

SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COMO SUPORTE À GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO DE RODOVIAS VICINAIS NÃO PAVIMENTADAS

Geographic Information Systems as Support for Maintenance Management of Unpaved Vicinal Roads

Taciano Oliveira da Silva¹
Carlos Alexandre Braz de Carvalho²
Maria Lúcia Calijuri²
Dario Cardoso de Lima²

¹**Instituto Federal do Espírito Santo – IFES**
Campus de Nova Venécia
Rodovia Miguel Curry Carneiro, 799. Santa Luzia. CEP: 29830-000. Nova Venécia – ES.
taciano@cefetes.br

²**Universidade Federal de Viçosa – UFV**
Departamento de Engenharia Civil
Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, CEP: 36570-000. Viçosa-MG.
cabraz@ufv.br
calijuri@ufv.br
declima@ufv.br

RESUMO

Este artigo aborda a concepção de um modelo de sistema de gerência de manutenção – SGM, específico para rodovias não pavimentadas, contribuindo para o desenvolvimento de duas etapas. A primeira delas consistiu na adaptação de um método de avaliação da condição de serventia de estradas não pavimentadas, para ser utilizada em rodovias vicinais no município de Viçosa-MG. Para este fim, foi definido um Índice de Serventia Relativa por Trecho Viário (IST), utilizando-se níveis de severidade de defeitos comumente encontrados nessas vias. Na segunda etapa, todas as informações geradas no método apresentado foram armazenadas e processadas em um sistema de informação geográfica (SIG), com o objetivo de facilitar o manuseio, o processamento, a visualização e a análise dos dados coletados. A avaliação e a visualização de trechos viários em condições prioritárias de intervenção podem ser feitas, comprovando-se a eficácia do método como suporte para as atividades de manutenção. A partir deste estudo, presume-se que o referido método, com as devidas adaptações, venha a contribuir na formulação de sistemas de gerência de manutenção de rodovias vicinais de outras regiões brasileiras.

Palavras Chaves: Rodovias não pavimentadas; Método de análise de defeitos; Sistemas de informações geográficas; Sistema de gerência de manutenção.

ABSTRACT

This paper addresses the design of a model management system of maintenance - MSM, specific to unpaved roads, contributing to the development of two stages. The first was the adaptation of a method for assessing the serviceability unpaved roads, to be used on vicinal roads in municipal district of Viçosa-MG. To this end, an index was defined road section serviceability index (RSI), using levels of severity of defects commonly found in these roads. In the second stage, all information generated in the proposed method were stored and processed in a geographic information system (GIS), to facilitate the handling, processing, visualization and analysis of data collected. The evaluation and visualization of road sections under priority of intervention can be made, showing up the effectiveness of the method as a support for the activities of maintenance. From this study it is assumed that the method, *mutatis mutandis*, will contribute to the formulation of management systems for maintenance of roads neighborhood of other Brazilian regions.

Keywords: Unpaved vicinal roads; Method of analysis of defects; Geographical information systems; Management system for maintenance.

1. INTRODUÇÃO

As estradas não pavimentadas constituem significativa parcela do total da rede rodoviária no Brasil, aproximadamente 1,45 milhões de quilômetros de extensão, de acordo com a ANTT (2005), e desempenham importante papel socioeconômico, visto que funcionam como vias de ligações para escoamento da produção do setor primário às rodovias pavimentadas, bem como o acesso às áreas urbanas.

Do ponto de vista político, observa-se que o repasse dos recursos estaduais e federais é limitado para atender às demandas sociais dos municípios. Por isso, a alocação desses recursos deve ser realizada racionalmente. Um sistema de gerência de manutenção (SGM) para rodovias não pavimentadas, com certeza, será de grande valia para a alocação dos mesmos.

Desta maneira, percebe-se que, para as administrações municipais atender satisfatoriamente às demandas relacionadas à manutenção das rodovias não pavimentadas, torna-se essencial a implantação de um sistema de gerência, em que sejam utilizados métodos otimizados para a análise da condição funcional e da priorização dos investimentos nas referidas vias.

Um dos ganhos que podem ser obtidos com o uso de um sistema de informação geográfica (SIG), em relação à forma tradicional de analisar a condição de serventia das rodovias vicinais não pavimentadas, é a redução da subjetividade. O SIG possibilita a tomada de decisões mais técnica e menos pessoal, sobre um banco de informações multidisciplinar.

Este estudo apresenta aspectos relativos à implementação de um sistema de informação

geográfica na concepção de uma proposta de gerência para a manutenção de trechos da malha viária não pavimentada do município de Viçosa-MG. Esses aspectos são apresentados a partir de análises espaciais ocorridas num ambiente SIG, através de um projeto integrador, que possibilita trabalhar com bancos de dados externo e interno ao sistema. A geração de informações em banco de dados externo ao SIG, e a posterior inclusão das mesmas ao sistema convencionou-se chamar na literatura técnica de vinculação fraca ou *loose-coupling*.

