

## **Materiais para uso em vias não-pavimentadas**

**Alfredo L.M.d'Ávila<sup>1</sup>, Fabricio da S. Terra<sup>2</sup> & Plínio Corral<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Departamento de Engenharia Agrícola – UFPEL, Pelotas, RS, [alfredav@ufpel.tche.br](mailto:alfredav@ufpel.tche.br)*

<sup>2</sup> *Acadêmicos da Faculdade de Engenharia Agrícola –UFPEL, Pelotas, RS*

**RESUMO:** Este texto contém uma especificação para avaliação de materiais a serem utilizados em vias não-pavimentadas, fundamentada em ensaios muito simples, todos relacionados diretamente ao seu comportamento. Tais características da especificação proposta têm propiciado uma compreensão de uma maneira direta do comportamento dos materiais, uma vez que atua diretamente no aspecto sensorial das pessoas envolvidas. Esta particularidade tem facilitado alterações na prática vigente em diversos municípios, trazendo consigo economia e maior durabilidade dos serviços executados.

## 1. INTRODUÇÃO

A literatura técnica internacional, relacionada a especificações de materiais a serem utilizados em vias não-pavimentadas, não apresenta praticamente nenhuma evolução tecnológica desde a década de 30. Os países desenvolvidos, os maiores responsáveis por inovações tecnológicas, ampliaram, após a Segunda Guerra Mundial, significativamente a sua malha viária pavimentada. Em decorrência, as pesquisas relativas a vias não-pavimentadas foram relegadas a um segundo plano.

Os trabalhos produzidos nestes países, até esta década, situados todos em regiões temperadas do hemisfério norte, produziram especificações que fazem uso de uma faixa de valores de aceitação para a granulometria e os limites de Atterberg, conforme a ref.[1].

Posteriormente, foram desenvolvidas especificações referentes ao uso de pedregulhos lateríticos – apenas um dos materiais peculiares de regiões tropicais úmidas – aplicáveis a países da África tropical úmida, conforme a ref. [5]. Tais especificações permitiam a presença de uma percentagem de finos maior, partindo da premissa de que esta fração, neste tipo de material, apresenta comportamento não expansivo, o que nem sempre é verdadeiro.

As especificações citadas são inaplicáveis, a maior parte dos solos peculiares de regiões tropicais úmidas, devido a dois fatores:

- a composição mineralógica diversa, dos finos presentes, em relação aos solos de regiões temperadas do hemisfério norte.

- a grande diferença do solo tropical em seu estado indeformado natural e após a destruição da estrutura para a realização dos ensaios de limites de Atterberg.

Apresentam-se, abaixo, casos típicos de equívocos cometidos ao utilizarmos as especificações tradicionais em solos peculiares de regiões tropicais úmidas:

- Os solos lateríticos argilosos, embora não atendam às faixas granulométricas propostas, constituem excelentes materiais para revestimento, apresentando suporte adequado e alta resistência à abrasão e à erosão. A única deficiência diz respeito à aderência em dias chuvosos, cuja correção é possível mediante a colocação de uma camada de agregado de dimensão adequada.

- Os solos saprolíticos siltosos, embora eventualmente atendam às especificações, não apresentam resistência à abrasão na condição úmida e, na maior parte das vezes, na condição seca.

O desenvolvimento de uma especificação para revestimento, adequada aos solos peculiares de regiões tropicais úmidas, exige uma abordagem metodológica apropriada, inexistente até que surgisse a metodologia MCT (Miniatura – Compactado – Tropical) desenvolvida, a partir da década de 70, por um grupo liderado pelo Professor Job Shuji Nogami.

As circunstâncias expostas motivaram o desenvolvimento de uma especificação expedita, utilizando técnicas laboratoriais extremamente simples, que permitem desenvolver a capacidade de observação, relacionada às propriedades exigidas de um material que se pretenda aplicar como revestimento. O uso desta especificação, em trabalhos técnicos desenvolvidos pelo autor, possibilitou mudanças significativas no uso dos materiais. Tais mudanças foram conseguidas graças à compreensão, obtida pelos técnicos e encarregados, do comportamento dos materiais nos ensaios propostos.

