Campus de São Carlos

QUALIDADE DE PAVIMENTOS E AUDITORIA

FLÁVIO RENATO DE GÓES PADULA

ORIENTADOR: PROF. TITULAR DR. JOSÉ BERNARDES FELEX

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Departamento de Transportes

QUALIDADE DE PAVIMENTOS E
AUDITORIA

Flávio Renato de Góes Padula

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Pós-graduação em Transportes.

Orientador: Professor Titular Doutor José Bernardes Felex

São Carlos - SP

1999

Class.	TESE-EESC
Cutt.	14348
Tombo	034/00

S/S 1070348

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

P125q Padula, Flávio Renato de Góes
Qualidade de pavimentos e auditoria / Flávio Renato
de Góes Padula. -- São Carlos, 1999.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.
Área: Transportes.
Orientador: Prof. Dr. José Bernardes Felex.

1. Pavimento. 2. Qualidade. 3. Auditoria.
I. Título.

DEDICATÓRIA

A meus pais,

***Paulo Miguel Padula
e Sílvia Helena de Góes Padula.***

À minha namorada,

Aline Trevisan Silva.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Titular Doutor José Bernardes Felex, pela orientação;

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES,
pela bolsa de estudo concedida;*

*A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização desse
trabalho.*

SUMÁRIO

<i>Lista de figuras</i>	<i>iii</i>
<i>Lista de tabelas</i>	<i>v</i>
<i>Lista de abreviaturas e siglas</i>	<i>vii</i>
<i>Lista de símbolos</i>	<i>viii</i>
<i>Resumo</i>	<i>x</i>
<i>Abstract</i>	<i.xi< i=""></i.xi<>
1 Introdução.....	1
1.1 Qualidade e auditoria – as bases.....	2
1.2 Objetivo e método na dissertação	5
1.3 Histórico	6
1.4 Organização do trabalho.....	9
2 Conceitos sobre auditoria das normas NBR ISO 10.000.....	11
2.1 Atividades para auditoria	18
2.2 Execução de atividades para obter informações para auditoria	20
3 Sistemas da qualidade e rodovias.....	23
3.1 Sobre a relação entre pavimentos e a qualidade de viagens pelas rodovias	25
3.2 Análise do comportamento da superfície de pavimentos.....	27
4 Resumo de conceitos da estatística aplicados nesse trabalho.....	30

4.1	Distribuições de freqüência.....	31
4.2	Distribuições de probabilidades.....	32
4.2.1	A distribuição normal de probabilidades	34
4.3	Inferência estatística.....	35
4.4	Escalas para medidas a partir de juízos emitidos por indivíduos	36
4.5	Um processo para comparar escalas de medidas obtidas estudando distribuições de juízos emitidos por indivíduos	41
5	<i>Auditoria e comportamento de pavimentos</i>	<i>43</i>
5.1	Auditoria e pavimentos	46
5.2	Qualidade de viagens segundo o DNER	49
6	<i>Estudo de caso.....</i>	<i>53</i>
6.1	Avaliadores e seu treinamento	55
6.2	Levantamento de notas sobre qualidade de viagem.....	56
6.3	Estimativa de níveis para qualidade de viagem	62
6.3.1	Níveis para qualidade de viagem no conjunto de 37 segmentos observados	62
6.3.2	Comparação entre níveis para qualidade de viagem de segmentos....	63
6.3.3	Diferença entre escores, um índice para comparação entre escalas de medida. 66	
7	<i>Conclusões e sugestões.....</i>	<i>68</i>
7.1	Conclusões	68
7.2	Sugestões.....	70
8	<i>Referências bibliográficas.....</i>	<i>71</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Fluxograma do processo para auditoria. Fonte: [ITC (1996), página 49]</i>	
.....	16
<i>Figura 2 – Distribuição de frequência relativa para uma população</i>	33
<i>Figura 3 - Processo para estimativa da variável normal estandardizada z segundo</i>	
<i>LIKERT (1932).</i>	39
<i>Figura 4 – Diagrama das operações para estimativa da variável normal</i>	
<i>estandardizada e definição de escalas segundo LIKERT (1932).</i>	40
<i>Figura 5 – Diagrama de Venn para ilustrar amostras sobre uma população</i>	41
<i>Figura 6 – Diagrama de Venn para amostra do conjunto de observações sobre</i>	
<i>população.</i>	41
<i>Figura 7 – Definição de índice para comparação de escalas</i>	42
<i>Figura 8- Mapa das rodovias vicinais utilizadas para estudo de caso.</i>	54
<i>Figura 9 - Ficha para anotação de notas e conceitos atribuídos aos segmentos</i>	
<i>observados</i>	56
<i>Figura 10 - Média das notas atribuídas ao nível para qualidade de viagem nos</i>	
<i>segmentos em estudo.</i>	57
<i>Figura 11 – Desvio padrão das notas atribuídas ao nível para qualidade de viagem</i>	
<i>nos segmentos em estudo</i>	58

<i>Figura 12 – Ilustração da escala de medidas de nível para qualidade de viagens no conjunto de 37 segmentos de rodovias.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 13 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 16.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 14 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 25.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 15 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 43.</i>	<i>66</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Conceitos e definições segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) – parte 1</i>	<i>3</i>
<i>Tabela 2 – Conceitos e definições segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) – parte 2</i>	<i>4</i>
<i>Tabela 3 – Nomenclatura, finalidade e usos previstos para os conceitos emitidos por documentos previstos no “arcabouço” de normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g)</i>	<i>14</i>
<i>Tabela 4 – Observadores sobre os pavimentos, suas expectativas ou necessidades</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 5 – Estudos sobre relações entre qualidade de viagens e características de seus componentes físicos que interferem na qualidade de pavimentos</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 6 – Síntese de estatística descritiva das respostas ao quesito: “se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?”</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 7 – Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 8 – Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 9 – Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 10 – Resumo de resultado de processamento de dados para fixação de “escala de medidas de nível para qualidade de viagens no conjunto de 37 segmentos de rodovias”.</i>	<i>62</i>

<i>Tabela 11 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de</i> <i>“escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 16”</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 12 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de</i> <i>“escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 25”</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 13 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de</i> <i>“escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 43”</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 14 – Diferenças entre escores z para os segmentos 16, 25 e 43.</i>	<i>67</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHO	<i>American Association of State Highway Officials</i>
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
HRB	<i>Highway Research Board</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ITC	<i>International Trade Centre Unctad/Wto</i>
NBR	Norma Brasileira
PRO	Procedimento
TRB	<i>Transportation Research Board</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

e	Base dos logaritmos naturais
E	Evento
h	Maneiras deferentes que pode acontecer um evento
l	Classe de medida
m	Número de intervalos de classes de medidas l
n	Modos possíveis e igualmente prováveis de acontecer um evento
n_i	Número de medidas efetuadas a partir de juízos em cada amostra de uma população
p	Frequência relativa de ocorrência de juízos em um intervalo de classe de medidas
$p(X)$	Função de densidade de probabilidades
p_l	Frequência relativa de ocorrência de juízos em um intervalo de classe de medidas l
X	Variável aleatória
y	Ordenada de probabilidade na curva da distribuição normal
$y_{1(l)}$	Ordenada do limite inferior de um intervalo de classe de medidas, na curva que representa a função densidade de probabilidade normal estandardizada da classe l
$y_{2(l)}$	Ordenada do limite superior de um intervalo de classe de medidas, na curva que representa a função densidade de probabilidade normal estandardizada da classe l

z	Variável normal reduzida, variável normal estandardizada ou escore z (da distribuição normal de probabilidades)
$z_{p(l)}$	Escore z da população na classe l
$z_{a(l)}$	Escore z da amostra na classe l
$\sum_{k=1}^{l-1} p_k$	Somatória da frequência relativa de ocorrência de juízos dos intervalos de classes de medidas até a classe anterior à observada
$\sum_{k=1}^l p_k$	Somatória da frequência relativa de ocorrência de juízos dos intervalos de classes de medidas até a classe observada
π	Valor constante igual a: 3,14159...
μ	Média da variável X na população
σ	Desvio padrão característico da população a que pertence X

RESUMO

PADULA, Flávio Renato de Góes (1999). *Qualidade de pavimentos e auditoria*. São Carlos, 1999, 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

As Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas fixam conceitos e sugestões para a condução de auditorias sobre processos para produzir ou fornecer bens e serviços. Esse trabalho relata e discute informações obtidas durante ações de uma tentativa para "mostrar que o uso de conceitos contidos nas Normas NBR ISO, série 10.000, pode contribuir para orientar análises sobre o comportamento de pavimentos e identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação destes equipamentos de rodovias".

Palavras-chave: pavimento; qualidade; auditoria.

ABSTRACT

PADULA, Flávio Renato de Góes (1999). *Pavement quality and audit*. São Carlos, 1999, 73p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The Standards of the *Associação Brasileira de Normas Técnicas* fix concepts and suggestions to the conduction of auditing on processes to produce or to supply goods and services. This thesis reports and discusses information obtained during actions of an attempt "to show that the use of concepts contained in Standards *NBR ISO*, series *10.000*, can contribute to guide analyses on the pavement performance and to identify lines of direction that contribute to improve the level for quality of construction, maintenance or rehabilitation of these equipment of highways".

Keywords: pavement; quality; audit.

1 Introdução

O pavimento, superfície para tráfego de veículos em rodovias, tem dentre suas finalidades contribuir para o conforto e segurança de viagens, suportar e transmitir cargas estáticas e dinâmicas recebidas dos veículos que trafeguem pela via.

Pavimento é uma estrutura apoiada sobre o subleito de rodovias. Os materiais para construção desse constituinte da via podem ser solos, betumes e agregados compactados – é usual que os componentes de pavimentos estejam contidos em camadas superpostas.

Revestimento é a camada mais próxima da superfície do pavimento. Esse conjunto pode ser constituído de misturas entre betumes e agregados - o pavimento flexível de rodovias é uma classe específica de pavimentos, com camadas relativamente esbeltas.

O contato entre os veículos e o pavimento se dá através dos pneus e a superfície superior do revestimento, nomeada “superfície do pavimento”.

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas fixam conceitos e sugestões para a condução de auditorias sobre processos para produzir ou fornecer bens e serviços. Esse trabalho tem por objetivo relatar e discutir informações obtidas durante ações de uma tentativa para “mostrar que o uso de conceitos contidos nas Normas NBR ISO, série 10.000, pode contribuir para orientar análises sobre o comportamento de pavimentos e identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação destes equipamentos de rodovias”.

1.1 Qualidade e auditoria – as bases

Para facilitar a compreensão adotamos a definição “qualidade” especificada no texto da norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a): “*qualidade é adequação ao uso*”.

MARQUES (1999) relatou e resumiu conceitos contidos nas Normas NBR ISO, série 9.000 (ABNT, 1993a, 1993b, 1993c, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h), e por argumentação mostrou que elas podem ser usadas para estudos sobre qualidade de pavimentos. BOZZA (1996) mostrou que conceitos gerais sobre qualidade proveniente das indústrias podem ser usados para administração e controle de níveis para qualidade em obras e serviços para construção, operação e manutenção de rodovias.

Qualidade nunca é um acidente, é sempre resultado de uma forte intenção, um esforço sincero, direção inteligente e hábil para execução de ações que levem às características de um produto ou serviço.

O substantivo “auditoria” tem dentre suas definições em dicionários da língua portuguesa: “exame analítico minucioso da contabilidade de uma empresa ou instituição”. Esse termo é usado com muitos outros entendimentos, mas, para clareza, o adotaremos para exprimir “auditoria de qualidade” como expressão da definição: “conjunto de ações e exames com critérios pré-fixados sobre processos, produtos ou serviços fornecidos por empresas, pessoas ou organizações para obter informações que caracterizem a adequação ao uso, do ponto de vista de clientes”.

O conceito exposto para auditoria é uma tentativa de contribuir para esclarecer o conteúdo de normas NBR ISO (ABNT, 1993a, 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1993f, 1993g, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h). Ora por diante, o termo *auditoria* será usado para designar “*auditoria de qualidade*”.

Segundo a norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a), “*auditor da qualidade*” é “*pessoa qualificada para realizar auditorias da qualidade*”.

O conteúdo das normas NBRs ISO série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e e 1993f) especificam critérios, práticas e processos para gestão de "auditorias sobre sistema da qualidade", e "treinamento de auditores".

As Tabela 1 e Tabela 2 resumem os conceitos sobre o vocabulário adotado para exprimir itens de estudos sobre qualidade e suas definições segundo a norma NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a).

Tabela 1 – Conceitos e definições segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) – parte 1

Conjuntos de termos	Significado
Qualidade	Total de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas
Gestão da qualidade	Atividades da função gerencial que determinam a política da qualidade, os objetivos e as responsabilidades e os implementam por meios como planejamento da qualidade, controle da qualidade, garantia da qualidade e melhoria da qualidade dentro do sistema da qualidade.
Sistema da qualidade	Estrutura, procedimentos, processos e recursos necessários para implementar a gestão da qualidade.
Garantia da qualidade	Conjunto de atividades planejadas e sistemáticas, implementadas no sistema da qualidade e demonstradas como necessárias, para prover confiança adequada de que uma entidade atenderá os requisitos para a qualidade.
Organizações	Companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições, ou parte destas, públicas ou privadas, sociedades anônimas, limitadas, ou com outra forma estatutária que têm funções e estrutura administrativa próprias.
Conformidade	Atendimento a requisitos especificados para produto ou serviço.
Não-conformidade	Não atendimento a um requisito especificado para produto ou serviço.
Auditoria sobre sistema da qualidade	Exame sistemático e independente para determinar se as atividades da qualidade e seus resultados estão em acordo com as disposições planejadas, se estas foram efetivamente implementadas com eficácia e se são adequadas a consecução de objetivos.

