



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 122

Dezembro/1980

PBP/0

PAVIMENTAÇÃO DE ESTRADAS FLORESTAIS

Antonio Carlos Ribeiro Rangel*

1. INTRODUÇÃO

Ao tratar-se de assunto referente a florestamento e/ou reflorestamento, pode-se dizer que um dos problemas de viabilização da atividade seja a necessidade de deslocamento periódico entre dois pontos que definem um trajeto.

Portanto, pode-se observar que a racionalização de várias atividades ou operações florestais, durante seu ciclo (implantação, manutenção, exploração, etc.), depende fundamentalmente de uma “Rede de Estradas” adaptadas ao sistema a ser implantado.

A “Rede de Estradas”, quando necessária e economicamente viável, pode ser inclusive pavimentada, aumentando assim o padrão operacional do sistema, principalmente quando na operação de exploração da madeira, onde supõe-se que o tráfego será intenso e pesado.

2. CONCEITO DE PAVIMENTO

Pode-se entender como pavimento a construção de uma estrutura sobre o elito da terra da estrada, que varia na espessura e no tipo dos materiais utilizados, com a finalidade de:

- Resistir e distribuir ao terreno os esforços verticais provenientes do tráfego.
- Resistir aos esforços horizontais, tornando-se relativamente durável.

* Guatapar Florestal S/A – Planej. Reflorestamento – Divisão de Agrimensura

- Melhorar as condições de rolamento, proporcionando segurança de tráfego em qualquer época do ano.

Observa-se que na maioria dos casos referentes às estradas, a palavra pavimento é logo confundida com asfalto ou coisa semelhante. Como pode-se notar, pavimento significa a construção de uma estrutura sobre o leito de uma estrada com a aplicação de materiais em disponibilidade, podendo ser terroso, químico, etc. e que proporcione um custo operacional menor do que se estivesse a referida estrada em sua forma primitiva. Portanto, pode-se dizer que pavimentar uma estrada florestal é dar-lhe condições de tráfego exigido em qualquer época do ano, através de técnicas e aplicações compatíveis com a atividade florestal.

3. PROJETO DE PAVIMENTO

Na elaboração de um projeto de estrada pavimentada, deve-se levar em consideração dois tipos de estudos, o Geométrico e o Geotécnico.

O projeto geométrico pode ser considerado como a determinação dos fatores que compõem a estrada em sua forma. O local e extensão do trecho devem ser cuidadosamente levantados plani-altimetricamente. A largura do leito no terreno que suportará o pavimento deve ser determinada em função dos tratamentos a serem aplicados. A largura da faixa de rolamento, os declives e aclives máximos, bem como as curvas máximas, em ruas, devem ser compatíveis com o volume e característica de tráfego em uso.

O projeto geotécnico pode ser considerado como o estudo determinante dos elementos componentes do leito de terra e os materiais disponíveis para aplicação na construção do pavimento. O tipo de solo encontrado no leito de terra pode ser arenoso, argiloso, rochoso, etc., variando em função de sua formação geológica. A classificação do solo leito e dos materiais terrosos pode ser baseada em método proposto pelo "Highway Research Board" que, através de ensaios granulométricos em peneiras padronizadas, subdividem os materiais em granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200) que vão de A-1 a A-3 e os materiais silto-argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200) indo de A-4 até A-7. Os materiais terrosos classificados de A-1 a A-3 possuem um comportamento como sub-leito de excelente a bom. O ensaio que serve como referência para medida do valor da capacidade suporte do solo do leito ao dimensionar o pavimento denomina-se Índice Suporte Califórnia (Califórnia Bearing Ratio), que consiste em ensaio de laboratório com material padronizado para se medir a resistência à penetração de um pistão com seção de 3 (três) polegadas quadradas, à razão de 0,05 polegadas por minuto, em um corpo de prova com amostra de solo ou material a ser utilizado no pavimento. O valor mínimo admitido para o Índice Suporte Califórnia em trânsito pesado é de 60% (obtido em ensaio) para materiais específicos de base. O ensaio de compactação convencional vem de comparações entre valores obtidos in situ e os de laboratório determinando-se a porcentagem de compactação para os materiais em aplicação no pavimento.

