

5 - Tipos de Defeitos em Estradas Não-pavimentadas - Bibliografia

5.1 - Introdução

Entende-se por defeito qualquer alteração na superfície da estrada que influencie negativamente as suas condições de rolamento. Os defeitos aparecem devido a uma confluência de fatores, alguns extrínsecos à via - **tráfego, chuva e manutenção** - e outros intrínsecos - **perfil longitudinal, perfil transversal, drenagem, tipo de solo** e outros. A rigor, apenas os três agentes externos apontados exercem esforços dinâmicos consideráveis sobre o leito de uma estrada de terra:

- o tráfego, que através das rodas dos veículos aplica tensões, impõe deformações (recuperáveis ou não) e exerce ação abrasiva sobre a superfície;
- a água da chuva, que ao umedecer ou encharcar o solo diminui sua capacidade de suporte e que, ao correr sobre a superfície, arranca partículas, transporta e deposita material;
- a atividade de manutenção, que através do trabalho mecânico, modifica os perfis longitudinal e transversal.

Frente a esses agentes externos, a resposta da estrada, em termos de resistência para manutenção de suas condições originais, é dada em função das suas já citadas características intrínsecas. Quanto ao perfil longitudinal, a boa técnica pouco pode fazer sem dispendir grandes quantias.

De modo geral, as estradas de terra da região em estudo seguem o terreno e raramente justificam uma terraplenagem no sentido longitudinal. Quanto ao solo, que constitui o primeiro leito carroçável da via, também não há muito como fugir.

Atitudes drásticas para estabilização do solo com agentes químicos são dispendiosas. A prática mais comum, adotada geralmente apenas para pontos críticos, é o empedramento feito com cascalho, piçarra ou pedra britada ou material similar.

Já o perfil transversal (aqui chamado, por brevidade, seção), pode e deve ser conformado de acordo com os preceitos técnicos. Também a drenagem deve ser estudada e executada com cuidado. Esses dois fatores determinarão a extensão e intensidade dos efeitos da água da chuva no trecho da estrada.

No Capítulo 8 são apresentados os defeitos identificados durante o levantamento de campo. Os desenhos dos níveis de severidade apresentados neste capítulo foram tirados do trabalho do EATON et al. (1988) utilizado no levantamento de campo.

5.2 - Tipos de Defeitos

Os tipos de defeitos identificados neste trabalho foram baseados em programas de avaliação das condições da superfície das estradas não-pavimentadas. Os principais programas que foram utilizados para definir os tipos de defeitos são: o método de avaliação das estradas não-pavimentadas de EATON et al. (1987); o sistema de gerência da superfície das estradas, *Road Surface Management System* - RSMS (1991); a avaliação subjetiva das superfícies das estradas não-pavimentadas de RIVERSON et al. (1987); o Manual Técnico para Conservação e Recuperação. Estradas Vicinais de Terra do IPT (SANTOS et al., 1985) e o

trabalho desenvolvido pelo GEIPOT (1981), Pesquisa Sobre o Inter-relacionamento de Custos Rodoviários (PICR).

O sistema de gerência RSMS (1991) envolve formas de identificação de defeitos na superfície das estradas não-pavimentadas, medida e avaliação da extensão e da severidade do defeito dentro de uma certo trecho da estrada. Esse programa foi baseado no trabalho desenvolvido por EATON et al. (1987), que consiste em uma forma de avaliação das condições das estradas não-pavimentadas e em um manual de campo para auxiliar na manutenção das estradas. Neste programa, o termo severidade refere-se ao grau de deterioração associado aos vários tipos de defeitos e o termo extensão refere-se à frequência de ocorrência ou quantidade de superfície de estrada sujeita a um defeito.

De acordo com o RSMS, os defeitos, seção transversal inadequada e drenagem lateral inadequada, surgem em função das características das estradas não-pavimentadas, como o tipo de solo (capacidade de suporte) e o relevo. Esses defeitos, em função do volume de tráfego, causam a formação de outros tipos de defeitos: corrugações; poeira; buracos/ painéis; trilhas de rodas e segregação de agregados. O tipo de solo da estrada pode influenciar na sua qualidade, principalmente quando são analisadas as condições de conforto e segurança proporcionada aos usuários. Essa qualidade é verificada através das irregularidades nas superfícies das estradas.

