

## **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS INTEGRADO COM FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA A MALHA RODOVIÁRIA DO ESTADO DA PARAÍBA**

**Fernando Silva Albuquerque**

**Washington Peres Núñez**

PPGEC/UFRGS

**José Afonso Gonçalves de Macedo**

PPGECA/UFCG

### **RESUMO**

Um sistema de gerência de pavimento é uma alternativa racional para manter-se uma rodovia, ou mesmo uma malha rodoviária, em condições funcionais e estruturais adequadas as necessidades dos seus usuários, principalmente em uma situação de restrições orçamentárias. Quando o mesmo utiliza métodos que auxiliem no monitoramento e controle da qualidade dos serviços prestados por empresas contratadas, possibilita-se à empresa que realiza conservação e manutenção de rodovias a redução de custos com intervenções e melhorar a qualidade da malha rodoviária. Sabendo-se disso, esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um sistema de gerência de pavimentos para a malha rodoviária da Paraíba utilizando, também, algumas ferramentas da qualidade julgadas necessárias a garantia de sua eficiência, todos incorporados a um *software*, o qual será disponibilizado ao Departamento de Estradas de Rodagem da Paraíba (DER/PB). Para tanto, será necessário realizar um levantamento dos dados existentes quanto ao inventário da malha rodoviária, condições superficiais e estruturais, ampliação do banco de dados através da aplicação de ferramenta de estimativa da geoestatística, desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos da região estudada e elaboração de um software para gerência de pavimentos que possa ser utilizado pelo DER/PB na tomada de decisão quanto à intervenções em sua malha rodoviária e no monitoramento dos serviços prestados por empresas contratadas.

### **ABSTRACT**

A pavement management system (PMS) is a rational alternative to maintain a highway, or even a road network, in appropriated functional and structural conditions, mainly under budget restrictions. When a PMS includes methods that aid checking the quality of services performed by contracted companies, it helps to reduce conservation and maintenance costs and to improve the road network quality. Thus, this research has the goal of developing a PMS for Paraíba State road network, involving some quality tools necessities to assure efficiency, incorporated in software that will be available to the Paraíba State Highways Department (DER/PB). For this purpose, it will be necessary to carry out a survey of existent data, including a road network inventory, surface and structural conditions; to increase database through the application of geostatistics tools; to develop performance models suitable to the pavements of the studied area, and to create a PMS software that could be used by DER/PB when taking decisions about works in the road network, and also in checking the quality of services performed by contracted companies.

### **1. INTRODUÇÃO**

Entre os anos 70 e 80, o sistema rodoviário brasileiro vivenciou um acelerado crescimento, devido à construção de rodovias financiadas por fundos de capitais nacionais. Em contrapartida, os mesmos investimentos não puderam ser observados em atividades de conservação, manutenção e recuperação, o que proporcionaram um “abandono” da malha rodoviária nacional.

Segundo Schliessler *et al.* (1992), muitas destas estradas que estão depreciadas têm grande volume de tráfego, o que não somente as fazem rentáveis, mas as transformam em estradas de grande importância estratégica para a economia do país. Apesar disso, as condições atuais em que se organiza sua conservação tornam impossível um adequado trabalho nesse sentido.

Uma forma adequada de evitar-se tal situação crítica é dispor de um sistema de gerência de pavimentos (SGP), utilizando uma quantidade de dados relevante e confiável e com modelos

de previsão de desempenho que possam determinar os momentos adequados para a realização de intervenções. Porém a implantação de um SGP, por si só, pelas empresas responsáveis não se torna suficiente para suprir as necessidades dos processos relacionados à conservação e manutenção de rodovias. Em outras palavras, não adianta realizar a prestação dos serviços relacionados a um SGP sem realizar, também, um controle criterioso dos mesmos, como forma de garantir que eles foram realizados conforme planejado e com o nível de qualidade desejado. Então, a utilização de ferramentas da qualidade configura-se como indispensável para garantir a qualidade na prestação de serviços adequados à tais empresas.

Portanto, esta tese de doutorado tem como objetivo principal a elaboração de um SGP, com a inclusão de ferramentas da qualidade, para a utilização em órgãos ou empresas responsáveis pela conservação e manutenção de rodovias. Tal sistema, após desenvolvido, resultará em um software servindo como referência à empresas do setor.