Tabela 2 – Conceitos e definições segundo a NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) – parte 2

Conjuntos de termos	Significado
Evidência objetiva	Informações cuja veracidade pode ser comprovada com base em fatos obtidos através de observação, medição, ensaio ou outros meios.
Validação	Confirmação, por exame e fornecimento de Evidência objetiva de que os requisitos específicos, para um determinado uso pretendido, são atendidos.
Verificação	Confirmação, por exame e fornecimento de evidência objetiva, do atendimento aos requisitos especificados.
Produto	Resultado de atividades ou processos.
Serviço	Resultado gerado por atividades na interface fornecedor e cliente e por atividades internas do fornecedor para atender as necessidades do cliente.
Cliente	Destinatário de um produto provido pelo fornecedor.
Ação corretiva	Ação implementada para eliminar as causas de uma possível não-conformidade, defeito ou outra situação indesejável, a fim de prevenir sua ocorrência.
Especificação	Documento que define um requisito para qualidade.
Registro	Documento que fornece evidência objetiva de atividades ou resultados obtidos.
Auto-inspeção	Inspeção realizada pelo próprio executante, do seu próprio trabalho, de acordo com regras especificadas.
Entidade	Todo elemento que pode ser considerado e descrito individualmente
Inspeção	Atividades tais como, medição, exame, ensaio, verificação com calibre ou padrões, de uma ou mais características de uma entidade, e a comparação dos resultados com requisitos especificados, a fim de determinar se a conformidade para cada uma dessas características é obtida.
Qualificado	Designação do estado de uma entidade que demonstra a capacidade de atender os requisitos especificados.
Processo de qualificação	Processo que demonstra se uma entidade é capaz de atender os requisitos especificados.
Defeito	Não atendimento de um requisito de uso pretendido, ou uma expectativa razoável, inclusive quanto à segurança.
Segurança	Estado no qual o risco de danos pessoais ou materiais está limitado a um nível aceitável
Dependabilidade	Termo coletivo usado para descrever o desempenho quanto à disponibilidade e seus fatores de influência: confiabilidade, manutenibilidade e logística de manutenção.
Requisitos para a qualidade	Expressão das necessidades ou sua tradução num conjunto de requisitos explicitados em termos quantitativos ou qualitativos, objetivando definir as características de uma entidade a fim de permitir sua realização e seu exame.
Classe	Categoria ou classificação atribuídas às entidades que têm a mesma função, mas que diferem entre si quanto aos requisitos para a qualidade.
Processo	Conjunto de recursos e atividades interrelacionadas que transformam insumos em produtos.
Procedimento	Forma específica de executar uma atividade.

1.2 Objetivo e método na dissertação

O objetivo da dissertação exposta é *“mostrar que o uso de conceitos contidos em normas da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e e 1993f), para orientar análises sobre pavimentos de rodovias pode identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação destes equipamentos de vias”*.

A avaliação sobre características que definam a qualidade de serviços prestados pela superfície de pavimentos ao movimento de veículos pode contribuir para identificar informações úteis para orientar definições sobre prioridades e escolha de tipos de intervenções necessárias para manter a qualidade desses serviços.

O presente trabalho resume resultados de estudos e análises sobre conclusões obtidas a partir de um estudo de caso, onde se procurou métodos e processos para orientar auditoria sobre a qualidade de “serviço prestado” pela superfície de pavimentos de rodovias vicinais da região da cidade de Araraquara, Estado de São Paulo, Brasil, a motoristas e passageiros de veículos, visando obter informações que caracterizem a adequação ao uso destes equipamentos.

As etapas para execução do trabalho foram:

- a) Análise de especificações de métodos e procedimentos para atividades de auditoria, visando verificar o quanto estes podem ser eficientes e adequados para os objetivos desse trabalho;
- b) Pesquisa bibliográfica sobre qualidade de pavimentos;
- c) Análise de processos, métodos e características de pavimentos que podem contribuir para fornecer informações para auditoria;
- d) Programação de estudo de casos – conjunto de informações obtidas em segmentos de rodovias. Informações para auditoria;

- e) Levantamento de dados sobre qualidade de viagens, do ponto de vista de motoristas e passageiros. Processamento de dados e redação de conclusões.

1.3 Histórico

Segundo INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO [ITC (1996), página 49], dentre as finalidades de auditoria destacam-se:

- a) Verificar se “sistema da qualidade” cumpre suas finalidades;
- b) Identificar deficiências no atendimento às expectativas de clientes;
- c) Investigar se deficiências vêm sendo corrigidas;
- d) Identificar deficiências em processos;
- e) Identificar ações para melhoria e aperfeiçoamento de atendimento às expectativas de clientes.

As idéias que motivaram os estudos aqui relatados foram o conteúdo do exposto por BARROW (1993): “organizações podem aprender quando se discute o conjunto de atividades para análise da qualidade de produtos e serviços”.

A motivação aos estudos efetuados cresceu quando se verificou que o *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD* (TRB, 1991) vem testando o uso de especificações que contêm a auditoria sobre o comportamento de obras em diretrizes para contratos nos Estados Unidos, item que, em 1995, tornou-se objeto de um “projeto de especificações” (CHAMBERLIN, 1995).

Técnicos do *TRANSPORTATION RESEARCH BOARD* (TRB, 1991) relataram que “agências de transportes nos Estados Unidos eram conservadoras ao elaborar contratos para construção de rodovias. Isso fornecia pouco incentivo às indústrias. Os itens especificados nos contratos não incluíam controles sobre o comportamento de pavimentos ou características de qualidade de serviços prestados ao transporte” – e, sentia-se a necessidade de inclusão de descrição do comportamento dessas

variáveis para explicar ocorrências sobre as características de qualidade de serviço prestado por pavimentos e rodovias.

Segundo CHAMBERLIN (1995), “características de variáveis que definem a qualidade de pavimentos construídos ou reabilitados podem ser obtidas através de uso de controles especificados para materiais e características de qualidade de construção. Os limites para controle são definidos por estudos sobre a relação entre valores obtidos em medidas sobre variáveis características durante a construção e após uso da superfície de pavimentos para tráfego de veículos. Incluem-se procedimentos para coleta de amostras, testes, limites para mais tolerâncias das medidas, e critérios para aceitação”.

“Estado” da superfície de pavimento (em inglês: condition) é a capacidade desse componente de rodovia prestar bons serviços ao movimento de veículos. Por abuso de linguagem, o jargão “condição” tem sido usado para substituir o conjunto de termos “estado de superfície de pavimentos”.

Usando a terminologia para estudos sobre qualidade os serviços prestados pelo pavimento: *deveriam ser analisados a “conformidade” ou “não conformidade” dos serviços ao movimento de veículos aos requisitos fixados por motoristas e passageiros para as sensações de conforto e segurança de viagens, porque isso poderia refletir todo o conjunto de opiniões da Sociedade sobre as características de qualidade de pavimento.*

Na prática, a capacidade de superfície de pavimento atender as expectativas por conforto e segurança dos que viajam ou embarcam produtos pela via é usualmente verificada interpretando-se medidas sobre variáveis físicas que caracterizem o “estado de pavimento”, entenda-se a aparência e a

capacidade técnica para suportar e distribuir cargas aplicadas por veículos no jargão de técnicos que trabalham nas rodovias.

As especificações para exprimir o estado de pavimentos podem ser usadas para fornecer informações de gerência sobre a construção, manutenção e operação de pavimentos, variáveis hoje conhecidas como itens para explicar a “garantia de qualidade”.

Em 1980, a FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (CHAMBERLIN, 1995) iniciou uma nova categoria de pesquisas: identificar “performance-related specifications for highway construction and rehabilitation” – aqui entendidos como “itens contidos em especificações que contribuem para explicar o comportamento de características de qualidade de serviços prestados por pavimentos, com o objetivo de identificar tópicos em especificações para construção de pavimentos flexíveis e rígidos que definam qualidade de serviços de pavimentos, e desenvolver itens adicionais para melhorar os serviços prestados ao movimento de veículos”.

Dentre as aplicações previstas para os produtos que se esperava da pesquisa relatada por CHAMBERLIN (1995) estavam “contribuir para orientar critérios para remuneração de construtores e empresas que explorassem, por concessão, as rodovias”. O enfoque teórico ali adotado levou a orientações que exprimiam uma grande e premente necessidade de complementar os processos de verificação da qualidade de pavimentos com métodos e processos que explicassem sua aceitação pelos que viajavam pelas rodovias

Também, ampliou-se o interesse por estudos sobre verificação de características de qualidade de pavimentos quando se verificou que empresas privadas vêm assumindo a operação de rodovias, e o controle dos serviços fornecidos depende de informações sobre características de qualidade

e aceitação de serviços prestados pelos meios de transportes e seus equipamentos do ponto de vista de motoristas e passageiros.

1.4 Organização do trabalho

Além dessa "introdução", o trabalho contém sete capítulos descritos a seguir:

O capítulo 2 resume e discute conceitos sobre auditoria contidos em normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), para mostrar que o seu uso pode contribuir para orientar análises sobre processos, serviços e produtos, e identificar valores estimados para medidas sobre características de variáveis que definem níveis para qualidade do ponto de vista de usuários.

O capítulo 3 expõe conceitos para padronização de "administração da qualidade em organizações" e discute o uso de normas emitidas pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR ISO séries 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g)" para controle sobre processos de ação para obter a qualidade de serviços de pavimentos e rodovias.

O capítulo 4 é um resumo sobre os conceitos da estatística aplicados ao desenvolvimento desse trabalho, e em particular de processo para "fixação de escalas para medida que contenham relações de ordem e escalas internas de indivíduos envolvidos com avaliação de bens ou serviços".

O capítulo 5 relata consequências de adoção da hipótese de que produto ou serviço deve atender condições fixadas para que ocorra a satisfação de observadores sobre suas características, principalmente as que atendam expectativas de clientes de organizações. E, que a superfície do pavimento deve fornecer o melhor em sensações de conforto e segurança para a viagem de motoristas e passageiros para fixar a idéia de que se "o pavimento for organização, cujo objetivo é prestar serviços com qualidade, o seu sucesso seria atingido quando motoristas e passageiros estivessem satisfeitos com a qualidade de viagens. E, mais que a auditoria sobre o

“serviço prestado” pela superfície de pavimento ao usuário possibilitaria caracterizar o nível para qualidade de viagens, e identificar critérios para melhoria contínua, visando “adequação a uso do ponto de vista de usuários”.

O capítulo 6 expõe o uso de informações obtidas pela observação sobre segmentos de via onde um grupo de estudiosos vinculados à Escola de Engenharia de São Carlos (dentre os quais o autor) programou tentativas de análise sobre características de qualidade de pavimentos. A finalidade dos dados obtidos foi explicar relações entre medidas sobre itens técnicos de características físicas da rodovia que definam a qualidade de viagens do ponto de vista dos que a usam em função de suas sensações para conforto e segurança, mas no corrente trabalho, o uso de notas atribuídas por usuários ateve-se à definição de escalas que pudessem ser úteis para orientar auditorias.

O capítulo 7 resume conclusões e sugestões.

2 Conceitos sobre auditoria das normas NBR ISO 10.000

A necessidade de “auditoria sobre sistema da qualidade” é um processo “natural”. Em determinados momentos da vida de organizações, há necessidade de verificar se, na prática, os processos estão fornecendo os produtos com as características que foram especificadas.

As auditorias podem ser de “rotina”, ou “provocadas” por mudanças em “sistema da qualidade” da organização, na qualidade do processo, produto ou serviço, ou pela necessidade de acompanhar uma ação corretiva.

Os pontos de vista para análise adotados em auditoria podem ser “externos” ou “internos” à organização. Os objetivos podem estar dentre:

- a) Estimar a contribuição para “conformidade” ou “não-conformidade” aos requisitos especificados para produto ou serviço associados a componentes de “sistema da qualidade”;
- b) Contribuir para atingir objetivos sobre qualidade especificados e fornecer expressões para estimativa de medidas sobre a eficácia e eficiência de “sistema da qualidade”;
- c) Identificar itens e oportunidades para melhorar o “sistema da qualidade”;
- d) Identificar itens e oportunidades para melhorar a “conformidade de produtos” aos requisitos especificados;
- e) Facilitar o cadastro de itens sobre qualidade de subprodutos provenientes de fornecedores externos ao “sistema da qualidade” da organização auditada;

A necessidade por auditoria pode ser explicada por uma ou mais dos seguintes itens:

- a) Avaliar fornecedor, quando se pretende firmar um contrato;
- b) Verificar se o “sistema da qualidade” na organização continua a atender os requisitos especificados, e se está sendo usado corretamente;
- c) Verificar, dentro em um contrato, se o “sistema da qualidade” do fornecedor continua a atender aos requisitos especificados, e se está em uso correto;
- d) Avaliar o “sistema da qualidade” próprio da organização frente a um conjunto de normas.

Dentre os objetivos de auditoria pode estar avaliar as necessidades por aperfeiçoamento ou ações corretivas sobre “sistema da qualidade”. Não se deve confundir o conjunto de atividade da auditoria com “supervisão” ou “inspeção para “controle de processo” ou “aceitação de produto”. Uma parcela importante das auditorias é verificar se supervisões e inspeções estão sendo executadas em acordo com especificações definidas e escritas.

O processo de auditoria interno a uma organização pode se confundir com verificar se o que ocorre na prática de uso de processos vem de encontro ao que deveria ser, e ações que fazem produtos ou serviços “descrevem” os procedimentos e especificações definidos e adotados para garantir o nível para a qualidade desejada.

As auditorias devem ser executadas por pessoal independente daquele que detém a responsabilidade direta pela atividade analisada. É vital que auditores conheçam a política de qualidade das empresas, para analisar o “sistema da qualidade” visando obter informações que caracterizem a adequação ao uso de produtos e serviços do ponto de vista de clientes.

“Auditoria sobre sistema da qualidade” pode verificar se a prática de uso de processos “vem de encontro” à necessidade por controles sobre o conjunto de ações indispensáveis para fazer com que o processo de execução de

produtos e serviços seja eficiente e eficaz. Essa atividade pode contribuir para identificar, avaliar e documentar divergências entre o produzido e o especificado para as características de qualidade para produtos e serviços.

O processo de “auditoria sobre sistema da qualidade” têm duas ações básicas:

- a) Comparar procedimentos escritos e documentados com a prática exercida;
- b) Obter informações que contribuam para maximizar a eficácia na gerência sobre “sistema da qualidade”.

Auditorias e ações para acompanhamento devem ser especificadas por escrito. Dentre os produtos de “auditoria sobre sistemas da qualidade” podem estar sugestões para ações sobre processos visando reduzir, eliminar e prevenir a ocorrência de “não-conformidade de produto ou serviço”.

A auditoria pode contribuir para a visualização de deficiências e “não-conformidade”, e para a melhoria do desempenho de organizações. A Tabela 3 resume informações sobre o controle de “sistemas da qualidade”, onde se resume: nomenclatura, finalidade e usos previstos para os conceitos emitidos por aqueles documentos previstos no “arcabouço” proposto pelas normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g).