Diante do exposto, o objetivo desse estudo é apresentar um modelo de gerência para manutenção de rodovias não pavimentadas do município de Viçosa-MG, através do software SIG ArcView 3.2.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

O município de Viçosa, com uma área de 300,2 km², está localizado ao norte da Zona da Mata do estado de Minas Gerais, a 229 km de Belo Horizonte, Brasil, entre as latitudes de 20° 41' 20" S a 20° 49' 35" S e as longitudes de 42° 49' 36" W a 42° 54' 27" W, a uma altitude média de 650 metros. Limita-se ao norte com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao sul com Paula Cândido e Coimbra, a leste com Cajuri e São Miguel do Anta e a oeste com o município de Porto Firme (IBGE, 2008), conforme mostra a Figura 1, que também apresenta as estradas vicinais VCS 346, VCS 296 e trecho viário da VCS 493, que são objetos deste estudo.

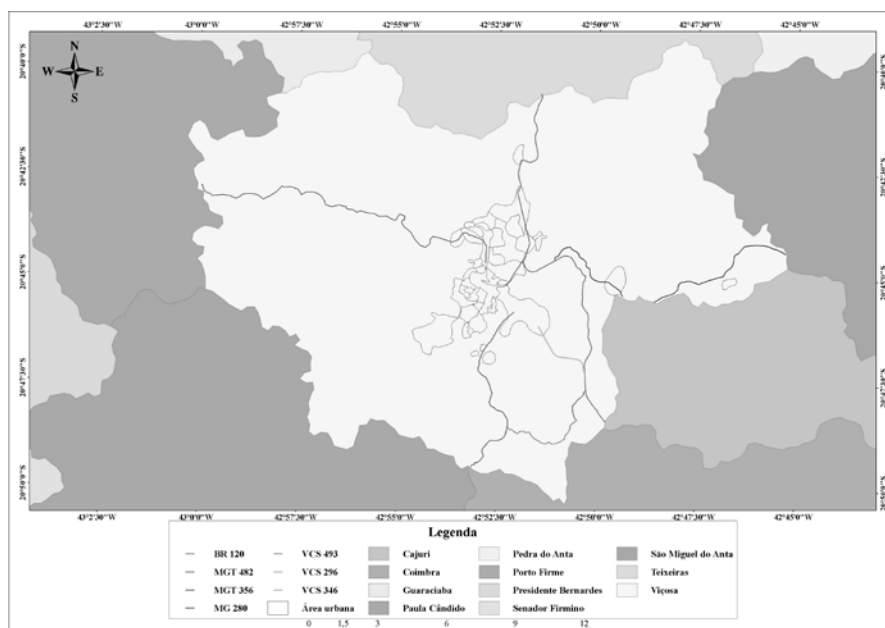


Fig. 1 - Localização do município de Viçosa – MG.

2.2 Descrição do material

Para a realização deste trabalho foram utilizados equipamentos e programas computacionais, descritos a seguir:

2.2.1 Equipamentos

- Computador tipo notebook com processador de 1,73 GHz, 1GB de memória RAM, HD de 120 GB, para o processamento dos dados no formato digital;
- Estação total eletrônica e GPS topográfico que foram utilizados nos levantamentos topográficos das rodovias vicinais inspecionadas, de acordo com os procedimentos prescritos na (ABNT, 1994).

2.2.2 Programas computacionais

- Software Topograph 98 SE, para processamento dos dados topográficos coletados e definição dos traçados horizontais das rodovias vicinais levantadas;
- Software AutoCAD 2004, © Autodesk, Inc (1982 – 2003), para a divisão dos traçados horizontais das rodovias vicinais em trechos viários, de acordo com a marcação em campo;
- Software GIS ArcView 3.2a, © *Environmental System Research Institute, Inc.*, para a operacionalização de um modelo de gerência de manutenção de rodovias não pavimentadas.

2.3 Aplicação da metodologia em um estudo piloto

Para aplicar esta metodologia, foram utilizadas as rodovias não pavimentadas VCS 346, trecho viário da VCS 493 e a VCS 296, localizadas no município de Viçosa - MG. Essas rodovias foram escolhidas por servir de artérias de ligação entre rodovias pavimentadas de circunscrição estadual e federal e pela proximidade ao campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o que facilitou o transporte de pessoas e equipamentos para as finalidades do trabalho.

2.3.1 Descrição da metodologia

2.3.1.1 Introdução

A apresentação da metodologia para um modelo de gerência de manutenção de rodovias não pavimentadas, com auxílio do software SIG ArcView 3.2, em função dos tipos de defeitos, de acordo com Baesso e Gonçalves (2003) e adaptação da metodologia de (Correia, 2003) à realidade das vias

do município de Viçosa-MG, tem como principal propósito o estudo da condição de serventia de trechos viários de três rodovias não pavimentadas inspecionadas. Esta condição foi expressa através de um índice de serventia relativa por trecho viário (IST) que, por sua vez, tem como objetivo retratar a condição superficial do pavimento sob avaliação, para classificar em que condições se encontram as vias no momento do inventário dos defeitos e também definir uma escala de prioridades para as vias sujeitas a intervenções de manutenção. Esta condição está relacionada com a quantidade e o tipo de defeitos nos trechos das vias em consideração, servindo para diagnosticar quais delas necessitarão de manutenção urgente e, também, para o planejamento de intervenções a médio e longo prazos.

