

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Escola de Engenharia de São Carlos**

**Departamento de Transportes**

**HIERARQUIZAÇÃO PARA ORIENTAR A  
MANUTENÇÃO DE RODOVIAS NÃO-  
PAVIMENTADAS**

**Mário José Garrido de Oliveira**

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Engenharia, Área de Pós-graduação em Transportes.

**Orientador: Professor Titular Doutor José Bernardes Felex**

**São Carlos - SP**

**2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## DEDICATÓRIA

---

**A meu filho Diogo**

A minha "amada" Mãe Marisa

Ao meu eterno e sempre idolatrado "MARIO GARRIDO" (avô)

A minha eterna vizinha (Lucrecia)

A minha amada esposa "**Cida**", pelo apoio, dedicação e amor.

## AGRADECIMENTOS

---

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. José Bernardes Felex, pelo apoio e orientação durante o desenvolvimento desse trabalho;

A minha família, em especial: Regina, João Paulo, Daniela, André, Luciana, Alex, Humberto (agregados), Ivana, Paulo e Neto, Tio Sylvio (agregados);

In *Memorian* Dalvo (Pai) Paulo e Ivani, Marlene e Freddy (tios) e avós pois sempre acreditaram em mim;

Em especial ao Prof. Sérgio Röhm (UFSCar), pela sabedoria e paciência pelos ensinamentos a mim depositados;

Aos amigos da PUC-Poços de Caldas: Gabriel, J. Adilson e Edson.

Aos amigos de Ibitinga: Riberto, Darcy, Rosalvo, William, João Batom, Vítório, Elston, Mário Pavan, Demerval, Joaquim, Aguinaldo, Assef, Wilsinho e etc, em especial ao grande e inesquecível "PHYSKUMA" que esteja onde estiver vai estar alegrando o povo;

Aos amigos de São Carlos: Puff, Caio e Patrícia, Pitty e Ana Claudia, Elvio, Tiago, Andréa, Dual, Pico, Marivaldo e Katia, Camir e Lauren, Bié e Sonia.

Aos amigos do STT (Departamento de Transportes da EESC-USP): João Marcello, Marcão, Ricardinho, Topó, Evinho, Dibuí e etc;

Aos Funcionários do Departamento de Transportes EESC-USP: Heloísa, Magali, Sueli, Beth, Gigante, Morasco, Paulo, Toco, Vicente e Oliveira (in *memorian*);

E PRINCIPALMENTE A "DEUS" POR ME DAR SAÚDE, FAMÍLIA E CORAGEM PARA NUNCA DESISTIR.

## SUMÁRIO

---

<i>SUMÁRIO</i>	<i>i</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i>	<i>iii</i>
<i>LISTA DE TABELAS</i>	<i>vi</i>
<i>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</i>	<i>vii</i>
<b>1</b> <i>Introdução</i>	<b>1</b>
1.1 <b>Objetivo</b>	<b>3</b>
1.2 <b>Questões sobre a rodovia não-pavimentada</b>	<b>3</b>
1.3 <b>Justificativas</b>	<b>7</b>
1.4 <b>Metodologia de Trabalho</b>	<b>9</b>
1.5 <b>Organização do trabalho</b>	<b>10</b>
<b>2</b> <i>Defeitos e manutenção de rodovias não-pavimentadas</i>	<b>12</b>
2.1 <b>Defeitos em rodovias não-pavimentadas</b>	<b>12</b>
2.2 <b>Tópicos sobre manutenção e reparo de rodovias não-pavimentadas</b>	<b>20</b>
2.3 <b>Classificação de rodovias não-pavimentadas</b>	<b>29</b>
<b>3</b> <i>Hierarquia de necessidades de intervenção para manter rodovias não-pavimentadas</i>	<b>34</b>
3.1 <b>A hierarquia de necessidades de intervenção e o ponto de vista de quem usa rodovias não-pavimentadas</b>	<b>34</b>

---

---

3.2	A distribuição normal de probabilidades e a hierarquia de necessidades de intervenção	37
3.3	Distribuição normal e escalas de classificação	40
4	<i>Sistema de Posicionamento Global (GPS)</i>	45
4.1	Definição e conceitos sobre GPS	45
4.2	Uso do GPS em rodovias não-pavimentadas	50
5	<i>Sistema de Informação Geográfica (SIG)</i>	54
5.1	Conceitos sobre SIG	55
5.2	Uso de SIG em rodovias não-pavimentadas	64
5.3	Um SIG brasileiro	65
6	<i>Estudo de Caso</i>	67
6.1	Hierarquização das prioridades de intervenção nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa	71
6.1.1	Obtenção de distribuições de opiniões	71
6.1.2	Obtenção das escalas de classificação	74
6.1.3	Comparação entre escalas	83
6.1.4	Hierarquia da necessidade de intervenções sobre defeitos nas vias não-pavimentadas de Nova Europa	86
6.2	Uso de GPS e SIG para apoio a manutenção de rodovias não-pavimentadas	88
6.2.1	Obtenção de base cartográfica	88
6.2.2	Georreferenciamento da base cartográfica de Nova Europa	91
6.2.3	Demarcação de rodovias na base cartográfica	96
6.2.4	Resultados de uso do SIG e do GPS às rodovias não-pavimentadas de Nova Europa	98
7	<i>Conclusões e sugestões</i>	104
7.1	Conclusões sobre a hierarquização de necessidades de manutenção	104
7.2	Conclusões sobre o uso de SIG e GPS	105
7.3	Sugestões	106
	<i>Bibliografia</i>	107

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Rodovia não-pavimentada de boas condições de tráfego, foto do autor, em fevereiro de 2005, Nova Europa, estado de São Paulo, Brasil, um ambiente rural.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 - A via não-pavimentada, tipo de imagem equivocada da maioria de dela não dependem, foto da rodovia NvE-352, Nova Europa, estado de São Paulo, fevereiro de 2005.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 – Poeira, um dos defeitos de rodovia não-pavimentada (NvE-460, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004) .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4 - Modificações de superfície que provocam perdas de função do perfil transversal (NvE-385, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004) .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5 - “Corrugação” em rodovia não-pavimentada (Rodovia NvE-050, Nova Europa, estado de São Paulo, setembro de 2004).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6 - Movimento de materiais que provoca modificações e alterações na forma das curvas e superelevação - (Rodovia NvE-060, Nova Europa, estado de São Paulo, outubro de 2004) .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7 - Segmento de rodovia não-pavimentada com defeitos na drenagem superficial (Rodovia NvE-030, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004) .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8 – “Buraco” em rodovia não-pavimentada (Rodovia NvE-050, Nova Europa, estado de São Paulo, março de 2004).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9 – “Atoleiro” em rodovia não-pavimentada (NvE-352, Nova Europa, estado de São Paulo, março de 2004) .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 10 - “Sulcos provocados por erosão” (NvE-361, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004) .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11 - Atoleiros e segregação de materiais em rodovia não-pavimentada (NvE-460, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004). .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12 - “Materiais soltos” rodovia não-pavimentada (NvE-020, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004).....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 13 - Segmento típico de rodovia não-pavimentada antes de manutenção (Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 26/02/2005) .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 14–Formato ideal de seção transversal de rodovia não-pavimentada (PIARC, 1982) .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 15 – Rodovia não-pavimentada, antes e depois de raspagem e manutenção (PIARC, 1982).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 16 – Raspagem para manutenção de via não-pavimentada (<a href="http://cmms.cat.com">http://cmms.cat.com</a>).....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 17 - Obras com uso de máquinas na manutenção em via não-pavimentada (PIARC, 1982).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 18-Correção de canaletas sujas nas laterais (PIARC, 1982).....</i>	<i>25</i>

<i>Figura 19 – Operações manuais de manutenção de rodovias não-pavimentadas (PIARC, 1982) .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 20 – Nas rodovia não-pavimentadas a água deve sair a cada dez metros (PIARC, 1982).....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 21 – Erosão típica no Interior do estado de São Paulo (Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 26/02/2003) .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 22 – Recomendações para intervenção em rodovia não-pavimentada (Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 30/03/2005) .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 23 – Estabilização de taludes em vias não-pavimentadas (Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 30/03/2005) .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 24 - Estimativa da variável normal estandardizada z, PADULA (1999).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 25- Antena e receptor GPS.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 26 - Controle de manutenção e estado de rodovias em tempo real e a integração existente para comunicação, localização e monitoramento de frota de caminhões. THOMPSON et al. (2003) .....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 27 - Tipos de documentos disponíveis para expressar defeitos e vibração que interferem no movimento de veículos, THOMPSON et al. (2003).....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 28 - SIG, uma planilha que acopla a bancos de dados gráficos e ou não gráficos, SEGANTINE (2001).....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29 - Localização do município de Nova Europa, estado de São Paulo.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 30 - A planta adquirida na prefeitura da cidade de Nova Europa.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 31 - Distribuição normal e escala para classificação de manutenção de rodovias não-pavimentadas, obtida de entrevistas a usuários de vias em Nova Europa.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 32 – Distribuição normal e escala de qualidade, obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo” .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 33 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “buracos e poeira” .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 34 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “modificações que provocam perda de função de perfil transversal” .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 35 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda” .....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 36 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “buracos, painelas, ondulações transversais ou costelas de vaca” .....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 37 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “inversão ou falta de transição de superelevação” .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 38 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “sulcos por erosão” .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 39 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “atoleiros.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 40 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “lombadas em bueiros e pontes”.....</i>	<i>80</i>



<i>Figura 41 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “retenção de água nas laterais”</i> .....	81
<i>Figura 42 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “equipamentos de drenagem, por exemplo, bueiros e valetas sujos”</i> .....	81
<i>Figura 43 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários da para a NVE-030 Córrego do Barreiro, de Nova Europa</i> .....	83
<i>Figura 44 – Comparação entre escalas para todos os segmentos observados e para a NvE-030, desvio à esquerda do leitor, melhor qualidade de viagem do ponto de vista dos avaliadores</i> .....	85
<i>Figura 45 – Comparação entre escalas de classificação: “buracos e poeira” e “lombadas antes de bueiros e pontes”</i> .....	85
<i>Figura 46 – Comparação entre escalas de classificação: “solo solto que provoque derrapagem” e “equipamentos para drenagem sujos”</i> .....	86
<i>Figura 47 – Mosaico de plantas montado a partir de plantas do IGC-SP, para Nova Europa SP</i> .....	89
<i>Figura 48-Tela do SPRING para início do projeto</i> .....	92
<i>Figura 49-Tela do SPRING que mostra as coordenadas do retângulo envolvente</i> .....	92
<i>Figura 50 - Imagem digitalizada de Nova Europa SP em forma de mosaico no módulo “IMPIMA” do SRING para georreferenciar</i> .....	93
<i>Figura 51 – Ampliação de imagens digitalizada de Nova Europa</i> .....	93
<i>Figura 52 - Malha de distribuição de pontos de controle para georreferenciar imagem digitalizada do Município de Nova Europa SP</i> .....	94
<i>Figura 53 - Registro de imagem para georreferenciamento</i> .....	95
<i>Figura 54 - imagem (tela 5) do SPRING georreferenciada com pontos de controle</i> .....	95
<i>Figura 55 – Existência de “erro de pontos de controle”, indicativo de sucesso em georreferenciamento</i>	96
<i>Figura 56 – Imagem do mosaico de plantas de Nova Europa após georreferenciamento mostrando as rodovias não-pavimentadas com seus respectivos nomes</i> .....	99
<i>Figura 57 – Rodovias não-pavimentadas em planta georreferenciada de Nova Europa SP</i> .....	100
<i>Figura 58-Destaque curvas das rodovias não-pavimentadas NvE-010, NvE-030 e NvE-359</i> .....	100
<i>Figura 59 - Rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, informações geométricas e textos</i> .....	101
<i>Figura 60 – Tela do SPRING com documento de texto aberto</i> .....	102

---

## LISTA DE TABELAS

---

<i>Tabela 1 – Jurisdição sobre rodovias no Brasil</i>	2
<i>Tabela 2 – Diagrama: estimativa da variável normal estandardizada, PADULA (1999)</i>	42
<i>Tabela 3 – Definição de índice para comparação de escalas</i>	43
<i>Tabela 4 - Nome das rodovias não-pavimentadas de Nova Europa</i>	70
<i>Tabela 5 - Resultados de entrevistas para obter opiniões sobre qualidade de viagem nas rodovias, e a percepção da importância de defeitos na qualidade de viagem em rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, em número de respostas</i>	74
<i>Tabela 6 – Estimativa de ordenadas de escala para classificação da qualidade de viagem nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa</i>	75
<i>Tabela 7 - Escores z, e suas somas, abscissas da função de distribuição normal em função de necessidade de manutenção de rodovias não-pavimentadas em Nova Europa</i>	82
<i>Tabela 8 - Resultados de entrevistas para obter opiniões sobre a qualidade de viagem na rodovia NVE 030 Córrego do Barreiro – SP 331, de Nova Europa</i>	83
<i>Tabela 9 - Escores z e sua soma para a NVE030, de Nova Europa</i>	84
<i>Tabela 10 - Ordem decrescente de necessidade ações sobre defeitos para melhoria de a qualidade de viagem de vias não-pavimentadas em Nova Europa</i>	87
<i>Tabela 11 – Coordenadas das rodovias não-pavimentadas de Nova Europa SP – parte 1</i>	90
<i>Tabela 12 – Coordenadas das rodovias pavimentadas de Nova Europa SP – parte 2</i>	91
<i>Tabela 13 -Coordenadas digitadas em bloco de notas (note pad).</i>	97
<i>Tabela 14 - Formulário de transferência de informações e coordenadas ao SPRING</i>	98

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FIBGE	<i>Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
DER/MG	<i>Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais</i>
DER/SP	<i>Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo</i>
DNIT	<i>Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes</i>
DNER	<i>Departamento Nacional de Estradas de Rodagem</i>
CATI	<i>Coordenadoria de Assistência Técnica Integral</i>
HRB	<i>Highway Reseach Board</i>
SABESP	<i>Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo</i>
NCGIA	<i>National Center of Geographic Information and Analysis</i>
ESRI	<i>Enviromental Systems Research Institute</i>
AUSTROADS	<i>Australian Roads Departament</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
NRE	<i>Natural Resources and Enviroment (Austrália)</i>
TVH	<i>Road and Waterways Administration (Finlândia)</i>
HRB	<i>Highway Research Board</i>
AASHO	<i>American Association Of State Highway Officials</i>
AASHTO	<i>American Association Of State Highway And Transportation Officials</i>
IGC-SP	<i>Instituto de Geográfico e Cartográfico de São Paulo</i>

## RESUMO

---

OLIVEIRA, Mário J. Garrido (2005). *Hierarquização para orientar manutenção de vias não-pavimentadas*. São Carlos, 2005, 113 pág. Tese de doutoramento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O trabalho mostra que a distribuição de qualidade de viagem do ponto de vista de quem usa rodovias, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem contribuir para aperfeiçoar o manuseio de informação para hierarquizar necessidades de intervenção, e orientar manutenção de rodovias não-pavimentadas acessível a cidades pequenas do Brasil. Para isso foram estudadas escalas de classificação geradas a partir de análise sobre distribuições de variáveis, que descrevem defeitos de rodovias não-pavimentadas em função de opiniões emitidas por habitantes e produtores rurais. O GPS de navegação foi usado para se determinar coordenadas de pontos de rodovias. O SIG usado é brasileiro e de domínio público. A argumentação foi obtida em estudo de caso sobre as rodovias de Nova Europa, estado de São Paulo, Brasil.

Palavras-chave: rodovias não-pavimentadas, manutenção, qualidade de viagem.

## **ABSTRACT**

---

OLIVEIRA, Mário J. Garrido (2005). *To guide the maintenance of unpaved roads*. São Carlos, 2005, 113 pag. Doctor Thesis – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

### **Abstract**

This dissertation shows a distribution of trip quality from the view point of highways users, the Global Positioning System (GPS) and the System of Geographical Information System (GIS) can contribute for the information manuscript reliability to classify intervention necessities, and to guide maintenance of non paved highways accessible to Brazilian small cities. For that reason scales of classification from analysis on distributions of variable were studied, that describe defects of highways non paved based on opinions emitted for inhabitants and rural producers. The GPS of navigation was used to determine highways coordinates points. The GIS used is Brazilian and of public domain. The argument was gotten in study of case about highways of New Europe, São Paulo state, Brazil.

Keywords: non paved roads, maintenance, trip quality.

## 1 Introdução

---

Esse capítulo contém algumas definições preliminares, descreve o objetivo, justificativas, resume tópicos sobre a metodologia de trabalho e relata sinteticamente a organização adotada para o trabalho.

São componentes da estrutura de um pavimento de rodovia camadas naturais, ou construídas, tais como: “revestimento”, “base”, “sub-base”, “reforço do subleito” e “subleito”. Dentre as funções de cada camada de pavimento está ser estável, suportar e transmitir cargas provenientes de intempéries, e, receber, suportar e transmitir os esforços produzidos pela aplicação de carga de veículos, pessoas ou animais.

“Revestimento” é camada componente da estrutura de rodovia que contém a superfície para movimento de veículos. Ou seja, revestimento deve suportar e transmitir cargas provenientes da intempérie e do movimento de veículos, e, distribuí-las de maneira compatível aos outros componentes da via.

Vias “sem revestimento” ou com “revestimento primário” serão citadas neste trabalho como “rodovias não-pavimentadas”. Nas rodovias “sem revestimento” o pavimento é construído com uso de materiais locais, apenas conformados. Para construir rodovias “com revestimento primário” se usam materiais locais, que além de conformados, podem ser submetidos a tratamentos físicos ou

químicos, compactação, mistura com materiais não locais, e outros processos para aumentar sua estabilidade e capacidade de receber ou transmitir esforços. Sobre a extensão de rodovias não-pavimentadas, dados publicados em [www.geipot.gov.br/anuario2001/rodoviario/rodo/htm](http://www.geipot.gov.br/anuario2001/rodoviario/rodo/htm) (GEIPOT, 2001) fazem inferir que estimados 90,4% das rodovias do Brasil têm superfície para movimento de veículos sem revestimento ou com revestimento primário. Também, que aproximados 91,63% destas vias são mantidos e conservados por Municípios, 7,44% pelos Estados e 0,93% pelo Governo Federal Brasileiros. Para ilustrar, consultar Tabela 1.

**Tabela 1 – Jurisdição sobre rodovias no Brasil**

Rodovias	Brasil					Estado de São Paulo				
	Extensão		Jurisdição(%)			Extensão		Jurisdição(%)		
	(km)	(%)	Federal	Estadual	Municipal	(km)	(%)	Federal	Estadual	Municipal
Pavimentada	164988	9,6	34	55,7	10,3	26377	13,5	4,35	62,2	33,4
Não-pavimentadas	1559941	90,4	0,93	7,44	91,63	168694	86,5		1,11	98,89

O conteúdo da Tabela 1 sugere ainda que as rodovias não-pavimentadas sejam parcelas significativas do total de vias brasileiras. De acordo com DNER (1994), são mais de 1.550.000 quilômetros as rodovias que cortam o território nacional, e só o estado de São Paulo tem 168.694 quilômetros de rodovias não-pavimentadas, com 98,89% destas vias administradas por Municípios. Estes números ilustram o volume de investimento na construção de tais vias e a participação majoritária dos Municípios na conservação das rodovias de seu interesse mais direto.

Às rodovias, também se associa uma complexa infra-estrutura – o leito carroçável, trevos, pontes, viadutos, drenagem, sinalização, dispositivos de segurança, e abrigos de passageiros, ao longo de milhares de quilômetros.

### **1.1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é mostrar que a distribuição de qualidade de viagem do ponto de vista de quem usa rodovias, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) podem contribuir para aperfeiçoar o manuseio de informação para hierarquizar necessidades de intervenção, e orientar manutenção de rodovias não-pavimentadas acessível a cidades pequenas do Brasil.

### **1.2 Questões sobre a rodovia não-pavimentada**

A boa qualidade de vida rural é função do acesso a comércio, lazer, trabalho e etc. que as rodovias fornecem às pessoas, aos bens e produtos, para se movimentar de maneira contínua durante todo o ano. A ligação segura e confiável fornecida por rodovias é a principal fonte de serviços públicos e pessoais para habitantes e propriedades rurais.

As rodovias não-pavimentadas têm papel sócio-econômico importante porque são o principal meio de acesso para a primeira parte do escoamento da produção agropecuária, e, em muitos casos, a única ligação direta do meio rural às escolas, comércio, bancos, atividade de lazer, saúde e etc.

Na publicação DNER (1981) se relata que o fato de as rodovias não-pavimentadas serem quase o único acesso para o escoamento da produção agrícola e pecuária pode fazer com que as solicitações pelo tráfego sejam



grandes, aumentar a deterioração da superfície dessas rodovias e a necessidade por manutenção. A manutenção de rodovia tem como objetivo conservar a superfície de rolamento razoavelmente isenta de irregularidade, firme e livre da perda de materiais, e declividade transversal apropriada para o escoamento das águas de chuva.

Por outro lado, cada vez mais, a Sociedade tem exigido a manutenção e melhoria de rodovias. Cresce o volume de tráfego. Fatores como a redução do ritmo de construção de vias, exigência de melhor nível de serviço e crescimento de demanda por transporte, sugere a gestores do transporte um comportamento coerente para com as vias não-pavimentadas. E, nesta conjuntura ganham importância: a operação e a conservação de vias.

Na construção de rodovias não-pavimentadas é comum adotar critérios como acompanhar divisas entre propriedades, esquecer desníveis de terreno e a convivência com tipos de solo. Estes ingredientes transformam a rodovia em foco de erosão, fonte de escoamento de terra para córregos ou rios próximos, assoreamento e redução de capacidade para escoar água. Sem citar os danos à terra produtiva.

Mas, as rodovias não-pavimentadas deveriam ser construídas e mantidas para atender em longo prazo a demanda por tráfego e acesso às áreas cultivadas durante todo o ano, com chuva ou não. Além disso, elas são partes do meio rural, e, para serem integradas à paisagem, devem ser observados requisitos de preservação ambiental, bem como de proteção e condução adequada das águas. A estrutura de rodovias não-pavimentadas interfere nas declividades de

terreno, convive com diversos tipos de solo e capacidade de infiltração, e interfere na vida socioeconômica e ambiental.

A Figura 1, ilustra uma rodovia não-pavimentada, aparentando boas condições de tráfego.



**Figura 1 - Rodovia não-pavimentada de boas condições de tráfego, foto do autor, em fevereiro de 2005, Nova Europa, estado de São Paulo, Brasil, um ambiente rural**

Dentre outros motivos, o trabalho exposto se justifica porque atender as aspirações sobre transporte dos habitantes de área rural para o serviço fornecido pelas rodovias é difícil: o ciclo de manutenção de rodovias não-pavimentadas deve ser no máximo anual, porque há um período bem definido para ocorrer a maior intensidade de chuva nas diversas regiões do Brasil.

E, a concentração da ocorrência de chuvas altera e deteriora as características de resistência dos componentes de rodovia. Este é um dos fatos que criam a necessidade de se aperfeiçoar o manuseio de dados e informação sobre o

comportamento de segmentos de rodovias não-pavimentadas, trabalhando-se em ciclos anuais, e a partir de dados obtidos em curto intervalo de tempo.

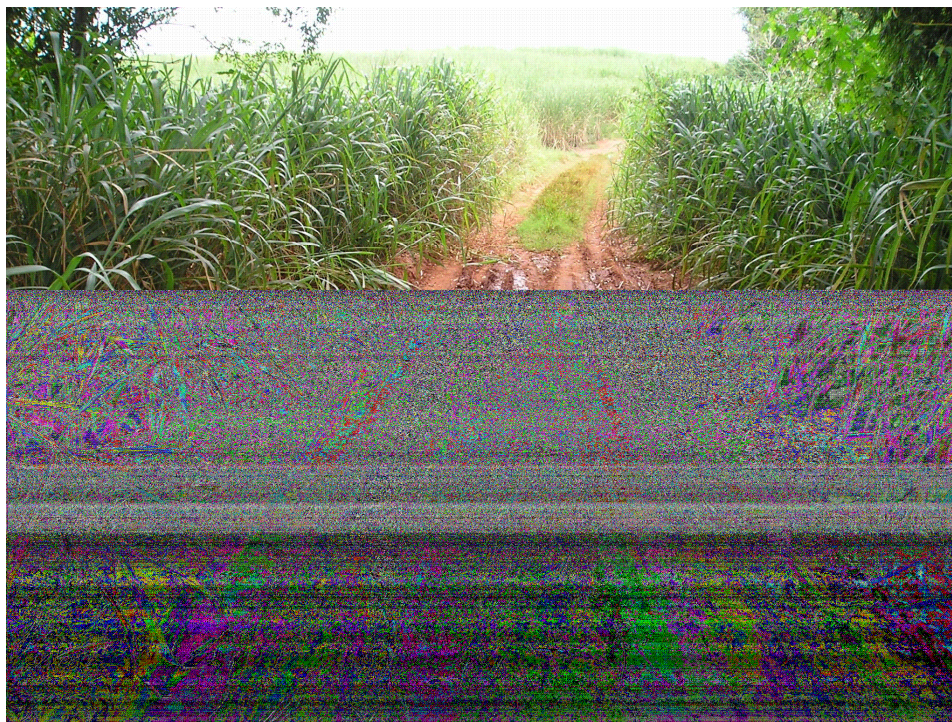
O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, DNIT (2000) relata fatos que indicam a ausência de fonte definida e permanente de recursos para a manutenção adequada de rodovias (pavimentadas e não-pavimentadas). Isto piorou pelo contingenciamento imposto pelo ajuste fiscal do Governo Federal (entre anos 2002 e 2004), e atrasos em repasses de fundos públicos. Pode-se pensar que este fato é presente em todos os níveis de Governo do Brasil. E, para as rodovias não-pavimentadas mais ainda se faz ver. Assim, contribuir para que um Município seja eficiente em manusear informação pode melhorar o fluxo de recursos para conservar rodovias não-pavimentadas.

Ler CAROFF et al. (2000) faz ver que há busca por alternativas de recursos financeiros não tradicionais para manter rodovias. E, por soluções politicamente aceitáveis para fazer quem usa pagar pelo movimento de seu veículo pela via, isolado de outros recursos públicos. Nas rodovias não-pavimentadas, o contexto sócio-econômico e cultural pode facilitar, ou dificultar, este processo de transferência para a iniciativa privada do desejo e responsabilidade por manter rodovias em condições seguras para o tráfego. Isso se dá apesar da proximidade e do dinamismo com que a rodovia participa da qualidade de vida do habitante e da produção na área rural. A informação, dado processado, é fundamental para esse processo.

Mas, a rodovia não-pavimentada, no pensamento da maioria dos que não estão dela dependentes, tem o tipo de imagem equivocada conforme se

ilustra na Figura 2, porque se pensa que nenhuma rodovia não-pavimentada pode oferecer boas condições ao movimento de veículos.

E, para cumprir suas funções econômicas e sociais, a rodovia não-pavimentada precisa oferecer e aparentar boas condições de tráfego como ilustrado na Figura 1, porque o habitante e a produção da área rural dependem dos serviços que a rodovia oferece para sua economia, saúde e atividades sociais.



**Figura 2 - A via não-pavimentada, tipo de imagem equivocada da maioria de dela não dependem, foto da rodovia NvE-352, Nova Europa, estado de São Paulo, fevereiro de 2005**

### **1.3 Justificativas**

O enfoque sobre o estudo de comportamento de rodovias não-pavimentadas se justifica pelo fato de que estão dentre as aspirações dos habitantes das áreas rurais: a integração de rodovias ao ambiente social, profissional, de lazer,

etc., e a movimentação de cargas e passageiros com conforto e segurança, durante todo o ano, sem interrupções.

Apesar de sua extensão e importância econômica ou social, o comportamento de rodovias não-pavimentadas se constitui em tema pouco estudado, e sempre relegado para segundo plano em prol de tópicos sobre rodovias pavimentadas. Por outro lado, se acredita que manter rodovia tem uma única solução: pavimentar. Ignoram-se custos de pavimentação e hipóteses de aproveitar rodovias não-pavimentadas em boas práticas sobre o ambiente.

Grande parcela de técnicos e administradores públicos considera dispensáveis o desenvolvimento de técnica própria e aperfeiçoamento de profissionais especializados para onde não exista pavimento. Não se direcionam os melhores profissionais para a manutenção, e nem existe muita investigação sobre os temas relacionados à rodovia não-pavimentada.

Motivaram também o estudo que aqui se relata o resultado de contatos preliminares com habitantes de áreas rurais que o autor teve nas cidades pequenas do Centro e Noroeste do estado de São Paulo (em 2003), e que indicaram descrédito sobre a qualidade de conseqüências de ações de Poder Público sobre as rodovias não-pavimentadas.

