

LUCAS BACH ADADA

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ESTRUTURAIS E
FUNCIONAIS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND – ESTUDO DE CASO**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia Civil.**

**Florianópolis
2001**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ESTRUTURAIS E
FUNCIONAIS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE
CIMENTO PORTLAND – ESTUDO DE CASO**

LUCAS BACH ADADA

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Infra-Estrutura e Gerência Viária

Orientador: Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon

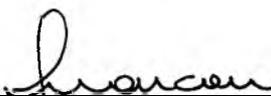
**Florianópolis
2001**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS
DE PAVIMENTOS DE CONCRETO DE CIMENTO
PORTLAND – ESTUDO DE CASO**

Esta dissertação foi julgada, em 19/12/2001, seção 209ª portaria nº 043/PPGEC/01 para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

**Especialidade ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pelo
programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.**

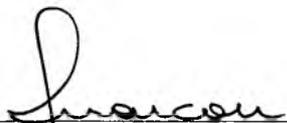


Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon (Orientador)



Prof. Dr. Jucilei Cordini (Coordenador do Curso)

COMISSÃO EXAMINADORA



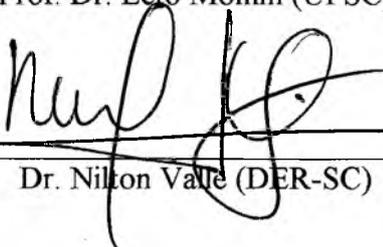
Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon (Presidente UFSC)



Prof. Dr. Glicério Trichês (UFSC)



Prof. Dr. Leto Momm (UFSC)



Dr. Nilton Valle (DER-SC)

Dedicatória:

*Aos meus pais
Basilio e Marta,
à Giselda, minha esposa
e aos meus filhos
Raphael e Daniel.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon pelas diretrizes seguras e permanente incentivo.

À Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela atenção e orientações.

Aos professores Leto Momm e Glicério Trichês, mestres e amigos, companheiros de busca incansável pelo conhecimento e informação, o sincero obrigado.

À Companhia de Cimento Itambé que concedeu recursos para os levantamentos e ensaios.

À AMODAL Serviços de Engenharia Ltda pelo apoio e, em especial ao Engenheiro e Professor Mario Henrique Furtado Andrade pela ajuda e bibliografias concedidas para a efetivação desse trabalho.

Ao Engenheiro e Professor Ricardo José Bertin, pela amizade e ajuda no decorrer dos trabalhos.

Ao meu irmão Luciano e a Rosilei pelo empenho na organização e editoração do presente trabalho.

A todos que tanto direta como indiretamente estiveram presentes na elaboração desta dissertação e que ao mesmo tempo compartilho a presente possibilidade de ter atravessado mais uma etapa de realizações pessoais e profissionais.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Gerais	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia Utilizada no Estudo	2
1.4. Organização do Trabalho	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Conceito e Classificação dos Pavimentos de Concreto.....	5
2.1.1. Definição dos Principais Tipos de Pavimentos de Concreto.....	6
2.2. Principais Métodos de Dimensionamento.....	10
2.2.1. Método da Portland Cement Association (1984).....	11
2.2.2. Método de Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estrutural- mente Armados.....	15
2.3. Sistema de Gerência de Pavimentos.....	19
2.3.1. Definição e Informações Gerais.....	19
2.3.2. Principais Componentes, Objetivos e Benefícios de um SGP.....	20
2.3.3. Estrutura de Interação de um SGP	22
2.4. Avaliação das Degradações Superficiais.....	24
2.4.1. Definição e Informações Gerais	24
2.4.2. Métodos de Inspeção ou Levantamentos de Superfície.....	25
2.4.2.1. Objetivos dos Levantamentos.....	25
2.4.2.2. Informações Necessárias do Estado Patológico da Superfície de um Pavimento.....	26
2.4.2.3. Tipos de Defeitos Levantados	27

2.4.2.4. Modos de Avaliação ou de Coleta de Dados	29
2.4.2.5. Catálogo dos Defeitos	30
2.4.2.6. Caracterização dos Métodos Existentes de Levantamentos de Defeitos	31
2.5. Avaliação da Capacidade Estrutural.....	35
2.5.1. Definição.....	35
2.5.2. Objetivo da Avaliação Estrutural	35
2.5.3. Métodos de Avaliação Estrutural Efetiva	37
2.5.3.1. Capacidade Estrutural Baseada na Inspeção ou Levantamentos Visuais e Testes Destrutivos dos Materiais	37
2.5.3.2. Capacidade Estrutural Baseada em Testes não Destrutivos (TND).....	40
2.5.3.3. Capacidade Estrutural Baseada em Danos de Fadiga	53
2.6. Avaliação da Aderência.....	54
2.6.1. Conceitos Relativos à Aderência.....	54
2.6.1.1. Resistência a Derrapagem.....	54
2.6.1.2. Coeficiente de Atrito	55
2.6.2. Influência da Textura dos Pavimentos.....	56
2.6.3. Fatores Principais da Aderência	57
2.6.3.1. Espessura da Lâmina D'água	57
2.6.3.2. Pneumáticos.....	58
2.6.3.3. Superfície de Rolamento.....	59
2.6.3.4. Velocidade	59
2.6.3.5. Deslizamento da Roda	59
2.6.3.6. Fatores Externos.....	60
2.6.4. Medição da Aderência.....	60
2.6.4.1. Equipamentos de Roda Bloqueada.....	60
2.6.4.2. Equipamentos de Roda Parcialmente Bloqueada com Grau de Deslizamento Fixo.....	61
2.6.4.3. Equipamentos de Roda Parcialmente Bloqueada com Grau de Deslizamento Variável.....	62
2.6.4.4. Equipamentos de Roda Obliqua	63

2.6.4.5. Perfilômetros	63
2.6.4.6. Equipamento de Medida Volumétrica	64
2.6.4.7. Drenômetros	64
2.7. Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem.....	65
2.8. Critérios de Decisão.....	66
2.8.1. Sistemática para Tomada de Decisões e Seleção de Alternativas Apropriadas.....	66
2.9. Técnicas de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos de Concreto.....	67
2.9.1. Técnicas de Reabilitação.....	68
2.9.1.1. Técnicas de Restauração.....	68
2.9.1.1.1. Reparos Profundos Isolados ou de Espessura Plena.....	69
2.9.1.1.2. Reparos Superficiais Isolados ou de Espessura Parcial.....	71
2.9.1.1.3. Restauração da Transferência de Carga.....	73
2.9.1.1.4. Reparos em Fissuras e Juntas Longitudinais.....	75
2.9.2. Reforço ou "Recapamento"	76
2.9.3. Reconstrução.....	78
3. ESTUDO DE CASO.....	79
3.1 Localização e Descrição do Experimento.....	79
3.2 Caracterização das Estruturas dos Pavimentos e Principais Informações.....	81
3.3. Equipamentos e Procedimentos.....	85
3.3.1. Avaliação Visual	85
3.3.2. Avaliação de Tráfego.....	86
3.3.2.1. Determinação dos Insumos, Produtos e Fluxos de Tráfego	86
3.3.2.2. Contagem, Classificação e Pesagem dos Veículos de Transporte de Insumos e Produtos	88
3.3.2.2.1. Determinação do Número "N"	92
3.3.3. Avaliação por Instrumentos.....	95
3.3.3.1. Levantamentos Topográficos	95
3.3.3.2. Sondagens	95
3.3.3.3. Levantamentos Deflectométricos.....	95
3.3.3.4. Levantamentos de Aderência e Macrotextura	96

3.4. Dados de Avaliação Coletados	97
4. ANÁLISE DOS DADOS E DO COMPORTAMENTO DOS PAVIMENTOS	113
4.1. Divisão dos Segmentos Homogêneos	113
4.2. Análise da Condição do Estado dos Pavimentos.....	117
4.2.1. Análise dos Levantamentos de Defeitos de Superfície.....	117
4.2.1.1. Análise dos Resultados de Condição de Superfície.....	132
4.2.1.2. Análise das Normas DNER 48/89, 49/89 e 50/89.....	132
4.3. Análise dos Levantamentos Deflectométricos.....	136
4.3.1. Estudo das Bacias de Deflexão.....	136
4.3.2. Avaliação da Eficiência de Transferência de Carga.....	142
4.3.3. Análise dos Resultados dos Levantamentos Deflectométricos com Equipamento do Tipo Falling Weight Deflectometer.....	147
4.4. Análise dos Levantamentos de Aderência e Macrotextura.....	151
4.5. Determinação da Análise de Desempenho.....	158
4.5.1. Informações do Comportamento Estrutural e Funcional.....	158
4.5.1.1. Desempenho do Pavimento do Trecho Fábrica.....	159
4.5.1.2. Desempenho do Pavimento do Trecho A.....	159
4.5.1.3. Desempenho do Pavimento do Trecho C.....	160
4.5.1.4. Desempenho do Pavimento do Trecho 1.....	160
4.5.2. Estabelecimento da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC).....	166
4.5.2.1. Definição das Notas e Parâmetros do ICP.....	168
4.5.2.2. Definição das Notas e Parâmetros Estruturais.....	169
4.5.2.3. Definição de Notas e Parâmetros de Aderência.....	171
4.5.3. Resultados da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC).....	171
4.6. Seleção de Tipo de Intervenção Através de Critérios de Decisão.....	172
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	177
5.1. Conclusões	177
5.2. Recomendações.....	180
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181

ANEXO A - TOTAL DE VIAGENS POR TIPO DE VEÍCULOS INSUMO E PRODUTO.....	191
ANEXO B - FICHA DE INSPEÇÃO DE DEFEITOS.....	195
ANEXO C - TABELAS RESUMO DE RETROANÁLISE.....	197
ANEXO D - TRANSFERÊNCIA DE CARGA.....	203
ANEXO E - PARÂMETROS DEFINIDORES DA QUALIDADE DO PAVI- MENTO DE CONCRETO (QPC).....	210

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AASHTO-BPR	American Association of State Highway and Transportation Officials - Bureau of Public Roads
ACPA	American Concrete Pavement Association
ADC	Armadura Distribuída Contínua
ADD	Armadura Distribuída Descontínua
AICPR	Association International Permanente Des Congress De La Route
ARAN	Automatic Road Analyzer
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAL	Coeficiente de Atrito Longitudinal
CAT	Coeficiente de Atrito Transversal
CBR	California Bearing Ratio
CBT	Com barras de transferência
CCR	Concreto Compactado a Rolo
CERL	Construction Engineering Research Laboratory
COPEs	Portland Cement Concrete Pavement Evaluation System
CRCP	Continuous Reinforced Concrete Pavements
DDR	Downstream Deflection Ratio
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DMI	Distress Manifestation Index
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
FHWA	Federal Highway Administration
FWD	Falling Weight Deflectometer
GRP	Ground Penetration Radar
HDM	Highway Design and Maintenance Model
ICAO/OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
ICP	Índice de Condição de Pavimento
ISC	Índice de Suporte Califórnia
JDR	Joint Deflection Ratio

JPCP	Jointed Plain Concrete Pavements
JRCP	Jointed Reinforced Concrete Pavements
LCPC	Laboratoire Central Des Ponts Et Chausseés
LTPM	Long Term Pavement Monitoring
LTPP	Long Term Pavement Performance
MTD	Profundidade Média da Textura
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program
OECD	Organization for Economic Co-Operation and Development
PCA	Portland Cement Association
PCEA	Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados
PCI	Pavement Condition Index
PCP	Pavimentos de Concreto Protendido
PCR	Pavimentos de Concreto Reforçados
PCS	Pavimentos de Concreto Simples
PEA	Pavimentos Estruturalmente Armados
PIARC/AIPCR	Associação Internacional Permanente de Congressos Rodoviários
PSR	Present Serviceability Rating
QPC	Qualidade do Pavimento de Concreto
RCI	Ride Condition Index
RT	Relações de Tensões
SBT	Sem Barras de Transferências
SCRIM	Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine
SGP	Sistema de Gerência de Pavimentos
SHRP	Strategic Highway Research Program
TDN/TND	Testes de Deflexão não Destrutivos
UDR	Upstream Deflection Ratio
VDC	Valor Dedutível Corrigido

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Metodologia Utilizada no Estudo de Caso.....	3
FIGURA 2.1 – Pavimento de Concreto Simples (CARVALHO,1996. et al.) ^[22]	6
FIGURA 2.2 – Pavimento de Concreto Simples com Barras de Transferência (CARVALHO,1996, et. al.) ^[22]	7
FIGURA 2.3 – Pavimento de Concreto com Armadura Distribuído Descontínua (sem função estrutural) (CARVALHO,1996) ^[22]	8
FIGURA 2.4 – Pavimento de Concreto com Armadura Distribuída. Contínua (CARVALHO,1996, et. al.) ^[22]	9
FIGURA 2.5 – Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado.....	10
FIGURA 2.6 – Posicionamento do Carregamento em Relação as Juntas ou Borda.....	15
FIGURA 2.7 – Metodologia PEA – Distribuição dos Momentos em uma Placa Elástica	17
FIGURA 2.8 – Principais Componentes de um SGP (HASS, 1994, et. al.) ^[52]	21
FIGURA 2.9 – Representação Esquemática dos Módulos SGP (AASHTO, 1990) ^[1]	23
FIGURA 2.10 – Conceito de Serventia Capacidade Estrutural Efetiva (AASHTO, 1993) ^[2]	36
FIGURA 2.11 – Relação entre a Área e Raio de Rigidez Relativo (IONIADDES,1989, et.al.) ^[57]	44
FIGURA 2.12 – Relação de UDR.....	51
FIGURA 2.13 – Relação de DDR.....	51
FIGURA 2.14 – Elementos do Coeficiente de Atrito Longitudinal (DNER, 1998) ^[32]	55
FIGURA 2.15 – Elementos do Coeficiente de Atrito Transversal (DNER, 1998) ^[32]	56
FIGURA 2.16 – Mecanismo da Viscoplanagem (MOMM, 1998) ^[68]	58
FIGURA 2.17 – Equipamento GripTester	61
FIGURA 2.18 – Equipamento Drenômetro	65
FIGURA 2.19 – Fluxograma do Processo Adequado e Sistemático para a Tomada de Decisões e Seleção de Estratégias de Reabilitação (ACPA, 1995) ^[4]	67
FIGURA 2.20 – Fluxograma da Sequência Adequada das Técnicas de Restauração (ACPA, 1998) ^[3]	69

FIGURA 2.21 – Detalhes de Execução de Reparos Profundos Isolados ou de Espessura Plena (ACPA, 1998) ^[3] e (ACPA, 1998) ^[5]	70
FIGURA 2.22 – Equipamento Auxiliar de Perfuração do Tipo I.....	70
FIGURA 2.23 – Equipamento Auxiliar de Perfuração do Tipo II.....	71
FIGURA 2.24 – Detalhes de Execução dos Reparos Superficiais ou de Espessuras Parcial nos Esborcinamentos de Junta Cantos de Placa e Escamações (ACPA, 1998) ^[5]	72
FIGURA 2.25 – Detalhes de Execução de Cortes Inclinados para Reparos Superficiais ou de Espessuras Parcial nos Esborcinamentos de Juntas, Cantos de Placa e Escamações.....	72
FIGURA 2.26 – Detalhes de Execução da Inserção de Barras de Transferência em Fissuras Transversais e/ou Pavimentos Sem Barras de Transferência ACPA (1995) ^[7]	73
FIGURA 2.27 – Detalhe de Execução da Inserção de Barras de Transferência em Fissuras Transversais e/ou Pavimentos Sem Barras de Transferência Utilizando Cortes Inclinados.....	74
FIGURA 2.28 – Detalhes de Execução de Reparos em Fissuras Longitudinais e/ou Junta Longitudianis (GARCIA, 1993) ^[48]	75
FIGURA 2.29 – Detalhe de Execução ou Recapamento “Overlay” (ADADA, 2000) ^[13]	77
FIGURA 2.30 – Reconstrução de Placas Individuais e/ou Pistas (RODRIGUES, 1997) ^[82]	78
FIGURA 3.1 – Mapa de Situação.....	79
FIGURA 3.2 – Localização dos Trechos do Estudo de Caso.....	80
FIGURA 3.3 – Tipos de Pavimentos e Fluxos de Tráfego.....	87
FIGURA 3.4 – Produção Média Mensal Anual de Cimento dos Fornos I e II	90
FIGURA 3.5 – Gráfico do Peso por Eixo de Veículo em Relação à Carga Máxima pela Lei da Balança.....	91
FIGURA 3.6 – Número N Calculado pela AASHTO.....	94
FIGURA 3.7 – Estrutura do Pavimento do Trecho Fábrica	98
FIGURA 3.8 – Tráfego AASHTO do Trecho Fábrica.....	98

FIGURA 3.9 – Área da Bacia do Trecho Fábrica	98
FIGURA 3.10 – Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho Fábrica	99
FIGURA 3.11 – Módulo Elástico do Subleito do Trecho Fábrica	99
FIGURA 3.12 – Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho Fábrica	99
FIGURA 3.13 – Transferência de Carga do Trecho Fábrica	100
FIGURA 3.14 – Drenabilidade do Trecho Fábrica	100
FIGURA 3.15 – Altura de Areia do Trecho Fábrica	100
FIGURA 3.16 – Índice de Condição do Pavimento do Trecho Fábrica	101
FIGURA 3.17 – GripTester do Trecho Fábrica	101
FIGURA 3.18 – Estrutura do Pavimento do Trecho A	101
FIGURA 3.19 – Tráfego AASHTO do Trecho A	102
FIGURA 3.20 – Área da Bacia do Trecho A	102
FIGURA 3.21 – Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho A	102
FIGURA 3.22 – Módulo Elástico do Subleito do Trecho A	103
FIGURA 3.23 – Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho A	103
FIGURA 3.24 – Transferência de Carga do Trecho A	103
FIGURA 3.25 – Drenabilidade do Trecho A	104
FIGURA 3.26 – Altura de Areia do Trecho A	104
FIGURA 3.27 – Índice de Condição do Pavimento do Trecho A	104
FIGURA 3.28 – GripTester do Trecho A	105
FIGURA 3.29 – Estrutura do Pavimento do Trecho C	105
FIGURA 3.30 – Tráfego AASHTO do Trecho C	105
FIGURA 3.31 – Área da Bacia do Trecho C	106
FIGURA 3.32 – Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho C	106
FIGURA 3.33 – Módulo Elástico do Subleito do Trecho C	106
FIGURA 3.34 – Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho C	107
FIGURA 3.35 – Transferência de Carga do Trecho C	107
FIGURA 3.36 – Drenabilidade do Trecho C	107
FIGURA 3.37 – Altura de Areia do Trecho C	108
FIGURA 3.38 – Índice de Condição do Pavimento do Trecho C	108
FIGURA 3.39 – GripTester do Trecho C	108