2.3.1.2 Avaliação das condições de serventia das vias

Para se fazer inventários de defeitos em estradas não pavimentadas existem vários procedimentos. Neste estudo, adotou-se um procedimento baseado em Baesso e Gonçalves (2003), considerando o seguinte cenário:

- necessidade de uma atualização periódica, a cada seis meses ou logo após um período de chuvas intensas, do banco de dados relativo aos defeitos da superfície de rolamento da rodovia;
- o defeito poeira não foi incorporado nesta avaliação, visto que seus níveis de severidade são atribuídos segundo um processo perceptivo visual, em que se busca estimar a altura da nuvem de poeira oriunda da passagem de um veículo em velocidade de aproximadamente 40 km/h;
- levantamento amostral preconizado dos defeitos.

Assim, com o intuito de facilitar a determinação do índice de serventia relativa por trecho viário (IST), a partir de adaptações à metodologia de Correia (2003) à realidade das rodovias não pavimentadas do município de Viçosa-MG, adotou-se o procedimento para a caracterização dos defeitos presentes na superfície de rolamento das referidas vias, de acordo com Baesso e Gonçalves (2003). Esta avaliação foi feita percorrendo, a pé, as unidades amostrais dos trechos das rodovias não pavimentadas inspecionadas, e anotando-se em planilha elaborada para esse propósito, os valores das áreas das unidades amostrais abrangidas e o número de ocorrência dos defeitos, com os seus respectivos atributos de severidade, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - Planilha de inventário de defeitos – características das unidades amostrais/unidade amostral 1 do trecho 1 da VCS 493.

Sigla da rodovia: VCS 493	Data: 12/06/08					
Trecho: 01	Comprimento da UA (m): 50					
Unidade amostral (UA): 01	Largura da UA (m): 5,40					
Condição climática: nublado	Inspetor: Taciano/Márcio					
Desenho da unidade amostral (UA)	Tipos de defeitos:					
Obs: Estaca 2 + 50m à Estaca 3 + 00, Seção em corte.	81** – Seção transversal imprópria (m)					
	82 – Drenagem inadequada (m)					
	83 – Corrugações (m ²)					
	84 – Buracos (n ^o de ocorrências)					
	85 – Trilhas de roda (m ²)					
	86 – Segregação de agregados (m)					
Quantidade de defeitos e severidade						
Tipo de defeito	81	82	83	84	85	86
Quantidade e Severidade*	B		-	15	32,2	100
	M	50	-			
	A		100	-		

* Os atributos de severidade são os seguintes: B: Baixo, M: Médio e A: Alto.

** Código de defeitos do método de Eaton et al (1987).

2.3.1.3 Cálculo do índice de serventia relativa por trecho viário (IST)

O índice de serventia relativa por trecho viário (IST) é calculado em função das características dos defeitos e dos impactos que os mesmos provocam sobre o estado da superfície de rolamento da via. Seu valor é obtido a partir da contribuição das unidades amostrais, representativas de trechos inspecionados.

As medidas dos defeitos nesta metodologia são baseadas em valores dedutíveis. O valor dedutível é um número de 0 (zero) a 3 (três), em que o valor zero significa que o defeito não tem impacto na condição de serventia estrada ou que ele inexistente na unidade amostral e o valor três significa que a condição de serventia está completamente comprometida com o defeito. O cálculo do índice de serventia relativa por trecho viário (IST) é composto das seguintes etapas:

- definição dos trechos, com extensão variando entre 750 e 1000 m;
- definição das unidades amostrais, com extensão de 50 m, podendo ter pequenas variações em curvas;
- classificação dos defeitos quanto ao tipo e representações nas unidades amostrais;
- representação vetorial dos trechos inspecionados com os respectivos defeitos levantados nas suas respectivas unidades amostrais;
- mensuração dos defeitos no sistema de informação geográfica e a atribuição do fator de ponderação (f_p), obtido de acordo com os atributos de severidades do tipo de defeito. Os atributos de severidade “Baixo”,

“Médio” e “Alto” correspondem aos valores 1, 2 e 3, respectivamente;

- cálculo da densidade superficial relativa do defeito por unidade amostral (DSR_{def}), que consiste no quociente entre área, extensão ou quantidade do tipo de defeito pela área da unidade amostral, conforme a Equação 1.

$$DSR_{def} = \frac{f_a}{A_{u.a}} \quad (1)$$

em que: DSR_{def} é a densidade superficial relativa do tipo de defeito na unidade amostral, f_a é a frequência absoluta do tipo de defeito na unidade amostral e $A_{u.a}$ é o valor da área da unidade amostral em m²;