De posse dos elementos geotécnicos referidos, procura-se fazer o dimensionamento do pavimento determinando-se as camadas da base e revestimento cuja espessura dependerá de fatores climáticos, de carga e equivalência de operações de tráfego.

Pode-se dizer a técnica de construção do pavimento envolve as seguintes fases: A terraplenagem que tem como operação inicial a regularização do leito de terra, consistindo no acerto do terreno. A escarificação que consiste na desagregação do material a ser

trabalhado. A irrigação que é realizada com água, sendo aplicada de modo a servir como lubrificante no acomodamento de partículas de solo. A compactação que tem como objetivo a execução de esforços verticais sobre o material visando expulsar as partículas de ar e água do solo.

4. PAVIMENTAÇÃO EM TESTE

A Guatapar Florestal S/A. – Planejamento e Reflorestamento vem realizando estudos e testes com diversos métodos e materiais, visando a construo de pavimentos de baixo custo e que envolvam técnicas simples e objetivas, destinados a estruturar sua Rede de Estradas Principais. Possui um campo de teste localizado na Fazenda Cara Preta (município de Santa Rita do Passa Quatro – SP), com 5,0 km ou 30.000 m² de pavimento construído.

Um dos métodos propostos e em fase de teste baseia-se na aplicao de um produto residual oriundo de indústrias de celulose da madeira, denominado “Lodo do Efluente” da máquina Andritz. Tal proposio tem como fundamento tecnológico citaoes literárias do Manual de Pavimentao do Departamento de Estradas de Rodagem (1960), onde a Lixvia Sulftica (produto residual da fabricao de celulose de madeira pelo processo sulfático) foi utilizada como estabilizante de solos residuais. Segundo o referido manual, partindo-se das investigaoes realizadas pelo Departamento de Agricultura Norte-Americano, foram aplicados, nos primeiros anos, cerca de 30 milhões de litros de Lixvia Sulftica na conservao das rodovias de terra. Ainda que (diz o Manual DER-1960), com as conclusões dos Estados Unidos da América do Norte, outros países do continente, produtores de celulose da madeira, aplicaram e ainda aplicam a Lixvia Sulftica na estabilizao química do solo. O fato citado pelo referido Manual (DER-1960) seria a aplicao de Lixvia Sulftica com êxito em areias do Deserto Sahara, pois tal areia continha cerca de 40% de gipsita, não sendo estabilizveis pelos processos usuais.

Outro fato a ser considerado ainda, com referência ao Lodo do Efluente,  que na maioria dos casos pesquisados este constitui um problema no tocante ao seu destino final, ou seja o mesmo  depositado em aterros sanitários, lagoas secas ou depressões, proporcionando elevado custo de operao e, em determinados casos, poluindo cursos d’águas e, por conseguinte, águas subterrâneas.

No método proposto e em fase de testes, o material Lodo do Efluente teve sua aplicao como estabilizante e aglutinante de solos arenosos, pouco coesos.

5. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DA ESTRADA PAVIMENTADA COM O LODO DO EFLUENTE COMO MATERIAL ESTABILIZANTE

5.1. Projeto Geométrico

O traçado foi escolhido em linha reta, numa estrada existente com volume de tráfego acentuado. A extensão determinada foi de 300 metros em virtude da pouca disponibilidade de material a ser usado no pavimento, pois o mesmo foi transportado através de 320 km. A largura da faixa do rolamento foi de 6 metros, considerada como operacional para estradas florestais. O aclave máximo foi de 3%, e o terreno apresentou uma topografia considerada suave.

5.2. Projeto Geotécnico

O solo existente no leito de terra é um material arenoso, podendo ser do tipo Regossol (areias) oriundo da formação geológica Arenito Botucatu . A classificação deste solo, conforme a tabela proposta pelo Highway Research Board e adotada pela The American Association of State Highway Officials – USA (AASHO) é granular, sendo o A2.4., considerado de excelente a bom como suporte de tráfego. Os ensaios de índice suporte e compactação estão sendo realizados motivo pelo qual foi adotada, como segurança, a espessura de 0,25m de pavimento compactado.