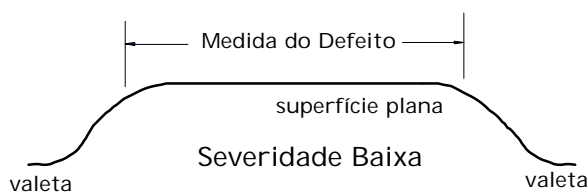
Segundo a PICR (1981), em estradas revestidas com argila não ocorre o aumento das irregularidades com o tempo e isso se deve à capacidade de aglutinação da argila. Em rampas, a influência dos caminhões é reduzida, talvez pelo fato de que nesses trechos a velocidade é mais baixa e ao fato dos caminhões compactarem a superfície, tendendo mesmo a regularizá-la. Nesses trechos, a taxa de desenvolvimento da irregularidade é ainda menor, provavelmente devido à melhor drenagem.

5.2.1 - Seção Transversal Inadequada

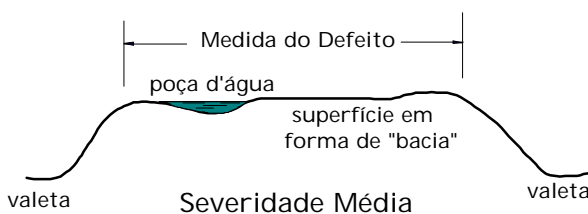
A seção transversal inadequada é o resultado de uma superfície sem declividade transversal para direcionar a água para as valetas. Esta condição é evidenciada pela água escoando ao longo da superfície de rolamento e conseqüentemente pela erosão causada pela intensidade da chuva. As condições da seção transversal são avaliadas pela facilidade de escoamento da água da superfície da estrada para um local que não influencie as condições de rolamento, isto é, para fora dela.

EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam a qualidade da estrada de acordo com os níveis de severidade e extensão do defeito. Os níveis de severidade da seção transversal inadequada são:

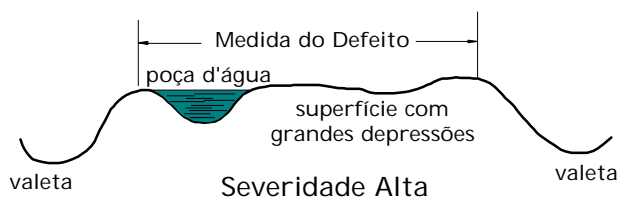
BAIXA: superfície completamente plana (sem declividade transversal);



MÉDIA: superfície em forma de "bacia";



ALTA: grandes depressões nas trilhas das rodas na superfície da estrada.

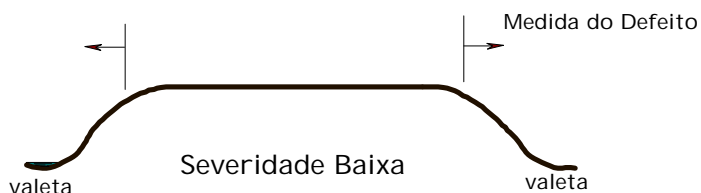


5.2.2 - Drenagem Lateral Inadequada

A drenagem lateral inadequada é verificada pelas valetas cobertas de vegetação ou cheias de entulhos e que não estão em condições próprias para direcionar e transportar a água, provocando o seu empoçamento.

