

Lista de Figuras

Figura nº	Página
1.1 - PORCENTAGEM DAS ESTRADAS PAVIMENTADAS E NÃO-PAVIMENTADAS (MUNICIPAIS E ESTADUAIS) NO ESTADO DE SÃO PAULO	2
2.1 - PORCENTAGEM DOS TIPOS DE SOLOS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS	8
2.2 - DISTRIBUIÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS NAS CARTAS TOPOGRÁFICAS DO IGC, ESCALA 1:10.000 (1989/90)	15
2.3 - ESQUEMA DO GABARITO UTILIZADO NA DETERMINAÇÃO DAS RAMPAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	19
2.4 - TRECHOS DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS COM AREIA QUARTZOSA E BAIXA DECLIVIDADE (MENOR QUE 2%)	20
2.5 - TRECHOS DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS COM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	21
2.6 - TRECHOS DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS COM RAMPAS ACENTUADAS (MAIOR QUE 8%)	22
2.7 - MAPA COM AS CLASSES PEDOLÓGICAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS	23
2.8 - MAPA COM AS RAMPAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS	24
2.9 - ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 1.	27
2.10 - ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 2.	32
3.1 - PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO DE OPERAÇÃO ACUMULADO DE UM ÔNIBUS EM ESTRADAS PAVIMENTADAS (FONTE: GEIPOT, 1981)	39
3.2 - PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO DE OPERAÇÃO ACUMULADO DE UM CAMINHÃO EM ESTRADAS PAVIMENTADAS (FONTE: GEIPOT, 1981)	39
3.3 - PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO DE OPERAÇÃO ACUMULADO DE UM CAMINHÃO EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS (FONTE: GEIPOT, 1981)	40
3.4 - PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO DE OPERAÇÃO ACUMULADO DE UM ÔNIBUS EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS (FONTE: GEIPOT, 1981)	40
3.5 - PORCENTAGEM DE AUMENTO NO CUSTO DE OPERAÇÃO DE ÔNIBUS E CAMINHÃO DE ESTRADAS PAVIMENTADAS PARA ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS (FONTE: GEIPOT, 1981)	41
4.1 - DIVISÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS EM TRÊS SETORES	47
4.2 - LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS	52
6.1 - MAPA COM AS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO	77
6.2 - DESENHO DO CLINÔMETRO DE SUPERFÍCIE UTILIZADO NA DETERMINAÇÃO DAS RAMPAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	80

6.3	- CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA CÁLCULO DO VALOR DE DEDUÇÃO DE CORRUGAÇÕES.	83
6.4	- CURVAS DE VALOR q PARA CÁLCULO DE URCI DO EXEMPLO DE EATON ET AL. (1992).....	83
8.1	- FORMAÇÃO DE ATOLEIROS DEVIDO À SATURAÇÃO DO SOLO EM LOCAIS PRÓXIMOS ÀS POÇAS D'ÁGUA.	99

Lista de Quadros

Quadro nº	Página
2.1 - TEMPERATURA MÉDIA E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MÉDIA MENSAL DE SÃO CARLOS, NO PERÍODO DE 1.940 - 75 E DE 1.977 - 87.....	10
2.2 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS QUE CONSTAM NO MAPA 1 DA PMSC.....	13
2.3 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS NO MAPA 2 DA PMSC.....	14
2.4 - RELAÇÃO DAS ESTRADAS E DOS EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS UTILIZADOS PELAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO DA PMSC.....	17
2.5 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 1 ATUALIZADO.....	25
2.5 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 1 ATUALIZADO.....	26
2.6 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 2: SCA - ESTRADAS IDENTIFICADAS PELA PMSC; SC1 - ESTRADAS EXISTENTES NO MAPA E NAS CARTAS DO IBGE, MAS SEM CÓDIGO; SC2 - ESTRADAS QUE CONSTAM NAS CARTAS DO IGC (1989/1990) E QUE NÃO CONSTAM NO MAPA.....	29
2.6 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 2: SCA - ESTRADAS IDENTIFICADAS PELA PMSC; SC1 - ESTRADAS EXISTENTES NO MAPA E NAS CARTAS DO IBGE, MAS SEM CÓDIGO; SC2 - ESTRADAS QUE CONSTAM NAS CARTAS DO IGC (1989/1990) E QUE NÃO CONSTAM NO MAPA.....	30
2.6 - IDENTIFICAÇÃO, EXTENSÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MAPA 2: SCA - ESTRADAS IDENTIFICADAS PELA PMSC; SC1 - ESTRADAS EXISTENTES NO MAPA E NAS CARTAS DO IBGE, MAS SEM CÓDIGO; SC2 - ESTRADAS QUE CONSTAM NAS CARTAS DO IGC (1989/1990) E QUE NÃO CONSTAM NO MAPA.....	31
3.1 - CARACTERÍSTICAS DE PROJETO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DE ACORDO COM A CLASSE DA ESTRADA.....	34
3.2 - RAMPAS CRÍTICAS EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO DAS VALETAS.....	37
3.3 - VELOCIDADE LIMITE SEGUNDO AS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	37

