

ANÁLISE CRÍTICA DE ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS PARA REVESTIMENTO PRIMÁRIO E OU TRATAMENTO SUPERFICIAL DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO

Cassio Eduardo Lima de Paiva¹ & Amaro Gabriel Joaquim²

¹Professor Doutor Associado da FEC-UNICAMP, Departamento de Geotecnia e Transportes, Tel: +55 193521 2343, celpaiva@fec.unicamp.br.

²Engº Civil Mestrando da FEC-UNICAMP, Departamento de Geotecnia e Transportes, Tel: + 55 193521 2342, amaro@fec.unicamp.br. Site: <http://www.fec.unicamp.br>.

^{1,2}Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP: 13083-889, Caixa Postal: 6143, Campinas - São Paulo, Brasil.

Resumo

O conhecimento aprimorado dos critérios de protejo de estradas não pavimentadas, bem como seu procedimento de execução e manutenção, são de suma importância para concessão de vias deste porte, que são muito presentes em diversos países do mundo. Este trabalho tem como objetivo, realizar uma análise crítica de especificações construtivas Brasileiras, Africanas, Europeias, Australianas e Americanas, para revestimento primário, e ou tratamentos superficiais de estradas não pavimentadas e com baixo volume de tráfego, com finalidade de futuramente de se fazer uma aplicação destes, em trechos experimentais e trechos já expostos ao tráfego mas que precisam de manutenção. Ante as pesquisas de especificações Brasileiras e estrangeiras, sobre as características geotécnicas do material, seção transversal, processo de construtivo, foram desenvolvidos quadros comparativos das exigências comuns e específicas identificadas, para a análise final das suas igualdades e diferenças.

Palavras Chave: métodos de construção; especificações dos materiais; estradas não pavimentadas.

1 INTRODUÇÃO

Em países onde a extensão territorial é grande, a malha viária é composta por estradas não pavimentadas e pavimentadas. Em geral as estradas não pavimentadas atendem um baixo volume de tráfego, mas apresentam uma grande importância na mobilidade de agricultores, fazendeiros e munícipes de regiões rurais. O emprego das vias não pavimentadas é interessante para essas regiões, devido à baixa intensidade de tráfego, o que as torna economicamente viável quando comparadas com vias pavimentadas ou asfaltadas.

Segundo [1] rodovias com tráfego com menos do que 50 veículos por dia, com superfície composta de cascalho ou solo granular local é classificada como uma rodovia de baixo volume de tráfego. É sempre interessante que se explore o máximo do material in situ, ou o local, tornando o emprego destas estradas economicamente viável, devido à pouca distância de transporte destes materiais, desde que se faça a verificação das condições técnicas do mesmo no subleito.

Para estradas deste porte, é muito comum o emprego de revestimentos primários e ou tratamento superficiais em alguns casos. Segundo [2], revestimento primário compreende a execução de camada granular, composta por agregados naturais ou artificiais, aplicada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre o subleito compactado em rodovias não pavimentadas, com a função de assegurar condições de rolamento e de aderência do tráfego satisfatórias, mesmo sob condições climáticas adversas. A compreensão das normas técnicas, exigências, recomendações ou especificações construtivas de estradas não pavimentadas Brasileiras e estrangeiras, é importante para que se consiga emprega-las de forma eficiente e eficaz, tendo em conta a alta demanda destas vias a nível mundial.

2 ESPECIFICAÇÕES AVALIADAS

Ao se dimensionar camadas superiores de estradas não pavimentadas, condições climáticas, propriedades dos materiais locais, nível de serviço ou volume de tráfego, são fatores ou variáveis bastante relevantes neste processo [3]. As especificações construtivas de rodovias deste porte, também são diretamente influenciadas por estes fatores, sobretudo no que tange as exigências do material da camada superior, nomeadamente ao tipo de agregado empregado (material), espessura total da camada, características físicas e mecânicas requeridas, grau de compactação, dimensões da seção transversal e longitudinal, e especialmente o processo construtivo. Em função de todas estas variáveis mencionadas acima, em cada país, dependendo da região, foram desenvolvidos manuais completos ou normas técnicas, com especificações construtivas para revestimento primário e ou tratamentos superficiais de estradas não pavimentadas.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram avaliadas ou estudadas seis especificações Brasileiras e também seis especificações estrangeiras, de modos a se ter um quadro comparativo entre as normas nacionais e também as estrangeiras, avaliando as igualdades e diferenças entre estas.