6. MATERIAL QUÍMICO

O material químico ou seja o Lodo do Efluente utilizado como mistura foi fornecido pela Indústria de Papel Simão S/A – Unidade de Jacareí distante aproximadamente 320 km do local do teste. A quantidade aplicada do Lodo do Efluente foi de 53,26 toneladas em peso absoluto seco. A análise química do Lodo do Efluente da máquina Andritz, fornecida pela Indústria de Papel Simão S/A – Unidade de Jacareí, é a seguinte:

Peso seco = 20 – 25 toneladas

Consistência = 40 – 45%

*Fibras = 25 – 30%

Cinzas = 25 – 30%

CaO = 10 – 15 (18-28 c/ Ca CO₃)%

R₂O₃ = 10 – 15%

Al₂O₃ = 13 – 14%

Fe₂O₃ = 1 – 2%

OBSERVAÇÃO: Os dados acima representam a média das análises realizadas num período de três meses.

Pode-se observar que a análise apresentada indica uma alta porcentagem de fibras (25 – 35%), motivo este que levou a proposição e aplicação do Lodo do Efluente como estabilizante e aglutinante de solos arenosos em estradas florestais.

7. EQUIPAMENTO UTILIZADO NA CONSTRUÇÃO DO PAVIMENTO

Moto niveladora pesada marca Huber-Warco, Modelo 11-DS, com lâmina angulável na horizontal e vertical, com escarificador acoplado na parte dianteira. Caminhão basculante médio marca Chevrolet, modelo D-65 com caçamba basculável capacitada para 7 metros cúbicos coroados de material terroso. Caminhão tanque marca Chevrolet, modelo D-65 com capacidade para 7 mil litros e espargidor horizontal regulável localizado na parte traseira do veículo. Trator marca CBT, modelo 1105 com grade de 12 discos de 24” de arraste. Rolo liso compactador não vibratório de arraste, pesando aproximadamente 3 mil kg.

8. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO PAVIMENTO

Na construção do pavimento em teste procurou-se orientar os trabalhos através de métodos e práticas convencionais utilizados por especialistas em estradas pavimentadas. A fase de regularização do leito de terra existente foi feita com a moto niveladora, operação que teve como objetivo deixar a estrada em estilo de forma (caixa), para receber o material de aplicação. O transporte do Lodo do Efluente foi realizado com o caminhão basculante com carga média de 9 toneladas por viagem. O esparrame do Lodo do Efluente foi manual com a utilização de duas pessoas sobre a carga e o veículo rodando a uma velocidade reduzida de aproximadamente 20 km/hora. A escarificação do leito da estrada foi efetuada com a moto niveladora numa profundidade de aproximadamente 0,25 metros, capacidade máxima do equipamento de escarificação. A mistura ou incorporação do Lodo do Efluente ao solo do leito da estrada foi feita com grade de arraste, removendo o material até conseguir-se o tipo de mistura desejada. O umedecimento ou irrigação do material do pavimento foi feita com caminhão tanque transitando em faixas, até conseguir-se o teor ótimo de umidade necessário à compactação. A fase de compactação do material misturado e umedecido foi realizada com rolo compactador liso não vibratório, em número de passadas sobre o leito suficientes até que o pavimento se apresentasse rígido. A drenagem do trecho foi executada com a moto niveladora, que abaulou o leito da estrada, deixando o eixo com altura maior que os bordos, proporcionando assim canaletas laterais que deságuam em canais escoadouros, com seções transversais de aproximadamente 0,10 m², dispostos de 20 a 30 metros um do outro, no sentido longitudinal do leito da estrada.

O pavimento construído não foi revestido após a compactação do material, revestimento esse que tem por finalidade principal a proteção contra as chuvas.

9. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Os valores utilizados para o cálculo de horas ou quilômetros trabalhando pelos equipamentos, incluindo mão-de-obra com os respectivos encargos sociais, são teóricos e obtidos em outubro de 1980. Segue abaixo tabela demonstrativa do Custo de Implantação.

TABELA 1: Custos operacionais de implantação do projeto (%).

