

CARACTERIZAÇÃO DAS ESTRADAS RURAIS NÃO PAVIMENTADAS COMO ELEMENTOS PRESENTES NA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS PEDRAS, GUARAPUAVA-PR

CUNHA, Márcia Cristina da¹

RESUMO: O presente trabalho apresenta a caracterização das estradas rurais na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR, visando fornecer subsídios para um manejo adequado dos recursos naturais. Para o mapeamento da área fez-se o uso de geoprocessamento, e na caracterização da bacia aplicaram-se os parâmetros morfométricos baseados nos índices propostos por Horton (1945), Strahler (1957), Christofolletti (1980) e Villela e Mattos (1975). A bacia hidrográfica do Rio das Pedras (BHRP) localiza-se no município de Guarapuava-PR, e possui um perímetro de aproximadamente 330 km² com densidade de drenagem de 1,37 km/km² que devido à inclusão das estradas rurais aumenta sua densidade para 4,9 km/km². O número de caminhos mapeados supera as estradas principais, e estes estão presentes em todas as unidades geomorfopedológicas da bacia em estudo. Na inspeção em campo, foram analisadas as características das vias não pavimentadas, como seção transversal, declividade, largura da faixa de rolamento, altura do barranco, zonas saturadas, presença de vegetação e ravinamento. Na BHRP as estradas rurais não pavimentadas apresentam principalmente problema da seção transversal inadequada.

Palavras-Chave: estradas rurais, caminhos, densidade de drenagem.

CHARACTERIZATION OF UNPAVED RURAL ROADS AND LANDSCAPE ELEMENTS PRESENT IN THE BASIN OF THE RIO DAS PEDRAS, GUARAPUAVA-PR

ABSTRACT: This paper presents the characteristics of rural roads in the watershed of the Rio das Pedras, Guarapuava-PR, to provide for an adequate management of natural resources. For the mapping of the area made the use of GIS, and characterization of the basin have applied morphometric parameters based on ratios proposed by Horton (1945), Strahler (1957), Christofolletti (1980) and Villela and Mattos (1975). The watershed of the Rio das Pedras (BHRP) is located in Guarapuava-PR, and has a perimeter of about 330 km² with a drainage

¹Mestranda em Geografia na Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná-UNICENTRO. Linha de pesquisa: Geomorfologia e Dinâmica da Paisagem. Grupo de pesquisa: Monitoramento, experimentação e modelagem em hidrogeomorfologia. E-mail: marcialcunha@yahoo.com.br.

density of 1.37 km/km² that due to the inclusion of rural roads to increase its density 4.9 km/km². The number of mapped paths overcomes the main roads, and these are present in all units pedogeomorphological the study watershed. In the inspection in the field, we analyze the characteristics of unpaved roads, such as cross section, slope, width of the bearing, the height of embankment, saturated areas, vegetation, and ravine. In BHRP unpaved rural roads are mainly the problem of inadequate cross-section.

Keywords: rural roads, paths, drainage density.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica, na nova Lei 9.433, de 08/01/97 estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que passa a ter papel não só de fundamento da unidade territorial, como também o de instrumento de gestão. Assim o conhecimento dos mecanismos e das propriedades hidrogeomorfológicas das bacias hidrográficas são um requisito básico visando fundamentar os diagnósticos e análises nos planos de recursos hídricos (CANALI, et. al., 1998).

O efeito da atividade humana sobre o ambiente terrestre tem sido evidente e cada vez maior. No entanto, até a década de 1950 ou 1960 o significado da atividade humana não despertava muito a atenção dos geógrafos físicos. As tendências da Geografia se combinaram para compor uma Geografia Física mais ambiental, o que pode ter ocorrido tarde, mas, felizmente, não demais (GREGORY, 1992). E neste contexto se torna importante o estudo das inter-relações existentes entre os processos decorrentes das variáveis que compõe a bacia hidrográfica neste caso em participar as estradas rurais.

As estradas aqui são entendidas como elementos geográficos presentes nas paisagens rurais. Estas, desde de caminhos primitivos ou vias modernas com grande infra-estrutura, permitiram e permitem a interligação entre regiões, influenciando no aspecto social, econômico e cultural das nações. Estradas podem ser definidas como faixas de terreno com características adequadas para permitir o deslocamento de pessoas e veículos.

A história do rodoviarismo no Brasil está ligada ao processo de integração do território brasileiro, o qual se deu com as primeiras estradas abertas pelos colonizadores portugueses e por outros imigrantes que se estabeleceram nas diversas regiões brasileiras, e pelos habitantes das vilas que se formavam em todo país. Por essas primitivas estradas de rodagem fazia-se a ligação entre as regiões, em que se transportavam as mais diferentes mercadorias (GUIMARÃES et. al. 2004).

No Estado do Paraná os imigrantes trabalhavam tanto na abertura quanto na manutenção das estradas de rodagem, sendo essa atividade uma forma de quitação de suas dívidas com investimento realizado pelo estado no processo migratório. Nota-se, assim, que foram os imigrantes, as pessoas já estabelecidas no estado e seus descendentes os responsáveis pelas obras de engenharia, sendo ao mesmo tempo empreiteiros e a mão-de-obra nos trabalhos de construção (GUIMARÃES, et. al., 2004). “Construção manual. Pá, picareta, broca, marrão. Transporte de material escavado em galeotas-tombeira, tradicionalizadas por muares. Toda família trabalhava, dava duro enquanto a claridade permitia” (GUIMARÃES, 2004, p. 22).