FIGURA 3.40 – Estrutura do Pavimento do Trecho 1	109
FIGURA 3.41 – Tráfego AASHTO do Trecho 1	109
FIGURA 3.42 – Área da Bacia do Trecho 1	109
FIGURA 3.43 – Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho 1	110
FIGURA 3.44 – Módulo Elástico do Subleito do Trecho 1	110
FIGURA 3.45 – Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho 1	110
FIGURA 3.46 – Transferência de Carga do Trecho 1	111
FIGURA 3.47 – Drenabilidade do Trecho 1	111
FIGURA 3.48 – Altura de Areia do Trecho 1	111
FIGURA 3.49 – Índice de Condição do Pavimento do Trecho 1	112
FIGURA 3.50 – GripTester do Trecho 1	112
FIGURA 4.1 – Definição dos Segmentos Homogêneos.....	113
FIGURA 4.2 – Divisão dos Segmentos Homogêneos.....	115
FIGURA 4.3 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho Fábrica.....	118
FIGURA 4.4 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 3 e 4 do Trecho Fábrica.....	118
FIGURA 4.5 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 5 e 6 do Trecho Fábrica.....	118
FIGURA 4.6 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 7 e 8 do Trecho Fábrica.....	119
FIGURA 4.7 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho A.....	119
FIGURA 4.8 – Defeitos do Segmento Homogêneo 3 do Trecho A.....	119
FIGURA 4.9 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho C.....	120
FIGURA 4.10 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho 1	120
FIGURA 4.11 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 3 e 4 do Trecho 1	120
FIGURA 4.12 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 5 e 6 do Trecho 1	121
FIGURA 4.13 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 7 e 8 do Trecho 1	121
FIGURA 4.14 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 9 e 10 do Trecho 1	121
FIGURA 4.15 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 11 e 12 do Trecho 1	122
FIGURA 4.16 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 13 e 14 do Trecho 1	122
FIGURA 4.17 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 15 e 16 do Trecho 1	122
FIGURA 4.18 – Defeitos dos Segmentos Homogêneos 17 e 18 do Trecho 1	123
FIGURA 4.19 – Defeitos do Segmento Homogêneo 19 do Trecho 1	123
FIGURA 4.20 – Abertura Anormal da Junta Longitudinal	133

FIGURA 4.21 – Separação entre a Placa e o Revestimento do Acostamento	134
FIGURA 4.22 – Comparação entre os Módulos de Reação Dinâmico e Estático obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995) ^[83] , HALL (1989) ^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997) ^[27] para o Trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 1.....	138
FIGURA 4.23 – Comparação entre os Módulos de Elasticidade obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995) ^[83] , HALL (1989) ^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997) ^[27] para o Trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 1.....	138
FIGURA 4.24 – Comparação entre os Módulos de Reação Dinâmico (k) e Estático (k/2) obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995) ^[83] , HALL (1989) ^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997) ^[27] para o Trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 2.....	139
FIGURA 4.25 – Comparação entre os Módulos de Elasticidade obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995) ^[83] , HALL (1989) ^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997) ^[27] para o Trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 2.....	139
FIGURA 4.26 – Posicionamento dos Sensores no Equipamento Modelo KUAB 2M FWD.....	142
FIGURA 4.27 – Posicionamento dos Sensores no Equipamento Modelo DYNATEST 8000.....	143
FIGURA 4.28 – Avaliação da Eficiência da Transferência de Carga.....	143
FIGURA 4.29 – Processo de Fissuramento da Junta.....	146
FIGURA 4.30 – Vazios sob as Placas.....	147
FIGURA 4.31 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho Fábrica.....	152
FIGURA 4.32 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho Fábrica.....	152
FIGURA 4.33 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do Trecho Fábrica..	152
FIGURA 4.34 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho A.....	153
FIGURA 4.35 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho A.....	153
FIGURA 4.36 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do A.....	153
FIGURA 4.37 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho C.....	154

FIGURA 4.38 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho C.....	154
FIGURA 4.39 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do C.....	154
FIGURA 4.40 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho 1.....	156
FIGURA 4.41 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho 1.....	156
FIGURA 4.42 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do Trecho 1.....	156
FIGURA 4.43 – Efeito do Bombeamento.....	162
FIGURA 4.44 – Posicionamento Incorreto das Barras de Transferência.....	162
FIGURA 4.45 – Posicionamento Incorreto das Barras de Transferência entre Placas Contíguas.....	163
FIGURA 4.46 – Desalinhamento das Barras de Transferência.....	163
FIGURA 4.47 – Trincamento Longitudinal.....	164
FIGURA 4.48 – Degradação da Placa 307.....	164
FIGURA 4.49 – Posicionamento Incorreto da Barra de Transferência.....	165
FIGURA 4.50 – Posicionamento Correto da Barra de Transferência.....	165
FIGURA 4.51 – Fatores que Afetam o Comportamento de Pavimentos Rígidos.....	173
FIGURA 4.52 – Fluxograma para Tomada de Decisões e Critérios de Intervenção.....	175

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Classificação dos Pavimentos de Concreto.....	5
TABELA 2.2 – Equipamentos Totalmente Automatizados para o Levantamento de Defeitos (NCHRP, 1994) ^[70]	30
TABELA 2.3 – Valores Recomendados para Coeficientes de Drenagem (Cd) para Pavimentos Rígidos (AASHTO, 1993) ^[2]	40
TABELA 2.4 – Transferência de Carga (AASHTO, 1993) ^[2]	50
TABELA 2.5 – Critérios para Análise de JDR (RICCI, 1985) ^[81]	52
TABELA 2.6 – Classificação da Textura dos Pavimentos.....	56
TABELA 2.7 – Conceitos de Macrotextura no Ensaio de Mancha de Areia (DNER, 1998) ^[32]	64
TABELA 2.8 – Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem (DNER, 1998) ^[33]	65
TABELA 3.1 – Características e Informações das estruturas do pavimento por Segmento do Trecho Fábrica.....	81
TABELA 3.2 – Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho A.....	82
TABELA 3.3 – Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho C.....	83
TABELA 3.4 – Características e Informações das Estruturas do Pavimento do Trecho 1.....	84
TABELA 3.5 – Relação Média de Calcário Transportado e Cimento Produzido.....	88
TABELA 3.6 – Insumos para Produção de Cimento.....	89
TABELA 3.7 – Peso por Eixo dos Veículos	90
TABELA 4.1 – Segmentos Homogêneos do Trecho Fábrica.....	116
TABELA 4.2 – Segmentos Homogêneos do Trecho A.....	116
TABELA 4.3 – Segmentos Homogêneos do Trecho C.....	116
TABELA 4.4 – Segmentos Homogêneos do Trecho 1.....	116
TABELA 4.5 – Índice de Condição Médio da Miscelânea de Resultados.....	124
TABELA 4.6 – Amostragem Sistemática do Trecho 1 do Lado Esquerdo.....	126

TABELA 4.7 – Amostragem Sistemática do Trecho 1 do Lado Direito.....	126
TABELA 4.8 – Amostragem Sistemática do Trecho Fábrica do Lado Direito	127
TABELA 4.9 – Amostragem Sistemática do Trecho Fábrica do Lado Esquerdo.....	127
TABELA 4.10 – Resumo de Resultados do Índice de Condição do Pavimento (ICP)	129
TABELA 4.11 – Comparação entre Tipos e Quantidades de Reabilitações x Conceitos dos Segmentos Homogêneos.....	131
TABELA 4.12 – Resumo dos Parâmetros obtidos na Retroanálise através das Planilhas	141
TABELA 4.13 – Comparativo dos Processos de Medição de Eficiências de Juntas Através de Deflexões Medidas com FWD.....	145
TABELA 4.14 – Resumo da Retroanálise e Transferência de Carga	148
TABELA 4.15 – Resultados Médios por Segmento Homogêneo.....	156
TABELA 4.16 – Resumo dos Indicadores da Qualidade	167
TABELA 4.17 – Qualidade dos Pavimentos de Concreto (QPC).....	168
TABELA 4.18 – Conceitos e Notas de ICP para os Pavimentos Rígidos	168
TABELA 4.19 – Conceitos e Notas de Área da Bacia (Ab).....	169
TABELA 4.20 – Conceitos e Notas de Módulo de Elasticidade (E_{pcc})	170
TABELA 4.21 – Conceitos e Notas de Transferência de Carga (TC).....	170
TABELA 4.22 – Conceitos e Notas de GripNumber (GN).....	171
TABELA 4.23 – Notas e Conceitos da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC).....	172

RESUMO

Levantamentos de condição de superfície têm sido largamente utilizados como alternativa da determinação do desempenho, manutenção e reabilitação de pavimentos de concreto. Dentre estes levantamentos destacam-se os levantamentos de defeitos, de deflexões e de aderência.

Com o objetivo de verificar a condição funcional e estrutural dos pavimentos de concreto através dos levantamentos realizados, foram analisadas as condições de superfície através da determinação do Índice de Condição do Pavimento, das condições de derrapagem através dos resultados do equipamento Griptestter, da macrotextura através dos ensaios de mancha de areia e drenabilidade, bem como, da condição estrutural através de métodos não destrutivos com a utilização do equipamento do tipo Falling Weight Deflectometer.

Foram realizadas as análises dos procedimentos dos levantamentos mencionados e do resultado dessas avaliações determinou-se o comportamento das estruturas. Por último, com base em critérios técnicos foi elaborado um fluxograma para tomada de decisão para seleção de serviços adequados de manutenção e/ou reabilitação de pavimentos de concreto viários.

ABSTRACT

Surveys of surface conditions have been used as an alternative to performance determination, maintenance and rehabilitation of concrete pavements. Among those survey distress, deflections and adherence stand out.

In order to verify the functional and structural conditions of concrete pavements a survey was conducted. Surface conditions was analyzed through the determination of a Pavement Condition Index, skidding conditions through Griptest results, macrotexture through sand patch test and drainage test, as well as, structural conditions through non destructive methods using a Falling Weight Deflectometer.

Analysis of all procedures of the above-mentioned surveys was done and from the results it was determined the structural behavior. Finally, based on technical criteria a flow chart was made to help decision takers to select de appropriate maintenance and/or rehabilitation services.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

O cimento Portland foi criado pelo construtor inglês Joseph Aspdin em 1824 e é a denominação convencional mundial para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento.

Os pavimentos de concreto são construídos com concreto de cimento Portland e o primeiro pavimento de concreto foi executado a mais de um século na cidade de Bellefontaine no estado de Ohio.

A utilização dos pavimentos de cimento Portland é marcante no continente Europeu e em países como os E.U.A. com mais de 200.000 km de pavimentos de concreto e na América Latina, destacando-se o Chile, Argentina e o Brasil.

O Brasil é um produtor de cimento Portland, possui cerca de 3% da rede pavimentada com pavimentos de concreto e tem tradição e experiência na utilização de concreto.

A construção em pavimentos de concreto de cimento Portland é uma solução que poupa divisas com a redução da utilização de asfaltos derivados de petróleo.

Com esse pensamento e com o objetivo, principal de diminuir os custos na produção dos cimentos a Companhia de Cimento Itambé, vem construindo, desde 1988, em Balsa Nova, região Metropolitana de Curitiba, pavimentos de concreto nas estradas de acesso à fábrica e a jazida Rio Bonito, perfazendo um total de 23,4 km.

Além do objetivo econômico a Companhia de Cimento Itambé, deseja estudar os pavimentos de concreto em serviço. Para tanto, foram selecionados 5,75 km de pavimentos de cimento Portland de maneira que através do monitoramento dos mesmos possam ser avaliadas as condições estruturais e funcionais dos pavimentos selecionados.

O monitoramento e as avaliações funcionais e estruturais permitirão o desenvolvimento de curvas de desempenho e a verificação dos tipos de defeitos predominantes nos Pavimentos de Concreto Simples (P.C.S.) e nos Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (P.C.E.A.), bem como, se desenvolvam técnicas de reabilitação para os pavimentos de cimento Portland.

1.2. Objetivos

Os estudos de pavimentos de concreto no Brasil são incipientes e por outro lado a nível mundial ainda existem dificuldades na determinação do desempenho desses pavimentos.

Desta forma, o objetivo básico da pesquisa é verificar através das técnicas usuais de condição de superfície e de deflexões, o comportamento estrutural e funcional dos pavimentos de concreto estabelecendo-se parâmetros de tomada de decisões e seleção do tipo de intervenção para a reabilitação dos pavimentos de concreto viários.

Além do objetivo proposto, procurou-se estabelecer a importância dos levantamentos de defeitos, verificando a necessidade de rever parâmetros de alguns defeitos estabelecidos na norma vigente, bem como, sugerir a inclusão de outros defeitos de maneira a viabilizar a aplicação de modelos de desempenho utilizados em outros países.

Também, serão verificados os principais procedimentos de avaliação estrutural, de maneira, a verificar a integridade estrutural das estruturas dos pavimentos.

1.3. Metodologia Utilizada no Estudo

De maneira a atingir o objetivo principal e os secundários foi desenvolvido o fluxograma da Figura 1.1 para a metodologia utilizada nos trechos do estudo de caso.

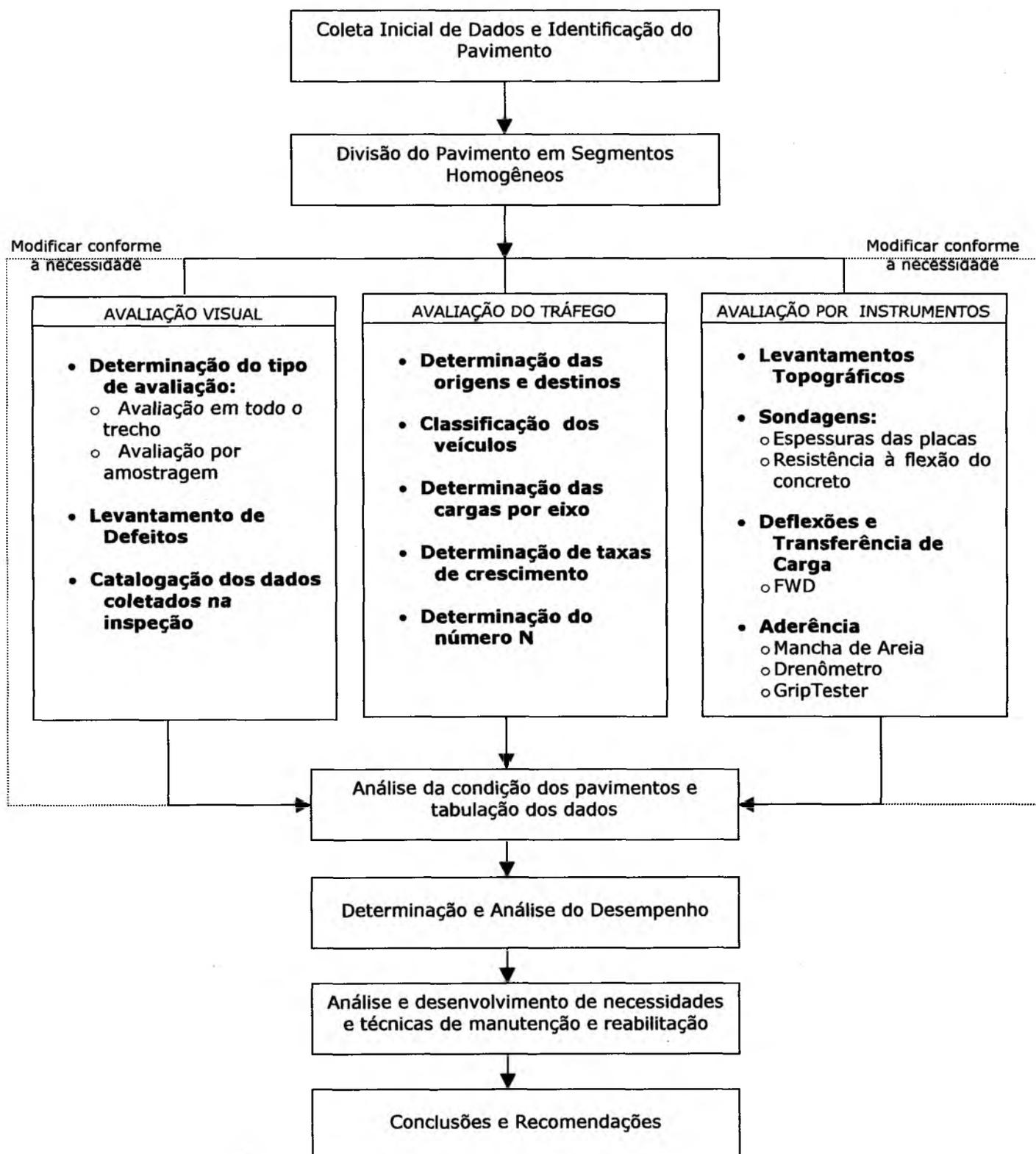


FIGURA 1.1 – Metodologia Utilizada no Estudo de Caso

1.4. Organização do Trabalho

No intuito de alcançar os objetivos propostos o trabalho foi organizado para abranger os seguintes capítulos:

O capítulo 1 introduz o tema proposto e estabelece os objetivos, a metodologia proposta e a organização do trabalho.

No capítulo 2 encontra-se a revisão bibliográfica, onde são apresentadas as definições e classificações dos pavimentos de concreto viários seguidos do estudo dos principais métodos de dimensionamento e finalidade dos Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos, descrição dos métodos e processos de avaliação das degradações de superfície, capacidade estrutural e aderência, bem como sistemática para a tomada de decisões e seleção de alternativas e técnicas de reabilitação.

O capítulo 3 apresenta o Estudo de Caso, com a localização dos trechos e caracterização das estruturas dos pavimentos que compõem o estudo, descrição dos equipamentos e procedimentos adotados e, por fim, são mostrados em gráficos os dados que foram coletados para a pesquisa.

O capítulo 4 descreve a análise dos dados levantados e do comportamento dos pavimentos com base no estado de superfície dos pavimentos, das deflexões, da macrotextura e da aderência pneu-pavimento. Na seqüência, é elaborada a análise para determinação da necessidade de reabilitação, critérios de decisão e os limites de aplicação.

No capítulo 5 são feitas as conclusões que o estudo proporcionou e as devidas recomendações pertinentes ao trabalho.

Finalmente apresenta-se em ordem alfabética as bibliografias que foram fontes de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho, os anexos com a Ficha de Inspeção de Defeitos e planilhas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos básicos, métodos de projeto, métodos de avaliação e técnicas de construção, conservação e restauração de pavimentos de concreto.

2.1. Conceito e Classificação dos Pavimentos de Concreto

Os pavimentos de concreto são os constituídos por placas de concreto de cimento Portland interligadas por juntas e assentes sobre o solo de fundação ou sub-base intermediária e com rigidez à flexão.

Os pavimentos de concreto podem ser classificados em vários tipos, diferenciando-se entre si no processo construtivo no projeto e principalmente, na concepção funcional.