- determinado os valores de f_p e DSR_{def} para cada tipo de defeito, o produto entre eles consiste em um valor indicativo da severidade relativa da unidade amostral por defeito, e é expresso em valores com uma casa decimal, variando de 0,0 a 3,0, sendo denominado de índice de serventia da unidade amostral por tipo de defeito (ISU_{def}), conforme ilustra a Equação 2.

$$ISU_{def} = f_p \cdot DSR_{def} \quad (2)$$

em que: ISU_{def} é o índice de serventia da unidade amostral por tipo de defeito, f_p é o fator de ponderação do atributo de severidade de cada defeito verificado na unidade amostral e DSR_{def} é

a densidade superficial relativa do tipo de defeito na unidade amostral.

h) de posse dos valores do índice de serventia da unidade amostral por tipo de defeito (ISU_{def}) determina-se o valor do índice de serventia relativa da unidade amostral, que será o quociente entre o somatório dos valores dos ISU_{def} por tipo de defeito e o número de tipos de defeitos verificados na unidade amostral, conforme a Equação 3.

$$ISU = \frac{\sum ISU_{def}}{n} \quad (3)$$

em que: ISU é o índice de serventia relativa por unidade amostral, $\sum ISU_{def}$ é o somatório dos valores dos ISU_{def} da unidade amostral e n é o número de

tipos de defeitos verificados na unidade amostral inspecionada.

i) com os valores dos índices de serventia relativa das unidades amostrais (ISU), calcula-se os índices de serventia relativa por trecho viário (IST), de acordo com a Equação 4, e cujos atributos de classificação são apresentados na Tabela 2.

$$IST = \frac{ISU_{u.a.1} + ISU_{u.a.2}}{2} \quad (4)$$

em que: IST é o índice de serventia relativa por trecho viário e $ISU_{u.a.1}$ e $ISU_{u.a.2}$ são os índices de serventia relativa das unidades amostrais do trecho inspecionado.

TABELA 2 - Classificação funcional de trechos viários de rodovias não pavimentadas em função do IST (CORREIA, 2003)

IST	Classificação	Cor representativa no SIG ArcView 3.2
0,0 – 0,1	Excelente	Verde
0,2 – 0,3	Bom	
0,4 – 0,6	Regular	Amarelo
0,7 – 0,9	Ruim	Vermelho
1,0 – 1,4	Muito ruim	
1,5 – 3,0	Péssima	

Quanto às adaptações feitas nesse trabalho à metodologia de Correia (2003), salienta-se que em sua pesquisa o referido autor selecionou trechos retilíneos com 100 m de comprimento. Neste estudo, optou-se por selecionar trechos com extensão entre 750 e 1.000 m, compostos por duas unidades amostrais com extensão de 50 m cada uma, atendendo aos limites estabelecidos por Baesso e Gonçalves (2003). A outra adaptação feita à metodologia de Correia (2003) foi na determinação dos IST , que ficou definido como sendo a média dos valores dos índices de serventia relativa por unidades amostrais (ISU). O referido autor sugeriu que fosse utilizado o maior valor do índice de serventia relativa por trecho por defeito (IST_{def}) como parâmetro para a determinação dos IST .

2.3.1.4 Inserção dos dados no software SIG ArcView

A premissa básica para o desenvolvimento do modelo proposto de gerência de manutenção de rodovias não pavimentadas é que o software SIG ArcView 3.2, a partir da análise de uma base de dados, possa emitir relatórios ou mapas indicando ao tomador de decisão as condições funcionais da superfície de rolamento das vias com base no IST e

sua localização. Para isso, foi necessária então, dentro da área de abrangência deste estudo, a construção de uma base de dados referente às rodovias inspecionadas, sendo cadastrados os tipos de defeitos e os dados relativos à localização espacial. Sobre esta base de dados foram gerados, posteriormente, os mapas temáticos, que são os produtos principais do modelo de gerência proposto.

Com as informações obtidas em campo, processou-se o cálculo do IST de cada trecho viário inspecionado. Através delas, compôs-se a base de dados tabular do projeto que, depois de inserido no SIG ArcView 3.2, mediante a técnica de *loose-coupling*, passou a compor os atributos de cada trecho.

A Tabela 3 apresenta parte da planilha eletrônica que foi inserida no software SIG ArcView 3.2 e os atributos de severidade utilizados para determinar o índice de serventia relativa por trecho viário (IST) da rodovia não pavimentada VCS 493. Para elaboração dessa planilha de cálculo, utilizou-se o software Microsoft Excel, planilha eletrônica 2003, em decorrência da facilidade de manipulação e inserção dos dados, além da possibilidade de exportação dos mesmos para o formato dBASE IV, que é o formato utilizado pelo Software SIG ArcView 3.2 para importar banco de dados externos.