2.1 Especificações Brasileiras

Entre as seis especificações brasileiras estudadas, quatro destas são normas para revestimento primário, elaboradas pelo Departamento de Estrada de Rodagem - DER dos estados de São Paulo (SP), Bahia (BA) e Paraná (PR), e das duas restantes, uma foi elaborada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT de SP, e a última pelo antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER no Rio de Janeiro (RJ) atual DNIT.

A Especificação Técnica do DER [2] de São Paulo com código ET-DE-P00/013 foi inicialmente publicada em 02/2006, esta norma visa a definir critérios que orientam a execução, aceitação e medição do serviço de revestimento primário, para obras rodoviárias no estado de SP. Ainda o DER [4] de São Paulo publicou em 2006 a Especificação Técnica para Tratamento Anti Pó, que objetiva a definição de critérios que orientam a execução, aceitação e medição do serviço de tratamento anti pó, sobre revestimentos primários. A Especificação de Serviço da Bahia DER-BA [5] publicada em 2006, considerada ou classificada no grupo de serviço de Terraplenagem, tem o mesmo objetivo da norma anterior do DER-SP para exigências de revestimento primário.

O DER [6] do Paraná em 05/2005 tornou público a Especificação de Serviços Rodoviários, apresentando a sistemática empregada na execução de revestimento primário, onde são definidas as exigências técnicas relativas aos materiais, execução, manejo ambiental, equipamentos, controle de qualidade, além dos critérios para aceitação e rejeição, medição e pagamentos de serviços, tendo como base a Especificação de Serviço DER-PR ES-T 07/91. O Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra, foi elaborado pelo IPT-SP [7] publicado em 1988, este apresenta um conjunto de orientações e recomendações técnicas necessárias para trabalhos de manutenção, conservação e recuperação de vias deste porte.

E finalmente, a última especificação Brasileira estudada no presente trabalho, foi elaborada pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, publicada no Manual de Implantação Básica em 1966 [8]. No capítulo 6 deste manual, são apresentadas especificações dos materiais, clima, equipamentos básicos, processo de construção, tratamentos especiais contra pó, medição e pagamento. As especificações Brasileiras para revestimento primário de estradas não pavimentação, são apresentadas nos Quadros 1 e 2 a seguir.

Quadro 1. Especificações construtivas Brasileiras (a).

Especificações Construtivas Brasileiras para Revestimentos Primários e Tratamentos Superficiais				
Método/Autor		DER-SP/2006	DNER/1966	IPT-SP/1988
Camada Superior	Material/Solo	Saibro, Cascalho, Rocha decomposta, Pedregulho, Areia, Sílico argilosos e outros.	Pedregulhos, rochas britadas, areias, siltes, argilas, e solos lateríticos.	Cascalhos, Pedregulho, Areia, Saibro, Argilas e Piçarras.
	Espessura Mín-Máx [cm]	10 - 20	10 - 20	10 - 20
Especificações do Material	Ø máx [mm]	≤ 25	-	25
	LA [%]	≤ 55 – retido #10	= 50 – retido #10	-
	LL [%]	≤ 35 – passante #40	35 – passante #40	-
	IP [%]	≤ 7 – passante #40	4 ≤ IP ≤ 9 – passante #40	-
	CBR [%]	≥ 20	-	-
	Expansão [%]	≤ 1	-	-
	Granulometria	NBR 7181/84	Curvas: A, B, C e D; 8% #200 - quando receber tratamento betuminoso.	-
	G.C [%]	≥ 95 - Wot	100 - Wot	100 - Wot
	Estabilização	Finos entre 20 a 30%	Admite Solos Lateríticos	Areia e Argila
Seção Transversal	Largura [m]	Projeto Geométrico	Projeto Geométrico	-
	Decliv. Trans [%]	Projeto Geométrico	Projeto Geométrico	-
Processo Construtivo		1-Limpeza, preparação da camada do subleito ou reforço; 2-Depositar material em pilhas no eixo da pista; 3- Caso o W esteja abaixo do mínimo, proceder umedecimento e homogeneização do material, do contrário deve-se arar; 4- Compactar o material da borda ao centro da pista, e nas primeiras passadas o rolo comp. deve passar pela metade do acostamento.	1-Regularizar e consolidar leito da estrada, obedecendo todas condições geométricas da via, tendo dispositivos de drenagem; 2-Depositar o material em pilhas no eixo da via e espalhar com a motoniveladora; 3- Umedecer o material com água no teor ótimo-W _o , com pulverizador misturar o material e deixa-lo bem uniforme; 4- Compactar com os eq. convencionais até atingir GC=100%.	1- Regularização e compactação da camada do subleito; 2- Escarificação do leito; 3- Lançamento e espalhamento do material; 4- Umedecimento ou secagem se necessário e Verificação do teor de umidade; 5- Compactar da borda ao centro com 8 passadas; 6- Execução de caixa no leito da via.