No Brasil há uma predominância de estradas não pavimentadas, segundo o anuário estatístico dos transportes de 2000, do total de 1.724.924 km de estradas, existentes no país, cerca de 1.559.941 km são de estradas não pavimentadas e somente cerca de 164.988 km são de estradas pavimentadas. Nota-se a importância destas estradas no Brasil, já que cerca de 90% do total de rodovias não são pavimentadas. Por outro lado, quando não são bem manejadas as estradas não pavimentadas são importantes fontes de sedimentos (BAESSO, 2003).

A Malha Rodoviária do Estado do Paraná conta com um total de 120.293 km de rodovias, sendo 99.126 km de rodovias não pavimentadas, e apenas 21.167 km de rodovias pavimentadas (ANTT, 2005). As estradas não pavimentadas representam mais de 82% do total de rodovias existente no estado.

Até bem pouco tempo atrás, estrada rural era um componente da questão ambiental pouco lembrado e estudado. Com o passar dos anos percebeu-se que grande parte dos problemas ambientais no meio rural tinha contribuição de águas drenadas no leito de estradas inadequadas, sem práticas de conservação, tanto na região lindeira quanto nas erosões iniciadas nas laterais destas estradas ou nas enormes voçorocas formadas pela manutenção equivocada destes caminhos (JÚNIOR, 2006). Sendo assim este trabalho tem como objetivo avaliar a importância das estradas rurais não pavimentadas bem como o papel que estas desempenham enquanto elemento presente na paisagem rural.

ÁREA DE ESTUDO

“A BHRP, com aproximadamente 330 km² de área, localiza-se no município de Guarapuava, no Estado do Paraná, entre as latitudes 25° 13' 10" S e 25° 26' 24" S e longitudes 51° 13' 10" W e 51° 28' 40" W” (VESTENA; THOMAZ, 2006, p. 75) (figura 1).

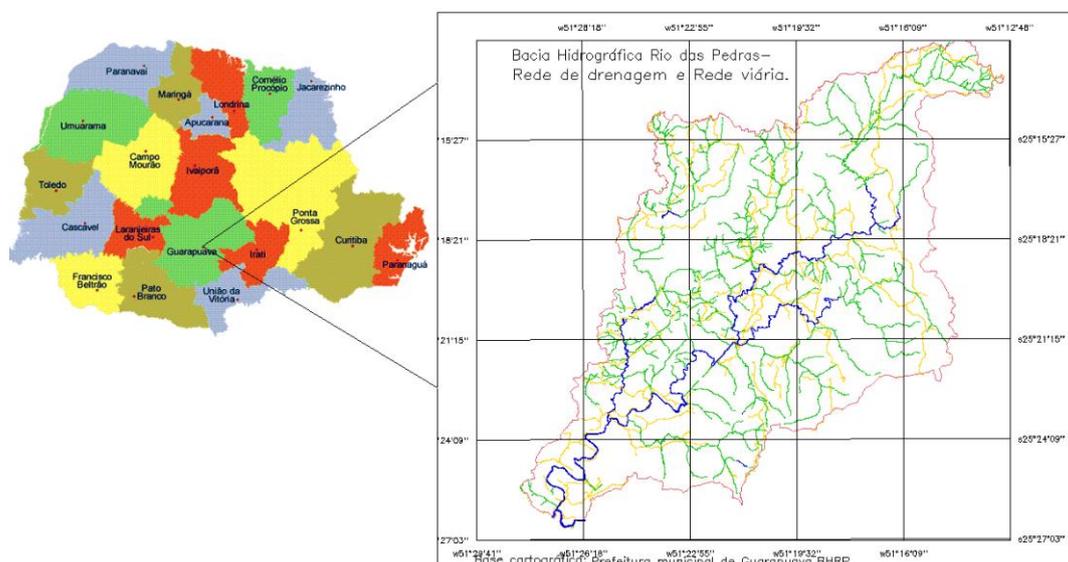


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio das Pedras

Elaboração: Cunha, M. C.

O clima de Guarapuava está sob domínio da zona extratropical, o que resulta em temperaturas com caráter mesotérmico, temperaturas anuais médias entre 16° e 20°C, inverno frio e verão amenizado pelas altitudes (THOMAZ; VESTENA, 2003). A classificação climática do município, segundo Köppen, classifica-se como Cfb, o que significa que o clima é pluvial, sempre úmido, com verões chuvosos e frescos (MAACK, 1981). É classificado como subtropical mesotérmico – úmido - sem estação seca, com verões frescos e invernos moderados.

A pluviosidade mostra-se bem distribuída ao longo do ano, com precipitações, médias anuais em torno de 1961 mm, apresentando variações extremas consideráveis, a temperatura média anual fica em torno de 16 a 17,5°C, e a erosividade obtida para Guarapuava foi de 523,879 (t/mm/ha/ano). Em relação ao balanço hídrico da BHRP, a evapotranspiração é de 1006 mm (52%), enquanto a precipitação e o escoamento superficial é de 9,5 m³/s (48%). (THOMAZ; VESTENA, 2003).

