

A CONTRIBUIÇÃO DO ZONAMENTO GEOTÉCNICO NO REFORÇO DO PAVIMENTO DE ESTRADAS ANTIGAS*

The role of geotechnical zoning in the pavement reinforcement of old roads

M.O. QUINTA FERREIRA**

A.S. NUNES***

RESUMO - Em Portugal, um número significativo de estradas antigas tem vindo a ser objecto de trabalhos de beneficiação, tendo em vista a melhoria do conforto de circulação e a segurança. Muitas apresentam um projecto deficiente face às necessidades do tráfego actual e às presentes especificações da Junta Autónoma das Estradas (JAE), exibindo deterioração significativa do pavimento, por vezes agravada pela falta de manutenção adequada. No presente artigo é realçada a importância do zonamento geotécnico, baseado nos estudos da geologia, hidrogeologia, drenagem e no comportamento dos materiais naturais utilizados na construção e a sua relação com as deteriorações observadas no pavimento. É apresentada a utilização dos resultados dos ensaios tradicionalmente utilizados em Portugal para o dimensionamento (CBR e propriedades dos solos) e ainda recorrendo a uma análise mais abrangente utilizando toda a informação disponível, incluindo a estrutura do pavimento antigo e as suas deteriorações, de modo a elaborar o zonamento geotécnico ao longo da estrada. Foi possível concluir que uma análise pormenorizada e completa das observações de campo e dos dados de laboratório é uma metodologia adequada para a execução do zonamento geotécnico, sendo extremamente importante para projectar o reforço do pavimento de um modo mais realista.

SYNOPSIS - In Portugal there are a significant number of old roads that are being subjected to benefaction works, to improve circulation comfort and security. Most of them have a deficient design according to the present traffic needs and the specifications of the Portuguese Road Administration (JAE), showing significant deterioration of the pavement, some times increased by the lack of appropriate maintenance. In this paper it is stressed the importance of the geotechnical zoning based on the study of the geology, hidrogeology, drainage and in the behaviour of the natural materials used in the construction and it's relationship with the deterioration observed in the old pavement. Examples are presented using the CBR and soil properties test results, traditionally used in Portugal in the design, and with a more comprehensive approach using all available information, including the old pavement structure and deterioration, to establish the geotechnical zoning along the road. It was possible to conclude that a detailed complete analysis of the field observations and of the laboratory data is an efficient way to create a geotechnical zoning, extremely important to design more realistic pavement reinforcement.

1 - INTRODUÇÃO

Desde 1980 que a Junta Autónoma das Estradas (JAE) iniciou intensas campanhas de reabilitação dos pavimentos de estradas de todas as categorias da rede de estradas portuguesas, em simultâneo com a construção de novas estradas.

* Comunicação apresentada ao 8º Congresso da Associação Internacional de Geologia de Engenharia, Vancouver, 1998.

** Professor Auxiliar, Departamento de Ciências da Terra e Centro de Geociências da Universidade de Coimbra

*** Geólogo Assessor Principal, Junta Autónoma das Estradas, DSREC - Coimbra

Neste artigo apenas consideramos a reabilitação de estradas de categoria média e inferior. São excluídas as estradas pertencentes aos Itinerários Principais - IPs e Itinerários Complementares - ICs, bem como as estradas municipais.

Na beneficiação de estradas antigas é frequente executar o reforço do pavimento, alargar a plataforma utilizando as bermas em terra, aumentar o raio das curvas e eliminar as curvas de menores raios construindo pequenas variantes de modo a melhorar a geometria do traçado, a velocidade de circulação, a fluência do tráfego e a segurança.

Um dos principais aspectos que é necessário analisar no projecto de beneficiação de uma estrada antiga é a influência que as propriedades geotécnicas dos materiais naturais da fundação do pavimento (*in situ*, tratada ou em materiais de substituição), aterros da estrada e mesmo do pavimento, têm no comportamento da estrada antiga e a importância que o projectista deve atribuir ao modelo geotécnico e a cada componente do modelo, de modo a projectar o reforço do pavimento.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Aspectos gerais

Passamos a descrever a metodologia que sugerimos para o reconhecimento do modelo geológico e geotécnico do terreno abaixo da superfície da estrada, num prazo curto e com o rigor adequado, de modo a obter os parâmetros necessários para o reforço do pavimento antigo e para o dimensionamento do novo pavimento nas zonas de alargamento e nas curtas variantes de correcção da estrada.