Em termos de drenagem lateral, EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade:

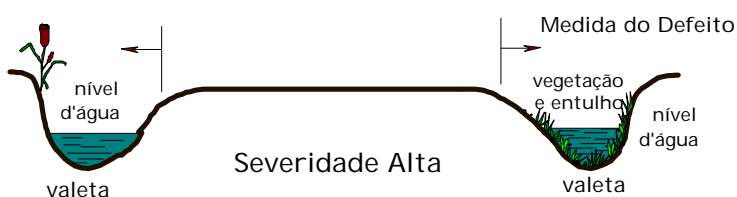
BAIXA: pequena quantidade de água empoçada nas valetas e valetas sem vegetação ou entulhos;



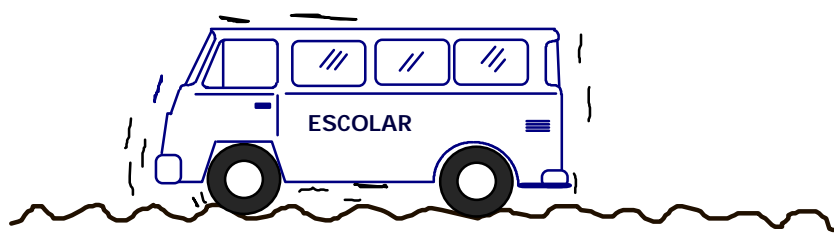
MÉDIA: quantidade moderada de água empoçada na valeta; valetas com pequena quantidade de vegetação e entulhos e evidência de erosão das valetas do lado de dentro da estrada;



ALTA: grande quantidade de água nas valetas; valetas cobertas de vegetação e entulho e erosão das valetas do lado de dentro da estrada.



5.2.3 - Corrugações



Fonte: SANTOS et al., 1985

As corrugações constituem um tipo particular de irregularidades e são também conhecidas como ondulações, costeletas, "costelas de vaca" ou catabi (denominação do Norte do Brasil). AGUIAR (1963) define as corrugações como ondas, no sentido transversal, distantes entre si de 0,60 a 1,10 m, como resultado de um movimento vibratório transmitido pelos veículos à estrada. Tal movimento se deve à vibração dos motores, ao choque do veículo sobre o solo, à ação do molejo dos autos, cuja contribuição é expressiva na formação das corrugações, além das forças de tração, frenagem etc.

Para PAIGE-GREEN e NETTERBERG (1987), estradas que contêm grande número de pedras são também propensas à formação de corrugações por causa do movimento oscilatório dos veículos sobre as pedras.

Segundo RIVERSON et al. (1987), as corrugações ocorrem em intervalos regulares de 40 cm de distância e profundidades de 1,5 cm, em estradas de material fino, sem compactação e com falta de material ligante. Em estradas com material da superfície mais grosso, sem compactação e com falta de material ligante, os intervalos entre as corrugações é de aproximadamente 120 cm, com profundidades de 3,5 cm. Geralmente, as corrugações surgem em áreas de aceleração e desaceleração e em interseções dos veículos.

Segundo EATON et al. (1987) e o RSMS (1991), corrugações consistem em uma série de sulcos regularmente espaçados ou ondulações que ocorrem em intervalos bastante regulares, perpendiculares à direção do tráfego. Os sulcos geralmente formam-se em rampas ou curvas, em áreas

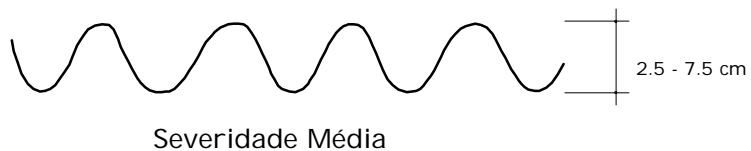
de aceleração ou desaceleração, ou em áreas em que a estrada está esburacada, e são usualmente causados pela ação do tráfego e agregados soltos.

Na avaliação das estradas não-pavimentadas, EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam os níveis de severidade das corrugações da seguinte forma:

BAIXA: corrugações com profundidade menor que 2,5 cm ou menos que 10% da área total da superfície da estrada coberta por corrugações;



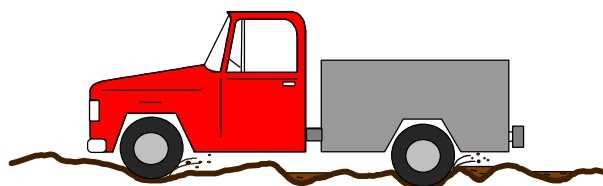
MÉDIA: corrugações com profundidade entre 2,5 a 7,5 cm ou entre 10% e 30% da área total da superfície da estrada coberta por corrugações;



ALTA: corrugações mais profundas que 7,5 cm ou mais que 30% da área total da superfície da estrada coberta por corrugações.