E, também que o pensamento dos que usam as rodovias não-pavimentadas se resume à crítica que contém a afirmativa de que Governo e seus técnicos só se preocupam em aplicar recursos nas vias principais e pavimentadas. Acredita-se, inclusive, que não existiria tecnologia eficiente e eficaz para construir e manter as rodovias não-pavimentadas.

Mais ainda, ao visitar (em 2003) setores técnicos de prefeituras de cidades do Centro e Noroeste do Estado de São Paulo, Arealva (7244 habitantes), Boa Esperança do Sul (12573 habitantes), Dobrada (7007 habitantes), Gavião Peixoto (4126 habitantes), Motuca (3871 habitantes), Nova Europa (7307 habitantes), Santa Ernestina (5741 habitantes), Tabatinga (12990 habitantes), e Trabiju (1380 habitantes) se constataram a inexistência de informação e de documentos sobre registros de rodovias não-pavimentadas que orientassem a manutenção. Cumpre observar que os dados sobre número de habitantes que aqui constam foram obtidos em FIBGE (2000). E, o mais preocupante: nas poucas plantas existentes, não se fornecia informação mínima como: referências, escalas, coordenadas e etc.

#### **1.4 Metodologia de Trabalho**

A primeira parcela do trabalho foi conhecer defeitos de rodovias não-pavimentadas e conceitos gerais sobre sua manutenção.

A linha geral de atividades para atingir o objetivo proposto teve dois principais tópicos de trabalho: a hierarquização de necessidade de manutenção e os usos de SIG e GPS.

Para estudos sobre a hierarquização de necessidades de manutenção:

- a) identificar componentes da rodovia e defeitos que poderiam ser observados pelos usuários;
- b) orientar o desenvolvimento de questionários para levantamento de opiniões;
- c) conhecer e aprender procedimentos sobre classificação estatística a partir de parâmetros da distribuição normal;

- d) obter a classificação que facilite identificar prioridades de intervenção em rodovias não-pavimentadas e definir os seus usos.

Para verificar usos de SIG e GPS sobre as rodovias não-pavimentadas em cidades pequenas:

- a) identificar fontes de plantas de baixo custo e processos de manuseio para obter bases cartográficas de uso em Sistema de Informação Geográfica;
- b) verificar os usos e equipamentos para obter coordenadas e contribuir para referenciar rodovias e seus pontos;
- c) identificar sistema de Informação compatíveis com os objetivos do trabalho, dominar seu manuseio e usos;
- d) verificar o potencial de uso dos sistemas de informação identificados e adotados.

## **1.5 Organização do trabalho**

O trabalho contém sete capítulos:

O capítulo 1, “Introdução”, contém definições preliminares, descreve o objetivo, justificativas, resume tópicos sobre a metodologia e relata sinteticamente a organização adotada para o trabalho.

O capítulo 2, “Defeitos e manutenção de rodovias não-pavimentadas”, descrevem-se os defeitos e relatam-se tópicos sobre a manutenção que afetam o conforto e a segurança de viagens. Contem também relatos sobre classificação desse tipo de rodovias.

O capítulo 3, “Hierarquia de necessidades de intervenção para manter rodovias não-pavimentadas” expõe as bases teóricas adotadas para se obter a hierarquia de necessidades de intervenção para manter rodovias não-pavimentadas, usos de escalas de classificação obtidas a partir da distribuição normal de probabilidades.

O capítulo 4, “Sistema de Posicionamento Global (GPS)”, expõe conceitos básicos sobre o GPS, definição, componentes, funcionamento, usos e etc.

O capítulo 5, Sistema de Informação Geográfica (SIG), expõe conceitos sobre o SIG, definição, componentes, funcionamento, usos e etc. Um tópico específico introduz o SPRING, um SIG brasileiro, de domínio público e acessível às cidades pequenas.

O capítulo 6, “Estudo de caso” contém descrição de ações para atingir o objetivo proposto. Foram dois tópicos: a hierarquização de prioridades de intervenção, e o uso de GPS e SIG para apoio à manutenção de rodovias não-pavimentadas. No primeiro tópico, as ações relatadas foram obter opiniões sobre qualidade de viagens, obter escalas de classificação, comparar escalas, e hierarquizar necessidades de intervenção. No segundo, obter base cartográfica, demarcar as rodovias, desenvolver processos e inserir arquivos no SPRING.

O capítulo 7, “Conclusões e sugestões” resumem-se e agrupam-se conclusões parciais, e sugestões para trabalhos futuros.



## **2 Defeitos e manutenção de rodovias não-pavimentadas**

---

Neste capítulo descrevem-se os defeitos em rodovias não-pavimentadas e relatam-se tópicos sobre a manutenção que afetam o conforto e a segurança de viagens. Contem também relatos sobre classificação desse tipo de rodovias.

### **2.1 Defeitos em rodovias não-pavimentadas**

Em AUSTROADS (1987) se define defeito em pavimento como: “evidência visível de uma variação indesejável na forma da superfície de movimento de veículos de rodovia. Defeito pode também afetar a resistência, ou a aparência de via”. As características de defeitos são: dimensões, “tipo” e severidade. A “severidade” é intensidade com que o defeito atrapalha e afeta conforto e segurança de movimento de veículos.

A constante alteração da superfície para movimento de veículos provoca a ocorrência de defeitos. E, o movimento de materiais provoca outros tipos de irregularidades como se publica em PIARC (1982), DER-SP (1987) e IPT (1988).

Segundo ODA (1995), relata que no município de São Carlos-SP, os defeitos mais comuns em rodovias com solo arenoso são: ondulação, materiais soltos,

buracos (em trechos planos) e erosão (em trechos com rampas acentuadas). Nas rodovias com solo argiloso, os defeitos mais freqüentes em épocas de chuvas são os atoleiros (em trechos planos) e pista escorregadia. Em épocas de seca, os principais defeitos são a poeira e a segregação de agregados.

Segundo PIARC (1982), dentre os principais defeitos da superfície de rodovias não-pavimentadas destacam-se:

- a) *Poeira* – é uma nuvem de partículas finas em suspensão no ar, formada durante o tráfego de veículos, ilustrado na Figura 3. A presença de poeira pode comprometer a segurança do tráfego por prejudicar a visibilidade, e é mais comum na presença de solo argiloso, material solto na superfície ou onde a abrasão solta as aglutinantes de agregados.



**Figura 3 – Poeira, um dos defeitos de rodovia não-pavimentada (NvE-460, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004)**

b) *Modificações de superfície que afetam o perfil transversal* - o movimento de veículos pelas rodovias não-pavimentadas provoca deformações de superfície que provocam perdas de função do perfil transversal. Destacam-se os abaulamentos que levam às cavas côncavas ou convexas, e as alterações que introduzem excessos de elevação para dentro, ou para fora, do eixo da rodovia – ocorrências que dificultam manter o veículo no sentido de movimento.

A Figura 4 contém uma ilustração de modificação de superfície que afeta a função do perfil transversal.



**Figura 4 - Modificações de superfície que provocam perdas de função do perfil transversal  
(NvE-385, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004)**

c) *Corrugação* - conforme ilustrado na Figura 5, é uma série de ondulações perpendiculares ao sentido de tráfego. A presença de corrugação causa vibrações que geram desconforto e comprometem a segurança durante o movimento de veículos.



**Figura 5 - “Corrugação” em rodovia não-pavimentada  
(Rodovia NvE-050, Nova Europa, estado de São Paulo, setembro de 2004)**

d) *Movimentação de materiais que afetam as curvas e superelevação* – a mudança de posição de materiais de pavimentos de rodovias pode também provocar modificações de superfície que levam à alteração na forma das curvas e da superelevação, introduzindo itens que reduzem a segurança de movimento de veículos conforme se ilustra na Figura 6.



**Figura 6 - Movimento de materiais que provoca modificações e alterações na forma das curvas e superelevação - (Rodovia NvE-060, Nova Europa, estado de São Paulo, outubro de 2004)**

e) *Defeitos na drenagem superficial ou subterrânea* – a condução de água de chuva ou de infiltração está dentre as maiores fontes de defeitos na plataforma de rodovias.

A drenagem pode ser superficial ou subterrânea. A drenagem superficial consiste na coleta e remoção de águas superficiais que possam atingir a via; e a drenagem subterrânea intercepta as águas que são advindas e ocorridas no subsolo da rodovia. Para evitar que águas escoem sobre taludes são construídas valetas de proteção ao longo da crista do talude do corte.

A qualidade da drenagem é um dos principais elementos para evitar a formação dos defeitos em rodovias não-pavimentadas.

A seção transversal de rodovia é ruim quando não tem declividade transversal conveniente para direcionar a água de chuvas para as valetas de drenagem. Isto é evidenciado pelo escoamento superficial de água ao longo da pista de rolamento, e pela presença de erosão.

Para evitar a infiltração ou acúmulo da água que escoam sobre a pista de rolamento, deve-se adotar declividade transversal conveniente, que facilite o escoamento para as valetas laterais e evita a formação de poças de água.

A imagem da Figura 7 ilustra um segmento de rodovias não-pavimentadas cuja drenagem superficial aparenta não ter condições adequadas. Há acúmulo de água na plataforma durante as chuvas.



**Figura 7 - Segmento de rodovia não-pavimentada com defeitos na drenagem superficial  
(Rodovia NvE-030, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004)**

Em segmentos com declividade longitudinal acentuada, devem-se colocar lombadas transversais para reduzir a velocidade da água e direcioná-la para as valetas. As sangras servem para conduzir a água para fora da via, e para bacias de contenção. As valetas devem estar limpas para evitar o acúmulo de água e para direcioná-la para as sangras. As valetas podem ser revestidas com grama, para diminuir a velocidade da água e evitar erosão.

f) *Buraco* - é o resultado de expulsão de partículas sólidas do leito durante o movimento de veículos. Buracos podem gerar poças de água, conforme ilustra a Figura 8. São mais comuns nos segmentos planos, e onde faltam saídas laterais para água.



**Figura 8 – “Buraco” em rodovia não-pavimentada**  
(Rodovia NvE-050, Nova Europa, estado de São Paulo, março de 2004)

- g) *Atoleiro* – a constante raspagem a que se submete a rodovia não-pavimentada pode tornar a plataforma da rodovia em encaixada no terreno, uma calha que dificulta o escoamento de água para as laterais, conforme se ilustra na Figura 9.



**Figura 9 – “Atoleiro” em rodovia não-pavimentada**  
(NvE-352, Nova Europa, estado de São Paulo, março de 2004)

- h) *Sulcos provocados por erosão* – são buracos, de comprimento maior que a largura, formados porque o movimento de água provocou deslocamento de materiais em suspensão. A Figura 10 ilustra sulcos por erosão.



**Figura 10 - “Sulcos provocados por erosão”**  
(NvE-361, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004)

- i) *Segregação* - A retenção de água provoca perda de resistência e deslocamento de materiais para a lateral em rodovias não-pavimentadas. A Figura 11 ilustra atoleiros e segregação de materiais na plataforma.



**Figura 11 - Atoleiros e segregação de materiais em rodovia não-pavimentada**  
(NvE-460, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004).



- j) *Materiais soltos* - A presença de materiais soltos na superfície de rodovia pode provocar a derrapagem de veículos. A Figura 12 ilustra uma ocorrência de agregados soltos na plataforma de rodovia não-pavimentada.



**Figura 12 - “Materiais soltos” rodovia não-pavimentada  
(NvE-020, Nova Europa, estado de São Paulo, agosto de 2004)**

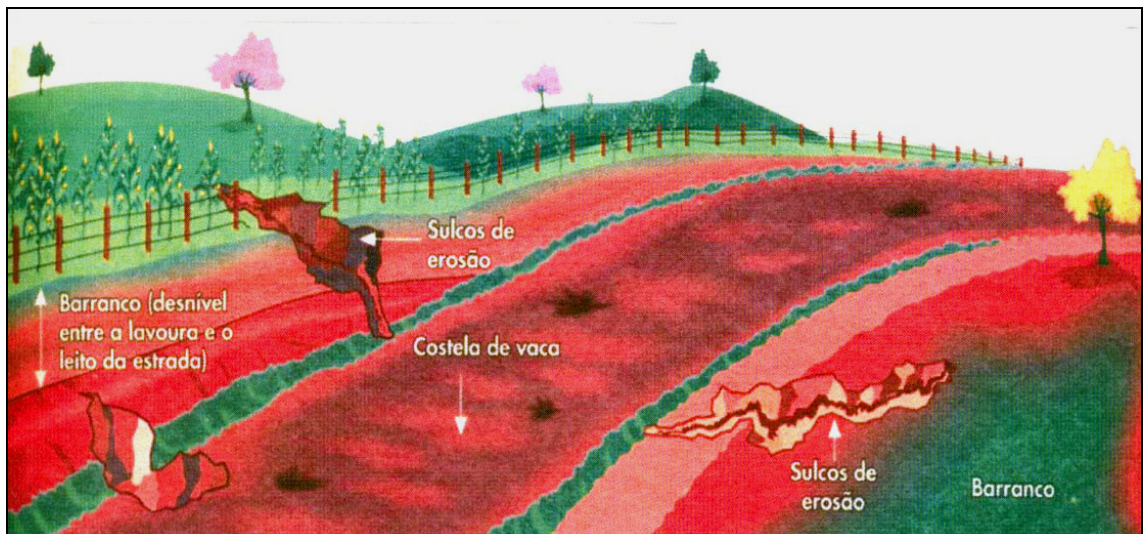
Além dos mencionados, a superfície de rodovias não-pavimentadas pode apresentar outros defeitos, que não serão aqui detalhados, a saber: “*ondulações*”, “*areões de espigão*”, “*areões de baixada*”, “*excesso de pó*”, “*afloramento de rochas*”.

## **2.2 Tópicos sobre manutenção e reparo de rodovias não-pavimentadas**

Segundo TRB (1979), rodovias com baixo volume de tráfego (menos de 50 veículos por dia) devem ter largura da faixa de rolamento de 4 a 5 metros. O tipo e a qualidade do material da superfície influenciam na qualidade do serviço prestado ao movimento de veículos. Esse desempenho está relacionado com defeitos de superfície, que se agravam à medida que a via é solicitada pelo tráfego.

O estado de conservação da superfície de rodovia não-pavimentada depende de material usado na construção, de solicitações pelo tráfego, de intempéries e manutenção. A plataforma deve ter resistência suficiente para suportar as cargas das rodas sem que ocorra excesso de deformações. A capacidade de suporte às cargas depende das características do material da superfície e da resistência, sob diferentes condições de umidade. Ainda, a drenagem da rodovia e de seu entorno deve existir, e ser eficiente para evitar que a erosão não danifique a rodovia e seu entorno.

A Figura 13 é um esquema de segmento típico de rodovia não-pavimentada antes de manutenção.



**Figura 13 - Segmento típico de rodovia não-pavimentada antes de manutenção**  
(Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 26/02/2005)

A Figura 14 é um esquema de tipo de seção transversal que, se associada a uma boa superfície para movimento de veículos, poderia levar ao conforto e segurança de circulação em rodovias não-pavimentada.

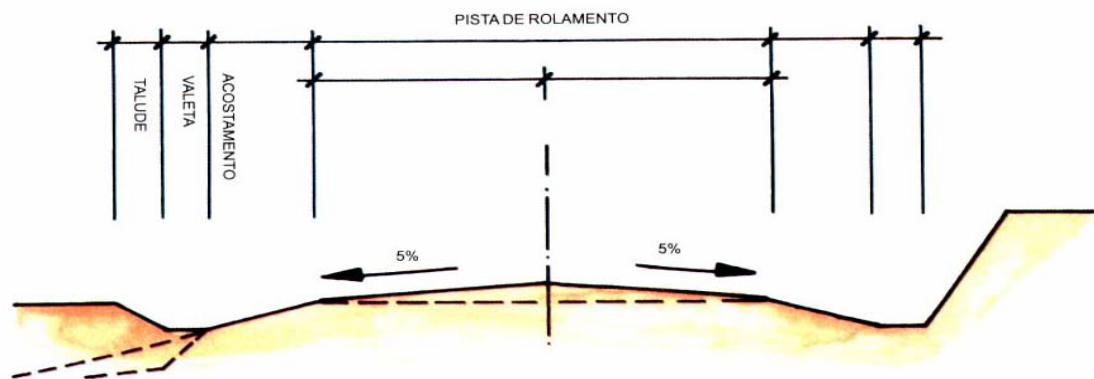


Figura 14–Formato ideal de seção transversal de rodovia não-pavimentada (PIARC, 1982)

O que se segue é uma tentativa de consolidar uma parcela de métodos e processos obtidos por consulta a obras como: AUSTRoads (1987), ODA (1995), PIARC (1982), DER-SP (1987), IPT (1988), FONTENELE (2001), VIVIANI (1998), etc.

A conservação de rodovias não-pavimentadas se fundamenta na raspagem da superfície para movimento de veículos com motoniveladora, ou assemelhado. Isto pode ter como consequência a remoção de solo mais resistente e compactado, e a exposição de materiais menos resistentes à intempérie e às cargas. Também se dificulta a implantação de saídas e o movimento de água.

A Figura 15 ilustra a tentativa de mostrar com seria uma rodovias não-pavimentada antes e depois de sofrer o processo de manutenção.



**Antes**



**Depois**

Figura 15 – Rodovia não-pavimentada, antes e depois de raspagem e manutenção (PIARC, 1982)

A Figura 16 ilustra a raspagem de uma rodovia não-pavimentada, executada por motoniveladora, máquina conhecida entre engenheiros, operadores e etc. como “patrol”, nome que fez nascer a expressão “a prefeitura vai dar uma *patrolada na rodovia*”. A raspagem é usual após período de chuvas, porque corrige defeitos provocados pelo tráfego e pelas intempéries que alteram a posição de solos.



Figura 16 – Raspagem para manutenção de via não-pavimentada (<http://cmms.cat.com>)

A raspagem é denominada por profissionais ligados às prefeituras de cidades com pequeno número de habitantes por “passar a máquina”. A prática comum de “passar máquina” pode ser operação danosa ao meio ambiente, porque provoca o aprofundamento da plataforma da rodovia e cria barrancos laterais. Além disso, obriga investimentos que podem ser evitados.

Mas, “passar a máquina” sempre foi uma alternativa disponível para reduzir atoleiros, consertar valetas e taludes instáveis, fatos gerados pelo escoamento de águas sobre rodovias não-pavimentadas. Esta é uma solução de resultados que duram pouco, repetida inúmeras vezes, a cada estação de chuvas. A raspagem afunda a plataforma da estrada, transformando-a em calha para as águas de chuva por confinar o escoamento superficial.

Nas obras para manutenção de rodovias não-pavimentadas é usual a presença de máquinas específicas e mão de obra especializada. A Figura 18 e Figura 17 ilustram operações mecânicas efetuadas durante a conservação de rodovias não-pavimentadas.

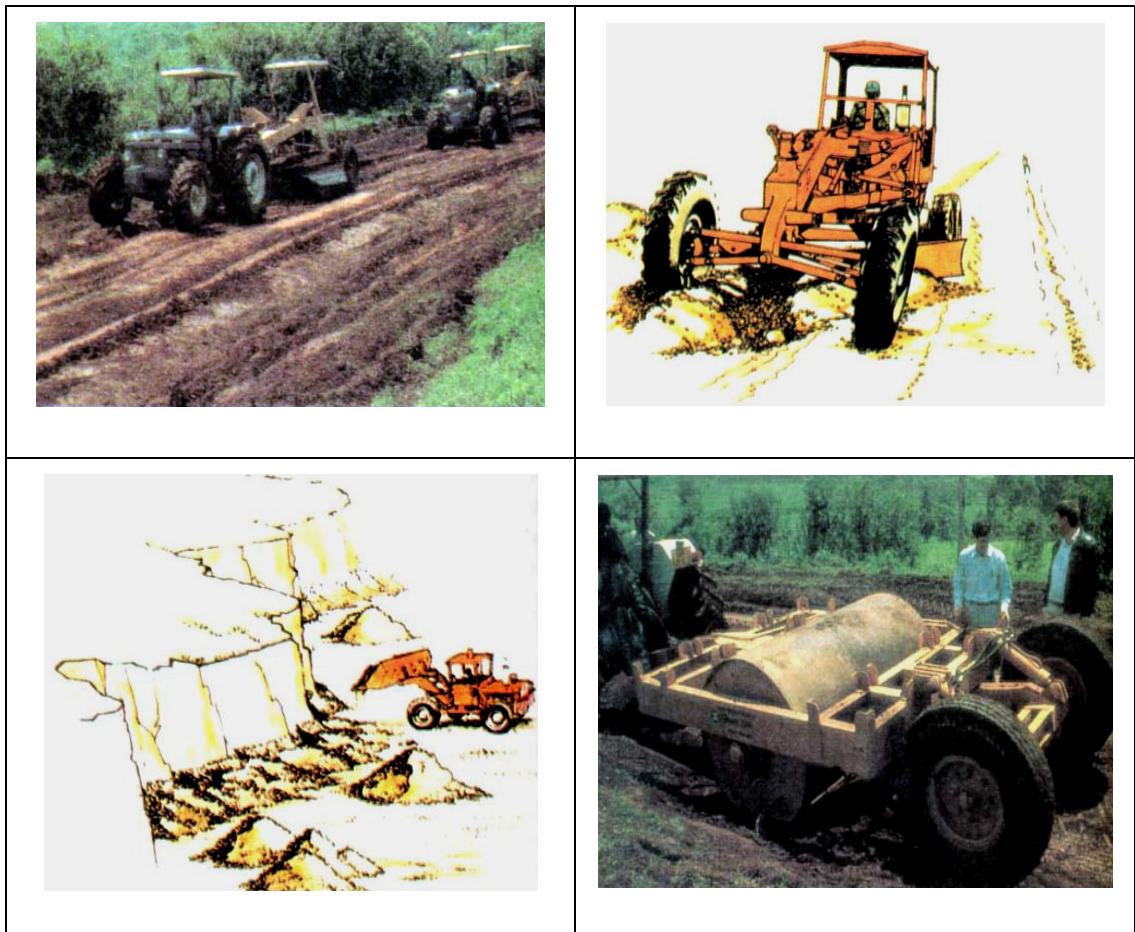


Figura 17 - Obras com uso de máquinas na manutenção em via não-pavimentada (PIARC, 1982)

A superfície das rodovias não-pavimentadas muda de formato constantemente. E, são comuns as parcerias entre os Municípios e os proprietários rurais para a conservação contínua de rodovias não-pavimentadas. Hora Prefeituras cedem equipamento, mão de obra ou combustível; hora, o próprio habitante da área rural o faz. Também, podem existir parcerias entre Municípios próximos, ou Governos das esferas federal, estadual, ou municipal.



Figura 18-Correção de canaletas sujas nas laterais (PIARC, 1982)

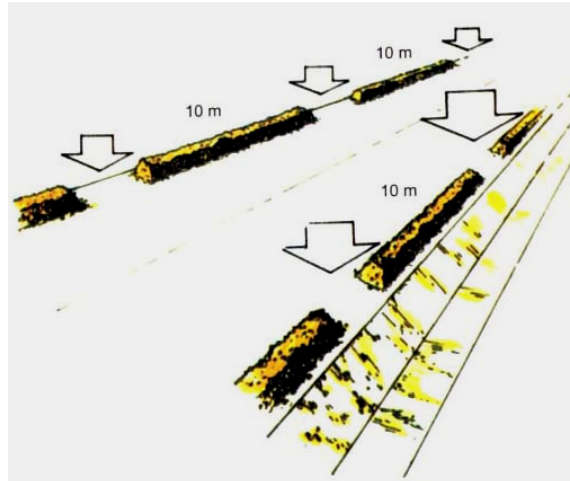
Também, durante obras para manutenção de rodovias não-pavimentadas pode incidir a mão de obra humana e não especializada, e o recrutamento de mão de obra voluntária, como os próprios proprietários rurais, seus funcionários e prepostos.

A Figura 19 ilustra operações manuais durante manutenção e conservação de rodovias não-pavimentadas.



Figura 19 – Operações manuais de manutenção de rodovias não-pavimentadas (PIARC, 1982)

Controlar o movimento de água pela superfície da rodovia é sempre um desafio. Por exemplo, PIARC (1982) recomenda que operações de manutenção devam contribuir para que não se acumule água, e garantir, a cada dez metros, uma saída para as laterais (como se ilustra na Figura 20).



**Figura 20 – Nas rodovia não-pavimentadas a água deve sair a cada dez metros (PIARC, 1982)**

As construções rurais fazem parte da topografia e do meio ambiente, por isso, é interessante investir para reduzir a erosão provocada pelas rodovias não-pavimentadas. Por exemplo, o uso de controles sobre curvas de nível para reduzir a perda de solo provocada pela plataforma de rodovias e atividades agrícolas. Mas, optar pela intervenção que provoque o menor impacto ambiental e tenha maior eficácia com menor custo de conservação de rodovias exige preparar e capacitar técnicos para cada situação.

Mais de 80% da área cultivada do estado de São Paulo é susceptível de erosão acima do tolerável pelo ambiente, e faz 48,5 milhões de toneladas de terra chegar aos mananciais por ano. O bom manuseio de informação sobre rodovia não-pavimentada pode contribuir para se reverter esse quadro. Aí se inclui convencer os produtores a mudar hábitos arraigados para se abastecer ou conduzir água, e evitar a contaminação de cursos de água por agrotóxicos. A Figura 21 ilustra erosão típica no Interior do estado de São Paulo.



**Figura 21 – Erosão típica no Interior do estado de São Paulo  
(Fonte: O ESTADO DE SÃO PAULO, 26/02/2003)**

Programas para conservar áreas agrícolas devem incentivar a recomposição de plataformas e entorno de rodovias não-pavimentadas, controlar e conter o fluxo de água pelas áreas de produção.

Tratar e manter rodovias não-pavimentadas provoca alterações em seu entorno. Além das intervenções sobre a própria rodovia é indispensável orientar e obter a participação de habitantes e produtores rurais para manter a cobertura vegetal, aumentar a infiltração da água de chuva; recuperar matas ciliares; fazer plantio direto e adotar terraços para retenção de água, dentre outras medidas. A Figura 22 ilustra recomendações para orientar intervenção em rodovia não-pavimentada.



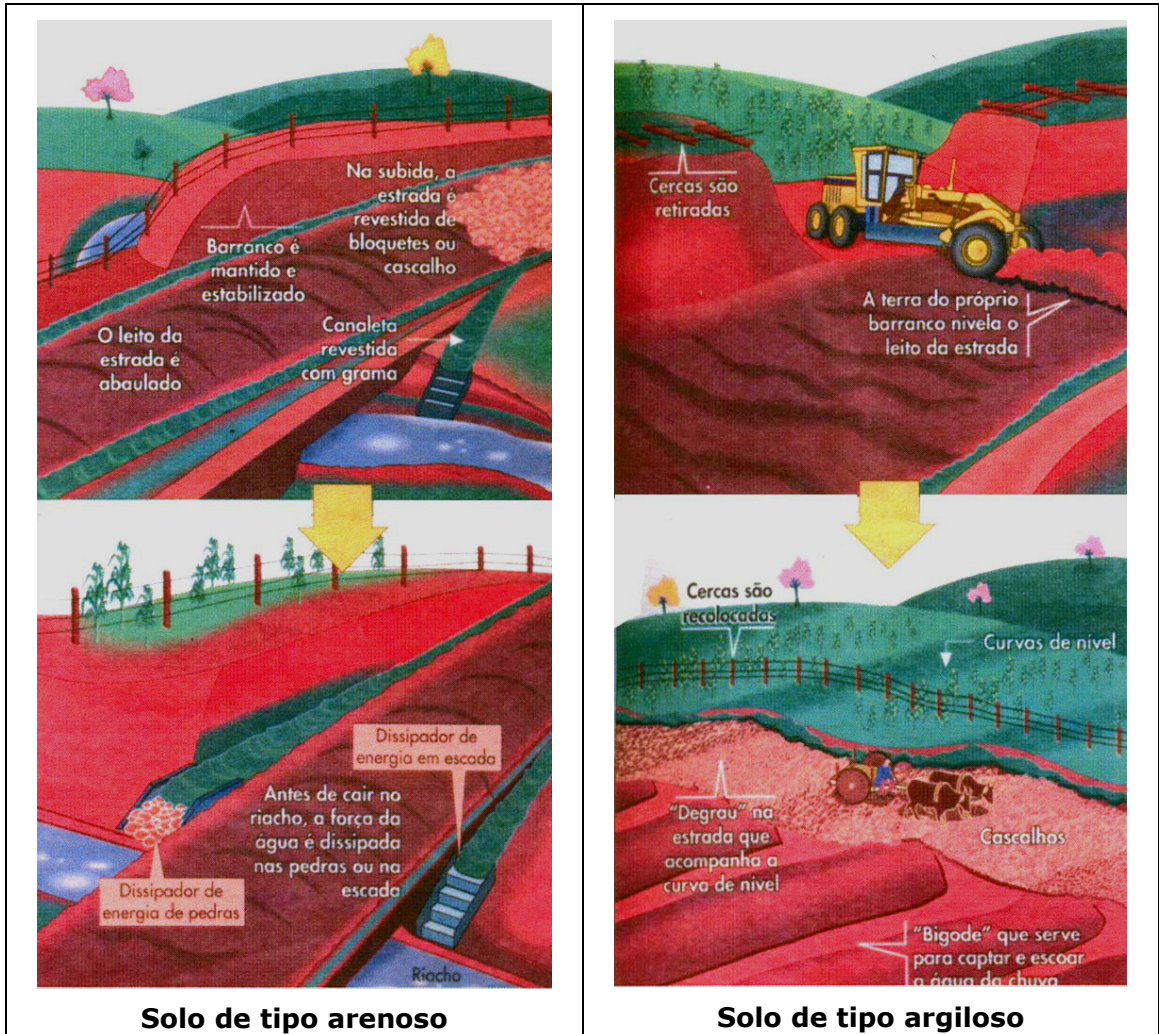


Figura 22 – Recomendações para intervenção em rodovia não-pavimentada  
(Fonte: OESTADO DE SÃO PAULO, 30/03/2005)

Durante a manutenção de rodovias, usar materiais dos próprios barrancos e realizar uma cobertura vegetal de superfície é essencial para evitar que solos sejam despejados na plataforma. Plantar árvores ou arbustos à margem de rodovia pode contribuir para evitar erosão. Espécies de raízes profundas melhoram a paisagem e facilitam maior estabilidade aos taludes (barrancos). A Figura 23 ilustra rotinas para tratamento de taludes e erosões em rodovias não-pavimentadas.