O uso de conceitos sobre auditoria contidos em normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), pode contribuir para orientar análises sobre processos, serviços e produtos, e identificar valores estimados para medidas sobre características de variáveis que definem níveis para qualidade do ponto de vista de usuários.

Tabela 3 – Nomenclatura, finalidade e usos previstos para os conceitos emitidos por documentos previstos no “arcabouço” de normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g)

Documento	Uso	Conteúdo
NBR ISO 10011-1/1993d Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – Parte 1: Auditoria	Especificação, planejamento, execução e documentação de auditorias sobre sistemas da qualidade.	Diretrizes para verificação e implementação de elementos do “sistema da qualidade” e verificar a capacidade para atingir os objetivos fixados para a qualidade.
NBR ISO 10011-2/1993e Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – parte 2: Critérios para qualificação de auditores de sistema da qualidade	Seleção e treinamento de auditores sobre sistema da qualidade.	Critérios para qualificação de auditores de “sistemas da qualidade”, orientação para educação, treinamento, e requisitos para classificação por experiência, atributos pessoais e capacidade de gestão necessária de auditores.
NBR ISO 10011-3/1993f Diretrizes para auditoria de “sistemas da qualidade” – Parte 3: Gestão de programas de auditoria	Planejamento da gestão de programas para auditoria.	Diretrizes básicas para controle de programas de auditoria de sistemas da qualidade, coerentes com outras partes da NBR ISO 10011.
NBR ISO 10012-1/1993g Requisitos de “garantia da qualidade” para equipamento de medida – Parte 1: Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medida	Quando a qualidade do produto ou do processo for função da capacidade de medir com exatidão. Especificar as características de equipamento para medida.	Requisitos para “garantia da qualidade” de equipamentos para medida. Os requisitos são mais detalhados do que os expostos nas NBR ISO 9001, NBR ISO 9002 e NBR ISO 9003.

A execução de auditoria pode iniciar-se pelo estudo de processos existentes e fixar prioridades entre as atividades a auditar. Os elementos de “sistema da qualidade” devem ser analisados e avaliados em períodos regulares, e prioridade compatível com estágio e importância da atividade a auditar.

O programa para controlar a execução de auditoria deve conter no mínimo:

- a) Planejamento e programa de atividades específicas e áreas a analisar;
- b) Indicação de pessoal qualificado para conduzir as auditorias;
- c) Procedimentos escritos para conduzir as atividades de obtenção de dados, registros e relatórios sobre as conclusões de auditoria, proposta de ações corretivas e previsão de tempo para correções de deficiências.

O “plano de auditoria” deve prever a análise de, no mínimo, os itens:

- a) Estrutura física, procedimentos administrativos, operacionais e do “sistema da qualidade”;
- b) Equipamentos, recursos humanos e materiais, áreas de trabalho, operações e processos;
- c) Características de produtos para estabelecer o grau de conformidade com as normas e especificações;
- d) Documentos, relatórios e manutenção de registros de ocorrências.

A coleta e a análise de dados para auditorias eficazes e eficientes necessitam ser operações objetivas, disciplinadas e planejadas. Para melhor compreensão de processo de auditoria consulte, por favor, o fluxograma ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo para auditoria. Fonte: [ITC (1996), página 49]

A identificação de desvios em processos, suas causas e prevenção devem estar entre as metas fundamentais da análise de dados obtidos durante auditoria. Nem sempre, causas de erros são óbvias, mas devem ser buscadas. Inclui-se neste caso o estudo do potencial de erros humanos, que raramente são aleatórios, pois, com muita frequência, a causa é subjacente aos processos. Erros atribuídos a indivíduos ou clientes decorrem com grande frequência, e na verdade, de falhas em operações, procedimentos; ambiente e condições de trabalho, treinamento, instruções ou qualidade de recursos.

Dentre os produtos de auditoria, pode estar a sugestão de um conjunto de ações que contribuam para a "reflexão" sobre especificações e política da qualidade de organizações. Poucos adotam a regularidade em executar "auditorias sobre sistemas da qualidade". Isso ocorre até que se entendam os conceitos contidos em documentos similares às normas NBR ISO séries 9000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g). O

produto de auditoria é mais útil onde existem procedimentos e especificações escritos, definidos e em uso.

Não se deve incluir dentre produtos de auditoria “decisões” sobre como diferenças podem ser corrigidas. Esse processo é isolado, para incentivar a identificação de causas de erros ou assemelhados nos processos. Pode ocorrer em determinada auditoria, a verificação de “não compatibilidade” entre prática e procedimentos escritos e “em uso”. Quando as ações da prática produzem melhores resultados que as escritas e documentadas, convém rediscutir o conjunto de processos contidos em documentos emitidos pelas organizações.

As conclusões de auditorias devem ser escritas e dadas a conhecer aos responsáveis pelo controle da área analisada. Os administradores devem ser orientados para adotar ações corretivas sobre deficiências existentes.

O relatório sobre resultados de auditoria deve conter pelo menos os seguintes itens:

- a) Tipos de “não-conformidade” ou deficiências que ocorrem;
- b) Sugestões para ações corretivas e a definição dos “tempos hábeis” para implementação.

Na elaboração de relatório sobre resultados de auditoria e acompanhamento de correção de “não-conformidade”, devem constar os itens:

- a) “Não-conformidade” ou deficiências em produtos e serviços;
- b) Descrição de causas para “não conformidade”;
- c) Sugestão de ações;
- d) Sugestão de processos para garantia de eficiência e eficácia de correções.

As atividades para acompanhamento de implementações de sugestões contidas em relatório de auditoria devem verificar, e registrar as atividades, a eficiência e a eficácia de “ações corretivas”.

O uso de conclusões expressa em relatórios de auditoria é parte integrante de informações para orientar atividades para análise crítica por administradores de organizações.

2.1 Atividades para auditoria

A organização a ser auditada, chamada de “cliente do auditor”, sugere os elementos do “sistema da qualidade”, local e atividades a analisar em um ciclo de coleta de informações. Mas isso deve ser feito com auxílio de auditor-líder.

O cliente é quem deveria especificar as normas ou documentos com os quais o “sistema da qualidade” do auditado deve estar em conformidade. Deve-se definir o acordo, o escopo e a profundidade de atividades para auditoria de maneira compatível com as informações específicas que a organização necessitar.

A equipe auditora deve ser provida de todos os recursos necessários para cumprir o escopo e atingir a profundidade desejada.

A frequência das atividades de auditoria deve ser decidida levando em consideração características da organização e dos processos analisados, como: mudanças significativas na gestão, organização, política, técnicas ou tecnologias que podem afetar o sistema da qualidade, ou mudanças nesse próprio sistema e resultados de auditoria mais recentes. Auditorias internas podem ser executadas regularmente em uma organização com propósitos voltados para “gestão da qualidade” ou negócios.

Como base de planejamento de atividades para auditoria, o auditor deve analisar criticamente a adequação dos métodos descritos, e registrados pelo auditado para atender aos requisitos do sistema da qualidade, como por exemplo, manual da qualidade ou equivalente.

Se esta análise crítica revelar que o sistema descrito pelo auditado não é adequado para atender aos requisitos, não devem ser gastos outros recursos na auditoria até que as questões estejam resolvidas satisfatoriamente para o cliente, o auditor e, quando aplicável, o auditado.

O “*plano para atividades de auditoria*” deve ser aprovado pelo cliente, e comunicado aos auditores e ao setor auditado. Este deve ser elaborado de tal forma que permita mudanças durante a auditoria, deve dar ênfase às informações obtidas durante os processos de obtenção de informações, e facilitar o uso desses resultados de auditoria.

O “plano para atividades de auditoria” deve ser preparado e documentado para incluir os itens:

- a) Objetivos e escopo da auditoria;
- b) Identificação de indivíduos que têm responsabilidade direta com os objetivos e escopo da auditoria;
- c) Identificação de documentos de referência (tais como, a normas sobre “sistema da qualidade” aplicável e manual da qualidade do auditado);
- d) Identificação de membros da equipe auditora (auditores);
- e) Identificação das unidades organizacionais a serem auditadas;
- f) Tempo previsto de duração para cada atividade principal da auditoria;
- g) Programação das reuniões com a gerência do auditado;
- h) Critérios de confidencialidade de informações;
- i) Data de distribuição de relatórios com resultados de auditoria e data prevista para sua emissão.

Se o auditado não concordar com o conteúdo de plano para atividades de auditoria, a objeção deve ser comunicada ao auditor-líder. Cabe ao auditor-líder e aos representantes do auditado, e, se necessário ao cliente, obter a concordância entre as partes antes do início das atividades da auditoria.

Detalhes específicos do plano para atividades de auditoria somente devem ser comunicados ao auditado no decorrer da auditoria, se sua revelação prematura não comprometer a coleta de evidência objetiva.

A cada auditor devem ser atribuídos elementos específicos do “sistema da qualidade” ou do departamento funcional a ser auditado. Estas atribuições devem ser feitas pelo auditor-líder, após consultar os auditores envolvidos.

Os documentos necessários para facilitar as verificações do auditor para documentar e relatar os resultados, podem incluir:

- a) Listagem de verificações usadas para avaliar os elementos do sistema da qualidade;
- b) Formulários para relatar observações da auditoria da qualidade;
- c) Formulários para documentar as evidências, comprovando as conclusões dos auditores.

Atividades ou investigações adicionais às não listadas nos documentos podem se tornar necessárias para demonstração de evidência objetiva.

2.2 Execução de atividades para obter informações para auditoria

O início das atividades para obter informações para auditoria deve ser uma *reunião de abertura* cujas finalidades devem incluir:

- a) Montar os canais pessoais de comunicação entre auditores e auditados;
- b) Ratificar o escopo e os objetivos da auditoria;
- c) Apresentar um sumário sobre os métodos e procedimentos que serão usados durante a auditoria;
- d) Estabelecer os canais formais de comunicação entre a equipe auditora e o auditado;
- e) Confirmar a disponibilidade de recursos e meios necessários para a equipe auditora.
- f) Confirmar a duração e data para a *reunião de encerramento de atividades* e quaisquer reuniões intermediárias entre a equipe auditora e a administração do auditado;
- g) Esclarecer detalhes obscuros sobre o plano de auditoria.

As coletas de “evidências objetivas” podem ser efetuadas através de entrevistas, exame de documentos e observação de atividades e condições

nas áreas de interesse. Os indícios de “não-conformidade” devem ser anotados relevantes, mesmo quando não constem de lista para verificação, e devem ser examinados caso a caso. As informações obtidas através de entrevistas devem ser comprovadas com informações de outras fontes independentes, tais como, observação física, medidas e registros anteriores.

Para assegurar a otimização de resultados durante as atividades para auditoria, o auditor-líder pode fazer modificações nas atribuições de auditores e plano para atividades de auditoria, com aprovação do cliente e concordância do auditado. Caso os objetivos da auditoria pareçam ser inatingíveis, o auditor-líder deve informar as razões disto ao cliente e ao auditado.

As informações obtidas durante a auditoria devem ser documentadas. Depois de obter as informações sobre os processos e produtos, a equipe auditora deve registrar a “não-conformidade”. A equipe auditora então deve certificar-se de que tudo está documentado de modo claro e conciso e comprovado por evidências.

A “não-conformidade” deve ser identificada em relação aos requisitos especificados em normas ou documentos relacionados para orientação de atividades. O resultado deve ser reavaliado pelo auditor-líder em conjunto com representantes do auditado. As informações sobre “não-conformidade” devem ser informadas à administração do auditado.

Para que se possa apresentar as observações sobre resultados de auditoria da qualidade à administração do auditado, no final da auditoria, antes de se preparar o relatório final, deve ocorrer uma *reunião de encerramento*. O auditor-líder deve expor as conclusões da equipe auditora sobre a eficácia do “sistema da qualidade” do auditado para assegurar que as metas de qualidade sejam atingidas.

O *relatório da auditoria* deve refletir fielmente o tom e o conteúdo das atividades e resultados da auditoria, ser datado e assinado pelo auditor líder. Este deve conter, quando aplicáveis, os itens:

- a) Escopo e objetivos das atividades de auditoria;

- b) Detalhes do plano de auditoria, identificação dos membros da equipe auditora e representantes do auditado, datas de atividades para auditoria e identificação do setor onde foram colhidas as informações;
- c) Identificação de referências para atividades de auditoria;
- d) Observações sobre “não-conformidade”;
- e) Avaliação da equipe auditora sobre a conformidade nos processos do auditado, de acordo com as normas para “sistema da qualidade” e documentos de referência;
- f) Capacidade de auditado atingir objetivos definidos para a qualidade;
- g) Lista para distribuição do relatório de auditoria.

O auditado é responsável por escolher e iniciar a “ação corretiva” para corrigir “não-conformidade” ou sua causa. O auditor é responsável apenas pela identificação da “não-conformidade” e sua causa.

A “ação corretiva” e as auditorias para avaliação devem estar completas em intervalo de tempo estipulado entre o auditado e a equipe auditora.

3 Sistemas da qualidade e rodovias

Para controle sobre processos de ação para qualidade de rodovias, as normas emitidas pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBRs ISO séries 9000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g), expõem conceitos para padronização de “administração da qualidade em organizações”.

Admitindo o conjunto dos que constroem, operam, mantêm e usam as vias pode-se adotar como hipóteses:

- a) Construtores, operadores, os que mantêm as vias, políticos e outros que decidem ações públicas, a Sociedade, etc. são o conjunto de organizações que administra ações sobre qualidade de rodovias;
- b) Os que usam as rodovias e seus serviços para as viagens são os principais clientes externos para os serviços fornecidos pelas vias.

O conteúdo das NBRs ISO série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) “fornece as diretrizes para verificar a existência e implementação de elementos de “sistema da qualidade” e a capacidade deste atingir os objetivos de qualidade definidos. Sua natureza é genérica para aplicação ou adaptação a diferentes tipos de indústrias e organizações.

“Cada organização deve desenvolver seus próprios procedimentos específicos para a implementação destas diretrizes” – [NBRs ISO 10011-1, ABNT (1993d)]. Entretanto, o conjunto de organizações que administra a qualidade das viagens não tem administração única, contém indivíduos que

possuem interesses conflitantes e que operam sobre variáveis que parecem não possuir ações diretas sobre os interesses dos que usam as vias.