Os objetivos específicos desta tese são:

- Incorporar ferramentas da qualidade à um SGP, tais como: controle de documentos e registros, gerência de contratos com construtoras e consultoras do setor rodoviário, análise crítica e validação de projetos e campanhas de levantamentos de dados contratados, controle de equipamentos de inspeção e monitoramento, controle da qualidade dos serviços de intervenção nas rodovias etc.
- Avaliar a interdependência espacial das variáveis de resistência e serventia de pavimentos, as quais são utilizadas no banco de dados do SGP proposto para a Paraíba, bem como utilizar a geoestatística para estimar valores em locais não amostrados.
- Elaborar modelos de previsão de desempenho dos pavimentos do estado da Paraíba para as variáveis disponíveis no banco de dados e verificar a sua aplicabilidade.
- Elaborar um *software* para um SGP que possa ser aplicado na malha viária da Paraíba pelo DER/PB e que possa ser aperfeiçoado à partir de campanhas regulares de coleta de dados.

## 2. SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS

Segundo Hass *et al.* (1994), um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) consiste em um conjunto amplo e coordenado de atividades associadas com planejamento, construção, manutenção, avaliação e pesquisa de pavimentos, associados a um banco de dados objetivando otimizar os recursos, estabelecimento de programas de manutenção proporcionando conforto e segurança ao usuário.

A gerência de pavimentos ainda é subdividida em dois níveis de abordagem diferentes, sendo o nível de rede, onde se realiza uma macro visão de toda a rede rodoviária, e o nível de projeto, onde são abordadas as características peculiares a cada sub-trecho de cada rodovia.

Um SGP em nível de rede é constituído, usualmente, dos seguintes componentes:

- Banco de dados → é uma ferramenta bastante importante e utilizada em SGP, devendo, o mesmo, ser bem estruturado, conter dados confiáveis e abundantes. Todas as análises e decisões necessárias são baseadas nas informações e dados coletados, que por isso devem ser objetivos, confiáveis e atualizados (AASHTO, 1990).
- Módulo de avaliação de estratégias de conservação a longo prazo (planejamento) → compreende a análise de dados, a priorização das intervenções e a tomada de decisões. Os resultados são analisados e adequados através do módulo de programação para definir

soluções em nível de projeto, e para estabelecer uma programação por prioridade técnica e orçamentária (Marcon, 2003).

- Módulo de acompanhamento → baseia-se nos dados armazenados no banco de dados e proporciona o acompanhamento/monitoramento de indicadores do pavimento. A partir da definição dos critérios de avaliação para irregularidade, deflexão, estrutura, qualidade do patrimônio e qualidade para o usuário, são definidos Índices de Qualidade para segmentos homogêneos das rodovias (Cardoso *et al.*, 2000).

### 3. GEOESTATÍSTICA

A geoestatística possibilita a estimativa de valores sobre toda a região analisada a partir de dados espaçados, possibilitando a ampliação de banco de dados disponível no SGP. A mesma é de grande importância, mas é de aplicação recente, pois requer utilização de métodos numéricos através de computadores. Ela se baseia na interdependência espacial de propriedades medidas na superfície terrestre e utiliza o método de estimativa por krigagem. Este método considera a anisotropia e a continuidade do fenômeno que se quer observar. Sua base de cálculo é uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância de dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado. Além disso, a krigagem também fornece estimadores exatos com propriedades de não tendenciosidade e eficiência (Issaks e Srivastava, 1989).

### 4. CONTROLE DE PROCESSOS

Qualquer das ferramentas utilizadas em sistemas de gestão da qualidade são baseadas principalmente na aplicação das diretrizes do Ciclo PDCA, o qual permite a padronização dos processos da empresa e permite, também, sua melhoria contínua.

Campos (1995) e Albuquerque (2004) estabelecem tais significados para ciclo PDCA:

- Planejar (*Plan*) → consiste em:  
estabelecer metas sobre os itens de controle;  
estabelecer a maneira (o caminho, o método) para se atingir as metas propostas.
- Execução (*Do*) → execução das tarefas exatamente como prevista no plano, e coleta de dados para verificação do processo. Nesta etapa é essencial o treinamento no trabalho decorrente da fase de planejamento.
- Verificação (*Check*) → a partir dos dados coletados na execução, compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.
- Atuação corretiva (*Action*) → esta é a etapa onde o usuário detectou desvios e atuará no sentido de fazer correções definitivas, de tal modo que o problema nunca volte a ocorrer.