Figura 23 – Estabilização de taludes em vias não-pavimentadas  
(Fonte: OESTADO DE SÃO PAULO, 30/03/2005)

### 2.3 Classificação de rodovias não-pavimentadas

Consulta a documentos publicados indicam que classificar rodovias não-pavimentadas é um assunto discutido e que tem muitos resultados de pesquisa publicados. Para exemplos:

AUSTROADS (1991) classifica rodovias não-pavimentadas em três categorias:

- a) *naturais* - caminhos implantados pelo uso, praticamente abertos pela passagem de veículos ou mão de obra humana;
- b) *naturais compostas* – caminhos abertos pela passagem de veículos, mas cuja superfície e outros receberam tratamento tecnológico, com ou sem, uso de equipamentos como a motoniveladora para movimentar materiais ou configurar terreno;
- c) *com revestimento primário* - vias naturais compostas cuja superfície de movimento de veículos e, ou, outros componentes de rodovia receberam tratamento tecnológico que pode incluir substituição ou alteração de propriedades de materiais para aumentar resistências às intempéries ou cargas decorrentes do movimento de veículos.

JONES (2003) desenvolveu um manual para avaliação de rodovias não-pavimentadas na África do Sul que descreve defeitos, fornece processos e orienta levantamentos para obter informação que auxilie a gerência de qualidade e o comportamento de materiais usados na construção. Dentre as características sugeridas para avaliação de rodovias não-pavimentadas na África do Sul incluem-se tipo, quantidade e qualidade de materiais na superfície, geometria, drenagem, e qualidade da viagem.

FALLS et al. (2003) observaram rodovias secundárias de *British Columbia* (Canadá), malha importante para a economia, lazer, cultura e etc., 25.000km de rodovias não-pavimentadas, vários tipos de seções geométricas, foram construídas por processos diferenciados e atendem pequeno volume de tráfego. Relatam o uso de abordagem fatorial, e processo para classificação de rodovias do Departamento dos Transportes da *British Columbia* para estudar a ocorrência de defeitos e resultados de previsão de conseqüências de solicitações pelo tráfego na estrutura da rodovia.

Afirma-se em GREESTEIN & HUDSON (1994), que a avaliação da superfície é o processo que identifica e classifica a integridade estrutural da superfície, tipo, quantidade e severidade dos defeitos e pode ser o principal fator para fazer conhecer a qualidade de viagem por dada rodovia.

ODA, FERNANDES e SÓRIA (1998) descrevem a caracterização de rodovias não-pavimentadas no município de São Carlos, com base em mapas topográficos e pedológicos e, principalmente, em um levantamento de campo, visando à implantação de um sistema de gerência de vias. O método adotado para a avaliação das condições da superfície de rolamento adotado

possibilitou a obtenção de um índice combinado a partir de medidas e avaliação da severidade dos defeitos mais frequentes. O estudo de caso avaliou mais de 100 quilômetros de rodovias não-pavimentadas. As informações sobre o estado de segmentos e seções passaram a constar de um banco de dados: mapas digitalizados das rodovias não-pavimentadas, tipos de solo, declividades e tráfego, e manuseados com auxílio de um Sistema de Informação Geográfica.

D'AVILA, SÓRIA e ROBERLANE (1997) publicaram resultados de análises sobre o desempenho qualitativo de materiais usados para construir 41 segmentos de rodovias não-pavimentadas no Rio Grande Sul, Brasil. O objetivo foi desenvolver e avaliar uma “especificação” aplicável em rodovias com volume de tráfego com pouco menos de 50 veículos/dia. Além de testar o MCT (Miniatura Compactada Tropical), um método para a classificação dos solos para classificar o comportamento de solos em função de sua capacidade para suporte a cargas, estabilidade e resistência ao cisalhamento.

Para a avaliação de estado de superfície de rolamento, ODA, FERNANDES e SÓRIA (1998) relatam que avaliadores percorreram a via, a uma velocidade constante (40 km/h) e selecionaram os trechos mais críticos (com extensão padronizada de 30 m), em função do conforto e da segurança de tráfego. EATON, GERARD e CATE (1987) e EATON, GERARD, e DATILLO (1987) relatam o uso do mesmo tipo de processo para classificar rodovias.

JÄMSÄ (1983) relata avaliação de rodovias não-pavimentadas, em sua maioria com revestimento primário na Finlândia. Usou-se um padrão sugerido pela *Road and Waterways Administration*: para classificar e descrever a qualidade

do serviço prestado pela superfície de rolamento de rodovias não-pavimentadas, avaliadores treinados emitiram notas em escala de “0” a “5”.

RIVERSON et al. (1987) classificou, por estudar distribuições de opiniões de indivíduos, estradas municipais no Estado de Indiana (EUA). Formaram-se dois painéis de avaliadores, e cada membro de painel percorria segmentos de via à velocidade de 64 km/h avaliando o conforto de viagem (“qualidade”: alta, média e baixa), defeitos (porcentagem de defeitos registrados na superfície das rodovias) e velocidade média (usando escala de “0” a “5”).

Em VIVIANI (1998) se comenta que gerência para atividades de conservação de caráter preventivo exige conhecer a realidade, e atributos específicos de vias, como por exemplo, o relevo e a natureza do solo em cada microrregião, e capacidade de análise. A autora testou um Sistema de Informação Geográfica para gerência de manutenção de estradas rurais não-pavimentadas em São Carlos, estado de São Paulo.

KELLER (2003) comenta que em atividades de projeto, construção e manutenção de rodovias não-pavimentadas, a boa prática de gerência minimiza pontos de conflito. Evita alteração de drenagem natural, fornecem meios adequados de condução e controle de movimento de água, evita terrenos íngremes, reduz acidentes em áreas molhadas e instáveis, garante tratamento adequado de margens e cruzamentos de cursos d’água, protege taludes, evita erosão, protege fauna e flora, prevê e operam ciclo de manutenção que garanta a disponibilidade, conforto e segurança de tráfego durante todo o ano.

IVARSSON e CALVO (2003) constatou que a Suécia incentiva parcerias público-privadas para manutenção e construção de rodovias de baixo volume de tráfego e existe um número muito grande de moradores nas áreas rurais. E esse governo acredita que tais parcerias conseguem gerenciar rodovias a menor custo obtendo melhores resultados do que o próprio Governo. As rodovias de baixo volume de tráfego, quando na responsabilidade de Governo, geram custos para o Poder Público e para proprietários ou moradores de área rural.

Assim, em resumo, a pesquisa bibliográfica indica que há processo para orientar a coleta de dados para classificar rodovias não-pavimentadas, em função de ocorrência de defeitos e opiniões de quem viaja. Também, há relatos sobre usos de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por exemplo, ODA, FERNANDES e SÓRIA (1997) e VIVIANI (1998).

Mas, técnicos de cidades do Interior do estado de São Paulo, e outros, reclamam de que é difícil obter e agrupar dados para formar a memória técnica e produzir a informação eficiente e eficaz para decisões de Engenharia ou Administração que conduzam corretamente as ações para manter o movimento de veículos seguro e confortável pelas rodovias não-pavimentadas.

### **3 Hierarquia de necessidades de intervenção para manter rodovias não-pavimentadas**

---

Este capítulo expõe as bases teóricas adotadas para se obter a hierarquia de necessidades de intervenção para manter rodovias não-pavimentadas, usos de escalas de classificação obtidas a partir da distribuição normal de probabilidades.

#### **3.1 A hierarquia de necessidades de intervenção e o ponto de vista de quem usa rodovias não-pavimentadas**

A prioridade da intervenção para manter a rodovia não-pavimentada, do ponto de vista de quem viaja, pode ser fixada pela distribuição de expectativas de indivíduos sobre a melhoria do conforto e da segurança de movimento de veículos. Isso é uma função da sensação que cada pessoa tenha ao viajar pela rodovia.

Um conjunto de pessoas que opinarem sobre a viagem por um dado segmento fornecerá uma distribuição de opiniões, porque cada indivíduo poderá ter sensação diferente sobre a rodovia não pavimentada. FELEX (1990) disserta que:

- a) Um “juízo” emitido por um indivíduo reflete uma “única posição de classificação” – e não fornece suficiente informação para obter uma

medida. Mas, um conjunto de “opiniões” pode contribuir para classificar sujeito observado usando parâmetros de distribuição estatística. Por isto, opiniões emitidas por indivíduos podem ser úteis para “medir” dificuldade, qualidade, estética ou percepção, e etc.

- b) O “juízo” sobre características de pessoas ou coisas é muitas vezes emitido através de classificação em um pequeno número de classes definidas e ordenadas.

SANTOS (1998) publicou que dentre as características técnicas da superfície de rodovia não-pavimentada estão “*capacidade de suporte*” e “*aderência*”:

- a) *Capacidade de suporte* refere-se à maior, ou menor, capacidade de não se deformar por ação de cargas de veículos ou intempéries – a superfície sem capacidade de suporte ondula-se, deforma-se, esburaca e forma lama com facilidade;
- b) A *aderência* ou “*capacidade de rolamento*” refere-se à interação entre pneus e a superfície de via – comodidade e segurança de movimento de veículos é função direta desse tipo de ação. E, depende da ocorrência de buracos, materiais soltos, e outros fatores que dificultam o movimento, impõem a falta de estabilidade lateral de veículos, ou podem fazer rodas patinarem ao serem solicitadas pela tração.

Mas, no uso de rodovia, motoristas e passageiros esperam que sejam atendidas suas necessidades e expectativas por conforto, segurança e economia, adicionados às boas características e qualidade do ambiente de viagem, mínimo de poluição sonora, e etc. Assim, visando operações de construção ou manutenção que atendam os interesses de motoristas e



passageiros, ações para classificação de rodovias não-pavimentadas deveriam incluir o uso de resultados de avaliação de qualidade de viagens do ponto de vista de quem viaja – direta ou indiretamente, é quem viaja que opina sobre os serviços prestados pelos pavimentos ao movimento de veículos.

As características físicas de rodovias constroem em quem viaja as sensações de conforto e segurança durante viagens, porque são responsáveis pelas ações físicas entre vias e veículos, ou mesmo pelas imagens estéticas visualizadas por motoristas e passageiros. Ou seja, as geometrias horizontal, vertical e transversal das superfícies de contato entre pneus e pavimento, e entorno de rodovia, definem o que se sente sobre conforto e segurança em viagem.

O texto da Norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994) contém, dentre outras, uma definição para “qualidade” que sugere: “qualidade é adequação ao uso”. Qualidade nunca é acidente, é sempre resultado de forte intenção, esforço sincero, direção inteligente e hábil para execução de ações que levem às características de produto ou serviço – aqui entendido como viagens, ou características físicas de rodovias. Conforme publicado em PADULA (1999) “qualidade de viagens em rodovias” pode ser definida como “adequação ao uso de componentes constituintes de rodovias para viagens seguras e confortáveis”.

Características físicas de rodovias são verificadas quanto ao seu estado através de análises e exames realizados por técnicos. Contudo, opiniões de motoristas, passageiros e outros interessados podem ser úteis para classificar a qualidade de viagem que devem ser conhecidos e interpretados para que a

técnica da estatística forneça produtos coerentes com as sensações de conforto e segurança nas viagens pela rodovia.

HUDSON (1991) relata que qualidade da viagem deve ser abordada sob dois pontos de vista: o primeiro refere-se ao estado presente da superfície do pavimento, e o outro envolve obter informação para orientar ações de engenharia: avaliação mecânica de estrutura para estimar o desempenho estrutural de pavimento.

Para melhoria da qualidade de manutenção de rodovias não-pavimentadas, a hierarquia de necessidade de intervenções depende de se conhecer as relações entre sensações de conforto e segurança de motoristas e passageiros, e o estado das características da superfície de seus segmentos. Ou seja, conhecer a resposta para as questões: “quais características físicas de rodovias interferem e quais não interferem no conforto e segurança de viagens, do ponto de vista de quem usa?”, e “onde executar a interferência?”.

### **3.2 A distribuição normal de probabilidades e a hierarquia de necessidades de intervenção**

Para o tratamento de dados e obtenção de informação sobre qualidade de viagens e hierarquia de necessidade de intervenção podem-se adotar propostas de FELEX (1983 e 1990). Ou seja, rotinas para orientar raciocínios para obter informação, como:

- a) observar distribuições de variáveis que caracterizem viagens por segmentos de rodovias;
- b) evidenciar e identificar variáveis para descrição de ocorrências de relações entre notas atribuídas às viagens; e

- c) analisar e processar dados para identificar relações entre distribuições de ocorrência com auxílio de técnicas da Estatística.

Define-se “escala para classificação a partir de opiniões de indivíduos” (ou simplesmente escala) a um valor de medida associada à distribuição de ocorrências de “classificações, ou opiniões que relatem sensações” obtidas ao acionar a escolha ou percepção sobre a ocorrência de características de variáveis. A “escala” é um conceito de origem lógica para a medida.

A distribuição estatística de classificações obtidas por “juízos” pode se transformar em conjunto de medidas. As “escalas” podem ser usadas para associar “medidas” a valor de característica abstrata de sujeitos observados que identifique a diferença entre fatos ou objetos. Por exemplo, a opinião sobre qualidade de viagem.

A “distribuição normal” é uma das mais importantes dentre as de probabilidade contínua. Isso porque a maioria das medidas sobre variáveis da natureza tem a ocorrência de medidas explicadas por tal tipo de distribuição. Dados numéricos para manuseio e estudos que dependam da função densidade normal de probabilidade são expostos por tabelas em diversos livros (CHASE e BOWN, 1992, tabela B.3), ou anexados a programas para processamento em computador, por exemplo, EXCEL XP 2003 (MICROSOFT, 2003).

Ao adotar o ponto de vista de quem viaja para classificar rodovias, PADULA (1999) sugeriu um processo para estudar o nível de qualidade de viagens: usar opiniões (notas) fornecidas por usuários, ou avaliadores treinados, sobre as viagens em segmentos de rodovias, e a distribuição normal de probabilidades para definir escalas de classificação de segmentos de rodovias em função das

opiniões de quem as usa – esse é o processo aqui adotado, com modificações, para hierarquizar necessidades de intervenção em rodovias não-pavimentadas. Com uso da distribuição normal se pode evidenciar e identificar a ocorrência de relações entre defeitos em rodovias e a classificação de qualidade de viagens.

FELEX (1983) introduziu o levantamento de dados por entrevistas a usuários como um processo para definir escalas sobre variáveis não numéricas percebidas por interessados em avaliar transporte e seus equipamentos.

LIKERT (1932), CHASE & BOWN (1992), MORGAN (1950), SPIGEL (1993), MICROSOFT OFFICE EXCEL 2003 (MICROSOFT, 2003), etc. forneceram métodos e processos que podem ser usados para montar escalas de medida a partir de opiniões de avaliadores de rodovias. Somam-se a isto processos para estudo de qualidade de viagens e meios para transporte relatados em FELEX (1983), MELO (1998), PADULA (1999); FREITAS (2000); VASCONCELOS (2000); PALMA (2000); DARONCHO (2001) e PADULA (2002).

E, o que expôs pode ser útil para se obter a hierarquia de necessidades de intervenção para orientar a manutenção de rodovias não-pavimentadas a partir de estudos sobre a distribuição de respostas a entrevistas com quem viaja.

Para rodovias pavimentadas se podem usar, com adaptações, os conceitos publicados em MELO (1998); PADULA (2000); FREITAS (2000), VASCONCELOS (2000), PALMA (2000), DARONCHO (2001), etc. O ciclo de vida de intervenções em rodovias não-pavimentadas é de um ano, e a finalidade do que aqui se expõe é apenas verificar as conseqüências de processos para orientar decisões e hierarquizar intervenções para manutenção de rodovias não-pavimentadas.

### 3.3 Distribuição normal e escalas de classificação

Admitindo o exposto nos itens anteriores, para se tratarem dados e definir escalas sobre ocorrências de defeitos e qualidade de viagens em rodovias não-pavimentadas, características enquadradas em um número definido de classes de classificação de interferência na sensação de quem usa a rodovia, pode-se adotar o processo proposto por LIKERT (1932). Isto se resume em assumir que parâmetros de distribuição normal explicariam a ocorrência de juízos sobre os defeitos e a qualidade de viagem que se observou.

Adotar o número de ocorrências de respostas das classes do tipo “muito ruins”; “ruins”, “mais ou menos”, “boas” e “muito boas” para as viagens em dada rodovia para estimar probabilidades de ocorrência destas classes pode ser útil para classificar característica de variável cujas ocorrências atendem aos parâmetros da distribuição normal, e conseqüentemente se definirem escalas de classificação a partir de opiniões de avaliadores de rodovia.

O processamento de dados para isto foi relatado em PADULA (1999). Em síntese, PADULA (1999) relatou que para um número de classes  $m$  em um processo de definição de escalas, se:  $p_l$  = freqüência relativa de juízos em intervalo de classe de medidas  $l$  ;  $l = 1, \dots, m$  , para a classe  $l$  :

a) a freqüência relativa de ocorrência até o limite inferior para a primeira

dessas classes medidas é “0” (zero), e estimada por  $\sum_{k=1}^{l-1} p_k$  ;

b) também, a freqüência relativa de ocorrência de juízos até o limite superior

para a primeira das classes de medidas é  $p_1$  , e estimada por  $\sum_{k=1}^l p_k$  .

E, pode-se estimar para a função densidade de probabilidade normal estandardizada da classe  $l$ :

$y_{1(l)} =$  a ordenada do *limite inferior* de um intervalo de classe de medidas e,

$y_{2(l)} =$  ordenada do *limite superior* de um intervalo de classe de medidas.

Para se estimarem as ordenadas  $y$ , dos limites de classes na curva que representa a distribuição normal, PADULA (1999) sugere usar resultados de análise de regressão conduzida a partir de dados publicados em tabela exposta em MORGAN (1950), páginas 606 a 608:

$$y = -1,7244p^4 + 3,4489p^3 - 3,7098p^2 + 1,9854p + 0,0084$$

Com os valores das ordenadas  $y$  para os extremos de intervalos de classe, a variável normal estandardizada,  $z$ , é estimada, para cada classe  $l$ :

$$z_l = \frac{y_{1(l)} - y_{2(l)}}{p_l} .$$

A Figura 24 ilustra o processo para estimativa de variável normal estandardizada  $z$  no intervalo de classe  $m$ , com  $n_m$  ocorrências, e ordem  $(j+1)$

dentre as classes observadas calculando-se:  $p_m = \frac{n_m}{\sum_{j=1}^m n_j}$  ,  $\sum_{i=1}^{m-1} p_i$  ,

$$y_{2(m)} = f\left(\sum_{i=1}^m p_i\right) , \sum_{i=1}^m p_i , y_{1(m)} = f\left(\sum_{i=1}^{m-1} p_i\right) , z_{(m)} = \frac{y_{1(m)} - y_{2(m)}}{p_m} .$$

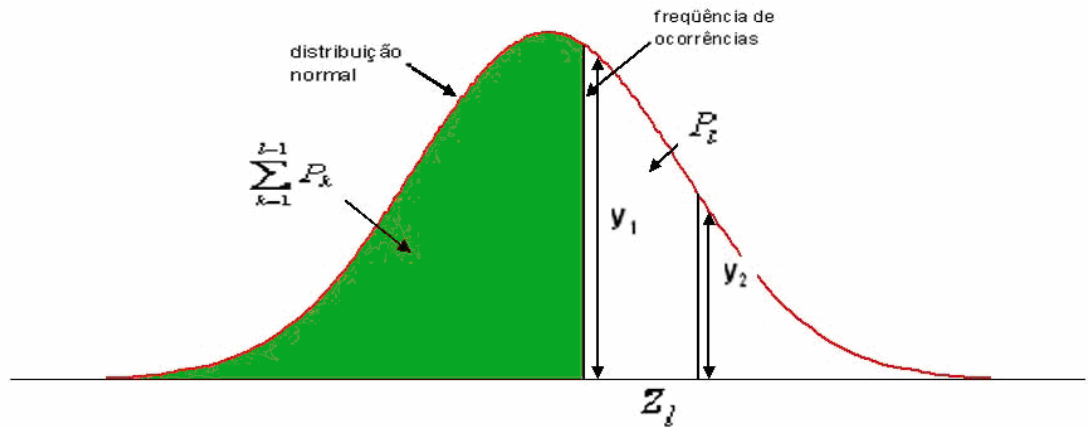


Figura 24 - Estimativa da variável normal estandardizada  $z$ , PADULA (1999)

A Tabela 2 resume a rotina para estimar a variável normal estandardizada  $z$ .

Tabela 2 – Diagrama: estimativa da variável normal estandardizada, PADULA (1999)

	Intervalo da classe "1"	Intervalo da classe "2"
<b>Frequência</b>	$n_1$	$n_2$
	↓	↓
<b>Proporção (<math>p_2 - p_1</math>)</b>	$p_1 = \frac{n_1}{\sum_{j=1}^m n_j}$	$p_2 = \frac{n_2}{\sum_{j=1}^m n_j}$
	↓	↓
<b>Proporção abaixo (<math>p_1</math>)</b>	0	$p_1$
	↓	↓
<b>Proporção abaixo da categoria (<math>p_2</math>)</b>	$p_1$	$p_1 + p_2$
	↓	↓
<b>Ordenada do limite menor (<math>y_1</math>)</b>	$y_{2(1)} = f(p_1)$	$y_{2(2)} = f(p_1 + p_2)$
	↓	↓
<b>Ordenada do limite maior (<math>y_2</math>)</b>	$y_{1(1)} = 0$	$y_{1(2)} = f(p_1)$
	↓	↓
<b><math>z</math> (correspondente a <math>y_1</math>)</b>	$z_1 = \frac{y_{1(1)} - y_{2(1)}}{p_1}$	$z_2 = \frac{y_{1(2)} - y_{2(2)}}{p_2}$

Estimada a variável normal  $z$  associada ao extremo de cada intervalo de classe, pode-se obter a ordenada da curva correspondente,  $y$ , usando o polinômio obtido por PADULA (1999), a partir de MORGAN (1950).

O processamento de dados para essa estimativa de parâmetros da distribuição normal pode ser facilmente executado usando o MICROSOFT OFFICE EXCEL 2003 (MICROSOFT, 2003).

Para comparar escalas definidas deve-se ter em mente que os parâmetros a serem analisados são as características de distribuições estatísticas das ocorrências de medidas, explicadas pela distribuição normal de probabilidades. Ou seja, o escore “ $z$ ” é o parâmetro para definir comparações, ou “posição na curva da variável normal estandardizada”.

Amostras individuais podem ser comparadas analisando diferenças entre escores  $z$  de escalas que explicam cada amostra e o escore na escala obtida para a amostra verificada.

Por exemplo, um procedimento sugerido para definir um índice de comparação de escalas de notas no intervalo de “0” a “5” pode ser o ilustrado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Definição de índice para comparação de escalas**

Tipo de observação	Notas					Índice para comparação de escalas
	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	
escore $z$ da amostra 1	$z_{p(1)}$	$z_{p(2)}$	$z_{p(3)}$	$z_{p(4)}$	$z_{p(5)}$	$\sum_{i=1}^5 (z_{p(i)} - z_{a(i)})$
escore $z$ da amostra 2	$z_{a(1)}$	$z_{a(2)}$	$z_{a(3)}$	$z_{a(4)}$	$z_{a(5)}$	



E ainda:  $\sum(z_{p(i)} - z_{a(i)}) = \sum(z_{p(i)}) - \sum(z_{a(i)})$ , ou seja, para comparar as escalas obtidas, podem-se adotar as “somadas de escores z associadas a cada uma das escalas verificadas”.

A relação de ordem existente entre as classes estudadas é uma maneira para classificar, ou hierarquizar, medidas observadas sobre variáveis. Para exemplo, associando o intervalo “0 a 1” à classe “demais”, “1 a 2” à classe “um pouco”, “2 a 3” à classe “está bom”, “3 a 4” à classe “quase nada”, “4 a 5” à classe “nada”, para a dificuldade imposta à viagem por determinada característica de rodovia permite fazer inferir que a ocorrência de “aceitação” da variável que se estuda se dá na mesma ordem crescente da associada às classes de classificação.

Ou, a hierarquia de “aceitação” das características oferecidas pelas variáveis observadas seria também crescente. Ora, tratando-se da “necessidade de interferência, ou de correção” sobre dada variável poder-se-á associar a ordem inversa de classes.

## 4 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

---

Este capítulo expõe conceitos básicos sobre o Sistema de Posicionamento Global, definição, componentes, funcionamento, etc.

### 4.1 Definição e conceitos sobre GPS

Sistema de Posicionamento Global (GPS) é o conjunto de equipamentos, métodos e processos utilizados para determinar coordenadas em três dimensões sobre a superfície, ou próximo à Terra, usando informação contida em sinais emitidos por satélites em órbitas geocêntricas e estacionárias à Terra. O *Sistema de Posicionamento Global (GPS)* será aqui usado para obter medidas de posição para estimativa de coordenadas de componentes de segmentos de rodovias sob análise.

Segundo HOFFMANN (1994), GPS é um processo para determinar posições na superfície terrestre processando sinais emitidos por satélites, desenvolvido pela Força Aérea dos Estados Unidos da América, durante as décadas dos 70 e 80 e colocado em operação na década dos 90.

A finalidade prioritária do GPS é atender objetivos militares. Mas, o número de usos civis é muito maior que os militares. Dentre as aplicações do GPS para fins civis destacam-se operar sobre geodésia, topografia e aerofotogrametria. Para exemplo, controle de deformações, recreação, controle de frotas de

veículos, orientação para navegação, auxílio à Sistema de Informação Geográfica etc. A Figura 25 ilustra antena e receptor GPS.



**Figura 25- Antena e receptor GPS**

Prevê-se que o uso civil do GPS seja facilitado com a implantação do Sistema GALILEO, um sistema de satélites e estações terrestres planejado para produzir informações relacionadas ao posicionamento global aberto ao uso civil. O projeto encontra-se em implementação pelo European Commission e European Space Agency. Prevê-se que entre 2005 e 2008 sejam lançados em órbita terrestre 30 satélites (27 operacionais e 3 de reserva), e capacitar a Comunidade Européia para aquisição independente de dados de posicionamento.

O Sistema GALILEO poderá ser operado em conjunto com os sistemas de navegação por satélites existentes. O GALILEO terá um sistema de satélites próprio, provendo um serviço de posicionamento preciso, garantindo o controle por usuários civis, e disponibilidade de serviço 24 horas por dia, exceto em circunstâncias extremas. Informará, em segundos, sobre perda de sinal de qualquer satélite. Isto será satisfatório para aplicações onde a confiança é

crucial, como o tráfego ferroviário, a localização de veículos de cargas e pouso de aeronaves.