5.2.4 - Buracos



Fonte: SANTOS et al., 1985

Segundo o Manual Técnico para Conservação e Recuperação do IPT (SANTOS et al., 1985), os buracos surgem pela contínua expulsão de partículas sólidas do leito quando da passagem de veículos em locais onde há empoçamento de água, ou seja, o aparecimento de buracos é uma consequência de uma plataforma mal drenada (sem abaulamento transversal).

EATON et al. (1987) e RSMS (1991) descrevem buracos como pequenas depressões em forma de bacia na superfície da estrada, normalmente menores que 100 cm de diâmetro. Os buracos ou panelas são produzidos quando o tráfego desgasta pequena parte da superfície da estrada. Seu crescimento é acelerado pela umidade dentro do buraco.

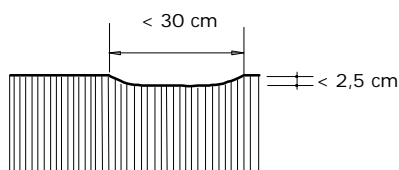
Os níveis de severidade de buracos com diâmetro menor que 100 cm são baseados no diâmetro e na profundidade de acordo com a seguinte tabela:

PROFUNDIDADE MÁXIMA	DIÂMETRO MÉDIO			
	< 30 cm	30 - 60 cm	60 - 100 cm	> 100 cm
1.25 - 5 cm	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA
5 - 10 cm	BAIXA	MÉDIA	ALTA	ALTA
+ 10 cm	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA

Para HORTA (1991), os buracos resultam principalmente da remoção de partículas sólidas, não sendo comuns em estradas com solos finos ou argilas, mas típicos em estradas com cascalhos e pedras compactadas. As panelas são resultados da ação combinada do empoçamento d'água e do desgaste pelo tráfego. Esse tipo de defeito é típico de seções em que a água atravessa a estrada e a estrutura de drenagem é ineficiente.

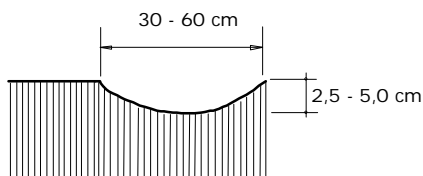
Na avaliação das estradas não-pavimentadas, o RSMS (1991) classifica a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade e extensão dos buracos:

BAIXA: buracos com profundidade menor que 2,5 cm e/ou diâmetro menor que 30 cm e menos que 10% da área total da superfície da estrada coberta por buracos e/ou menos que 5 buracos por seção;



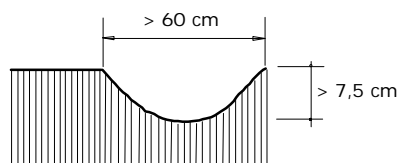
Severidade Baixa

MÉDIA: buracos com profundidade entre 2,5 e 5,0 cm e/ou diâmetro entre 30 e 60 cm e entre 10% e 30% da área total da superfície da estrada coberta por buracos e/ou menos que 5 a 10 buracos por seção;