O relevo da BHRP é de plano a montanhoso, superfície de topografia pouco movimentada, formada por conjunto de colinas e outeiros, apresentando declives compreendidos entre 8 e 20% em 44% da área da bacia em estudo, (BATTISTELLI, et. al., 2004). Ocorrem na bacia pelo menos quatro situações acerca da cobertura superficial: Latossolo, Cambissolo, Neossolo (litólico) e Gleissolo (hidromórfico). Em algumas unidades, ocorrem inclusões de afloramento de rocha, pedregosidade e

rochoso em grau variado (THOMAZ; VESTENA, 2006). Em relação à vegetação natural na bacia hidrográfica do Rio das Pedras esta é representativa da Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 1992), conhecidas como Floresta de Araucária, porém atualmente bastante modificada de seus padrões originais, em termos de composição e distribuição espacial.

Quanto ao tipo de uso da terra de modo geral, na bacia hidrográfica do Rio das Pedras é diversificado, “envolvendo atividades relacionadas à agricultura, a pecuária, a indústria, ao florestamento/reflorestamento, entre outras” (VESTENA, et al., 2004, p. 101).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para auxílio na pesquisa fez-se necessário os seguintes procedimentos metodológicos:

a) Revisão bibliográfica: refere-se à etapa da pesquisa onde se buscou a fundamentação teórica para integrar e enriquecer a pesquisa, examinando conteúdos em diversas fontes a fim de subsidiar a pesquisa.

b) Trabalho de Laboratório: após a reunião das referências bibliográficas e cartográficas se tratou da manipulação por meio de Geoprocessamento, dos materiais cartográficos, para a geração dos produtos necessários a pesquisa.

Os softwares utilizados nesta pesquisa foram:

- SPRING - INPE© Versão 5.1.5 – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Copyright – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE), desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens – DPI do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE);

- Calc – que se trata de uma planilha eletrônica do Software BrOffice é uma folha de cálculo (planilha eletrônica no Brasil). O Calc possui uma série de funções, incluindo um sistema de definição de series para gráficos baseada na disposição dos dados na planilha. O Calc é capaz de escrever a folha de cálculo como um arquivo PDF e importar formatos legados que incluem: [Lotus 1-2-3](#) e [SYLK](#).

A base cartográfica utilizada foi:

- Carta Topográfica de Guarapuava editada pelo Ministério do Exército, Departamento de Engenharia e Comunicações.

- Base cartográfica da Prefeitura Municipal de Guarapuava; escala: 1:30.000 e 1:50.000;

(equidistância das curvas de nível: 5 metros); Projeção Transversa de Mercator (UTM); Meridiano Central: 51° W. GR; Datum Vertical: Imbituba-SC, Datum Horizontal: SAD 69 – Chuá-MG; Cobertura aereofotogramétrica: Data do voo: setembro/2002. Projeto número 647/02, autorização do MD nº 135/02. Convênio Secretaria do Meio Ambiente (SemaFlor), Agência Nacional de Águas (ANA), Prefeitura Municipal de Guarapuava, Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO, executado por consórcio pela Empresa de Aerofotogrametria Engefoto.

Mapa da rede viária da bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

Após a construção do banco de dados a digitalização foi feita no *software* Spring 5.1.5 (escala 1:30.000) sendo extraídas informações como; rodovia federal pavimentada, ferrovia, estradas vicinais não pavimentadas e pavimentadas, caminhos e perímetro da bacia, sendo essas informações contidas no plano de informação (PI). Através da ferramenta de operações métricas foram realizados os cálculos referentes à extensão de cada unidade de estrada.

Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

Seguindo o mesmo procedimento anterior a digitalização permitiu obter informações referentes à hidrografia da bacia em estudo, como; alagado, canais canalizados, lagos, rios intermitentes, rios perenes > 10m, rios perenes < 10m e rio principal. Também com a ferramenta de operações métricas se obteve a extensão de cada curso fluvial, bem como sua hierarquização segundo (STRAHLER, 1957).

Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

Para a caracterização da bacia aplicaram-se os parâmetros morfométricos baseados nos índices propostos por Horton (1945), Strahler (1957), Christofoletti (1980) e Villela e Mattos (1975).

De posse da delimitação da área da bacia, obtiveram-se diferentes características físicas, como: área da bacia, perímetro, comprimento da bacia, forma, comprimento total dos cursos fluviais, densidade de drenagem, número total de segmentos, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, coeficiente de manutenção, amplitude topográfica e densidade de rios, como segue:

- 1- Área da bacia (A); é toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal.
- 2- Perímetro da Bacia Hidrográfica (P); trata-se do polígono que delimita área da bacia (visto anteriormente), sendo determinado por meio da opção operações métricas o seu perímetro (km).
- 3- Comprimento da bacia (L); é a maior distância medida, em linha reta, entre a foz e um determinado ponto situado ao longo do perímetro;

4- Coeficiente de compacidade (Kc); relaciona a forma da bacia com um círculo. Uma bacia será suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade (1). O Kc é determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m^2).

5- Comprimento total dos cursos fluviais (Lt); esse índice refere-se à soma de todos os comprimentos dos rios (km) da bacia.