TABELA 3 - Planilha de inventário dos defeitos e classificação funcional das unidades amostrais e trechos da VCS 493

ID	Rodovia	Trecho	U.A	Área U.A (m ²)	Defeito	f _a	f _p	DSR _{def}	ISU _{def}	ISU	IST
2	VCS 493	1	1	270	S.T.I	50	2	0,2	0,4	0,3	0,3
2	VCS 493	1	1	270	D.I.	100	3	0,4	1,1		
2	VCS 493	1	1	270	Corrug.	0	0	0,0	0,0		
2	VCS 493	1	1	270	Buracos	15	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	1	1	270	T.R.	32,2	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	1	1	270	S.A.	100	1	0,4	0,4		
2	VCS 493	1	2	225	S.T.I	50	2	0,2	0,4	0,3	0,3
2	VCS 493	1	2	225	D.I.	100	3	0,4	1,3		
2	VCS 493	1	2	225	Corrug.	0	0	0,0	0,0		
2	VCS 493	1	2	225	Buracos	30	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	1	2	225	T.R.	22	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	1	2	225	S.A.	100	1	0,4	0,4		
2	VCS 493	2	1	200	S.T.I	50	2	0,3	0,5	0,5	0,5
2	VCS 493	2	1	200	D.I.	100	3	0,5	1,5		
2	VCS 493	2	1	200	Corrug.	0	0	0,0	0,0		
2	VCS 493	2	1	200	Buracos	61	1	0,3	0,3		
2	VCS 493	2	1	200	T.R.	21,6	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	2	1	200	S.A.	100	3	0,5	1,5		
2	VCS 493	2	2	225	S.T.I	50	2	0,2	0,4	0,5	0,5
2	VCS 493	2	2	225	D.I.	100	3	0,4	1,3		
2	VCS 493	2	2	225	Corrug.	0	0	0,0	0,0		
2	VCS 493	2	2	225	Buracos	53	1	0,2	0,2		
2	VCS 493	2	2	225	T.R.	14,9	1	0,1	0,1		
2	VCS 493	2	2	225	S.A.	100	3	0,4	1,3		

ID: identificador relativo à rodovia, U.A: unidade amostral, S.T. I: seção transversal imprópria, D.I: drenagem inadequada, Corrug.: corrugações, T.R.: trilha de roda, S.A.: segregação de agregados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, são apresentados os índices de serventia relativa por trecho viário (IST), obtidos pelo método apresentado neste estudo, conjuntamente com

as respectivas identificações e extensões dos trechos inspecionados.

TABELA 4 - Índices de serventia relativa do trecho (IST) obtidos pelo método apresentado

Rodovia	Trecho	Extensão (m)	IST	Classificação
VCS 346	1	800	0,3	Bom
VCS 346	2	800	0,5	Regular
VCS 346	3	750	0,4	Regular
VCS 346	4	750	0,5	Regular
VCS 493	1	750	0,3	Bom
VCS 493	2	750	0,5	Regular
VCS 296	1	1.000	0,8	Ruim
VCS 296	2	1.000	0,7	Ruim
VCS 296	3	1.000	0,5	Regular
VCS 296	4	1.000	0,4	Regular

As informações sobre as condições de serventia da superfície de rolamento das rodovias não pavimentadas obtidas pelo método apresentado foram inseridas no SIG ArcView 3.2 para a identificação e

visualização em mapa temático do sistema viário dos trechos prioritários para fins de intervenção de manutenção.

3.1 Geração de mapa temático

Foi criado um projeto no SIG ArcView 3.2, a partir de arquivos com a extensão DXF, provenientes dos levantamentos topográficos das rodovias inspecionadas, contendo trechos viários dessas vias. Esses dados gráficos no SIG ArcView 3.2 foram convertidos do formato DXF para o formato *Shapefile*. Essa conversão teve como objetivo permitir a edição de informações sobre o tema (dados gráficos), como por exemplo, identificador e nome das rodovias, numeração de trechos e unidades amostrais, área das unidades amostrais, tipos de defeito, dentre outros. A inserção

de valores não seria possível se o projeto tivesse outra extensão que não fosse a *Shapefile* (SHP).

Com os arquivos inseridos no SIG ArcView 3.2, criou-se uma *VIEW* que é a apresentação do mapa digital das rodovias não pavimentadas inspecionadas. Nesta *VIEW*, foi adicionada uma tabela de atributos que, através de identificadores dos trechos viários, guardou-se correspondência com o mapa digital da *VIEW*. A Figura 2 apresenta a *VIEW* do projeto, mostrando trechos das estradas não pavimentadas inspecionadas, as principais rodovias pavimentadas, os bairros e o limite do município de Viçosa-MG.