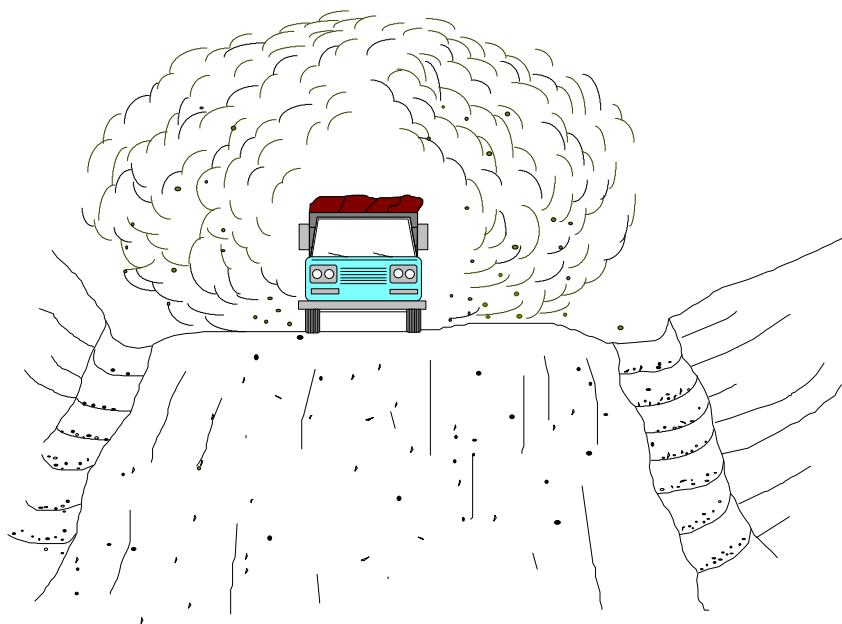
Severidade Média

ALTA: buracos com profundidades maior 7,5 cm e/ou diâmetro maior que 60 cm e mais que 30% da área total da superfície da estrada coberta por buracos e/ou mais que 10 buracos por seção.



Severidade Alta

5.2.5 - Poeira



Fonte: SANTOS et al., 1985

A ação abrasiva do tráfego em estradas não-pavimentadas eventualmente faz com que as partículas de solos aglutinantes se soltem da superfície de rolamento. Com a passagem do tráfego, formam-se nuvens de poeira que são um perigo para os veículos, além de causar problemas ambientais. Segundo EATON et al. (1987), a quantidade de pó é determinada pelo tamanho da nuvem de poeira geralmente causado por um veículo trafegando a 40 km/h e pela redução na visibilidade, sendo estimada em densa, suavemente densa e muito densa.

Na avaliação das estradas não-pavimentadas, EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade da formação de poeira (segundo tráfego normal):

BAIXA: nuvem pouco densa que não obstrui a visibilidade;



Severidade Baixa

MÉDIA: nuvem densa que parcialmente obstrui a visibilidade e causa tráfego lento;



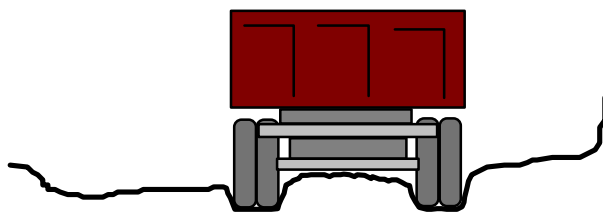
Severidade Média

ALTA: nuvem muito densa que obstrui severamente a visibilidade e causa tráfego muito lento ou parado.



Severidade Alta

5.2.6 - Trilhas de Rodas



Fonte: SANTOS et al., 1985

Um afundamento de trilhas de rodas é uma depressão na superfície do “caminho” do pneu (da roda). O afundamento é causado por uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou do subleito, resultando de cargas repetidas de tráfego, especialmente quando a capacidade de suporte é baixa e em períodos de chuva.

Para RIVERSON et al. (1987), as trilhas de rodas surgem em estradas com superfície de material fino. A perda de material do revestimento, como um resultado do desenvolvimento de uma superfície inadequada, pode também expor um subleito de solos finos sujeitos aos efeitos da umidade. A umidade do subleito combinado com a drenagem ineficiente cria condições para a formação de trilhas de rodas.

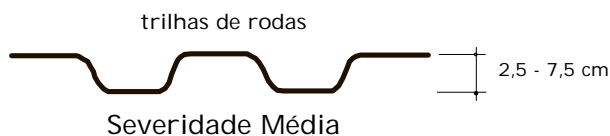
Segundo os resultados da PICR (1981), as trilhas mais fundas atuam como poças e impedem que a água escoe da pista, causando assim problemas de drenagem que podem levar a uma rápida deterioração da qualidade de rolamento da estrada ou torná-la intransitável. A profundidade das trilhas variam com o tempo e com o tráfego. No período de seca, essa profundidade aumenta tanto pela passagem de automóveis quanto por caminhões. No período de chuvas, a profundidade aumenta ainda mais com os caminhões, provavelmente por compactar e revolver o material da superfície, e diminui com os automóveis, que evitam as trilhas existentes. O afundamento das trilhas nas estradas revestidas com argila ocorre mais lentamente do que nas estradas com revestimentos de quartzo ou laterita. Tanto no período de seca como no de chuvas, um aumento da rampa causa a redução na profundidade das trilhas e isso ocorre devido a uma melhor drenagem superficial dos trechos em rampa, em comparação com os trechos em nível.