Quadro 2. Especificações construtivas Brasileiras (b).

Especificações Construtivas Brasileiras para Revestimentos Primários e Tratamentos Superficiais				
Método/Autor		DER-BA/2006	DER-SP/ET-P00/017 2006	DER-PR/2005
Camada Superior	Material/Solo	Saibro, Cascalho, Rocha decomposta, Pedregulho, Areia, Sílico argilosos e outros.	Solo Local + Agregado + Xisto Betuminoso.	LA; NA; LA'; NA' e LG'
	Espessura Mín-Máx [cm]	≥ 10	≥ 10	-
Especificações do Material	Ø máx [mm]	≤ 50	-	≤ 76,2
	LA [%]	-	≤ 50	-
	LL [%]	≤ 35 - passante #40	-	-
	IP [%]	4 a 12 - passante #40	-	-
	CBR [%]	≥ 20 - E.P.I	-	Mini-CBR ≥ 13%
	Expansão [%]	≤ 1	-	-
	Granulometria	-	0,075 < φ > 4,8 mm EA ≥ 5 % - NBR 12052	DNER-ME 080/94
	G.C [%]	100 - Wot	100 - Wot	100 - Wot
	Estabilização	-	Admite	-
Seção Transversal	Largura [m]	Projeto Geométrico	Projeto Geométrico	Projeto Geométrico
	Decliv. Trans [%]	Projeto Geométrico	3 a 5	Projeto Geométrico
Processo Construtivo		1-Limpeza, preparação da camada do subleito ou reforço; 2-Depositar material em pilhas no eixo da pista; 3- Caso o W esteja abaixo do mínimo, proceder umedecimento e homogeneização do material, do contrário deve-se aerar; 4- Compactar o material da borda ao centro, em tangente do bordo mais baixo para o mais alto.	1-Regularizar, umedecer e compactar o subleito; 2- Aplicar uniformemente a emulsão em 1,0-1,5 l/m ² corrigindo-se já as falhas ou excessos; 3-Fazer a 2ª aplicação da emulsão depois de 4h, e distribuir os agregados com a taxa de 6kg/m ² ; 4-Corrigir as falhas e excessos até superfície uniforme a plana, e compactar esta camada com RP, e aguardar 24h de cura.	1-Compactar e regularizar o subleito, 2-Espalhamento do material para conformação de secção transversal, 3- Umedecimento e homogeneização do mat. espalhado, caso este chegue a elevado teor de umidade, arar com escarificador; 4- Compactar o material em camada de 10-20cm em conformidade com o projeto geométrico da via.

2.2 Especificações Estrangeiras

Para análise comparativa elaborada neste trabalho, também foram utilizadas seis especificações construtivas para revestimento primário ou tratamento superficial de estradas não pavimentadas para países localizados no continente Australiano, África, Sul e Norte da América e Europa.

Na Austrália foi publicado em 2009 [9], o manual intitulado *Guide To Pavement Technology: Part 6 - Unsealed Roads* (Manual para Tecnologia de Pavimentos: Parte 6 - Estradas não Seladas), onde além de apresentar procedimentos de dimensionamento para camadas superiores de estradas não pavimentadas ou não seladas, dispõe também de especificações requeridas nos materiais utilizados, tipos de estabilização e o processo de construção a ser seguido.