O primeiro satélite experimental, do Sistema GALILEO será lançado no segundo semestre de 2005. O objetivo deste satélite experimental é caracterizar as tecnologias críticas que já estão menos desenvolvidos. Depois disso, até quatro satélites operacionais serão lançados para validar no espaço o sistema GALILEO no período de 2005 a 2006.

Os sinais do Sistema GALILEO de navegação proverão uma boa cobertura até mesmo a latitudes até 75 graus ao norte. O número de satélites, a otimização da constelação e a disponibilidade de três satélites de reserva, assegurarão que a perda de um satélite não prejudicará o usuário.

Dentre outros relatos, destacamos na bibliografia sobre GPS:

SEEBER (1993) relata que o NAVSTAR-GPS é um processo específico para determinação de posições ao processar sinais emitidos por satélites artificiais, capaz de fornecer posições no espaço, e dados sobre tempo e navegação a usuários adequadamente equipados, em qualquer ponto do globo terrestre, 24 horas por dia e independente das condições meteorológicas. E afirma: "GPS é antes de tudo um processo para determinar posições na superfície terrestre".

SEGANTINE (2001) relata que a tecnologia atual permite que qualquer pessoa possa se localizar no planeta com uma precisão nunca imaginada por navegantes e aventureiros há até bem pouco tempo. O sofisticado GPS é uma realidade concebida pelo Departamento de Defesa dos EUA no início da década de 1960. Consiste de 24 satélites em órbita geocêntrica à Terra, dela

distantes 20.200km, que percorrem suas órbitas em dois ciclos por dia, e emitem simultaneamente sinais de rádio codificados.

O princípio básico de funcionamento do GPS consiste em determinar as coordenadas de posição (X, Y, Z) do usuário a partir de coordenadas de posição de três pontos (chamados de “fixos”) e da distância entre o usuário e cada um dos fixos, os satélites. Cada satélite envia um sinal digital informando sobre sua posição. É necessário decodificar a mensagem dos satélites para obter as coordenadas de posição de cada "ponto fixo" (satélite). Para estimar a distância a cada fixo usa-se o tempo de propagação do sinal transmitido pelo satélite (o satélite envia na mensagem digital no instante de transmissão da mensagem e o usuário possui um relógio sincronizado com o relógio do satélite). A distância consiste no produto do tempo de propagação pela velocidade de propagação da onda (velocidade da luz). O problema matemático consiste em obter a solução de um sistema de três equações não-lineares a três incógnitas, as coordenadas (X, Y, Z). As órbitas dos satélites GPS estão em seis planos, quatro satélites equidistantes em cada plano.

LOPES (1996) conclui que o GPS pode ser útil para se determinarem coordenadas horizontais e verticais com precisão suficiente para permitir o estudo de perfis verticais de rodovias existentes. Dentre as alternativas para o levantamento topográfico de planta, perfil e seções transversais adjacentes ao acesso analisado podem estar às técnicas GPS, que podem ser mais rápidas e permitirem levantamentos sem interrupção de fluxos de tráfego.

O posicionamento absoluto com *Sistema de Posicionamento Global (GPS)* de navegação no sudeste do Pantanal foi avaliado por SILVA et al. (2000), pós-

desligamento da SA (Selective Availability), analisando-se a influência da cobertura vegetal e do horário de coleta. As coordenadas de posicionamento foram obtidas simultaneamente com dois tipos de equipamentos GPS (navegação e geodésico). As coordenadas obtidas com o GPS geodésico foram processadas em seguida e utilizadas como referência para análise e comparação do posicionamento.

Para analisar a interferência do horário de coleta e da cobertura vegetal, SILVA et al. (2000) relatam que os dados foram agrupados em oito tratamentos, sendo utilizada a prova de Kruskal-Wallis. As coordenadas foram digitadas em ASCII e importadas para um SIG, para calcular área e perímetro, obtidos pelos dois conjuntos de coordenadas. A prova de Kruskal-Wallis não indicou diferença significativa entre as médias obtidas em cada tratamento, demonstrando que os períodos e locais de coleta de dados não interferiram no posicionamento com GPS.

Segundo BERNARDI & LANDIM (2000), o GPS é um sistema multipropósitos, que permite ao usuário determinar suas posições expressa em latitude, longitude, altura geométrica ou elipsoidal, velocidade e o tempo em relação a um sistema de referência definido para qualquer ponto sobre ou próximo da superfície da Terra. Com a criação e aperfeiçoamento do GPS nas últimas décadas houve um avanço tecnológico significativo nas áreas de geodésia e cartografia. As técnicas de posicionamento de um ponto na superfície terrestre ou fora dela em relação a um referencial tem melhorado no sentido de que precisões cada vez maiores sejam atingidas.

A grande vantagem do GPS é a sua capacidade de integração com outros, por exemplo, com o Sistema de Informação Geográfica (SIG), capaz de produzir mapas digitais em tempo real com alta precisão. A interface entre os dois sistemas permite uma maior velocidade na obtenção e tratamento dos dados georreferenciados. O GPS é o ponto chave da junção destes dois sistemas, pois permite inicialmente a aquisição dos dados, os quais constituirão a base geométrica para a análise espacial pelo SIG. Desse modo pode-se alcançar grande velocidade e precisão na coleta de dados, conduzindo a uma significativa melhoria nos mapeamentos geológicos, geodésicos e ambientais.

#### **4.2 Uso do GPS em rodovias não-pavimentadas**

Dentre outros relatos, destacamos na bibliografia sobre aplicações de GPS a assuntos relacionados a rodovias não-pavimentadas:

DEAN (2003) que propõe método para administrar e gerenciar rodovias que dão acessos a locais de difícil acesso (de desmatamento de florestas) no oeste da Virginia, EUA. O autor usou GPS e SIG para agrupar dados, e tornar disponível a informação necessária para controle de desmatamento. Levantamentos com métodos convencionais podem custar muito e despende muito tempo, por isso optou-se pelo uso de GPS, método mais eficiente e eficaz. Os levantamentos de características de geometria horizontal, vertical, drenagem e etc. foram obtidos pelo GPS e armazenadas em um SIG.

THOMPSON *et al.* (2003), relata que, na África do Sul, manutenção e gerência em tempo real em rodovias destinadas ao tráfego de caminhões de minério

pode recorrer a equipamentos instalados em caminhão e análise de sinais atribuídos à vibração de veículo que trafegava pelas rodovias.

A Figura 26 ilustra a rotina de manutenção de rodovias em tempo real e a integração existente para comunicação, localização e monitoramento de frota de caminhões.

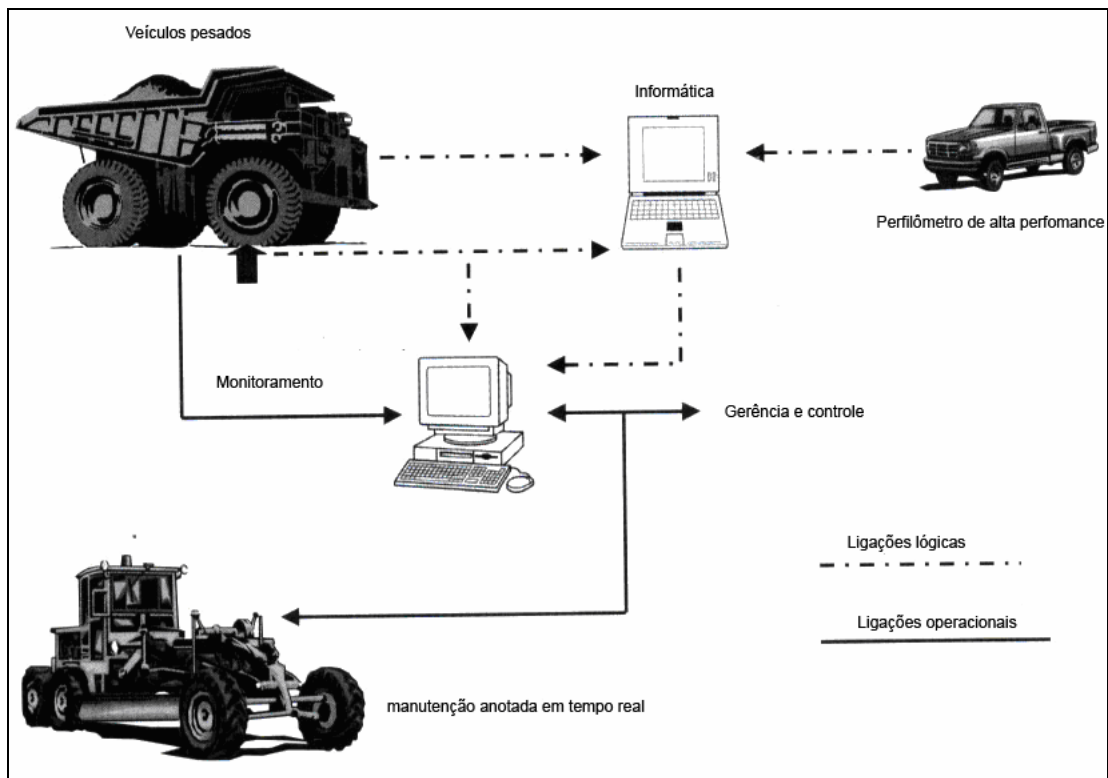


Figura 26 - Controle de manutenção e estado de rodovias em tempo real e a integração existente para comunicação, localização e monitoramento de frota de caminhões. THOMPSON et al. (2003)

Na rede de rodovias para atender a mineração na África do Sul trafegam veículos com cargas muito pesadas sobre superfície não-pavimentada. Variam o tipo de construção por segmentos e a qualidade de material de construção.

A Figura 27 ilustra o tipo de documento disponível a qualquer instante para expressar defeitos e vibração que interferem no movimento de veículos.



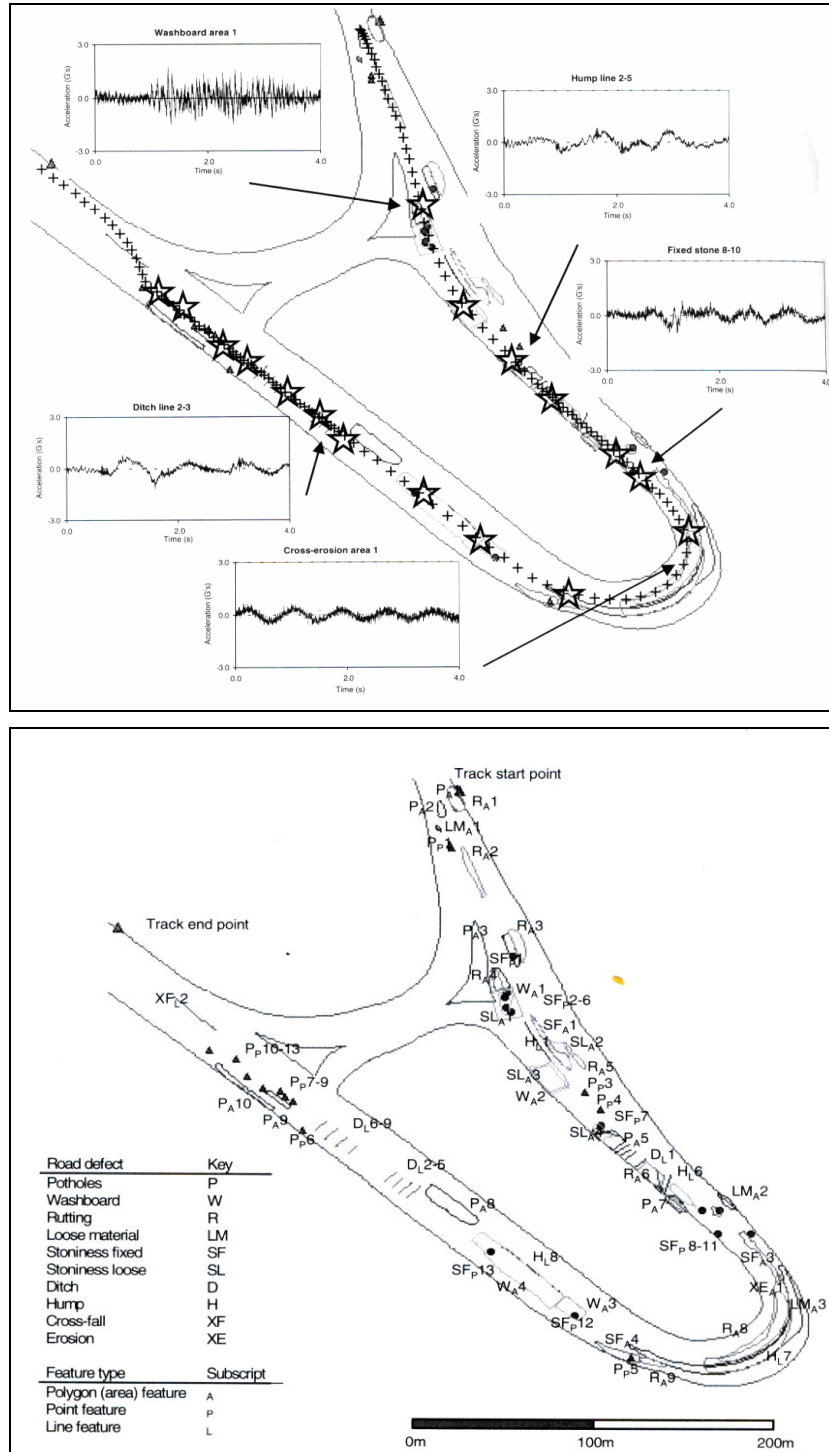


Figura 27 - Tipos de documentos disponíveis para expressar defeitos e vibração que interferem no movimento de veículos, THOMPSON et al. (2003)

A intenção expressa em THOMPSON et al. (2003) foi propor um processo de gerência que forneceria informação em tempo real com uso de equipamentos e informações obtidas com GPS captadas por receptores a bordo de veículos.

Isto facilita observar o comportamento da superfície de rodovias não-pavimentadas e localizar os defeitos que causam oscilações durante movimento de veículos.

Segundo ARAÚJO (1997), muitos levantamentos de dados (topográficos, características de solos e outros) utilizam cadernetas de campo para armazenar os resultados, que depois devem ser inseridos ou desenhados em bancos de dados, mapas e plantas. “Com o advento GPS, tornou-se possível a realização de trabalhos de campo, com alto grau de precisão e registro digital direto”. Dependendo do tipo de informação necessária, adota-se uma determinada tecnologia para coleta de dados. A definição do método a ser utilizado é parte das características das entidades a estudar, previstas de acordo com a finalidade da informação a transmitir.

O procedimento utilizado em VIVANI (1998) para identificação de medida dos defeitos e levantamento do traçado foi um receptor GPS (de navegação), através do qual eram obtidas as coordenadas geográficas do ponto inspecionado. As coordenadas geográficas observadas eram basicamente no início e no final de cada trecho, nas bifurcações e nos pontos de análise de defeitos. Foram registrados dados sobre 12 rodovias não-pavimentadas, aproximadamente 78 km, 127 coordenadas determinadas com auxílio de GPS.

## 5 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

---

Este capítulo expõe conceitos sobre o Sistema de Informação Geográfica (SIG) definição, componentes, funcionamento, usos e etc. Um tópico específico introduz o SPRING, um SIG brasileiro, de domínio público e acessível às cidades pequenas.

Informação é base da administração de manutenção de rodovias não-pavimentada. Mas, a rodovia não-pavimentada *tem sua forma particular de produzir informações*, desde um simples resultado de processo de intempérie natural, até ao produto sofisticado pelo uso de tecnologia. Entrevistas preliminares indicam que qualificar e fornecer informação adequada para apoiar decisões sobre manutenção de rodovias não-pavimentadas do Interior do estado de São Paulo pode facilitar a análise para gerenciar e controlar manutenção.

O manuseio de informação exige que dados sejam identificados, coletados, arquivados e processados para produzir suporte a decisões. Definir uma estratégia correta e tomar decisões eficientes são itens fundamentais para o sucesso de manutenção de rodovias. O primeiro passo para decidir com segurança é ter informação com qualidade obtida a partir de dados de coleta permanente e atualizada sobre os fatos que envolvem a via e o ambiente.

A informação pode ser útil quando trabalhada por conhecimento técnico para identificar alternativas eficientes de uso de recursos e orientar melhor a forma de manutenção de vias. Isto contribui para organizar atividades rotineiras e dirigir ações emergenciais, e ainda, oferecer o melhor suporte para o planejamento e aperfeiçoamento do trabalho diário.

Hoje, a principal prioridade administrativa para aperfeiçoar a manutenção de vias é encontrar, documentar e transportar informações. O manuseio da informação é quem viabiliza manter vias prestando bons serviços.

Entre tomar a decisão e colocá-la em prática, existe tempo certo para a informação chegar ao campo, orientar uma atividade e garantir a qualidade de viagens – a informação deve estar disponível em tempo e no local correto. O processamento de dados para fornecer informação deve ocorrer em paralelo com as atividades do dia a dia da gerência de vias e fornecer informação antecipada em relação aos fatos sobre a qualidade de viagem. A informação exige visão e análise que forneça decisões fáceis, rápidas e confiáveis.

"A coleta de informação sobre a distribuição espacial de propriedades significativas da superfície da Terra constitui, desde há muito, uma parte importante das atividades da Sociedade Organizada", BURROUGH (1986).

## **5.1 Conceitos sobre SIG**

COWEN (1991), LOGSDON (1995), NCGIA (1990), BURROUGH (1986), ARONOFF, (1989), CÂMARA et al. (1996) publicaram definições que permitem escrever que Sistema de Informação Geográfica (SIG) é o conjunto de equipamentos, métodos e processos constituído no mínimo por um computador

e um banco de dados que podem manusear, além de coordenadas, uma dimensão a mais, a referência geográfica. Além de armazenar e recuperar dados, a interface com o usuário pode ser o próprio monitor do computador, e a informação geográfica pode ser associada a dados e resultados de seu manuseio, modelos, filmes e outros meios de apresentação de resultados de processamento.

O SIG é de extrema utilidade em nossos dias porque facilita a organização de tarefas e contribui na solução de problemas e tomada de decisões de uma forma inovadora.

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) tem sido objeto de várias definições por parte de diferentes autores. De uma forma muito geral pode-se dizer que o termo SIG é utilizado, fundamentalmente, com dois sentidos distintos. Tem sido utilizado tanto para referir genericamente a um sistema de informação que contempla características relativas a localizações espaciais, como para referir a um tipo determinado de produtos comerciais, especialmente direcionados a realização de sistemas que envolvem dados representando localizações geográficas.

O NCGIA (1990) – *National Center of Geographic Information and Analysis* definiu SIG como um “sistema de *hardware* e *software* e procedimentos definidos para realizar a captura, armazenamento, manipulação, análise, modelação e apresentação de dados referenciados espacialmente, visando a resolução de problemas complexos de gerência e planejamento”. “Um poderoso conjunto de ferramentas para aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real”,

BURROUGH, (1986); “Qualquer conjunto de procedimentos manuais ou computacionais utilizados para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados” ARONOFF, (1989).

O SIG é como uma planilha eletrônica acoplada a uma poderosa ferramenta de manipulação gráfica e com capacidade de diferentes tipos de representação de dados. Os três elementos mais importantes numa estrutura de um SIG podem ser resumidamente apresentados da seguinte forma:

- a) *capacidade cartográfica*: permite que o computador produza desenhos e mapas precisos com a resolução de acordo com o interesse do usuário;
- b) *capacidade de gerenciar dados*: permite aos usuários armazenar e manipular informações relativas a mapas em formatos convenientes; e
- c) *capacidade de análise*: permite treinar usuários para processar e interpretar dados espaciais, tabulares e gráficos em diferentes tipos de aplicações. Eles podem, por exemplo, medir a distância entre dois pontos ou determinar a área de figuras na tela do monitor. A capacidade de análise também auxilia os usuários a planejar, projetar e gerenciar importantes tipos de objetos, tais como construções civis (rodovias, construções residenciais, pontes etc.), com o máximo de eficiência.

A Figura 28, de SEGANTINE (2001), ilustra o fato de que SIG é, em essência, uma planilha que se acopla a bancos de dados gráficos e/ou não gráficos.

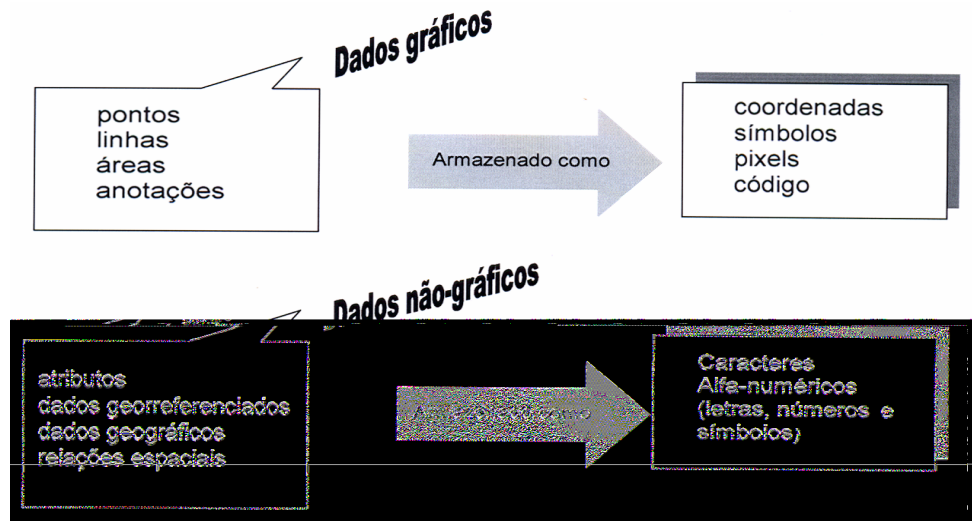


Figura 28 - SIG, uma planilha que acopla a bancos de dados gráficos e ou não gráficos, SEGANTINE (2001)

O SIG deve ser capaz de integrar, numa única base de dados, as informações oriundas de dados cartográficos, de censo e cadastro rural e urbano e outras fontes de informações; combinar vários tipos de dados para gerar diferentes formas de representação; possibilitar aos usuários as consultas, a recuperação e a visualização de bancos de dados.

A alimentação adequada de um SIG com produtos de levantamentos GPS é de extrema importância, por fornecer flexibilidade e eficiência na obtenção de coordenadas tridimensionais.

Um SIG deve oferecer a possibilidade de gerar documentos de diversas formas, para permitir a distribuição das informações recuperadas e calculadas. Em primeiro lugar, esses sistemas devem oferecer recursos flexíveis para a geração de relatórios, de maneira a permitir e apresentar as diversas informações que podem ser recuperadas publicou ALVES (1990).

Atualmente, o *hardware* associado a um SIG pode ser qualquer tipo de plataforma (desde PC ou *workstation* até minicomputador ou *mainframe*). Os

sistemas operacionais podem variar. São ainda requisitos essenciais alguns periféricos para entrada e saída de dados gráficos (por exemplo, *scanner*, mesa digitalizadora, *plotter*, impressora a cores e monitores gráficos).

O SIG tem a seu favor combinar os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto com o desenvolvimento metodológico da análise geográfica, para produzir um conjunto distinto de procedimentos analíticos que auxiliam no gerenciamento e na atualização constante das informações disponíveis, CALIJURI & RÖHM (1995):

Segundo KAGAN et al. (1992) apud (1998), os SIG têm um conjunto de propriedades positivas quando aplicados para operar modelos de transportes: integridade dos dados, quando o SIG está integrado aos modelos, permite a maior transparência dos aspectos físicos dos dados para o usuário; operações pré-incorporadas que eliminam ou simplificam tarefas manuais ou executadas em computadores isolados e não muito bem integrados; facilidade de edição e representação gráfica; tratamento da topologia que facilita operações de edição da base geográfica; minimização de custos com armazenamento e edição; facilidade de análise de tarefas difíceis de serem realizadas manualmente, como é caso de verificação do caminho mínimo.

O *software* é constituído, normalmente, por um produto comercial específico para o suporte de informação geográfica e, opcionalmente, por um programa que opere sobre banco de dados relacional. Na maior parte dos casos, este componente faz ainda parte dos programas escritos numa linguagem de



programação convencional ou própria do sistema de suporte dos dados geográficos.

A base de dados deve representar a realidade para garantir que a informação obtida possa dar apoio a processo de tomada de decisão. O usuário deve estar ciente dos produtos de análise que espera do auxílio desta ferramenta. O produto de uso de um *Sistema de Informação Geográfica (SIG)* depende de uma base cartográfica confiável, associada a uma escala e sistema de referência de coordenadas.

Efetivamente, as informações geográficas organizadas por temas têm sido tradicionalmente apresentadas sob a forma de mapas, desde as mais antigas civilizações. Recorrendo apenas a processos manuais, foi possível representar em folhas de papel o resultado de observações efetuadas sobre algumas características da superfície terrestre. Estas eram representadas por meio de pontos, linhas e áreas aos quais eram associados símbolos, cores e padrões, cujo significado era explicado numa legenda ou num texto.

Com base neste tipo de mapas era possível realizar alguns tipos de análise. As primeiras operações de análise efetuadas tinham caráter qualitativo, já por representar mera observação visual e na intuição de quem efetuava a análise. Nos mapas baseados numa escala era também possível realizar algumas operações de análise quantitativa, basicamente relativa ao cálculo de distâncias e áreas.

Contudo, a utilidade de mapas desenhados manualmente é limitada por diversos fatores. Um fator importante é o pouco detalhe que a generalidade dos mapas desse tipo possui; o custo de produção dos mapas desenhados

manualmente leva à adoção preferencial de uma escala pequena e, conseqüentemente, à representação da informação com um nível elevado de generalização. Paralelamente, mapas rapidamente se desatualizam: as alterações da realidade são freqüentes e é impossível redesenhar a totalidade de um mapa sempre que tal sucede.

Finalmente, as operações de análise espacial envolvendo diferentes temas são difíceis; apenas teoricamente é possível efetuar manualmente a análise do resultado da combinação de mapas relativos a temas diversos, na prática tal só é possível para volumes pequenos de informação.

Os computadores ampliaram a capacidade de suporte à informação espacial. Uma nova era iniciou-se na década dos 60, com a codificação digital da informação, que tradicionalmente, apenas era representada sob a forma de mapas. Contudo, só os avanços no campo da tecnologia informática alcançados no início da década dos 70, particularmente os relacionados com o acesso direto a discos, permitiram obter resultados significativos. Posteriormente, o enorme aumento de eficiência do processamento computacional permitiu o recurso a diversos tipos de análise espacial.

É possível distinguir quatro fases distintas na evolução do SIG, conforme publicada em COPPOCK et al. (1991). Estas se sobrepuseram no tempo porque ocorreram em momentos diversos, em diferentes países. Existem fatores que podem explicar tais diferenças, como por exemplo, as diferentes atitudes por parte dos detentores da informação geográfica e os diferentes papéis assumidos pelos desenvolvedores.

A primeira fase desenrolou-se entre o início da década dos anos 60 e meados dos anos 70.

A segunda fase, que durou até ao início da década dos anos 80, caracterizou-se por diversas experiências desenvolvidas e promovidas por organismos oficiais; as experiências e ações locais efetuaram-se de um modo muito independente e a duplicação de esforços foi freqüente.

Na terceira fase, até finais dos anos 80, predominou a atividade comercial. Na quarta e atual fase, a preocupação dominante centra-se nos utilizadores. Esta perspectiva é facilitada pela grande concorrência existente entre os numerosos vendedores de produtos destinados à realização de SIG e a preocupação crescente relativamente à normalização dos sistemas abertos. Para tal contribuem os consensos que entre os utilizadores quanto ao que deve ser, e como deve comportar-se um SIG.

Os primeiros SIG que foram desenvolvidos tinham como objetivos prioritários a produção automática de cartografia ainda que na época, tal como agora, apenas fosse possível uma produção assistida por computador relativa a temas da responsabilidade de alguns organismos oficiais. A esta abordagem, de mera substituição do trabalho manual por procedimentos automáticos, contrapôs-se a iniciativa de algumas Universidades. Nestas, a investigação dirigia-se principalmente no sentido da produção rápida de mapas, sem preocupações determinantes relativamente à sua qualidade e essencialmente para visualizar o resultado de modelações ou dados de arquivos grandes, como os *censos*.