3.4	- PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO DE ÔNIBUS E DE CAMINHÃO EM ESTRADAS PAVIMENTADAS E ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.	38
3.5	- PORCENTAGEM DE CADA ITEM NO CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO DE ÔNIBUS E DE CAMINHÃO EM ESTRADAS PAVIMENTADAS E ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.	40
4.1	- RELAÇÃO DAS ESTRADAS MUNICIPAIS DO SETOR 1	48
4.2	- RELAÇÃO DAS ESTRADAS MUNICIPAIS DO SETOR 2	49
4.3	- RELAÇÃO DAS ESTRADAS MUNICIPAIS DO SETOR 3	50
4.4	- EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS UTILIZADOS PELAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS.	50
4.5	- CUSTO DE OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS PELA PMSC (ABRIL/95).	51
6.1	- FOLHA DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DESENVOLVIDA POR RIVERSON ET AL. (1987).	72
6.2	- DESCRIÇÃO DAS CONDIÇÕES DA ESTRADA DE ACORDO COM A ESPECIFICAÇÃO DO DEFEITO (RIVERSON ET AL., 1987).	73
6.3	- AVALIAÇÃO DA SEVERIDADE DOS DEFEITOS EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	74
6.4	- FOLHA PARA LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS UTILIZADA PELO SISTEMA DE GERÊNCIA RSMS (1991)	75
6.5	- CARACTERÍSTICAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS	78
6.6	- FOLHA UTILIZADA NA SELEÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	79
6.7	- FOLHA DE INSPEÇÃO (ADAPTADA) DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS UTILIZADA NA AVALIAÇÃO DE CAMPO.	81
6.8	- EXEMPLO DE FOLHA DE INSPEÇÃO UTILIZADA POR EATON ET AL. (1992)	82
7.1	- RESUMO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO DAS ESTRADAS SELECIONADAS	85
7.2	- EXEMPLO DA FOLHA DE INSPEÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - TRECHO 01 DA ESTRADA SCA 123.	86
7.3	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DA ESTRADA SCA 010	87
7.4	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DAS ESTRADAS SCA 123 E DA SCA 020	88
7.5	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DA ESTRADA SCA 333	88
7.6	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DA ESTRADA SCA 050	89
7.7	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DA ESTRADA SCA 276	89
7.8	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DA ESTRADA SCA 237	90

7.9	- TIPOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS NOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS DAS ESTRADAS SCA 325 E SCA 312	90
8.1	- TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPa	101
8.1	- TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPa (continuação)	102
8.1	- TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (MEDIANAMENTE ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPa (continuação)	103
8.1	- TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (MEDIANAMENTE ARGILOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPa (continuação)	104
8.1	- TIPOS DE DEFEITOS FORMADOS COM E SEM CHUVA EM FUNÇÃO DO TIPO DE SOLO (ARENOSO), DO MATERIAL DE SUPERFÍCIE, DO PERFIL TRANSVERSAL, DA DRENAGEM E DA RAMPa (continuação)	105

Lista de Abreviaturas e Siglas

ASPLA	-	Assessoria de Planejamento da PMSC
DEM	-	Divisão de Estradas Municipais da PMSC
DER	-	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	-	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DOV	-	Departamento de Obras e Viação da PMSC
DV	-	<i>Deduct Value</i>
GEIPOT	-	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	-	Instituto Geográfico e Cartográfico
IPT	-	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
OECD	-	<i>Organization for Economic Co-Operation and Development</i>
PCI	-	<i>Pavement Condition Index</i>
PICR	-	Pesquisa Sobre o Inter-relacionamento de Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias
PMSC	-	Prefeitura Municipal de São Carlos
QI	-	Quociente de Irregularidade
RSMS	-	<i>Road Surface Management System</i>
SCA	-	Estradas Municipais Não-pavimentadas de São Carlos
SIG	-	Sistemas de Informação Geográfica
TDV	-	<i>Total Deduct Value</i>
TRB	-	<i>Transportation Research Board</i>
URCI	-	<i>Unsurfaced Road Condition Index</i>
VDM	-	Volume Diário Médio