Foram também avaliadas duas especificações Africanas, a primeira foi publicada pelo *Technical Recommendations for Highways – TRH/20* [10] em 1990 na Pretória/África do Sul, intitulada como *The Structural Design, Construction and Maintenance of Unpaved Roads* (Projeto Estrutural, Construção e Manutenção de Estradas não Pavimentadas), apresentando todas etapas para concepção de vias deste porte, desde a elaboração do projeto, execução e manutenção, sobretudo as propriedades físicas e mecânicas requeridas no material, no seu processo de execução. A segunda especificação Africana analisada foi publicada em 2013 [11], pelo *Ministry of Transport and Public Works – MTPW* (Ministério dos Transportes e Obras Públicas), esta é intitulada de *Design Manual for Low Volume Sealed Roads* (Manual de Projeto para Estradas Seladas de Baixo Volume de Tráfego). Neste manual é apresentado tratamentos superficiais com capa selante para vias não pavimentadas.

Na Costa Rica, através do Ministério de Obras Públicas e Transporte [12], em 2010 foi publicado o *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carretas, Caminos y Puentes* (Manual de Especificações Gerais para Construção de Estradas e Pontes), este manual também apresenta especificações para tratamentos superficiais usando uma capa selante asfáltica, bem como todo processo construtivo. O manual *Low-Volume Roads Engineering* (Engenharia para Estradas de Baixo-Volume de tráfego) publicado através do Departamento de Agricultura em 2009 [13], apresenta exigências para revestimento primário de estradas rurais nos EUA, e é um manual bastante completo, que também avalia o controle de erosão.

Para que se tenha acesso as regiões florestais, onde se faz a extração da madeira, e algumas vezes são desenvolvidas atividades recreativas, foi publicado [14] em 2009 o *Forest Road Manual* (Manual para Estradas Florestais), apresentando todo processo construtivo para estradas deste porte, dando uma ênfase a todo projeto de drenagem, bem como a importação ou exportação de materiais.

As seis especificações estrangeiras para tratamento superficial ou revestimento primário abordadas acima, são apresentadas nos Quadros 3 e 4.

Quadro 3. Especificações construtivas estrangeiras (a).

Especificações Construtivas Estrangeiras para Revestimentos Primários e Tratamentos Superficiais				
Método/Autor		AUSTROADS Austrália/2009	TRH 20 África do Sul/1990	MTPW Malawi/2013
Camada Superior	Material/Solo	Cascalho, Resíduo de Pedreira ou Material Pit.	Cascalho	Solo Local, Misturas de Solos Cascalhado
	Espessura Mín-Máx [cm]	≥ 25	15 - 45	≥ 20
Especificações do Material	Ø máx [mm]	40	37,5	-
	LA [%]	30 a 50	-	-
	LL [%]	-	-	-
	IP [%]	12 a 20	4%-Para formação do subleito.	< 6
	CBR [%]	≥ 40	≥ 15	CBR=95; DN=3,2mm/golpe
	Expansão [%]	K=10 ⁻⁴ m/s	-	-
	Granulometria	NAASRA (1980)	Partículas grandes ≤ 5%	-
	G.C [%]	100 - Wot	≥ 95 - Wot	95% MAASHO
	Estabilização	Granular-Cascalho Natural; Química-Pol. Nat. e Sintéticos, Iônicos e Sais; Cal, Cimento.	-	Camada Primária + Ligante Asfáltico + Agregado
Seção Transversal	Largura [m]	-	8	6 a 6,5
	Decliv. Trans. [%]	4 a 6	≤ 5	3
Processo Construtivo		1-Preparação do subleito/plataforma; 2- Construção da base de 150mm (Mat. Granular) com CBR=40%; 3- Construção da camada superior c/ mat. Local ou estabilização.	1- Limpeza do subleito c/ escavadeira; 2- O leito da estrada deve ser escarificado e misturado a quantidade d'água da Wot e com CG de 90-95% Proctor; 3- Realizar teste de Areia de Substrato; 4- Prover camada de 30cm de espessura com CBR≥15% sobre a plataforma; 5- Sobre esta camada de formação é acrescido o tratamento	1-Aplicação da camada primária sobre a base+subbase e subleito e compactar; 2-Aplicação do ligante asfáltico (ligante + impermeabilizante) com camião espargidor; 3- Aplicação do agregado que terá a função de suportar o tráfego e novamente compactar.