“Sistema da qualidade” deve ser eficaz e eficiente ao contribuir para que processos forneçam serviços ou produtos que satisfaçam necessidades e expectativas de clientes, e, ao mesmo tempo, proteger interesses de organização. Um “sistema da qualidade” bem estruturado é valioso recurso para aperfeiçoar operações de gerência e controle sobre nível para qualidade, ampliar benefícios, reduzir custos e identificar riscos. Mas, são necessárias constantes “manutenção” e melhoria de “sistema da qualidade” para atingir objetivos de satisfação de clientes. É neste item que a “auditoria sobre sistemas da qualidade” é muito útil.

Dentre as exigências contidas nas normas NBRs ISO série 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c), um ingrediente é sugerido como necessário para assegurar que procedimentos em organizações “reflitam” a melhor prática disponível para garantir a satisfação de clientes, o uso de auditoria. Só verificando a compatibilidade entre prática e processos em uso, é que se pode certificar o que vem sendo maximizado em “consistência” e “repetibilidade”.

Organizações devem ter uma política da qualidade, definida segundo NBR ISO 8402 (ABNT, 1994a) com itens como: “intenções e diretrizes globais de uma organização, relativas à qualidade formalmente expressas por administradores”. Assim, um nível mínimo de “capacidade para fornecer sensações de conforto e segurança aos motoristas e passageiros que viajam pela rodovia” pode ser uma importante parcela da política para gerir o conjunto de organizações e indivíduos envolvidos com construção, operação e manutenção de rodovias – mas, esse conjunto tem elementos esparsos, dispersos, e até conflitantes ao expressar as diretrizes dessa “política”.

A estrutura, procedimentos, processos e recursos necessários para implementar a “gestão da qualidade”, o “sistema da qualidade”, aplicado ao controle e orientação de ações para que a superfície de via atenda ao conforto e segurança de viagens após obras para construção, manutenção

ou reabilitação de pavimentos teriam dentre seus objetivos “tentar fazer com que o uso de conceitos contidos em especificações sobre projetos, planos e construção de vias levem a produtos que atendam a desejos e expectativas de embarcadores, motoristas e passageiros”.

Os conceitos adotados para controle sobre ações para construção, operação e manutenção de rodovias deveriam estar contidos em especificações emitidas pelos órgãos responsáveis por construir, operar, e manter rodovias. Mas, na maioria das vezes, variáveis que relacionariam o produto conforme o que foi especificado pode não coincidir com o que especificam os que usam as vias por que os especificadores e os objetivos de especificação podem ser diferentes – para os construtores e operadores os controles são físicos sobre a via (resistência, rugosidade, geometria, etc.), para os “que usam a via” são as sensações de conforto e segurança na viagem.

Para controlar a eficiência de operação de “sistemas da qualidade” de pavimentos das rodovias é necessário verificar se os processos previstos levariam ao produto especificado pelos que usam as vias. Isso equivale a dizer que os “sistemas da qualidade” de controle de pavimentos devem ser analisados na sua essência, conteúdo, operação e conformidade.

3.1 Sobre a relação entre pavimentos e a qualidade de viagens pelas rodovias

Pavimentos devem “prestar serviços” com qualidade a usuários – isso poderia ser entendido como: *contribuir para que motoristas e passageiros tenham sensações de conforto e segurança ao viajar*. O estudo sobre qualidade de pavimentos deve ser orientado por informações que caracterizem, do ponto de vista de usuários, a qualidade do movimento de veículos pela via.

A qualidade de viagens pelas rodovias, do ponto de vista de motoristas e passageiros pode ser associada ao volume de aceleração vertical que age sobre os veículos durante a viagem pela superfície de pavimentos, uma

função da interação entre o pneu e o pavimento, que transmite movimentos verticais aos veículos (HUDSON, 1991).

Usando a terminologia sobre qualidade dever-se-ia dizer que um pavimento é “conforme” quando sua superfície é eficiente ao atender a expectativa dos que usam a via por viagens seguras e confortáveis.

Na linguagem de avaliação dos pavimentos, a variável que pode ser adotada para exprimir e explicar “qualidade de superfície de pavimento” é a “irregularidade”. A irregularidade pode ser definida como “o conjunto de distorções transversais, longitudinais e horizontais das vias”. A irregularidade pode ser medida através de métodos diretos e “equipamentos para medida de acelerações verticais”.

Na prática, a variável “irregularidade da superfície de pavimento” pode ser conceituada como o “desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via [DNER-ES 173/86, DNER (1986), “item 3, definições”]”.

Do que mais definem a qualidade sobre veículos, motoristas e passageiros, asgens, do ponto de vista de sensação transmitida de conforto e segurança em viagens, as acelerações verticais e laterais dos que viajam por rodovia, é o conjunto de aceleração ao desconforto laterais. Mas, a aceleração vertical é a principal solicitação, e, é a variável mais percebida por motoristas e passageiros durante viagens e de viagens. O que mais contribui à formação de conceitos sobre qualidade de custo operacional, é o efeito das forças para movimento quem mais define o custo operacional de viagens.

HASS et al. (1994), página 79, relata a conceituação de ações da irregularidade de pavimento como “um processo vivido por motoristas e passageiros de veículos quando trafegam pela superfície de vias”.

A análise de relações entre medidas sobre a irregularidade, aceleração vertical e “escalas que poderiam fixar expressões para medidas sobre distribuições de sensações de conforto e segurança” percebidos por motoristas e passageiros. Por isso, a irregularidade é útil para uso em

métodos, processos e uso de equipamentos para obter informações que expressem indiretamente o comportamento do tráfego de veículos pela rodovia, do ponto de vista de usuário.

3.2 *Análise do comportamento da superfície de pavimentos*

Dentre os principais conceitos úteis para análises sobre o comportamento de superfície de pavimentos em relação ao serviço prestado ao tráfego, destacamos:

“Capacidade para servir” ou “present serviceability” [CAREY & IRICK (1960), página 42; AASHO (1962), páginas 292 e 293], dita simplesmente “serventia” de pavimento, é “o potencial de uma seção de pavimento de servir ao tráfego de automóveis, caminhões e ônibus em velocidade” - definição válida para o presente, e não para o futuro, ou o passado.

Em português, o conceito acima é nomeado “serventia atual” [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b), item “2 definições”]: é “a capacidade de um trecho específico de pavimentos de proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego”. A “história” de alterações da serventia de um trecho de via se confunde com a variação da irregularidade de superfície no tempo.

Para exemplificar elementos sobre a importância de uso do conceito “serventia”, CHAMBERLIN (1995), relata que prêmios ou multas sobre os preços pagos por serviços prestados para construir, manter ou reabilitar pavimentos podem contribuir para mudar positivamente a qualidade dos serviços fornecidos aos clientes de rodovias”. Em alguns locais adotou-se o exposto para remunerar serviços através de associação entre preços pagos e a serventia.

“Estimativa de capacidade para servir por um indivíduo”; “individual present serviceability rating” é uma estimativa independente, efetuada por uma pessoa, de capacidade de pavimento de servir ao tráfego em um trecho de rodovia, marcando um valor específico, em uma escala específica.

O processo para estimar a serventia, quando usado por um indivíduo é equivalente a qualquer outro usado para obter escalas através de opiniões de seres humanos sobre suas sensações. Para um trecho de rodovia, a “serventia” poderia ser expressa pela média de notas atribuídas por motoristas e passageiros em um dado instante da avaliação.

A classificação da capacidade de pavimento prestar serviços ao movimento de veículos pode ser efetuada por entrevistas a motoristas e passageiros [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b)], ou observação sobre a distribuição de medidas ou ocorrências de características físicas de superfície do pavimento que podem ser relacionadas às ocorrências de opiniões de usuários sobre o conforto de viagem (modelos ou medidas com uso de equipamentos específicos) [DNER-PRO 08-78, DNER (1978c)] que possam ser relacionadas a conjunto de resultados de entrevistas adotado como padrão para orientar a estimativa indireta de distribuições de opiniões que expressem qualidade de viagens.

Ou seja, processos para classificar serviços prestados ao movimento de veículos por segmentos de rodovias podem agregar conceitos e informações que admitam escalas de medida sobre variáveis que expressem distribuições de opiniões de usuários de via sobre a viagem pelo pavimento. Mas, é fundamental lembrar que os resultados obtidos podem ser usados para orientar trabalhos técnicos específicos para tomada de decisões sobre interferências para construção, manutenção e reabilitação da estrutura desses componentes da via.

“Desempenho de pavimento”, ou “desempenho”, ou *“performance”*, [AASHO (1962), páginas 292 e 293] é o conjunto de termos adotado para definir a “variação de medidas para a serventia ao longo do tempo”.

A variável “desempenho” é uma expressão para a tendência de valores medidos sobre a “serventia” de trecho de rodovia em função do número de repetições de aplicações de cargas equivalentes a uma “carga de eixo padrão”. Segundo CAREY & IRICK (1960), “admite-se que o desempenho

de um pavimento pode ser descrito se for possível medir a serventia ao longo da vida útil desse equipamento”.

A serventia pode ser um índice útil para classificar segmentos de superfície de pavimentos em relação às viagens. Uma das escalas usuais é o intervalo de 0 a 5 – expressando condições entre péssimo e ótimo – o atendimento as expectativas e desejos de clientes da rodovia, o nível de qualidade de viagem, defeitos e necessidade de manutenção ou reabilitação do pavimento (AL-OMARI & DARTER, 1994).

A análise de resultados obtidos na pista experimental da AASHO (HRB, 1961), e o relato exposto por FWA & GAN (1989), fixam que um trecho de rodovia é aceitável para o tráfego de veículos quando 50% ou mais de usuários que por ali viajam o aprovem.

Também, para que o pavimento de uma rodovia seja aceitável para o tráfego de veículos, do ponto de vista de passageiros e motoristas que usam a via, a AASHTO (1985), e o relato de FWA & GAN (1989), sugerem o limite mínimo para o índice de serventia igual a “2”.

4 Resumo de conceitos da estatística aplicados nesse trabalho

O conjunto a que pertencem sujeitos cujas características sejam observadas em experimentos é chamado *população*, ou *universo*.

Fixado um *padrão*, ou seja, uma grandeza unitária para servir de referência a uma característica de elemento de uma população, diz-se que *medir* sobre características de dado sujeito é a atividade para verificar quantas vezes ocorre o padrão em cada sujeito observado. Assim define-se:

- a) *Medida* (sobre o sujeito observado) é o resultado dessa ação para “medir a característica analisada”;
- b) *Amostra* sobre uma população é um subconjunto de elementos desse universo;
- c) *Amostragem* é o processo para obter amostras;
- d) O produto de uso de uma regra, ou método matemático, para associar uma medida a dada característica de cada elemento pertencente a uma *amostra* sobre uma população é chamado *variável aleatória* sobre aquele espaço;
- e) Um número particular, associado a uma medida sobre elemento específico de uma amostra, pode ser chamado *dado ou valor medido* para uma característica de variável aleatória em um espaço de amostragem. Em experimentos, *dado* é sinônimo de *dado observado*;
- f) Uma amostra sobre uma população é dita *aleatória* quando os exemplares obtidos têm o mesmo tamanho e igual probabilidade de ocorrer.

Ao analisar dados que expressem medidas sobre uma característica variável de elementos de população:

- a) Dizemos que estão sendo estudados *valores numéricos de medidas sobre características de elementos da população*, ou por abuso de linguagem, *dados*;
- b) E, em parcela das decisões sobre características de população, usam-se conceitos da estatística e parâmetros que descrevem o comportamento de propriedades de elementos de amostras;
- c) O conjunto de medidas sobre uma variável aleatória é chamado *contínuo* se seus elementos pertencem a um conjunto dos números reais de intervalo definido – a variável aleatória observada é então classificada como *variável aleatória contínua*;
- d) E, conjunto de medidas sobre uma variável aleatória é chamado *discreto*, se os seus elementos pertencem a uma seqüência de números isolados - a variável aleatória observada é então chamada *variável aleatória discreta*.
- e) A medida que pertence a uma variável aleatória contínua usualmente *é usada para medir* algo. Se pertencer a uma variável discreta, usualmente, para *contar* algo.

4.1 Distribuições de frequência

Medidas brutas sobre uma população são aquelas que não foram organizadas sob dada seqüência numérica. Por exemplo: opiniões de usuários classificando um pavimento antes de serem ordenadas.

Um grande número de medidas é de difícil manuseio e processamento. Por isso, é usual organizar esses dados por intervalos de valores – as *classes* ou *categorias* de medidas. Por exemplo, notas de zero a cinco, cujas médias podem variar dentro dos números reais que pertençam aos intervalos de classe “0” a “1”, “1” a “2”, “2” a “3”, “3” a “4”, e “4” a “5”.

Também se nomeia:

- a) O número de elementos de população que pertence à classe, chamado *freqüência da classe*;
- b) O extremo de cada intervalo de classe é chamado *limite superior* ou *limite inferior*.
- c) A diferença entre esses limites, a *amplitude do intervalo da classe*;
- d) A tabela que contenha os intervalos que delimitam as classes e o número de elementos de população que pertence a uma classe é chamada *distribuição de freqüência* ou *tabela de freqüência das classes* (em que foram divididas as medidas sobre a população). A vantagem obtida em trabalhar sobre classes é agrupar dados e facilitar sua organização e apresentação;
- e) *Freqüência relativa de uma classe* é o número de elementos dessa classe dividido pelo número de elementos pertencentes a uma amostra – usualmente expressa em percentagem;
- f) O número de medidas menores que o limite superior de uma classe é denominado *freqüência acumulada* até e inclusive aquele intervalo de classe;
- g) A *freqüência relativa acumulada* é o resultado da divisão da freqüência acumulada pelo número total de elementos observados em um experimento, ou o número de medidas menores que o limite superior da classe dividido pelo número total de elementos da amostra.

4.2 Distribuições de probabilidades

Se um evento E pode acontecer de h maneiras deferentes, em um total de n modos possíveis e igualmente prováveis, define-se a *probabilidade de ocorrência* (ou *sucesso*) desse evento:

$$p\{E\} = \frac{h}{n} .$$

Para coerência com os conceitos da estatística, a probabilidade de ocorrência é estimada através da adoção da frequência relativa para substituir o uso das contagens h e n . E, a rigor, a probabilidade propriamente dita é o *limite da frequência relativa, quando o número de observações tende para o infinito*.

