

## **1.B. ANEXOS À MEMÓRIA**

### **1.B.3 GEOTECNIA E GEOLOGIA**

# PROJETO DE EXECUÇÃO

## REABILITAÇÃO E MELHORIA DA ESTRADA NACIONAL “EN1-SL-01-ESPARGOS-SANTA MARIA”

### DOCUMENTO Nº 1 – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA ANEXO 1.B.3 GEOTECNIA E GEOLOGIA

#### ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>ENQUADRAMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>2</b>
2.1.	<i>AJUSTE E ENQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</i>	<i>3</i>
2.2.	<i>GEOLOGIA E GEOCRONOLOGIA .....</i>	<i>4</i>
<b>3.</b>	<b>PARECER GEOTÉCNICO .....</b>	<b>6</b>

## 1. ENQUADRAMENTO

Por se tratar de uma reabilitação e melhoria principalmente em restaurar a estrutura do pavimento, o estudo geotécnico figura-se como uma das principais atividades no qual tem os seguintes objetivos:

- Definir os parâmetros geológico-geotécnicos da área de interferência;
- Definir a capacidade de suporte, o estado mecânico e químico da fundação do pavimento;
- Abordagem dos materiais disponíveis para serem aplicados na Empreitada.

As análises feitas tiveram como base a inspeção visual, consulta aos documentos de controle de qualidade da estrada, ensaios e auditorias com especialistas que estiveram presentes na execução das estradas em questão.

## 2. GEOLOGIA

O Arquipélago, de Cabo Verde de um ponto de vista Geotectónico, localiza-se numa posição intraplaca, numa região submersa da plataforma continental africana, à semelhança do que acontece com as ilhas das Canárias e da Madeira.

Distando cerca de 2000 km a leste do atual rifte da Crista Média Atlântica, o Arquipélago de Cabo Verde localiza-se numa região elevada do fundo oceânico, designada por “Crista de Cabo Verde”. Esta elevação corresponde a um domo, com cerca de 400 km de largura (Lancelot et al., 1977), possivelmente relacionado com fenómenos de descompressão e fusão parcial do manto o que, por sua vez, terá provocado o referido empolamento por ascensão magmática, originando as ilhas de Cabo Verde (Stillman et al., 1982).

A Crista de Cabo Verde representa uma grande anomalia batimétrica, que atinge profundidades de aproximadamente 3000 metros, devido a um levantamento na ordem dos 2000 metros acima do valor de referência, que ocorreu provavelmente na transição do período Oligocénico para o Miocénico (Faugeres et al., 1989) e (Lancelot et al., 1978). Contudo, a sua origem é um pouco controversa, embora a teoria mais consensual seja a de que a origem do arquipélago esteja relacionada com o vulcanismo do tipo hot-spot (McNutt, 1988); (Crough, 1978) e (Sleep, 1990).

Estudos multidisciplinares mais recentes levados a cabo por Davies et al. (1989), Patriat e Labails (2006) e vários outros investigadores, correlacionam informações de várias áreas nomeadamente a estratigrafia, petrologia e geoquímica, comprovando que o Arquipélago de

Cabo Verde, à semelhança de muitas outras ilhas do Atlântico, se originou provavelmente a partir da elevação de plumas térmicas do manto.

Numa outra perspetiva, informações recolhidas sobre a idade relativa das ilhas, características tectónicas dos afloramentos e dados de batimetria revelam que a fusão do manto ocorreu essencialmente através de três canais, que orientaram a formação do arquipélago: o pedestal oriental, que deu origem às ilhas do Sal, Boa Vista e Maio, no Paleogénico/Miocénico e os pedestais localizados a noroeste e sudoeste, ativos desde o Pliocénico e Plistocénico, que originaram as restantes ilhas do arquipélago (Bebiano, 1932).

Segundo Ramalho (2009), seguindo o critério de análise batimétrica regional, pode-se efetuar uma divisão diferente das ilhas em dois grupos: o pedestal do Norte corresponde possivelmente a uma antiga ilha que foi dividida pela erosão marinha.

## 2.1. AJUSTE E ENQUADRAMENTO GEOLOGICO

As ilhas de Cabo Verde são todas de origem vulcânica, originando-se de erupções submarinas, em que se ergueram de uma profundidade de cerca de 3000 metros a partir do fundo marinho, a partir de um grande domo topográfico, conhecido como Crista de Cabo Verde (Bebiano, 1932).

