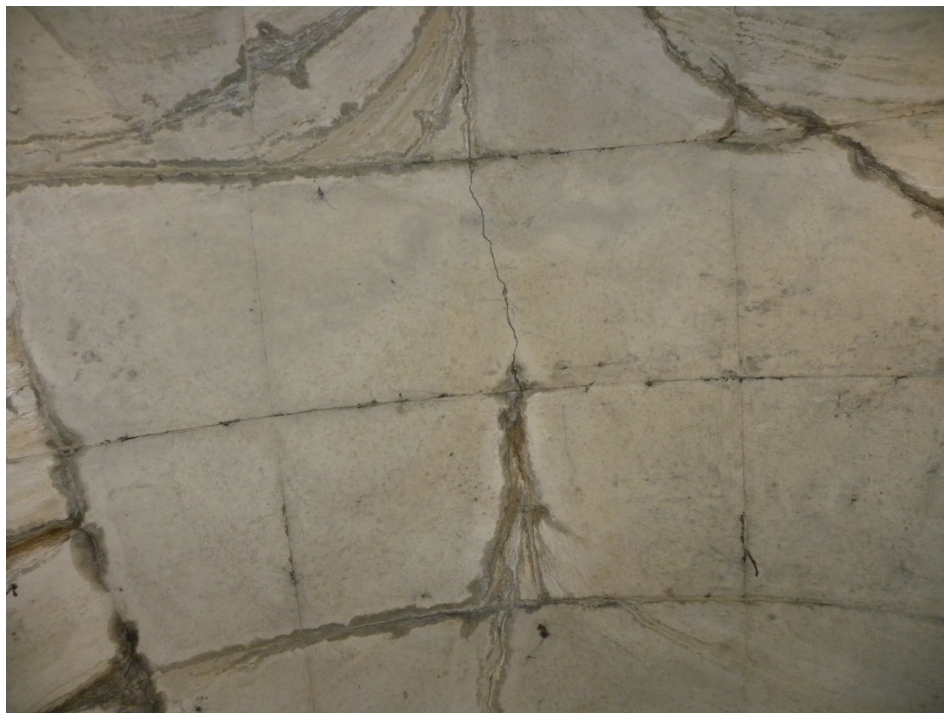
6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Presença de manchas de humidade. Afluência de água pouco significativa através das fissuras.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Estado do revestimento: O revestimento da abóbada apresenta fissuras com cerca de (2mm) e com manchas de humidade.



Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não há registos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Betão projetado e rede metálica de tripla torção no emboquilhamento nordeste.



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Ficha de caracterização

Data levantamento: 07-06-2012

Autor: Roberto Alves

1 – Identificação

Túnel: Túnel IV (TA28)	
Localização: ER-107	Locais mais próximos: Eira do Serrado e Curral das Freiras
Período de construção: (Não se dispõe de informação)	Data de entrada ao serviço: 1985
Dono de obra: Estradas da Madeira	Empreiteiro: (Não se dispõe de informação)
Projetista: (Não se dispõe de informação)	Fiscalização: (Não se dispõe de informação)

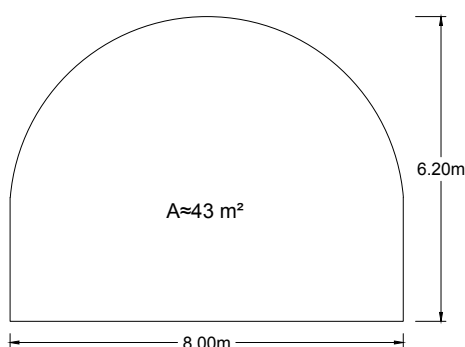
2 – Descrição geral

Condições de funcionamento: Não condicionado.
Método construtivo: (Não se dispõe de informação)
Configuração da secção: Arco.
Alargamentos ou nichos: Inexistentes.
Revestimento provisório: Inexistente.
Revestimento: Com betão armado em toda a extensão, espessura média de 0,5m.
Equipamentos instalados: Iluminação.