6- Densidade de drenagem (Dd); a densidade da drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica, podendo ser calculada pela equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Sendo: Dd corresponde à densidade da drenagem, Lt é o comprimento total de canais e A é a área da bacia.

7- Número total de segmentos (Nr); De acordo com Strahler, todos os cursos d'água sem tributários são de primeira ordem, os trechos de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois canais de primeira ordem, e os trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente.

8- Comprimento do rio principal (Rp); é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente.

9- Extensão do percurso superficial (Eps); representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, correspondendo a uma das variáveis interdependentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Sendo calculada da seguinte maneira:

$$Eps = \frac{1}{2Dd}$$

Sendo: Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem.

10- Coeficiente de manutenção (Cm); Proposto por S. A. Schumm (1956), esse índice tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento. Calcula-se da seguinte forma:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 100$$

Sendo: Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros. Tomando como exemplo o quilômetro quadrado, ela representaria a área dessa unidade dividida pela densidade da drenagem.

11- Densidade de rios (Dr); é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água

e a área da bacia hidrográfica. Pode ser calculado da seguinte forma:

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Sendo: Dr é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada.

12- Ordem fluvial; a ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). Utilizou-se neste trabalho a classificação apresentada por Strahler, em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente.

13- Número de cruzamento de canais fluviais X estradas; foram selecionados dez pontos de controle aleatoriamente ao longo da bacia, para estimar o número total de cruzamentos em toda área da bacia.

14- Após a delimitação da área estudada (4,2 km) em uma área piloto (área experimental do Laboratório de Geografia Física da UNICENTRO), foi contado, o número de caixas de contenção construídas ao longo do trecho. O critério utilizado para definir caixas ativas (funcionando) e caixas inativas (não funcionando) foi visual. As caixas de contenção são trincheiras profundas que devem armazenar água e sedimentos produzidos, sobretudo em estradas rurais, evitando assim que cheguem aos corpos hídricos. As caixas ativas são aquelas que armazenam água e sedimentos provenientes principalmente das estradas. As caixas inativas são aquelas deterioradas, incapazes de armazenar água ou sedimento trazido pela enxurrada.

c) Trabalho de campo: O trabalho de campo consistiu na identificação dos impactos provocados pela localização e manutenção das estradas rurais em que após o mapeamento procurou-se por meio de registros fotográficos e inspeção em campo verificar os tipos de degradação das estradas de acordo com as unidades geomorfológicas onde elas estão construídas (ex. setores declivosos, zonas de saturação). Foram escolhidos seis (6) locais de inspeção. Em vários trechos das estradas ocorreu a verificação do estado de conservação, largura, declividade, altura do barranco, presença de ravinas e disponibilidade de material para ser transportado.

Os locais escolhidos para inspeção teve como objetivo envolver as unidades da bacia hidrográfica, que satisfaçam o objetivo proposto da pesquisa, sendo estes locais de alta, média e baixa vertente, caracterizando toda a área. Para tal feito fez-se a utilização de alguns equipamentos como: trena laser, trena métrica, suporte de madeira, clinômetro, GPS de navegação, máquina fotográfica digital, prancheta e caderneta para anotação.

RESULTADOS OBTIDOS

O mapeamento e a caracterização morfométrica da bacia são de extrema importância para compreensão de suas variáveis. No mapa da rede de drenagem e rede viária (tabela 1 e figura 2) pôde-se comparar a rede viária e a rede de drenagem permitindo uma melhor análise em relação à quantidade de estradas rurais e de sua distribuição na bacia.

Tabela 1 - Índices morfométricos encontrados na bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

Índices	Valores obtidos
Área (A)	330 km ²
Perímetro (P)	121,29 km
Comprimento da bacia (L)	45,54 km
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,8
Comprimento total dos cursos fluviais (Lt)	453,34 km
Densidade de drenagem (Dd)	1,37 km/km ²
Número total de segmentos (Strahler, 1952) (Nr)	339
Comprimento do rio principal (Rp)	61,4 km
Extensão do percurso superficial (Eps)	0,36 km
Coefficiente de manutenção (Cm)	729,92 m ² /m
Densidade de rios (Dr)	1,0

O sistema de drenagem da bacia em estudo, de acordo com a hierarquia de Strahler, possui ramificação de 5^a ordem. A bacia possui um fator de forma (Kc) de 1,8 sendo um valor superior a unidade (1), o que não potencializa a mesma para a ocorrência de grandes enchentes se considerarmos apenas esse parâmetro isolado, já que o tempo de concentração diminui por ser uma bacia com características alongadas uma vez que o escoamento direto de uma dada chuva não se concentra tão rapidamente.

Outro índice trabalhado foi à densidade de drenagem (Dd) este correlaciona o comprimento total de cursos (no presente trabalho foram considerados apenas os canais perenes) de uma bacia com a sua área, (Strahler, 1957). A bacia possui uma densidade de drenagem de 1,37 km/km², e 1 segmento de rio/km², em uma referência de 0,5 km/km² á 3,5 km/km² (Villela e Mattos, 1975), caracterizando a área com drenagem baixa. Na BHRP o número de caminhos mapeados, supera as estradas vicinais não pavimentadas, indicando que grandes partes dos sedimentos transportados não são apenas de origem das estradas principais. Na sequência (tabela 2) pode-se observar que as estradas rurais e caminhos somaram 1166,61 km em uma área de aproximadamente 330 km² na BHRP.