## 2. SOLOS DE REGIÕES TROPICAIS ÚMIDAS

Os perfis de solos de interesse geotécnico, peculiares de regiões de clima tropical úmido, são divididos em dois conjuntos de horizontes:

- horizonte pedogenético B – recebe a designação de SOLO LATERÍTICO. Solos em estágio avançado ou muito avançado de evolução pedogenética, não apresentando vestígios da estrutura da rocha matriz; fração fina (argila e silte) composta predominantemente por proporções variáveis de caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e hidróxidos de alumínio; não apresenta vestígios da estrutura da rocha original (homogêneo na aparência), apresenta cores características com nítida contribuição dos matizes vermelho e amarelo e pode atingir vários metros de espessura.

- horizonte saprolítico – recebe a designação de SOLO SAPROLÍTICO. Horizonte

originado pelo intemperismo, não evoluído pedogeneticamente; tendo estrutura e constituição que permite identificar inequivocamente a rocha matriz. Raramente com cor única, apresentam normalmente manchas e mosqueamentos com feições herdadas da rocha matriz ou desenvolvidas no processo de intemperismo. Podem ter espessura significativa. Não existe um único comportamento saprolítico, depende da composição granulométrica e mineralógica da rocha.

Mesmo em regiões tropicais úmidas ocorrem solos típicos da mecânica dos solos tradicional. Nesse caso, encontram-se os solos transportados (marinhos, fluviais, lacustres, etc), localizados em zonas de deposição recente (era geológica recente), normalmente zonas mal drenadas (ambiente saturado ou com elevado grau de umidade).

A composição mineralógica e o comportamento da fração fina (argila e silte) dos solos lateríticos, saprolíticos e transportados, conforme a ref. [4], são apresentados na tabela 1. A consideração da diferença de comportamento entre os tipos de finos é um dos elementos básicos sobre o qual se assenta a especificação proposta.

### **3. MÉTODO MCT – MÉTODO DAS PASTILHAS**

A especificação proposta utiliza o denominado método das pastilhas, uma sistemática expedita de classificação dos solos segundo o método MCT, conforme a ref. [3]. Tal sistemática é extremamente simples, sendo vantajosa, do ponto de vista pedagógico, uma vez que permite aos engenheiros e encarregados observar visualmente o comportamento dos materiais ensaiados.

O procedimento apresentado obedece basicamente o proposto pela ref. [3]:

a – peneire o solo na peneira nº 40 (0,42 mm).

b – umedeça o solo passado na peneira nº 40 (0,42 mm) até obter uma pasta que apresente uma penetração de 1 mm, com uso do penetrômetro padrão.

c – molde as pastilhas em anéis de 20 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura.

d – as pastilhas devem ser colocadas dentro da estufa a 60<sup>o</sup> C por um período que varia de cerca de duas a doze horas. Meça a contração diametral das pastilhas.

e – as pastilhas são transferidas para uma superfície de placa porosa saturada, com água, e recoberta por papel filtro. Deixe a pastilha em repouso e efetue as medidas de penetração (em mm), após cinco minutos, duas horas e vinte quatro horas, com o penetrômetro padrão.

### **4. REVESTIMENTO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

Um material de revestimento deve apresentar as seguintes características principais:

#### Dimensão dos agregados

Não deve conter agregados com dimensões maiores do que 35 mm de modo a evitar uma acentuada irregularidade da plataforma.

#### Suporte

Não deve ser rompido pela ação do tráfego.

#### Aderência

Deve manter atrito adequado com os pneus dos veículos.

#### Abrasão

Não deve sofrer desgaste devido ao atrito com os pneus dos veículos.

#### Erosão

Não deve ser suscetível a processos erosivos.

#### Resistência dos agregados

Os agregados devem ter resistência mecânica adequada, de modo a não romperem quando submetidos às cargas dos veículos.

Essas quatro últimas características estão associadas à durabilidade do revestimento, aspecto muito pouco considerado nas especificações existentes. Normalmente, as administrações municipais consideram unicamente o suporte e a aderência.