3 - Características geométricas

Pendente longitudinal: $\approx 6\%$; direção: SO - NE	Comprimento: 55m
Secção média de escavação: $\approx 43\text{m}^2$	Volume total de escavação: 2365m^3
Largura útil entre hasteais: 7m	Altura útil: 5,7m
Área útil: 35m^2	Recobrimento médio/máximo: 10m/15m
Nº vias de circulação: Uma via em cada sentido.	

Secção média de escavação



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

4 – Geologia

Geologia da zona: Complexo vulcânico intermédio (CVM3 β). Intercalações de escoadas basálticas com depósitos piroclásticos de queda (escórias, lapili e cinzas basálticas), níveis de tufitos e ocasionais produtos de atividade freatomagmática. Depósito de movimento de massa (dm), do tipo avalanche de detritos associados a deslizamentos e deslocamentos; brechas sedimentares, conglomerados e mega-blocos de rocha fraturada.

Secção corrente: Não visível pois encontra-se revestida com betão.

Emboquilhamento sudoeste: Depósito heterogéneo constituído por fragmento e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões variadas (centimétricas a métricas), envolvidos por matriz fina argilo-siltosa, pouco consolidada, com cor acastanhada.

Emboquilhamento nordeste: Escoada basáltica medianamente alterada (W_3) e com fraturas medianamente afastadas (F_3) na parte superior da abóbada intercalada fragmentos e blocos angulosos de rocha basáltica, de dimensões centimétricas, envolvidos por matriz fina argilo-siltosa, pouco consolidada, com cor acastanhada.

5 – Sistema de drenagem e impermeabilização

Drenagem através de valetas com 0,25m de largura na base dos hasteais, que encaminham a água para o exterior na direção do emboquilhamento sudoeste.

6 – Aspetos a assinalar

Afluência de água: Inexistente.

Estado do revestimento: O revestimento em betão apresenta manchas de humidade e fissuras em zonas pontuais.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Evidência de instabilizações recentes/iminentes: Não há registos.

Instabilizações ocorridas (histórico): Não há registos.

Intervenções (histórico): Betão projetado e rede metálica de tripla torção no emboquilhamento nordeste.



TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

7 – Fotos

SECÇÃO CORRENTE



Vista para o emboquilhamento nordeste



Vista para o emboquilhamento sudoeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA