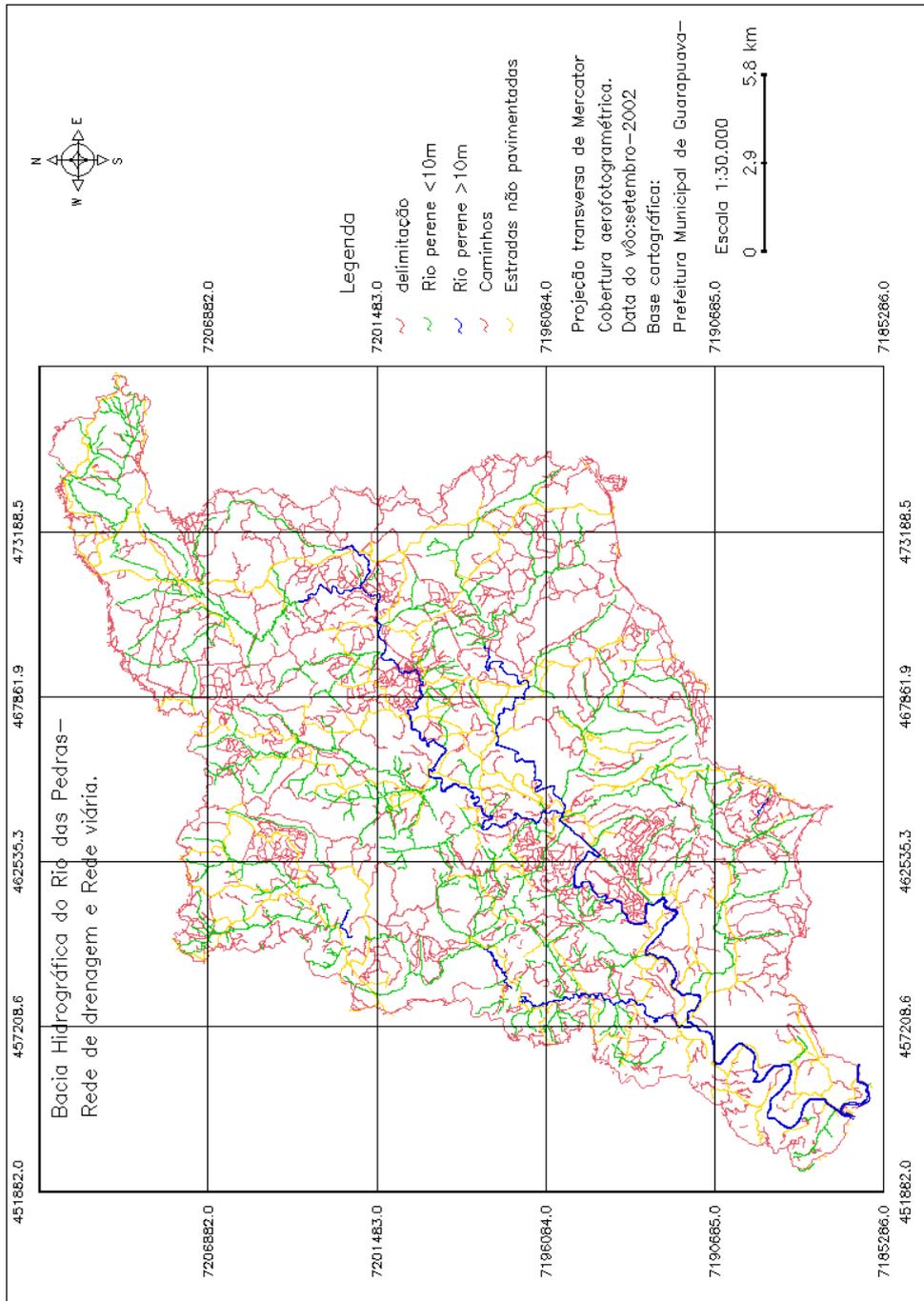


Figura 2: Mapa da bacia hidrográfica do Rio das Pedras-Rede de drenagem e rede viária.
Elaboração: Cunha, M. C.

Tabela 2- Rede viária da bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

Rede Viária	km	%
Rodovia federal pavimentada	21.22	1.8
Estrada vicinal pavimentada	16.72	1.4
Estrada vicinal não pavimentada	270.62	22.4
Caminhos	895.99	74.1
Ferrovias	5.04	0.4
Total	1209.6	100.0

Org. Cunha, M. C.

O comprimento total de segmentos (rios perenes) natural somou 453,34 km (Dd 1,37 km/km²). Enquanto, a rede viária (estrada vicinal não pavimentada e caminhos) registrou 1166,61 km, conseqüentemente a densidade foi 3,53 km/km². Somando-se a rede drenagem natural e a rede viária a extensão atinge 1619,95 km, aumentando, a densidade para 4,9 km/km². Portanto, o acréscimo da densidade total com a inclusão das estradas foi 72% superior quando se considerou apenas a drenagem natural.