Opeação	Equipamento utilizado	Nº horas ou km	Valor total da operação	% Custo
Regularização	Moto niveladora	2	2.788,80	12,5
Transporte Material	Caminhão	720	7.646,40	34,2
Escarificação	Moto niveladora	4	5.577,60	25,0
Mistura	Grade arrasto	1	549,57	2,5
Irrigação	Caminhão	10	506,20	2,2
Compactação	Rolo-liso	4	2.081,08	9,3
Apontamentos	-	-	3.203,20	14,3
Custo total obtido em 300 metros de pavimento		-	22.352,85	100,0

Observando-se o Custo Final de Implantação, pode-se concluir que o custo por quilômetro de pavimentação, com a aplicação do Lodo do Efluente, será Cr\$ 74.509,50. Somando-se alguns fatores tais como Custo de Projeto, que englobaria a elaboração do projeto, com execução de ensaios e análises necessárias, mais o Custo de Administração e,

ainda, a operação final de revestimento do pavimento (não incluída neste teste), ter-se-ia um acréscimo considerável no Custo Final. Porém, se tal projeto viesse a ser executado em escala de rotina, acredita-se que haveria uma redução no custo de determinadas operações, crendo-se que o Custo Final iria situar-se em torno de Cr\$ 80.000,00 (oitenta mil cruzeiros) por quilometro, ou seja Cr\$ 54,00 (Cincoenta e quatro cruzeiros) por m³ de pavimento construído.

10. INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Durante o período de avaliação, o trecho em teste suportou chuvas com registro de precipitação total de 281,10 mm e máxima, em 24 horas, de 85.0 mm, no dia 30 de novembro de 1980.

O tráfego em uso sobre o pavimento, no período de agosto a dezembro de 1980, registrou-se um total aproximado de 600 (seiscentos) veículos comerciais considerados pesados (caminhões), e 1.100 (hum mil e cem) veículos de passageiros considerados médios e leves (automóveis, caminhonetes, etc.).

11. AVALIAÇÃO VISUAL DO TRECHO EM TESTE

Pode-se dizer que apresenta boa estabilização e aglutinação junto ao solo arenoso, proporcionando certa coesão nas partículas deste. Quando da ocorrência de chuvas com alta precipitação pluviométrica, não se observou grau de saturação elevado no pavimento, com regular escoamento lateral d'águas superficiais. Em período de seca (ausência de chuvas), observou-se um baixo índice no despreendimento de partículas do solo (poeira), quando submetido a tráfego intenso, não chegando a perturbar a segurança pretendida.

12. PROPOSIÇÕES

Em virtude da pouca extensão do trecho pavimentado, com aplicação do Lodo do Efluente em mistura a solos arenosos, propõe-se a construção de trechos mais longos, em terrenos com característica de topografia mais acidentada, aliada a um controle geotécnico mais rígido para que se possa obter dados e conclusões capazes de embasar projetos futuros, pois sabe-se que muitos fatores não abordados somente serão dissecados em projetos que atendam as mais exigentes especificações técnicas ligadas à construção de estradas pavimentadas de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JOHNSTON, D.R.; GRAYSON, A.J. & BRADLEY, R.I. – Exploração e abertura de estradas. In: JOHNSTON, D.R. – Planejamento florestal. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1977. p.541-79.
- RAMOS, O. – Traçado das estradas. In: RAMOS, O. – Estradas de interesse local. Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. Departamento de Engenharia, 1974. p.10-47.
- SANTOS, N.C. dos – Movimentação de terras. In: SANTOS, N.C. dos – Máquinas de movimentação de terras. 2.ed. Piracicaba, ESALQ/Departamento de Engenharia Rural, 1976. p.1-23.
- SEMÇO, W. de – Pavimento, materiais, dimensionamento. In: SEMÇO, W. de – Pavimentação. 2.ed. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1979. p.1-164.
- SOUZA, R. et alii – Projeto de pavimento e materiais de confecção do pavimento. In: SOUZA, R. de et alii – Manual de pavimentação. São Paulo, DER, 1960. v.1, p.3-123.
- UTIYAMA, H. et alii – Pavimentação econômica: solo arenoso fino. Revista DER, São Paulo (124): 6-56, mai.1977.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos publicados nesta circular, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço:

IPEF – Biblioteca
ESALQ-USP
Caixa Postal, 9
Fone: 33-2080
13.400 – Piracicaba – SP
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

Marialice Metzker Poggiani – Bibliotecária
Walter Sales Jacob
Comissão de Pesquisa do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto
Prof. João Walter Simões
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello
Diretor Administrativo – Luiz Ernesto George Barrichelo

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior