

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO DE PRESIDENTE PRUDENTE**

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS:
ESTUDO DE CASO NA ESTRADA DO BAIRRO DO GRAMADO**

ALEXANDRE MONTEIRO GIMENEZ

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado

Presidente Prudente/SP

2019

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
ANTÔNIO EUFRÁSIO DE TOLEDO DE PRESIDENTE PRUDENTE**

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS:
ESTUDO DE CASO NA ESTRADA DO BAIRRO DO GRAMADO**

ALEXANDRE MONTEIRO GIMENEZ

Trabalho de Curso apresentado como requisito final de Conclusão do Curso para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado.

Presidente Prudente/SP

2019

**CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS:
ESTUDO DE CASO NA ESTRADA DO BAIRRO DO GRAMADO**

Trabalho de Curso apresentado
como requisito final de Conclusão
do Curso para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Dr. Rodrigo Cezar Criado
Orientador

Prof. Esp. Fernando Cesar Húngaro
Examinador

Prof. Ms. Marcos Rodrigues Fróis
Examinador

Presidente Prudente, 10 de novembro de 2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Jaime e Maria, que sempre criaram todas as condições necessárias para meu desenvolvimento e foram fundamentais para a conclusão da minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Jaime e Maria, por todo amor e suporte dedicados a mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rodrigo, por toda dedicação e paciência durante a realização desse trabalho.

Aos professores que estão compondo a banca desse trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, que tive a honra de conhecer, pelo empenho e dedicação nas disciplinas ministradas.

Aos meus amigos, e principalmente Butequeiros S.A, por tornar esse percurso mais leve

A Ana Carolina, por todo apoio durante a graduação e por revisar este trabalho.

Aos companheiros de sala, por me acompanhar nessa caminhada e que vários eu levarei para a vida

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo elencar e analisar os principais métodos de conservação de estradas rurais não pavimentadas, bem como identificar possíveis patologias decorrentes da falta de manutenção preventiva e propor as intervenções cabíveis para a devida correção. Foi realizada pesquisa bibliográfica não somente sobre as obras indicadas para estradas em leito natural, mas também sobre o processo erosivo e as consequências socioambientais para a região envolvida. Posteriormente foi escolhida uma estrada que passou por obras de readequação em um período próximo para analisar qual a situação atual dela. O trabalho trouxe o contexto e importância da estrada, os bairros rurais que são conectados por ela e também uma relação com a microbacia hidrológica que essa área pertence. Foram encontradas diversas irregularidades nos procedimentos de conservação realizados pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente na estrada do Bairro do Gramado, que impactam nas condições de rodagem e nas questões ambientais da região, principalmente contribuindo com o assoreamento do Córrego do Gramado. Algumas medidas corretivas foram apontadas.

Palavras-chave: Estrada rural. Erosão. Assoreamento.

ABSTRACT

The present work aimed to list and analyze the main methods of conservation of the unpaved roads, as well as to identify possible methods of the absence of preventive maintenance and propose the necessary interventions to correct them. Bibliographic research was conducted not only on works indicated for roads in the natural stream, but also on the erosive process and how the social and environmental consequences for a given region. Subsequently, a road that underwent retrofitting works in a subsequent period was chosen, and its current situation was analyzed. The work presented the context and importance of the road, the rural neighborhoods that are connected by it and also a how it interacts with the hydrological microbasin that this area belongs to. Several irregularities were presented in the conservation procedures performed by the Municipal Government of Presidente Prudente on the Gramado neighborhood road, which impact the road conditions and environmental issues of the region, mainly contributing to the siltation of the Gramado Stream. Some corrective measures were pointed out.

Keywords: Rural road. Erosion. Siltation

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CODASP – Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo

PM – Prefeitura Municipal

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

FIGURA 01 – Estrada recém readequada pela CODASP	13
FIGURA 02 – Início da formação de barrancos laterais devido à manutenção incorreta com a motoniveladora	15
FIGURA 03 – Representação de seção transversal adequada para estrada	15
FIGURA 04 – Atoleiro	16
FIGURA 05 – Corrugações	17
FIGURA 06 – Estrada com trilha de rodas em aclave	18
FIGURA 07 – Segregação lateral	18
FIGURA 08 – Bacia de captação	21
FIGURA 09 – Rolo Compactador	22
FIGURA 10 – Motoniveladora	23
FIGURA 11 – Retroescavadeira	23
FIGURA 12 – Pá Carregadeira	24
FIGURA 13 – Execução das obras de readequação da Estrada do Bairro do Gramado	29
FIGURA 14 – Mapa Planialtimétrico da Estrada do Bairro do Gramado	30
FIGURA 15 – Segregação de agregados	31
FIGURA 16 – Sangria lateral obstruída	32
FIGURA 17 – Seção Transversal Inadequada	32
FIGURA 18 – Buraco na via	33
FIGURA 19 – Estrada encaixada	34
FIGURA 20 – Sarjetas obstruídas	34
FIGURA 21 – Erosão nas sarjetas	35
FIGURA 22 – Pneus descartados na mesma sarjeta	36
FIGURA 23 – Ponte sobre o córrego do Gramado	37

FIGURA 24 – Erosão na sangria anterior ao Córrego do Gramado	37
FIGURA 25 – Acumulo de sedimentos na margem esquerda	38
FIGURA 26 – Sarjeta e tubulação sem limpeza	38
FIGURA 27 – Estrada encaixada	39
FIGURA 28 – Bacia de captação danificada	39
FIGURA 29 – Estrada encaixada, entulho e sangria obstruída	40
FIGURA 30 – Buraco na via e acumulo de sedimentos	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 Conceito de estradas rurais	12
2.2 Consequências da falta de manutenção preventiva nas estradas	13
2.3 Programa de manutenção	19
2.4 Manutenção preventiva	20
2.5 Maquinas e equipamentos necessários	22
2.6 Controle de sedimentos	25
3 ESTUDO DE CASO CONCRETO	28
3.1 Contextualização da estrada	28
3.2 Sobre a readequação da estrada	28
3.3 Analise da situação atual da estrada	30
4 CONCLUSÃO	42
5 REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

É sabido que as estradas rurais não-pavimentadas exigem cuidados específicos para assegurar boas condições de rodagem, drenagem e aderência. Todavia, não é menos certo que tais cuidados são negligenciados pelos órgãos responsáveis.

Existem práticas que devem ser empreendidas para viabilizar a correta durabilidade e estabilidade das estradas com leitos não impermeabilizados, bem como métodos de correção das possíveis patologias que podem surgir nesses casos.

Cerca de 90% das estradas no Brasil não são pavimentadas. Quando recortamos especificamente a jurisdição dos municípios, esse número chega a 98% (BENEVIDES, 2016). Ainda tendo em vista as principais atividades econômicas do país, quais sejam, a produção e comercialização de produtos primários, evidencia-se a importância dessa parcela do modal rodoviário nacional. A ligação de grandes produtores agrícolas até as principais rodovias do país, ou outros modais de transporte, bem como pequenos agricultores a centros comerciais regionais é garantida deste modo (GRIEBELER, 2002).

Segundo Santos (2016, p. 4) “[...] as estradas não pavimentadas permitem o acesso da população rural a serviços básicos, como saúde, educação, comércio e lazer, reduzindo o êxodo rural”. Deste modo, fica claro que mesmo que o objetivo fosse apenas garantir qualidade de rodagem das estradas não pavimentadas, já se justificariam os esforços que devem ser empreendidos na conservação e manutenção delas, mas ainda existe um fator que é mais representativo: o ambiental.

As estradas são áreas com o solo exposto e, para garantir a passagem de veículos, a vegetação é retirada e o solo compactado. Quando a execução ou a manutenção destas vias não é feita corretamente, elas podem se tornar áreas muito sensíveis à erosão. Corroborando este pensamento, disserta Zoccal (2007): “Estas estradas contribuem com 50% do solo carregado aos mananciais e 70% das erosões existentes”. Ainda, devem ser levados em consideração os efeitos do transporte dos sedimentos provenientes dessa erosão, sendo um deles o assoreamento dos corpos d’água da bacia hidrográfica.

Este trabalho tem como objetivo elencar e analisar os principais métodos de conservação de estradas rurais não pavimentadas, bem como identificar possíveis patologias decorrentes da falta de manutenção preventiva e propor as intervenções cabíveis para a devida correção.

No tocante aos métodos de conservação pretende-se enumerar as técnicas necessárias para assegurar boas condições de rodagem, drenagem e aderência, os equipamentos que devem ser utilizados, bem como as variáveis a serem observadas e as consequências da ausência ou má execução desse serviço.

Serão abordados também os tipos de obras necessárias para a correção de possíveis deficiências dos fatores que devem ser garantidos pela via e quais os métodos e procedimentos para que se regularizem as condições da estrada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de estradas rurais

Por definição, estradas são caminhos ou vias que ligam duas ou mais localidades. (MICHAELIS, 1998). As estradas que estão contidas dentro da zona rural ou que ligam a zona rural ao perímetro urbano são chamadas de estradas rurais.

Para Griebeler:

As estradas não pavimentadas, também chamadas de estradas vicinais, agrovias ou estradas rurais são as principais ligações entre as propriedades rurais e povoados vizinhos, além de servirem de acesso às vias principais. Também podemos encontrar estradas destinadas exclusivamente à movimentação interna das propriedades rurais, que possuem como principal função o trânsito de moradores, máquinas, equipamentos e produtos agrícolas até as estradas vicinais (GRIEBELER et al., 2009).

Por meio das estradas rurais, a produção agropecuária é escoada das fazendas ou pequenas propriedades rurais até os portos, aeroportos ou ferrovias. Deste modo podemos refletir brevemente acerca da importância social e econômica destas vias, uma vez que o produtor rural dela depende para colocar seus produtos no mercado. O mesmo raciocínio se aplica para os bens de consumo secundários, produzidos pelas indústrias locais, que muitas vezes também estão situadas na zona rural. Mister, portanto, que tais vias sejam conservadas de modo a permitir que os produtos cheguem a seu destino.

De outro lado, algo que não pode ser esquecido é a necessidade que a população rural tem de acessar serviços que só lhes são fornecidos nas áreas urbanas, tais como médicos e escolas que muitas vezes não chegam a locais mais remotos. Propiciar que os povos residentes na zona rural tenham acesso a comércio e lazer, bem como tenham suas necessidades básicas atendidas no que tange à saúde e educação, também implica num menor êxodo rural.

As estradas rurais podem ou não ser pavimentadas. É sabido que, para a população que delas se utiliza, a solução mais óbvia para os problemas decorrentes da ausência de pavimentos, tais como erosão, falta de drenagem e

outros, seriam promover a pavimentação dessas vias. Contudo, deve-se ter em mente que os custos para a impermeabilização do leito são excessivamente altos, considerando a grande extensão de referidas estradas. Esse alto custo, por vezes, inviabiliza a realização dessa técnica, uma vez que o município – entidade que, na maioria das vezes é responsável pela manutenção das estradas rurais – não conta com numerário disponível para tanto em seu orçamento. Todavia, a solução que se apresenta para este problema é a realização da correta manutenção preventiva das vias rurais.

FIGURA 01 – Estrada recém readequada pela CODASP.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 31

2.2 Consequências da falta de manutenção preventiva nas estradas

Como acima exposto, muitas vezes, os governantes fecham os olhos para a situação das estradas rurais de seus municípios e estados. Assim, deixam de destinar verbas públicas para a conservação das vias rurais. Essa omissão implica, inevitavelmente, na precarização desses trajetos, cujas boas condições são imprescindíveis para a população que deles depende.

Com a falta da manutenção preventiva das estradas rurais e até mesmo a aplicação de práticas incorretas – embora realizadas com o objetivo de melhorar as condições dessas vias –, surgem diversos problemas que acabam por inviabilizar a utilização das mesmas.

Esses defeitos são causados especialmente – embora não exclusivamente – pelas chuvas. A água delas proveniente, quando atinge as estradas em grande volume e velocidade, acaba por provocar erosão no solo. Destarte, é imprescindível que sejam implementados mecanismos de captação da água da chuva, de modo a conduzi-la por outros caminhos, para que ela não conduza sedimentos ou arranque material das pistas de rolamento, o que gera o surgimento de buracos e valas (ZOCCAL, 2016).

As condições de tráfego também são responsáveis pelo surgimento de deformações na estrada. O aumento no trânsito de caminhões, bem como a alta na capacidade de cargas que por eles podem ser transportadas, implica em ondulações, materiais soltos e segregação de agregados, entre outros defeitos. (OLIVEIRA, 2005).

Além disso, deve-se ter em conta o tipo de solo e as condições climáticas da região para que seja possível a criação de um plano de manutenção preventiva específico para cada estrada não pavimentada, que seja eficiente ao caso concreto.

Zoccal (2016, p.94) enumera os 10 problemas mais comuns causados pela falta de manutenção ou pela execução de procedimentos irregulares.

Fatores Climáticos – quando em quantidade suficiente, a água da chuva encharca o solo da pista de rolamento que, apresentando índices muito acima da sua “umidade ótima”, diminui sua capacidade de suporte, além disso o escoamento superficial arranca, transporta e deposita material em outro local, causando o surgimento de buracos, valas e bancos de areia.

Condição de Tráfego – movimentação de veículos aplica tensões que causam deformações nas estradas, sendo por uma carga excessiva, grandes aclives/declives ou curvas com raios muito pequenos.

Forma de Manutenção – quando mal executada a intervenção com máquinas de terraplenagem, poderá a médio e longo prazo proporcionar o contrário do resultado esperado, reduzindo a capacidade de suporte da pista alterando a drenagem e outros. Pode-se criar o que é chamado de estrada encaixada, que trataremos com mais detalhes mais à frente.

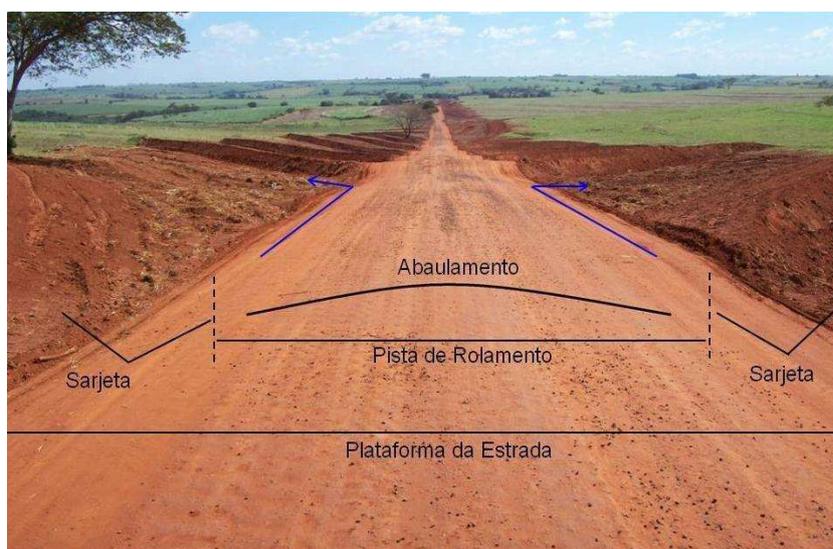
FIGURA 02 – Início da formação de barrancos laterais devido à manutenção incorreta com a motoniveladora.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 6

Seção Transversal Inadequada – a inclinação da pista de rolagem para as laterais propicia que a água escoe para as laterais da via e seja carregada pelo sistema de drenagem, quando esta inclinação não existe ou é insuficiente somada ou uma compactação deficiente problemas como buracos, valas e atoleiros se mostram comuns. Esse defeito pode apresentar diferentes níveis de gravidade.

FIGURA 03 – Representação de seção transversal adequada para estrada.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 13

Falta de Drenagem – o surgimento de qualquer irregularidade no sistema de drenagem como, valas e buracos que espalhem a água para a plataforma da estrada, entupimento de valetas, bueiros, bacias de captação e

outros, dificultam o tráfego pelo acúmulo de água e o excesso de umidade na faixa de rolamento.

FIGURA 04 – Atoleiro.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 37

Costelas ou Corrugações – podem ser chamados também de costeletas, que são ondulações transversais na pista, as dimensões são aproximadamente 50 cm entre ondas e 2,5 cm de profundidade. A principal causa é a presença de material muito fino ou sem a proporção adequada da mistura, falta de compactação também pode ocasionar esta patologia.

FIGURA 05 – Corrugações.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 40

Poeira – a ação abrasiva dos pneus vai lentamente desagregando o material fino na estrada, que devido suas características físicas fica suscetível a se desprender do solo e formar nuvens quando os veículos passam, esse efeito é aumentado em épocas de seca, e conforme a densidade desta poeira, pode ocasionar acidentes.

Trilhas de Rodas – normalmente causado pelo tráfego de veículos pesados. Mais comumente encontrado em rampas íngremes, ocorre geralmente com o solo úmido aliado a uma compactação deficiente, também pode ocorrer quando o solo utilizado no aterro é proveniente de uma jazida inadequada.

FIGURA 06 – Estrada com trilha de rodas em active.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 36

Segregação de Agregados – A ação abrasiva causada pelos pneus dos veículos provoca a desagregação das partes maiores que compõem a pista de rolamento, que vão se acumulando nas laterais e no centro da estrada, que além da falta de aderência, podem eventualmente ser lançados e provocar danos em outros veículos ou acidentes. Suas causas podem ser o clima, o tráfego, ou do uso inadequado de motoniveladoras.

FIGURA 07 – Segregação lateral.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 43

Queda de Barreiras – os taludes devem ser projetados, principalmente, de acordo com as características do solo. Quando a inclinação não é respeitada, e a drenagem também não é feita corretamente, pode-se gerar uma ruptura e desmoronamento dessa superfície.

2.3 Programa de manutenção

Tendo em vista a otimização do emprego de recursos públicos, melhor qualidade das vias por um maior período, a administração deve criar um plano de manutenção preventiva, pois como citado anteriormente, reduz os custos e tempo de obras nas vias.

Zoccal (2016, p. 100) leciona que esse programa deve ser criado utilizando-se critérios técnicos e econômicos, categorizando as estradas do município individualmente de acordo com sua importância econômica bem como seu grau de risco de acidentes devido suas características, deve-se também dividi-las preferencialmente em trechos com dimensões aproximadas.