Emboquilhamento sudoeste



Emboquilhamento nordeste

TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA

Anexo 3 - Tabela geral de caracterização

**TABELA GERAL DE CARACTERIZAÇÃO
TÚNEIS RODOVIÁRIOS ANTIGOS DA MADEIRA**

2012

Secção	Zona	Grupo	Túnel	Concessionária	Ref.ª	Situação	Ano de entrada em serviço (aprox.)	Localização	Via	Largura útil (m)	Largura média de escavação (m)	Largura máxima de escavação (m)	Altura útil (m)	Altura média de escavação (m)	Geometria	Seção média de escavação (m²)	Extensão (m)	Recobrimento máximo (m)	Geologia	Revestimento	Projectista	Empreiteiro	Fiscalização	
1	Caniçal	---	Túnel do Caniçal(antigo)	Estradas da Madeira	TA 1a	---	1955	Machico	ER214	6,2	---	6,2	4,6	4,6	retangular	27	710	300	CVM2 β	---	---	José Pedro Azevedo Campos	---	
			Túnel Caniçal	Estradas da Madeira	TA 1	Em serviço	1992			9,4	9,5	9,5	6,5	6,5	arco	57				Betão armado, pregagens + malha + betão projetado	CENOR	Tamega Somague	---	
2	Arco S. Jorge / S. Vicente	nordeste	Túnel Eng. Duarte Pacheco	Estradas da Madeira	TA 2	Em serviço	1953	Arco de S.Jorge	ER101	5,0	5,0	5,3	3,8	5,0	retangular (revestimento em arco)	22	395	200	CVM2 β	Betão ciclópico (Três revestimentos)	Eng. António Pinheiro de Magalhães	Sociedade de Serragens da Madeira, Lda	João do Espírito Santo Andrade	
			Túnel da Ponta Delgada	Estradas da Madeira	TA 3	Em serviço	1950	Ponta Delgada	ER101	4,0	4,2	4,3	4,5	5,0	retangular	20	100	30		---	---	José Pedro Marques	Francisco de Freitas	
			Túnel da Fajã da Areia	Estradas da Madeira	TA 4	Em serviço	1984	São Vicente	ER101	8,5	9,0	9,6	6,0	7,0	arco	55	190	25		---	---	---	---	
	S. Vicente / Porto Moniz	noroeste	Túnel da Água D'Alto	Via Expresso	TA 5	Condicionado	1965	São Vicente	ER101-1	6,0	7,0	7,0	6,0	6,5	retangular (revestimento em arco)	44	100	30	CVM2 β	Betão ciclópico (um revestimento)	---	---	---	---
			Túnel da Ribeira do Inferno	Via Expresso	TA 6	Condicionado	1955	São Vicente	ER101-1	4,5	5,5	7,0	6,0	6,0	retangular	33	36	30	CVM2 β	---	---	---	---	
			Túnel das Sete Janelas (Túnel do Vêu da Noiva)	Via Expresso	TA 7	Destruido por derrocada em 2008	1955	Porto Moniz	ER101-3	---	5,5	---	---	6,0	retangular	33	95	---	CVM2 β	---	---	---	---	
			Túnel da Fajã da Parreira	---	TA 8	---	1955	Porto Moniz	ER101-6	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	31	7	CVM2 dm	---	Eng. Luis Martins	Francisco Azevedo Campos	João do Espírito Santo Andrade	
				Via Expresso	TA 8a	Em serviço	2005		VE2	9,0	10,0	10,0	7,0	7,5	arco	64				Betão armado	---	---	---	---
			Túnel Fajã das Contreiras	Via Expresso	TA 9	Em serviço	1955	Porto Moniz	ER101-6	5,5	5,5	6,0	4,5	5,5	quadrada	29	200	20	CVM2 β	---	Eng. Luis Martins	Francisco Azevedo Campos	João do Espírito Santo Andrade	
			Túnel do Furado Pequeno	Via Expresso	TA 10	Condicionado	1955	Porto Moniz	ER101-7	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	15	8	CVM3 β	---	Eng. Luis Martins	Francisco Azevedo Campos	João do Espírito Santo Andrade	
Túnel da Ribeira da Janela	Via Expresso	TA 11	Condicionado	1955	Porto Moniz	ER101-7	5,0	5,5	6,0	4,5	5,0	retangular	26	300	90	CVS2 pid	---	Eng. Luis Martins	Francisco Azevedo Campos	João do Espírito Santo Andrade				