Segundo SEGANTINE (2001), ao exprimir *geotecnologia* tem-se, necessariamente, que ter em mente as tecnologias GPS e SIG. O sistema GPS funciona como um elemento alimentador do posicionamento de feições ou de informações. Nos dias atuais, esta tecnologia é a maneira mais rápida e econômica de se obter a posição precisa de um determinado dado ou ponto, obter a área de uma região, estimar distância entre pontos, e outros tipos de informação que são úteis para o conhecimento da área de estudo. O SIG é a ferramenta à qual convergirão todas as informações geradas a partir do GPS.

Geoprocessamento compreende uma área de conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas juntamente com dados alfanuméricos (dados tabulares). Para esse fim utilizamos juntamente as ferramentas: Sistema de Informações Geográficas (SIG) e Sensoriamento Remoto, com destaque para o processamento digital de imagens. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) surgiu da necessidade de integrar dados alfanuméricos descritivos com sua representação gráfica, mais precisamente, cartográfica, para a realização do geoprocessamento. O geoprocessamento e suas ferramentas se mostram extremamente úteis nas avaliações espaciais em diversas áreas de estudos, e principalmente em tomadas de decisões.

Segundo ARAÚJO (1997), a necessidade de se obter informação que venham auxiliar a gerência e a tomada de decisões sobre vias tem se tornado cada vez mais importante. A necessidade de informação cresce rapidamente, é quase impossível atender tal demanda. Por exemplo, uma das necessidades relacionadas à gerência de vias é produzir mapas de localização e estado de

segmentos. O SIG permite operar rotinas que fixem listas de prioridades de intervenção (em adição aos relatórios), e mostrar a distribuição e a localização das seções e segmentos com forte impacto visual. O SIG tem recursos para integrar arquivos gráficos e grandes volumes de dados e informação de auxílio ao processo de gerência. A capacidade de integrarem dados e a interface gráfica, bem como de operar sobre informações referenciadas na geografia são vantagens associada ao uso desta tecnologia.

## **5.2 Uso de SIG em rodovias não-pavimentadas**

BLOSER et al. (2003) relatam que sessenta e cinco municípios do estado da *Pensylvania*, nos EUA, adotaram como ferramenta para gerenciamento e administração de rodovias não-pavimentadas o *Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcView GIS 3.2*. Classificaram-se mais de 30000km de rodovias não-pavimentadas num período de seis meses. O principal produto foi uma contribuição à identificação de 11.000 pontos de contaminação de ambiente e qualidade de água em córregos.

JUSI et al. (2003) citam a implementação de um Sistema de Gerência de Rodovias em Papua Nova Guiné, região do Pacífico. Foram analisados 19.937 km de vias importantes para a economia. Contribuiu-se para melhorar manutenção e gerência de rodovias, antes de controle muito precário. Os autores relatam, ainda, resultados de um aprendizado que mostra que o tempo para implementar um SIG não pode ser subestimado; a qualidade dos dados é a chave do sucesso; treinamento de recursos humanos é fundamental e deve ser contínuo; descentralizar operações é um desafio, e despenderá de muito

esforço; é necessário o monitoramento contínuo de custos e qualidade; programas e orçamentos devem ser disseminados e divulgados continuamente para garantir o controle e aperfeiçoamento.

Outro exemplo de uso de SIG é relatado em SECRETARIA DE COMUNICAÇÕES E TRANSPORTES DO MÉXICO (2003): O Instituto Mexicano de Transportes desenvolveu um programa para aperfeiçoar o manuseio custos de transporte em vias do Interior do México.

“A qualidade da operação de um SIG depende de uma base cartográfica confiável. Para tanto, deve estar em escala e referência de coordenadas coerentes. Chama-se “georreferenciamento” ao processo de associar as informações cartográficas a algum sistema de referência de coordenadas”.

ROSE (2001) relata o resultado de análise de potencial de uso de três programas para computador, que estão dentre os tradicionais, para operar SIG, ARCVIEW, TRANSCAD e UFOSNET. Os critérios adotados foram aspectos funcionais como dificuldade de aprendizado, possibilidade de customizar, características de operação, presença de rotinas padrão, presenças de rotinas avançadas e métodos específicos para tratamento de dados sobre transporte. Para o próprio autor, no presente momento, tais análises são efêmeras e não conclusivas porque a disseminação de conhecimento e da informática tornou acessível o uso de SIG.

### **5.3 Um SIG brasileiro**

Por verificar que a realidade de Prefeituras de municípios de pequeno porte e outros órgãos brasileiros dificulta a aplicação de recursos para obter licenças,

investir em treinamento e operar Sistema de Informação Geográfica, o Governo Brasileiro financiou o desenvolvimento de uma plataforma básica de SIG, o SPRING. O acesso ao SPRING é gratuito e visa atender a necessidade de técnicos, pesquisadores e órgãos públicos do Brasil.

O sucesso da atitude do Governo Brasileiro pode ser resumido no pacote de programas e na comunidade de troca de informações técnicas que se gerou em torno do SIG no Brasil (INPE-2004). Adotar o SPRING é agregar-se a um esforço brasileiro para disseminar o uso do SIG. Também, é agregar-se a um esforço coletivo para tornar viável o acesso à tecnologia mais atual para manuseio e processamento de dados para gerar informação e aperfeiçoar o uso de recursos do Brasil.

O INPE (INPE, 2004) ministra cursos, mantém e atualiza na INTERNET o programa para computador SPRING para distribuição. Está disponível um conjunto de informações atualizadas sobre usos deste SIG. Também, o INPE media grupos de trabalho para troca de experiências, disseminação e ampliação de tipo e número de aplicações para processamento de dados referenciados na comunidade que o SPRING se constituiu.

Em síntese, a existência e disseminação do SPRING facilitam o acesso a programa de computador eficaz e eficiente para processar dados geográficos e fazer visualizar informação que contribua para decisões nas cidades brasileiras, acessível às cidades pequenas, com custos baixos – um SIG brasileiro.

## 6 Estudo de Caso

---

Este capítulo contém o estudo de caso. Foram dois tópicos: a hierarquização de prioridades de intervenção, e o uso de GPS e SIG para apoio à manutenção de rodovias não-pavimentadas. No primeiro tópico, as ações relatadas foram obter opiniões sobre qualidade de viagens, obter escalas de classificação, comparar escalas, e hierarquizar necessidades de intervenção. No segundo, obter base cartográfica, demarcar as rodovias, desenvolver processos e inserir arquivos no SPRING.

Para mostrar as possibilidades de montar banco de dados e documentar a classificação e hierarquização de necessidades de manutenção de rodovias não-pavimentadas para um ciclo de um ano em prefeituras de cidades de pequeno porte, foi escolhida a plataforma SIG e o *software* indicado foi o SPRING. A plataforma SIG ficou encarregada de coletar, preparar e introduzir dados sobre rodovias não-pavimentadas para ilustrar o potencial que um banco de dados e um programa de computador podem ter para contribuir na classificação de hierarquização de manutenção em rodovias não-pavimentadas.

O estudo de caso deu-se na cidade de Nova Europa, estado de São Paulo.



Segundo WIKIPEDIA (2005), Nova Europa, estado de São Paulo, é município localizado na latitude em 21°46'42" Sul e na longitude 48°33'39" Oeste, altitude média de 490 metros. A Figura 29 ilustra a localização de Nova Europa.

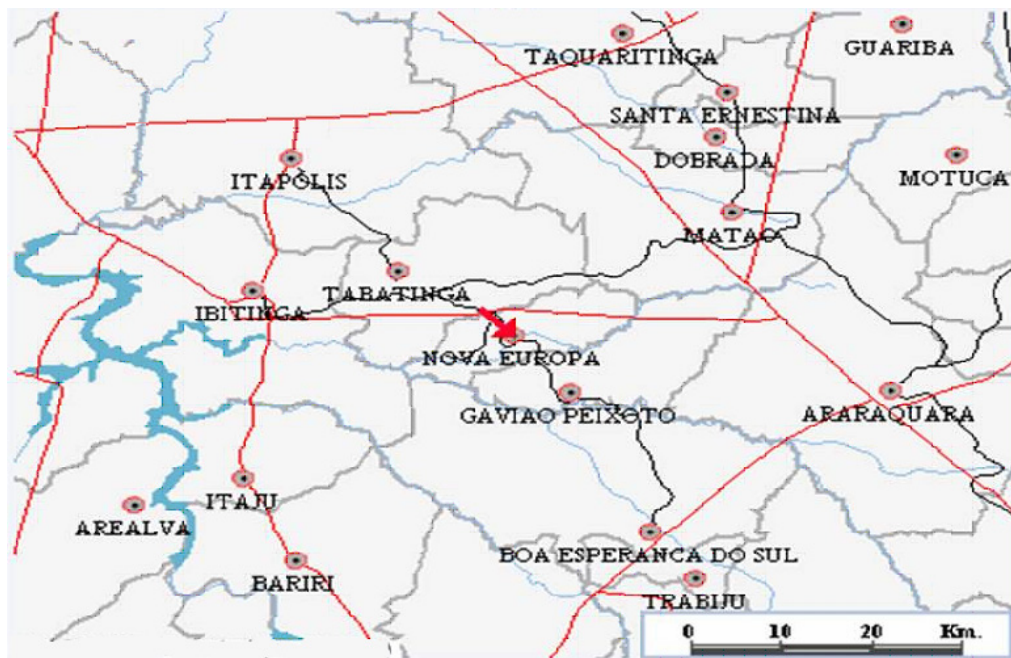


Figura 29 - Localização do município de Nova Europa, estado de São Paulo

Segundo IBGE (2005), Nova Europa, em 2003, teria 160,88km<sup>2</sup> de área, 8.295 habitantes, 6.475 residentes na área urbana, 1.577 veículos, 1.145 automóveis, 279 camionetas, 153 caminhões.

Justifica a escolha de Nova Europa para testes do que se expôs nos capítulos anteriores o fato de que o Município pôde ser adotado como uma amostra de oportunidade para verificar a hierarquização de necessidades de manutenção de rodovias não pavimentadas porque:

- a) o município tem características geográficas, demográficas e sociais que o classificam como cidade pequena (menos de 20.000 habitantes);
- b) a região do Centro Noroeste do estado de São Paulo tem economia que depende de rodovias não-pavimentadas, determinada pela agricultura e pecuária, que associada ao nível cultural e interesse de seus habitantes favoreceu levantamentos por entrevistas a prefeitos, técnicos nas prefeituras, moradores e usuários de rodovias;
- c) o autor deste trabalho nasceu e cresceu na região, o que favorece o relacionamento necessário para obter a colaboração para tornar viável o conhecimento de características e dados que refletissem o pensamento de pessoas sobre comportamento de rodovias;
- d) autoridades e técnicos do Município foram predispostos a colaborar no levantamento de dados e fornecimento de recursos que auxiliariam a coleta.

Para ilustrar, a “planta” da Figura 30 é usada pelos técnicos da prefeitura de Nova Europa, é um documento único, sem um original para reprodução. O documento é precário, deficiente de dados como: coordenadas, dimensões, curvas de nível e com deformações de escala.

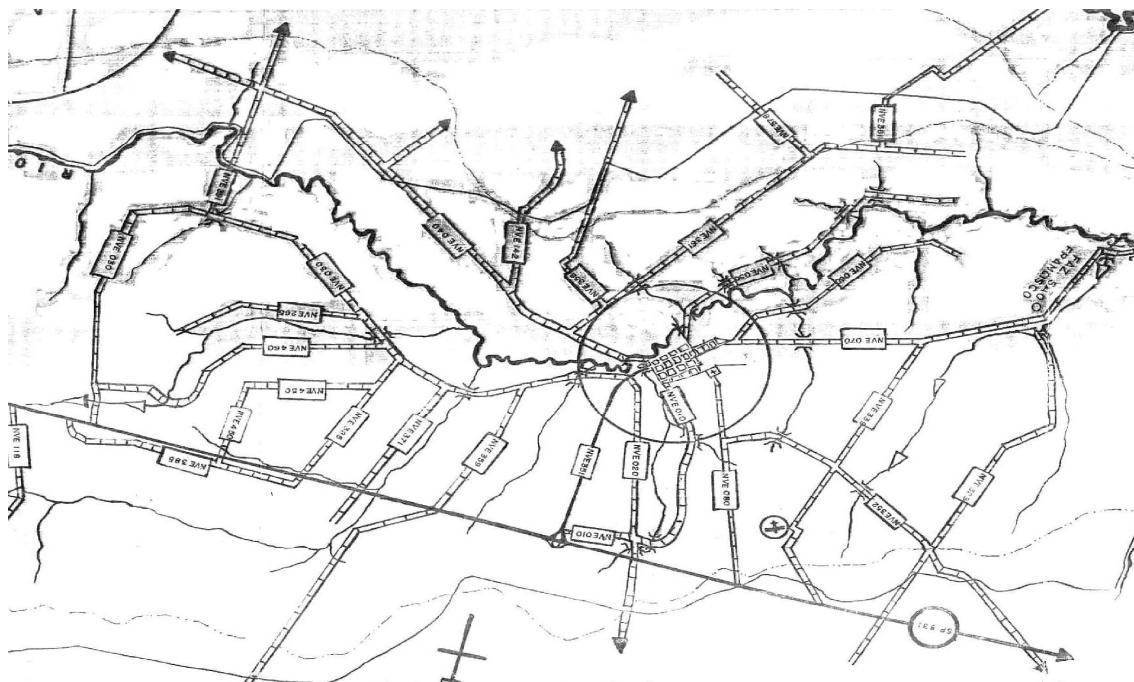


Figura 30 - A planta adquirida na prefeitura da cidade de Nova Europa

Mesmo conhecendo o município é difícil usar tal planta para localizar rodovias em Nova Europa. Mas, até este ano de 2005 é a referência sobre as rodovias não-pavimentadas de Nova Europa.

A extensão das rodovias não-pavimentadas estudadas neste trabalho é de 58,197 km, e elas foram nomeadas, segundo terminologia da própria prefeitura, por **NvE-XX**, conforme ilustra a Tabela 4, e discriminados o nome e a extensão.

Tabela 4 - Nome das rodovias não-pavimentadas de Nova Europa

Nome da Rodovia	Extensão (km)	Nome da Rodovia	Extensão (km)
NvE-010	3,829	NvE-352	3,340
NvE-020	3,045	NvE-358	1,402
NvE-030	11,315	NvE-359	4,587
NvE-050	3,540	NvE-361	6,402
NvE-050a	0,672	NvE-371	2,299
NvE-060	4,406	NvE-385	2,895
NvE-080	2,827	NvE-450	1,823
NvE-265	2,645	NvE-460	3,170

## **6.1 Hierarquização das prioridades de intervenção nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa**

Hierarquizar a prioridade de intervenção nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa constou de:

- a) levantamento de dados por entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas do Município visando obter sua opinião sobre a qualidade de viagem e observação de componentes da rodovia onde se locomovia;
- b) processamento de dados para obter as escalas de classificação das variáveis observadas;
- c) hierarquização das necessidades de intervenção.

### **6.1.1 Obtenção de distribuições de opiniões**

As ações visando obter as opiniões sobre a qualidade de viagens e suas relações com componentes nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa foram:

- a) identificar os componentes da rodovia e defeitos que poderiam ser observados do ponto de vista de quem viajava para classificar a interferência sobre a viagem;
- b) desenvolver questionários para que os entrevistados emitissem suas opiniões.;
- c) entrevistar habitantes e produtores da zona rural de Nova Europa.

Optou-se por classificar a qualidade de viagens usando a questão “as estradas estão boas?”. Às classes de respostas associou-se “muito ruins”; “ruins”, “mais ou menos”, “boas” e “muito boas”.

Para identificar os componentes a observar, verificaram-se na prefeitura de Nova Europa quais as reclamações e quais os serviços eram rotineiramente executados durante a manutenção. As análises sobre os relatos de manutenção levaram às seguintes ocorrências a observar:

- a) “superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo”,
- b) “buracos e poeira”,
- c) “modificações que provocam perda de função de perfil transversal”,
- d) “sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda”,
- e) “buracos, panelas, ondulações transversais ou costelas de vaca”, “inversão ou falta de transição de superelevação”,
- f) “sulcos por erosão”,
- g) “atoleiro” ,
- h) “lombadas em bueiros ou pontes”,
- i) “retenção de água nas laterais”;
- j) “equipamentos de drenagem sujos, por exemplo, bueiros, etc.”

O Anexo I, ilustra os questionários adotados. Observe-se que eles contêm ilustrações cuja finalidade foi facilitar o entendimento, pelo entrevistado, do tópico a que se referia a pergunta. O critério para classificar defeitos foi à dificuldade que habitante, ou produtor, rural declarava para a sua dificuldade de trafegar pelas rodovias não-pavimentadas e a relação com a dificuldade de dirigir, ou desconforto, ou falta de segurança em viagem.

A abordagem dos entrevistados se deu, quase na totalidade, que se realizaram durante o segundo semestre de 2004 e primeiro de 2005 em Nova Europa:

- a) com a colaboração de autoridades e líderes de Nova Europa avisaram-se os entrevistados que compareceram a reuniões;
- b) expunham-se as finalidades do levantamento que se faria;
- c) monitores, via de regra líderes e funcionários da Prefeitura, previamente treinados explicavam cada questão e solicitavam a opinião de cada entrevistado.
- d) Foram entrevistados 126 usuários das rodovias não-pavimentadas.

A Tabela 5 resume resultados da coleta de respostas às entrevistas, ou seja, número de ocorrências de opiniões emitidas por usuários de rodovias não-pavimentadas e qualidade de viagens em Nova Europa.

**Tabela 5 - Resultados de entrevistas para obter opiniões sobre qualidade de viagem nas rodovias, e a percepção da importância de defeitos na qualidade de viagem em rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, em número de respostas**

As estradas estão boas?	Muito ruins	Ruins	Mais ou menos	Boas	Muito Boas
	16	38	32	26	14
	Demais	Um pouco	Está bom	Quase nada	Nada
Superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo	35	22	27	29	13
Buracos e poeira	27	45	16	20	18
Modificações que provocam perda de função de perfil transversal	11	17	18	67	13
Sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda	22	24	35	41	4
Buracos, painelas, ondulações transversais ou costelas de vaca	34	35	26	16	15
Inversão ou falta de transição de superelevação	6	9	12	62	37
Sulcos por erosão	14	26	19	48	19
Atoleiro	25	33	36	15	17
Lombadas em bueiros ou pontes	5	35	25	20	41
Retenção de água nas laterais de rodovias não-pavimentadas	23	35	25	20	23
Equipamentos de drenagem, bueiros, por exemplo, sujos.	37	31	24	25	9

### 6.1.2 Obtenção das escalas de classificação

A Tabela 6 resume um exemplo de estimativa de ordenas e abscissas da curva de Gauss que representa os parâmetros da distribuição normal que caracteriza as ocorrências de respostas sobre a qualidade de viagens decorrentes de escala para classificação da qualidade de viagem nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa a partir de opiniões dos usuários.

**Tabela 6 – Estimativa de ordenadas de escala para classificação da qualidade de viagem nas rodovias não-pavimentadas de Nova Europa**

	<b>Muito Ruins</b>	<b>Ruins</b>	<b>Mais ou menos</b>	<b>Boas</b>	<b>Muito boas</b>
Frequência	<b>16</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>26</b>	<b>14</b>
Proporção ( $p_2 - p_1$ )	0,1270	0,3016	0,2540	0,2063	0,1111
Proporção abaixo ( $p_1$ )	0,0000	0,1270	0,4286	0,6825	0,8889
Proporção abaixo da categoria ( $p_2$ )	0,1270	0,4286	0,6825	0,8889	1,0000
Ordenada do limite menor ( $y_1$ )	0,0000	0,2073	0,3912	0,3577	0,1877
Ordenada do limite maior ( $y_2$ )	0,2073	0,3912	0,3577	0,1877	0,0000
( $y_1 - y_2$ )	-0,2073	-0,1839	0,0335	0,1699	0,1877
$z$	-1,6325	-0,6098	0,1321	0,8235	1,6896
$z$ (correspondente a $y_1$ )	-3,1259	-1,1575	-0,1704	0,4827	1,2513
$z$ (correspondente a $y_2$ )	-1,1575	-0,1704	0,4827	1,2513	3,1259
<b>Ordenadas Y</b>	0,0000	0,2073	0,3912	0,3577	0,1877
<b>Abcissas z</b>	-3,1259	-1,1575	-0,1704	0,4827	1,2513

A Figura 31 ilustra a curva de Gauss representativa de distribuição normal obtida com ordenadas estimadas com uso de aproximação sugerida em MORGAN (1950).

A escala de classificação da qualidade de viagem em rodovias não-pavimentadas de Nova Europa pode ser representada graficamente pelos intervalos de escores  $z$ , abscissas da curva de Gauss, também anexada à Figura 31.



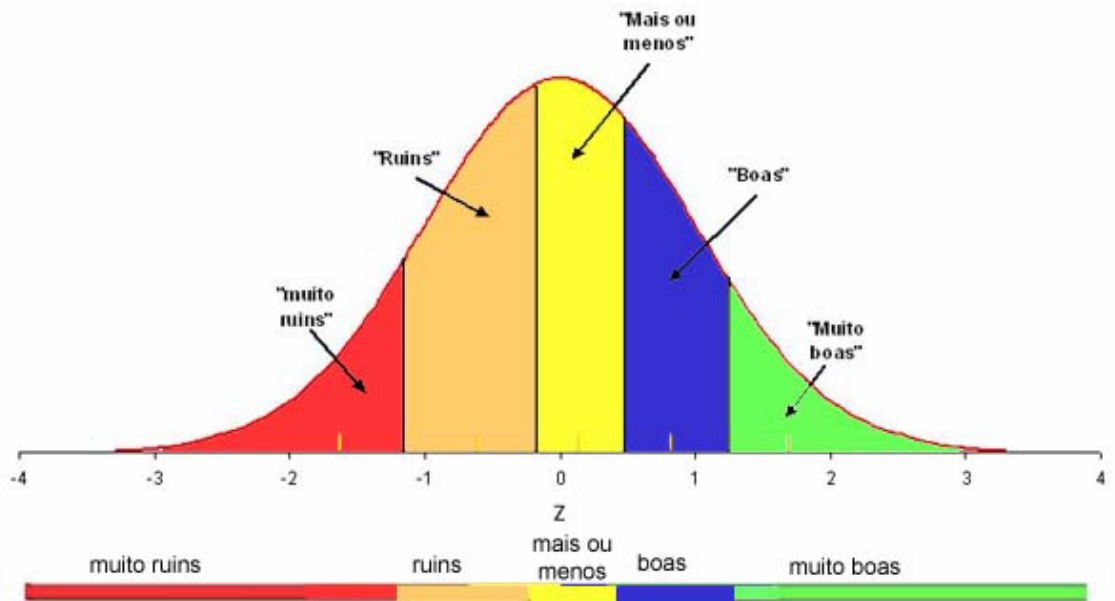


Figura 31 - Distribuição normal e escala para classificação de manutenção de rodovias não-pavimentadas, obtida de entrevistas a usuários de vias em Nova Europa

As Figura 32 até a Figura 42 ilustram a distribuição normal de ocorrências de respostas sobre qualidade de viagem e as escalas de classificação para o experimento nas vias não-pavimentadas em Nova Europa.

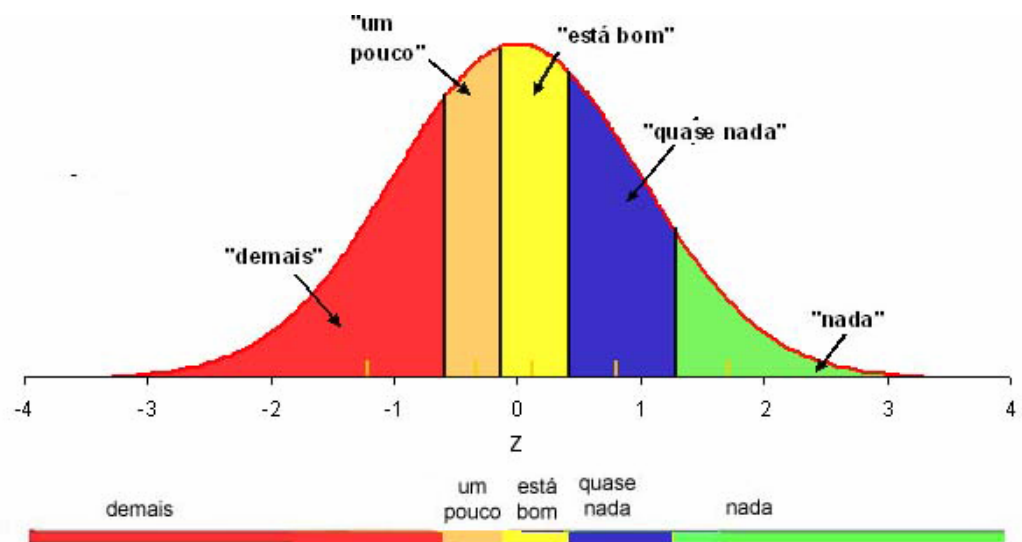


Figura 32 – Distribuição normal e escala de qualidade, obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo”

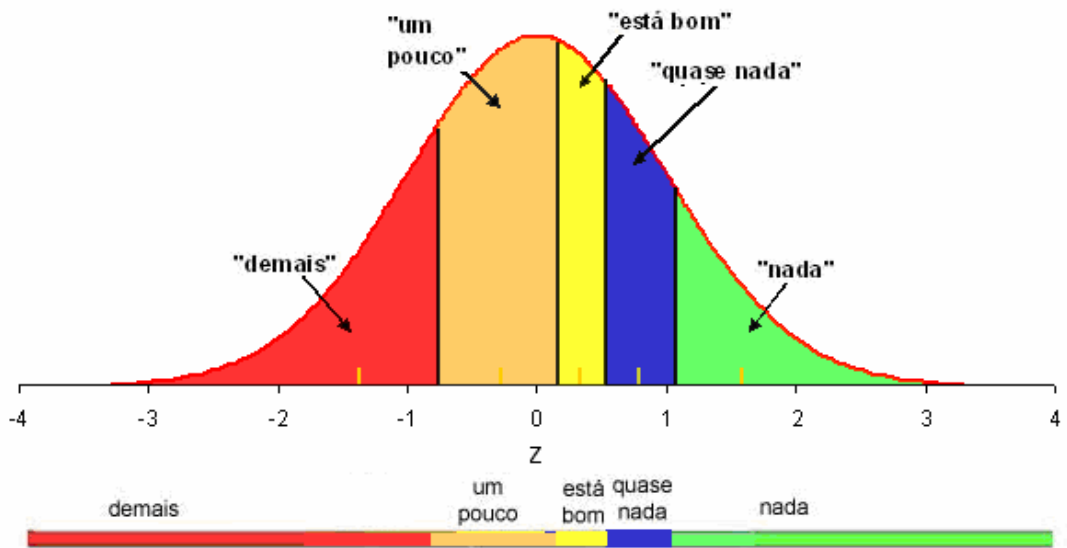


Figura 33 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “buracos e poeira”

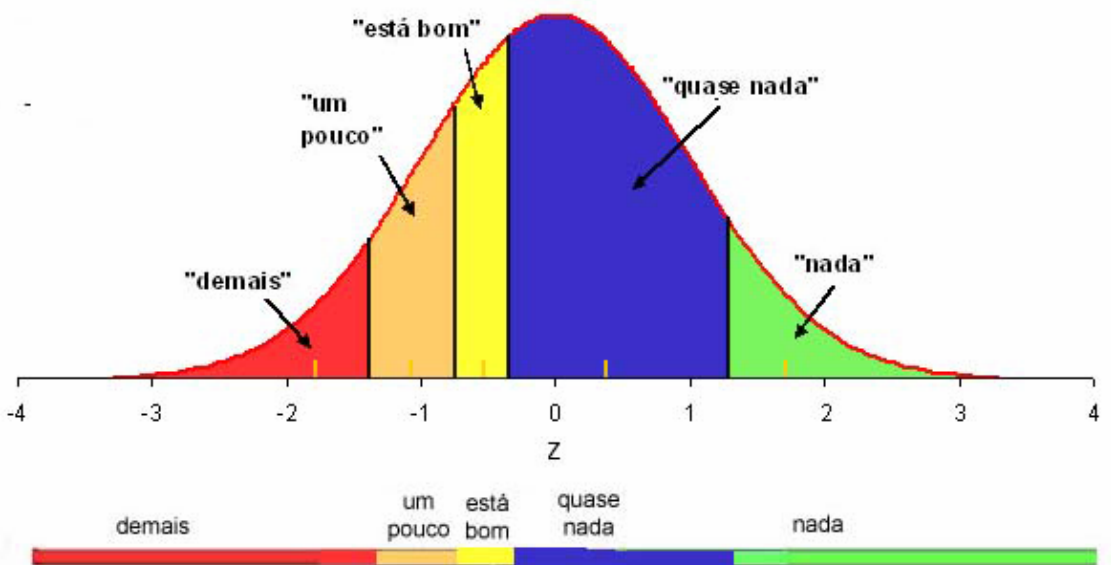


Figura 34 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “modificações que provocam perda de função de perfil transversal”