Se uma variável aleatória pode assumir um conjunto discreto de valores $X = \{X_1, X_2, \dots, X_K\}$, com $p = \{p_1, p_2, \dots, p_K\}$, e $p_1 + p_2 + \dots + p_K = 1$, teremos definido uma função $p(X) = \{p_1, p_2, \dots, p_K\}$, ou seja, associamos aos valores que podem assumir as variáveis aleatórias uma probabilidade de ocorrência. A fórmula ou tabela que permita estimar tais probabilidades é chamada de *distribuição de probabilidades* para essa variável aleatória.

Quando a variável aleatória é discreta, a *distribuição de probabilidades é classificada como discreta*. Quando a variável aleatória X pode assumir valores contínuos em um intervalo de números reais, a distribuição de probabilidades obtida é classificada como contínua.

Para toda uma população, a frequência relativa é uma função contínua, $Y = p(X)$. A representação gráfica de uma distribuição de frequência para uma população pode ser o exposto na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição de frequência relativa para uma população

Dentre as propriedades da função $Y = p(X)$, conhecida como *função de densidade de probabilidades* destacamos:

- a) $\int_0^{\infty} x.p(x) = 1$, ou seja, a área entre o eixo dos X e a curva que representa a função $Y = p(X)$ é igual a “1”;
- b) A probabilidade dos valores para a variável X pertencerem ao intervalo entre a e b é $p(a < X < b) = \int_a^b x.p(x)$, ou seja a área entre a curva e o eixo dos X , sombreada na Figura 2.

4.2.1 A distribuição normal de probabilidades

A distribuição de probabilidades é a distribuição contínua onde a função de densidade de probabilidade é:

$$y = p(x) = \frac{e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Com: y = ordenada de probabilidade na curva da distribuição normal, μ = média da variável X na população, σ = desvio padrão característico da população a que pertence X , e = base dos logaritmos naturais.

Na prática, a variável X é substituída pela variável z , conhecida como *variável normal reduzida*, *variável normal estandardizada* ou *escore z* (da distribuição normal de probabilidades), $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$. Essa variável tem média “1” e desvio padrão “0”.

Assim, a função densidade de probabilidade para a distribuição normal pode ser rescrita:

$$y = p(x) = \frac{e^{-\frac{z^2}{2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

A *distribuição normal* é a mais importante dentre as classificadas de probabilidade contínua, porque a maioria das variáveis que ocorrem na natureza tem a ocorrência de medidas explicadas por tal tipo de distribuição.

Dados numéricos sobre a função densidade normal de probabilidade são expostos em tabelas de diversos livros (CHASE & BROWN, 1992, tabela B.3; SPIEGEL, 1993, apêndices I e II; MORGAN, 1950), ou anexados a programas para processamento em computador, por exemplo, EXCEL 2000 (MICROSOFT, 1999), MATHCAD 8 (MATHSOFT, 1999) e STATISTICA 99 (STATSOFT, 1999).

4.3 Inferência estatística

A *inferência estatística* é o processo para explicar relações associadas a parâmetros estatísticos de uma população, a partir de medidas de características estatísticas sobre amostras. Há dois tipos de inferência estatística:

- a) A *estimativa de parâmetros*, ou *estimativa pontual*, aproxima parâmetros estatísticos descritivos de população (média, desvio padrão, etc.);
- b) E, a *tomada de decisões*, mais conhecida como *teste de hipóteses*, que consiste em escolher entre duas afirmativas opostas sobre parâmetros de população. As afirmativas são chamadas *hipóteses*.

Para maiores detalhes consultar CHASE & BROWN (1992), páginas 289 a 340, 360 a 370, 395 a 442.

4.4 Escalas para medidas a partir de juízos emitidos por indivíduos

Juízo é uma faculdade intelectual do homem, que compara e julga. Os valores sobre coisas podem ser formados a partir de juízos emitidos por indivíduos. Exemplo de aplicação de juízos emitidos por homens pode ser: "atribuir notas na escala de" 0 "a" 5 "sobre a qualidade de uma viagem".

A distribuição estatística de classificações obtidas por "juízos" pode se transformar em conjunto de medidas – servem, por exemplo, para classificar resultados de experimentos da psicologia, observações sobre estética, verificação de características de pessoas ou resultados de ações de indivíduos, ou "nível para qualidade de produto ou serviço", estado de conservação de pavimentos - ou seja, a qualidade de viagem por dado segmento de rodovia", etc.

E, "juízos" podem ser comparativos ou absolutos – inclusive a "inexistência de juízo" que pode ser absoluta ou produto de comparação. Para exemplos:

- a) "Esse pavimento é mais rugoso que aquele outro" é uma comparação;
- b) "Não é possível viajar por esse pavimento" é um juízo absoluto que contém uma comparação (existiria outro pavimento...).

Um "juízo" único reflete uma "única posição de classificação" – e, não fornece suficiente informação para obter uma medida. Mas, um conjunto de "juízos" pode contribuir para classificar sujeito observado. Por isso, opiniões emitidas por indivíduos podem ser úteis para "medir" dificuldade, qualidade, estética ou percepção, etc.

Medidas podem ser descrições de posições em uma escala. Ou seja, exprimir classificações ou ordenações de características de variáveis. E, há muitas aplicações para simples indicações da ordem de características de variáveis.

O juízo sobre características de pessoas ou coisas é muitas vezes emitido através de classificação em um pequeno número de classes definidas e ordenadas. Apesar de os limites da escala de classificação conterem

intervalos de classe iguais, ou seja, equidistantes, a sua transformação em “medidas” pode ser mais bem efetuada assumindo-os como simples intervalos de classes sucessivas de uma escala. Isso porque no uso de intervalos sucessivos é latente a ordem de classificação. Juízos contêm a relação de ordem de classificação e a expressão de escalas internas de quem classifica uma característica de coisas.

Mas as “escalas para medir” podem também não se resumir à expressão de relações de ordem. De um lado há ordenação, de outro a classificação de diversos espécimes apenas semelhantes colocadas em mesma categoria. Se o problema fosse apenas ordenar, seria necessário tratar da ordenação completa de inúmeros elementos classificados em mesma categoria.

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” obtidas ao acionar a escolha ou percepção sobre a ocorrência de características numéricas ou contagens sobre variáveis. A “escala” é um conceito de origem lógica para a medida.

As “escalas” podem ser usadas para associar “medidas” a *valor de característica abstrata* de sujeitos observados – o termo “característica abstrata” é aqui entendido como qualquer aspecto que identifique a diferença entre fatos ou objetos. Por exemplo, comprimento, peso, percepção visual de formas, dureza, dificuldade para escrever, simpatia política, qualidade de tráfego de veículos, qualidade de viagens, etc.

A “definição de escala” é processo de aplicação comum em estudos da Psicologia e da Educação – porque, nessas ciências “medem-se” expressões e julgamentos emitidos por indivíduos. Exemplos de aplicações podem ser classificações de: aprendizagem, memorização, captação, ou assemelhados. Ai é usual fixar um “valor padrão para referência”, e adotar medidas em função de números de valores padrão.

O exposto levou à definição de processos para tratamento de dados que levam à “definição de escalas” partindo de juízos sobre coisas ou pessoas

cujas características sejam enquadradas em um número definido de classes. Destaca-se o processo proposto por LIKERT (1932).

Em resumo, LIKERT (1932) sugeriu:

- a) Assumir que a distribuição normal explicaria a ocorrência de juízos emitidos por indivíduos;
- b) Adotar freqüências relativas de ocorrência de respostas em intervalo de classe como estimativa das probabilidades de ocorrência da classe entre as respostas possíveis para uma característica classificada;
- c) Operar sobre a formulação teórica dos parâmetros da distribuição normal para estimar as ordenadas, ou seja, caracterizar a probabilidade de ocorrência de intervalo de classe;
- d) Estimar a variável normal estandardizada “z” a partir das ordenadas.

Para um número de classes m em um processo de definição de escalas, se: p_l = freqüência relativa de ocorrência de juízos em um intervalo de classe de medidas l ; $l = 1, \dots, m$:

- a) A freqüência relativa de ocorrência de juízos até o limite inferior para a primeira dessas classes medidas é “0” (zero), e estimada por $\sum_{k=1}^{l-1} p_k$ para a classe de ordem l ;
- 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 $\sum_{k=1}^l p_k$ para a classe de ordem l .

E, a partir daí pode-se estimar numericamente:

$y_{l(0)}$ = ordenada do limite inferior de um intervalo de classe de medidas, na curva que representa a função densidade de probabilidade normal estandardizada da classe l ;

$y_{2(l)}$ = ordenada do limite superior de um intervalo de classe de medidas, na curva que representa a função densidade de probabilidade normal estandardizada de classe l .

Os cálculos para estimativas das ordenadas são de difícil formulação matemática, por isso, o mais usual é recorrer a resultados publicados em tabelas. Para facilitar as estimativas de ordenadas que caracterizam os limites das classes na curva que representa a distribuição normal, usou-se a análise de regressão sobre os dados contidos na tabela publicada em MORGAN (1950), páginas 606 a 608 para obter um polinômio de interpolação de valores dessas ordenadas:

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

A variável estandardizada normal z_l é então estimada, para cada classe l :

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

A Figura 3 ilustra o andamento do processo para estimativa da variável normal estandardizada z_l , segundo LIKERT (1932).

Figura 3 - Processo para estimativa da variável normal estandardizada z segundo LIKERT (1932).

A Figura 4 é um diagrama que resume os procedimentos numéricos para tornar prático o uso da sugestão de LIKERT (1932).

Figura 4 – Diagrama das operações para estimativa da variável normal estandardizada e definição de escalas segundo LIKERT (1932)

4.5 Um processo para comparar escalas de medidas obtidas estudando distribuições de juízos emitidos por indivíduos

Se, $n_i \geq 30$, $i = 1, \dots, p$ indicar o número de medidas efetuadas a partir de juízos em cada uma de p amostras sobre uma população, a amostra total sobre o universo representado terá $\sum_{i=1}^p n_i$ observações:

Conceitos emitidos por LIKERT (1932) para estudar um conjunto de juízos sobre um conjunto de p amostras, que possa ser admitido como capaz de fornecer a explicação do comportamento estatístico de medidas sobre uma população, pode-se definir a *escala de medidas para a população* que explique a distribuição de juízos no universo estudado (para ilustração, observar a Figura 5);

Figura 5 – Diagrama de Venn para ilustrar amostras sobre uma população

- b) Usando os conceitos emitidos por LIKERT (1932) para estudar um caso isolado pertencente à população analisada no item anterior pode-se definir a *escala de medidas para a amostra* que explique um processo ocorrido sobre a distribuição de juízos na *população* estudada – é o caso de uma observação particular sobre uma divisão da amostra sobre o universo (para ilustração, observar a Figura 6);

Figura 6 – Diagrama de Venn para amostra do conjunto de observações sobre população

- c) Para comparar escalas definidas nos itens “(a)” e “(b)” anteriores, deve-se ter em mente que as variáveis analisadas 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”;
- d) Casos individuais podem ser comparados apenas verificando *diferenças entre escores z entre a escala que explica o conjunto de amostras e o escore na escala obtida para a amostra verificada para o mesmo item*;
- e) A comparação de todo um conjunto de intervalos em escalas é o mais adequado para orientar a comparação entre duas escalas – a relação de ordem contida na escala pode permitir a identificação de tendências e definição de índices que orientem a explicação dessas tendências;
- f) 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 Figura 7.

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 população	$Z_{p(1)}$	$Z_{p(2)}$	$Z_{p(3)}$	$Z_{p(4)}$	$Z_{p(5)}$	$\sum_{i=1}^5 (Z_{p(i)} - Z_{a(i)})$
escore z da amostra	$Z_{a(1)}$	$Z_{a(2)}$	$Z_{a(3)}$	$Z_{a(4)}$	$Z_{a(5)}$	

Figura 7 – Definição de índice para comparação de escalas

5 Auditoria e comportamento de pavimentos

Se for aceita a hipótese de que produto ou serviço deve atender condições fixadas para que ocorra a satisfação de observadores sobre suas características, principalmente as que atendam expectativas de clientes de organizações, a superfície do pavimento deve fornecer o melhor em sensações de conforto e segurança na viagem de motoristas e passageiros.

Supor que “o pavimento” é uma “organização” que tenha por objetivo “prestar serviços com qualidade a clientes que viajam pela rodovia” pode tornar-se um artifício útil para:

- a) Verificar e identificar diretrizes sobre as relações entre os serviços prestados ao movimento de veículos e os procedimentos para atender a critérios para qualidade de viagem;
- b) Fornecer diagnóstico sobre o “conjunto dos que usam o pavimento” para classificar liderança, gerência, clareza de atribuição, motivação e conhecimento sobre as características de relações entre qualidade da viagem e pavimento entre envolvidos com construção, operação e manutenção de vias.

Se considerarmos o pavimento como uma organização, cujo objetivo é “prestar serviços” com qualidade, podemos dizer que o sucesso de “negócios” seria atingido quando motoristas e passageiros estivessem satisfeitos com qualidade de viagens. A auditoria sobre o “serviço prestado” pela superfície de pavimento ao usuário possibilitaria caracterizar a qualidade de pavimento, e identificar critérios para melhoria contínua, visando sempre “adequação ao uso” do ponto de vista de usuários.

Para representar um “sucesso” dos construtores e operadores de rodovias, a superfície do pavimento deve oferecer aos veículos serviços que:

- a) Atendam à sensação de conforto e segurança dos “que usam” rodovias;
- b) Satisfazam as expectativas de conforto em viagem;
- c) Atendam a normas e especificações para construção e manutenção;
- d) Atendam a requisitos fixados pela Sociedade, como não contribuir para poluir o meio ambiente;
- e) Terem custos de operação e manutenção compatíveis;
- f) Serem mantidos corretamente.

Estudar o pavimento como “organização” leva à necessidade de análises sobre características para a qualidade em todos os tópicos listados anteriormente.

Os observadores sobre pavimentos são clientes e técnicos ou administradores de organizações que prestam serviços para construir, manter, operar ou reabilitar estes equipamentos da rodovia. Por clientes, principais, entende-se “os que viajam ou encaminham bens pela via, ditos usuários de rodovias”. Na Tabela 4 listam-se os cinco tipos de observadores sobre o pavimento, suas expectativas ou necessidades.