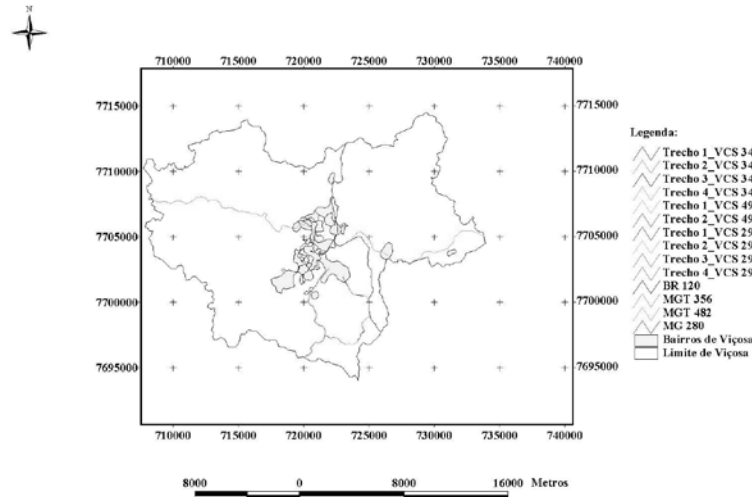


Fig. 2 - Representação dos trechos viários das rodovias inspecionadas.

A tabela de dados com o nome “cálculo IST trechos” no formato dBASE IV, com os tipos de defeitos e suas severidades, foi importada para o software SIG ArcView 3.2 e convertida para o

formato *shapefile* do tipo linha. A Figura 3 apresenta a planilha para o cálculo do IST no formato dbf, após aplicação da técnica de *loose-coupling*.

Id	Rodovia	Trecho	Unidade_am	proa_u.s.	Defeito	Fa	Fp	Durdef	Iscudf	Iscu	IST
1	VCS 346	1	1	290	S.T.I	50	2	0,2	0,3	0,3	0,3
1	VCS 346	1	1	290	D.1	100	3	0,3	1,0	0,3	0,3
1	VCS 346	1	1	290	Consg	0	0	0,0	0,0	0,0	0,3
1	VCS 346	1	1	290	Buracos	34	1	0,1	0,1	0,3	0,3
1	VCS 346	1	1	290	T.R.	4	1	0,0	0,0	0,0	0,3
1	VCS 346	1	1	290	S.A.	100	1	0,3	0,3	0,3	0,3
1	VCS 346	1	2	260	S.T.I	50	3	0,2	0,6	0,3	0,3
1	VCS 346	1	2	260	D.1	100	3	0,4	1,2	0,3	0,3
1	VCS 346	1	2	260	Consg	0	3	0,0	0,0	0,3	0,3
1	VCS 346	1	2	260	Buracos	53	1	0,2	0,2	0,3	0,3
1	VCS 346	1	2	260	T.R.	9	1	0,0	0,0	0,0	0,3
1	VCS 346	1	2	260	S.A.	0	0	0,0	0,0	0,0	0,3
1	VCS 346	2	1	235	S.T.I	50	2	0,2	0,4	0,5	0,5
1	VCS 346	2	1	235	D.1	100	3	0,4	1,3	0,5	0,5
1	VCS 346	2	1	235	Consg	0	0	0,0	0,0	0,5	0,5
1	VCS 346	2	1	235	Buracos	120	1	0,5	0,5	0,5	0,5
1	VCS 346	2	1	235	T.R.	0	0	0,0	0,0	0,5	0,5
1	VCS 346	2	1	235	S.A.	100	2	0,4	0,9	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	S.T.I	50	2	0,2	0,4	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	D.1	100	3	0,4	1,3	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	Consg	0	0	0,0	0,0	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	Buracos	80	1	0,3	0,3	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	T.R.	15	1	0,1	0,1	0,5	0,5
1	VCS 346	2	2	235	S.A.	100	2	0,4	0,9	0,5	0,5
1	VCS 346	3	1	235	S.T.I	50	1	0,2	0,2	0,4	0,4
1	VCS 346	3	1	235	D.1	100	3	0,4	1,3	0,4	0,4
1	VCS 346	3	1	235	Consg	105	1	0,4	0,4	0,4	0,4
1	VCS 346	3	1	235	Buracos	38	1	0,2	0,2	0,4	0,4
1	VCS 346	3	1	235	T.R.	0	0	0,0	0,0	0,4	0,4
1	VCS 346	3	1	235	S.A.	100	1	0,4	0,4	0,4	0,4
1	VCS 346	3	2	205	S.T.I	50	1	0,2	0,2	0,4	0,4
1	VCS 346	3	2	205	D.1	100	3	0,4	1,1	0,4	0,4
1	VCS 346	3	2	205	Consg	0	0	0,0	0,0	0,3	0,4
1	VCS 346	3	2	205	Buracos	86	1	0,3	0,3	0,4	0,4
1	VCS 346	3	2	205	T.R.	19	1	0,1	0,1	0,4	0,4
1	VCS 346	3	2	205	S.A.	100	1	0,4	0,4	0,4	0,4
1	VCS 346	4	1	335	S.T.I	50	2	0,1	0,3	0,5	0,5

Fig. 3 - Tabela para o cálculo do IST desenvolvida para o método apresentado

Além da visualização, o software ArcView 3.2 possui ferramentas que possibilitam realizar análise exploratórias de dados coletados e gerados. Uma dessas ferramentas particularmente úteis é a que possibilita a realização de consultas (*Queries*). A

consulta *QUERY* permite selecionar informações específicas de um determinado tema e, através de operadores lógicos, relacioná-las com informações de outros temas. Neste estudo, esta ferramenta foi utilizada para selecionar os trechos viários

prioritários de manutenção, de acordo com o índice de serventia relativa do trecho viário (IST).