De acordo com Serralheiro (1976), as formações geológicas que constituem o arquipélago possuem uma idade compreendida entre o Jurássico superior e a atualidade, sendo a maioria das ilhas constituída, sobretudo, por escoadas lávicas e piroclastos de natureza basáltica. Contudo, também podem ser encontrados em menor quantidade afloramentos de rochas intermédias, resultantes da diferenciação e evolução de magmas básicos. Para além deste ocorrem ainda afloramentos de rochas calcárias (areias e arenitos), formados essencialmente por fragmentos de conchas, sobretudo em zonas costeiras.

A formação das ilhas passou por várias fases, separadas por longos períodos de repouso, marcadas por intensa atividade erosiva, como se pode verificar, na sequência estratigráfica, a existência de depósitos sedimentares cobertos por mantos basálticos e extensas redes de diques e filões em praticamente todas as ilhas do arquipélago.

A maior parte da litologia do arquipélago é normalmente constituída por materiais basálticos alcalinos e seus produtos derivados, sobretudo as formações pós-mesozóicas que possuem uma natureza predominantemente máfica, formados por silicatos subsaturados, com destaque para os basanitos, tefritos e nefelinitos (Davies et al., 1989); (Jorgensen e Holm, 2002); (Holm et al., 2006) e (Duprat et al., 2007). Quando se formam em profundidades consideráveis, o grau de fusão parcial do manto é baixo, por isso formam-se rochas ultramáficas, como os peridotitos (Plesner, 2002).

## 2.2. GEOLOGIA E GEOCRONOLOGIA

A Ilha do Sal (Arquipélago de Cabo Verde) preserva uma história magmática que varia de  $\approx 25,6$  Ma a  $\approx 0,6$  Ma. A química do magmatismo varia de Hy-normativo (basaltos de Serra Negra:  $\approx 5$  Ma) a altamente subsaturado em SiO<sub>2</sub> (nefelinitos e melilitos). As temperaturas calculadas de segregação magmática são superiores às habitualmente consideradas para a astenosfera, endossando assim o papel de uma pluma de manto na origem do magmatismo cabo-verdiano. Nefelinitos e melilitos são caracterizados por pronunciadas anomalias K negativo que são interpretadas como refletindo a interação de magmas em pluma com a litosfera. Algumas das lavas do Sal são caracterizadas por baixo 143Nd / 144Nd (até 0,512577) - quando comparado com o componente HIMU. Estes valores são semelhantes aos normalmente reportados para as ilhas do sul de Cabo Verde. Isto sugere o papel de um membro final do tipo EM1 para as fontes de magma do Sal, o que é evidenciado pela primeira vez a partir de toda a composição rochosa de uma das Ilhas de Cabo Verde do Norte.

Com 216 km<sup>2</sup>, o Sal é uma ilha árida, muito erodida e plana, sem acidentes Orográfica a destacar, as elevações mais altas não ultrapassam os 406 (Monte Grande).

Extensos trabalhos de campo e determinações K-Ar (Torres et al. 2002a, ver Figs. 2 e 3) permitiram a proposição das seguintes subdivisões vulcanostratigráficas (ver também Torres et al., 2002b e Holm et al., 2008).

A continuação encontrar o Mapa geológico da Ilha do Sal mostrando as unidades estratigráficas (após TORRES et al., 2002a), simplificado e adaptado da Carta Geológica da ilha do Sal, na escala 1/25 000.