Tabela 4 - Observadores sobre os pavimentos, suas expectativas ou necessidades

Observadores	Expectativas ou necessidades
Usuários	Segurança e conforto em viagens
Empregados	Reconhecimento, e satisfação na carreira e trabalho
Proprietários e empresários	Desempenho do investimento
Fornecedores	Continuidade da oportunidade de negócios
Sociedade	Administração responsável

Um dos principais objetivos da família de normas NBR ISO, série 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) é contribuir para que processos de produção satisfaçam as expectativas de clientes de organizações. São pelo menos cinco os tipos de observadores sobre cada produto ou serviço sobre o pavimento, descritos na Tabela 4, e, cada um tem expectativas e necessidades próprias.

Segundo OGLESBY & HICKS (1982), “em construção de rodovias trabalham engenheiros supervisores, inspetores e agrimensores; suas funções são analisar se o projeto está sendo executado em acordo com os planos e especificações, manter registros, inclusive de alterações, e observar, para a contratante, se pagamentos estão sendo feitos apropriadamente”. Esse é o conjunto de indivíduos que pode fornecer o conjunto de “auditores da qualidade”.

O “auditor” deve “ser pessoa qualificada para efetuar as atividades para obter e interpretar informações para auditoria sobre itens de qualidade, [NBR ISO 10011-1 (ABNT, 1993d)]”. Para os pavimentos, seriam os técnicos capazes de se envolver em decisões sobre investimentos sobre a via. Mas, forneceriam as informações para controlar variáveis sobre auditoria “os que usam a rodovia”. A principal variável a estudar é o “nível de satisfação de usuários com a viagem pela rodovia”.

As normas da família NBR ISO, série 9.000 (ABNT, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1993a, 1993b e 1993c) e 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) são aplicáveis a todas as categorias de produtos. Incluem-se materiais e equipamentos, informações, materiais processados ou serviços – por isso poderiam ser aplicadas às atividades para exame sistemático e independente que visem verificar se construção, operação e manutenção de pavimentos atendem a requisitos fixados por motoristas e passageiros para a qualidade de viagens.

5.1 Auditoria e pavimentos

Uma construtora de rodovias trabalha quatro categorias de produtos: materiais de construção, equipamentos para executar determinados serviços, informações como projetos e produto de processamento de materiais. Os critérios contidos nas normas NBR ISO 10011-1 (ABNT, 1993d), NBR ISO 10011-2 (ABNT, 1993e) e NBR ISO 10011-3 (ABNT, 1993f) fixam as diretrizes para executar atividades que ditam as características de qualidade da superfície de pavimento e podem ser submetidas a auditoria.

Os requisitos para "sistema da qualidade" de pavimentos são os mesmos de todas as categorias de produtos, mas a terminologia, os detalhes e ênfases dos sistemas para gestão podem ser diferentes. Clientes, ou seja, "os que usam rodovias" procurarão valores para a qualidade de viagem no serviço prestado ao tráfego de veículos pela superfície do pavimento. Mas, o pavimento em si é produto constituído por materiais, geometria, e processos de construção que têm características próprias e definidas.

Os que usam a via devem ter o direito, além da opção, de trafegar numa rodovia segura, confortável e ao menor custo operacional (economia de combustível, troca de peças, etc.). Isso leva à busca contínua por melhoria de qualidade da superfície para tráfego. Atos de auditoria podem contribuir para identificar diretrizes que contribuam para melhor atender expectativas dos que usam rodovias.

Planos, projetos e especificações são instruções que orientam as atividades para construção de rodovias. Esses conjuntos contêm desenhos e documentos escritos.

Mas, antes, durante ou após, as obras para construção, manutenção e reabilitação de pavimento, órgãos de gerência de transportes (que ocupam a posição de contratantes), necessitam de informações que garantam compatibilidade entre obras e planos ou especificações pré estabelecidas. A auditoria pode contribuir para identificar e obter tais informações, além de sugerir ações para que sejam atingidos os objetivos fixados para o serviço prestado pela rodovia.

HASS et al. (1994), página 66, afirmam que “dados sobre construção de pavimentos devem incluir informações sobre nível para qualidade de como foi construído e materiais usados, assim como resultados de testes de densidades de concreto betuminoso. A variação nos níveis para qualidade de construção provocará pobre comportamento de pavimento, se comparados com níveis para qualidade uniformes”.

Também, HASS et al. (1994), página 397, comenta que “ações para construção convertem especificações em realidade física. O sucesso das obras em rodovias é obtido quando os objetivos fixados para as características de pavimentos são atingidos e o pavimento presta bom serviço”.

Assim, a auditoria sobre a qualidade do “serviço prestado pelos pavimentos”, ou seja “pela superfície do pavimento ao movimento de veículos”, ou muito melhor, *qualidade de viagens pelo pavimento na rodovia*, pode ser um valioso artifício para orientar análises sobre pavimentos de rodovias, podendo identificar diretrizes e sugestões para melhoria de sensações de conforto e segurança nas viagens que contribuam para melhorar a qualidade de construção, manutenção ou reabilitação destes equipamentos de vias.

Mas, há que se comentar que um primeiro diagnóstico sobre o “sistema para qualidade de pavimentos” poderia indicar que para obter melhoria de nível para qualidade de serviços prestados pela superfície de pavimentos do ponto de vista de clientes dessa estrutura para que auditores possam verificar se a prática “reflete” o especificado, devem ser geradas informações sobre características para qualidade de produto ou serviço. Assim um diagnóstico contém as informações:

- a) Há dificuldade para definir e delimitar processos e funções de “sistema da qualidade para pavimentos”;
- b) Há falta de especificações para controlar processos em organizações, o que dificulta a auditoria, que usa como guias normas ou documentos para verificar “conformidade” de produtos e serviços;

- c) A auditoria visa verificar se processos, produtos ou serviços fornecidos por empresas, pessoas ou organizações estão em acordo com projetos, especificações e política da qualidade;
- d) Em serviços para construir, manter ou reabilitar pavimentos, o objetivo de auditoria pode ser contribuir para identificar e especificar ações para garantir que a superfície de pavimento satisfaça expectativas de conforto, segurança e contribua para diminuir o custo operacional de viagens;
- e) A “serventia” pode ser parte de processo para auditoria sobre a qualidade do “serviço prestado” por pavimentos a usuários para fornecer dados que caracterizem a adequação ao uso da superfície de pavimentos, do ponto de vista de motoristas e passageiros;
- f) A “serventia” é um juízo que tem sido usado em termos absolutos, com poucas discussões sobre a sua característica com “medida” associada à qualidade de viagem.

Dentre os objetivos de auditoria pode estar avaliar as necessidades por aperfeiçoamento ou ações corretivas sobre “sistema da qualidade” e de controle dos serviços prestados pelos pavimentos. Não se deve confundir esse conjunto de atividades com o controle da qualidade de serviços para construção, operação, ou manutenção do ente físico pavimento em si. A carência é por métodos para verificar se supervisões e inspeções estão sendo executadas em acordo com especificações definidas do ponto de vista de motoristas e passageiros – o que leva a demanda por processos que consigam operar com as informações e juízos expressos por usuários de vias.

O processo de auditoria de qualidade com uso da serventia é apenas interno à “organização pavimento” e pode se confundir com verificar se o que ocorre na prática de construção ou manutenção vem de encontro ao que se supõe em termos apenas técnicos sem explicar especificações definidas pelas sensações de quem define as características para o nível de qualidade desejado.

A fixação de critérios para controle do atendimento pelo pavimento de necessidades para a viagem deve ser executada por pessoal independente daquele que detém a responsabilidade direta por construir ou manter. É vital que isso possa ser aplicado a política de qualidade para os pavimentos, e fixação de processos para controle do “sistema da qualidade” que oriente e caracterize a adequação ao uso do ponto de vista de clientes de rodovias.

5.2 Qualidade de viagens segundo o DNER

O estudo sobre qualidade de viagens em pavimentos é especificado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem para análise sobre qualidade de serviço prestado pela superfície de pavimentos ao tráfego de veículos com o nome “avaliação subjetiva de pavimentos – Procedimento DNER PRO 07-78”. Esse é o processo entendido pelos técnicos das rodovias como “auditar” o comportamento de pavimentos.

Infelizmente aquele texto adota um vocabulário hermético no que se refere ao tipo de característica e ação que se estude. Assim o texto DNER (1978b):

- a) Fixa critérios para obter distribuições de juízos por avaliadores treinados – o *sujeito* dessa atividade é a *qualidade da viagem*, e o processo é “atribuir notas a segmentos de vias”;
- b) Fornece dados para classificar indiretamente o conjunto de características físicas e comportamento estrutural de pavimento, a partir de associação com informações sobre variáveis fixadas e obtidas conforme o especificado em DNER (1978a, 1978c, 1983 e 1986);
- c) Define o “juízo emitido por um indivíduo” chamando-o “serventia atual” e definido como “a capacidade de um trecho específico de pavimento proporcionar, na opinião de usuário, rolamento suave e confortável em determinado momento, para quaisquer condições de tráfego”;
- d) Define a medida associada ao juízo emitido por uma nota entre “0” e “5”, chamado “valor de serventia atual”, obtida quando o avaliador

percorre o segmento observado em veículo de passeio de tipo médio e padrão dentre os fabricados no Brasil;

- e) Sugere a média de valores de serventia atual para expressar a "medida sobre a serventia do trecho observado";
- f) Fixa um grupo de "cinco membros perfeitamente conhecedores dos propósitos da avaliação" para serem os responsáveis pela emissão dos juízos;
- g) Define que a amostra a ser adotada é um conjunto de segmentos, cada um com 600m de comprimento;
- h) Fixa que o avaliador deve ser treinado para entender o processo de avaliação – adotam-se pelo menos dez trechos seqüenciais e não homogêneos que possam ser avaliados em tempo de percurso pequeno para preparar os avaliadores;
- i) Fixa que o juízo emitido refere-se à viagem de coleta de dados – o avaliador deve ser advertido a não incluir opiniões sobre o comportamento de segmento anterior, ou comportamento futuro da superfície de pavimento julgada. A viagem deve ser efetuada a uma velocidade próxima da velocidade de projeto para a via.

Dentre as críticas que se pode fazer ao processo para processar juízos emitidos por indivíduos destacaríamos:

- a) Não prever um tratamento estatístico mais acurado da distribuição de "medidas" decorrentes da serventia;
- b) Não prever uma melhor conceituação do processo de medida para a qualidade de viagem – parece ocorrer o esquecimento do fato de que essa medida contém intervalos iguais, mas além de relações de ordem acumula a expressão de escalas internas de quem classifica o serviço prestado pelo pavimento;

- c) Fixar um número de avaliadores pequeno (5), o que impede o tratamento estatístico de resultados internos ao grupo de avaliadores e suas distribuições em casos pontuais e específicos.

MELO (1998) mostrou que a ampliação do número de avaliadores poderia levar à obtenção de informações que fazem indicar que índices obtidos para a serventia através de critérios similares ao proposto por DNER (1978b) são discutíveis em sua validade estatística, e capacidade para separar em classes os serviços prestados ao tráfego de veículos por segmentos de rodovias.

O exposto em MORGAN (1950) incita a aceitar a sugestão de que medidas do tipo sugerido para classificar o “estado de pavimento” a partir de opiniões de motoristas e passageiros por CAREY & IRICK (1960), que geraram o proposto por DNER (1978b) contêm dois processos para classificação: a nota em si, e a própria escala interna a quem classifica a característica observada.

O processo fixado para atribuir notas a viagens por CAREY & IRICK (1960) durante o julgamento de comportamento de pavimentos usa intervalos de classes contidos entre “0” e “5”. Esse é um processo classificado dentre os métodos de definição de escalas por julgamento através de entrevistas a indivíduos e opiniões sintetizadas em notas de igual amplitude de intervalo de classes.

Por isso, para esses tipos de casos de estudos de características de elementos de vias, pode-se recomendar o uso de processos para definir escalas para “medidas” de LIKERT (1932) ou assemelhados – assumir que a distribuição de probabilidades das respostas é a distribuição normal e classificar as ocorrências de respostas em intervalos definidos conforme o comportamento de parâmetros que regem as relações entre as probabilidades nas populações de comportamento normal.

Ou, em síntese: processos para auditoria são fixados pelas normas NBR ISO (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f) para fornecer informações que orientem a fixação do arcabouço e tradição expostos em documentos que orientam os estudos sobre construção, operação e manutenção de pavimentos. Restamos, entretanto a tarefa que permita ampliar e melhorar o conjunto de métodos e processos para tratamento estatístico de dados para melhor classificar as “medidas” obtidas.

Nossas sugestões para contribuir com essa atividade incluem:

- a) Ampliar o número de avaliadores para trinta, para que a distribuição de medidas para a serventia possa ser tratada através de estudos sobre parâmetros estatísticos característicos da distribuição normal;
- b) Adotar a escala de “0” a “5” proposta por CAREY & IRICK (1960) e adotada por DNER (1978b), para classificação de qualidade de viagens por pavimentos;
- c) Adotar a proposta de LIKERT (1932) para definições de escalas para medidas de nível para qualidade de serviços prestados por segmentos de vias ao tráfego de veículos;
- d) Adotar o que se propôs no item 4.5, “Um processo para comparar escalas de medidas obtidas estudando distribuições de juízos emitidos por indivíduos” para comparar escalas, ou medidas, provenientes do uso de juízos expressos por avaliadores sobre qualidade de serviços por pavimentos, ou das viagens pelas rodovias.

O próximo item expõe a aplicação da proposta anterior a um estudo de caso.

6 Estudo de caso

Para obtenção de dados adotaram -se segmentos de via onde um grupo de estudiosos vinculados à Escola de Engenharia de São Carlos (dentre os quais o autor) programou tentativas de análise sobre características de qualidade de pavimentos. A finalidade foi obter informações que contribuíssem para explicar relações entre medidas sobre itens técnicos de características físicas da rodovia que definam a qualidade de viagens do ponto de vista dos que a usam em função de suas sensações para conforto e segurança.

A Tabela 5 resume os principais tipos de estudos, ações de elementos físicos observados e grupos de relações com a qualidade dos pavimentos, conforme expresso pelo grupo envolvido no levantamento de dados.

Tabela 5 – Estudos sobre relações entre qualidade de viagens e características de seus componentes físicos que interferem na qualidade de pavimentos

Componente físico	Tipo de ação sobre a qualidade de pavimento	Variável para formação de juízo sobre o pavimento
Irregularidade da superfície	Aceleração vertical sentida pelos usuários da via.	Serventia, que em outros termos é uma expressão de distribuição de juízos emitidos por motoristas ou passageiros de veículos.
Elementos para drenagem	Interferência ou deterioração da superfície de pavimentos.	A distribuição de juízos emitidos para a qualidade da viagem pelo pavimento.
Geometria da via	A tensão, o cansaço ou assemelhados associados à ação de viajar em veículos.	