Estes trechos deverão ser analisados por um profissional experiente, que deverá listar as intervenções necessárias, as quais posteriormente entrarão no planejamento de serviços.

Zoccal (2016, p. 100) deixa claro que o ideal seria trabalhar quase que exclusivamente com a Manutenção Preventiva, mas nem sempre isso é possível, “Com base nos recursos disponíveis (financeiro, equipamentos e pessoal), verificaremos qual a nossa capacidade de realização de serviço. Faremos nossa programação dos serviços de manutenção em função dos recursos que dispomos”. Isso deixa ainda mais evidente a necessidade da classificação das estradas exposta anteriormente, com base nela deve-se priorizar os trechos de maior impacto e seguindo esta ordem até os de menor relevância, porém a de extrema importância que se percorra todo ciclo de serviços, contemplando todos os trechos.

Podemos aqui dividir esses serviços em: Manutenção Preventiva, Manutenção de Rotina, Manutenção Emergencial e Manutenção Corretiva.

A Manutenção Preventiva consiste nos serviços realizados antevendo possíveis vícios nas estradas, planejando a melhoria das condições técnicas do

trecho, preferencialmente em épocas de seca, quando normalmente os serviços de correção se fazem menos presentes, por vezes deixando as equipes com uma menor demanda de trabalho.

A Manutenção de Rotina visa a preservar as características de construção ou readequação da estrada, mantendo todos seus elementos com o mínimo de alteração possível.

A Manutenção Emergencial é a que busca restabelecer o tráfego em trechos que tiveram seu fluxo interrompido por um fator extraordinário.

A Manutenção Corretiva, por sua vez, será realizada apenas quando o defeito já tenha se manifestado, onde o trabalho será empregado para realizar as correções necessárias e restabelecer as condições anteriores ao evento.

2.4 Manutenção preventiva

Dentre as atividades que buscam antecipar o surgimento de patologias, reduzir a quantidade de material carregados aos fundos de vale e também minimizar os custos vamos citar as principais, porém em alguns casos específicos podem surgir demandas particulares. Vale salientar ainda que deve-se priorizar o tempo da seca para realização desses serviços, pois promovem as melhores condições para a estrada suportar os intempéries das épocas chuvosas.

Limpezas das bacias de captação e dos segmentos de terraços.

Bacia de captação

Santos e Morano (2014, p. 18) indicam as bacias de captação como uma alternativa a locais onde a área disponível não permita a construção de terraços, e demonstram que são construídas para armazenar a água proveniente do escoamento superficial das estradas rurais, o que permite que este volume de água seja acumulado, e possibilita a infiltração para o lençol freático. Há ainda a possibilidade de construí-las em série e gradualmente carregar o volume precipitado para os mananciais receptores, diminuindo sua energia e os efeitos danosos do escoamento superficial.

FIGURA 08 – Bacia de captação.



Fonte: SANTOS; MORANO, 2014, p. 20

Segmento de terraço

Também conhecidos popularmente como bigodes, são estruturas de armazenamento e infiltração de água que escoam pelo leito da estrada ou por suas canaletas, devido sua grande área de contato com o solo, apresentam uma grande capacidade de infiltração, quando comparadas as bacias de captação. (SANTOS, MORANO, 2014, p. 18)

A fim de otimizar o seu funcionamento, é muito importante se antecipar ao período chuvoso da região e realizar a limpeza desses dispositivos, que podem apresentar acúmulo de sedimentos, excesso de vegetação, entre outros resíduos que diminuem sua capacidade de armazenar e conduzir a água. (ZOCCAL, p. 102, 2016)

2.5 Maquinas e equipamentos necessários

Para realizar a manutenção, recuperação ou adequação das estradas rurais não pavimentadas, é imprescindível a utilização de uma gama de equipamentos, tais como compactadores, motoniveladoras, retroescavadeiras, pá carregadeiras, tratores de esteira e caminhão basculante. (ZOCCAL, 2016).

Utilizando esses equipamentos, pode ser feita a compactação dos aterros, escavação, deslocamento e nivelamento de superfícies e taludes. Deve ser observada a necessidade de construção de bueiros com a utilização de retroescavadeiras. Pode ser preciso também cortar terras, retirar troncos de árvores ou mesmo transportar materiais soltos.

Compactador: Equipamento utilizado na compactação de aterros. Tem um aproximado de 5 toneladas podem ser lisos ou do tipo pé de carneiro, com ou sem vibro. Devem realizar as passadas com velocidade entre 4 e 6 km/h.

FIGURA 09 – Rolo Compactador.



Fonte: DYNAPAC

Motoniveladora (Patrol): A máquina possui uma lâmina que pode ser posicionada em qualquer inclinação e altura em relação ao eixo de marcha e ao plano horizontal. São utilizadas para escavar, deslocar ou nivelar uma superfície.

FIGURA 10 – Motoniveladora.



Fonte: JOHN DEERE

Retroescavadeira: Muito utilizado devido sua praticidade, pode ser usada na escavação, desagregação de terra, carregamento de caminhões e outros.

FIGURA 11 – Retroescavadeira.



Fonte: JOHN DEERE

Pá Carregadeira: Tem a capacidade de carregar terra com baixo número de manobras devido à grande capacidade de carga de sua caçamba, pode ser utilizada na escavação e/ou limpeza de solos não muito duros.

FIGURA 12 – Pá Carregadeira.



Fonte: JOHN DEERE

Caminhão Basculante: Essencial para melhorar a produtividade de serviços de escavação, demolição e terraplenagem. Indicado para transporte de cargas soltas de grande volume, como entulho, solo e brita.

Caminhão Pipa: Necessário para umedecer o solo antes da compactação, sempre que ele estiver abaixo do nível de umidade ótima.

Trator Agrícola: Opção muito versátil devido ao grande número de equipamentos que podem ser acoplados nele, como roçadeiras, tanques, enxadas rotativas e principalmente o arado, que é utilizado para aerar o solo e permitir que ele seque sempre que o nível de umidade estiver acima dos valores ótimos. (ZOCCAL, 2016, p. 105-107)

2.6 Controle de sedimentos

Um dos principais problemas das estradas não pavimentadas é erosão. Uma série de condições nesse ambiente favorecem esse processo, como o trânsito de veículos que impede o surgimento de cobertura vegetal, a ação abrasiva dos pneus que segrega os agregados, a compactação que torna esse solo pouco permeável, inclinações elevadas que promovem grandes velocidades de escoamento da água proveniente das chuvas, entre outros fatores. Todos eles podem ser controlados com ações que serão tratadas mais adiante, porém antes cabe uma análise, ainda que superficial, do processo erosivo em um aspecto geral.