À luz das bibliografias consultadas, elaborou-se a Tabela 2.1, onde são mostrados os quatro tipos principais de pavimentos de concreto e a classificação adotada por diversos autores e entidades.

TABELA 2.1 : Classificação dos Pavimentos de Concreto

AUTORES E/ OU ENTIDADES	P.C.S.		P.C.R.		P.C.P.	P.C.E.A.
	S.B.T.	C.B.T.	A.D.D.	A.D.C.		
FHWA e SHRP (1992) ^[42] , HUANG (1993) ^[54] , DARTER (1999) ^[25] , DNER (1989) ^[31]	X	X	X	X		
JEUFFROY e SOUTEREY (1996) ^[61] , AASHTO (1993) ^[2]	X	X	X	X	X	
CARVALHO e PITTA (1996) ^[22]	X	X	X	X	X	X

Observações:

P.C.S. = Pavimentos de Concreto Simples;

P.C.R. = Pavimentos de Concreto Reforçados;

S.B.T. = Sem Barras de Transferência;

A.D.D. = Armadura Distribuída Descontínua;

C.B.T. = Com Barras de Transferência;

A.D.C. = Armadura Distribuída Contínua;

P.C.P. = Pavimentos de Concreto Protendido; e

P.C.E.A = Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados.

2.1.1. Definição dos Principais Tipos de Pavimentos de Concreto

a) Pavimentos de Concreto Simples (P.C.S.)

Os Pavimentos de Concreto Simples (Figura 2.1 e 2.2) podem ser construídos sem barras de transferência e com barras de transferência nas juntas transversais. Nos pavimentos sem barras de transferência, as placas têm comprimento entre 3,70 e 6,10 m, e a transferência de carga é feita por interação dos agregados, enquanto; que nos executados com barras de transferência são admitidas placas de até 9,00m de comprimento. Destaca-se que no Brasil, as dimensões usuais das placas dos pavimentos de concreto simples estão entre 5 e 6 m (CARVALHO, 1996)^[22].

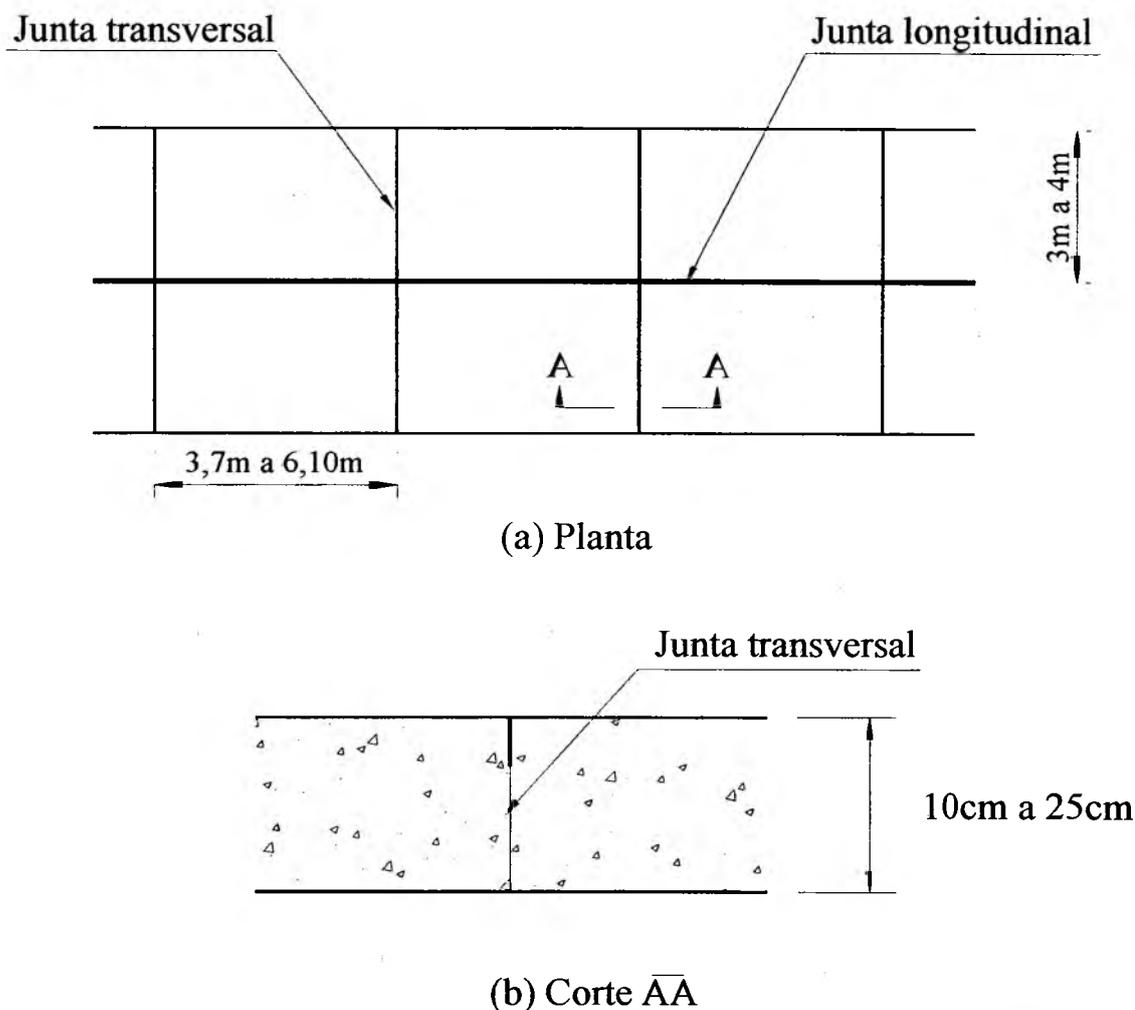


FIGURA 2.1 – Pavimento de Concreto Simples (CARVALHO, 1996, et al.)^[22].

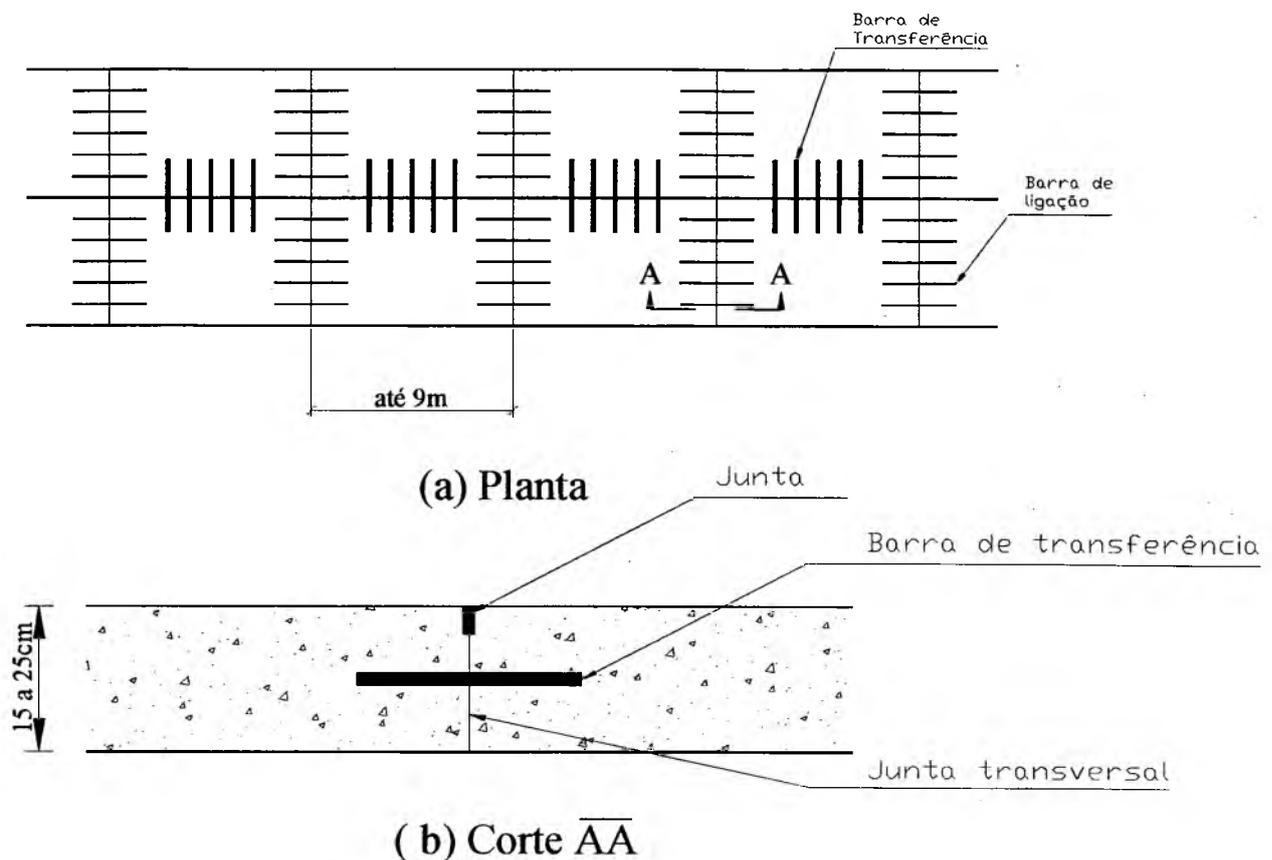


FIGURA 2.2 – Pavimento de Concreto Simples com Barras de Transferência (CARVALHO,1996, et. al.)^[22].

b) Pavimentos de Concreto Reforçados (P. C. R.)

Os pavimentos de concreto reforçados dividem-se em dois tipos: com armadura distribuída descontínua e com armadura distribuída contínua.

Os Pavimentos de Concreto com Armadura Distribuída Descontínua (Figura 2.3) possuem armadura sem função estrutural. A armadura é posicionada acima da meia-seção da placa, a pelo menos 5cm da sua superfície de rolamento. São interrompidas antes de cada junta transversal, tendo função exclusiva de manter ligadas as eventuais fissuras que se formem entre duas juntas transversais consecutivas, espaçadas normalmente entre 6,10 e 36,6 m sendo obrigatório o uso de barras de transferência.

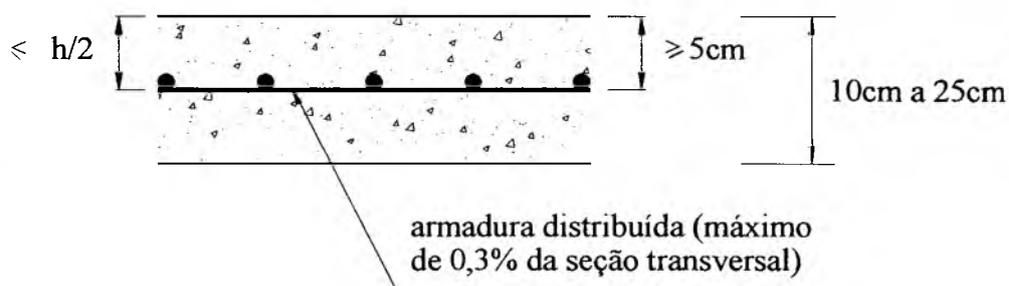
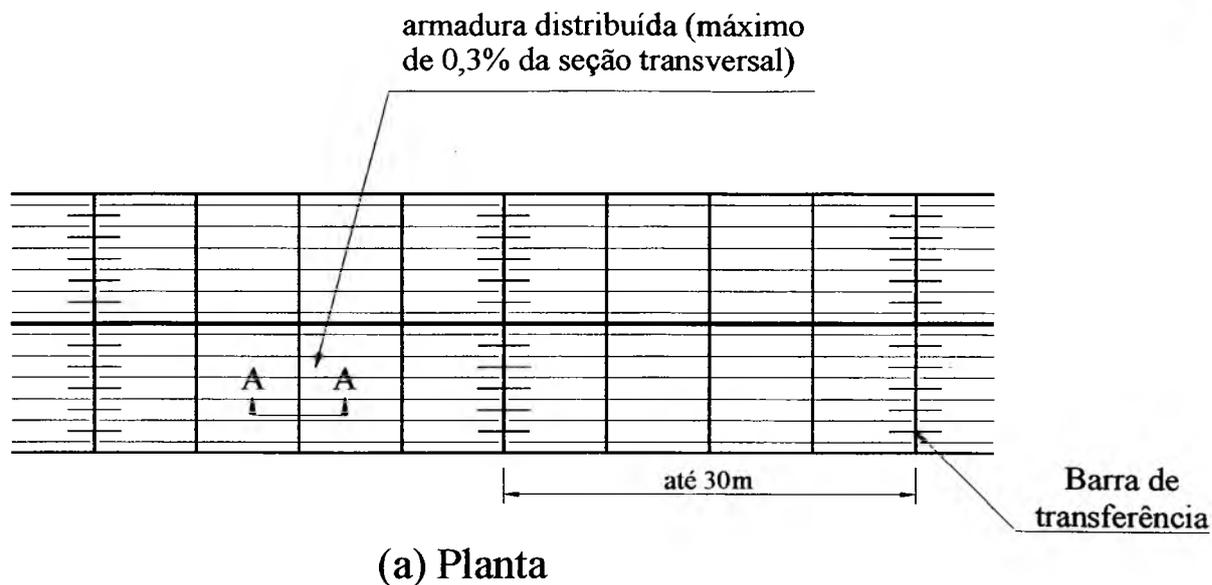


FIGURA 2.3 – Pavimento de Concreto com Armadura Distribuído Descontínua (sem função estrutural) (CARVALHO,1996)^[22].

Os Pavimentos de Concreto com Armadura Distribuída Contínua (Figura 2.4), não dispõem de juntas transversais, a não ser as de construção. A taxa de aço é bem mais elevada que nos pavimentos de armadura distribuída descontínua e a armadura é posicionada pouco acima da metade da seção transversal da placa de concreto. Os comprimentos das placas são iguais a extensão construída durante um dia e variam de 300 a 1000 m.

A característica principal desse tipo de pavimento é o aparecimento de microfissuras transversais e superficiais distanciadas num intervalo entre 1,00 a 2,00 m, deixando um aspecto visual desagradável ao usuário no decorrer dos anos.

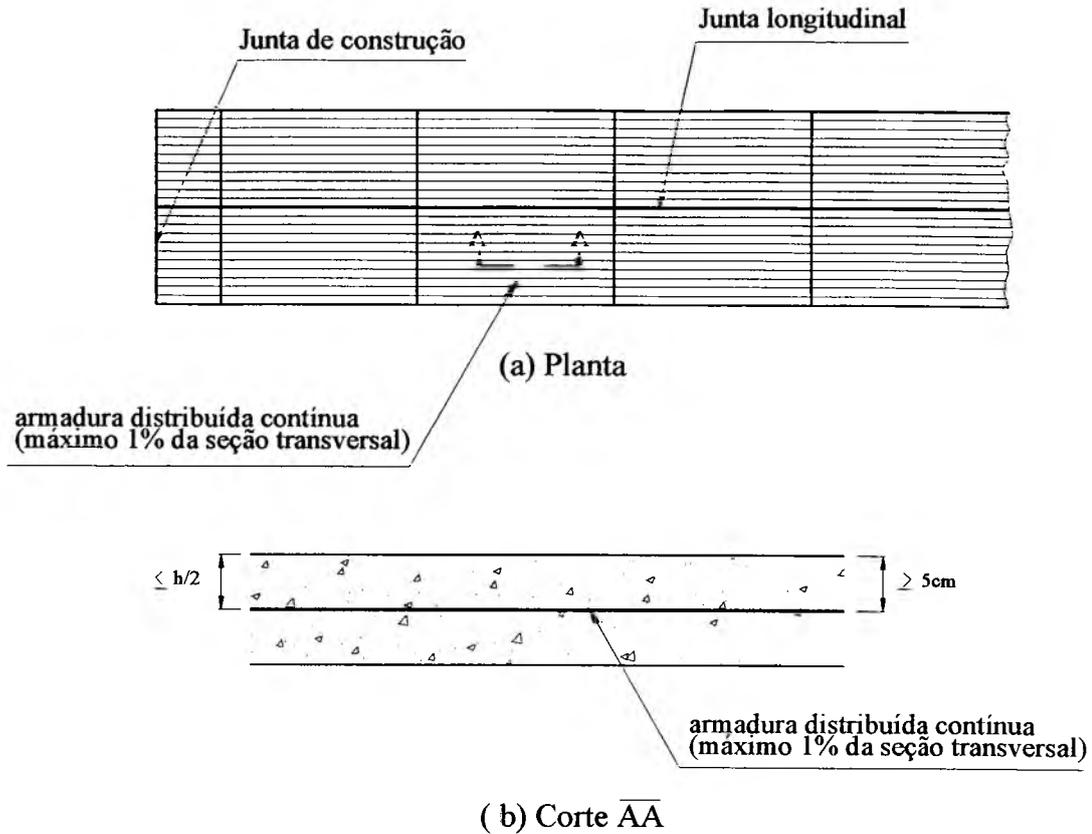


FIGURA 2.4 – Pavimento de Concreto com Armadura Distribuída Contínua (CARVALHO,1996, et. al.)^[22].

c) Pavimentos de Concreto Protendido (P. C. P.)

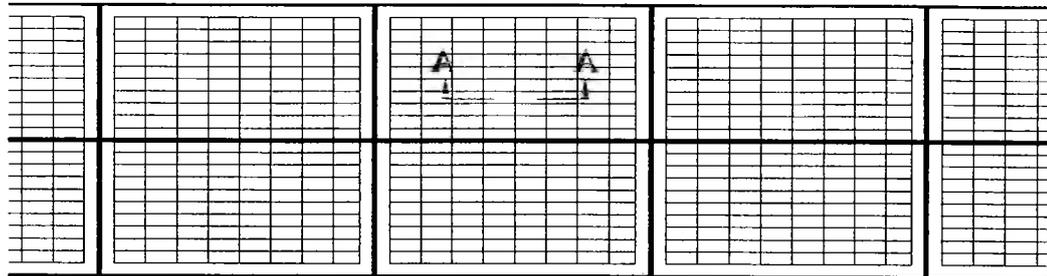
Os Pavimentos de Concreto Protendido são construídos com placas de grandes dimensões longitudinais, com extensões que variam de 91 a 232m e pequenas espessuras, em torno de 12cm.

d) Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (P.C.E. A.)

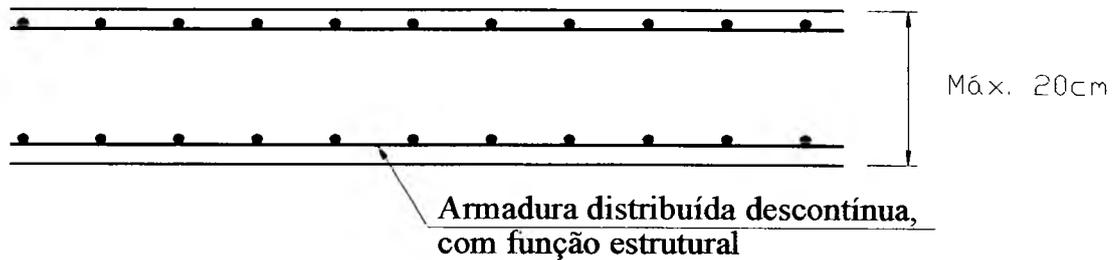
Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (Figura 2.5), são adotados para combater as tensões de tração geradas nos pavimentos de concreto, com armadura posicionada na parte inferior das placas de concreto.