### 5. METODOLOGIA

Os trabalhos serão realizados a partir da obtenção de um banco de dados, fornecido pelo DER/PB, composto por dados julgados relevantes às atividades de gerência de pavimentos, conforme os apresentados na tabela 1.

Serão aplicadas rotinas dos *softwares* Gslib e VarioWIN à todos os dados numéricos obtidos para análise da continuidade espacial dos parâmetros e realização de estimativa por krigagem de valores para locais da malha rodoviária que não foram amostrados. Desta forma, será ampliado o banco de dados disponibilizado.

**TABELA 1:** Variáveis consideradas relevantes para criação de um banco de dados

1. Dados relacionados ao desempenho	Utilização	4. Dados relacionados à geometria	Utilização
Rugosidade	R	Dimensões de seções	R
Desgaste de superfície	R + M	Curvatura	R
Deflexão	R + M	Espessura da camada	R
Atrito	R	Greide	R
Propriedades das camadas	R		
2. Dados relacionados ao histórico	Utilização	5. Dados relacionados aos custos	Utilização
Manutenção	R + M	Construção	R
Construção	R + M	Manutenção	R + M
Tráfego	R + M	Reabilitação	R
Acidentes	R + M	Custos ao usuário	R
3. Dados relacionados à política	Utilização	6. Dados relacionados ao meio ambiente	Utilização
Orçamentos	R + M	Drenagem	R + M
Disponibilidades e alternativas	R + M	Clima	R

R – reabilitação; M – manutenção

Fonte adaptada: Hass *et al.* (1994).

Com o novo banco de dados, serão elaborados modelos de previsão de desempenho de pavimentos da Paraíba, através da aplicação de *softwares* de estatística, para todas as variáveis que estejam disponíveis no banco de dados. Todos esses modelos serão comparados com dados recém coletados nas rodovias da malha para que sejam validados.

A última etapa compreende o desenvolvimento de um *software* (em Visual Basic ou Delphi) para um SGP, com a aplicação de algumas ferramentas da qualidade, para que possam auxiliar o DER/PB na tomada de decisão quanto às intervenções em sua malha rodoviária, contendo módulos de: Gerência de contratos; Banco de dados; Avaliação de estratégias a longo prazo (planejamento); Acompanhamento; Controle de documentos e registros; Análise crítica e validação de projetos e campanhas de levantamentos de dados contratados; Controle de equipamentos de inspeção e monitoramento; e Controle da qualidade dos serviços de intervenção nas rodovias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1990) *AASHTO Guidelines for Pavement Management Systems*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washinton, DCC/USA. 39p.
- Albuquerque, F. S. (2004) *Qualidade em empresas de projeto e supervisão de obras rodoviárias com pavimento asfáltico*. Dissertação de Mestrado. PPGECA/UFCG. Campina Grande – CG. 2v.: ilust. 471f.
- Campos, V. Falconi (1995) *TQC – Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês)*. Belo Horizonte – MG. Fundação Christiano Ottoni. Escola de Engenharia da UFMG. 1992. Rio de Janeiro – RJ. Bloch Editora. 6ª Ed.
- Cardoso, A. P. P. *et al.* (2000) *ROUTE 2000\_RS: O sistema de gerência da malha rodoviária do estado do Rio Grande do Sul*. In: 33ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv), 5., Anais. Associação Brasileira de Pavimentação, Florianópolis – SC.
- Hass, R. *et al.* (1994) *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Company, Flórida/USA, 583 p.
- Isaaks, E. H. e Srivastava, M. R. (1989) *An introduction to applied geostatistics*, Oxford University Press, New York, 561 p.
- Marcon, A. F. (2003) *Gerência rodoviária de pavimentos: da construção à restauração*. Publicação da Sociedade dos Técnicos Universitários do DAER/RS, Porto Alegre – RS, p. 81-85.
- Schliessler, A. *et al.* (1992) *Seminário internacional sobre gerência e conservação rodoviária: novo enfoque*. Tradução publicada sob licença da CEPAL (Comissão Econômica para América Latina, Caribe – Nações Unidas. Tradução: Edmundo Arroyo Uscamayta, Rio de Janeiro – RJ.

## Endereço dos autores:

Rua Silva Sô, 280, apto.: 201, Santa Cecília,  
CEP: 90.610-270 – Porto Alegre, RS, Brazil

Fone: (0xx51) 3379-0538

E-mail: albuquerque.f.s@uol.com.br,

wpnunez@cpgec.ufrgs.br e afonso@geotecnia.ufcg.edu.br