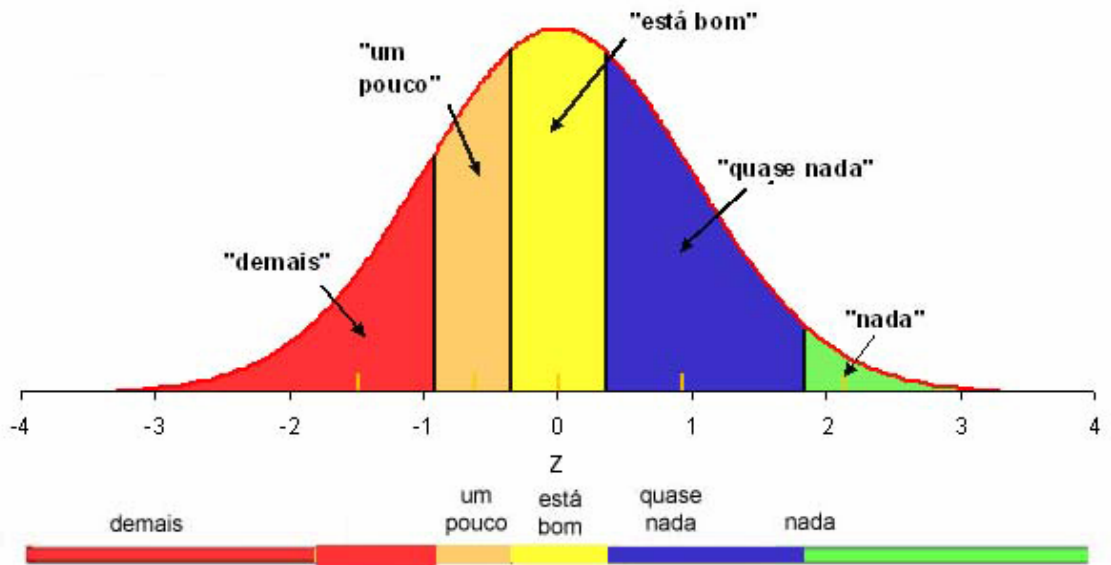


Figura 35 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeito “sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda”

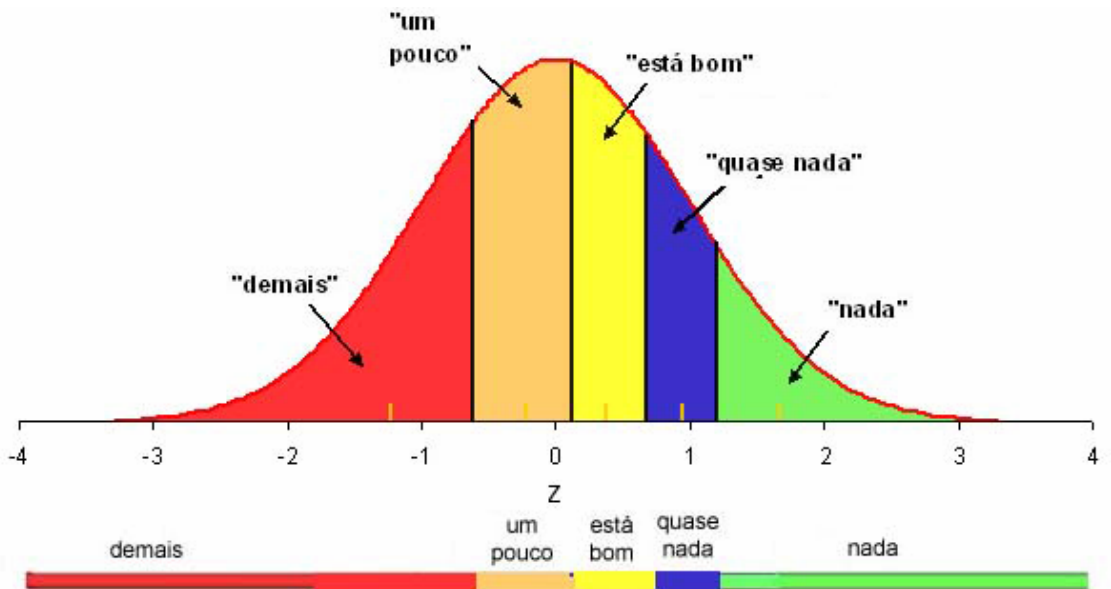


Figura 36 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “buracos, painéis, ondulações transversais ou costelas de vaca”

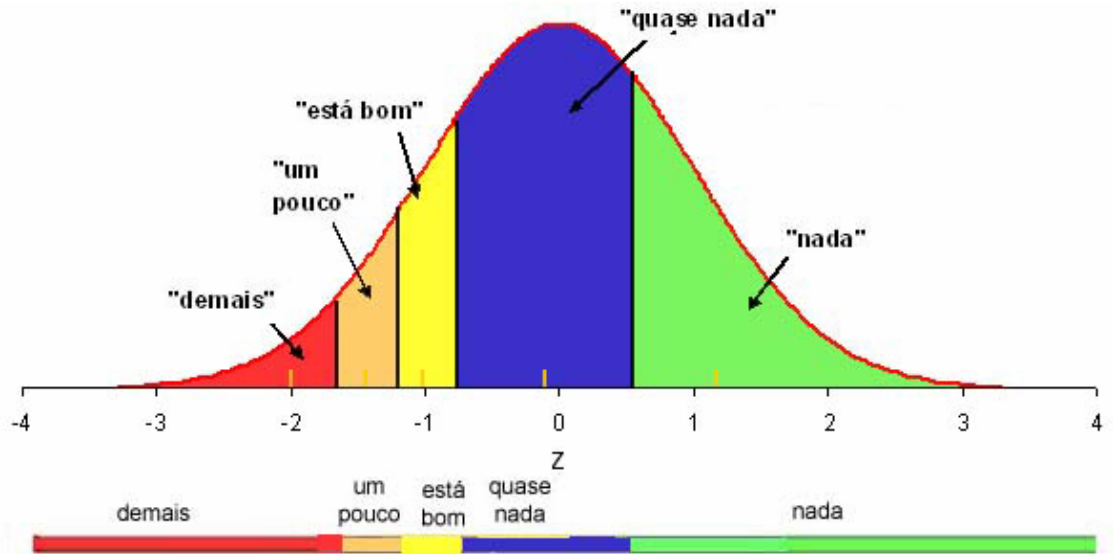


Figura 37 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “inversão ou falta de transição de superelevação”

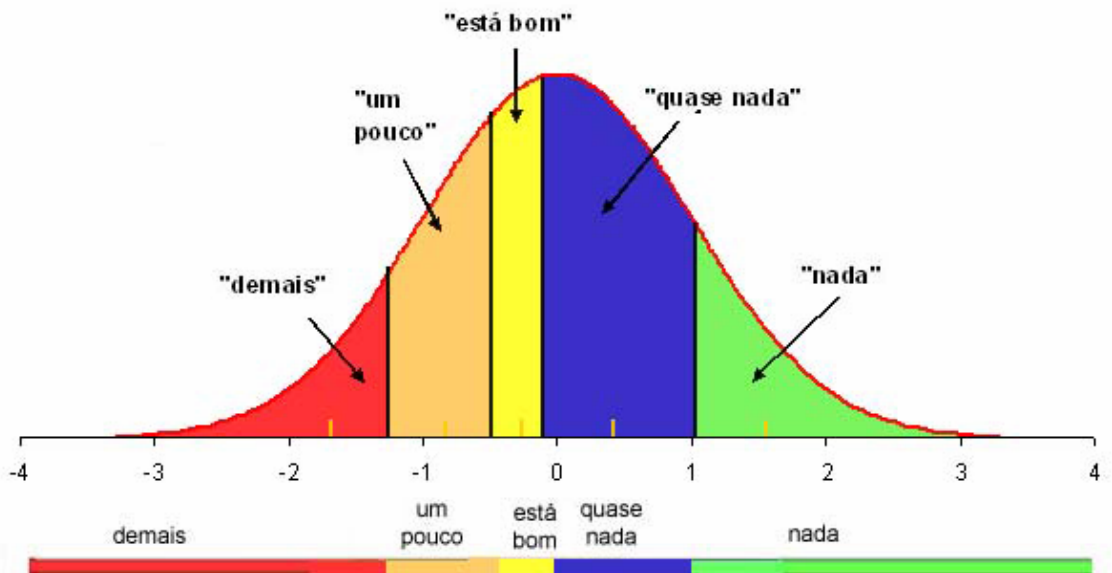


Figura 38 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “sulcos por erosão”

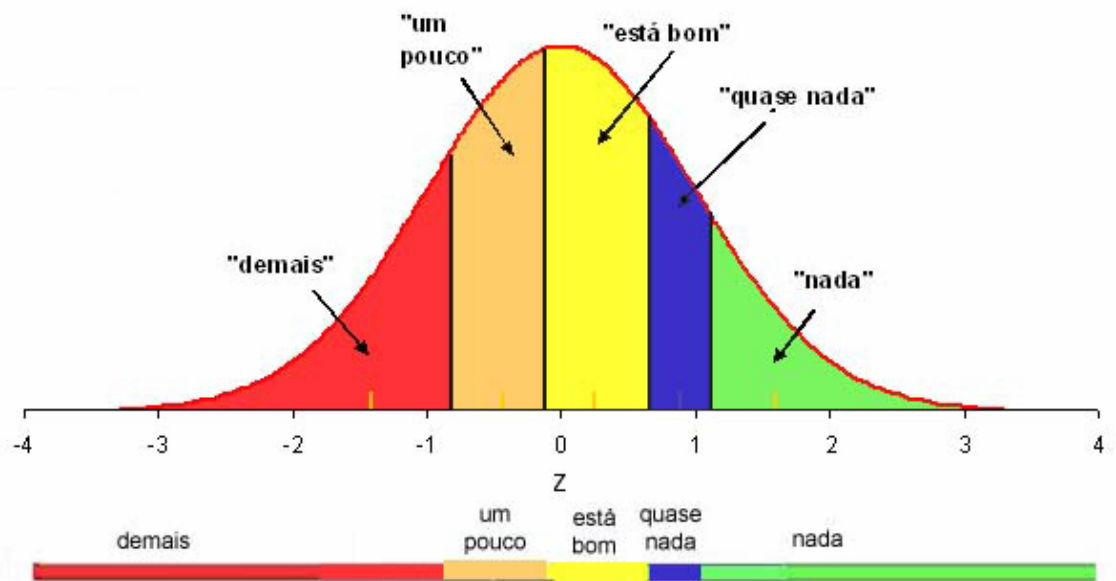


Figura 39 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “atoleiros

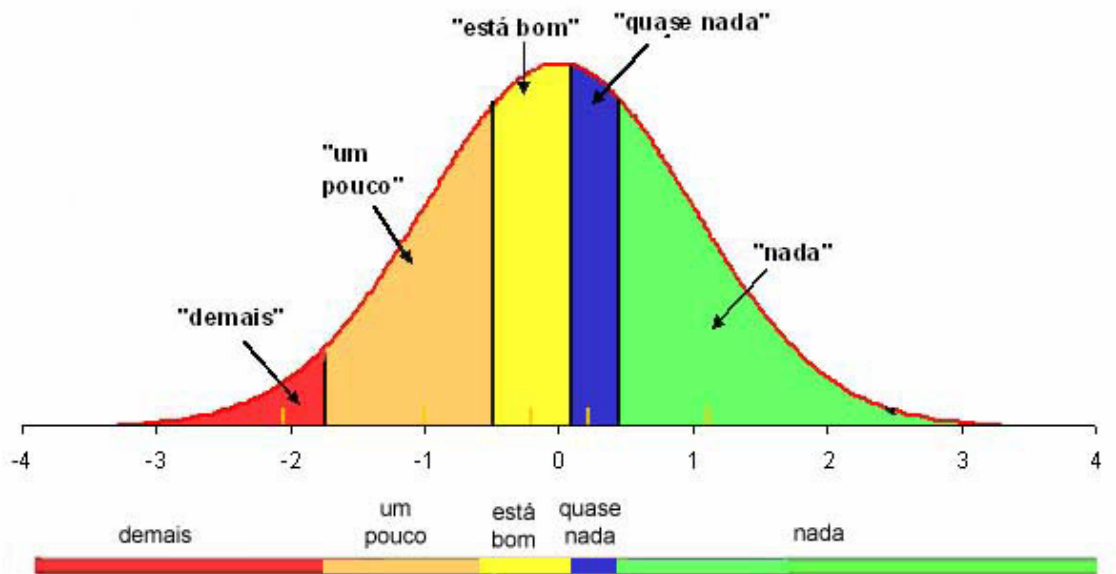


Figura 40 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “lombadas em bueiros e pontes”

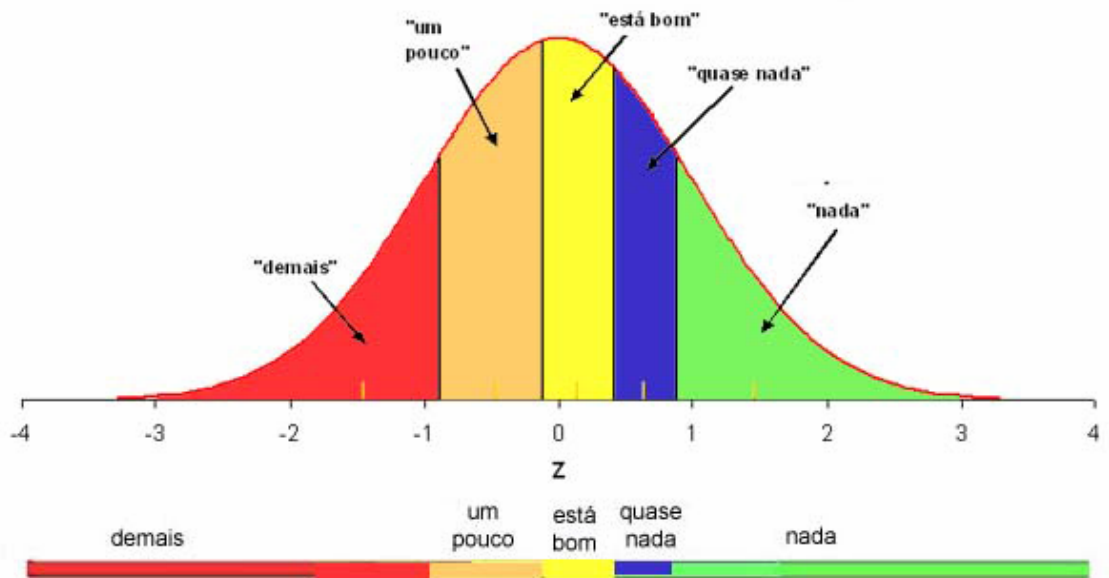


Figura 41 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “retenção de água nas laterais”

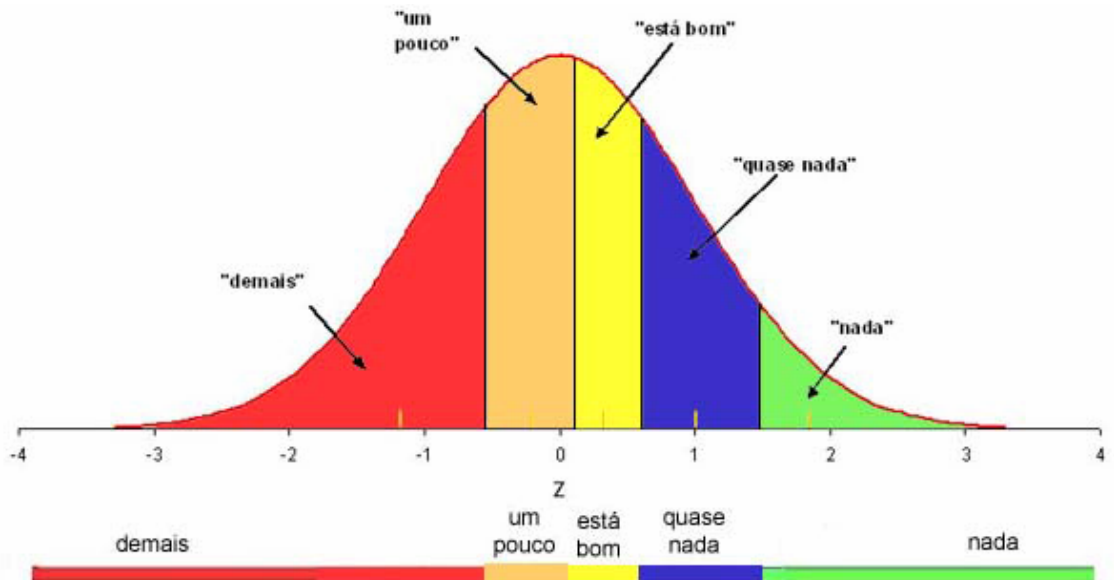


Figura 42 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, defeitos “equipamentos de drenagem, por exemplo, bueiros e valetas sujos”

A Tabela 7 resume os escores z, suas somas, abscissas da função de distribuição normal para classificação de qualidade de viagem e defeitos de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa.

**Tabela 7 - Escores z, e suas somas, abscissas da função de distribuição normal em função de necessidade de manutenção de rodovias não-pavimentadas em Nova Europa**

Opiniões sobre qualidade de viagem	Muito ruins	Ruins	Mais ou menos	Boas	Muito Boas	Extremo	Soma de escores
Escores z	-3,1259	-1,1575	-0,1704	0,4827	1,2513	3,1259	0,4060
Opiniões sobre dificuldade que defeito impõe sobre a condução de veículo	Demais	Um pouco	Está bom	Quase nada	Nada	Extremo	Soma de escores
Superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo	-3,1259	-0,5874	-0,1337	0,4278	1,294	3,1259	1,0007
Buracos e poeira	-3,1259	-0,7676	0,1703	0,5281	1,0677	3,1259	0,9985
Modificações que provocam perda de função de perfil transversal	-3,1259	-1,3941	-0,7436	-0,3401	1,2989	3,1259	-1,1789
Sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda	-3,1259	-0,9128	-0,3401	0,3638	1,8388	3,1259	0,9497
Buracos, painéis, ondulações transversais ou costelas de vaca.	-3,1259	-0,6143	0,1267	0,677	1,2039	3,1259	1,3933
Inversão ou falta de transição de superelevação	-3,1259	-1,6566	-1,2042	-0,7676	0,5502	3,1259	-3,0782
Sulcos por erosão	-3,1259	-1,2516	-0,4829	-0,1065	1,0256	3,1259	-0,8154
Atoleiro	-3,1259	-0,82	-0,1157	0,656	1,1117	3,1259	0,832
Lombadas em bueiros ou pontes	-3,1259	-1,7356	-0,4829	0,094	0,4594	3,1259	-1,6651
Retenção de água nas laterais de rodovias não-pavimentadas	-3,1259	-0,8797	-0,1157	0,4119	0,8795	3,1259	0,296
Equipamentos de drenagem, bueiros, por exemplo, sujeitos	-3,1259	-0,5503	0,1156	0,6142	1,4886	3,1259	1,6681

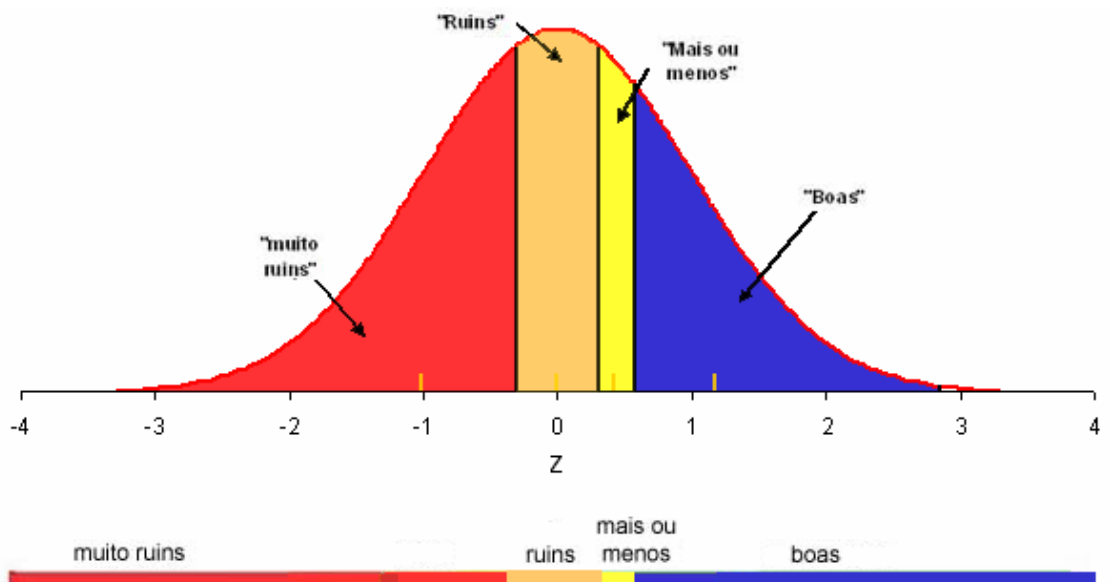
### 6.1.3 Comparação entre escalas

Escalas de classificação podem ser comparadas com a escala que classifica o conjunto de opiniões sobre qualidade de viagens, ou entre classificações de defeitos do ponto de vista de qualidade de viagens (percepção pelos entrevistados) como os exemplos que se seguem.

Durante as entrevistas, 32 dos respondentes estiveram entre os usuários da rodovia NVE-030 Córrego do Barreiro - SP331. Assim, a Tabela 8 resume a distribuição de respostas obtida para a qualidade de viagens por esta rodovia. E a Figura 43 ilustra a distribuição normal e escala correspondentes. A Tabela 9 contém os escores z e sua soma para a NvE030.

**Tabela 8 - Resultados de entrevistas para obter opiniões sobre a qualidade de viagem na rodovia NVE 030 Córrego do Barreiro – SP 331, de Nova Europa**

Opiniões	Muito ruins	Ruins	Mais ou menos	Boas	Muito Boas
Número de ocorrências	12	8	3	9	0



**Figura 43 – Distribuição normal e escala obtida de entrevistas a usuários da para a NVE-030 Córrego do Barreiro, de Nova Europa.**



A Tabela 9 contém Escores z e sua soma para a NvE030, de Nova Europa.

**Tabela 9 - Escores z e sua soma para a NVE030, de Nova Europa**

Opiniões sobre qualidade de viagem	Muito ruins	Ruins	Mais ou menos	Boas	Muito Boas	Extremo	Soma de escores
	-3,1259	-0,3105	0,3103	0,5838	2,8533	3,1259	3,4369

A comparação soma de escores “3,4369” (Tabela 9), associado à qualidade de viagem da rodovia não-pavimentada NVE030, com o escore “0,4060” (Tabela 7), de todo o conjunto de rodovias não-pavimentadas de Nova Europa indicaria que a distribuição de respostas dos 32 avaliadores sobre que sua conservação tem qualidade avaliada como inferior às outras rodovias não-pavimentadas. Isso define uma hierarquia de necessidade intervenção: a NvE030 exige mais ação para melhoria de qualidade de viagens que a média das rodovias de Nova Europa.

Na prática, isto pode, na maioria das vezes, ser mais bem visualizado utilizando as representações gráficas escalas obtidas a partir da curva de distribuição normal.

A Figura 44 ilustra o fato acima citado, e a prática que pode ser adotada para visualizar a posição relativa de informação sobre qualidade de viagens ou prioridade de intervenções sobre defeitos.

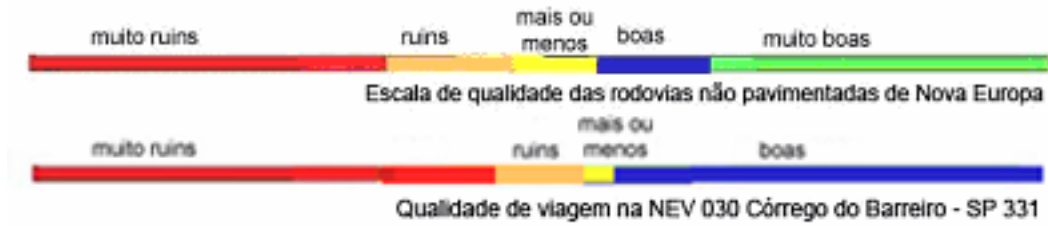


Figura 44 – Comparação entre escalas para todos os segmentos observados e para a NvE-030, desvio à esquerda do leitor, melhor qualidade de viagem do ponto de vista dos avaliadores

O que se mostrou pode ser também usado para comparar opiniões sobre qualidade de viagem em duas épocas diferentes ou outras hipóteses. Por exemplo, comparar escalas sobre tipos de defeitos:

Se por hipótese se deseja tomar a decisão sobre onde a necessidade de intervenção é maior, na recuperação de “buracos e poeira”, ou “lombadas antes de bueiros e pontes” pode-se lançar mão das representações gráficas das escalas de classificação.

A inspeção visual (e subjetiva) sobre a Figura 45 sugeriria a ocorrência de pior associação à qualidade de viagens à variável “buracos e poeira”, e a prioridade de intervenção nas características de rodovia associadas a essa variável.

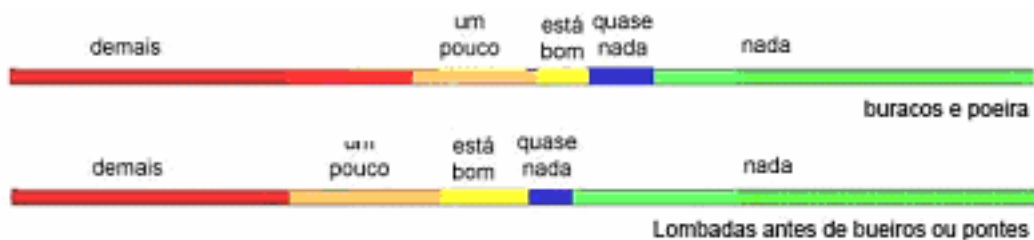


Figura 45 – Comparação entre escalas de classificação: “buracos e poeira” e “lombadas antes de bueiros e pontes”

Mas, o caráter subjetivo da fixação da hierarquia usando representações gráficas de escalas (Figura 46) pode dificultar a decisão sobre prioridades: por exemplo, na hipótese de se tentar hierarquizar “solo solto que provoque derrapagem” e “equipamentos para drenagem sujos”, a restrição à qualidade de viagens associada à ocorrência de “demais” poderia gerar dúvidas. Nestes casos a soma de escores pode ser uma variável que auxilie as decisões.



Figura 46 – Comparação entre escalas de classificação: “solo solto que provoque derrapagem” e “equipamentos para drenagem sujos”

#### 6.1.4 Hierarquia da necessidade de intervenções sobre defeitos nas vias não-pavimentadas de Nova Europa

A Tabela 10 resume a ordem decrescente de necessidade de ações para intervenção de manutenção sobre defeitos para melhoria da qualidade de viagem das rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, obtida a partir da ordenação da soma de escores z.

**Tabela 10 - Ordem decrescente de necessidade ações sobre defeitos para melhoria de a qualidade de viagem de vias não-pavimentadas em Nova Europa**

<b>Tipo de defeito</b>	<b>Soma de escores</b>	<b>Ordem de necessidade de intervenção</b>
<b>Equipamentos de drenagem, por exemplo, bueiros, e canaletas sujos.</b>	1,6681	<b>1</b>
<b>Buracos, panelas, ondulações transversais ou costelas de vaca.</b>	1,3933	<b>2</b>
<b>Superfície com solo solto que provoque a derrapagem de veículo</b>	1,0007	<b>3</b>
<b>Buracos e poeira</b>	0,9985	<b>4</b>
<b>Sulcos longitudinais ou afundamento de trilha de roda</b>	0,9497	<b>5</b>
<b>Atoleiro</b>	0,832	<b>6</b>
<b>Retenção de água nas laterais de rodovias não-pavimentadas</b>	0,296	<b>7</b>
<b>Sulcos por erosão</b>	-0,8154	<b>8</b>
<b>Modificações que provocam perda de função de perfil transversal</b>	-1,1789	<b>9</b>
<b>Lombadas em bueiros ou pontes</b>	-1,6651	<b>10</b>
<b>Inversão ou falta de transição de superelevação</b>	-3,0782	<b>11</b>

Ou seja, o que se expõe na Tabela 10 fornece a hierarquia de necessidade de intervenção sobre defeitos para melhoria de qualidade de viagens nas rodovias não-pavimentadas em Nova Europa, informação que contribui para orientar decisões sobre a sua manutenção, uma parcela do objetivo deste trabalho.