As dimensões das placas normalmente superiores às adotadas para os pavimentos de concreto simples com barras de transferência, excetuando-se que normalmente as espessuras são menores. A armadura é interrompida nas juntas.

Nesses pavimentos, de maneira a diminuir a quantidade de juntas transversais, podem ser utilizadas armaduras superiores concomitantemente com as inferiores e dessa maneira aumentar o espaçamento entre juntas transversais em torno de três vezes aos praticados nos pavimentos de concreto simples com barras de transferência.



(a) Planta



(b) Corte \overline{AA}

FIGURA 2.5 - Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado

2.2. Principais Métodos de Dimensionamento

Os métodos normalmente utilizados para o dimensionamento da espessura de pavimentos rodoviários de concreto simples com barras de transferência são os Métodos da Portland Cement Association (1966) e (1984) e o Método da American Association of State Highway and Transportation Officials (1986) publicados no Manual de Pavimentos Rígidos do DNER (1989)^[31], bem como, as alterações no Método da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 1993)^[2].

Para os Pavimentos Estruturalmente Armados (PEA), utiliza-se o método da Portland Cement Association através do emprego de cartas de influência.

Na seqüência serão destacados os Métodos da Portland Cement Association de 1984 e dos Pavimentos Estruturalmente Armados (PEA).

2.2.1. Método da Portland Cement Association (1984)

Este método é uma evolução da versão de 1966, considerando as novas práticas de construção e a análise estrutural por elementos finitos aplicados aos pavimentos de concreto simples e com barras de transferência e aos dotados de armadura distribuída, descontínua, contínua e nos estruturalmente armados.

O método baseia-se nos seguintes pontos:

- Estudos teóricos de Westergaard, Pickett e Ray sobre o comportamento estrutural das placas de concreto e análise computacional feito por Tayabji e Colley utilizando os métodos de elementos finitos;
- Análise da influência de sub-bases, acostamentos e das juntas no comportamento e no desempenho dos pavimentos de concreto, fundamentados nos modelos de previsão e nos ensaios de laboratório;
- Desenvolvimento e observação de pistas experimentais, em especial a da AASHTO; e
- Monitoramento das pistas e pavimentos em serviço.

Destacam-se ainda considerações do grau de transferência de carga nas juntas transversais, da contribuição estrutural das sub-bases de concretos magros rolados ou estabilizados com cimento, da existência de acostamentos de concreto, dos efeitos dos eixos tandem triplos e a introdução de critérios ou modelos de fadiga e de erosão.

Na seqüência serão descritos os critérios mencionados e o procedimento de cálculo:

a) Critério de Fadiga

A localização das tensões crítica mudou no método da PCA de 1984, quando comparadas a da versão 1966, ou seja, as tensões no método da PCA 1966 eram tangentes a junta transversal enquanto no método de PCA 1984 passaram a ser aquelas produzidas pela passagem da carga tangente à borda longitudinal.

A curva de fadiga foi alterada com a finalidade de eliminar a descontinuidade existente na curva da PCA de 1966, tornando-se uma curva mais severa, ou seja, a relação de tensões que pode levar a um número ilimitado de repetições foi reduzida de 0,50 para 0,45.

As equações da curva de fadiga adotada pela PCA a partir de 1984, são:

$$\text{Log}_{10}N = 11,737 - 12,077RT, \text{ para } RT > 0,55 \quad (2.1)$$

$$\text{Log}_{10}N = 2,056 - 3,268 \cdot \text{Log}_{10}(RT - 0,4325), \text{ para } 0,45 < RT < 0,5 \quad (2.2)$$

$$N = \text{ILIMITADO}, \text{ para } RT < 0,45 \quad (2.3)$$

onde:

RT = relação de tensões; e

N = número admissível de aplicações de carga.

O critério de ruína por fadiga do PCA de 1984 se baseia na hipótese de Miner do Dano Acumulado por Fadiga, que determina que a resistência à fadiga não consumida pela repetição de uma determinada carga fica disponível para a repetição de outras cargas. A equação de danos acumulados é a seguinte:

$$D_R = \sum_{j=1}^m \frac{n_j}{N_j} \quad (2.4)$$

onde:

D_R = relação de danos acumulados para o período de projeto devido a ação de todos os grupos de carga;

j = número do grupo de carga;

m = número total de grupos de carga;

n_j = número de repetições previstos da carga j ; e

N_j = número de repetições admissíveis da carga j .

A relação de danos acumulados no final do período de projeto devido à ação de todos os grupos de carga deve ser menor do que 1 ou se expresso em percentagem, menor do que 100%.

b) Critério da Erosão

O critério de ruína por erosão foi um incremento introduzido no método da PCA de 1984 em relação ao PCA de 1966.

Define-se erosão como a perda de material sob a placa de concreto principalmente nas regiões das juntas transversais, interfaces entre placas e acostamentos e entre eventuais fissuras que possam existir. A erosão é provocada pela ação combinada da água e da passagem dos veículos.

O defeito notório deste fenômeno é o escalonamento entre as juntas transversais, trincas e acostamentos provocado pela erosão do solo de fundação em consequência formando vazios sob as placas. Neste caso, os defeitos estão mais relacionados com a deformação do que com tensões de tração na flexão geradas pela passagem dos veículos pesados nas bordas e cantos da placa de concreto.

Na pista experimental da AASHTO, os pavimentos de concreto eram dotados de barras de transferência, e ainda sofreram processos de ruína em virtude de bombeamento e erosão do material de fundação. Na busca de se prever o desempenho dos pavimentos, foram utilizados diferentes critérios de deflexão, os quais dependiam da espessura da placa e do módulo de Westergaard (RUFINO, 1997)^[84].

O critério adotado foi de correlacionar desempenho do pavimento com o fator de erosão (P), definido como produto da pressão (p) na interface entre a placa de concreto e a fundação pela deformação vertical no canto (w), dividida pelo raio de rigidez relativa (lc) que é função da área da bacia de deformação (DNER, 1989)^[31].

Com os estudos na pista da AASHTO, para um índice de serventia final igual a 3, foi obtida uma expressão que calcula o fator de erosão (P) para se prever o desempenho de placas de diversas espessuras sobre diferentes suportes. A expressão que fornece esse fator segundo Packard e Tayabji apud RUFINO (1997)^[84] é:

$$P = 268,7 \frac{pw}{h} \cdot k^{0,27} = 268,7 \frac{p^2}{h \cdot k^{0,73}} \quad (2.5)$$

onde:

P = fator de erosão;

p = pressão vertical na fundação sob o canto da placa, em psi;

w = deflexão, em polegadas;

h = espessura da placa, em polegadas; e

k = módulo de reação da fundação, em pci.

A equação de danos por erosão é dada por (Packard e Tayabji, 1985) apud RUFINO (1997)^[84]:

$$D_e = 100 \sum_{i=1}^m \frac{C_2 \cdot n_i}{N_i} \quad (2.6)$$

onde:

D_e = danos acumulados causados pela erosão, em percentagem, que devem ser menores do que 100%;

m = número total de grupos de carga;

n_i = número previsto de repetições de carga para o i -ésimo grupo de carga;

N_i = número admissível de repetições de carga para o i -ésimo grupo de carga;

C_2 = constante igual a 0,06 para pavimentos sem acostamento de concreto e 0,94 para pavimentos com acostamento de concreto, pois para pavimentos com acostamento de concreto, a deflexão no canto é pouco sensível à localização do veículo e assim altos valores de C_2 são usados. O manual do DNER (1989)^[31] apresenta nomogramas para o cálculo do consumo de resistência à carga, que é dado em percentagem. Esses nomogramas fornecem o valor do número de repetições admissíveis (N_i) já dividido pelo coeficiente C_2 , ou seja, fornecem o quociente N_i/C_2 .

2.2.2. Método de Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados

a) Considerações Gerais

Os pavimentos estruturalmente armados, denominados de PEA, são aqueles em que a armadura tem o objetivo de combater as tensões de tração geradas na placa. Nesses pavimentos a armadura é sempre posicionada na porção inferior da placa, onde grande parte das tensões desenvolve-se, excetuando-se o carregamento uniformemente distribuído em pisos industriais, onde a tensão de tração máxima ocorre na parte superior da placa.

A denominação PEA é uma simplificação de PCA/PEA e deriva do fato de empregar a mesma metodologia difundida pela “Portland Cement Association” na determinação dos momentos fletores. Esses momentos são determinados pela utilização das cartas de influência (PICKETT e RAY, 1950) apud (PITTA, 1998)^[79], sendo admitido que a fundação é um líquido denso ou Winkleriana.

A magnitude das tensões que atuam na placa de concreto é função do posicionamento do carregamento em relação às juntas ou bordas, como se observa na Figura 2.6.

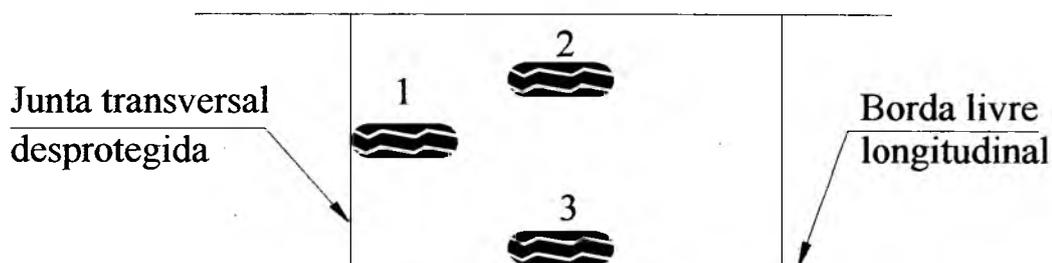


FIGURA 2.6 – Posicionamento do Carregamento em Relação as Juntas ou Bordas

A carga no interior da placa, posição 2, é a que apresenta a menor sollicitação, enquanto a localizada na borda longitudinal livre, posição 3, corresponde à maior sollicitação (PITTA, 1997)^[79].

Para efeitos de comparação pode-se afirmar que, se o momento gerado pela carga na posição 1 for igual a 1,0, tem-se, aproximadamente, que essa mesma carga produzirá na posição 2 um momento igual a 0,7 e na posição 3, um momento igual a 1,4.

Os aeroportos e pisos industriais são geralmente dimensionados considerando-se o carregamento na posição 2, enquanto nos pavimentos rodoviários são consideradas a posição 3 ou de borda livre, bem como, os fatores, como fadiga e erosão da sub-base.

A idéia fundamental dos pavimentos estruturalmente armados é determinar as diversas tensões atuantes para diferentes posições de carregamentos, armando o pavimento nesses pontos específicos. Como vantagem tem-se que, não importa onde a carga esteja atuando, a capacidade estrutural do pavimento será sempre a mesma, porém torna-se para efeito de dimensionamento a carga atuando na borda longitudinal.

b) Modelos e Métodos de Dimensionamento

Nos pavimentos de concreto simples, o dimensionamento é realizado de maneira que a tensão gerada pelo momento fletor atuante não ultrapasse a tensão de tração na flexão do concreto, gerando desse modo espessuras mais elevadas que nos estruturalmente armados. Quanto maior a espessura da placa, maior será o momento atuante (LOSBERG, 1961)^[65], o qual é função do raio de rigidez relativa, “ r ”, da placa. Esse fato pode ser favorável no dimensionamento do pavimento armado, já que pela adoção de armaduras, emprega espessuras menores, resultando, valores menores de momento atuante, em cerca de 6%.

A Figura 2.7 , apresenta a distribuição dos momentos, de acordo com trabalho de LOSBERG (1961)^[65], em uma placa elástica uniformemente apoiada no solo, devido a ação de uma carga de roda.

m_r, m_t = momento fletor radial e tangencial da placa por metro de largura

Curva A e B = antes da plastificação (Teoria Elástica)

Curva C = após a plastificação

m_{max}^+, m_{max}^- = momentos máximos de flexão, respectivamente positivo e negativo da placa por metro de largura

σ_f^- = resistência última de tração ou flexão do concreto

m_{max}^+ depende de $\frac{a}{l}$

$$l_e = \sqrt[3]{\frac{2D}{C}}$$

$$l_k = \sqrt[3]{\frac{D}{k}}$$

$$C = \frac{E_s}{(1-\mu_s^2)}$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} = \frac{E}{(1-\mu^2)}$$

μ_s = coeficiente de Poisson do subleito;

μ = coeficiente de Poisson da placa;

I = momento de inércia da placa por metro de largura;

a = raio da área carregada;

D = módulo de rigidez da placa à flexão;

k = módulo de reação do subleito;

P = carga total aplicada;

l_e = raio de rigidez relativa como solo elástico;

l_k = raio de rigidez relativa como líquido denso;

E = módulo de elasticidade da placa;

E_s = módulo de elasticidade do subleito;

C = módulo de elasticidade modificado do solo.

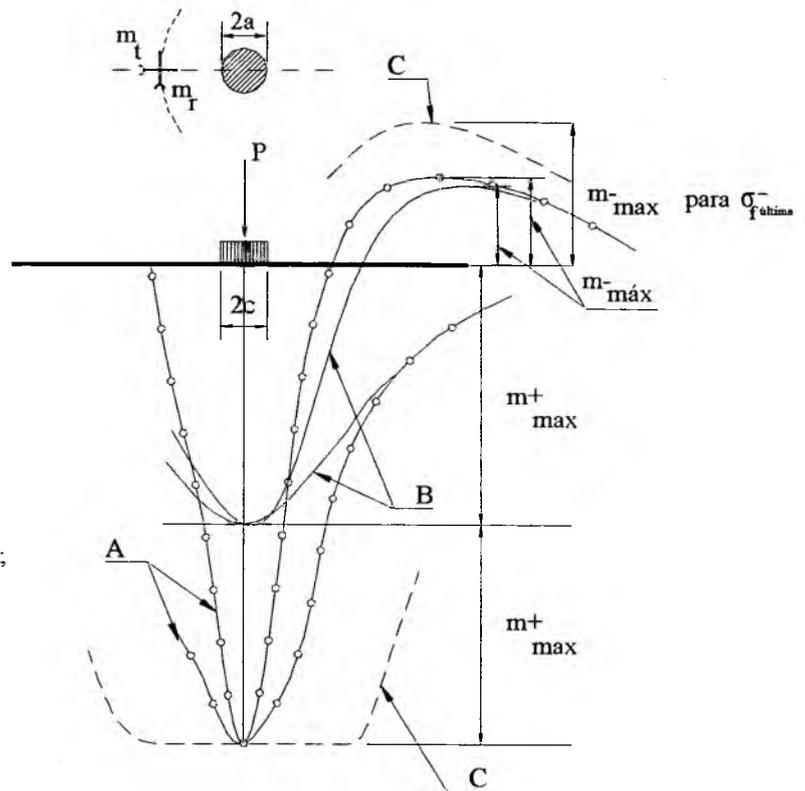


FIGURA 2.7 – Metodologia PEA – Distribuição dos Momentos em uma Placa Elástica

Da análise da Figura 2.7, verifica-se que o momento máximo ou positivo ocorre sob o centro de carga, enquanto o momento negativo é mínimo e atua na parte superior da placa podendo, portanto, ser absorvido pelo concreto, embora não existam restrições quanto a introdução de armadura superior aos quais poderão combater retrações hidráulicas e plásticas.

As curvas A e B mostram, respectivamente, a distribuição de momentos para uma carga maior e menor. A curva C mostra a distribuição dos momentos quando a placa passa para o estado plástico e ocorre o escoamento do aço.

Nesse ponto, verifica-se uma considerável redução na rigidez à flexão, assim que surgem as fissuras na zona de tração, com o nivelamento do momento máximo, que passa a ocorrer em uma região mais larga da placa, aumentando consideravelmente a

capacidade de suporte do pavimento estruturalmente armado, bem como a margem de segurança à ruína (LOSBERGB, 1961)^[65].

Os critérios empregados para o dimensionamento das armaduras são similares aos utilizados no cálculo das estruturas, excetuando-se a determinação dos momentos fletores atuantes em função do pavimento ser apoiado em uma fundação em meio elástico.

Existem três maneiras distintas para determinação dos momentos, as quais resultam em seções de armaduras diferentes devido estarem fundamentadas nos critérios de RINGO e ANDERSON (1992), LOSBERG (1961) e PCA/PEA apud (RODRIGUES, 1997)^[82].

O método de RINGO e ANDERSON (1992) apud PITTA (1997)^[79], resulta em valores de armaduras superiores aos outros dois métodos, em função dos fatores de segurança empregados na determinação dos momentos fletores e na seção de armadura propriamente dita.

A metodologia proposta pelos dois pesquisadores foi desenvolvida à princípio, para o emprego em pisos industriais, mas também pode ser adaptada para uso em pavimentos rodoviários.

O processo de dimensionamento é baseado no cálculo da espessura do pavimento sem a contribuição da armadura, ou seja, como pavimento de concreto simples.

O método do engenheiro sueco, Anders Losberg, iniciou em 1945 e culminou em 1960, com a apresentação da tese "*Structurally Reinforced Concrete Pavement*".

A metodologia desenvolvida foi aplicada no dimensionamento de diversas rodovias e aeródromos na Suécia e consiste na determinação dos momentos baseada nas equações de Westergaard, nas cartas de influência e em adaptações que Losberg introduziu em função de ensaios de laboratório e de campo.

Na seqüência dá-se ênfase a metodologia PCA/PEA.

Essa metodologia consiste na determinação dos momentos fletores através do emprego das cartas de influência (PICKETT e RAY, 1950) apud (PITTA, 1997)^[79], em especial as números 2 e 6, sendo que a primeira refere-se aos momentos no interior da placa e a outra ao momento da borda, considerando-se inicialmente na borda longitudinal do pavimento.

Considera-se que a tensão máxima na borda livre longitudinal ocorre quando a roda do veículo está tangenciando, sendo que, a partir do instante em que ela se dirige

para o interior, a tensão produzida diminui subitamente e, a apenas 10cm da borda para o interior da placa, ela equivale a 50% do valor inicial. Neste ponto, considera-se que a tensão se aproxima de valores similares aos do interior (PICKETT, 1950) apud (PITTA, 1997)^[79].

Os momentos atuantes podem ser determinados com um bom grau de precisão, através dos ábacos elaborados por YODER e WITCZAK (1975)^[96]. A seqüência de cálculo é exposta no trabalho denominado Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados dos autores RODRIGUES e PITTA (1997)^[82].