O impacto das gotas de chuva no solo causa um efeito chamado de salpicamento ou *splash*. Esse é o estágio inicial do processo erosivo, pois, de certa forma, prepara as partículas do solo para serem carregadas pelo escoamento superficial. Esta preparação se dá basicamente de duas formas: inicialmente a energia cinética das gotas de chuva que atingem o solo causa a ruptura dos agregados, transformando-os em partículas menores, que posteriormente são transportadas e vão selando os poros da superfície do solo. Esta selagem tanto diminui a permeabilidade do solo como aumenta o escoamento das águas pelo seu menor atrito. (GUERRA, 1999, p. 18)

A ruptura dos agregados pode ser considerada um fator inicial da erosão, pois é essa ruptura que permite alterar as características do topo do solo, desestabilizando-o e desencadeando os demais fatores do processo erosivo. As partículas menores preenchem os poros existentes no topo do solo, não só diminuindo a porosidade e aumentando a densidade aparente, mas também inicia a formação de crostas na superfície, o que aumentará o escoamento superficial.

A principal consequência da formação de crostas na superfície do terreno é a diminuição da capacidade de infiltração de água no solo, causando a formação de poças, que se interligam e dão início ao escoamento.

Os solos com maior presença de silte são mais suscetíveis a esse efeito, bem como solos com pouca matéria orgânica. Por outro lado, solos com maiores quantidades de argila em sua composição, são mais estáveis e menos propensos a formação de crostas, “[...] a infiltração ocorre mais rapidamente nos

solos que contêm agregados maiores e mais estáveis, diminuindo, conseqüentemente, a produção de *runoff*. ” (GUERRA, 1999, p. 24).

O escoamento superficial pode atingir altas velocidades, que terão força suficiente para destacar sedimentos e transportá-los por dentro de ravinas. Existe uma situação em que esse efeito não é causado pela selagem, que é quando o solo se torna tão seco que apresenta rachaduras na superfície. Nesses casos, a infiltração é maior que o escoamento.

A força de cisalhamento exercida pelo *runoff* é a responsável pela remoção das partículas do solo e, posteriormente, pelo seu transporte. Desse modo, à medida em que o fluxo aumenta, encosta abaixo, maior é a sua capacidade de dano. Com isso, é possível identificar o conceito de área sem erosão, que ocorreria no topo das encostas. (GUERRA, 1999, p. 34).

Quando se analisa a erosão por ravinas e voçorocas em estradas rurais, as principais causas são: Imprecisão dos projetos de drenagem, principalmente a suscetibilidade do terreno a erosão; desinteresse de investimento em obras complementares; e a falta de manutenção.

Além dos cortes e aterros da faixa de rodagem, podemos encontrar essas erosões em áreas de empréstimos, junto aos pés e aos topos de taludes, a jusante das obras de transposições (bueiros, pontilhões e pontes), e ainda adentrando nas propriedades situadas às margens da estrada.

Em um aspecto geral, o controle de erosão em estradas não pavimentadas, e conseqüentemente a diminuição dos sedimentos transportados aos fundos de vale, se dão por uma das seguintes formas:

Proteção vegetal: Executar a cobertura vegetal em toda área adjacente à estrada que sejam sujeitos ao processo erosivo, tais como taludes de corte e aterro, valetas não revestidas, saídas de bueiros, acessos às propriedades, e outras áreas em que se concentre o fluxo de água.

Bueiros: Devem ser construídos com material que garanta a estabilidade do terreno, como concreto, aço ou alvenaria, tanto em travessias permanentes como em temporárias (enxurradas).

Abaulamento transversal da pista de rolamento: A fim de impedir o empoçamento ou o escoamento longitudinal da água ao longo da pista.

Sangrias laterais: Sua construção deve levar em conta as curvas de nível existentes nas propriedades vizinhas, ou se realizar a construção de segmentos de terraços para dissipar o volume de água transportado pelas canaletas laterais.

Dissipadores de energia: Uma estrutura de fundamental importância, geralmente negligenciadas por se encontrarem às margens das obras, causando a erosão em locais a jusante das obras realizadas, porém com potencial de crescimento que pode comprometer toda a estrada. (SALOMÃO, 1999, p. 264).

Além da erosão causar por si só muitos transtornos para a utilização das estradas, dificultar a conservação e causar danos nas propriedades lindeiras, os sedimentos provenientes dessas áreas são carregados pela bacia hidrológica, causando também o “[...]assoreamento das seções de drenagem, reduzindo a capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos”. (LIMA, LOPES, 2011, p. 178).

É de fundamental importância a redução desses sedimentos, bem como o controle e quantificação dessa carga para um eficiente gerenciamento dos recursos hídricos, pois esses sólidos em suspensão tendem a se precipitar quando a velocidade de escoamento da água diminui, o que ocorre, geralmente, em represas usadas para abastecimento ou geração de energia elétrica, diminuindo o volume de água utilizável. (LIMA, LOPES, 2011, p. 229).