## **6.2 Uso de GPS e SIG para apoio a manutenção de rodovias não-pavimentadas**

Usar SIG implica ter uma base cartográfica georreferenciada para demarcar os elementos gráficos que se associam às rodovias, demarcar e inserir arquivos de interesse. O GPS foi útil para georreferenciar as plantas usadas para obter a base cartográfica e obter coordenadas de pontos que caracterizam as rodovias.

### **6.2.1 Obtenção de base cartográfica**

Para sair do ciclo provocado pela falta de plantas, partiu-se da hipótese que plantas provenientes de órgãos públicos poderiam preencher essa lacuna. Verificou-se que o IGC-SP (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo – [www.igc.sp.gov.br](http://www.igc.sp.gov.br) ) possuiria e forneceria cópias a custo baixo: para cobrir a área do município de Nova Europa foram 11 plantas, e em fevereiro de 2005, adquiri-las e digitaliza-las orçou R\$350,00 (trezentos e cinquenta reais).

As plantas do IGC-SP são caracterizadas por coordenadas planas cartesianas no sistema UTM, referência horizontal em Córrego Alegre-MG, referência vertical no Marégrafo de Imbituba-SC, coeficiente de deformação linear  $K=1,0003254591$  no Meridiano Central  $51^\circ$ , Fuso 22 do ano de 1992. As plantas do IGC-SP têm escala 1:10.000.

Usar plantas do IGC-SP em papel já facilitaria mapear rodovias. Mas, a dependência do manuseio de papel, a dificuldade de cópias e o trabalho manual para operar e anotar dados são restrições à produção de informação. Isto orientou para a necessidade de montar um mosaico de plantas digitalizado, que cobrisse o município de Nova Europa.

A Figura 47 é uma imagem reduzida das 11 plantas do IGC-SP, digitalizadas e montadas para constituir o mosaico que cobre o município de Nova Europa.



**Figura 47 – Mosaico de plantas montado a partir de plantas do IGC-SP, para Nova Europa SP**

Há a ressaltar que se digitalizou planta a planta, e para obter o mosaico do município de Nova Europa, manuseou-se o conjunto de onze arquivos para obter um único documento em computador.

As coordenadas das rodovias do município de Nova Europa foram determinadas em campo, usando um receptor GPS portátil, do tipo *navegação*, cuja precisão “nominal” do posicionamento absoluto é de 10 metros, precisão que atente perfeitamente o objetivo desse trabalho.

As Tabela 11 e Tabela 12 resumem as coordenadas das rodovias de Nova Europa, (N, E), determinadas com uso de GPS navegação, em campo, no período do segundo semestre de 2004 e primeiro de 2005.

Tabela 11 – Coordenadas das rodovias não-pavimentadas de Nova Europa SP – parte 1

<b>NvE-010</b>		<b>NvE-040</b>		<b>NvE-060</b>		<b>NvE-361</b>	
<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
752.354	7.592.420	752.662	7.589.995	751.494	7.589.396	753.461	7.589.772
751.086	7.592.378	752.662	7.590.000	751.300	7.589.027	751.563	7.586.608
751.076	7.591.975	754.196	7.589.608	751.060	7.588.856	748.894	7.586.126
751.304	7.591.731	754.544	7.589.360	750.867	7.588.713	<b>NvE-371</b>	
751.376	7.590.758	754.867	7.588.426	750.410	7.587.850	<b>E</b>	<b>N</b>
752.038	7.590.245	<b>NvE-050</b>		749.700	7.587.518	754.659	7.590.770
<b>NvE-020</b>		<b>E</b>	<b>N</b>	749.455	7.587.638	755.140	7.592.512
<b>E</b>	<b>N</b>	752.018	7.589.559	749.100	7.587.740	755.245	7.592.993
751.201	7.593.220	752.186	7.589.138	749.243	7.588.782	<b>NvE-385</b>	
751.425	7.592.482	752.215	7.589.106	<b>NvE-080</b>		<b>E</b>	<b>N</b>
751.845	7.591.348	752.168	7.588.952	<b>E</b>	<b>N</b>	755.329	7.590.572
752.236	7.590.358	751.971	7.588.758	751.264	7.590.192	755.686	7.591.926
<b>NvE-030</b>		751.522	7.588.477	750.512	7.591.693	755.848	7.592.500
752.558	7.590.209	751.281	7.588.197	749.965	7.592.703	756.080	7.593.369
752.565	7.590.209	750.969	7.587.985	<b>NvE-265</b>		<b>NvE-450</b>	
753.076	7.590.300	750.919	7.587.626	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
754.352	7.590.841	750.786	7.587.303	757.065	7.589.583	755.664	7.591.800
755.292	7.590.567	750.779	7.587.202	758.142	7.589.836	756.769	7.592.021
757.430	7.589.340	750.269	7.587.119	758.788	7.590.424	757.022	7.592.081
758.930	7.589.291	<b>NvE-050a</b>		759.435	7.590.268	756.961	7.592.514
759.127	7.591.703	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>NvE-359</b>		<b>NvE-460</b>	
758.878	7.592.405	750.265	7.587.058	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
758.737	7.592.698	750.520	7.586.435	753.678	7.590.592	755.573	7.590.464
758.502	7.593.236			753.646	7.591.438	756.841	7.590.636
				754.069	7.592.590	757.441	7.590.715
				754.798	7.593.118	757.824	7.591.217
				755.199	7.594.682	757.818	7.591.871

Tabela 12 – Coordenadas das rodovias pavimentadas de Nova Europa SP – parte 2

<b>SP-331 Rodovia Deputado Victor Maida</b>		<b>Estrada Municipal</b>	
<b>E</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>N</b>
763.875	7.592.219	754.560	7.589.348
762.358	7.592.263	754.712	7.589.200
760.186	7.592323	754.764	7.589.170
758.580	7.592427	755.838	7.5.8.699
756.884	7.592457	756.788	7.588.278
754.667	7.592606	<b>Estrada Usina Santa Fé 1</b>	
753.462	7.592606	<b>E</b>	<b>N</b>
751.960	7.592680	748.865	7.592.710
750.576	7.592769	749.565	7.590.884
<b>Ligação SP331 - Nova Europa</b>		749.226	7.588.824
<b>E</b>	<b>N</b>	<b>Estrada Usina Santa Fé 2</b>	
752.538	7.590.254	<b>E</b>	<b>N</b>
752.538	7.590.261	751.451	7.589.430
752.597	7.590.401	749.904	7.589.032
752.597	7.590.592	748.798	7.588.555
752.487	7.591.664	748.443	7.588.476
752.377	7.592.582	747.832	7.588.390

### 6.2.2 Georreferenciamento da base cartográfica de Nova Europa

Georreferenciar no SPRING contém as operações: criar o projeto, definir o retângulo de coordenadas que envolve a área trabalhada e sistema de referência e projeção; transferir a planta digitalizada; identificar pontos de controle na imagem e inserir suas coordenadas.



A Figura 48 mostra a tela inicial de uso do SPRING. Indica o diretório onde serão armazenados os dados referentes às rodovias não-pavimentadas do município de Nova Europa.

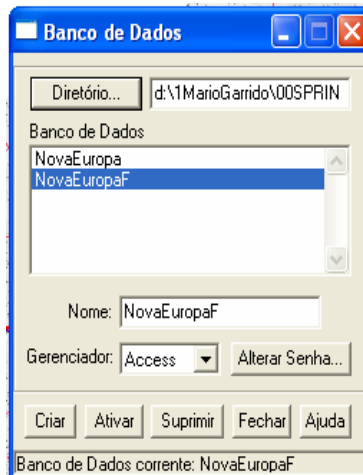


Figura 48-Tela do SPRING para início do projeto.

A Figura 49 retrata a tela para definir o sistema de coordenadas e projeção a ser utilizado no projeto. Na mesma tela é solicitada a escolha do retângulo que envolve a área de trabalho, que no caso é o Município de Nova Europa está compreendido entre as coordenadas planas  $X_1=744.000$ ,  $Y_1=7.584.000$  e  $X_2=765.000$   $Y_2=7.597.000$ .

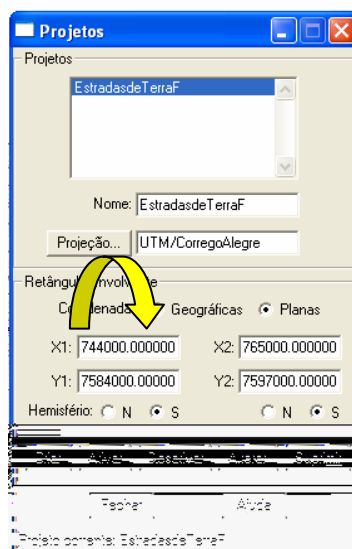
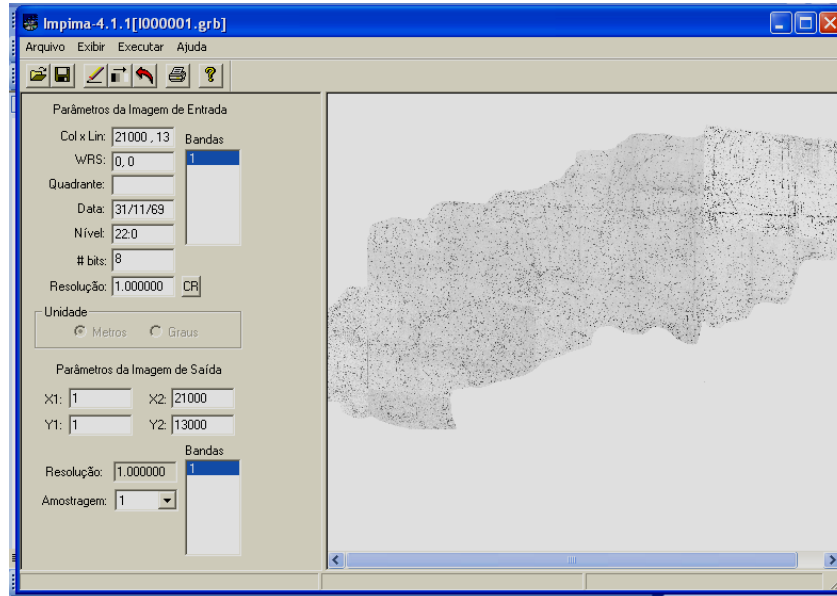


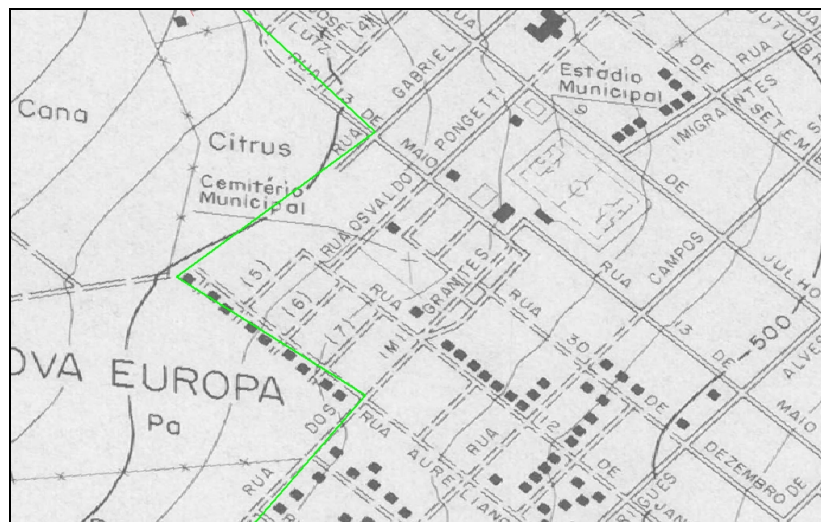
Figura 49-Tela do SPRING que mostra as coordenadas do retângulo envolvente.

Importar a imagem que se pretende georreferenciar é função do módulo IMPIMA do SPRING. A Figura 50 mostra a tela que ilustra a base cartográfica digitalizada do município de Nova Europa já importada para o computador.



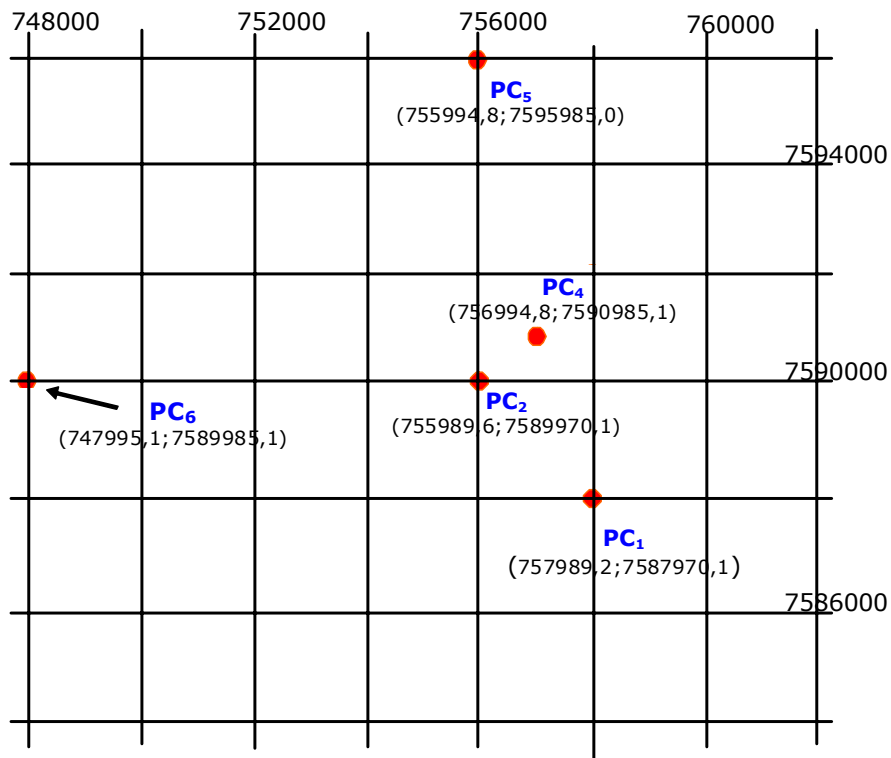
**Figura 50 - Imagem digitalizada de Nova Europa SP em forma de mosaico no módulo “IMPIMA” do SRING para georreferenciar**

O mosaico inserido no SPRING permite grande facilidade de manuseio. Para ilustrar, a Figura 51 mostra uma parcela ampliada do município de Nova Europa, ilustrando a visualização de detalhes que a base cartográfica facilita.



**Figura 51 – Ampliação de imagens digitalizada de Nova Europa**

Coordenadas conhecidas em campo e que possam ser identificadas na imagem, são denominadas por “pontos de controle”. A Figura 52 ilustra uma representação da malha de coordenadas de pontos de controle (em vermelho), distribuídos sobre linhas paralelas que simulam o eixo “x” de coordenadas e o eixo “y” utilizadas para georreferenciar imagem digitalizada de Nova Europa.



**Figura 52 - Malha de distribuição de pontos de controle para georreferenciar imagem digitalizada do Município de Nova Europa SP**

A área referente aos pontos de controle que envolve o município de Nova Europa compreende as coordenadas na direção norte (N), eixo “y”, entre 7.584.000,00 a 7.596.000,00, e, na direção leste (E), eixo “x”, de 748.000,00 a 762.000,00.

As coordenadas dos pontos de controle na fase de registro de imagem para georreferenciamento, são mostradas na Figura 53.

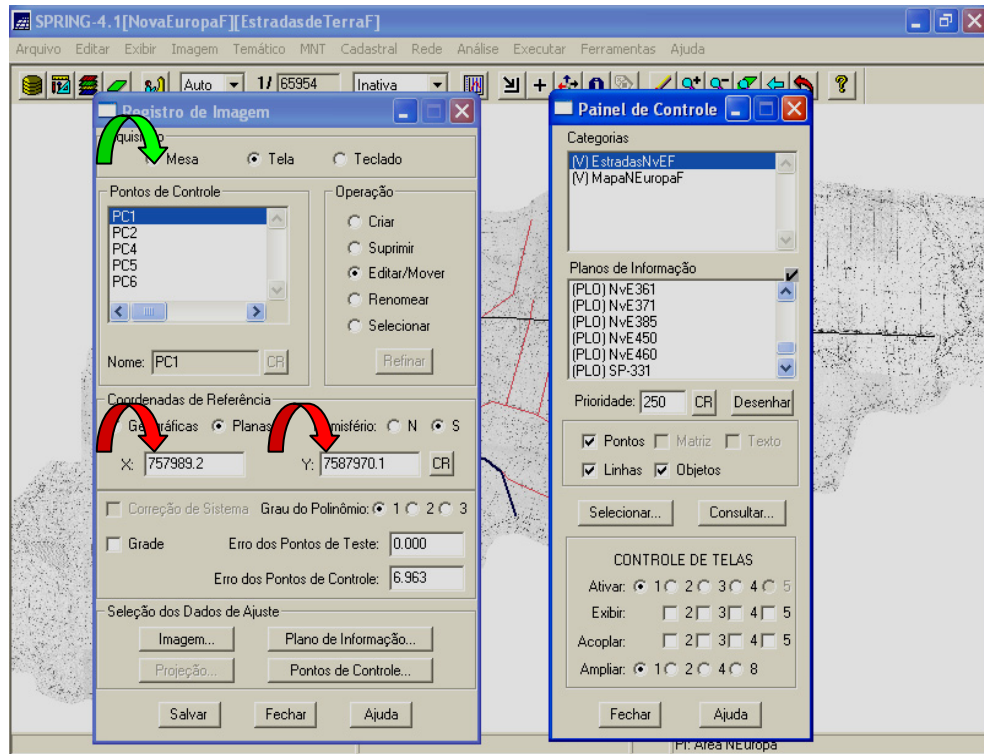


Figura 53 - Registro de imagem para georreferenciamento

A Figura 54 é tela do SPRING que mostra os pontos de controle na fase de georreferenciamento da imagem.

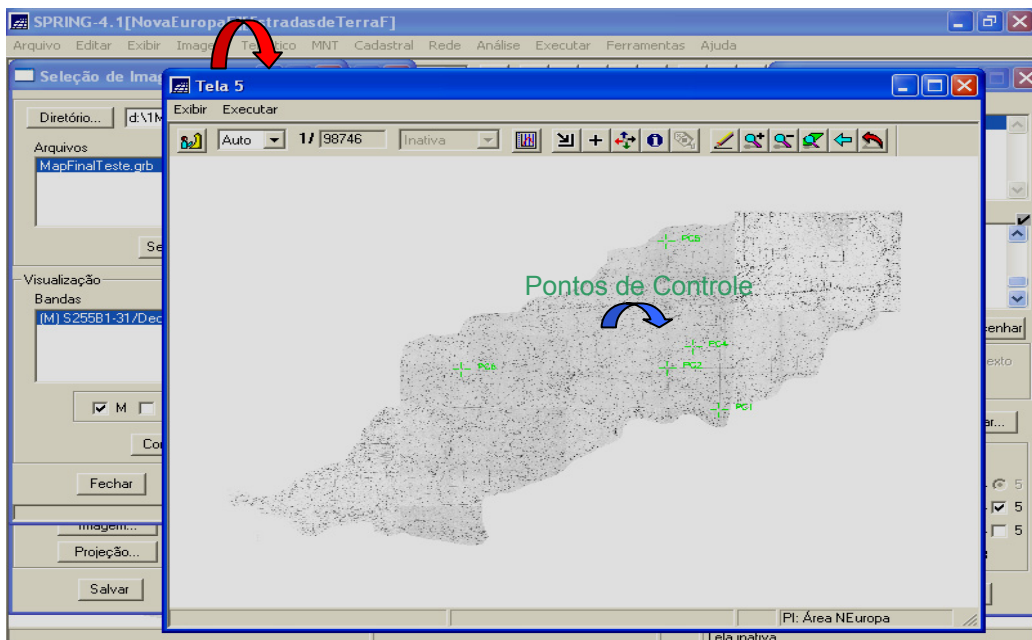
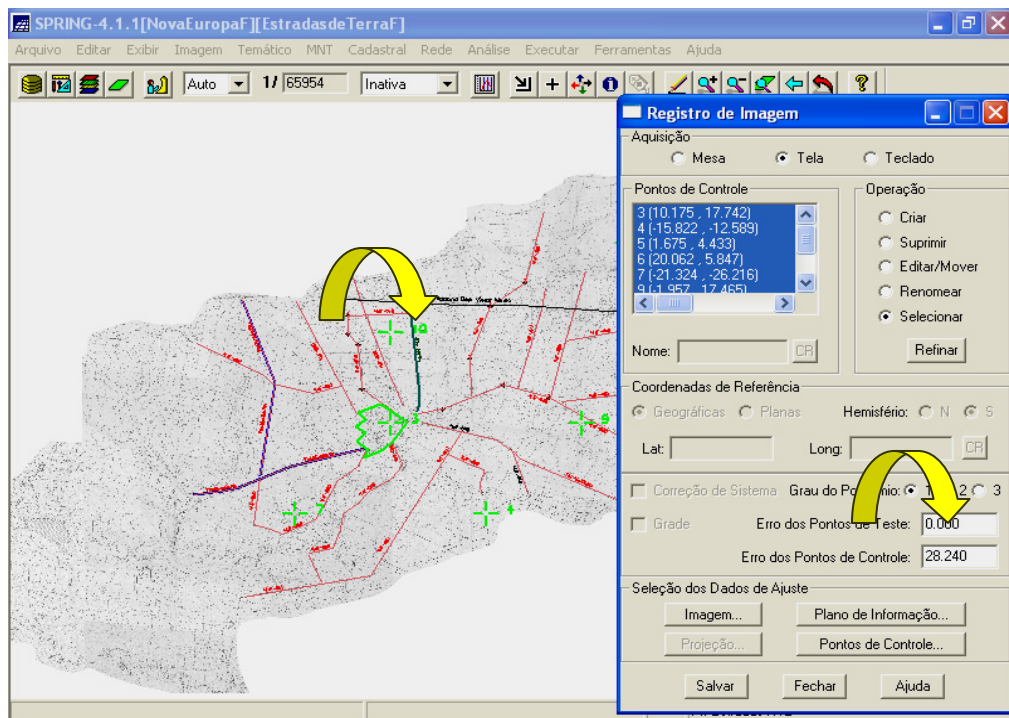


Figura 54 - imagem (tela 5) do SPRING georreferenciada com pontos de controle.

A Figura 55 é uma ilustração que confirma que a imagem foi georreferenciada com sucesso, pois a tela contém, em destaque na seta em amarelo, o “erro de pontos de controle”, estimado internamente ao SPRING.



**Figura 55 – Existência de “erro de pontos de controle”, indicativo de sucesso em georreferenciamento**

### 6.2.3 Demarcação de rodovias na base cartográfica

De posse das coordenadas de pontos pertencentes às rodovias não-pavimentadas levantados com o GPS em campo, para locação de pontos de referência pode-se importa-las para o SPRING e demarcar as rodovias de Nova Europa na base cartográfica. Para isto:

- as coordenadas dos principais pontos das rodovias de Nova Europa, foram transformadas em tabelas do tipo “.txt”, o que pode ser feito em qualquer editor de texto compatível com este formato;

b) foram submetidas ao manuseio que fornece a compatibilidade de arquivos necessária para inserir dados ao SPRING e o uso da linguagem de programação adequada para transferência de coordenadas: salvar a tabela em arquivo de extensão “.spr”. No sistema operacional MICROSOFT WINDOWS, por exemplo, o editor nativo “bloco de notas” pode ser utilizado para obter a extensão “.spr”.

Por exemplo, a Tabela 13 contém as coordenadas da rodovia não-pavimentada NvE460. Inicia-se o processo de transferência das coordenadas desta rodovia ao SPRING salvando-a, com uso do bloco de notas, no formato “.spr”.

**Tabela 13 -Coordenadas digitadas em bloco de notas (note pad).**

<b>Ponto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
NVE460-INIC	755605	7590621
NVE460-2	756184	7590790
NVE460-3	756525	7590896
NVE460-4	757078	7591054
NVE460-5	757577	7591295
NVE460-6	757879	7591835
NVE460-FIM	757854	7592854

No MENU principal do SPRING, o projeto em andamento, informa-se que a operação a executar é importar a linha de nome NvE460, caracterizada pelos pontos da Tabela 13, arquivo “NvE460.spr”. A Tabela 14 ilustra o conjunto de informações e coordenadas gerado internamente pelo SPRING.

**Tabela 14 - Formulário de transferência de informações e coordenadas ao SPRING**

```

LINES
INFO
//Arcos sem Topologia
//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema SPRING
//Projeto: Nova Europa - Plano de informação: EstTerra
//Categoria: Vias - Modelo: CADASTRALMODEL
PROJECTION    UTM/Córrego Alegre, HEMIS 1, ORIG.LAT n 0 0 0.00, ORIG.LONG o 51 0 0.00, LAT1 n 0
0 0.00, LAT2 n 0 0 0.00
DATUM    Córrego Alegre, Prd 6378388.0000, Pfit 0.003367,
Pdx -138.699997, Pdy 164.399994, Pdz 34.400002
OFFSETX 500000.000000 OFFSETY 1000000.000000 SCALEFACTOR 0.999600
BOX    747860.267565, 7585743.948572, 764148.267565, 7595255.948572
UNITS Metros
SCALE 10000.000000
INFO_END
755605 7590621
756184 7590790
756525 7590896
757078 7591054
757577 7591295
757879 7591835
757854 7592854
END
END

```

#### **6.2.4 Resultados de uso do SIG e do GPS às rodovias não-pavimentadas de Nova Europa**

Este subitem contém uma mostra de alguns resultados decorrentes de obtenção de uma base cartográfica, determinação de coordenadas com GPS de navegação, georreferenciamento, demarcação de coordenadas e outras operações para montar banco de dados em Sistema de Informação Geográfica, que usou o SPRING, um programa brasileiro de domínio público e acessível às cidades pequenas.

A Figura 56 é uma ampliação do mosaico de plantas de Nova Europa, após a digitalização e dados sobre referências geográficas mostrando as rodovias e seus nomes.

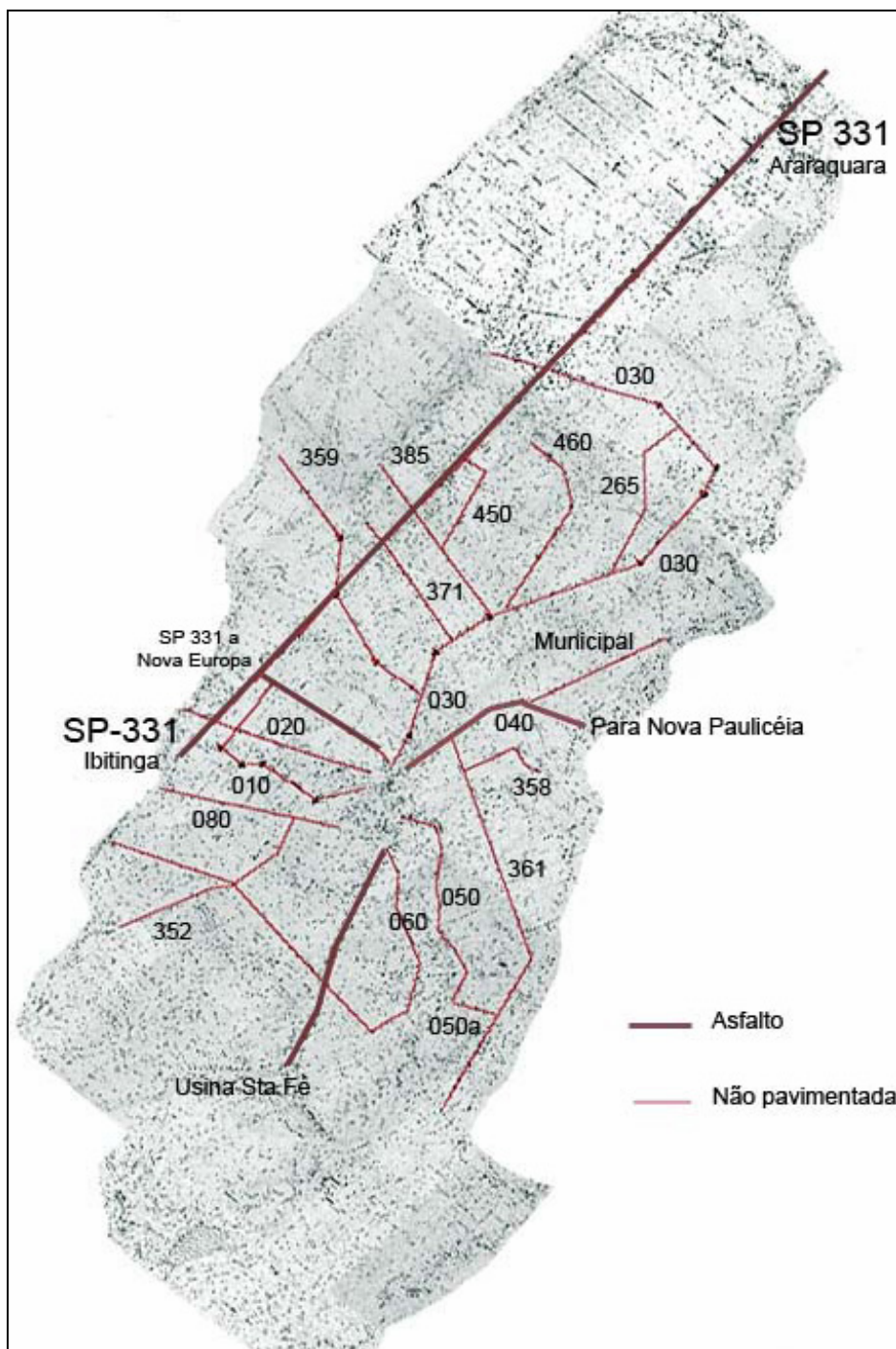


Figura 56 – Imagem do mosaico de plantas de Nova Europa após georreferenciamento mostrando as rodovias não-pavimentadas com seus respectivos nomes.