Quadro 4. Especificações construtivas estrangeiras (b).

Especificações Construtivas Estrangeiras para Revestimentos Primários e Tratamentos Superficiais				
Método/Autor		MOPT Costa Rica/2010	USDA Forest Service EUA/2003	FOREST ROAD MANUAL Inglaterra/2009
Camada Superior	Material/Solo	Agregado + Cimento Asfáltico/Emulsão	Agregados de superfície trituradas ou cascalho	Solo local: peat, argila, silte, areia, areia cascalhada, rocha exposta e outros.
	Espessura Mín-Máx [cm]	≥ 30 - Camadas segundo Tabela 411-8	30	20 à 75
Especificações do Material	Ø máx [mm]	12,6 à 76,2	30	-
	LA [%]	40	-	-
	LL [%]	≤ 25	-	-
	IP [%]	≥ 10	2 à 10	-
	CBR [%]	≥ 20	> 3	2 a 60% Tabela 12.
	Expansão [%]	-	-	-
	Granulometria	Granulom. do agregado Tabela 703-11 e Taxas de CA* Tabela 411-4	φ=0,075mm; Finos=6- 15% ok; Finos≥15% Exc.	-
	G.C [%]	100 - Wot	100 - Wot	100 - Wot
	Estabilização	1% de argila	Cimentos, Cal, Resinas, Enzimas e Químicos; 5- 15% pasta Argila.	Solos minerais e outros
Seção Transversal	Largura [m]	4,6	5 à 7	5,5 à 7,0
	Decliv. Trans [%]	≥ 4	3 à 5	1 à 10,0
Processo Construtivo		1- Limpeza da superfície e deixar a mesma seca; 2-Aplicação do cimento asfáltico com taxa (Tabela 411-6 e 7); 3- Aplicar agregado sobre o cimento asfáltico de forma uniforme (Tabela 411-6 e 7), 4- Compactar em camadas de 15 cm: 4p 45t (rolo nivelador); 4p 180kN (rolo vibratório); 8p 20t (rolo nivelador); 8p 130kN (rolo vibratório); 5-Por ser cimento asfáltico, não há pausa entre a construção de camadas.	1-Remoção de resíduos; 2-Compactação do subleito e aplicação do agregado formando a camada de base; 3- Construção da camada superficial (material local triturado, cascalho, ou anteriores + estabilizante) e finalmente compactar.	1- Limpeza geral de todo trecho/superfície; 2- Construção de sistema de drenagem adequado; 3- Compactar o subleito e aplicação de nova camada (base) e compactar novamente (rolo compactador-RC 8t, RC vibratório 3-5t com 4 à 5p); 4-Aplicar capa de solo com 6% de argila e compactar.

3 ANÁLISE CRÍTICA DAS ESPECIFICAÇÕES

3.1 Especificações Brasileiras

Através dos Quadros 1 e 2 onde são apresentadas as seis especificações Brasileiras, fez-se a análise crítica com base em parâmetros como: tipos de materiais, exigências para características físicas e mecânicas destes, seção transversal da pista e processo construtivo.

Quanto aos tipos de materiais requeridos pelas normas para revestimento primário, pode-se dizer que nas especificações do DER-SP/2006, DNER/1966, IPT-SP/1988 e DER-BA/2006 os materiais são praticamente os mesmos, podendo ser saibro, cascalho, rocha decomposta, pedregulho, areia, sílico argilosos e outros, porém na especificação do estado do Paraná DER-PR/2005, é exigido materiais de acordo a classificação MCT de Nogami e Vilibor [15], podendo ser LA, NA, LA', NA' e LG'. De modos a eliminar a poeira, que é um dos grandes problemas em revestimentos primários de estradas não pavimentadas, o DER-SP/2006 na especificação de código ET-DE-P00/017 exige a aplicação de emulsão oriunda de xisto betuminoso recoberto de agregado miúdo, areia grossa ou pó de pedra, formando uma capa selante, que além de eliminar a poeira ajuda a impermeabilizar a base e evitar geração de lama. Em quase todas especificações Brasileiras, a espessura da camada exigida deve ser de no mínimo 10 cm.