Considerando apenas a rede de drenagem natural, esta bacia possui densidade de drenagem baixa, porém com a inclusão das estradas, a bacia aumenta sua capacidade de drenagem, potencializando também o transporte de sedimentos para canais fluviais, uma vez que as estradas geram escoamento superficial em eventos pluviométricos. Por outro lado, quando o leito das estradas são aprofundados elas interceptam o fluxo subsuperficial. Ou seja, as estradas são importantes elementos hidrológicos (circulação de água) e geomorfológicos (produção e transferência de sedimento) que devem ser considerados nos estudos voltados ao planejamento de recursos naturais (CUNHA, et., al. 2010).

Outro parâmetro analisado foi o número de cruzamentos de estradas e cursos d'água existentes na bacia, pois isto facilita a conexão-transferência de sedimento da vertente para o canal fluvial. Em dez pontos selecionados aleatoriamente ao longo da bacia, foram estimados em média 2,4 cruzamentos (estrada X rio)/ km². Considerando que a área da bacia é de aproximadamente 330 km², estima-se que o número total de cruzamentos seja de 792. Na bacia foram considerados apenas (rios perenes) com as estradas vicinais não pavimentadas e caminhos internos.

Identificação dos impactos provocados pela localização e manutenção das estradas rurais.

A localização das estradas pode agravar ou diminuir o transporte de sedimentos para os cursos d'água, sendo que um manejo adequado, também contribui para mitigar

os problemas gerados pelas mesmas, diminuindo assim as consequências que são grandes fontes de degradação ambiental, principalmente de recursos hídricos, por meio do assoreamento.

O estudo da dinâmica de sedimentos (produção-transferência-estoque-exportação) deve ser baseado em estudos em bacia de drenagem. Grande parte da região Centro-Sul do Paraná (ex. BHRP), particularmente, são terras dissecadas ocupadas por agricultura familiar, florestas e reflorestamento. Nas terras dissecadas, as estradas, carregadores e caminhos são implantados em diferentes unidades geomorfopedológicas, muitas vezes, não é considerada a aptidão do terreno. Por outro lado, a conservação das estradas rurais em terras dissecadas é realizada com dificuldade. Deste modo, muitos carregadores e caminhos internos das propriedades tornam-se intransitáveis devido ao forte ravinamento que se instalam sobre o leito dessas vias de circulação (THOMAZ, 2009).

Diante do exposto foram identificados os principais impactos provocados pela localização e manutenção das estradas rurais sendo estas estradas principais, secundárias e caminhos internos no âmbito da BHRP como segue:

SETOR 1- (Seção 1); este setor encontra-se entre as coordenadas (Lat 25°21'10"S e 25°20'25"S, Long 51°21'15"W e 51°20'47"W) no curso médio do Rio das Pedras, na margem esquerda deste. A estrada avaliada (primária) não apresenta presença de barrancos com grande profundidade o que caracteriza a estrada sem grandes processos erosivos no local avaliado (figura 3. A). Apresenta disponibilidade de material fino (silte) e poeira, com declividade de 1°, e existe drenagem lateral direcionada para o lado esquerdo. A largura média da estrada é de 6,15 m. Em uma distância de 50 m, foram encontradas em média uma (1) ravina em cada 3,8 m e estas se encontravam no sentido transversal da estrada.

(Seção 2); as estradas estão na média vertente, com barranco um pouco mais desenvolvido em média 0,50 m. A largura média da estrada é de 6,48 m e a partir 500 m do início do local avaliado é encontrada a primeira caixa de contenção (ativa). Há a presença de corte de uma vertente, com fluxo subsuperficial, que mesmo após longo período sem chuva (aprox. 1 mês) a ravina (com 120 m de comprimento) continua com fluxo contínuo (figura 3. B). A largura média da ravina é de 1,17 m, e a profundidade média de 0,56 m. A declividade da estrada é de 5°, com presença de 20 caixas de contenção no trecho de 2 km com 18 inativas e 2 ativas. A altura do barranco é de 2 m o que o indica a presença de fortes processos erosivos. A altura média do barranco em relação à ravina é de 1,16 m com profundidade de 2,5 m.

(Seção 3); neste ponto existe a presença de uma estrada secundária, com

características diferentes das estradas principais (primárias), com menos cascalho e bastante selamento. A largura média da estrada é de 5,48 m, com mais lateralidade, e ravinas nas duas laterais das estradas, não contêm caixas de contenção. A profundidade média do barranco é de 1,55 m, com declividade do barranco de 69° e declividade da estrada de 15°. A parte do barranco que se encontra em repouso (sombreada) está a 33° (figura 3. C). O grau de cobertura do barranco na vertical não tem vegetação, as partes menos verticais encontram-se coberta por vegetação diminuindo assim a capacidade da erosão e desmoronamento deste (figura 3. D). No local existe uma plantação de milho, em que acima de 0,35 m o solo é argiloso, sendo estes latossolo e cambissolo. Próxima a estrada secundária há a presença de caminhos internos (estrada terciária) presentes entre as propriedades, com largura média de 2,54 m e bastante cobertura vegetal, (figura 3. E), indicando que não é tão utilizado como as estradas principais que tem maior trafegabilidade do que as estradas secundárias e terciárias. A declividade é de 12°.

(Seção 4); existe uma medida de controle antrópica na tentativa de diminuir a erosão. Concavidade natural, solo cambissolo, medianamente profundo com vários matacões expostos. A largura média da medida de controle é de 0,97 m com comprimento de 24,50 m e profundidade média de 2 m, (figura 3. F).