A Figura 57 é tela do SPRING que mostra as rodovias não-pavimentadas do município de Nova Europa, lançadas sobre a planta georreferenciada.



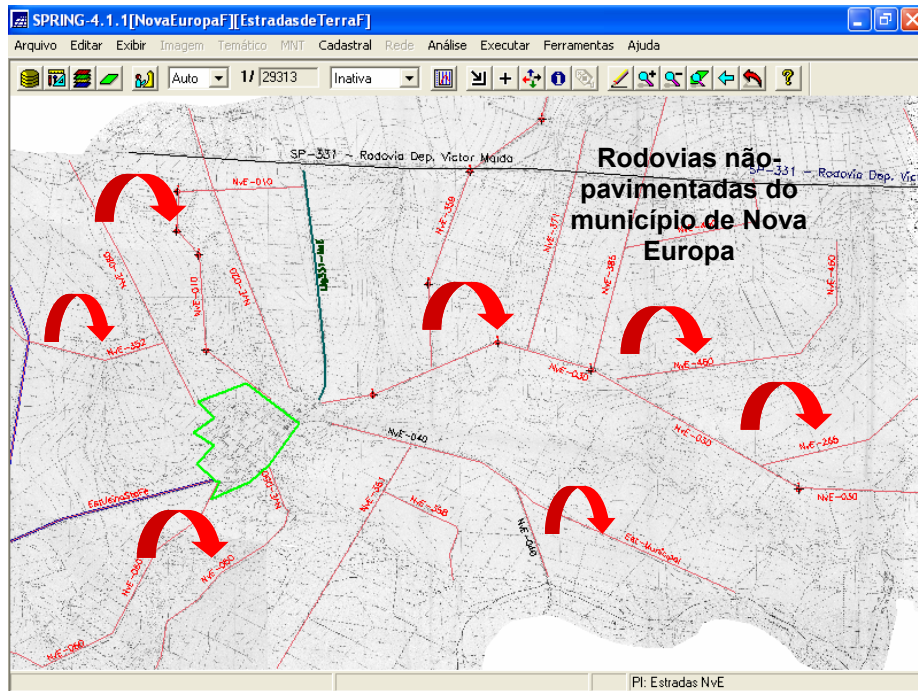


Figura 57 – Rodovias não-pavimentadas em planta georreferenciada de Nova Europa SP

A Figura 58 ilustra é tela do SPRING, uma ampliação da base cartográfica que permite recuperar informação sobre características de curvas das rodovias NvE-010, NvE-030 e NvE-359.

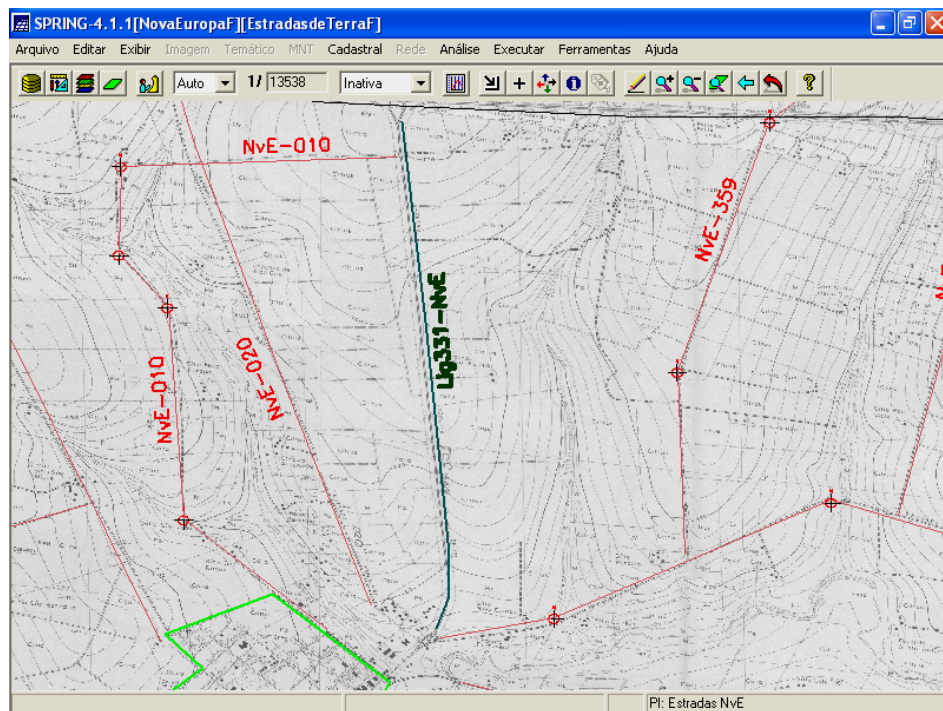


Figura 58-Destaque curvas das rodovias não-pavimentadas NvE-010, NvE-030 e NvE-359

A Figura 59 é tela do SPRING com as rodovias não-pavimentadas do município de Nova Europa lançadas sobre a base cartográfica georreferenciada, com seus respectivos nomes e localização. Neste caso, e em particular, mostra-se o acesso a tabelas de atributos de curvas das rodovias. Os dados implantados e observados em campo, referentes às curvas para estas rodovias foram: raio, desenvolvimento, tangente, ângulo central, drenagem lateral, superelevação, material solto e corrugação e etc.

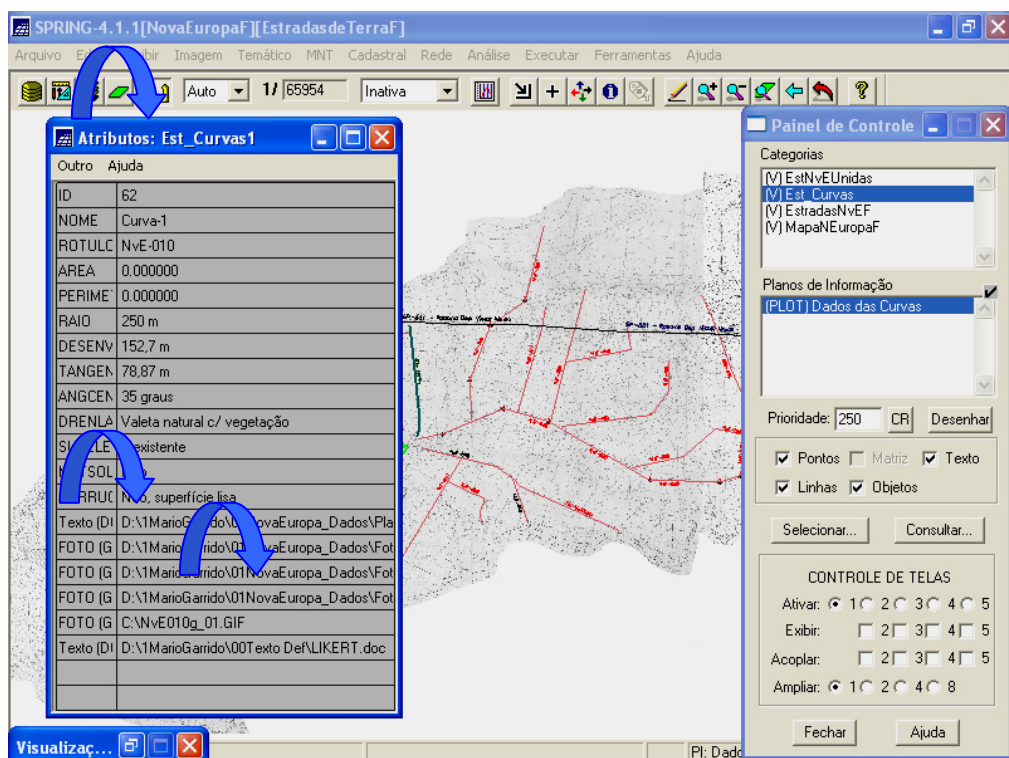


Figura 59 - Rodovias não-pavimentadas de Nova Europa, informações geométricas e textos

Ao SPRING se pode inserir além de documentos (em formato de texto, por exemplo, \*.doc e \*.txt), fotos (em formato, \*.jpeg, \*.tiff, e etc.) e filmes (em formato \*.avi, e etc.), e outros documentos. Também podem ser recuperadas informações provenientes de outras rotinas que atualizam dados como, por exemplo, volumes de tráfego, resultados de manutenção, ordens de serviço, etc. Isso exigiria o desenvolvimento de programas em linguagem compatível.

Alguns dos dados citados, referentes às curvas das rodovias NvE-010, NvE-030 e NvE-359 foram coletados com equipamentos simples para se obter valores sem muita precisão ou detalhes, por exemplo: para a superelevação foi utilizado um clinômetro de fácil coleta de dados; para informações da drenagem lateral, por exemplo, foram registradas fotos e inseridas no SPRING.

A Figura 60 é tela do SPRING ilustra o acesso a documentos contendo diversos tipos de dados obtidas em campo ou escritório sobre as rodovias não-pavimentadas de Nova Europa. Por exemplo:

- fotografia da rodovia não-pavimentada NvE-030 e seu estado de superfície;
- comparação entre escalas de qualidade de viagem.

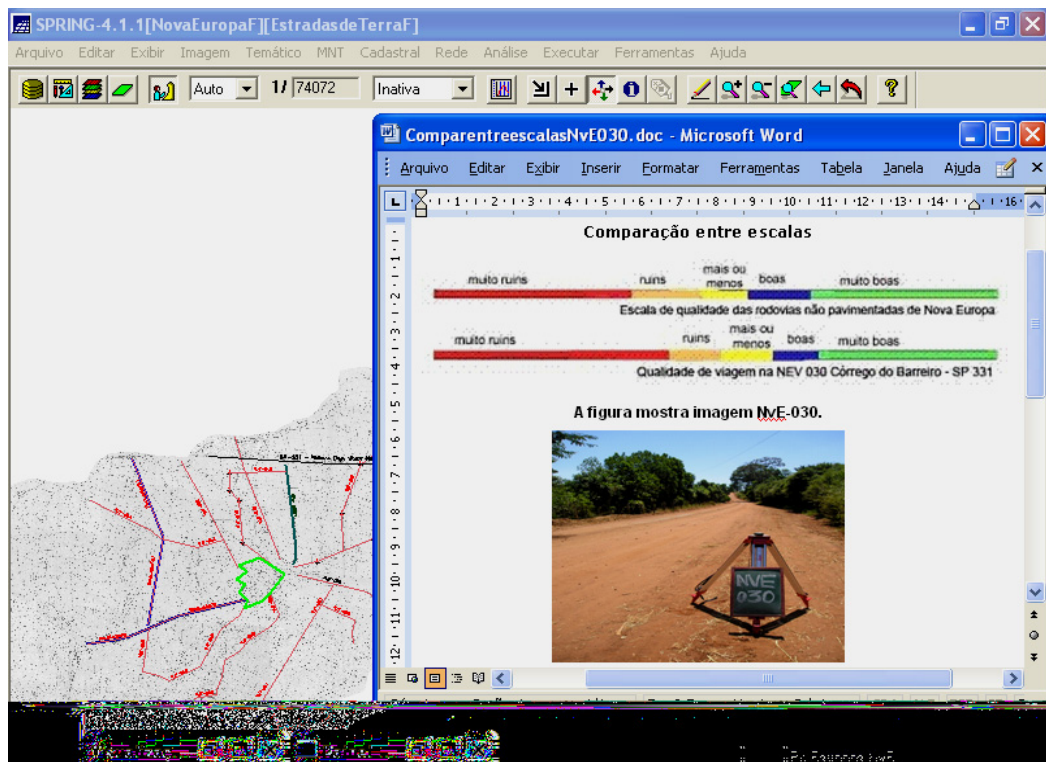


Figura 60 – Tela do SPRING com documento de texto aberto

Em síntese os resultados expostos neste subitem indicam que:

- e) plantas em papel, como as fornecidas pelo IGC-SP, se digitalizadas podem se transformar em bases cartográficas para uso de Sistema de Informação Geográfica visando usa-lo como banco de dados de atributos para contribuir com a informação necessária para auxílio à manutenção de rodovias não-pavimentadas;
- f) o sistema GPS foi útil para georreferenciar as plantas usadas para obter a base cartográfica de Nova Europa, e obter coordenadas de pontos que caracterizam rodovias não-pavimentadas. O processo usado pode ser útil a outras cidades pequenas;
- g) receptores GPS de navegação, nos limites de sua precisão, fornecem as informações suficientes para o georreferenciamento e localização de elementos básicos de rodovias para constituir um SIG cuja base cartográfica tenha escalas como as utilizadas (1:10.000);
- h) o SPRING permite importar arquivos de origem simples, georreferenciar bases cartográficas em condições adequadas e suficientes para operar sobre bancos de dados que contenham arquivos de vários tipos, incluindo filmes, textos, e demarcar posições de componentes de rodovias;
- i) o uso de SIG contribui ao meio técnico, por abrir novas possibilidades de manuseio de plantas e dados sobre rodovias não-pavimentadas e por ter a capacidade de inclusive armazenar resultados de processos de hierarquização de prioridades para manutenção.

## **7 Conclusões e sugestões**

---

Neste capítulo, resumem-se e agrupam-se conclusões parciais, e sugestões para trabalhos futuros.

### **7.1 Conclusões sobre a hierarquização de necessidades de manutenção**

Usar resultados de: levantamento de dados por entrevistas e processamento para obter as escalas de classificação pode hierarquizar a prioridade de intervenção nas rodovias não-pavimentadas.

Verificar as reclamações e ocorrências sobre as intervenções em Prefeituras, pode ser eficaz para identificar componentes da rodovia e defeitos que poderiam ser observados pelos usuários, e orientar o desenvolvimento de questionários.

A distribuição normal é eficiente para manuseio de número de respostas a entrevistas para definição de escalas de classificação de rodovias não-pavimentadas do ponto de vista de quem as usam, aqui, habitantes e produtores rurais de cidade pequena.

As escalas de classificação da qualidade de viagem em rodovias podem ser representadas graficamente, e comparadas entre si para hierarquizar

necessidades de intervenção. Nas dúvidas, escores da variável normal ou suas propriedades podem contribuir para facilitar as decisões. Isso pode ser usado para hierarquizar a necessidade de intervenções em rodovias diferentes, ou definir o tipo de defeito que teria prioridade de intervenção.

## **7.2 Conclusões sobre o uso de SIG e GPS**

Usando manuseio básico, sem rotinas por demais complexas ou programas de computador foi suficiente para inserir e tornar operacionais coordenadas e informações sobre rodovias não-pavimentadas, arquivos de texto e filmes no SPRING. Isso mostrou que *Sistema de Informação Geográfica (SIG)* e *Sistema de Posicionamento Global (GPS)* têm recursos potenciais para manuseio e armazenamento de informação de rodovias.

Mostrou-se que, partindo de plantas e SIG e GPS de baixo custo, digitalização de mapas a partir de planta em papel, receptor de sinais de satélite barato e simples (GPS de navegação), montou-se um arcabouço que com simplicidade armazena e pode distribuir informações sobre rodovias não-pavimentadas úteis e acessíveis a cidades pequenas.

Isto permite mostrar as possibilidades de montar banco de dados e também identificar informação que pode contribuir para orientação de técnicos e administradores públicos nas decisões sobre planos para manutenção de rodovias não-pavimentadas de pequenos Municípios do Interior do estado de São Paulo.

Usar SIG implicou ter uma base cartográfica georreferenciada para demarcar os atributos que se associam às rodovias e inserir arquivos de interesse. Em

síntese, o Sistema de Posicionamento Global foi útil na determinação de coordenadas com receptor GPS de navegação, georreferenciamento, demarcação de coordenadas e outras operações para montar banco de dados em Sistema de Informação Geográfica que usou o SPRING, um programa brasileiro de domínio público e acessível às cidades pequenas.

### **7.3 .Sugestões**

Sugere-se multiplicar, aperfeiçoar e disseminar os usos de entrevistas, processamento de dados para obter escalas de classificação e processos para manuseio de informação geográfica aqui adotada.

A comunidade técnica formada pelo SPRING na INTERNET pode contribuir para disseminar, melhorar e ampliar a capacidade tecnológica disponível para contribuir na manutenção de rodovias não-pavimentadas. Há a observar que o relacionamento que esta comunidade provoca também pode ser estendido a outros serviços municipais, porque a capacitação de técnicos decorrentes do uso do GPS e do SIG podem ter outras aplicações em cidades pequenas.

## Bibliografia

---

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994a). “NBR ISO 8402 Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade – Terminologia”. Rio de Janeiro.
- ALVES, D.S. (1990). Sistemas de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., São Paulo. Anais, pag. 66-78.
- ARAÚJO S. C. (1997): “Investigação do Comportamento da Integração de Tecnologias SIG/GPS como definição de Metodologia Cadastral para a SABESP - Presidente Prudente”. Dissertação de Mestrado UNESP – Presidente Prudente.
- ARONOFF, S. (1989). “Geograph Information Systems” WDL Publications, Canada.
- AUSTROADS (1987): A guide to the visual Assessment of Pavement Condition. Report, Sidney, A4, 76p., AP – 8/87
- AUSTROADS (1991). Roads Maintenance Practice. Sydney, A4, AP-12/91. 2a edição, pgs. 17-20.
- BÄHR, H. P.(1997). Cartografia orientada ao cadastro – uma visão alemã. *FATOR*
- BERNARDI, J. V. E.; LANDIM P. M. B. (2002) “APLICAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GPS) NA COLETA DE DADOS” UNESP/campus de Rio Claro Departamento de Geologia Aplicada – IGCE. Laboratório de Geomatemática —Texto Didático 10
- BLOSER M.S., COLBERT J. W. (2003): Cutting Red Tape and Pollution from Unpaved Roads by Using a Geographic Information System. Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 141-148.



- BURROUGH P.A. (1986). "Principles of geographical information systems for land resources assessment" New York, Oxford University Press pg 193.
- CALIJURI, M.L.; RÖHM, S.A. (1995): Sistemas de Informações Geográficas II. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. Publicação N-355.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.S.; MAGALHÃES, G.C.; MEDEIROS, C.M.B. (1996): Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica. Publicação do Instituto de Computação da Unicamp.
- CAROFF G., PINTO P., (2000) "A Busca da Qualidade e as Especificações nas Obras Rodoviárias" V ENCONTRO NACIONAL DE Conservação rodoviária SALVADOR – BAHIA – BRASIL, 24 A 27 julho.
- CAROFF G., THORMANN F. (2000) "Alternativas Possíveis de Recursos para CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA" V ENCONTRO NACIONAL DE Conservação Rodoviária SALVADOR – BAHIA – BRASIL De 24 A 27 julho
- CATERPILAR (2004). <http://cmms.cat.com> . Acesso em dezembro de 2004.
- CHASE, W. & BOWN, F. (1992). "*General Statistics*". 2.ed. New York, John Wiley e Sons, Inc.
- COPPOCK, J. T.; RHIND, D. W. The history of GIS. In: MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W.(Ed.). Geographical information systems: principles and applications. London: Longman, 1991.p. 21-43.
- D'AVILA A.L.M.; SÓRIA M.H.A.; and ROBERLANE J. R. (1997) "*New Specification of Material for Surfacing Unpaved Roads*". International Conference on Low-Volume Roads, Baton Rouge, Lousiana TRR (Transportation Research Record – 1652) Pg59-64
- DARONCHO, CÉLIO (2001). "Contribuição à análise de qualidade de viagens e suas relações com a distribuição de defeitos em segmentos de rodovias". São Carlos, 57 páginas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- DEAN R.D. Jr. (2003): Proposed Method to Assess Timber Harvesting Roads. Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 127-131.
- DER-SP (1987): Manual Básico de Estradas VICINAIS Vol I. São Paulo SP.

- DNIT (2000) “Manutenção da Malha Viária Federal, Ministério dos Transportes – Gerente Jairo Rodrigues da Silva”. [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br), acesso junho 2003
- DOBSON, E. F.; POSTILL, L.J. (1983). Classification of Unpaved Roads in Ontario. Transportation Research Board 898, pgs. 36-47.
- EATON, R.A.; GERARD, S.; CATE, D. W. (1987). Rating Unsurfaced Roads – A field Manual for measuring maintenance problems. Hanover: U. S. Army Corps of Engineers. (Special Report 87-15).
- EATON, R.A.; GERARD, S.; DATILLO, R.S. (1987). A Method for Rating Unsurfaced Roads. Transportation Research Board 1106, vol 02, pgs. 34-42.
- FALLS L.C., LANDERS S., BEKHEET W., FREDRICKSON R. (2003): Implementation of the British Columbia Side Road Assessment Plan. Transportation Research Record 1819 vol II, pgs 262-266.
- FELEX, J. B. (1983). O usuário: um instrumento de avaliação. São Carlos, 203 páginas. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FELEX, J. B. (1990). Regiões, habitantes e transporte. São Carlos, 66 páginas. Tese (Livre-docência). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FIBGE (1997, 1999, 2000): *Síntese estatística do Brasil*. IN: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE): [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) (acesso em agosto 2004)
- FIBGE (2005). “<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>”. Acesso em setembro de 2005
- FONTENELE, H. B. (2001): “Estudo para Adaptação de um Método de Classificação de Estradas não-pavimentadas às condições de São Carlos – SP” 227p Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos USP.
- FREITAS, R. R. (2000). “Seção transversal de rodovias vicinais, qualidade de viagens e comportamento de pavimentos”. São Carlos. 61p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- GEIPOT (2000) "[www.transportes.gov.br/bit/trodo/ESTATISTICA/RODOVGEI.HTM](http://www.transportes.gov.br/bit/trodo/ESTATISTICA/RODOVGEI.HTM)". Acesso em junho de 2002
- HOFMANN-WELLENHOF, B. & LICHTENEGGER H. and COLINS (1994). "Global Positioning System" Theory and Practice" 3a edition.
- HUDSON, W. R. (1991). "Are pavements built for the user?" IN:ASTM Standardization News. V. 19, n. 22, p. 42-51. Fevereiro.
- INPE (2004). *O que é o Spring?*. IN: <http://www.dpi.inpe.br/spring/> (acesso em novembro de 2004)
- IVARSSON, S. CALVO, C.M. "Private-Public Partnership for Low-Volumes Road: Swedish Private Road Associations" Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 39-45.
- JÄMSÄ, H. (1983). Maintenance and Rating of the Condition of Gravel Roads in Finland. *Road and Waterways Administration (TVH) Finland*, Transportation Research Record 989, pgs. 354-356
- JANOFF, M.; NICK, J. (1985). "Effects of vehicle and driver characteristics on the subjective evaluation of Road roughness" Measuring Road Roughness and Its Effects on User Cost and Contort, ASTM STP 884, Philadelphia p.111-126.
- JONES, D. PAIGE-GREEN, P. SADZIK, E. (2003): Development of Guidelines for Unsealed Road Assessment. Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 287-296.
- JUSI P., MUMU R., JARVENPAA S.H., NEAUSEMALE B., SANGRADOR e.JR. (2003): Road Asset Management System Implementation in Pacific Region: *Papua New Guinea*. Transportation Research Record 1819 vol II, pgs 323-332.
- KELLER G., SHERAR J. (2003): Low-Volume Engineering. Best Management Practices. Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 174-181
- LIKERT, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Arch. of Psych, n. 140.
- LOGSDON, T. (1995):Understanding the Navstar: GPS, GIS and IVHS. Van Nostrand Reinhold. ISBN 0442-02054-6(hc). 2nd Edition. New York.

- LOPES, SEGUNDO C. (1996): GPS e o Perfil Vertical de Rodovias. Tese de doutoramento. São Carlos SP.
- MELO, R.A. de (1998) “*Avaliadores, Notas e Qualidade de Pavimentos*”. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos.
- MORGAN, C.T. (1950). “*Fundamental Statistics in Psychology and Education*”. McGraw-Hill Publications in Psychology, Second Edition, New York.
- NCGIA – *National Center of Geographic Information and Analysis* (1990)
- ODA, S. ; FERNANDES JR, J. L. ; SÓRIA, M. H. A. . Caracterização de Estradas Não-Pavimentadas Visando a Implementação de um Sistema de Gerência de Vias . Engenharia Arquitetura, São Carlos - SP, v. 01, n. 02, p. 135-145, 1998.
- ODA, Sandra (1995): “Caracterização de uma rede municipal de vias não-pavimentadas. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos USP”.
- “O ESTADO DE SÃO PAULO” 26/02/2003, *São Paulo Inova no Controle à Erosão* (artigo em jornal). pág. G2, G3
- “O ESTADO DE SÃO PAULO” 30/03/22005. *Novas Tecnologias Para Preservar Estradas Rurais*. (artigo em jornal). pág. G8, G9.
- PADULA, F. R. G. (1999). Qualidade de pavimentos e auditoria. São Carlos, 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PALMA, J. (2000). Da avaliação de equipamentos para drenar à qualidade de viagens por rodovias. São Carlos, 2000. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PIARC (1982) *MANUAL INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA: Manutenção de Estradas Não-pavimentadas. Guia Prático para manutenção de rodovias rurais..* Tradução para o Português do DER-SP, publicada por FHWA-IPC/PIH em 1994. Campinas, Brasil
- RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F.; ANDERSON, V. L. (1987). Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana. Transportation Research Board 1128, pgs 53-61.

- SANTOS, A. R., PASTORE, E. L. JUNIOR F.A. CUNHA, M.A. IPT (1988): Estradas Vicinais de Terra. Manual Técnico para Conservação e Recuperação. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. 2ª edição, São Paulo.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (2003) “Un Modelo en Sistema de Información Geográfica para Valuar Costos de Operación Vehicular por las Carreteras Federales” Instituto Mexicano del Transporte. Publicación mensual de divulgación externa octubre.
- SEEBER, Günter (1993). “Satellite geodesy: foundations, methods and applications”. Berlin; New York: de Gruyter, 1993 Dt. Ausg.ud. T.: Seeber, Günter: Satellitengeodäsie.
- SEGANTINE, P.C.L. (2001). “Estudo do Sinergismo entre os Sistemas de Informação Geográfica e o de Posicionamento Global”. Tese de Livre Docência.
- SILVA, M.R.; SILVA J.S.V.; FREITAS A.R. (2000) “Análise de Posicionamento Absoluto com GPS de Navegação no Pantanal Pós-Desligamento da Disponibilidade Seletiva SA – Selective Availability” III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômico do Pantanal Corumbá-MS.
- THOMPSON R., VISSER A., MILLER R., LOWE T. (2003): Development of Real-Time Mine Road Maintenance Management System Using Haul Truck and Road Vibration Signature Analysis. Transportation Research Record 1819 vol I, pgs 305-312.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB) (1979): Síntesis TRB. Conservación de Caminos Sin Pavimentar. Washington, D.C., n. 1.
- VASCONCELOS, R.E. (2000). Harmonia na geometria, seção transversal, perfil longitudinal e velocidades em rodovias. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- VIVIANI, E. (1998): “A Utilização de um Sistema de Informação Geográfica como Auxílio à Gerência de Manutenção de Vias Não-Pavimentadas”. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos USP.
- WIKIPEDIA (2005). “[http://pt.wikipedia.org/wiki/Nova\\_Europa](http://pt.wikipedia.org/wiki/Nova_Europa)”. Acesso em setembro de 2005

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)