### **5. ESPECIFICAÇÃO PROPOSTA**

A especificação proposta se fundamenta no método das pastilhas, incluindo o ensaio de resistência a seco e um teste expedito de verificação da presença de argila coloidal. A especificação obedece a seguinte lógica:

- Percentagem retida na peneira 40 (0,42 mm) < 25%: neste caso, o suporte é governado

pela fração fina. O único tipo de fração fina que serve é do tipo “B”; se a percentagem de fração fina for muito expressiva o material apresenta deficiência de aderência na condição úmida (sabão); se a percentagem de fração fina for pequena o material carece de resistência à abrasão (baixa resistência a seco).

- Percentagem retida na peneira 40 (0,42 mm)  $\geq$  25%:

a) elimina-se, inicialmente, os solos de baixa resistência a seco (baixa resistência à abrasão na condição seca);

b) avalia-se o tipo de fração fina.

solos com fração fina tipo “B” ou transicionais são aceitos (suporte adequado, elevada resistência à erosão e à abrasão quando úmidos);

solos com fração fina tipo “C” não servem devido à expansão elevada e rápida (baixa resistência à abrasão quando úmidos);

solos com fração fina tipo “A” só servem se tiverem uma distribuição granulométrica adequada, de tal modo que a expansão dos finos não comprometa o suporte do material como um todo. Neste caso, deve-se tomar cuidado para que os finos presentes não sejam sujeitos à erosão coloidal.

Apresenta-se, na tabela 2, a especificação de materiais para revestimento proposta.

## 6. CONCLUSÕES

A extrema simplicidade e o baixo custo, dos ensaios laboratoriais sobre os quais se fundamenta a especificação, facilita a sua adoção na prática. Os municípios, de um modo geral, não dispõem de laboratórios de solos, só existem duas possibilidades: ou se usa técnicas simples ou não se faz nada.

A aplicação da especificação proposta, em trabalhos técnicos realizados em diversos municípios, tem facilitado a substituição de práticas equivocadas, relacionadas ao uso dos materiais de revestimento. Sem dúvida, tem contribuído muito para isto, a compreensão obtida, graças a visualização, por parte dos encarregados e engenheiros, do comportamento do material estudado em relação as propriedades de interesse (expansão-contração, resistência a seco e argila coloidal). A título de exemplificação:

- utilização de um solo laterítico argiloso de elevada durabilidade (alta resistência a seco, ausência de argila coloidal) em substituição ao uso de um solo saprolítico arenoso, que apresenta baixa durabilidade (baixa resistência a seco e presença de argila coloidal). A deficiência de aderência foi corrigida com aplicação, na superfície, de uma camada de agregado (<35 mm) de pequena espessura.

- interrupção do uso de solos saprolíticos siltosos (finos tipo “C”), materiais de baixa durabilidade (baixa resistência a seco).

Há possibilidade de utilização desta especificação, alterando apenas talvez alguns limites, em outros tipos de clima. Foram ensaiadas seis amostras da África do Sul – região de Pretória – que apresenta clima tropical seco. Não era conhecido o desempenho dos materiais. A avaliação, com fundamento na especificação proposta, foi considerada excelente, conforme a ref. [6].

## REFERÊNCIAS

1. CHARMAN, J.H.; 1988. “Laterite in Road Pavements”. Overseas Development Administration. Transport and Road Research Laboratory.
2. NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos São Paulo – Brasil – Editora Vilibor - 1995.
3. NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. Identificação expedita dos grupos da classificação MCT para solos tropicais. X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. ABMS, Foz do Iguaçu, p.1293-1300 1994
4. NOGAMI, J.S. et al (1985). “Peculiarities of Geotechnical Behavior of Tropical Lateritic and Saprolitic Soils”. Progress Report (1982-1985), Topic 4.2 – Roads. ISSMFE.
5. REMILLON, A.; “Stabilization of Laterite Soils”. Highway research board: soil and soil aggregate stabilization, n.108,p.96-191, jan.1995.
6. VISSER, A. T.; Comunicação pessoal 2000.