2.3. Sistema de Gerência de Pavimentos

2.3.1. Definição e Informações Gerais

Dentre as diversas definições de Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) por autores e instituições destaca-se a da AASHTO (1993)^[2]: “Um Sistema de Gerência de Pavimentos é um conjunto de ferramentas ou métodos que ajudam os tomadores de decisões a encontrar estratégias ótimas para prover, avaliar e manter pavimentos em uma condição aceitável durante um determinado período de tempo”.

A Gerência de Pavimentos Rodoviários iniciou-se nos Estados Unidos e no Canadá ao final da década de 60 e início de 70, sofrendo um grande impulso na década de 80 a mercê da necessidade de otimizar os recursos, cada vez mais escassos para enfrentar a degradação acelerada de suas redes pavimentadas. Na Europa, a questão desenvolveu-se com menor amplitude, salientando-se os trabalhos realizados na França, Alemanha e Holanda. (HAAS, 1994)^[52].

No Brasil, a primeira iniciativa no sentido de prover um órgão rodoviário nacional de um sistema de gerência de pavimentos, ainda que limitada pelas condicionantes da época, foi concluída pelo DNER no biênio 1978/1979, com o chamado “Inventário do Estado de Conservação da Rodovias Federais Pavimentadas” (ANDRADE, 1997)^[16].

Após experiências iniciais em trechos previamente selecionados pelos Distritos Rodoviários dos Estados e analisados no Modelo HDM (*Highway Design and*

Maintenance Model) na versão HDM III, e o DNER implantou o primeiro Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (ANDRADE, 1997)^[16].

Em 1992 e 1997 o DNER implantou um Sistema de Gerência de Pavimentos coordenados pela consultora Dynatest, além da participação de consultoras para a realização dos levantamentos e avaliação da malha Federal Pavimentada do DNER.

Além das iniciativas anteriormente relatadas, cumpre destacar a implantação dos Sistemas de Gerência de Pavimentos no DER/PR, DER/SC, DER/PE e DER/BA, bem como, a necessidade das concessionárias de rodovias em desenvolver e implantar sistemas de gerência compatível as suas realidades.

2.3.2. Principais Componentes, Objetivos e Benefícios de um SGP

A representação esquemática apresentada na Figura 2.8 mostra os principais componentes ou subsistemas de um SGP, bem como, caracteriza as atividades de gerência em dois níveis:

- a) Nível de Rede – as decisões são tomadas para um grande número de projetos ou para a totalidade da rede de rodovias, analisando políticas opcionais, viabilizando e priorizando qual das políticas trará maior benefício, no período de análise selecionando; e
- b) Nível de Projeto – tomadas de decisões técnicas de gerência sobre opções de projetos específicos ou seções de pavimentos de rede, com o objetivo de identificar uma estratégia ótima de investimento.

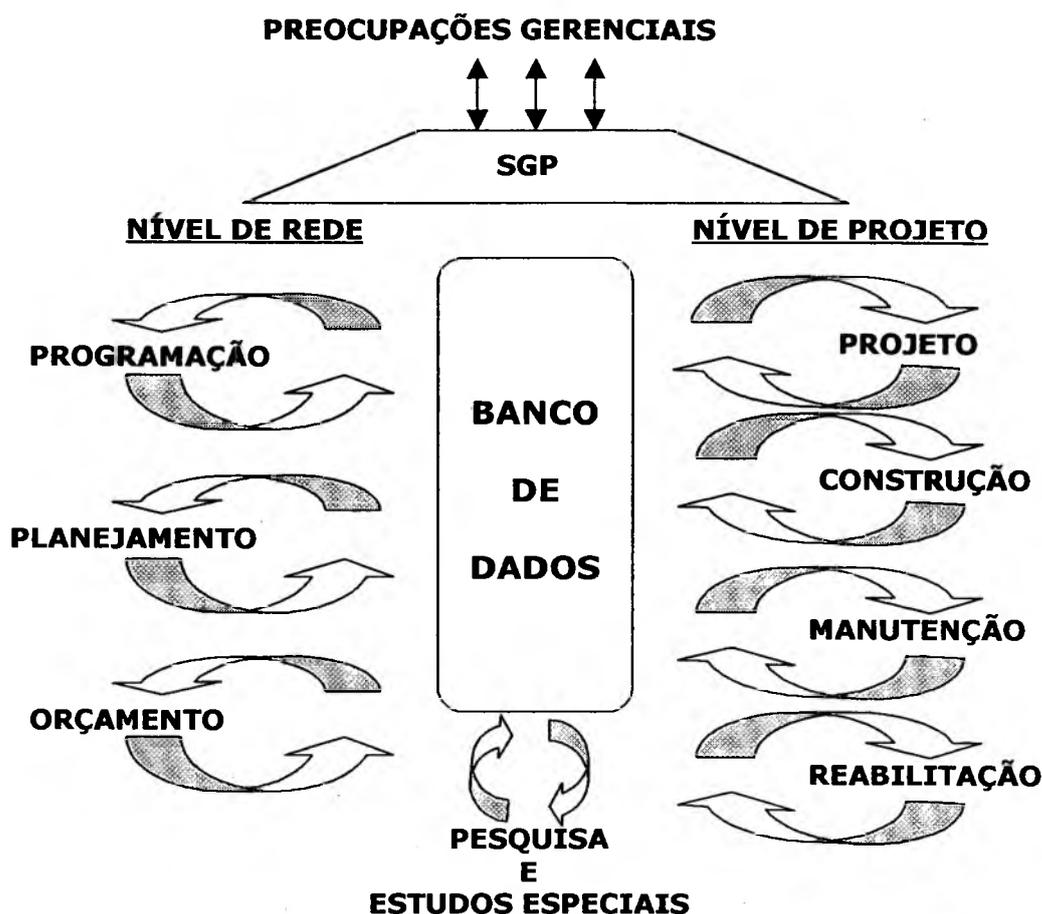


FIGURA 2.8 – Principais Componentes de um SGP (HAAS, 1994, et. al.)^[52]

De acordo com OECD (1987) apud MARCON (1996)^[67], os objetivos e os benefícios de um SGP podem ser: técnicos, econômicos e/ou administrativos.

Sob o ponto de vista técnico, um SGP deveria:

- a) Implementar e manter uma ampla e eficiente base de dados;
- b) Aprender com os fatos e dados passados e presentes, e melhorar as técnicas de construção e manutenção;
- c) Selecionar os melhores métodos de manutenção;
- d) Definir problemas e achar respostas objetivas para solucioná-los;
- e) Conter modelos apropriados de previsão de desempenho de pavimentos; e
- f) Gerar critérios de decisão significativos.

Economicamente, um SGP deveria ser capaz de maximizar os benefícios líquidos sob restrições orçamentárias e para isto deveria ser capaz de:

- a) Gerenciar o orçamento de forma a determinar o nível de recurso mais apropriado;
- b) Planejar os melhoramentos da rede de acordo com os requisitos orçamentários;
- c) Determinar os efeitos de protelar a manutenção considerando os custos dos usuários e do órgão responsável;
- d) Determinar os efeitos, quanto ao custo dos usuários, quando se eleva ou diminui o padrão de qualidade dos pavimentos; e
- e) Assegurar viabilidade econômica através da priorização baseada na comparação de custos e benefícios das alternativas.

Administrativamente, um SGP deve:

- a) Definir racionalmente o estado da rede de rodovias;
- b) Planejar ou programar as atividades de manutenção do presente e futura quantidade de trabalho;
- c) Estabelecer o método mais eficiente de monitoramento;
- d) Determinar as conseqüências dos diferentes níveis de investimentos nas condições dos pavimentos; e
- e) Fornecer uma base objetiva para decisões políticas.

2.3.3. Estrutura de Interação de um SGP

Uma representação esquemática é mostrada na Figura 2.9 segundo a concepção geral da AASHTO (1990)^[1] dos módulos típicos que compõem ou são desejáveis para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos. Esses módulos são:

- a) Banco de Dados, o qual deve conter, no mínimo, os dados necessários para alimentar o módulo de análise do SGP.
- b) Módulo de Análise, que seja capaz de gerar produtos ou relatórios utilizáveis para os tomadores de decisão dos órgãos rodoviários; e

c) Módulo de Retroalimentação, destinado a utilizar as informações obtidas nos levantamentos de campo de maneira a aumentar a confiança nos processos de análise.

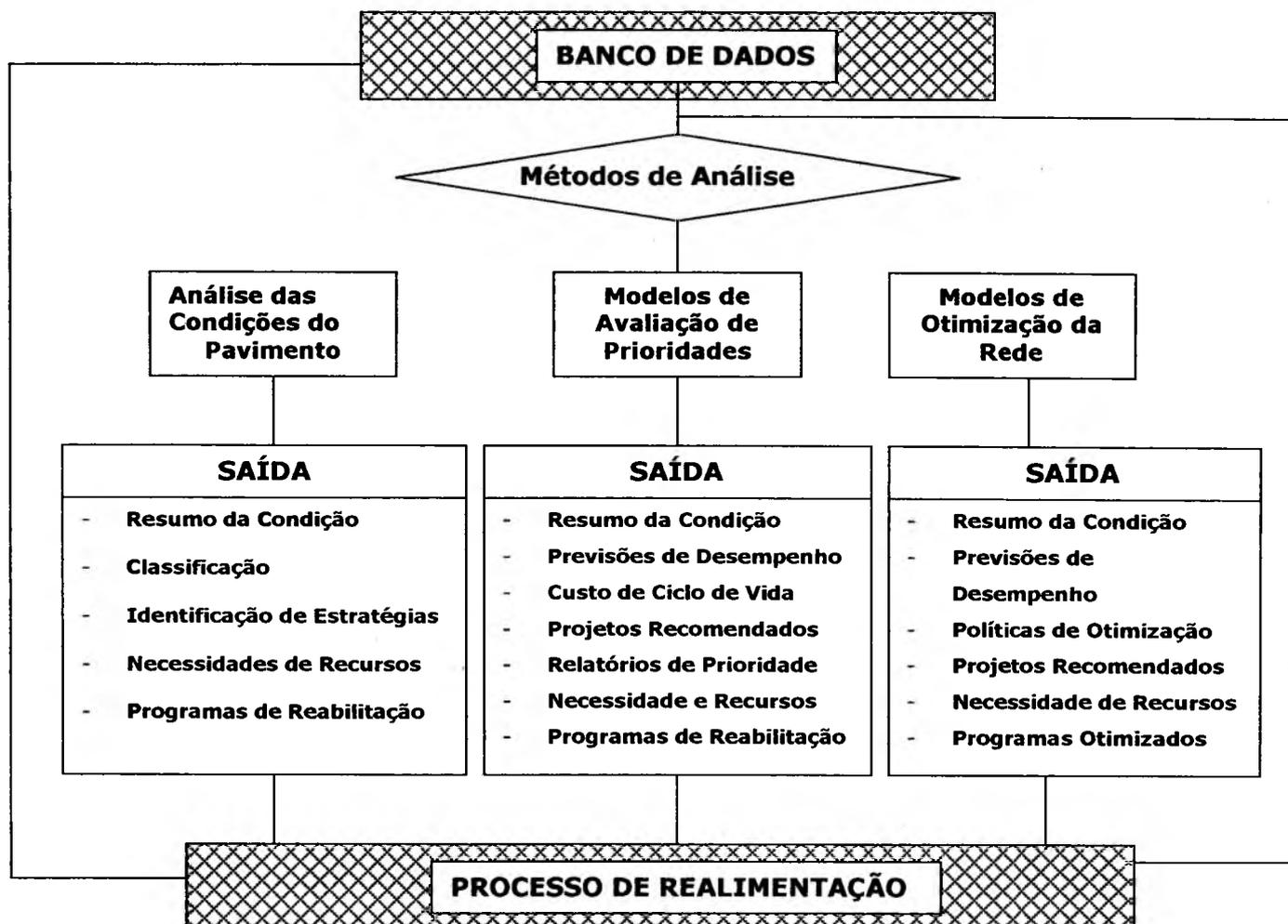


FIGURA 2.9 – Representação Esquemática dos Módulos SGP (AASHTO, 1990)^[1].

A estrutura básica de um SGP, em nível de rede e de projeto são semelhantes, destacando-se que para o nível de projeto a coleta dos dados é mais intensa, permitindo uma análise mais detalhada do pavimento avaliado e a intervenção a ser executada deve ser mais adequada ao pavimento do trecho e terá como restrição os recursos financeiros alocados na fase de análise em nível de rede.

2.4. Avaliação das Degradações Superficiais

2.4.1. Definição e Informações Gerais

A avaliação das degradações superficiais de um pavimento consiste em uma atividade, que através de procedimentos padronizados de medidas e observações, permite inferir condições funcionais e estruturais das estruturas dos pavimentos (MARCON, 1996)^[67].

Degradação superficial é a medida das deteriorações da superfície e da sub-superfície das rodovias, causadas pela ação do tráfego, clima, processos e características físicas dos materiais e a idade do pavimento.

Os dados de degradação usualmente são obtidos pelo tipo, pela extensão, pela severidade e, em alguns casos, pela localização e são utilizados como ferramentas decisórias ou auxiliares, em sistemas de gerência de pavimentos, de reabilitação e restauração de rodovias.

Esforços no sentido de padronizar levantamentos ou avaliações de superfície são realizados desde meados de 1970. Como exemplo dessa padronização tem-se o Manual de Identificação de Degradações de Pavimentos de Aeroportos da Força Aérea Americana (NCHRP, 1994)^[70].

Em março de 1979 a “*Federal Highway Administration*” publicou o “*Highway Pavement Distress Manual for Highway Condition and Quality of Highway Construction Survey*” (SMITH et al., 1979) apud (NCHRP, 1994)^[70]. Esse manual forneceu definições dos tipos de degradações, de severidades e de técnicas de medidas para pavimentos do tipo “*Jointed Plain Concrete Pavement*” (JPCP), “*Jointed Reinforced Concrete Pavement*” (JRCP), “*Continuous Reinforced Concrete Pavement*” (CRCP) e concretos asfálticos.

Em julho de 1979 o *U. S. Army Construction Engineering Laboratory* publicou o boletim técnico M-268: “*Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets, and Parking Lots, Vol. II: Distress Identification Manual*”, escritos por M. Y. Shahin e S. D. Kohn (NCHRP, 1994)^[70]. Esse manual fornece as definições dos tipos, as severidades e as técnicas de mensuração dos defeitos ou das degradações para pavimentos asfálticos e em concreto.

Em 1982, o monitoramento e a avaliação de várias seções de pavimentos ao longo dos Estados Unidos, onde foram medidos os desempenhos como parte do

programa “*Long Term Pavement Monitoring (LTPM) Program*”, sob a responsabilidade da FHWA (NCHRP,1994)^[70].

Também sob, a responsabilidade da FHWA, em 1985 Zaniewski e Hudson publicaram o “*Pavement Condition Rating Guide*” (NCHRP,1994)^[70]. Esse guia apresenta os processos de levantamentos das degradações os quais combinam um grande número de degradações com uma variedade de tipos de defeitos com o objetivo de reduzir o tempo e os custos dos levantamentos.

O esforço mais recente em desenvolver métodos e processos de coleta de dados de degradações dos pavimentos fez parte do “*Strategic Highway Research Program*” (SHRP) e nos estudos do “*Long Term Pavement Performance*” (LTPP) com a publicação do “*Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Studies*” e que foi atualizado em 1993 e resultou da combinação dos estudos da FHWA em 1979, do LTPM em 1982 e do “*Pavement Condition Rating Guide de 1985*”.

Contudo, os nomes das degradações são as mesmas de um manual para o outro, bem como, as maneiras pelas quais as degradações são identificadas, os níveis de severidade são definidos, e as extensões são medidas de diferentes maneiras em cada manual (NCHRP, 1994)^[70].

2.4.2. Métodos de Inspeção ou Levantamentos de Superfície

Na seqüência do trabalho serão abordados os fatores relevantes e que dizem respeito aos pavimentos de concreto de cimento Portland, em especial aos pavimentos de concreto simples, dotados de barras de transferência.

2.4.2.1. Objetivos dos Levantamentos

Os objetivos de um levantamento de superfície de pavimento é que permita a identificação de cada defeito ocorrente no segmento considerado, com a determinação, dos tipos, classes, severidade, magnitudes e localizações dos defeitos.

Segundo autores como GORDON et al. (1985), AASHTO (1993), GRIVAS et al. (1991a), BARROS (1991), PRAKASH et al. (1994), CENEK et al. (1994) apud

MARCON (1996)^[67] e HAAS et al. (1994), as avaliações de superfície têm as seguintes finalidades:

- 1) Determinação da condição atual de um trecho ou de uma rede de pavimentos;
- 2) Elaboração de modelos de previsão de deterioração a partir do instante que se obtenha um conjunto adequado de dados de levantamento de defeitos;
- 3) Identificação das necessidades atuais e futuras da rede, quanto à manutenção, com base na velocidade de degradação determinada pelos modelos de previsão;
- 4) Estabelecimento de prioridades na programação de investimentos;
- 5) Determinação da eficiência das alternativas de intervenção de manutenção, permitindo a seleção adequada da solução a ser empregada;
- 6) Verificação de prováveis causas de acidentes;
- 7) Definição de trechos homogêneos para fins de projeto e seleção de alternativas;
- 8) Detectar mudanças de condições entre duas avaliações periódicas; e
- 9) Determinar os fatores ambientais, cargas, problemas construtivos, materiais e outras causas de efeitos, com vistas a fornecer informações adequadas ao projeto de reabilitação.

2.4.2.2. Informações Necessárias do Estado Patológico da Superfície de um Pavimento

O estado patológico da superfície de um pavimento, definida pela inspeção dos defeitos que nela aparecem, é denominada condição da superfície desse pavimento. O conhecimento desse estado patológico fornece informações adequadas ao projeto de reabilitação, permitindo seleção entre alternativas corretas de gerência.

Para que estas informações sejam obtidas, é necessário que se façam avaliações das degradações da superfície do pavimento e, que o método utilizado para a inspeção das deteriorações existentes permita a identificação de cada defeito encontrado mediante a determinação do tipo, classe, severidade, magnitude e localização do defeito.

O tipo do defeito consiste em identificá-lo, principalmente por similaridade nos mecanismos de ocorrência e na aparência visual.

As classes dos defeitos nas superfícies podem ser diferenciadas em duas classes: Classe Funcional e Classe Estrutural. A primeira determina quando o defeito é associado à qualidade do rolamento e da segurança do pavimento (rolamento suave, confortável e seguro). A classe estrutural, quando o defeito é associado à capacidade que o pavimento tem de suportar as cargas.

A severidade descreve os níveis ou categorias distintas de progressão de cada defeito e os relacionam às necessidades de reabilitação. Normalmente consideram-se três níveis de severidade, para os defeitos dos pavimentos: Baixa (B), Média (M) e Alta (A).