Em relação as propriedades físicas e mecânicas, o diâmetro máximo requerido nas normas técnicas de São Paulo IPT-SP/1988 e DER-SP/2006 são iguais a 25 mm, aumentando este parâmetro para uma espessura ≤ 50 mm e $\leq 76,2$ mm para as especificações da Bahia DER-BA/2006 e Paraná DER-PR/2005, respectivamente. O parâmetro exigido para o ensaio de desgaste de abrasão Los Angeles (LA), deve estar na faixa dos 50% nas especificações do DER-SP/2006, DNER/1966 e DER-SP/ET-P00/017/2006 para material retido na #10, e para duas as primeiras especificações, o Limite de Liquidez máximo deve ser igual a 35% para material passante na # 40. O valor de CBR mínimo requerido na norma de São Paulo DER-SP/2006 e da Bahia DER-BA/2006 é o mesmo, sendo igual a 20%, e com expansão máxima de 1%.

O traçado da via, dimensões como largura da faixa, inclinação transversal e longitudinal e outros, devem fazer parte de um projeto geométrico elaborado por profissional habilitado, de modos a complementar algumas lacunas nas especificações Brasileiras. Apenas com uma exceção na norma técnica de São Paulo DER-SP/ET-P00/017/2006 quanto a declividade transversal da pista, que segundo esta deve estar entre 3 à 5%, permitindo um perfeito escoamento superficial.

O processo construtivo para revestimento primário de vias não pavimentadas é bastante similar entre as especificações Brasileiras, onde primeiramente se faz a limpeza, regularização, e preparação da camada do subleito ou reforço, obedecendo todas as condições geométricas da via, e tendo todos dispositivos de drenagem. Na sequência, em alguns casos executa-se a escarificação do subleito e é depositado o material a ser empregado na obra em pilhas ao longo do eixo da via com motoniveladora para conformação da seção transversal, estando agora apto para o umedecimento com água e homogeneização do material, na situação em que a umidade do material esteja abaixo do mínimo. Inicia-se então a compactação de camadas entre 10 e 20 cm, geralmente começando na borda até o centro ou eixo da via, e em tangente do bordo mais baixo para o bordo mais alto. Nas normas brasileiras, o grau de compactação exigido também é praticamente igual, devendo estar entre 95 e 100% da umidade ótima definida em laboratório. Geralmente nestes processos, a energia de compactação empregada pode ser a intermediária ou modificada.

Quanto ao processo construtivo, o diferencial entre as seis especificações Brasileiras estudadas, foi a norma técnica de São Paulo DER-SP/ET-P00/017/2006 para Tratamento Anti Pó, onde após a regularização umedecimento e compactação do subleito, deve-se aplicar uniformemente uma emulsão derivada de xisto betuminoso na taxa de 1 à 1,5l/m² e já corrigir as falhas ou excessos, e após 4 horas realizar a segunda aplicação de emulsão e distribuir os agregados na taxa de 6kg/m², já efetuando-se na sequência a correção das falhas e excessos até obter-se uma superfície uniforme e plana. Finalmente compacta-se esta camada uniforme no sentido longitudinal, iniciando no ponto mais baixo da seção transversal ao mais alto, usando exclusivamente o rolo pneumático, e após 24 horas de cura, a pista estará em condições de serviço.

3.2 Especificações Estrangeiras

Para análise crítica e comparativa das seis especificações estrangeiras estudadas (Quadros 3 e 4), foi usado o mesmo modelo de avaliação das especificações anteriormente analisadas, tendo em conta parâmetros como: tipos de materiais, exigências para características físicas e mecânicas destes, seção transversal da pista e processo construtivo.