Para auxiliar nesta tarefa, outros atributos desses trechos podem ser convenientemente utilizados no SIG ArcView 3.2 na realização de consultas complementares. A vantagem de realizar esta tarefa no ArcView é que o software possibilita a visualização dos trechos viários nas mais variadas condições de serventia.

Determinou-se qual seria o critério de decisão para a priorização da manutenção dos trechos das rodovias inspecionadas, que consistiu na adoção do índice de serventia relativa por trecho viário (IST), para um intervalo referente à condição ruim na escala de classificação.

Na janela da ferramenta de busca *Query Builder*, o campo “*Fields*” armazena os atributos

referentes ao tema selecionado, como por exemplo, rodovia, trecho, unidade amostral, defeitos, entre outros. Assim, constroem-se as *Queries* desejadas com os atributos, utilizando-se os operadores lógicos disponíveis.

Para identificar os trechos viários cujos atributos satisfazem às condições da *Query*, utilizou-se a tecla *New Set*. O ArcView, então, destacou automaticamente, em amarelo, estes trechos. Assim, puderam-se evidenciar os trechos viários que apresentam condição de serventia ruim, de acordo com a escala de classificação do IST. A Figura 4 apresenta o resultado da consulta *Query* para os trechos considerados ruins, de acordo com a escala de classificação funcional do método IST.

ID	Trecho	Trecho	Unidade amo	nome_s.a.	Defeito	Fa	Sp	DanoF	DanoR	IST
2	VCS 493	2	2	200 S.A.	100	3	0.5	1.5	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 S.T.I.	50	2	0.2	0.4	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 D.I.	100	3	0.4	1.3	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 Conug	0	0	0.0	0.0	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 Buacos	53	1	0.2	0.2	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 T.R.	15	1	0.1	0.1	0.5	0.5
2	VCS 493	2	2	226 S.A.	100	3	0.4	1.3	0.5	0.5
3	VCS 296	1	1	165 S.T.I.	50	2	0.3	0.6	0.8	0.8
3	VCS 296	1	1	165 D.I.	100	3	0.6	1.8	0.8	0.8
3	VCS 296	1	1	165 Conug	0	0	0.4	0.4	0.8	0.8
3	VCS 296	1	1	165 Buacos	62	1	0.6	0.9	0.8	0.8
3	VCS 296	1	1	165 T.R.	67	1	0.2	0.2	0.8	0.8
3	VCS 296	1	1	165 S.A.	100	3	0.6	1.9	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 S.T.I.	50	2	0.3	0.5	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 D.I.	100	3	0.5	1.6	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 Conug	63	1	0.0	0.0	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 Buacos	102	1	0.6	0.8	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 T.R.	71	1	0.3	0.3	0.8	0.8
3	VCS 296	1	2	165 S.A.	100	3	0.5	1.6	0.8	0.8
3	VCS 296	2	1	185 S.T.I.	50	2	0.3	0.5	0.7	0.7
3	VCS 296	2	1	185 D.I.	100	3	0.5	1.6	0.7	0.7
3	VCS 296	2	1	185 Conug	0	0	0.0	0.0	0.7	0.7
3	VCS 296	2	1	185 Buacos	119	1	0.6	0.6	0.7	0.7
3	VCS 296	2	1	185 T.R.	63	1	0.3	0.3	0.7	0.7
3	VCS 296	2	1	185 S.A.	100	3	0.5	1.6	0.7	0.7
3	VCS 296	2	2	200 S.T.I.	50	2	0.3	0.5	0.7	0.7
3	VCS 296	2	2	200 D.I.	100	3	0.6	1.5	0.7	0.7
3	VCS 296	2	2	200 Conug	0	0	0.0	0.0	0.6	0.6
3	VCS 296	2	2	200 Buacos	80	1	0.4	0.4	0.7	0.7
3	VCS 296	2	2	200 T.R.	15	1	0.1	0.1	0.7	0.7
3	VCS 296	2	2	200 S.A.	100	2	0.5	1.0	0.7	0.7
3	VCS 296	3	1	170 S.T.I.	50	2	0.3	0.5	0.5	0.5
3	VCS 296	3	1	170 D.I.	100	3	0.6	1.8	0.5	0.5
3	VCS 296	3	1	170 Conug	0	0	0.0	0.0	0.5	0.5
3	VCS 296	3	1	170 Buacos	65	1	0.4	0.4	0.7	0.5
3	VCS 296	3	1	170 T.R.	85	1	0.5	0.5	0.5	0.5
3	VCS 296	3	1	170 S.A.	100	1	0.9	0.9	0.5	0.5

Fig. 4 - Resultado da consulta Query dos trechos com a classificação ruim pelo método IST

A Figura 5 apresenta o resultado gráfico da consulta *Query*, em que os trechos viários que aparecem na cor vermelha apresentam condições de serventia ruins e muitos ruins, na cor amarela

condições de serventia regular e na cor verde boa condição de serventia, de acordo com a escala de classificação do método IST.