De maneira geral a grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais da BHRP foi aberta pelos colonizadores de uma forma inadequada, por ter sido orientada pela estrutura fundiária e pelas facilidades do terreno. A manutenção freqüente e adequada é importante para reduzir os custos de reconstrução em longo prazo, particularmente no que se refere ao revestimento primário e as estruturas de drenagem (BAESSO, 2003). As estradas principais da BHRP geralmente acompanham os cursos dos rios, no entanto as estradas secundárias são construídas em todas as unidades geomorfopedológica da bacia, muitas vezes não levando em consideração a aptidão do terreno. Já os caminhos internos e carreadores são construídos entre as propriedades para facilitar o deslocamento das pessoas.

Estes caminhos em alguns casos são implantados sem quaisquer investigações preliminares para saber se é possível sua implantação ou não. Outra característica desses caminhos é que são manuseados em grande parte pelos próprios moradores locais. A localização e manutenção destas vias vão direcionar para sua viabilidade e estado de conservação, em que em muitos casos se tornam intransitáveis devido ao processo erosivo formando buracos, poças de lama e o forte ravinamento.



Figura 3: Características das estradas na BHRP. Em A, estrada primária (seção 1); em B, ravina com 120 m de comprimento (seção 2); em C, barranco em repouso (seção 3); em D, barranco com vegetação exposição a luz do sol (seção 3); em E, caminho interno com vegetação (seção 3); em F, medida antrópica de controle de sedimento (seção 4).

As estradas secundárias e os caminhos se concentram em grande parte no curso médio do Rio das Pedras, tanto na margem esquerda quanto na margem direita deste

entre as altitudes de 1010 m e 1120 m, estendendo-se nas demais regiões da bacia. O uso da terra nestas áreas é principalmente o florestamento e reflorestamento (26,00 ha) o que indica que muitos destes caminhos foram inicialmente construídos principalmente para a retirada da madeira. A declividade do terreno influencia no traçado destas estradas, muito embora algumas foram construídas em áreas muito íngremes facilitando assim o escoamento superficial e conseqüentemente a arrasamento destas vias não pavimentadas.

De maneira geral quanto maior for o nível de agregação de informações em relação às condições das estradas não pavimentadas, mais elevado é o nível de decisão na manutenção destas vias. Segundo Oda, et. al., (2007), os maiores problemas em estradas rurais surgem em razão de seção transversal inadequada e ausência ou deficiência do sistema de drenagem. O tráfego e a ação das intempéries são outros fatores que contribuem para a deterioração das estradas.

Em muitos casos a seção transversal é inadequada devido ao nivelamento da superfície de rolamento sem acréscimo de material, ou seja, parte do material da superfície é retirado, deixando a estrada encaixada no terreno, e em forma de calha, dificultando o escoamento de água para as laterais (ODA, et. al., 2007).

No caso da BHRP, grande parte das estradas foram construídas em solos argilosos, o que facilita os defeitos em épocas de chuva, como por exemplo, os atoleiros e a pista escorregadia. Já nos solos arenosos os defeitos mais comuns são corrugação, os areiões, buracos e os problemas de erosão. Na mensuração feita no setor 1 (seção 1), observa-se uma seção transversal inadequada, em que não existe uma superfície com declividade transversal apropriada (de 3% a 4%) para direcionar a água para as laterais seguindo em direção as valetas ou caixas de contenção, beneficiando assim o escoamento superficial e o transporte de sedimentos.

A poeira é outro problema encontrado nas estradas não pavimentadas da BHRP, que consiste em comprometer a segurança do tráfego, sendo um problema mais evidente em estradas de solos argilosos. Já os buracos estão presentes nas duas unidades de solo (argiloso, arenoso), em que surgem com a expulsão das partículas sólidas ocasionada pela passagem do tráfego em poças d'água. O afundamento das trilhas de roda se dá devido ao uso contínuo de tráfego mais pesado (plantio e colheita) especialmente em época de chuva em estradas de solos argilosos, que em razão da falta de manutenção pode estar ligado ao crescimento da vegetação no centro da pista de rolamento dificultando a passagem dos veículos.

Além dos itens anteriores o que não pode ser desconsiderado também, são a trafegabilidade e as intempéries. Além das condições climáticas da região, o tráfego exerce forte controle no que diz respeito à conservação destas vias. Este quanto mais

intenso e pesado for, maiores serão os problemas gerados nas estradas rurais, exigindo assim tomadas de decisões específicas para soluções dos problemas.

A manutenção destas vias visa conservar a superfície de rolamento razoavelmente isenta de irregularidades, firme e livre da perda excessiva de material solto, além de manter a declividade transversal do leito da estrada apropriada para assegurar o escoamento superficial das águas (DNER, 1981).

Santos, et. al., (1985), coloca que as principais atividades de manutenção são:

Revestimento primário; constitui-se em uma camada colocada sobre o subleito, obtida pela compactação de uma mistura de material argiloso com material granular. O objetivo da adição da argila ao material granular é o de atuar como ligante e regularizar a superfície fina de rolamento, enquanto que o objetivo do uso do material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas do veículo.

Agulhamento; consiste na operação de cravação, por compactação, de material granular, diretamente no subleito, se este for argiloso.