3 ESTUDO DE CASO CONCRETO

3.1 Contextualização da estrada

A Estrada Bairro do Gramado, localizada na zona rural de Presidente Prudente/SP, além de ser uma via fundamental para produtores rurais e moradores, também se constitui na ligação da cidade a uma série de lotes destinados a áreas de lazer. Como a produção rural dessa área tem diminuído, muitos dos moradores do Bairro do Gramado - e outros bairros vizinhos - utilizam esta estrada diariamente para ir ao trabalho, escola, entre várias outras atividades. (MOREIRA, HEPANHOL, 2007)

Referida estrada é o principal acesso ao Bairro do Gramado, que tem essa nomenclatura devido ao córrego que corta a região. Tal corpo d'água, de mesmo nome do bairro, é o principal da região e recebe toda a precipitação dessa área. (MOREIRA, HEPANHOL, 2007; PULIDO, RIZK, 2015)

O Córrego do Gramado tem suas nascentes localizadas nas proximidades do Distrito Industrial e do lixão de Presidente Prudente, além de em boa parte do seu curso ter suas margens próximas a bairros da zona leste da cidade, o que já contribui para que o córrego seja degradado. Vale ainda ressaltar que este flume é um dos principais formadores do Ribeirão Mandaguari, o qual é afluente do rio do Peixe. Este, por sua vez, é a principal fonte de coleta de água da cidade. Verifica-se assim, que a degradação desse córrego gera impactos diretos no manancial de Presidente Prudente, embora a captação seja à montante dessa confluência. (PULIDO, RIZK, 2015; MARACCI, 2010)

Toda a extensão da Estrada do Bairro do Gramado está dentro da microbacia Córrego do Gramado. Portanto, qualquer negligência na manutenção desta via pode gerar consequências devastadoras para a principal fonte de água potável da cidade, além de todas os demais prejuízos já citados anteriormente. (MARACCI, 2010)

3.2 Sobre a readequação da estrada

Devido à sua importância e ao seu mau estado de conservação, a Estrada Bairro do Gramado, juntamente com a Estrada do Bairro Sete Copas e outras vias rurais do município, foram readequadas pela CODASP através do Programa Melhor Caminho. As obras foram realizadas pela Prefeitura de Prudente por meio da Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento (PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, 2012). Segundo informações disponíveis no site da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente, “o convênio que contemplou a Estrada do Bairro Gramado é de R\$ 1.054.757,92 e contou com contrapartida da Prefeitura Municipal de R\$ 168.157,48” (2013).

Ainda é de fundamental importância o que é dito em outro trecho da matéria:

No local foram feitas adequações da estrada rural com ênfase na conservação do solo e da água. Os serviços envolveram a operação de elevação do leito e construção de estruturas de condução [lombadas] para facilitar o trânsito de veículos e armazenamento de água [terraços ou bacias de captação], que aumentam a infiltração de água no solo. As obras executadas pelo maquinário da Codasp têm como objetivo proporcionar tráfego de veículos seguro, durante todo o ano, independente das condições climáticas (PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, 2013)

FIGURA 13 – Execução das obras de readequação da Estrada do Bairro do Gramado.



Fonte: PM DE PRESIDENTE PRUDENTE, 2013

Após o conjunto de medidas adotadas para a readequação das estradas, todas as condições essenciais para um bom tráfego estavam atendidas, quais sejam: rodagem, drenagem e aderência. O leito da estrada estava com a superfície lisa, sem buracos ou corrugações, com uma mistura adequada de agregados miúdos e graúdos, o que impedia a formação de atoleiro, areiões ou áreas com pouca aderência devido a britas soltas, e também contava com uma inclinação transversal e dispositivos de drenagem que impediam o acúmulo de água no leito carroçável.

Porém, como descrito no capítulo 2, existem vários procedimentos de conservação que devem ser executados periodicamente a fim de garantir que essas obras mais drásticas, custosas e demoradas, não necessitem ser realizadas com frequência. Assim, tomando simples medidas preventivas, se evita a readequação completa da estrada, que se manterá própria para uso por um longo período de tempo.

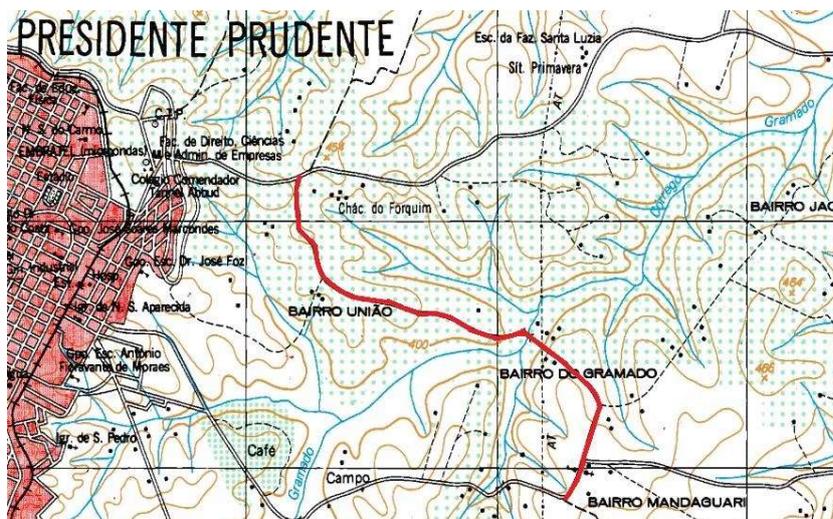
3.3 Análise da situação atual da estrada.

As obras realizadas na Estrada do Bairro do Gramado foram entregues oficialmente em outubro de dois mil e treze. Já se passaram mais de seis anos e nesse período a estrada sofreu - ou deveria ter sofrido - vários procedimentos de conservação e manutenção.

Uma análise visual foi feita no local para identificar indícios de falta de manutenção, procedimentos incorretos, descaso do poder público ou da população. As condições encontradas foram fotografadas e apontadas no decorrer deste trabalho, bem como as suas possíveis causas.

Foram percorridos 4,3 km, partindo das imediações da capela Nossa Senhora Aparecida, no Bairro Gramado e terminando na intersecção com a rua Dr. José Alves da Paixão, Vila Furquim, conforme destacado no mapa abaixo.

FIGURA 14 – Mapa Planialtimétrico da Estrada do Bairro do Gramado.



Fonte: IBGE, 1974 (Adaptado pelo autor)

Todo o trajeto foi percorrido sem grandes dificuldades, em nenhum momento se exigia muito do veículo ou do condutor. Não foram constatadas grandes erosões, atoleiros ou areiões. A ponte sobre o Córrego do Gramado estava em boas condições e a largura, o raio das curvas e o traçado estavam adequados ao tráfego e relevo da via. Alguns detalhes pontuais foram relacionados abaixo.

FIGURA 15 – Segregação de agregados.



Fonte: O autor

Em boa parte do percurso é possível se deparar com essa característica, o que provavelmente se dá devido à patrolagem sistêmica e ao tráfego. Os agregados graúdos se separam da mistura e ficam sobre o leito, prejudicando principalmente a aderência da via.