A metodologia e procedimentos a seguir apresentam alguns detalhes peculiares, que necessitam de ser atendidos, de modo a obter-se a informação adequada ao dimensionamento. Apesar disso, podemos considerar que no geral apresentam semelhanças com os estudos geológico-geotécnicos para outras obras de engenharia civil.

2.2 - Metodologia utilizada

De um modo breve passamos a referir os procedimentos mais relevantes para a elaboração deste tipo de estudos. Eles são:

- pesquisa bibliográfica (livros, revistas, artigos, projectos semelhantes na área ou noutros locais);
- reconhecimento de campo e execução de um mapa a escala adequada, geralmente 1/1000 ao longo da estrada com a geologia, e elementos da estrada disponíveis (geologia do traçado, fundações do pavimento, deteriorações do pavimento, drenagem, instabilidade dos taludes, etc.);
- zonamento geotécnico preliminar ao longo do traçado da estrada e preparação do plano de prospecção (carotagens, poços, trados, sondagens, prospecção sísmica, penetrómetros dinâmicos, etc.) a ser submetido à aprovação do organismo supervisor (JAE);
- discussão e aprovação do plano de prospecção por parte do organismo supervisor (JAE);
- execução da prospecção e amostragem, de acordo com o plano aprovado, e quando necessário reconhecimento de campo adicional;
- ensaios laboratoriais sobre amostras seleccionadas, representativas dos materiais encontrados;
- interpretação dos elementos de campo e dos resultados dos ensaios de laboratório;
- execução do zonamento geotécnico final da estrada e escrita do relatório geológico-geotécnico.

O método adoptado baseia-se na utilização do critério litogenético, permitindo agrupar os terrenos em classes com base em condições semelhantes de génese, diagénese, alteração e

tectónica. Neste método o tipo litológico é a unidade considerada mais adequada para iniciar o estudo que se pretende desenvolver.

A utilização do critério litogenético e da caracterização geotécnica dos tipos litológicos, baseada num reconhecimento geológico de superfície pormenorizado, permite realizar o zonamento geotécnico preliminar e planear uma campanha de prospecção adequada à realidade do local. Após a execução da campanha de prospecção, eventualmente ajustada aos resultados progressivamente obtidos no campo, em conjunto com os resultados dos ensaios laboratoriais realizados sobre amostras representativas, é possível melhorar o modelo geotécnico do terreno, tornando-o mais próximo das condições reais.

O interesse e utilidade desta metodologia é relevante pois permite efectuar correlações entre solos do mesmo tipo litológico, pertencentes a uma determinada unidade geológica, tornando possível a interpretação de mapas geológicos, mesmo os de escala regional. É no entanto necessário ter muito cuidado de modo a não serem cometidos grandes erros, pelo que se requer uma boa formação em geologia e em geotecnia para atribuir a cada componente o correcto valor e significado.

Como frequentemente a estrutura do pavimento e as propriedades dos solos de fundação são variáveis ao longo do traçado, possuindo diferentes características geotécnicas e diferentes valores do CBR, é aconselhável efectuar o zonamento por grupos de solos ao longo do traçado, com o correspondente valor do CBR a ser utilizado no dimensionamento do pavimento.

Convém referir que os valores do CBR devem ser ajustados às degradações locais do pavimento, geralmente relacionados com solos maus, falta de drenagem e níveis elevados da toalha freática, obrigando à realização do zonamento final após a análise de todos os elementos.

O método de dimensionamento de pavimentos flexíveis considerado neste trabalho fundamenta-se numa base empírica, utilizando o valor do CBR (California Bearing Ratio) obtido para $95 \pm 1\%$ nos solos coesivos e $100 \pm 1\%$ nos solos incoerentes, da baridade seca máxima (γ_d) obtida no ensaio Proctor pesado. Por vezes o cálculo do valor do CBR é obtido indirectamente, baseado no limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e na percentagem de solo passado nos peneiros n° 40 e n° 200 ASTM e utilizando correlações obtidas por diversos autores.