Mistura de areia e argila; esta mistura é utilizada principalmente quando o solo é arenoso, ocorrendo o problema de "areião". A adição da argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento, tornando coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte.

Existem outras medidas preventivas e/ou remediadoras que podem ser tomadas para mitigar o impacto provocado pela localização e manutenção das vias não pavimentadas, como por exemplo, a implantação de caixas de contenção, construção de sarjetas, bigodes, leiras e os dissipadores de energia entre outras. Um das medidas que apresentam inúmeras vantagens é a proteção vegetal, que entre essas vantagens se destaca seu baixo custo. Por ter a capacidade de amortecer o impacto das gotas de chuva, protege o solo do escoamento superficial.

Sendo assim as estradas rurais não pavimentadas apresentam grande importância como elementos presentes na paisagem uma vez que são imprescindíveis para o deslocamento das pessoas e veículos, e necessitam de investigação atenciosa em relação a sua implantação e manutenção que vise não só a melhoria local (*on-site*), mas, sobretudo para além do local (*off-site*), levando em consideração a topografia, clima, aptidão do terreno, a geologia, o sistema de drenagem e demais informações que se fizerem necessárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na BHRP a densidade de drenagem aumenta consideravelmente com a inclusão das estradas rurais, pois elas durante eventos de chuva acabam se transformando em cursos de água efêmeros. O número de caminhos supera o número de estradas principais o que condiciona para o aumento de transporte de sedimentos para os cursos d'água, pois os carregadores internos são geralmente mais erodidos do que as estradas principais.

As estradas rurais e caminhos estão presentes em todas as unidades geomorfopedológicas da bacia, sem levar em consideração muitas vezes a capacidade do terreno para sua implantação, provocando assim ravinamentos, buracos, poças de lama, atoleiros e outros problemas oriundos devido sua implantação ou manutenção inadequada.

O trabalho encontra-se em andamento, sendo necessárias outras análises a fim de melhor analisar o complexo recorte que é a BHRP. No entanto os índices morfométricos aliados ao estudo em campo mostraram-se importante na caracterização das propriedades física da área de estudo, podendo subsidiar ações de planejamento ambiental na bacia, visando minimizar os problemas de ordem ambiental e social.

REFERÊNCIAS

ANTT- **A agência Nacional de transportes terrestres**, 2005.

BAESSO, D. P. GONÇALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis: DER, 2003. 204 p.

BATTISTELLI, N. VALERA, S. A. R. HEERDT, B. Uso da terra da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. In: Mauro Battistelli; Maurício Camargo Filho; Bettina Heerd. (Org.). **Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras**. Guarapuava: Editora B & D Ltda, 2004, v. 1, p. 100-108.

CANALI, N. E. OKA-FIORI, C. GUEDES, J. A. Propriedades físicas das bacias hidrográficas das baías de Antonina e Paranaguá-PR. **I Fórum Geo-Bio-Hidrologia: estudo em vertentes e microbacias hidrográficas**. Curitiba-PR, 1998.

CUNHA, M. C. et., al. Avaliação da eficácia de medidas de controle de sedimentos (caixas de contenção) em estradas rurais não pavimentadas na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Guarapuava-PR. In: **XVI Encontro Nacional de Geógrafos**, 2010, Porto

Alegre-RS.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

DENER- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Conservação de estradas não-pavimentadas**. Instituto de Pesquisa Rodoviária, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Rio de Janeiro-RJ, 1981.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. NAVARRO, E. de A. (Trad.). Rio de Janeiro-RJ: Bertrand Brasil S. A, 1992.

GUIMARÃES, C. J. DROPA, M. M. JORGE, M. A. P. **Dos caminhos de circulação às rodovias de integração**. Ponta Grossa-PR, 2004.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geol. Soc. Am. Bull. v.56, n.3, p.275-370, 1945.

JÚNIOR, I. D. G. **Estradas rurais: componente mobilizador do PEMH**. II Fórum Ambiental da Alta Paulista. Tupã-São Paulo, 2006.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª ed. Curitiba-PR: Imprensa oficial, 1981, 440p.

ODA, S. JÚNIOR, J. F. SÓRIA, M. H. A. **Implantação, localização e manutenção de estradas**. Departamento de transporte-EESC-USP, Universidade de São Paulo, 2007.

SANTOS, A. R. et. al., **Estradas Vicinais de Terra**. Manual técnico para conservação e recuperação. Instituto de pesquisas tecnológicas do Estado de São Paulo, AS. São Paulo-SP, 1895.

STRAHLER, A.N. **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

THOMAZ, E. L. VESTENA, L. R. **Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR**. Guarapuava: UNICENTRO, 2003.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

VESTENA, L. R., BERTOTTI, L. G., GARDIM, J. C.. Uso da terra da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. In: Mauro Battistelli; Maurício Camargo Filho; Bettina Heerdt. (Org.). **Proteção e Manejo da Bacia do Rio das Pedras**. 1 ed. Guarapuava:

Editora B & D Ltda, 2004, v. 1, p. 100-108.

VESTENA, L. R., THOMAZ, E. L. **Avaliação de conflitos entre áreas de preservação permanente associadas aos cursos fluviais e uso da terra na bacia do rio das pedras, Guarapuava-pr.** *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais* V. 2 No 1, 2006 p. 73-85.