FIGURA 16 – Sangria lateral obstruída.



Fonte: O autor

A Sangria Lateral direita está obstruída por um acúmulo proposital de solo, além de lixo doméstico, porém a estrada mantém uma inclinação totalmente para a esquerda, o que de certo modo impede o acúmulo de água no leito carroçável.

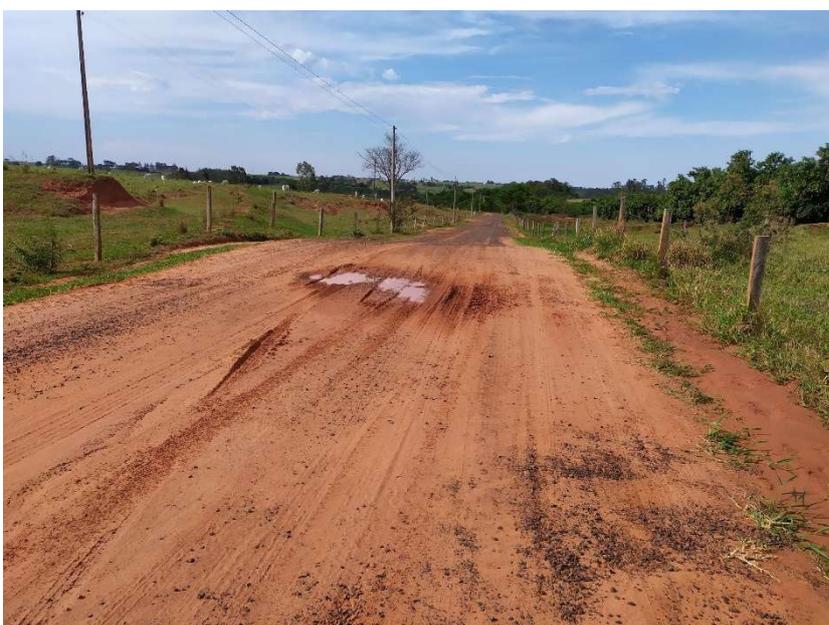
FIGURA 17 – Seção Transversal Inadequada.



Fonte: O autor

A estrada, nesse trecho, não continha inclinação transversal para as laterais da via. Isso ocorre, provavelmente, devido à patrolagem sistêmica. Assim, a água proveniente da chuva é conduzida para o centro da pista, onde ainda é possível identificar um volume pequeno de agregados finos depositados. Vale ressaltar que a situação está razoável devido à baixa declividade dessa área.

FIGURA 18 – Buraco na via.



Fonte: O autor

A falta de inclinação lateral da estrada dificulta o escoamento da água para os bordos da via, o que pode culminar, em muitos casos, em buracos no meio da via, como mostra a imagem acima. Este problema é progressivo caso não ocorra uma intervenção, pois uma vez formado o buraco, o empoçamento de água facilita ainda mais o desprendimento do solo, agravando a situação.

FIGURA 19 – Estrada encaixada.



Fonte: O autor

Além dos problemas apontados anteriormente, a patrulagem constante e sem reposição e compactação do leito vai aprofundando a estrada, criando inicialmente pequenos barrancos que impedem a água de escoar para as áreas lindeiras, o que aumenta o escoamento superficial e, por consequência, os fatores erosivos.

FIGURA 20 – Sarjetas obstruídas.



Fonte: O autor

Apenas em um pequeno trecho da estrada, devido à sua declividade acentuada e os grandes barrancos laterais, foi realizada uma pavimentação, mas mantendo as sarjetas gramadas. O acúmulo de sedimentos provenientes da montante e a falta de manutenção nas sarjetas começaram a impedir a água de seguir o caminho adequado, deste modo, retirando o revestimento dos bordos e os depositando no córrego do Gramado que fica a jusante dessa área.

FIGURA 21 – Erosão nas sarjetas.



Fonte: O autor

FIGURA 22 – Pneus descartados na mesma sarjeta.



Fonte: O autor

Um pouco abaixo da situação citada anteriormente, a falta de dispositivos que diminuam a velocidade da água nas sarjetas aliados à mata ciliar que gera sombra e dificulta o crescimento da vegetação, culminaram em uma erosão por toda a extensão da sarjeta, aprofundando-a e depositando todo o sedimento no córrego. Em alguns casos a erosão chega a invadir da estrada.

Foram encontrados pneus e outros materiais descartados na lateral da estrada, atrapalhando o fluxo d'água e possivelmente se tornando criadouro de vetores de doenças como o *Aedes Aegypti*.

FIGURA 23 – Ponte sobre o córrego do Gramado.



Fonte: O autor

FIGURA 24 – Erosão na sangria anterior ao Córrego do Gramado.



Fonte: O autor

Ponte em de concreto com duas faixas em boas condições, apenas o guarda-corpo da área de pedestres está quebrado. Acúmulo de terra próximo a sangria da estrada, e nota-se a ausência de um dispositivo para direcionar a água com uma menor intensidade para o córrego.

Na lateral direita, a ausência de outros dispositivos para direcionar a enxurrada causou uma erosão na última sangria para o córrego.

FIGURA 25 – Acúmulo de sedimentos na margem esquerda.



Fonte: O autor

FIGURA 26 – Sarjeta e tubulação sem limpeza



Fonte: O autor

FIGURA 27 – Estrada encaixada

Fonte: O autor

O acúmulo de sedimentos, falta de limpeza das sarjetas e tubulações e o rebaixamento do leito da estrada impedem que a água acesse o caminho adequado e fazem com que ela escoe pelo leito da estrada, iniciando o processo erosivo em alguns trechos.

FIGURA 28 – Bacia de captação danificada.