Tabela 1 – Composição mineralógica predominante das frações granulométricas

	Solos transportados (típicos da mecânica dos solos tradicional)	Solos lateríticos	Solos saprolíticos	
			Siltosos	Argilosos
	Fração fina tipo “A”	Fração fina tipo “B”	Fração fina tipo “C”	Fração fina tipo “A”
Fração Argila	Caulinita, esmectita	Caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe (hematita ou goethita) e Al (gibbsite). A proporção depende da evolução pedológica, quanto mais evoluído mais expressiva a presença de óxidos.	-----	Caulinita, esmectita
Fração Silte	Quartzo	Quartzo, agregados de caulinita, óxidos e hidróxidos de Fe e Al	Quartzo, macrocristais de caulinita e micas	Quartzo
Fração Areia	Quartzo	Quartzo, concreções lateríticas, magnetita e ilmenita	Quartzo, feldspatos, micas, óxidos de Fe, etc...	Quartzo, feldspatos, micas, óxidos de Fe, etc...

Comportamento de cada tipo de fração fina:

“A” – a expansão é lenta e, quando expansivos, são também contrácteis.

“B” – a contração é alta enquanto a expansão é, em geral, pequena. Os óxidos recobrem os argilominerais, tornando-os menos expansivos e menos plásticos.

“C” – a expansão é elevada e rápida, enquanto a contração é baixa.

A fração fina de alguns solos saprolíticos é parcialmente laterizada, apresentando propriedades próximas às dos solos lateríticos, os quais recebem a denominação de transicionais.



Tabela 2 – Especificação de materiais para revestimento de vias não-pavimentadas

Percentagem retida na peneira n° 40 – 0,42 mm < 25% <sup>1</sup>					
Penetração ≤ 2 mm após 24 horas de reabsorção (fração fina tipo “B” ou transicional – solos lateríticos)			Penetração > 2 mm após 24 horas de reabsorção (frações finas tipo “A” ou “C”)		
Contração diametral > 0,90 mm	Contração diametral entre 0,55 e 0,90 mm	Contração diametral < 0,55 mm			
MATERIAL ADEQUADO, solos mais argilosos apresentam aderência deficiente – sabão – em dias chuvosos.	material adequado.	MATERIAL ADEQUADO, desde que a resistência a seco do material passado na peneira n° 4 – 4,8 mm – seja alta.	Material inadequado.		
Percentagem retida na peneira n° 40 – 0,42 mm ≥ 25 % <sup>2</sup>					
Baixa resistência a seco material passado na peneira n° 4 – 4,8 mm.	Alta a média <sup>3</sup> resistência a seco material passado na peneira n° 4 (4,8 mm)				
	Penetração ≤ 2mm após 24 horas de reabsorção (fração fina tipo “B” – solos lateríticos – ou transicional).	Penetração > 2 mm após 24 horas de reabsorção			
		Penetração > 5 mm após 5 minutos de reabsorção – expansão elevada e rápida – fração fina tipo “C”.	Penetração ≤ 5 mm após 5 minutos de reabsorção – expansão elevada e lenta – fração fina tipo “A”.		
Material inadequado.	MATERIAL ADEQUADO, solos mais argilosos (mais do que 35% menor do que a peneira n° 200 – 0,075 mm) apresentam aderência deficiente – sabão – em dias chuvosos.	MATERIAL INADEQUADO, alguns materiais deste grupo são usados na prática apresentando, no entanto, baixa durabilidade e expressiva formação de poeira.	MATERIAL ADEQUADO <sup>4</sup> se:		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não contém argila coloidal</li> <li>• Atende à especificação granulométrica tradicional (abaixo) e mini-CBR &gt; 15%</li> </ul>		
			% < peneira n° (mm)	Faixas granulométricas	
			1” (25,4)	100	100
			¾” (19,1)	92-100	100
			½” (12,7)	78-96	97-100
			4 (4,8)	52-76	75-100
40 (0,42)	26-32	32-71			
200 (0,075)	12-19	19-35			

<sup>1</sup> Enquadram-se, nesse grupo, os materiais cuja parte retida na peneira n° 40 (0,42 mm) seja maior do que 25 % e a mesma sofra degradação expressiva com o intemperismo (molhagem-secagem) ou quebra-se com esforço mínimo.

<sup>2</sup> O material não deve conter partículas maiores do que 25,4 mm, a não ser que seja colocado como camada a ser cravada em solo de baixo suporte.

<sup>3</sup> Os materiais com resistência a seco média só podem ser usados na ausência de outros materiais adequados.

<sup>4</sup> Apresentam durabilidade menor do que os solos lateríticos.