Quanto à magnitude de cada defeito do pavimento, deve ser medida de maneira correta e expressa em unidade conveniente, portanto, avalia a extensão ou área relativa do pavimento atingida por cada defeito e respectiva severidade.

2.4.2.3. Tipos de Defeitos Levantados

O conhecimento dos vários tipos de defeitos ou degradações é de suma importância para os projetistas de pavimentos e para os sistemas de gerência de pavimentos, pois, para os primeiros servem de auxílio para ajudá-los a identificar as causas dos defeitos e servem de ferramenta para o desenvolvimento de estratégias de manutenção e reabilitação.

No presente trabalho serão abordados exclusivamente os defeitos dos Pavimentos de Concreto Simples com Barras de Transferência, por serem os pavimentos de interesse no estudo de caso.

Os defeitos na avaliação de pavimentos são anotados ou registrados e são funções do método utilizado. Estes métodos são elaborados para atender fins específicos como projeto, programação de reabilitação e restauração, modelos de desempenho, monitoramento e gerência de pavimentos.

A consulta bibliográfica (AASHTO, 1993)^[2]; (SHRP – P-338, 1993)^[89]; DNER 48/89 (1989)^[31], DNER 49/89 (1989)^[31], DNER 50/89 (1989)^[31] aos procedimentos, catálogos e critérios utilizados na inspeção de pavimentos de concreto propiciou o estabelecimento da relação dos principais defeitos:

a) Fissuras:

- Cantos de Placa;
- Fadiga;
- Longitudinais; e
- Transversais.

b) Deficiências nas Juntas

- Defeito na selagem de junta transversal;
- Defeito na selagem de junta longitudinal; e
- Esborcinamentos de juntas transversais e longitudinais.

c) Defeitos Superficiais:

- Trincas interligadas e escamação;
- Fissuras de retração plástica;
- Agregados polidos; e
- Pequenos buracos superficiais.

d) Degradações Diversas:

- Alçamento de placas;
- Degraus em juntas transversais e trincas;
- Separação Pista/Acostamento;
- Desnível Pista / Acostamento;
- Remendos / Deterioração de remendos; e
- Sangramento e bombeamento de água;
- Placa dividida;
- Passagem de nível; e
- Placa Bailarina.

2.4.2.4. Modos de Avaliação ou de Coleta de Dados

A maioria dos estados americanos, com os seus respectivos Departamentos de Transporte durante a pesquisa efetuada (NCHRP, 1994)^[70], demonstraram uma falta de padronização para os tipos de defeitos, bem como, para os métodos usados para a coleta dos mesmos.

Sinteticamente os Departamentos de Transporte classificam os métodos de coleta de dados, em visuais contínuos sobre a pista, visuais contínuos sobre o acostamento, a pé, automatizados e combinados.

Os levantamentos visuais contínuos sobre a pista, como o próprio nome indica, são aqueles em que a equipe de avaliação trafega com veículo apropriado a uma velocidade de 8 a 88 km/h sobre a superfície de avaliação. Esses levantamentos de defeitos incluem utilização de equipamentos do tipo “*Automatic Road Analyzer*” (ARAN).

As avaliações dos levantamentos visuais contínuos sobre o acostamento, são similares ao visual contínuo sobre a pista, excetuando-se que o veículo trafega sobre o acostamento e os observadores visualizam a pista numa velocidade de 8 a 24km/h, utilizando planilha manual ou eletrônica.

Os levantamentos a pé são efetuados com os avaliadores caminhando ao longo da seção de avaliação, medindo, desenhando e registrando os dados das seções de avaliação que normalmente variam de 30,5 a 161 metros.

Quanto aos levantamentos de superfície integralmente automatizados, os quais surgiram nos Estados Unidos em 1980 e são continuamente melhorados, consistem de equipamentos que trafegam em veículos especiais sobre a superfície do pavimento, coletando os defeitos e/ou dados.

Os levantamentos Combinados são aqueles que combinam imagens de vídeos associados com outros métodos de medida do tipo sensor ou voz para a coleta dos dados.

Dentre os mais conhecidos destacam-se os da Tabela 2.2.

TABELA 2.2 – Equipamentos Totalmente Automatizados para o Levantamento de Defeitos (NCHRP, 1994)^[70]

EQUIPAMENTO	FABRICANTE	SISTEMA DE COLETA DOS DADOS
ARAN	Wighway Products Int.	Teclado
AREV	Pavement Managment Services	Vídeo/Voz
ARIA	MHM Associates	Vídeo
KJ LAW 8300 A	K. J. Law Engineers, Inc.	Teclado
Laser RST	IMS	Sensores a Laser
PAS - 1	Pavedey, Inc.	Vídeo
PAVETECH	Pavetech, Inc.	Vídeo
PDI - 1	Roadman-PCES, Inc.	Vídeo Linear
ROAD PROFILER	South Dakota DOT	Sensores Acústicos
ROADRECON	Pasco USA, Inc.	Filme de 35mm
VIDECOMP	VideoComp	Vídeo

2.4.2.5. Catálogo dos Defeitos

Os catálogos de defeitos também denominados de manual de defeitos são publicações com fotografias e/ou desenhos, mostrando geralmente o nome do defeito, a descrição, os níveis de severidade e como são medidas as degradações.

Na bibliografia consultada para pavimentos de concreto, destacam-se o “Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project”, (1993)^[89]; COPEs CONCRETE HIGHWAY PAVEMENT DISTRESS IDENTIFICATION GUIDE, (1985)^[69]; DNER 48/89 e DNER 49/89; AASHTO, (1993)^[2] e o Concrete Pavement Design Manual (FHWA), 1992^[45].

Estes catálogos têm a finalidade de:

- Auxiliar os avaliadores na definição do tipo e severidade de cada um dos defeitos; e
- Homogeneizar o conhecimento e a conceituação das deteriorações dos pavimentos entre os avaliadores.

2.4.2.6. Caracterização dos Métodos Existentes de Levantamentos de Defeitos

Enquanto os pavimentos flexíveis possuem uma grande quantidade de métodos de levantamentos de defeitos de superfície; os pavimentos rígidos possuem alguns métodos, os quais, às vezes se aplicam também aos flexíveis.

Esses métodos diferem entre si no que diz respeito aos tipos, severidades e densidades dos defeitos. Na seqüência são apresentados de forma resumida, alguns dos mais empregados.

1) Paver

Este método foi desenvolvido para a determinação da condição global dos pavimentos em nível de rede e tem as seguintes características (NCHRP, 1994)^[70]:

- A avaliação da superfície é feita por amostragem de 20 ± 8 placas com comprimento máximo de placas ou de espaçamento entre juntas transversais não excedendo a 9,0 metros. Quando alguma placa for maior que 9,0m de comprimento, considera-se, imaginariamente subdividida por juntas em perfeitas condições, de modo que cada subdivisão não tenha mais de que 9,0m de comprimento; e
- O levantamento é feito a pé e os dados registrados de forma manual ou eletrônica.

2) Ministério dos Transportes de Ontário – Canadá

Este método possui um manual com a fotografia e a identificação dos tipos de defeitos, severidades e extensões dos defeitos, sendo, as características mais importantes (NCHRP, 1994)^[70]:

- As densidades dos defeitos são registradas através de um veículo que trafega sobre a seção de avaliação com uma velocidade máxima de 48 km/h;
- Os levantamentos são amostrais e consistem de duas a três paradas durante o percurso da seção de avaliação, onde o avaliador examina os tipos e as severidades dos defeitos;
- Com os dados de defeitos é calculado o índice de manifestação de defeitos (*DMI-Distress Manifestation Index*);
- Conjuntamente ao levantamento de defeitos é realizada a avaliação da condição de rolamento através do cálculo do RCI (*Ride Condition Index*); e

- Com o DMI e o RCI, calcula-se o Índice de Condição do Pavimento denominado PCI (*Pavement Condition Index*).

3) Método “*Portland Cement Concrete Pavement Evaluation System*” COPES, (1985)^[26]

O aspecto de maior importância do Sistema COPES é o seu potencial de aplicação em sistemas de gerenciamento de pavimentos de concreto. Foi desenvolvido na Universidade de Illinois no Departamento de Engenharia Civil pelos Doutores Michael I. Darter e Samuel H. Carpenter em 1985, (COPES, 1985)^[26].

As características mais importantes desse método relativas ao processo de levantamento de defeitos de superfície são:

- Quanto aos tipos de inspeção, tem-se a inspeção em todo o trecho ou segmento homogêneo e a inspeção por amostragem;
- Preferem-se as inspeções amostrais em virtude das inspeções em todo trecho serem trabalhosas e demandarem tempos consideráveis;
- Os segmentos são divididos em amostras com extensões variando de 160 a 180 metros;
- As análises têm demonstrado que normalmente 10% das amostras de um segmento homogêneo devem ser levantadas para que se obtenha razoável grau de confiança e acurácia;
- As amostras compreendem grupos de no máximo 10 placas;
- A escolha de 10% das amostras é por processo aleatório e necessariamente uma amostra por grupo de amostras do segmento homogêneo;
- O número ideal de pessoas para realizarem-se os levantamentos é de 3 a 4 pessoas, sendo possível realizá-los com duas;
- Os levantamentos são executados com o auxílio de um veículo e a pé;
- Os levantamentos são executados em duas passadas por semipista. Na primeira são atribuídas notas do PSR (*Present Serviceability Rating*). As notas com valores de 5 a 4 indicam muito bom, de 4 a 3 = bons, de 3 a 2 = razoáveis, de 2 a 1 = ruim e de 1 a 0 = péssimo. Além do PSR são verificados os defeitos relativos a afundamentos e elevações do pavimento. Na segunda passada a equipe desloca-se de carro até a amostra a ser inspecionada e o engenheiro supervisor auxiliado por um técnico, descem do veículo e fazem o levantamento dos defeitos, enquanto o veículo

acompanha pelo acostamento. Nesse acompanhamento, os demais participantes da equipe que não desceram do veículo também fazem a avaliação e anotação dos defeitos;

- Os levantamentos são executados em planilhas especiais onde são anotados os principais dados, bem como, os resultados das degradações;
- Também são fotografados os defeitos com o objetivo de caracterizar o início e o final da avaliação, bem como, para obter uma visão global e servir de documento dos defeitos típicos, severidades e para quantificar as intervenções; e
- O método COPES possui um manual de identificação de defeitos. Esse manual foi desenvolvido para três tipos de pavimentos de concreto: os pavimentos de concreto simples com e sem barras de transferência, os pavimentos de concreto reforçados ou de armadura distribuída descontínua e os continuamente reforçados ou de armadura distribuída contínua. Destaca-se que cada tipo de defeito e o mecanismo geral são descritos e os níveis de defeitos são definidos, e fotografias de cada tipo de defeito, mostrando e identificando as severidades em alta, média e baixa.

4) PCI – Pavement Condition Index

Este método foi elaborado pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (SHAHIN e WALTHER, 1990)^[88] e tem como características principais:

- O levantamento das degradações é realizado a pé e manualmente, sendo os defeitos registrados em uma planilha;
- A avaliação dos defeitos é realizada por amostragem e em função do número de amostras do trecho e de número mínimo de amostras a serem inspecionadas, bem como do seu desvio padrão;
- Os tipos, graus de severidades e o número de placas afetadas são anotados;
- Com base nos defeitos avaliados e nos ábacos respectivos de cada degradação em função do percentual obtido é calculado o valor dedutível total;
- Com o valor dedutível total e o número de valores dedutíveis superiores a 5 (cinco), calcula-se o valor dedutível corrigido (VDC) e finalmente calcula-se o Índice de Condição de Pavimento (PCI – Pavement Condition Index) que é expresso por $ICP = 100 - VDC$. O ICP costumeiramente é expresso por um conceito e determinado por uma escala de avaliação, aonde 100 determina um pavimento excelente, enquanto valores abaixo de 10 determinam pavimentos destruídos; e

- O método é aplicado a pavimentos rígidos e flexíveis.

5) DNER 48/89 – Norma pa Inspeção de Pavimentos Rígidos (DNER, 1989)^[31]

Esta norma tem por objetivo estabelecer os procedimentos e critérios utilizados na inspeção visual de pavimentos de concreto viários, com o propósito de avaliar as características estruturais e superficiais da pista de rolamento e apresenta as seguintes características:

- Define conceitos com grau de severidade, índice de condição do pavimento;
- É baseada na DNER 49/89 – Defeitos nos Pavimentos Rígidos – Terminologia e nas Especificações do CERL (*Construction Engineering Research Laboratory*);
- Estabelece inspeções em todo o trecho e inspeções por amostragem;
- Nas inspeções por amostragem divide-se o trecho em amostras. Cada amostra deve ser identificada por caracteres numéricos e deverá compor-se de 20 placas com, no máximo 9 metros de comprimento. No caso em que as placas tenham mais de 9 metros de comprimento, deve-se considerá-las, imaginariamente, subdividida por juntas em perfeitas condições, de tal modo que cada subdivisão não tenha mais de 9 metros de comprimento;
- Estabelece fichas de inspeção para a catalogação dos dados coletados na inspeção, bem como instrução para o preenchimento das mesmas;
- Estabelece um método de amostragem sistemática; e
- Estabelece a Norma para Avaliação Objetiva de Pavimentos Rígidos (DNER 50/84) a qual usa como referência as Normas 48/89 e 49/89, e apresenta a instrução para cálculo do ICP o qual é efetuado conforme o item 4 anteriormente descrito.

6) DNER 51/89 – Norma para Avaliação Subjetiva de Pavimentos Rígidos (DNER, 1989)^[31]

Esta norma estabelece procedimentos e critérios para a avaliação subjetiva de pavimentos de concreto e apresenta as seguintes características:

- Utiliza-se da Norma DNER 49/89 – Defeitos nos Pavimentos Rígidos – Terminologia;
- Estabelece como os trechos serão inspecionados por três avaliadores, que individualmente percorrerão de automóvel duas vezes o trecho com velocidade

reduzida e com velocidade próxima ao limite permitido na rodovia, para verificar respectivamente, detalhes da pavimentação e estabelecer notas para as condições de conforto, segurança e escoamento de tráfego; e

- Estabelece como os avaliadores procederão ao levantamento histórico da rodovia, de modo a obter o maior número de informações possíveis da rodovia (DNER 52 – Cadastro Documento 2) (DNER, 1989)^[31].

2.5. Avaliação da Capacidade Estrutural

2.5.1. Definição

A capacidade estrutural de um pavimento indica a habilidade da estrutura do pavimento de uma rodovia de suportar as cargas provenientes do tráfego que sobre ela transitam com um mínimo de deterioração estrutural.

A deficiência na estrutura é definida como qualquer condição que reduz a capacidade estrutural.

Para os pavimentos de concreto, a capacidade estrutural é expressa pela espessura da placa (D) (AASHTO, 1993)^[2].

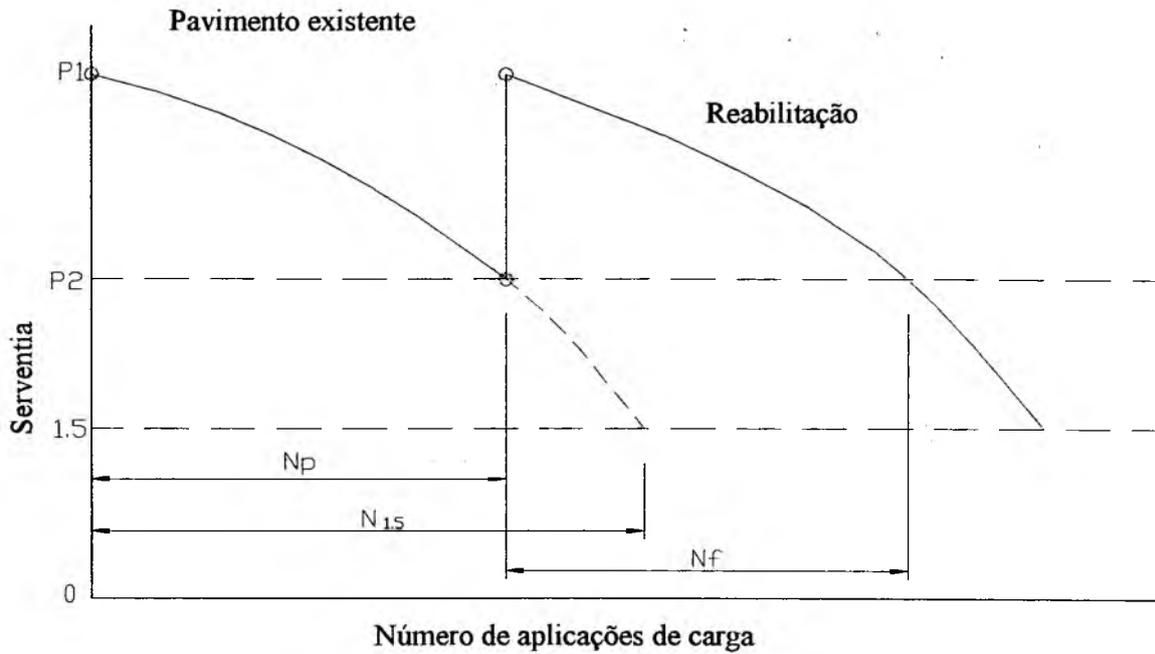
A capacidade estrutural dos pavimentos diminui com o tempo e com a ação do tráfego, e quando uma avaliação é conduzida ou verificada, a capacidade estrutural decresce até a capacidade estrutural efetiva (SC_{eff}), a qual é expressa por D_{eff} .

A Figura 2.10 ilustra o conceito geral de serventia e capacidade estrutural.

2.5.2. Objetivo da Avaliação Estrutural

O objetivo principal da avaliação estrutural é determinar a capacidade estrutural efetiva do pavimento existente, fornecendo informações para projetos de reabilitação, monitoramento e verificação do desempenho das estruturas dos pavimentos.

A avaliação da capacidade estrutural efetiva considera a condição corrente dos materiais da estrutura do pavimento existente e também como esses materiais se comportarão.