Na avaliação das estradas não-pavimentadas, EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade e extensão das trilhas de rodas:

BAIXA: sulcos com profundidade menor que 2,5 cm (severidade baixa) e menos que 10% da área total da superfície da estrada coberta por afundamentos;



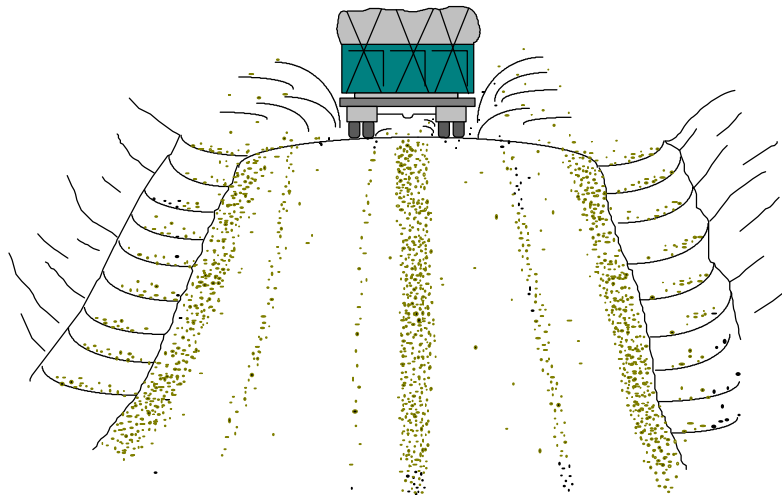
MÉDIA: sulcos com profundidade entre 2,5 e 7,5 cm (severidade média) e entre 10% e 30% da área total da superfície da estrada coberta por afundamentos;



ALTA: sulcos com profundidade maior que 7,5 cm (severidade alta) e mais que 30% da área total da superfície da estrada coberta por afundamentos.



5.2.7 - Segregação de Agregados



Fonte: SANTOS et al., 1985

Segundo EATON et al. (1987) e WALKER (1991), a ação abrasiva do tráfego em estradas não-pavimentadas eventualmente faz com que as maiores partículas de solos granulares se soltem da superfície de rolamento. O tráfego move as partículas de agregados soltos para fora das trilhas de rodas e forma bermas no centro ou ao longo do acostamento da estrada ou na área menos trafegável, paralela à linha central da estrada.

A PICR, desenvolvida pelo GEIPOT (1981), define a perda de agregados em estradas não-pavimentadas como a variação na espessura do cascalho ao longo de um período de tempo. Nos trechos cujo subleito é bem compactado, a mudança no nível ou na altura do cascalho representa a sua variação de espessura. Os fatores que mais influenciam na perda de agregados são: a ação do clima, o tráfego e a manutenção, representada pelo patrolamento.

Na avaliação das estradas não-pavimentadas, EATON et al. (1987) e o RSMS (1991) classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade e extensão da perda de agregados:

BAIXA: agregados soltos na superfície da estrada ou uma berma de agregados de menos de 5 cm de altura no acostamento ou na área menos trafegável e menos que 10% da área total da superfície da estrada coberta por agregados soltos;



MÉDIA: berma de agregados de 5 a 10 cm de altura no acostamento ou na área menos trafegável da estrada e entre 10% e 30% da área total da superfície da estrada coberta por agregados soltos;



ALTA: grande quantidade de agregados soltos ou uma berma com mais de 10 cm de altura no acostamento ou na área menos trafegável da estrada e mais que 30% da área total da superfície da estrada coberta por agregados soltos.