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
1 - INTRODUÇÃO	1
2- ÁREA DE ESTUDO	6
2.1 - Localização	6
2.2 - Características Físicas	6
2.2.1 - Relevo	7
2.2.2 - Pedologia	7
2.2.3 - Clima	9
2.2.4 - Vegetação	10
2.2.5 - Susceptibilidade à Erosão	11
2.2.6 - Atividades Econômicas	11
2.2.7 - Tráfego	12
2.3 - Informações Sobre a Rede Municipal de Estradas Não-Pavimentadas	12
2.3.1 - Situação Atual de Informação Sobre a Rede	12
2.4 - Atualização dos Mapas da PMSC	18
2.4.1 - Mapa 1 (1972)	25
2.4.2 - Mapa 2 (1989/1990)	28

3 - CARACTERÍSTICAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	33
3.1 - Introdução	33
3.2 - Seção Transversal	33
3.3 - Material da Superfície	34
3.4 - Sistema de Drenagem	36
3.5 - Nível de Serviço	37
4 - MANUTENÇÃO	42
4.1 - Introdução	42
4.2 - Programas de Manutenção	42
4.3 - Problemas Devido à Falta de Manutenção	44
4.4 - Atividades de Manutenção	44
4.4.1 - Revestimento Primário	44
4.4.1.1 - Execução do Revestimento Primário	45
4.4.2 - Agulhamento	45
4.4.2.1 - Execução do Agulhamento	46
4.4.3 - Mistura de Areia e Argila	46
4.4.3.1 - Execução da Mistura de Areia e Argila	46
4.5 - Estrutura Municipal para Manutenção	47
4.5.1 - Equipamentos e Máquinas	50
4.5.2 - Jazidas de Materiais Granulares	51
4.5.3 - Atividades de Manutenção Executadas pela PMSC	52
4.5.4 - Defeitos Identificados pelas Equipes de Manutenção da PMSC	53
5 - TIPOS DE DEFEITOS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS - BIBLIOGRAFIA	55
5.1 - Introdução	55
5.2 - Tipos de Defeitos	56
5.2.1 - Seção Transversal Inadequada	58
5.2.2 - Drenagem Lateral Inadequada	59

5.2.3 - Corrugações	60
5.2.4 - Buracos	62
5.2.5 - Poeira	64
5.2.6 - Trilhas de Rodas	66
5.2.7 - Segregação de Agregados	68
6 - MÉTODO DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	70
6.1 - Introdução	70
6.2 - Métodos de Avaliação das Condições da Superfície de Rolamento	71
6.3 - Teste de um Método de Avaliação das Condições da Superfície de Rolamento das Estradas Não-Pavimentadas	76
6.3.1 - Seleção das Estradas Não-Pavimentadas	76
6.3.2 - O Método Utilizado	79
7 - RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	85
7.1 - Introdução	85
7.2 - Apresentação dos Resultados	87
7.2.1 - SCA 010	87
7.2.2 - SCA 123 e SCA 020	88
7.2.3 - SCA 333	88
7.2.4 - SCA 050	89
7.2.5 - SCA 276	89
7.2.6 - SCA 237	90
7.2.7 - SCA 325 e SCA 312	90
8 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	91
8.1 - Introdução	91
8.2 - Análise dos Resultados	91

8.3 -	Apreciação Crítica do Método de Avaliação de	
	EATON et al.	92
8.4 -	Defeitos Identificados no Campo	94
8.4.1 -	Seção Transversal Inadequada	94
8.4.2 -	Ondulações / Corrugações	95
8.4.3 -	Poeira	95
8.4.4 -	Buracos	96
8.4.5 -	Afundamento das Trilhas das Rodas	96
8.4.6 -	Segregação de Agregados	97
8.4.7 -	Areiões	97
8.4.8 -	Atoleiro	98
8.4.9 -	Pista Escorregadia	99
8.4.10 -	Erosões	99
8.4.11 -	Facão	100
9 -	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	106
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
	ANEXO A - CARACTERÍSTICAS DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	114
	ANEXO B - MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS (EATON ET AL., 1987) - A METHOD FOR RATING UNSURFACED ROADS	122
	ANEXO C - RELATÓRIO DA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS ATRAVÉS DO MÉTODO DE EATON ET AL.....	137
	ANEXO D - FOTOS DE DEFEITOS IDENTIFICADOS EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS.....	176