3	Fajã da Ovelha / Paul do Mar	oeste	Túnel I	Estradas da Madeira	TA 12	Em serviço	1971	Calheta	ER223	6,0	6,0	7,5	4,8	5,0	retangular	30	25	15	CVM2 pi	---	---	Júlio Inácio Fernandes	---	
			Túnel II	Estradas da Madeira	TA 13	Em serviço	1971	Calheta	ER223	6,0	6,5	9,3	4,8	5,0	retangular	32	198	70		Betão ciclópico (um revestimento)	---	Júlio Inácio Fernandes	---	
			Túnel III	Estradas da Madeira	TA 14	Em serviço	1971	Calheta	ER223	6,0	7,0	7,0	4,5	5,0	retangular	35	34	10		Betão ciclópico (um revestimento)	---	Júlio Inácio Fernandes	---	
	Madalena do Mar / Ponta do Sol	sul	Túnel da Madalena do Mar	Estradas da Madeira	TA 15	Em serviço	1968	Ponta do Sol	ER101-10	8,5	8,5	8,7	5,5	6,0	retangular	48	96	30	CVM2 β	Betão projetado e betão	Eng. Fernando Ribeiro Pereira	Conduril Construtora Duriense, Lda	---	
			Túnel da Madalena do Mar (Areia)	Estradas da Madeira	TA 16	Em serviço	1968	Ponta do Sol	ER101-10	7,0	8,0	8,5	6,0	6,5	retangular	49	317	30	CVM2 β	Betão	Eng. Fernando Ribeiro Pereira	Conduril Construtora Duriense, Lda	---	
			Túnel dos Anjos	Estradas da Madeira	TA 17	Em serviço	1966	Ponta do Sol	ER101-10	8,0	8,3	8,5	5,8	6,0	retangular	48	73	50	CVS2 β	Betão projetado	Eng. Fernando Ribeiro Pereira	Conduril Construtora Duriense, Lda	---	
			Túnel da Ponta do Sol I	Estradas da Madeira	TA 18	Em serviço	1965	Ponta do Sol	ER101-10	6,0	6,5	7,0	4,7	6,5	quadrada	41	242	25	CVS1 β	Betão projetado e betão ciclópico (um revestimento)	Eng. Fernando Ribeiro Pereira	Conduril Construtora Duriense, Lda	---	
			Túnel Ponta do Sol II	---	TA 19	---	1962	Ponta do Sol	ER101	6,0	6,0	6,5	4,7	5,0	retangular	30	250	35	CVS2 β	---	---	Lopes, Silva & Leandro, Lda	---	
				Via Expresso	TA19a	Em serviço	2004			9,0	10,0	10,0	7,0	7,5	arco	64				Betão armado	---	---	---	---
			Túnel Lugar de Baixo I	---	TA20	Encerrado	1962	Ponta do Sol	ER101	6,0	6,0	6,5	4,7	5,0	retangular	29	70	10	CVS1 β	Betão, betão projetado, pregagens + malha + betão projetado	---	Lopes, Silva & Leandro, Lda	---	
Túnel Lugar de Baixo II	---	TA21	Encerrado	1962	Ponta do Sol	ER101	6,5	6,5	7,0	4,5	5,0	retangular	31	160	30	CVS1 β	---	---	Lopes, Silva & Leandro, Lda	---				
4	Bica da Cana / Encumeada	Paul da Serra	Túnel I	Estradas da Madeira	TA 22	Em serviço	1990	Paul da Serra	ER105	8,0	8,5	9,0	5,5	5,5	arco	39	167	20	CVM3 β	Betão projetado, betão	---	---	---	
			Túnel II	Estradas da Madeira	TA 23	Em serviço	1990	Paul da Serra	ER105	8,0	8,5	8,5	5,5	5,5	arco	39	159	25		Betão projetado	---	---	---	
			Túnel III	Estradas da Madeira	TA 24	Em serviço	1990	Paul da Serra	ER105	8,0	8,5	9,0	5,5	5,5	arco	39	98	20		Betão projetado, betão	---	---	---	
	Eira do Serrado / Curral das Freiras	Curral das Freiras	Túnel I	Estradas da Madeira	TA 25	Encerrado	1959	Curral das Freiras	ER107-1	5,0	5,0	7,0	4,2	4,5	retangular	21	359	100	CVM3 β	---	---	---	---	
			Túnel II	Estradas da Madeira	TA 26	Encerrado	1959	Curral das Freiras	ER107-1	5,0	5,0	6,0	4,2	4,5	retangular	21	245	30		---	---	---	---	
			Túnel III	Estradas da Madeira	TA 27	Em serviço	1985	Curral das Freiras	ER107	7,0	8,0	8,0	5,7	6,2	arco	43	142	8	CVM3 dm	Betão armado	---	---	---	
			Túnel IV	Estradas da Madeira	TA 28	Em serviço	1985	Curral das Freiras	ER107	7,0	8,0	8,0	5,7	6,2	arco	43	55	15		Betão armado	---	---	---	

Legenda:
 Condicionados
 Encerrado
 Antes do alargamento
 Colapsou