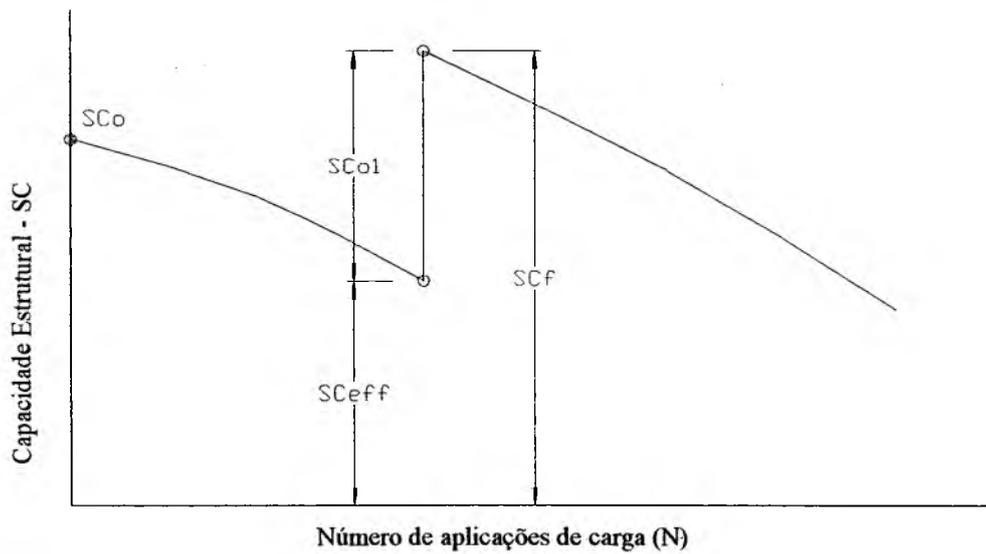


N_p = Tráfego de projeto;

$N_{1,5}$ = Tráfego quando a serventia igual a 1,5; e

N_f = Tráfego futuro.

(a) Serventia



S_{Co} = Capacidade estrutural inicial;

S_{Co1} = Capacidade estrutural da Reabilitação
ou Deficiência Estrutural;

S_{Cf} = Capacidade estrutural futura; e

S_{Ceff} = Capacidade estrutural efetiva.

(b) Capacidade Estrutural

FIGURA 2.10 – Conceito de Serventia e Capacidade Estrutural Efetiva
(AASHTO, 1993)^[2]

2.5.3. Métodos de Avaliação Estrutural Efetiva

Existem três métodos recomendados para a determinação da capacidade estrutural efetiva (AASHTO, 1993)^[2]:

- (1) Capacidade estrutural baseada nos levantamentos visuais e testes destrutivos de materiais;
- (2) Capacidade estrutural baseada em testes de deflexão não destrutivos (TDN); e
- (3) Capacidade estrutural baseada em danos de fadiga provenientes da ação do tráfego.

2.5.3.1. Capacidade Estrutural Baseada na Inspeção ou Levantamentos Visuais e Testes Destrutivos dos Materiais

Essa tarefa envolve a avaliação da condição existente baseada nos defeitos de superfície e inspeção na drenagem e usualmente na retirada de corpos de prova e testes nos materiais em laboratório.

a) Levantamentos Visuais

A componente principal na determinação da capacidade estrutural efetiva é a observação da condição existente do pavimento, através dos levantamentos visuais.

A observação poderia iniciar com a revisão de todas as informações relacionadas com o projeto, construção e história da manutenção do pavimento. Na seqüência, a realização de uma inspeção ou levantamento dos defeitos ou degradações superficiais, indicando o tipo, quantidade, severidade e localização dos defeitos.

Alguns tipos de defeitos indicam deficiências estruturais. Outros, tais como recalques, retrações e quedas de blocos, inicialmente não são causados por cargas, mas, suas severidades aumentam com a ação das cargas e por consequência, reduzem a capacidade de transpô-las.

Os defeitos causados por deficiência estrutural são (AASHTO, 1993)^[2]:

- “Esborcinamentos e degraus em fissuras longitudinais e transversais”;
- “Quebras de canto em juntas ou fissuras transversais”;

- “Falhas localizadas em áreas onde ocorrem desintegrações das placas, causando esborcinamentos e panelas provenientes de reações do tipo álcali agregado, trincamento em “D” e problemas de durabilidade”; e
- “Arrancamentos localizados, principalmente nos pavimentos continuamente reforçados de concreto de cimento Portland”.

Com os levantamentos de defeitos é possível calcular a espessura efetiva (D_{eff}) do pavimento existente. O cálculo da espessura efetiva dependerá dos tipos de defeitos existentes e do tipo de camada sobreposta “*overlay*” que se pretende executar.

As camadas sobrepostas ou “*overlays*”, geralmente são: concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto (JPCP, JRCP e CRCP), concreto simples aderidos sobre pavimentos de concreto (JPCP, JRCP e CRCP) e concreto simples não aderidos sobre pavimentos de concreto (JPCP, JRCP e CRCP).

O cálculo da espessura efetiva (D_{eff}), resume-se em calcular a condição de superfície através das fórmulas (AASHTO, 1993)^[2]:

$$D_{eff} = F_{jc} \cdot F_{dur} \cdot F_{at} \cdot D \quad (2.6)$$

e

$$D_{eff} = F_{jc} \cdot D \quad (2.7)$$

onde:

D_{eff} = Espessura Efetiva;

F_{cj} = Fator de Ajustamento de Juntas e Fissuras;

F_{dur} = Fator de Ajustamento da Durabilidade;

F_{at} = Fator de Ajustamento de Danos de Fadiga; e

D = Espessura da Placa Existente.

A Fórmula (2.6) é utilizada para as camadas sobrepostas de concreto asfáltico sobre os pavimentos de concreto e pavimento de concreto simples aderidas sobre pavimentos de concreto. A Fórmula (2.7) é utilizada para as camadas sobrepostas de concreto simples não aderidas “*unbonded*” sobre pavimentos de concreto.

O fator de ajustamento de juntas e fissuras (F_{jc}) para camadas sobrepostas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto e o fator de ajustamento de juntas e fissuras para camadas não aderidas (F_{jca}), são fatores ajustados para perdas adicionais de

PSI. Essas perdas são causadas pela deterioração do pavimento existente, que poderão promover na camada sobreposta reflexão de fissuras e arrancamentos com conseqüentes perdas na serventia, se não reparadas adequadamente.

O Fator de Ajustamento da Durabilidade (F_{dur}) é utilizado para as camadas sobrepostas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto e pavimentos de concreto simples aderidos sobre pavimentos de concreto. Este fator ajusta a espessura para uma perda adicional de PSI na camada sobreposta quando as placas existentes têm problema de durabilidade como trincamentos em “D” ou reações do tipo álcali agregado. Observa-se que F_{dur} não é utilizado para as camadas sobrepostas de concreto simples não aderidas sobre pavimentos de concreto.

O Fator de Ajustamento de Danos de Fadiga (F_{fat}) é utilizado para as camadas sobrepostas de concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto e pavimentos de concreto simples aderidas sobre pavimentos de concreto, enquanto que para as camadas de concreto simples não aderidas a pavimentos de concreto não é levado em consideração. Esse fator avalia os danos de fadiga em função do tráfego passado ou suportado até o momento da avaliação pela placa existente. É determinado através da observação da extensão de fissuras transversais ou dos arrancamentos que por ventura foram causados pela repetição de cargas e possam ser refletidos nas camadas sobrepostas. Também esse fator não é utilizado para camadas de concreto simples não aderidas, sobrepostas a pavimentos de concreto.

O Manual da AASHTO (1993)^[2] apresenta as planilhas para cada tipo de camada sobreposta, bem como, o intervalo de avaliação de cada fator.

b) Levantamentos ou Inspeção da Drenagem.

Os levantamentos da drenagem, sempre que, possível, devem ser realizados conjuntamente com as inspeções de superfície.

O objetivo da inspeção da drenagem é identificar problemas no pavimento relacionados com a umidade procurando localizá-los e saná-las de maneira a promover melhoramentos para que não comprometam a estrutura existente ou reduzam a umidade de maneira a melhorar o desempenho de eventuais reabilitações.

O Manual da AASHTO (1993)^[2], avalia a qualidade da drenagem e recomenda valores para os coeficientes de drenagem para pavimentos rígidos em função do percentual de tempo que a estrutura do pavimento fica exposta a níveis ou percentuais de umidade próximos à saturação, conforme indicados na Tabela 2.3.

TABELA 2.3 - Valores Recomendados para Coeficientes de Drenagem (Cd) para Pavimentos Rígidos (AASHTO, 1993)^[2].

Qualidade da Drenagem	Percentual de tempo que a estrutura do pavimento é exposta a níveis de umidade próximos à saturação			
	Menos que 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Excelente	1,25 – 1,20	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10
Boa	1,20 – 1,15	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00
Regular	1,15 – 1,10	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90
Ruim	1,10 – 1,00	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80
Péssima	1,00 – 0,90	0,90 – 0,80	0,80 – 0,70	0,70

c) Extração de Corpos de Prova e Coleta de Materiais ou Testes Destrutivos

Em complementação aos levantamentos das degradações superficiais, é recomendada a extração de corpos de prova e coleta de materiais da estrutura do pavimento para verificar ou identificar as causas dos defeitos de superfície observados.

A retirada de corpos de prova e materiais deve ser criteriosamente escolhida de maneira que se tenha certeza de que as condições de superfície sejam representadas. Se ensaios do tipo não destrutivos forem usados, utilizá-los para ajudar na escolha dos locais mais adequados.

Portanto, o objetivo da coleta e retirada de corpos de prova é a determinação da condição e das espessuras dos materiais. Informações importantes podem ser adquiridas com a inspeção visual e com os ensaios dos corpos de prova e dos materiais constituintes das camadas do pavimento.

A verificação dos materiais e corpos de prova poderá indicar os materiais mais adequados para as novas pavimentações, ou ainda, quais deveriam ser trocados para a construção de pavimentos novos.

2.5.3.2. Capacidade Estrutural Baseada em Testes Não Destrutivos (TND)

Os testes não destrutivos permitem inferir as condições estruturais sem danificar o pavimento, mediante ensaios executados na superfície do revestimento, em que se avalia a resposta do pavimento a uma carga. O principal parâmetro medido para fins de avaliação é a bacia de deflexão ou deformada do pavimento sob uma carga controlada.

Quando corretamente aplicados os TND podem fornecer uma vasta quantidade de informações e análises com reduzidos dispêndios de tempo, dinheiro e esforço, favorecendo quando forem desconhecidas informações das condições do pavimento, porém, devem ser realizadas por pessoas especializadas e com experiência no assunto.

Os equipamentos para testes não destrutivos incluem uma variedade de modelos e distinguem-se pela maneira ou método de aplicação de carga, em estáticos ou de carga lenta, vibração, impulso de cargas e métodos de propagação de ondas.

Dentre os modelos mais usuais, destaca-se, o do tipo impulso de cargas, denominados de “*Falling Weight Deflectometers*” (FWD) e dentre os quais salienta-se o modelo KUAB 2M FWD, utilizado nesta pesquisa.

O “*Falling Weight Deflectometer*” é um instrumento de avaliação de pavimentos do tipo não destrutivo. Utilizado para determinar a bacia de deformação por intermédio de uma carga controlada e de execução rápida e com grau de precisão e resolução superiores aos demais modelos e métodos de aplicação de carga.

Para executar as medidas de deflexões, o equipamento possui um dispositivo que eleva um conjunto de massa que cai de determinada altura sobre uma placa de carga disposta sobre a superfície do pavimento, produzindo um impacto de carga transiente que gera impulsos, os quais, são captados e medidos em forma de deformação por geofones e simultaneamente registrados em um computador de bordo. O tempo de duração do impacto da carga para qualquer configuração de massas e alturas de queda se encontra entre 25 a 30 ms (PAVEMENT EVALUATOR, 1999)^[73].

O procedimento descrito foi projetado para simular o efeito da carga produzida por um veículo em movimento, sendo que, a carga de impacto se encontra entre 7 kN e 120 kN.

O equipamento “*Falling Weight Deflectometer*” é composto basicamente de:

- a) Um veículo rebocador que tem as funções de rebocar o equipamento, abrigar o computador de bordo e o processador e medidor das cargas aplicadas e deflexões produzidas; e
- b) O equipamento é composto de cabine protetora contra intempéries, dotada interiormente dos dispositivos hidráulicos e elétricos necessários para acionar os dispositivos de abertura da própria cabine, do sistema de massas, e o conjunto de sete sensores e da placa de carga segmentada.

As informações geradas com o “*Falling Weight Deflectometer*”, permitem avaliar: O módulo elástico “*in situ*” das placas de concreto, o coeficiente de reação (k) e o módulo elástico do subleito (Es) a transferência e eficiência de cargas nas juntas e fissuras e a existência ou não de vazios ou solapamento sob as placas.

Os vazios nos pavimentos de concreto são causados pela ação do bombeamento, o qual provoca a perda de finos e a diminuição da capacidade de suporte das sub-bases. A formação de vazios combinada com a ação do tráfego provoca altas deformações e tensões nas placas às quais resultam em degradações superficiais do tipo degrau, trincas de canto e diagonais que poderão provocar a ruína por completo da placa.

A determinação dos vazios, segundo a AASHTO (1993)^[2] pode ser realizada por três processos:

- Perfil das deflexões de canto;
- Análise das deflexões através da aplicação de três níveis de carga; e
- Processo de estimar o tamanho dos vazios.

Quanto aos demais parâmetros mencionados anteriormente é utilizado o processo de retroanálise que consiste na interpretação da forma e magnitude da bacia de deformação quando a estrutura do pavimento é submetida a um determinado carregamento.

Os métodos de retroanálise para pavimentos rígidos, podem ser classificados da seguinte forma:

- Soluções fechadas;
- Teoria das camadas elásticas;
- Método da espessura equivalente;
- Programas de retroanálise iterativos;
- Programas que empregam bases de dados; e
- Método de elementos finitos.

As soluções fechadas são processos de retroanálise em que se utilizam princípios da análise dimensional apresentados por Ioannides (IOANNIDES, (1988)^[56]. A maioria das aplicações desse método envolve sistemas de duas camadas, constituído de uma placa de pavimento rígido apoiada em fundação do tipo solo elástico ou líquido denso. As soluções para esses sistemas, em termos das bacias de deflexão resultam da aplicação de uma carga simples, circular e com intensidade e aplicação uniforme no

interior da placa, como apresentado por WESTERGAARD (1926)^[93], HOGG (1938)^[53] e LOSBERG, (1960)^[64]. O processo de retroanálise também utiliza o conceito para a determinação da área da bacia de deflexão, inicialmente propostos por HOFFMAN e THOMPSON (1981) apud AASHTO (1993)^[2].

A área da bacia de deflexão é calculada pela resolução da seguinte equação:

$$\dot{A}REA = 6 \left[1 + 2 \left(\frac{d_{12}}{d_0} \right) + 2 \left(\frac{d_{24}}{d_0} \right) + \left(\frac{d_{36}}{d_0} \right) \right] \quad (2.8)$$

onde:

d_0 = deflexão no centro do prato de carga; e

d_i = deflexão nos sensores a 12, 24 e 36 polegadas, afastadas do centro do prato da carga.

O Manual da AASHTO (1993)^[2], indica valores típicos de área, os quais variam de 29 a 32 polegadas, indicando concretos sadios, ou sejam, de bom comportamento.

Aplicações da análise dimensional indicam que para um dado arranjo dos sensores, existe uma única relação entre a área da bacia e o raio de rigidez relativa do sistema placa-subleito. Essa relação foi expressa por Ioannides através da Figura 2.11.

Estudos de HALL e MOHSENI (1989)^[51] comprovam que a área da bacia é expressa pela aplicação de um modelo de regressão assintótica, também chamado de modelo de crescimento monomolecular expresso pela relação:

$$\dot{A}REA = k_1 - k_2 \cdot e^{-k \cdot l^{k_4}} \quad (2.9)$$

onde:

l = raio de rigidez relativa;

k_1 é o valor assintótico de y ;

k_2 é o parâmetro para os valores limites da $\dot{A}REA$, e

k_3, k_4 são as escalas do parâmetro que governam a taxa de crescimento.

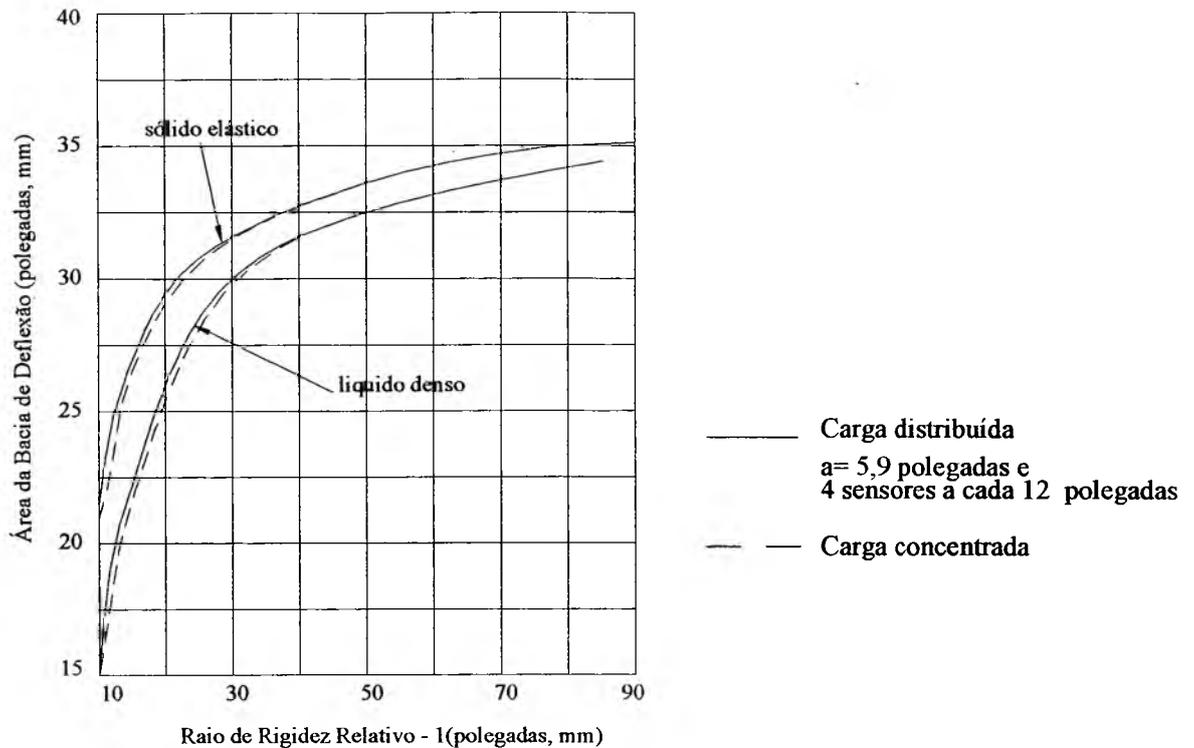


FIGURA 2.11 – Relação entre a Área e Raio de Rigidez Relativo (IOANNIDES, 1989, et. al.)^[57].

Para o estudo desses pesquisadores foram variados os valores do raio de rigidez relativa (l) de 15 a 80 para solos elásticos (l_e) e líquidos densos (l_k), utilizando-se um programa de análise estatística SAS (1985) apud HALL (1989)^[51], desenvolvido na Universidade de Illinois e obtendo-se por regressão não linear a determinação dos parâmetros e conseqüentemente das equações para a determinação de l_k e l_e , assim expressas:

$$l_k = \left[\frac{\ln\left(\frac{36 - \text{ÁREA}}{1812,279}\right)}{-2,559} \right]^{0,228} \quad (2.10)$$

, $R^2 = 0,9999$

$$l_e = \left[\frac{\ln\left(\frac{36 - \text{ÁREA}}{4521,676}\right)}{-3,645} \right]^{0,187} \quad (2.11)$$

, $R^2 = 0,9999$

onde:

$\acute{A}REA$ = área da bacia de deflexão;

l_k = raio de rigidez relativa para líquidos densos; e

l_e = raio de rigidez relativa para solos elásticos.