Após o estudo geotécnico é executado o projecto de reforço, devendo definir a espessura da camada betuminosa a colocar sobre o pavimento existente. O tratamento das zonas mais degradadas deve ser realizado com bastante cuidado, eventualmente removendo da fundação da estrada os solos com características insuficientes, e efectuando a sua substituição com materiais adequados. Este procedimento é semelhante ao utilizado para construir o pavimento novo nas zonas de rectificação, ou mesmo ou na reabilitação das bermas em terra.

Para que sejam obtidos resultados válidos e soluções adequadas durante o processo de projecto é necessária a interligação e troca contínua e eficiente de informação, entre a equipa geotécnica e a de engenharia civil responsável pelo traçado da estrada e pelo dimensionamento do pavimento.

2.3 - Acerca da prospecção e ensaios

O plano de prospecção deve abranger a plataforma da estrada que se pretende reforçar, as bermas quando a estrada é alargada, e ainda as zonas de rectificação de modo a caracterizar o terreno de fundação da nova estrada.

A prospecção geotécnica na plataforma da estrada é geralmente realizada escavando poços na transição entre o pavimento e as bermas ou por carotagem do pavimento. As carotagens são essencialmente úteis no estudo das camadas betuminosas do antigo pavimento, obtendo-se amostras para ensaio no laboratório. Com as carotagens do pavimento é difícil obter amostras adequadas dos materiais granulares por baixo das camadas betuminosas, de modo a efectuar a sua caracterização laboratorial.

Os poços executados na transição entre o pavimento e a berma permitem a observação directa e o estudo da estrutura do antigo pavimento, bem como dos solos de fundação. A recolha de amostras é também executada para posterior caracterização laboratorial.

Os ensaios laboratoriais mais executados são a distribuição granulométrica, o coeficiente de forma para os materiais granulares grosseiros, o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP). Para os estudos das propriedades dos solos de fundação os ensaios Proctor e CBR são sempre realizados. São também por vezes realizados o ensaio do equivalente de areia e o ensaio de azul de metileno.

O ensaio sistemático dos pavimentos para determinar a sua deformabilidade utilizando o deflectómetro de impacto, o ensaio de carga com pneus ou a determinação do coeficiente de atrito pneu-pavimento, não são usualmente utilizados para este tipo de estradas porque são mais dispendiosos e demorados que o procedimento descrito. Estes ensaios são normalmente utilizados na auscultação dos pavimentos da rede principal de estradas (Itinerários Principais - IPs e Itinerários Complementares - ICs) e o seu uso é baseado numa diferente filosofia de utilização e interpretação, que não é tratada neste trabalho.

3 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

3.1 - Objectivos

O caso estudado localiza-se no interior de Portugal, sendo uma estrada importante na zona, permitindo a ligação a Espanha e a uma importante estância termal.

O projecto de beneficiação de um trecho de 39 km pretendia essencialmente reforçar o pavimento, alargar a plataforma da estrada nalguns pontos mais estreitos, alargar as pequenas pontes e corrigir várias curvas de modo a melhorar a segurança, o conforto de condução e o fluxo de tráfego.

3.2 - Trabalhos de campo e de laboratório

Os trabalhos de campo de geologia de engenharia realizados com vista à beneficiação da estrada iniciaram-se com o reconhecimento geológico do traçado, permitindo identificar e cartografar as unidades geológicas representadas na Fig. 1. Os solos encontrados são arcoses, granitos decompostos, xistos decompostos, coluviões e aluviões. Nas unidades rochosas tais como os granitos e os xistos, o grau de alteração e fracturação foi registado, mas não é apresentado na Fig. 1 por não ser possível a sua adequada representação à escala da figura.