O material requerido em revestimentos primários de estradas não pavimentadas, apresentados nos manuais da África do Sul TRH-20/1990, Malawi MTPW/2013, Austrália AUSTROADS/2009, e dos Estados Unidos de América (EUA) USDA/2003, têm grande similaridade, sendo composto principalmente de cascalho, ou de misturas de solo local cascalhado, sendo que os dois últimos também admitem o emprego de estabilizantes químicos como cimento, cal, enzimas e outros químicos, para melhorar as propriedades físicas ou mecânica das camadas de revestimento primário. No caso da Austrália onde as superfícies podem estar sujeitas a grandes geadas ou gelo, gerando a diminuição do atrito entre o pneu e a superfície do pavimento, o manual AUSTROADS/2009 exige a adição de areia ou estabilizantes químicos como cálcio ou cloreto de sódio, como solução para este problema. A especificação da Costa Rica MOPT/2010 e Malawi MTPW/2013, admitem tratamento superficial com emprego de capa selante composta de Agregado + Cimento Asfáltico/Emulsão, e Camada Primária + Ligante Asfáltico + Agregado, respectivamente. As espessuras das camadas requeridas, variam bastante devido as características mecânicas de cada material empregado.

Nas especificações obtidas nos manuais da Austrália AUSTROADS/2009, África do Sul TRH-20/1990 e EUA USDA/2003 o diâmetro máximo deve estar na faixa de 30 à 40 mm, diferente da exigência do manual Costa Rica MOPT/2009 devendo estar entre 12,6 à 76,2 mm. A exigência para valores de CBR também apresenta variações, e o valor mínimo de CBR é de 2%, que é requerido no manual da Inglaterra FOREST ROAD MANUAL/2004, dado que pode ser justificado ao volume de tráfego presente nas estradas florestas da Inglaterra e a qualidade de material empregado. O manual de Malawi MTPW/2013 apresenta o maior valor de CBR exigido (CBR=95% para DN=3,2mm/golpe), pois além do fato de que o volume de tráfego suportado por estas pistas ser maior, a determinação da resistência do material que constitui a camada de pavimento é realizada através do método Dynamic Cone Penetrometer - DCP (Cone de Penetração Dinâmico).

O valor definido nas especificações quanto a largura da seção transversal, são ligeiramente semelhantes estando na faixa dos 4,6 à 8 m, e quanto a declividade transversal na faixa dos 3 à 5%, com exceção do manual da Inglaterra FOREST ROAD MANUAL/2004 que define valores de declividade transversal na faixa de 1 à 10%, considerando que em todas estes manuais estudados, existem exigências para casos ou situações especiais.

Diferente das especificações Brasileiras, o processo construtivo de revestimento primário ou tratamento superficial definidos nos manuais ou normas estrangeiras apresentam determinadas diferenças, dependendo do país de origem da especificação, e também da finalidade desta via. Um dos processos construtivos que mais difere da realidade Brasileira é o aplicado na Austrália AUSTROADS/2009, onde após a limpeza e preparação do subleito/plataforma, efetua-se a construção da base com 150 mm de espessura de material granular de CBR=40%, executa-se a compactação até atingir o GC=100% na Wot, e finalmente faz-se a construção da camada superior utilizando material local, ou estabilização com adição de químicos em função da situação. Já no manual Sul Africano TRH-20/1990 após a limpeza do subleito com escavadeira, é requerido a escarificação do leito da estrada e misturar com água até atingir o GC entre 90 e 95% na Wot. Ainda neste manual recomenda-se a execução do teste de Areia de Substrato, e na sequência prover camada sobre plataforma de 30 cm e CBR=5, e finalmente acrescenta-se um tratamento superficial cascalhado.

O processo construtivo definido nos manuais de Malawi MTPW/2013 e Costa Rica MOPT/2010 apresentam semelhança, pois em ambos após a preparação da plataforma/subleito seguido da compactação, e no caso do primeiro exige-se uma base e sub-base, deve-se aplicar o ligante asfáltico com caminhão espargidor e a posterior aplicação do agregado para suportar o tráfego e compactar. Estes dois manuais estrangeiros que recomendam o emprego de tratamento superficial com ligante asfáltico, apresentam similaridades com a especificação técnica de São Paulo DER-SP/ET-P00/017/2006.

E finalmente, os manuais dos EUA USDA/2003 e Inglaterra FOREST ROAD MANUAL/2004 apresentam similaridades no seu processo construtivo, e basicamente após a remoção dos resíduos deve-se compactar o subleito, e aplicação de nova camada que pode ser considerada como base. Em seguida é construída uma camada superficial e esta é compactada até o GC=100% na Wot, e para camada superficial pode-se prever a utilização de material local triturado, cascalho, ou anteriores mais estabilizante (cimento, cal, resina e enzimas).