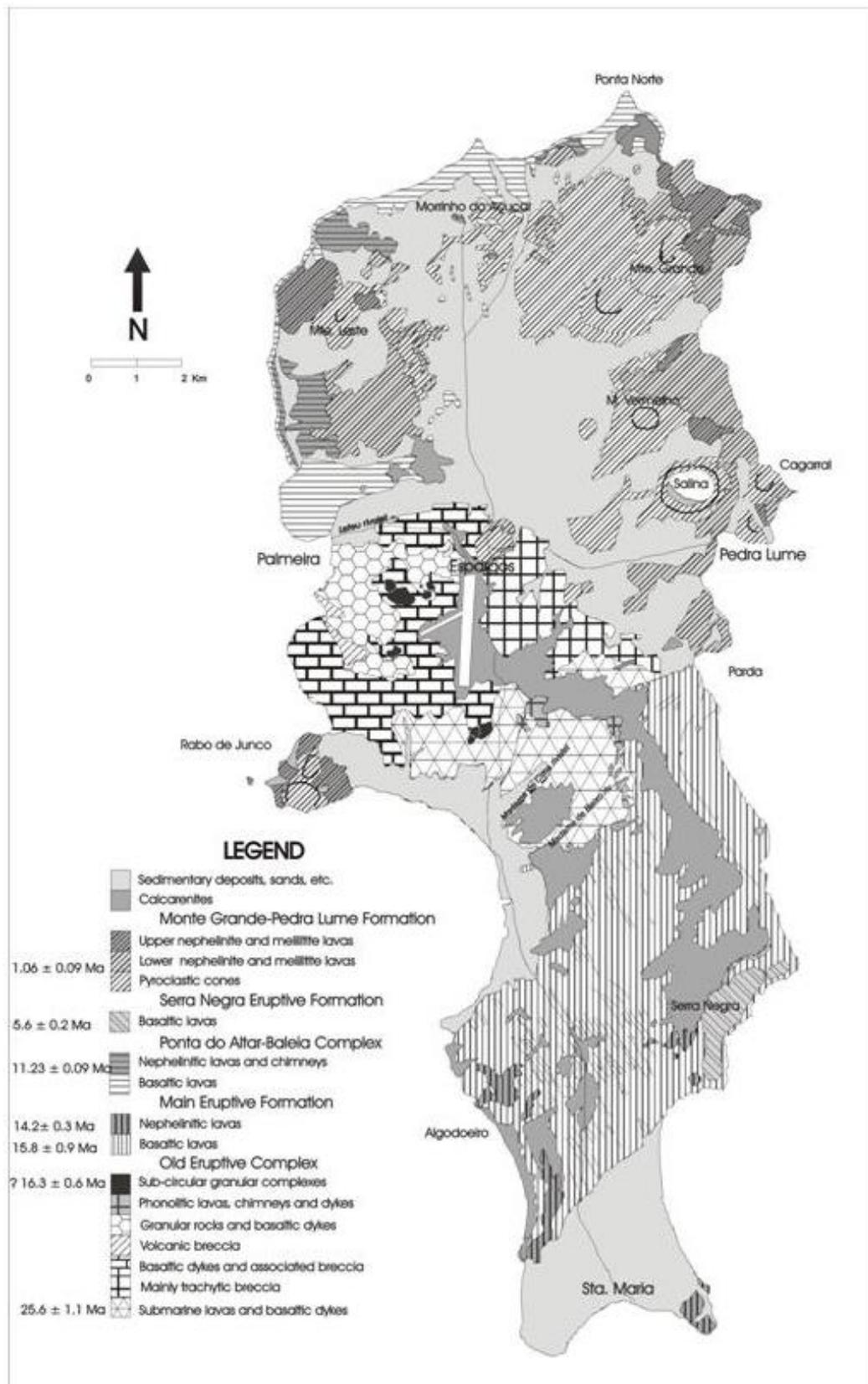


Figura 1 Carta Geológica da ilha do Sal

### 3. PARECER GEOTÉCNICO

EN1-SL-01 possui a sua estrutura e fundação bastante consolidada devido a anos de utilização mediante esforços provocados pelo tráfego sem que houvesse alteração química na sua estrutura no qual resultaria na sua perda de capacidade de carga. A fundação da estrada existente consiste em material de aterro com CBR maior que 20% e menor que 40% enquadrada como **solo de classe S<sub>4</sub>** segundo o Manual de Pavimentação Português no qual proporciona uma **fundação da categoria F<sub>3</sub>** com um módulo da fundação estimada pelo Manual de Pavimentação Português para efeitos de cálculo de aproximadamente 100 MPa.

Sendo assim, considerando as recomendações do Manual de Pavimentação Português, a geologia da ilha e considerando que as camadas de aterro e estrutura do pavimento se encontram bem consolidado devido a anos de utilização será utilizado para fins de dimensionamento do pavimento um **módulo de 100 MPa para a camada de fundação e um coeficiente de poisson de 0,35**.