O plano de prospecção foi preparado para estudar em pormenor as unidades geológicas identificadas e para obter elementos que pudessem ser utilizados no dimensionamento do reforço do pavimento. A prospecção foi estendida às zonas onde era necessário realizar escavações ou aterros para proceder à correcção de curvas ou ao alargamento da plataforma da estrada. Na preparação do plano de prospecção teve-se especial cuidado nas zonas da estrada que mostravam maiores degradações, identificadas pelo grau de fendilhamento, deformação, desintegração e textura do pavimento. Foram também analisadas em pormenor as zonas em que ocorria água, ou que indicavam haver baixa capacidade de carga das fundações do pavimento obrigando ao seu estudo com mais pormenor. Pelas razões apontadas a distribuição dos trabalhos de prospecção não seguiu um padrão regular, tendo sido ajustada de modo a permitir, o melhor possível, o estudo das piores zonas.

A execução dos trabalhos de prospecção foi realizada conforme o plano aprovado. No entanto, mais tarde, foi necessário realizar mais alguns poços de modo a esclarecer algumas dúvidas.

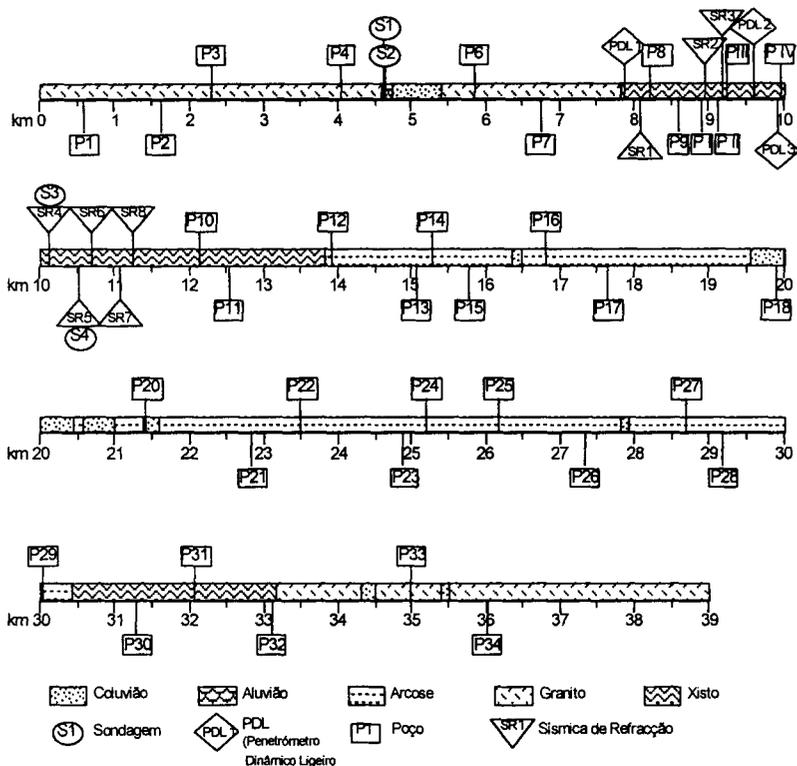


Figura 1 - Unidades geológicas e trabalhos de prospecção executados entre o km 0 e o km 39.

Os poços foram utilizados para estudar a estrutura do pavimento existente e as suas fundações. Devido à degradação de tensões em profundidade, o comportamento dos materiais imediatamente abaixo do pavimento é o mais relevante, necessitando de ser estudado em pormenor. Nos poços, executados na transição entre o pavimento e a berma em terra, foi cuidadosamente observada a espessura e constituição do pavimento e das fundações num mínimo de 1m de profundidade.

Nas zonas com grandes escavações utilizaram-se sondagens em conjunto com a sismica de refração.

De todos os trabalhos de prospecção foram efectuados registos e desenhados perfis individuais. Foram recolhidas amostras representativas que mais tarde foram ensaiadas no laboratório. Os resultados dos ensaios de laboratório são sintetizados na Tabela 1. Analisando os resultados dos ensaios é possível verificar a sua variabilidade dentro de uma mesma litologia.