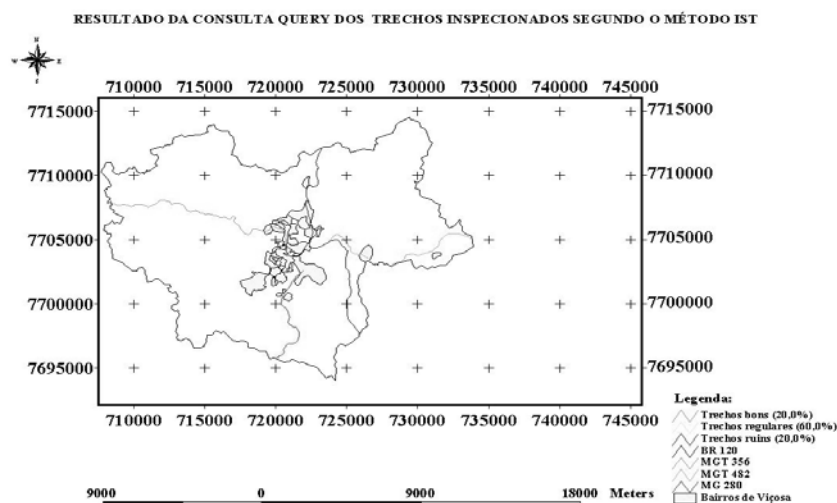


Fig. 5 - Apresentação do resultado da consulta *Query* dos trechos inspecionados segundo o método IST

Para os trechos viários selecionados, a partir da escala de classificação do IST, precisa-se

estabelecer uma ordem de prioridade para a execução dos serviços de manutenção. Os critérios de decisão

para a determinação da ordem em que os trechos receberão tais serviços podem ser baseados no volume de tráfego e, de forma complementar, a sua composição, em parâmetros ambientais e sócio-econômicos. No entanto, neste estudo não se utilizou

4. CONCLUSÕES

O índice de serventia relativa por trecho viário (IST) aplicado neste estudo, baseado na metodologia de Correia (2003) foi desenvolvido com base em experiências de campo e observação às características da seção transversal da plataforma e suas patologias. Como o IST baseou-se na quantidade e severidade dos defeitos, sua avaliação é de fácil compreensão, tendo a vantagem de ser transferível a outras regiões brasileiras.

Verificou-se que em função dos defeitos encontrados nos 10 trechos viários inspecionados, a implantação de dispositivos de drenagem, com restauração do greide original, quando possível,

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor e à Universidade Federal de Viçosa - UFV, através do Departamento

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Execução de levantamento topográfico**, NBR 13133/94. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 35p. 1994.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres**. Brasília – DF. 2005.

ALMEIDA, R. V. O. **Concepção de Modelos de Avaliação de Condições de Rolamento e Indicação de Priorização de Vias como Etapas de Um Sistema de Gerência de Vias Não Pavimentadas**. 2006. 178p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO. **Guidelines for Pavement Management Systems**. Washington, D. C., USA, 1990.

BAESSO, D. P. e GONÇALVES, F. L. R. **Estradas Rurais – Técnicas Adequadas de Manutenção**. Departamento de Infra-Estruturas do Estado de Santa Catarina – DEINFRA/SC. Florianópolis – SC. 204 p. 2003.

desse critério, devido aos valores dos parâmetros supracitados serem muito próximos para os trechos considerados ruins pela escala de classificação do IST e pelos referidos trechos serem contíguos.

constitui a intervenção mais indicada para estas vias, visto que o defeito drenagem foi o que teve o maior peso, em função da sua quantidade e severidade, na determinação dos índices de serventia relativa por trecho viário (IST).

No modelo de gerência de manutenção apresentado e testado neste estudo, o SIG ArcView 3.2 otimizou o processamento e o manuseio dos dados coletados em campo e proporcionou uma melhor visualização dos resultados das consultas, além de viabilizar a seleção dos trechos viários críticos para intervenção de manutenção.

de Engenharia Civil, pela disponibilização de toda infra-estrutura necessária para a realização deste estudo.

CORREIA, J. A. B. **Um Modelo de Análise de Defeitos em Estradas Não Pavimentadas de Suporte à Concepção de um Sistema de Gerência de Pavimentos**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE.

EATON, R. A.; GERARD, S.; DATILLO, R. S. *A Method for Rating Unsurfaced Roads*. **Transportation Research Record**, n. 1106, vol. 02, pp. 34-42, 1987.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Informações sobre a população**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br> >. 2002, acesso em 23 de maio de 2008.

SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JR, F.; CUNHA, M. A. **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. 1988.