Os segmentos observados foram 72,3 quilômetros nas ligações: Araraquara à Gavião Peixoto, Gavião Peixoto à Nova Paulicéia, Nova Paulicéia à Nova Europa, Nova Europa à entrada da ligação entre Gavião Peixoto com o segmento entre Nova Europa à Via Washington Luís. A Figura 8 é o mapa de segmentos observados para coleta de dados sobre qualidade de viagens.

Figura 8- Mapa das rodovias vicinais utilizadas para estudo de caso

As vias observadas são vicinais de duas faixas para tráfego, uma em cada sentido, onde do ponto de vista dos que levantaram os dados e documentos que descreviam as características dessas rodovias:

- a) O “estado” dos pavimentos variou entre “ótimo” a “péssimo”;
- b) A idade dos segmentos variou de meses a 26 anos;
- c) A largura de faixa para tráfego variou entre 3,00m a 3,50m. Dos acostamentos variou entre 1 a 2 m;
- d) O raio de curva horizontal variou entre 26 e 1250 m;
- e) A declividade longitudinal variou entre 0,5 a 14%;
- f) As sobrelevações variaram entre 0,5% e 10%;
- g) A velocidade para projeto declarada é 60 km/h.

Os segmentos de rodovia foram subdivididos em trechos de comprimento de 600m. A amostra se constituiu de 37 (trinta e sete) exemplares, sorteados dentre o conjunto de segmentos obtido. O número de segmentos amostrados é maior que trinta – isso sugere que a distribuição de resultados sobre o conjunto de segmentos deveria ser explicada por uma distribuição de probabilidades do tipo “normal”. Os segmentos foram demarcados a tinta no pavimento das vias observadas.

6.1 Avaliadores e seu treinamento

Para expressar juízos sobre a qualidade de viagem pelos segmentos que constituíram as amostras foram treinados conforme os critérios expressos em DNER (1978b) trinta e dois avaliadores, cuja origem geográfica dos avaliadores foi declarada:

- a) Um boliviano e dois peruanos;
- b) Sete provenientes dos Estados do Norte do País;
- c) Cinco provenientes dos Estados do Nordeste do Brasil;
- d) Quatro provenientes dos Estados do Centro-oeste do Brasil;
- e) Treze provenientes dos Estados do Sudeste do Brasil.

Foram 32 pessoas. Desses indivíduos, 21 (vinte e um) não possuíam experiência anterior em avaliação de pavimentos, e 11 (onze) poderiam ser considerados especialistas em trabalhos sobre pavimentos, ou seja, tinham relativa experiência anterior com assuntos ligados à qualidade de viagens.

O treinamento dos avaliadores constituiu-se de seminários para expor critérios e processos para avaliar, e onde se incluíram as informações sobre a viagem e a orientação para avaliação. Também, foram conduzidas avaliações para treinamento em dez trechos conforme previsto em DNER (1978b).

O número de avaliadores adotados, trinta e dois, fornece uma distribuição de notas que poderia ser considerada dentre as “distribuições de probabilidade normais em cada segmento do conjunto observado”.

6.2 Levantamento de notas sobre qualidade de viagem

O experimento que se descreve a seguir foi efetuado durante os meses de agosto a outubro de 1999. Os avaliadores treinados viajaram pelos segmentos e atribuíram notas e conceitos aos trechos de via observados.

As viagens para atribuir notas foram efetuadas em um automóvel de passeio marca Ford, modelo Royale, fabricado no ano de 1992. Durante o experimento, a velocidade do veículo foi mantida próxima de 60km/h, velocidade de projeto declarada para as rodovias vicinais estudadas.

Os segmentos foram percorridos nos sentidos Araraquara para Nova Europa, passando por Gavião Peixoto e Nova Paulicéia, e depois de Nova Europa sentido Araraquara até o trevo que levou a Gavião Peixoto.

Para anotar os juízos emitidos por cada avaliador, em cada segmento, foram usadas fichas conforme ilustrado na Figura 9.

Se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?					
Sua opinião sobre a viagem	Péssima	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Nota	1	2	3	4	5

Você viajaria sem reclamar por uma rodovia igual ao segmento que percorremos?

Sim	Não	Não sei
-----	-----	---------

Número: Data: Segmento:

Figura 9 - Ficha para anotação de notas e conceitos atribuídos aos segmentos observados

Em cada segmento, a amostra conteve 32 juízos emitidos pelos avaliadores; e, obteve um total de 1184 juízos que representariam o universo de segmentos observados. Esse trabalho usará somente as informações referentes às notas atribuídas pelos avaliadores.

A Tabela 6 resume uma síntese da estatística descritiva das notas obtidas.

Tabela 6 – Síntese de estatística descritiva das respostas ao quesito: “se você viajasse durante 8 horas em rodovia igual ao segmento que percorremos, que nota você daria a sua viagem?”

Respostas dos avaliadores			Respostas dos avaliadores		
Segmentos	Média	Desvio padrão	Segmentos	Média	Desvio padrão
11	2,38	0,55	30	2,06	0,67
12	1,97	0,65	31	2,81	1,06
13	1,91	0,73	32	2,88	0,91
14	1,72	0,77	33	3,22	0,87
15	2,00	0,88	34	3,50	0,72
16	1,28	0,52	35	3,59	0,91
17	2,75	0,72	36	3,63	0,75
18	2,84	0,68	37	3,75	0,80
19	3,22	0,75	38	3,28	0,89
20	2,78	0,87	39	4,03	0,74
21	2,59	0,80	40	4,09	0,73
22	2,59	0,76	41	3,56	0,84
23	3,41	0,87	42	4,09	0,69
24	1,41	0,56	43	4,31	0,74
25	2,72	0,73	44	4,06	0,80
26	2,25	0,76	45	3,97	0,74
27	2,13	0,71	46	3,91	0,89
28	2,16	0,81	47	3,91	0,59
29	3,00	0,80			

A Figura 10 ilustra a distribuição da média de notas atribuídas ao nível para qualidade da viagem pelos segmentos estudados. A Figura 11 ilustra a distribuição dos desvios padrão nas observações efetuadas.

Figura 10 - Média das notas atribuídas ao nível para qualidade de viagem nos segmentos em estudo

Figura 11 – Desvio padrão das notas atribuídas ao nível para qualidade de viagem nos segmentos em estudo

As Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 resumem as notas atribuídas por cada um dos trinta e dois avaliadores à viagem pelos segmentos.

Tabela 7 – Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem

Avaliadores	Segmentos											
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
11	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3
12	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
13	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	3
14	2	2	2	1	3	2	2	3	3	2	3	3
15	2	2	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3
16	3	2	2	1	1	1	2	3	4	3	2	2
17	3	2	2	2	2	1	4	4	3	2	3	3
18	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3
19	3	2	3	3	3	2	4	4	4	4	3	3
20	2	2	2	2	1	1	3	3	4	3	2	3
21	3	3	2	2	3	1	3	3	3	2	2	3
22	2	2	1	1	2	1	3	3	2	2	1	3
23	2	2	1	1	1	1	2	2	3	2	2	2
24	2	2	2	3	3	1	4	4	4	4	4	4
25	2	1	2	1	1	1	3	2	3	2	3	1
26	2	3	1	1	3	1	3	4	4	3	3	3
27	3	2	2	1	1	1	3	3	4	4	2	3
28	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2	2
29	3	1	3	1	1	2	3	3	3	2	2	1
30	2	3	1	1	1	1	3	3	3	2	2	1
31	3	2	2	2	3	1	3	4	4	4	4	3
32	2	2	2	2	2	1	3	3	4	4	3	2
33	3	2	2	1	3	1	4	3	4	4	2	2
34	2	2	2	2	2	1	3	3	4	4	4	3
35	3	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4
36	2	1	1	2	1	1	2	2	3	3	3	2
37	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2
38	2	2	1	2	2	1	3	3	4	3	2	3
39	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3	3	3
40	3	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2
41	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2
42	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3

Tabela 8 - Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem

Avaliadores	Segmentos												
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
11	2	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	3	
12	1	1	3	2	1	2	3	2	2	1	2	3	
13	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	
14	3	1	3	3	3	1	2	2	1	1	3	2	
15	4	1	4	3	3	3	4	2	3	3	2	4	
16	4	2	2	1	2	2	3	1	3	2	2	3	
17	4	1	3	2	2	2	2	2	3	2	4	4	
18	3	2	3	3	2	3	4	3	3	3	4	3	
19	4	2	3	2	2	2	3	2	2	3	4	4	
20	4	1	3	3	1	3	4	1	2	3	3	4	
21	4	1	3	2	2	2	2	1	1	2	2	3	
22	4	1	3	2	1	1	3	1	2	3	3	4	
23	3	1	2	2	2	1	3	3	2	3	2	3	
24	4	2	3	3	2	2	4	2	4	3	5	5	
25	3	1	3	2	2	2	3	2	3	3	3	4	
26	4	2	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	
27	4	1	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	
28	3	1	3	2	1	2	3	2	5	4	4	3	
29	3	1	3	3	3	2	3	1	3	4	3	4	
30	2	1	1	3	3	3	4	2	3	4	3	4	
31	4	2	3	3	3	3	4	2	4	4	4	4	
32	4	2	3	2	2	3	4	3	4	3	4	4	
33	4	1	3	2	2	3	3	3	4	3	4	4	
34	4	2	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
35	5	3	3	2	2	2	2	2	2	4	2	2	
36	3	1	2	1	2	2	3	2	3	3	3	3	
37	2	1	1	1	1	1	3	2	1	3	3	3	
38	4	1	3	2	2	3	3	2	4	3	4	4	
39	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4	
40	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	4	3	
41	4	1	2	1	3	1	1	1	3	2	4	4	
42	4	1	2	2	3	1	3	3	3	3	3	3	

Tabela 9 - Notas atribuídas por avaliador à qualidade de viagem

Avaliadores	Segmentos												
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
11	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
12	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	4	5
13	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3
14	3	3	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
15	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	4	3
16	3	3	3	4	4	3	4	3	5	3	3	4	5
17	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4
18	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
19	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	5	4	4
20	4	4	3	3	5	5	3	5	4	4	5	4	4
21	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3
22	2	3	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4
23	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	5	4
24	5	5	5	3	5	4	4	5	5	5	5	5	4
25	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4
26	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	4	4
27	4	4	4	3	4	5	4	5	5	4	5	4	4
28	3	3	3	4	2	3	3	4	5	4	4	3	5
29	4	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	2	3
30	3	3	3	2	3	2	1	2	2	2	3	1	3
31	4	4	4	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4
32	5	5	4	2	5	5	3	4	4	5	5	5	5
33	3	4	4	3	5	5	4	4	5	5	5	4	4
34	5	5	5	4	4	5	4	4	4	3	4	3	4
35	1	3	2	3	4	5	3	5	5	5	4	4	4
36	4	4	4	2	4	4	3	4	4	3	3	4	3
37	3	3	3	2	3	4	3	4	4	3	4	4	4
38	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
39	4	3	4	3	5	3	4	4	4	5	4	4	4
40	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	3
41	3	4	4	4	5	5	5	4	5	4	3	4	4
42	4	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4

6.3 Estimativa de níveis para qualidade de viagem

6.3.1 Níveis para qualidade de viagem no conjunto de 37 segmentos observados

Utilizando o roteiro exposto no item “4.4 - Escalas para medidas a partir de juízos emitidos por indivíduos”, página 36, os dados expostos nas Tabela 7, Tabela 8, e Tabela 9 podem, conforme se expõe a seguir, ser usados para definir escalas para classificação de nível para qualidade de viagens pelas vias estudadas a partir das notas ou juízos emitidos pelos 32 avaliadores, uma sugestão para a expressão do ponto de vista de quem usaria as rodovias observadas. O programa de computador utilizado foi o EXCEL 2000 (MICROSOFT, 1999).

A Tabela 10 resume as estimativas de nível para qualidade de viagens no conjunto de 37 segmentos observados. A Figura 12 é uma ilustração de relações entre probabilidade de ocorrência das classes de notas e escala de medida através da distribuição normal estandardizada.

Tabela 10 – Resumo de resultado de processamento de dados para fixação de “escala de medidas de nível para qualidade de viagens no conjunto de 37 segmentos de rodovias”.

Conceito sobre a viagem	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Intervalo de notas	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Frequência de ocorrência	135	274	360	326	89
Frequência relativa	0,114	0,231	0,304	0,275	0,075
Frequência relativa antes	0,000	0,114	0,345	0,649	0,925
Frequência relativa até	0,114	0,345	0,649	0,925	1,000
Ordenada do extremo superior	0,191	0,369	0,371	0,138	0,000
Ordenada do extremo inferior	0,000	0,1914	0,3692	0,371	0,138
Estimativa da variável normal estandardizada	-1,678	-0,768	-0,006	0,846	1,838

Figura 12 – Ilustração da escala de medidas de nível para qualidade de viagens no conjunto de 37 segmentos de rodovias.

6.3.2 Comparação entre níveis para qualidade de viagem de segmentos

Para orientação de raciocínios, resumimos resultados de estimativas de limites de escalas para o nível de viagens pelos segmentos 16, 25, e 43.

As Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13 resumem os resultados de estimativas.