Recorrendo apenas aos resultados dos ensaios de laboratório seria difícil escolher a distribuição dos parâmetros a serem utilizados como base para o dimensionamento, de modo a definir a espessura do reforço ao longo da estrada. Com esta finalidade é útil definir a classe de fundação de acordo com a classificação apresentada na Tabela 2. A utilidade desta classificação aumenta quando é analisada conjuntamente com as observações no pavimento antigo.

Tabela 1 - Resumo dos resultados dos ensaios de laboratório executados nas amostras recolhidas na fundação do pavimento.

Amostra	P1	P4	P7	P10	P14	P16	P18	P23	P25	P26	P29
Km	0,594	4,04 0	6,74 7	12,1 45	15,295	16,8 05	19,900	24,9 00	26,1 80	27,3 50	30,040
Unidade	Gran.	Gran.	Gran.	Xisto	Arc.	Arc.	Col.	Arc.	Arc.	Arc.	Arc.
Granulometria											
3"	—	—	—	100,	—	—	100,0	—	100,	—	—
2"	—	—	—	96,8	—	—	89,1	100,	93,0	—	—
1,5"	—	—	—	94,3	—	100,	85,9	95,9	93,0	—	100,0
1"	—	100,0	—	87,9	100,0	96,5	81,6	90,1	93,0	—	95,8
3/4"	—	98,6	100,	85,4	97,0	96,5	81,6	89,4	93,0	—	93,8
1/2"	100,0	98,3	98,7	80,1	95,7	96,2	81,1	86,6	93,0	—	91,4
3/8"	99,4	98,2	95,6	77,3	94,9	95,7	80,6	84,7	92,5	100	89,8
Nº 4	98,9	94,9	72,4	68,7	91,2	92,7	79,5	77,3	88,0	99,7	83,0
Nº 10	95,4	75,4	45,7	56,1	80,8	80,8	76,5	55,5	72,8	98,8	64,6
Nº 40	62,5	46,6	25,0	42,0	53,6	41,9	51,6	29,7	47,9	92,8	27,3
Nº 200	33,6	26,6	12,0	31,4	32,3	13,6	23,6	14,7	31,5	54,8	12,5
Limites Atterberg											
LL (%)	NP	27	NP	22	34	NP	19	NP	40	24	30
IP (%)	NP	12	NP	9	21	NP	6	NP	22	12	18
Classificação											
AASHO	A.2.4 (0)	A.2.6 (0)	A.1.a (0)	A.2.4 (0)	A.2.6. (0)	A.1.b (0)	A.2.4 (0)	A.1.b (0)	A.2.6 (0)	A.6 (5)	A.2.6(0)
Unificada	SM	SC	SM	SC	SC	SC	SC-SM	SC	SC	CL	SC
Proctor											
γ_d (kN/m ³)	—	20,1	20,6	—	20,3	20,3	21,1	—	20,0	20,0	21,1
W_{opt} (%)	—	9,7	8,5	—	9,5	8,0	7,5	—	9,5	9,0	7,5
CBR ₉₅ (%)	—	13	45	—	6	33	20	—	5	4	20
CBR ₁₀₀	—	24	56	—	9	81	93	—	6	14	39
Classe *	S3	S3	S4	S3	S2	S4	S3	S3	S2	S2	S3

Arc. - Arcose; Col. - Coluvião; Gran. - Solo Granítico; Xisto - Solo Xistento.

* Classe de solos para fundação de pavimentos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de solos para fundação de pavimentos (modificado de Prates e Santo 1996).

Classe do solo	CBR (%)	Tipo de solo	Reutilização		
			Aterro	Leito	Sub-base
S ₀	< 3	OL, OH, CH, MH	N [OL] P [OH, CH, MH]	N	N
S ₁	ε3 to <5	OL, OH, CH, MH	S	N	N
S ₂	ε5 to <10	CH, MH, CL, ML, SC	S	N, P [SC]	N
S ₃	ε10 to <20	SC, SM, SP	S	S	N
S ₄	ε20	SW, GC, GM, GP	S	S	P
S ₅	ε40	GM, GP, GW	S	S	S

N - Não admissível; P - Possível; S - Admissível.