4 CONCLUSÕES

Feita as análises comparativas nas exigências construtivas de vias não pavimentadas, pode-se concluir que:

Entre as seis especificações Brasileiras estudadas, existe uma grande similaridade no tipo de material utilizado, propriedades físicas e mecânicas requeridas e processo construtivo. A especificação de São Paulo DER-SP/ET-P00/017/2006 apresenta um diferencial, por exigir o emprego de capa selante anti pó, que além de eliminar a poeira ajuda a impermeabilizar a base e evitar geração de lama.

As especificações estrangeiras estudadas, apresentaram peculiaridades em função das demandas dos países de origem onde estas foram desenvolvidas. Nos países do Sul da África, Austrália e nos EUA, os materiais requeridos em revestimento primário têm similaridade, sendo compostos basicamente por cascalho, ou de misturas de solo local cascalhado, e em algumas situações o emprego de estabilizantes químicos como cimento, cal enzimas e outros até para melhor o atrito na superfície do pavimento devido a neve.

Em linhas gerais, as especificações estrangeiras sugerem um revestimento primário sobre um subleito com base, usando materiais com CBR maior quando comparado com as especificações Brasileiras. Estas ainda valorizam o emprego de tratamentos superficiais com aplicação de ligantes asfálticos, ajudando a eliminar a poeira e melhorando a condição de trafegabilidade do usuário, exigência similar à da especificação Brasileira de São Paulo DER-SP/ET-P00/017/2006.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos a agência de fomento nacional Capes, por todo apoio financeiro.

6 REFERÊNCIAS

1. HUDSON, W. R.; MEYER, A. H. *Guidelines for material requirements of low volumes roads*. Austin, 1970. 12p. Federal Highway Administration, University of Texas.
2. DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DE SÃO PAULO. *DER/SP ET-DE-P00/013. Especificação Técnica: Revestimento Primário*. São Paulo, 2006.
3. C. E. L. De Paiva; A. G. Joaquim, A. Ferreira. *Análise comparativa de metodologias para o dimensionamento das camadas superiores de estradas não pavimentadas*. Livro de Atas do III Congresso de Ciência e Desenvolvimento dos Açores & 8.º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza, p.67, 19-21 Junho 2015. Disponível em << http://www.acda.pt/uploads/1/7/2/5/17254170/atas_iicongressoacda.pdf#page=67>>. Acesso em 15 de Novembro de 2015.
4. DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DE SÃO PAULO. *DER/SP ET-DE-P00/017. Especificação Técnica: Tratamento Anti Pó*. São Paulo, 2006.
5. DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DA BAHIA. *DER/BA ET-T-08/01. Especificação de Serviço: Revestimento Primário*. Bahia, 2006.
6. DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DO PARANÁ. *DER/PR ES-T-07/05. Especificações de Serviços Rodoviários: Revestimento Primário*. Paraná, 2005.
7. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação*. São Paulo, 1988.
8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *Manual de Implantação Básica, DPDD*. Rio de Janeiro, 1966.
9. AUSTRROADS. *Guide to Pavement Technology Part 6: Unsealed Pavements*. Australia, 2010.
10. TECHNICAL RECOMMENDATIONS FOR HIGHWAYS, TRH 20. *The Structural Design, Construction and Maintenance of unpaved roads*. Pretoria, 1990.
11. MTPW. *Design Manual for Low Volume Sealed Roads*. Ministry of Transport and Public Works, 1-185. Malawi, 2013.

12. MOPT. Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes. *Ministerio de Obras Públicas y Transportes*. Costa Rica, 2010.
13. Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J. and Dempsey, J. Forest Road Manual. *Guidelines for the design, construction and management of forest roads*. COFORD, Dublin, 2004.
14. USDA. Low Volume Roads Engineering: *Best Management Practices Field Guide*. California, 2003.
15. NOGAMI, Job Shuji; VILLIBOR, Douglas Faculd. *Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos*. São Paulo: Villibor, 1995.