Fonte: O autor

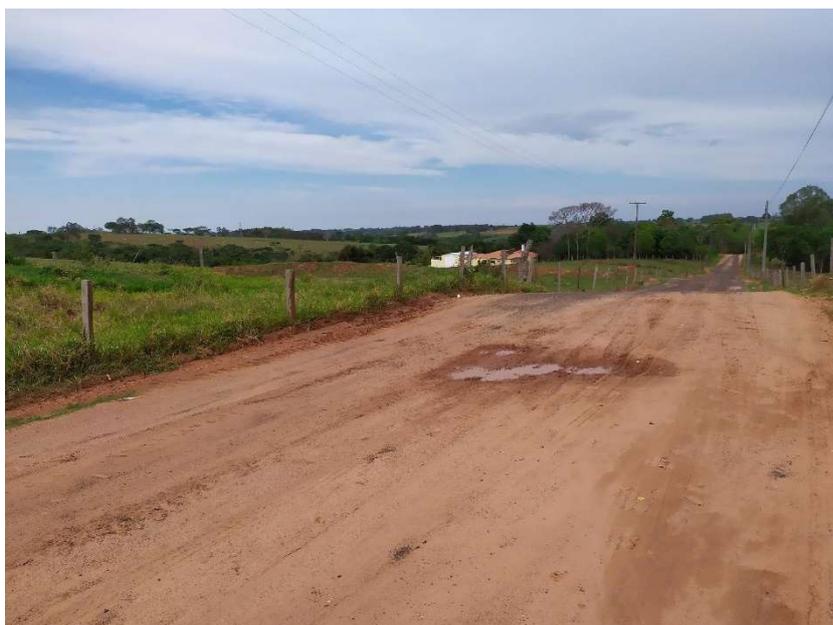
Além do acúmulo de lixo doméstico na bacia de captação, o talude que separa as bacias está erodindo, o que a impede de acumular o volume adequado de água antes de permitir a passagem para o próximo nível

FIGURA 29 – Estrada encaixada, entulho e sangria obstruída.



Fonte: O autor

FIGURA 30 – Buraco na via e acúmulo de sedimentos



Fonte: O autor

Nesse trecho a retirada do material aplicado na readequação expôs o entulho que existia sob o leito, o que causa, entre outros problemas, uma vibração excessiva nos veículos. O rebaixamento da estrada também criou os barrancos nas laterais e a obstrução das sangrias, o que fez com que a água fosse direcionada para o curso da estrada. Surgiram, assim, buracos, ravinas e, em alguns pontos, o acúmulo de sedimentos.

4 CONCLUSÃO

No trecho da estrada rural analisada foram encontradas várias irregularidades que prejudicam a qualidade de rodagem dos veículos, além de gerar impactos ambientais para a região como um todo.

Situações semelhantes às expostas no item 3.3 foram encontradas em outros trechos, mas todas basicamente em estágio inicial de formação. Assim fica evidente que uma nova readequação como a executada em 2013 não é necessária, porém os procedimentos de conservação devem ser revistos.

Em todo o trecho estudado deve ser realizada a limpeza das sangrias, que destinam a água para os terraços dos lotes vizinhos. Em outros segmentos específicos, há a necessidade de se escarificar o solo, corrigir a proporção de agregados e realizar a compactação, respeitando a inclinação lateral necessária.

É mister também a realização de manutenção no guarda corpo da ponte sobre o Córrego do Gramado, para garantir a segurança dos usuários.

Nas áreas de maior declividade, existe a necessidade de se estudar a colocação de um revestimento mais adequado para as sarjetas, seja revestindo de concreto, ou mediante o plantio de uma vegetação mais apropriada às condições locais. É possível, ainda, atingir esse objetivo, com a implementação de dissipadores de energia.

Se tais procedimentos não passarem a ser imediatamente adotados para a conservação desta estrada rural, os problemas encontrados ficarão ainda mais graves e prejudicarão enormemente os usuários, o que, alfim, impacta negativamente o meio-ambiente.

5 REFERÊNCIAS

BENEVIDES, C., **No Brasil, 80% das estradas não são asfaltadas**. 2016. Disponível em: <<https://folhapolitica.jusbrasil.com.br/noticias/135832618/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-asfaltadas>>. Acesso em: 21 abr 2019.

GUERRA, A. J. T., O Início do Processo Erosivo. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M., **Erosão e conservação de solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro/RJ, Bertrand Brasil, 340 p., 1999. p.17-50

GRIEBELER, N. P., **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. Orientador: Fernando Falco Pruski, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2002, 121 p.

LIMA, J. E. F. W.; LOPES, W. T. A., **Engenharia de Sedimentos: na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento**. Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 448 p.; Vol. 1.

MARACCI, J. G. P., **Degradação Ambiental e Qualidade de Vida na Microbacia do Córrego do Gramado**, Orientador: Antonio Cezar Leal, FCT Unesp, Presidente Prudente/SP, 2010, 113 p.

Michaelis. **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 1998. Dicionários Michaelis, 2259 p.

MOREIRA, E. V.; HESPANHOL, R. A. M., **O lugar e o rural: os bairros rurais no município de Presidente Prudente**. Revista Formação, nº14, v. 1, p. 186-191, 2007

OLIVEIRA, M. J. G. **Hierarquização para orientar a manutenção de rodovias não pavimentadas**. Universidade de São Paulo, São Carlos/SP. Tese de Doutorado, 2005. 112p

PULIDO, A. S., RIZK, M. C., **Avaliação ambiental do córrego do gramado – Presidente Prudente/SP.**, 2015, Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 12, n. 01, p. 16-30, jan/jun. 2015

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, **Codasp e Prefeitura entregam benfeitorias do Programa Melhor Caminho nesta quarta-feira.**, 2013. Disponível em: <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/noticias.xhtml?cod=25586>>. Acesso em: 10 nov 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, **Estrada Sete Copas já recebe serviços de conservação em mais de quatro quilômetros.**, 2012. Disponível em: <<http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/noticias.xhtml?cod=21720>>. Acesso em: 10 nov 2019.

SALOMÃO, F. X. T., Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S., BOTELHO, R. G. M., **Erosão e conservação de solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro/RJ, Bertrand Brasil, 340 p.,1999. p. 229-265

SANTOS, D H.; MORANO, J. R., **Recuperação e Manutenção de Estradas Rurais**. Presidente Prudente: CODASP, 2014.

ZOCCAL, J. C. **Caderno de estudos em conservação do solo e água**. Presidente Prudente: CODASP, n.1, v.1, 2007.

ZOCCAL, J. C.; SILVA, P. A. R., **Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural. Adequação de erosões em estradas rurais: causa conseqüências e problemas na manutenção e conservação de estrada rural**. São José do Rio Preto: CODASP, 2016. 118 p.; Vol. 2.