As espessuras e propriedades das camadas do pavimento (betuminosa, base e sub-base), bem como as da fundação são extremamente importantes na análise do reforço, e foram sempre incluídas no dimensionamento final.

Nos locais em que abaixo do antigo pavimento, não havia camadas com características adequadas ou, quando não apresentavam as características suficientes para serem integradas no novo dimensionamento, recomendou-se a sua substituição.

Outro aspecto que se revelou muito importante para o zonamento do pavimento foi o modo de distribuição, e o tipo, das zonas degradadas ao longo da estrada. Esta informação foi estudada em pormenor tendo-se concluído que para um dimensionamento adequado, de modo a obter um bom comportamento do novo pavimento da estrada, era necessário tratar com bastante cuidado estes locais de piores características. As observações de campo mostraram que este problema é extremamente importante na formação arcósica porque a distribuição dos materiais é heterogénea com bolsadas de materiais finos e plásticos (argila e silte) largamente distribuídas no interior da formação essencialmente arenosa.

A presença de bolsadas de solos plásticos associada a uma drenagem deficiente, níveis freáticos elevados após períodos chuvosos, e a fina estrutura do pavimento antigo, conduziu à deterioração significativa da superfície do pavimento. Um exemplo da distribuição das zonas degradadas num troço seleccionado da estrada é apresentado na Figura 2. O padrão da distribuição das zonas degradadas foi muito importante para determinar os limites do zonamento para os valores do CBR a ser utilizado no dimensionamento. O valor do CBR de 5% proposto para dimensionamento (ver Figura 2) é muito conservador quando comparado com os valores obtidos e apresentados na Tabela 1. No entanto foi necessário a sua utilização devido à presença das bolsadas de argilas e siltes, já anteriormente referidas, e responsáveis por um pior comportamento da estrada do que se poderia antecipar.

O zonamento geotécnico foi então realizado após o reconhecimento geológico de superfície, a execução dos trabalhos de prospecção, a execução dos ensaios de laboratório e a interpretação dos resultados. Com base no zonamento geotécnico foi possível estabelecer, para cada zona, a espessura da camada homogénea para reforço do pavimento. Este procedimento, baseado num bom conhecimento das condições locais, tem a vantagem de tornar mais fácil as operações de reconstrução, reduzindo os custos devido à definição de zonas com idênticas características em termos de materiais a utilizar e de procedimentos construtivos.

Ao longo da estrada foi proposta uma drenagem intensa, como um meio, da maior importância, para reduzir as degradações futuras do novo pavimento.

Nas zonas da estrada a serem alargadas, e baseados na capacidade de carga dos solos, foi possível definir a profundidade de escavação necessária para construir a estrutura do novo pavimento, em continuidade com o existente após o reforço.

Nas zonas a escavar, a escavabilidade dos terrenos foi avaliada quer visualmente, quer baseada nos resultados da sísmica de refração e nos resultados das sondagens.

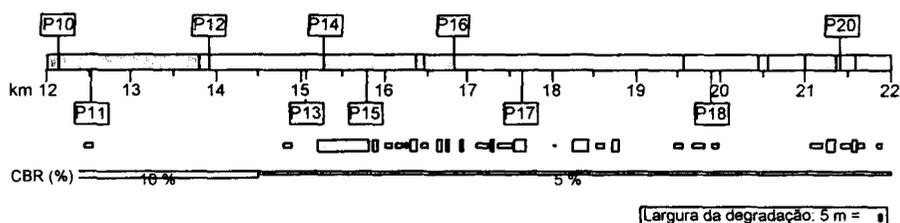


Figura 2 - Exemplo das observações de campo das zonas degradadas e zonamento final do CBR entre os km 12 e 22.

Após o zonamento da fundação ao longo da estrada foi possível dimensionar a solução mais adequada para a estrutura do pavimento. Como exemplo, a Tabela 3 pode ser útil indicando a espessura da camada de leito do pavimento que pode ser utilizada para as classes de solos apresentados na Tabela 2. Quando não há ensaios de deformabilidade como acontece neste tipo de estudos, a equação $E_f = 10 \text{ CBR (MPa)}$ é frequentemente utilizada para os solos das classes S_0 , S_1 e S_2 . Para as classes com materiais mais grosseiros (S_3 , S_4 e S_5), o valor para o coeficiente na equação anterior decresce, desde 10 até 5, com o aumento da dimensão dos grãos.