É destacado que da análise geotécnica foi determinado que na camada de base foi utilizado um tout-venant natural com Dmax e 75mm, enquanto que o Macopav determina que para a camada de base deve ter um Dmax de 37,5 mm

De seguida é apresentado os quadros do MACOPAV que serviram de base na definição do módulo da fundação.

PROJETO DE EXECUÇÃO PARA REABILITAÇÃO E MELHORIA DA ESTRADA NACIONAL "EN1-SL-01-ESPARGOS-SANTA MARIA"

Classe	CBR (%)	Tipo de solo	Descrição	Reutilização		
				Aterro (corpo)	Leito	Sub-base
S <sub>0</sub>	< 3	OL	siltos orgânicos e siltos argilosos orgânicos de baixa plasticidade. (1)	N	N	N
		OH	argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltos orgânicos. (2)	P	N	N
		CH	argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas. (3)	P	N	N
		MH	siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos. (4)	P	N	N
S <sub>1</sub>	≥ 3 a < 5	OL	idem (1)	S	N	N
		OH	idem (2)	S	N	N
		CH	idem (3)	S	N	N
		MH	idem (4)	S	N	N
S <sub>2</sub>	≥ 5 a < 10	CH	idem (3)	S	N	N
		MH	idem (4)	S	N	N
		CL	argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média; argilas com seixo, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras.	S	N	N
		ML	siltos inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltos argilosos de baixa plasticidade.	S	N	N
S <sub>3</sub>	≥ 10 a < 20	SC	areia argilosa; areia argilosa com cascalho. (5)	S	P	N
		SC	idem (5)	S	S	N
		SM	areia siltosa; areia siltosa com cascalho.	S	S	N
S <sub>4</sub>	≥ 20	SP	areias mal graduadas; areias mal graduadas com cascalho.	S	S	N
		SW	areias bem graduadas; areias bem graduadas com cascalho.	S	S	P
		GC	cascalho argiloso; cascalho argiloso com areia.	S	S	P
		GM-u	cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia. (6)	S	S	P
S <sub>5</sub>	≥ 40	GP	cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia. (7)	S	S	P
		GM-d	idem (6)	S	S	S
		GW	cascalho bem graduado; cascalho bem graduado com areia.	S	S	S

N - não admissível

P - possível

S - admissível

Quadro 1 Classe de terrenos de fundação. Fonte: MACOPAV

	$E_r$ (MPa) CBR (%)	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
		>30 a ≤50	>50 a ≤80	>80 a ≤150	> 150
$S_0$	< 3	estudo especial			em pedraplenos ou em aterros com materiais do tipo solo-enrocamento, com uma camada de leito do pavimento em material pétreo de espessura não inferior a 15 cm
$S_1$	≥ 3 a < 5	30 $S_2$ ou 20 $S_3$	60 $S_3$ ou 40 $S_4$		
$S_2$	≥5 a <10	(1)	30 $S_3$ ou 15 $S_4$	60 $S_3$ ou 30 $S_4$	
$S_3$	≥10 a <20	—	(1)	20 $S_4$	
$S_4, S_5$	≥ 20	—	—	(1)	

as espessuras são definidas em cm

CBR índice CBR do terreno situado sob o leito do pavimento, até à profundidade de 1 metro

$E_r$  módulo de deformabilidade da fundação do pavimento (incluindo a camada de leito na espessura indicada no Quadro)

(1) em escavação deve ser escarificado e recompactado na profundidade necessária à garantia de uma espessura final de 30 cm bem compactada; em aterro as condições de fundação estão garantidas.

Nota: em escavação em rocha, e tendo em vista uma fundação do tipo  $F_4$ , é necessário realizar uma regularização em material pétreo devidamente compactado com cilindros de pneus, e colocar uma camada do mesmo tipo de material com a espessura mínima de 15 cm.

Quadro 2 Camada de Leito em materiais não ligados. Fonte: MACOPAV

Classe de fundação	Módulo da fundação (MPa)		Classe de tráfego
	Gama	Valor de cálculo	
$F_1$	> 30 a ≤ 50	30	$T_5, T_6$
$F_2$	> 50 a ≤ 80	60	$T_3, T_4, T_5, T_6$
$F_3$	> 80 a ≤ 150	100	$T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$
$F_4$	> 150	150	$T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$

Quadro 3 Classes de Fundação. Fonte: MACOPAV