Tabela 11 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de “escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 16”

Conceito sobre a viagem	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Intervalo de notas	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Frequência de ocorrência	24	7	1	0	0
Frequência relativa	0,750	0,219	0,031	0,000	0,000
Frequência relativa antes	0,000	0,750	0,969	1,000	1,000
Frequência relativa até	0,750	0,969	1,000	1,000	1,000
Ordenada do extremo superior	0,320	0,067	0,008	0,000	0,000
Ordenada do extremo inferior	0,000	0,320	0,067	0,000	0,000
Estimativa da variável normal estandardizada	-0,427	1,157	1,872	0,000	0,000

Tabela 12 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de “escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 25”

Conceito sobre a viagem	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Intervalo de notas	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Frequência de ocorrência	3	5	22	2	0
Frequência relativa	0,094	0,156	0,687	0,062	0,000
Frequência relativa antes	0,000	0,094	0,250	0,937	1,000
Frequência relativa até	0,094	0,250	0,937	1,000	1,000
Ordenada do extremo superior	0,165	0,320	0,119	0,008	0,000
Ordenada do extremo inferior	0,000	0,165	0,320	0,119	0,000
Estimativa da variável normal estandardizada	-1,756	-0,995	0,293	1,766	0,000

Tabela 13 – Resumo de resultados de processamento de dados para fixação de “escala de medidas de nível para qualidade de viagens no segmento 43”

Conceito sobre a viagem	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Intervalo de notas	0 a 1	1 a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5
Frequência de ocorrência	0	1	2	15	14
Frequência relativa	0,000	0,031	0,062	0,469	0,437
Frequência relativa antes	0,000	0,000	0,0313	0,094	0,562
Frequência relativa até	0,000	0,031	0,094	0,562	1,000
Ordenada do extremo superior	0,000	0,067	0,165	0,393	0,000
Ordenada do extremo inferior	0,000	0,008	0,067	0,165	0,393
Estimativa da variável normal estandardizada	0,000	-1,873	-1,563	-0,486	0,897

As notas atribuídas por avaliadores à qualidade de viagem por um segmento podem definir uma escala a ser usada para comparação ao conjunto de trechos avaliado, considerando as probabilidades de ocorrer cada classe de notas, ou seja, a relação entre o nível de qualidade para viagem no conjunto de segmentos e um particular trecho a ser verificado.

As Figura 13, Figura 14 e Figura 15 ilustram a comparação gráfica entre as escalas definidas para nível de qualidade para viagens para o conjunto de segmentos e para os segmentos 16, 25 e 43.

Figura 13 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 16.

Observando a Figura 13 pode-se verificar que a escala definida pelos avaliadores para o segmento “16” é deslocada para a direita da escala definida para o universo de segmentos observados – ou seja a qualidade de viagem pelo segmento “16” é pior que a qualidade de tráfego média nos segmentos observados.

Figura 14 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 25.

Observando a Figura 14 pode-se verificar que a escala definida pelos avaliadores para o segmento "25" é deslocada para a direita da escala definida para o universo de segmentos observados – ou seja a qualidade de viagem pelo segmento "25" é similar à qualidade de tráfego média nos segmentos observados.

Figura 15 – Comparação entre escalas de medidas de nível para qualidade de viagens pelo conjunto de segmentos e o segmento 43.

Observando a Figura 15 pode-se verificar que a escala definida pelos avaliadores para o segmento "43" é deslocada para a esquerda da escala definida para o universo de segmentos observados – ou seja a qualidade de viagem pelo segmento "43" é melhor que a qualidade de tráfego média nos segmentos observados.

6.3.3 Diferença entre escores, um índice para comparação entre escalas de medida.

Adotando a diferença entre escores z como um índice para classificação de nível para qualidade de viagens por determinada superfície de pavimento, poderíamos usar os dados expostos nas Tabela 10, Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13 para estimar os parâmetros necessários.

A Tabela 14 ilustra resultados e o processo para estimar diferenças entre o escore " z ", como exposto no item "4.5 - Um processo para comparar escalas de medidas obtidas estudando distribuições de juízos emitidos por indivíduos" para os segmentos "16", "25" e "43" do universo estudado.

Tabela 14 – Diferenças entre escores z para os segmentos 16, 25 e 43.

Segmentos	Nível de qualidade para viagem					Diferenças entre escores z do conjunto de 37 segmentos aos escores nos segmentos
	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Ótimo	
Conjunto	-1,678	-0,768	-0,006	0,846	1,838	
16	-0,427	1,157	1,872	0,000	0,000	-2,370
25	-1,756	-0,995	0,293	1,766	0,000	0,924
43	0,000	-1,873	-1,563	-0,486	0,897	3,257

Ou seja, observar a Tabela 14 permite escrever que a “diferença entre os escores z” para os segmentos “16”, “25” e “45” pode ser um índice crescente, que pode indicar que a qualidade de viagem associada ao pavimento de segmentos é tanto maior quanto maior a diferença entre os escores do conjunto de segmento aos escores do segmento observado.

Em síntese, a diferença entre escores z serviu para indicar o uso de “diferenças entre escores z” como uma definição de índice que expresse o “nível de qualidade de viagens por um segmento ou pavimento de rodovia”.

Essa informação é compatível com critérios para orientar auditorias, que fixam que “o cliente é quem deveria especificar as normas ou documentos com os quais o sistema da qualidade do auditado deve estar em conformidade” – a diferença entre os escores z pode ser adotado para definir um tipo de norma para orientar as auditorias sobre qualidade de viagem por um conjunto de segmentos de rodovias. Isso não define o escopo e profundidade de atividades para conhecer, de maneira compatível com necessidade da engenharia as informações específicas sobre comportamento de estrutura de pavimentos, mas indica e classifica a eficiência de possíveis intervenções para melhoria da superfície para tráfego dos veículos, do ponto de vista de qualidade da viagem.

7 Conclusões e sugestões

7.1 Conclusões

Os pavimentos devem “prestar serviços” ao tráfego de veículos que contribuam para que motoristas e passageiros tenham sensações de conforto e segurança ao viajar – é esse o conceito que dirige o entendimento de qualidade do ponto de vista dos que usam as vias. Assim, estudo sobre qualidade de pavimentos deve ser orientado por informações que caracterizem qualidade de viagem, conforme as sensações de motoristas e passageiros.

As Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas fixam conceitos e sugestões para a condução de auditorias sobre processos para produzir, ou fornecer, bens e serviços. Ao comparar os conceitos sobre o conjunto de elementos usados para verificar o nível de serviços prestados pelo pavimento e os conceitos contidos nas Normas NBR ISO, série 10.000 (ABNT, 1993d, 1993e, 1993f e 1993g) mostrou-se que eles podem ser usados para orientar análises e identificar diretrizes que contribuam para melhorar o nível para qualidade de construção, manutenção ou reabilitação destes equipamentos de rodovias.

Entretanto o diagnóstico sobre eficiência de processos para análise sobre qualidade de viagens leva à identificação de necessidade por melhorar o tratamento de informações sobre o serviço prestado por pavimentos provenientes da emissão de juízos sobre qualidade de viagens para melhor uso como critérios para auditoria sobre pavimentos e comportamento do nível para qualidade da superfície de tráfego para veículos.

A classificação da capacidade de pavimento prestar serviços ao movimento de veículos pode ser efetuada usando resultados de entrevistas a motoristas e passageiros [DNER-PRO 07-78, DNER (1978b)]. Ou seja, processos para classificar serviços ao movimento de veículos por segmentos de rodovias podem agregar conceitos e informações que admitam escalas de medida sobre variáveis que expressem distribuições de opiniões de usuários de via sobre a viagem pelo pavimento. O uso de notas atribuídas por usuários pode ser útil à definição de escalas para orientar auditorias sobre qualidade de viagens e pavimentos.

O processo de classificação da qualidade de viagem sugerido por CAREY & IRICK (1960) contém: de um lado a ordem de classificação em uma escala para qualidade, de outro a classificação de diversos espécimes apenas semelhantes colocadas em mesma categoria imposto por escalas internas às sensações de avaliadores. Para associar a esse tipo de classificação a partir de opiniões de indivíduos um tipo de escala para medida de nível para qualidade de viagens ou pavimentos pode-se adotar o processo proposto por LIKERT (1932), que pode ser útil à definição de processos para tratamento de dados que expressem distribuições de juízos sobre coisas cujas características sejam enquadradas em um número definido de classes.

O uso de informações obtidas por atribuição de notas à qualidade de viagens sobre segmentos de rodovia em estudo de caso sobre dados obtidos em rodovias vicinais na região de Araraquara, estado de São Paulo, Brasil, mostrou que:

- a) É possível definir escalas para classificar pavimentos de vias a partir de distribuições de juízos sobre a qualidade de viagens, emitidos por avaliadores treinados;
- b) O processo sugerido por LIKERT (1932) é um tipo de tratamento estatístico que pode ser manuseado para, em um conjunto de segmentos de vias, permitir estudos entre níveis de qualidade de viagem de diferentes segmentos através de uso de comparação entre

escalas sobre juízos emitidos por mais de 30 observadores por segmento;

- c) A variável normal estandardizada z , estimada pelo processo sugerido por LIKERT (1932), pode ser útil para operar um processo de definição de “índice para classificação de nível de qualidade de viagens ou de pavimentos”.

Numa época em que empresas privadas vêm assumindo a operação de rodovias, a orientação e expectativa de uso de índice para classificar nível de qualidade de pavimento podem ser uma resposta para necessidade de complementar os processos de verificação da qualidade de pavimentos com explicações da aceitação pelos que viajam pelas rodovias reclamado por CHAMBERLIN (1995), um elemento que pode “contribuir para orientar critérios para remuneração de construtores e empresas que explorem, por concessão, as rodovias”.

7.2 Sugestões

O detalhamento e ampliação da discussão sobre uso de normas NBR ISO à construção, operação e manutenção de rodovias é uma sugestão que sempre vai constar de todo e qualquer trabalho que discuta o assunto.

Mas, em particular, sugere-se:

- a) Conduzir pesquisas para ampliar hábito e base teórica de aplicações da estatística aos estudos sobre pavimentos e qualidade de viagens;
- b) Discutir e analisar a eficiência de métodos e critérios para adoção das informações fornecidas por clientes das vias às especificações, métodos e critérios para a construção, manutenção e operação dos entes físicos que compõem os meios para transporte;
- c) Investir para ampliar o conhecimento e uso de escalas de medidas para auxiliar a especificação de serviços com critérios de avaliação sobre o comportamento das estruturas dos meios para transportes. Inclusive para orientar remuneração e procedimentos para garantir a durabilidade de características de qualidade de vias.

8 Referências bibliográficas

- AL-OMARI, B.; DARTER, M.I. (1994). "Relationships between international roughness index and present serviceability rating". *Transportation Research Record*, n. 1435, p. 130-136.
- AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (1985). "Proposed AASHTO guide for design of pavement structures". NCHRP Report 20-7/24. Washington.
- AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS (1962). "The AASHTO Road Test. Report 5: pavement research". Special report 61E. Washington, D.C.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993a). "NBR ISO 9000-4 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 4: Guia para gestão do programa de dependabilidade". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993b). "NBR ISO 9004-2 Gestão da qualidade e elementos do "sistema da qualidade" – Diretrizes para serviços". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993c). "NBR ISO 9004-4 Gestão da qualidade e elementos do "sistema da qualidade" – Diretrizes para melhoria da qualidade". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993d). "NBR ISO 10011-1 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade – Auditoria". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993e). "NBR ISO 10011-2 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade – Critérios para qualificação de auditores de sistema da qualidade". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993f). "NBR ISO 10011-3 Diretrizes para auditoria de sistemas da qualidade – Gestão de programas de auditores". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1993g). "NBR ISO 10012-1 Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição – Sistema de comprovação metrológica de equipamento de medição". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994a). "NBR ISO 8402 Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade – Terminologia". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994b). "NBR ISO 9000-1 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 1: Diretrizes para seleção e uso". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994c). "NBR ISO 9000-2 Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 2: Diretrizes gerais para aplicação das NBR 9001, NBR 9002, NBR 9003". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994d). "NBR ISO 9001 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em projeto/desenvolvimento, produção, instalação, e assistência técnica". Rio de Janeiro.

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994e). "NBR ISO 9002 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em produção e instalação". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994f). "NBR ISO 9003 Sistemas da qualidade – Modelo de garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994g). "NBR ISO 9004-1 Gestão da qualidade e elementos do "sistema da qualidade" – Diretrizes". Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994h). "NBR ISO 9004-3 Gestão da qualidade e elementos do "sistema da qualidade" – Diretrizes para materiais processados". Rio de Janeiro.
- BARROW, W. J. (1993). "Does Total Quality Management Equal Organizational Learning?". America Society of Quality Control, Milwaukee – WI, v. 26 número 7.
- BOZZA, J.L. (1996) "Qualidade, construção, operação e manutenção de rodovias". Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.
- CAREY, W.N. & IRICK, P. R. (1960). "The pavement serviceability performance concept". Bulletin 250, Highway Research Board, Washington, DC.
- CHAMBERLIN, P.W. (1995). "Performance-Related Specifications for Highway Construction and Rehabilitation". Transportation Research Board, Washington, D.C.
- CHASE, W. & BOWN, F. (1992). *General Statistics*. 2.ed. New York, John Wiley e Sons, Inc.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978a). DNER-TER 01/78. "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – terminologia". Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978b). DNER-PRO 07/78. "Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos". Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1978c). DNER-PRO 08/78. "Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos". Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1983). DNER-ES 128/83. "Levantamento da condição da superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede". Rio de Janeiro.
- DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1986). DNER-ES 173/86. "Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta". Rio de Janeiro.
- FWA, T.F.; GAN, K.T. (1989). "Bus-ride panel rating of pavement serviceability". *Journal of Transportation Engineering*, n. 115(2), p. 171-191.
- HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. (1994). "Modern Pavement Management". Malabar, Florida.
- HRB - HIGHWAY RESEARCH BOARD (1961). "The Pavement Serviceability – Performance Concept". *Special Report 61E, "The AASHO Road Test", Report 5, Pavement Research*. HIGHWAY RESEARCH BOARD.
- HUDSON, W.R. (1991). "Are pavements built for the user?" *ASTM Standardization News*. V. 19, n. 22, p. 42-51. Feb.

- ITC - INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO (1996). *"Applying ISO 9000 Quality Management Systems"*. Geneva.
- LIKERT, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Arch. of Psych, n. 140.
- MARQUES, C.S.A.. (1999) *"Normas NBR ISO 9000 e qualidade de pavimentos"*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos.
- MATHSOFT (1999). *"MATHCAD 8 Professional Academic Edition"*. Programa para computador. Cambridge.
- MELO, R.A. de (1998) *"Avaliadores, Notas e Qualidade de Pavimentos"*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos USP. São Carlos.
- MICROSOFT (1999). *"EXCEL 2000"*. Programa para computador.
- MORGAN, C.T. (1950). *"Fundamental Statistics in Psychology and Education"*. McGraw-Hill Publications in Psychology, Second Edition, New York.
- OGLESBY, C.H.; HICKS, R.G. (1982). *"Highway Engineering"*. New York.
- SPIEGEL, M. R. (1993). *Estatística*. 3.ed. São Paulo, Makron Books.
- STATSOFT (1999). *"STATISTICA 99"*. Programa para computador. Tulsa.
- TRB - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (1991). *"Innovative Contracting Practices"*. Washington, D.C. n. 386.