Tabela 3. Camada de leito em materiais não ligados (modificado de Prates e Santo 1996).

Classe da fundação		F1	F2	F3	F4
Classe Do solo	Ef (MPa)	>30 a ≤50	>50 a ≤80	>80 a ≤150	>150
	CBR* (%)				
S_0	<3	estudo	especial		em pedregulhos ou em Aterros com materiais do tipo solo-enrocamento, com uma camada de leito do pavimento em material pétreo de espessura não inferior a 15cm.
S_1	≥3 a <5	30S ₂ ou 20S ₃	60S ₃ ou 40S ₄		
S_2	≥5 a <10	(1)	30S ₃ ou 15S ₄	60S ₃ ou 30S ₄	
S_3	≥10 a <20	—	(1)**	20S ₄	
S_4 ; S_5	≥20	—	—	(1)**	

As espessuras definidas em cm.

CBR* - índice de CBR do terreno situado sob o leito do pavimento até à profundidade de 1m.

Ef - módulo de deformabilidade da fundação do pavimento (incluindo a camada de leito na espessura indicada na Tabela).

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

* considerar o resultado do CBR para $0,95^{\gamma_d}$, utilizando os valores médios, mais desfavoráveis.

** exceptua-se quando o solo "in situ" exibe valores $\epsilon 0,95^{\gamma_d}$ do Proctor pesado.

Os procedimentos específicos ao dimensionamento da espessura do pavimento e as suas características, dependendo do tipo e intensidade do tráfego, temperatura e propriedades do betume, não são aqui tratados por estarem fora do objectivo do presente trabalho.

4 - NOTAS FINAIS

A análise conjunta da geologia, observações de campo, resultados de laboratório, e do comportamento e características do pavimento antigo forneceu os elementos necessários para um melhor entendimento das propriedades reais dos solos de fundação da estrada.

No dimensionamento do reforço do pavimento de uma estrada antiga, é necessário garantir uma capacidade de carga uniforme para o pavimento após reforço, bem como para o novo

pavimento construído nas zonas localizadas nos alargamentos das bermas em terra e nas correcções de curvas.

O estudo do pavimento antigo deve ser baseado num bom conhecimento da geologia, geotecnia e nalgumas noções de como as estradas foram construídas no passado e das suas necessidades para o futuro.

O zonamento geotécnico é uma ferramenta bastante importante para reduzir o custo dos estudos, utilizando uma metodologia coerente e progressiva, e para otimizar o dimensionamento do reforço do pavimento. O zonamento geotécnico deve definir zonas homogéneas, tão simples quanto possível, nas quais a gama de valores para cada propriedade é bem definida. Por esta razão é necessário considerar com muito cuidado as zonas piores, mesmo quando são pequenas em área, porque elas podem afectar significativamente o comportamento do pavimento da estrada após reforço, obrigando a um dimensionamento mais conservativo, mas justificado.

5 - AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho o primeiro autor agradece a contribuição da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) por intermédio do projecto de investigação PBICT/CTA/2104/95.

6 - BIBLIGRAFIA

NUNES, A.S. - *Subsídio para a caracterização geotécnica de algumas unidades litológicas da região centro de Portugal*. Seu interesse no âmbito dos estudos rodoviários. Publicação Interna da Junta Autónoma das Estradas (JAE). Coimbra, Portugal, 1982.

BRANCO, F.F. - *Pavimentos de Estradas e Aeródromos e suas fundações*. 1º Encontro Nacional de Geotecnia. Lisboa, 21-22 Novembro, II25-II42, 1985.

PRATES, M. e SANTO, T. - *Manual de concepção de pavimentos para a rede rodoviária nacional*. Curso de formação avançada JAE/IST. Lisboa, Portugal, 1996.