Além das equações de Hall e Mohseni, tem-se segundo RICCI et al. (1985)^[81] e RODRIGUES (1995)^[83], as seguintes equações:

$$l_k = 685,8444 - 126,5710 \cdot \acute{A}REA + 8,678(\acute{A}REA)^2 - 0,2590(\acute{A}REA)^3 + 0,00287(\acute{A}REA)^4 \quad (2.12)$$

$$l_e = 9205,6689 - 1374,455 \cdot \acute{A}REA + 76,559(\acute{A}REA)^2 - 1,885(\acute{A}REA)^3 + 0,0017339(\acute{A}REA)^4 \quad (2.13)$$

onde:

$\acute{A}REA$ = área da bacia de deflexão;

l_k = raio de rigidez relativa para líquidos densos; e

l_e = raio de rigidez relativa para solos elásticos.

Com o cálculo das áreas das bacias de deflexão e dos raios de rigidez relativa para líquidos densos (l_k) e sólido elástico (l_e) é possível a determinação do módulo elástico dinâmico “*in-situ*” das placas de concreto, o coeficiente de reação (k) e o módulo elástico do subleito (E_s), a transferência e eficiência de carga nas juntas e fissuras das placas, conforme a seqüência abaixo:

(1) Determinação do coeficiente de reação (k) e o módulo elástico do subleito (E_s)

Com os valores de l_k de HALL (1989)^[51] e/ou RODRIGUES (1995)^[83], calcula-se o coeficiente de reação (k) em psi/inches “*Pounds Square Inches per Inches*” pela equação de deflexão de Westergaard, assim expressa:

$$k = \left(\frac{P}{8 \cdot d_0 \cdot l_k^2} \right) \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2\pi} \right) \cdot \left[\ln \left(\frac{a}{2 \cdot l_k} \right) + \gamma - 1,25 \right] \left(\frac{a}{l_k} \right)^2 \right\} \quad (2.14)$$

onde:

d_0 = deflexão máxima em baixo do centro do prato de carga, em polegadas;

P = carga, em libras;

γ = constante de Euler, 0,577;

π = constante PI, 3,141; e

a = raio do prato de carga, 5,905 polegadas.

Com os valores de l_e de HALL e MOHSENI (1989)^[51] e/ou RODRIGUES (1995)^[83], calcula-se o módulo elástico do subleito (E_s), pela equação de Losberg (1960) apud HALL(1989)^[51].

$$E_s = \left[\frac{2 \cdot P(1 - \mu_s^2)}{3\sqrt{3} \cdot d_0 \cdot l_e} \right] \cdot \left\{ 1 + \left(\frac{a}{l_e} \right)^2 \left[0,1413 - 0,1034 \ln \left(\frac{a}{l_e} \right) \right] \right\} \quad (2.15)$$

onde:

E_s = módulo elástico do subleito, em psi;

P = carga aplicada em libras;

μ_s = coeficiente de Poisson do subleito, adotado igual a 0,45;

a = raio do prato de carga igual a 5,905 polegadas;

d_0 = deflexão máxima em baixo do centro do prato de carga, em polegadas; e

l_e = raio de rigidez relativa, considerando-se um sólido elástico, em polegadas.

(2) Determinação do módulo de elasticidade dinâmico “*in-situ*” das placas de concreto (E_{pcc}).

O módulo dinâmico “*in-situ*” das placas pode ser calculado para líquidos densos e para sólidos elásticos.

(a) Para líquidos densos é expresso pela relação (WESTERGAARD, 1939)^[94]:

$$E_{pcc} = \frac{12 \cdot (1 - \mu_{pcc}^2) \cdot k \cdot lk^4}{D_{PCC}^3} \quad (2.16)$$

onde:

E_{pcc} = módulo de elasticidade da placa, em psi;

lk = raio de rigidez relativa para líquidos densos, em polegadas;

D_{pcc} = espessura da placa, em polegadas;

μ_{pcc} = módulo de Poisson da placa, adotado igual a 0,15; e

k = coeficiente de reação do subleito, em psi/polegadas.

(b) Para sólidos elásticos é expressa pela relação (LOSBERG, 1960)^[64]:

$$E_{pcc} = \frac{6 \cdot (1 - \mu_{pcc}^2) \cdot E_s \cdot l_e^3}{(1 - \mu_s^2) \cdot D_{PCC}^3} \quad (2.17)$$

onde:

E_{pcc} = módulo de elasticidade da placa, em psi;

l_e = raio de rigidez relativa para sólidos elásticos, em polegadas;

E_s = módulo elástico do subleito;

D_{pcc} = espessura da placa, em polegadas;

μ_{pcc} = módulo de Poisson do concreto, adotado igual a 0,15; e

μ_s = coeficiente de Poisson do subleito, adotado igual a 0,45.

Segundo o Manual da AASHTO(1993)^[2], os valores típicos para o módulo de elasticidade da placa variam de 20.700 MPa a 55.200 MPa.

Se após a retroanálise forem encontrados valores fora desse intervalo, possivelmente cometeu-se um erro na determinação da espessura da placa ou a bacia de deflexão foi medida sobre uma fissura ou ainda o pavimento pode estar significativamente deteriorado.

(3) Transferência e Eficiência de Carga nas Juntas e Fissuras (TC).

Avaliar a transferência e eficiência de carga nas juntas e eventuais fissuras são um complemento fundamental na avaliação da capacidade estrutural.

Para avaliar essa transferência de carga, preferencialmente devem ser utilizados testes deflectométricos não destrutivos, do tipo como “*Falling Weight Deflectometer*” de maneira a verificar o desempenho esperado das juntas no projeto em relação aos efetivamente medidos “*in-situ*”.

Segundo o manual da AASHTO (1993)^[2], a capacidade de transferência de carga nas juntas pode ser expressa em termos de deflexões e tensões.

A capacidade de transferência de carga D_{je} , baseada em deflexões, é expressa pela relação:

$$D_{je} = \frac{D_U}{D_I} \cdot 100 \quad (2.18)$$

onde:

D_{je} = eficiência de transferência de carga, em %;

D_U = deflexão próxima à junta no lado descarregado; e

D_I = deflexão próxima à junta no lado carregado.

O critério de análise segundo essa metodologia, estabelece que, juntas com excelente ou total transferência de carga apresentam $D_{je} = 100\%$, enquanto juntas sem eficiência para transferir cargas apresentam $D_{je} = 0\%$.

Na metodologia que emprega a avaliação da eficiência por meio de tensões é calculada por:

$$S_{je} = \frac{S_U}{S_I} \cdot 100 \quad (2.19)$$

onde:

S_{je} = eficiência de transferência de carga, em %;

S_U = tensão próxima à junta no lado descarregado; e

S_I = tensão próxima à junta no lado carregado.

O manual da AASHTO (1993)^[2] apresenta um ábaco que relaciona a eficiência de transferência de carga calculada por deflexões com a eficiência de carga calculada por meio de tensões. O sistema de transferência de carga nas juntas, quando avaliado pelo método das deflexões, apresenta diferenças em relação ao método das tensões.

Outra metodologia de avaliação da transferência de carga preconizada pelo Manual da AASHTO(1993)^[2] é realizar as medidas das transferências de carga na trilha de roda externa da junta transversal, seguindo a orientação de não executá-la quando a temperatura ambiente for maior que 26,7°C.

A transferência de carga é medida pela seguinte expressão:

$$\Delta LT = 100 \left(\frac{\Delta UL}{\Delta l} \right) \cdot B \quad (2.20)$$

onde:

ΔLT = transferência de carga, em percentual;

Δul = deflexão no lado descarregado, em polegadas;

Δl = deflexão no lado carregado, em polegadas; e

B = fator de correção.

O fator de correção B , é necessário porque as deflexões d_0 e d_{12} , medidas separadas de 12 polegadas, não seriam iguais mesmo que medidas no interior da placa. Valores apropriados para a correção podem ser determinadas para as relações d_0 ou d_{12} para as bacias de deflexões típicas medidas no centro da placa e com valores de B variando de 1,05 e 1,15 e expressos pela relação:

$$B = \frac{d_{0centro}}{d_{12centro}} \quad (2.21)$$

onde:

B = fator de correção;

$d_{0centro}$ = deflexão medida em baixo do prato de carga no interior da placa; e

$d_{12centro}$ = deflexão medida a 12 polegadas de distância do ponto de carga, no interior da placa.

Para os projetos de pavimentos de concreto, também é utilizado o coeficiente de transferência de carga (J). Esse coeficiente expressa a transferência de carga nas placas de concreto através de discontinuidades às quais, ocorrem nas juntas e fissuras dos pavimentos pela interação dos agregados ou pela utilização de barras de transferência.

Nos pavimentos de concreto o coeficiente de transferência de carga (J) é determinado em função do percentual de transferência da carga, usando a classificação da Tabela 2.4 AASHTO (1993)^[2] ou utilizando a equação de SPANGLER (KUO, 1998)^[62] expressa por:

$$J = \frac{\sigma}{\frac{P}{h^2} \left(1 - \frac{a_1}{l}\right)} \quad (2.22)$$

onde:

J = coeficiente de transferência de carga ou coeficiente de tensão de canto;

σ = tensão máxima de tração para uma carga no canto da placa, em psi;

P = carga aplicada no canto da placa, em libras;

h = espessura da placa, em polegadas;

$a_1 = a\sqrt{2}$;

a_1 = distância do canto da placa ao centro de aplicação da carga em polegadas;

a = raio da área de contato, em polegadas; e

l = raio de rigidez relativa, em polegadas.

TABELA 2.4 – Transferência de Carga (AASHTO 1993)^[2]

% de transferência de carga	J
>70	3,2
50-70	3,5
<50	4,0

Outras metodologias disponíveis comumente utilizadas para a avaliação do sistema de transferência de cargas nas juntas são o método desenvolvido na Universidade do Texas (RICCI, 1985)^[81] e o método de WESTERGAARD apud GREENSTEIN e BERGER (1989)^[49].

A metodologia da Universidade do Texas é diferente do método da AASHTO (1993)^[2], no que se refere a transferência de carga nas juntas. A análise da transferência de carga (JDR) neste método é função da deflexão máxima (D_0) e da relação entre as deflexões UDR e DDR, expressas por:

$$JDR = \frac{UDR + DDR}{2} \quad (2.23)$$

onde:

JDR (“*Joint Deflection Ratio*”) = Razão média entre as deflexões;

UDR (“*Upstream Deflection Ratio*”) = Relação D_2/D_0 ou D_0/D_2 (sempre utilizar como denominador o maior valor) para a condição de ensaio com carregamento a montante ou antes da junta em relação ao sentido do tráfego (Figura 2.12);

DDR (“*Downstream Deflection Ratio*”) = Relação D_2/D_0 ou D_0/D_2 (sempre utilizar como denominador o maior valor) para a condição de ensaio com carregamento a jusante ou após a junta em relação ao sentido do tráfego (Figura 2.13);

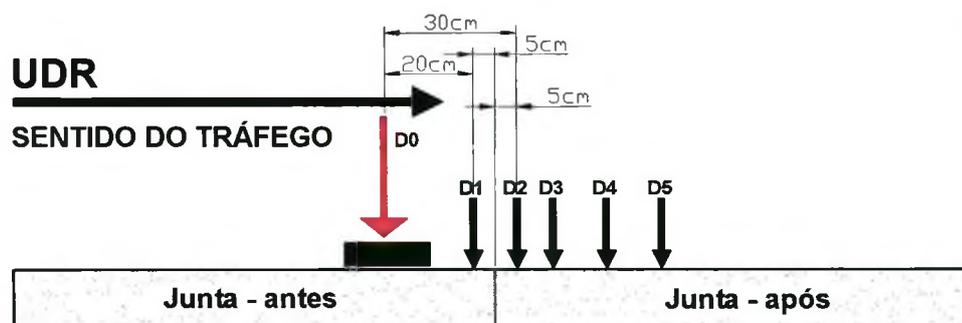


FIGURA 2.12 – Relação de UDR

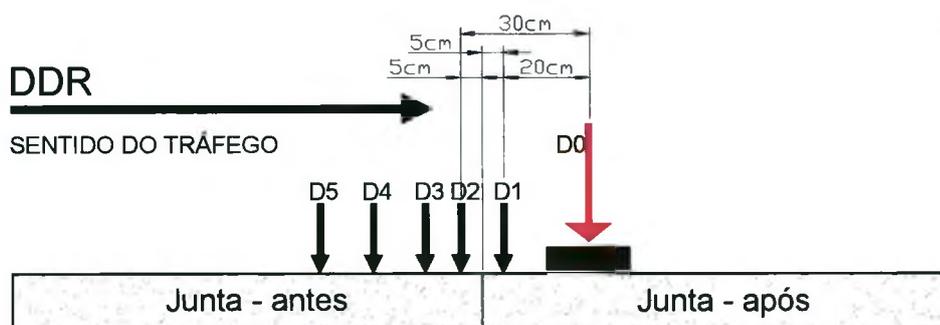


FIGURA 2.13 – Relação de DDR

$$UDR = \frac{D_2}{D_0} \cdot 100 \quad (2.24)$$

$$DDR = \frac{D_2}{D_0} \cdot 100 \quad (2.25)$$

onde:

D_0 = Deflexão embaixo da carga; e

D_2 = Deflexão afastada a 30cm do ponto de aplicação da carga.

Para análise dos resultados é estabelecido como critério de avaliação da transferência de carga os parâmetros apresentados na Tabela 2.5 (RICCI, 1985)^[81].

TABELA 2.5 - Critérios para Análise de JDR (RICCI, 1985)^[81]

Transferência de Carga (TC)	JDR
Completa	0,90 – 1,00
Parcial	0,21 – 0,89
Nula	0 – 0,20

Segundo WESTERGAARD apud GREENSTEIN e BERGER (1989)^[49] a eficiência de junta (D) que avalia a capacidade de uma placa de concreto de transmitir carga à placa adjacente é dada pela expressão:

$$D = \frac{2 \cdot D_2}{(D_2 + D_0)} \cdot 100 \quad (2.26)$$

onde:

D = eficiência de junta;

D_0 = deflexão máxima no lado carregado; e

D_2 = deflexão no lado descarregado, a 30cm do ponto de aplicação da carga.

2.5.3.3. Capacidade Estrutural Baseada em Danos de Fadiga

A capacidade baseada em danos de fadiga ou também conhecida como capacidade estrutural baseada na vida remanescente do pavimento consiste em determinar a quantidade atual de tráfego que está passando e projetar a quantidade de tráfego que o levará à falha, normalmente utilizando o valor de 1,5 de serventia. A relação entre esses valores, expressa como uma porcentagem do tráfego a sofrer falha, é definido como a vida remanescente e é expresso pela fórmula (AASHTO, 1993)^[2]:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1,5}} \right) \right] \quad (2.27)$$

onde:

RL = vida remanescente, em percentual;

N_p = tráfego atual ou que passou (ESALS); e

$N_{1,5}$ = total de tráfego para uma serventia de 1,5.

Com RL determinado, pode-se obter o fator de condição (CF) por meio de um gráfico (página III-90) no Manual da AASHTO (1993)^[2] em função de RL . Em seguida determinou-se a espessura efetiva da placa existente (D_{eff}), através da expressão:

$$D_{eff} = CF \cdot D \quad (2.28)$$

onde:

CF = fator de condição determinado por meio de um gráfico no manual da AASHTO; e

D = espessura da placa existente, em polegadas.

A determinação aproximada da vida remanescente para determinar a espessura efetiva da placa existente (D_{eff}) tem algumas deficiências, entre elas destacam-se:

- 1) A previsão da capacidade através das equações definidas na pista de testes da AASHTO;
- 2) A grande variação no desempenho tipicamente observado de estruturas iguais ou similarmente idênticas comparadas aos projetos;

- 3) Estimação do tráfego atual ou passado de 8,2 tf; e
- 4) Incapacidade de explicar a quantidade de reparos prévios no pavimento. Para pavimentos com consideráveis deteriorações, o valor da espessura efetiva (D_{eff}) obtida pelo método da vida remanescente pode ser muito menor do que valores obtidos por outros métodos que levam em conta reparos prévios. Desta maneira, o processo da vida remanescente é mais aplicável para pavimentos nos quais se tenham poucas deteriorações visíveis.

2.6. Avaliação da Aderência

A segurança de uma rodovia depende das condições geométricas do traçado e principalmente de sua habilidade de proporcionar a adequada aderência e atrito entre a superfície do pavimento e os pneus dos veículos.

A interação entre o pneu e a superfície do pavimento deve manter contato contínuo e íntimo, garantindo aos usuários a possibilidade de conduzir os veículos de maneira segura, especialmente, em condições desfavoráveis, tais como de pavimentos úmidos ou molhados (MOMM, 1998)^[68].

Contudo, independente das causas que possam tornar instáveis os veículos deve-se ter em mente que o condutor dispõe apenas de uma diminuta área de contato entre os pneus de veículo e o pavimento, de maneira a alcançar e manter a estabilidade do veículo sob controle (GOTHIÉ, 1993) apud (MOMM, 1998)^[68].

2.6.1. Conceitos Relativos à Aderência

De maneira a compreender o fenômeno de aderência entre o pneu e pavimento, serão a seguir conceituados resistência a derrapagem e coeficiente de atrito.

2.6.1.1. Resistência a Derrapagem

A resistência à derrapagem ou deslizamento entre as superfícies do pavimento e do pneumático é uma grandeza que atua diretamente na segurança dos usuários de

veículos e pedestre, uma vez que ela determina a distância necessária para a parada do veículo durante a frenagem ou sua permanência na trajetória em curvas horizontais.

2.6.1.2. Coeficiente de Atrito

Em termos físicos, atrito é um coeficiente adimensional entre duas forças que interagem entre duas superfícies.

O coeficiente de atrito pode ser transversal ou longitudinal. O atrito transversal está vinculado às margens e à trajetória dos veículos em curva, ao passo que o atrito longitudinal está vinculado a frenagem.

Na Figura 2.14, tem-se uma roda com velocidade angular constante “w”, que se desloca a uma velocidade “v”. A força “F”, desenvolvida na área de contato pneu-pavimento, é que tende a manter a roda a uma velocidade angular constante “w”.

Portanto, o Coeficiente de Atrito Longitudinal (CAL) é a razão entre a força F e a reação normal ao pavimento R, devido à carga atuante sobre a roda, ou seja:

$$CAL = \frac{F}{R} \quad (2.29)$$

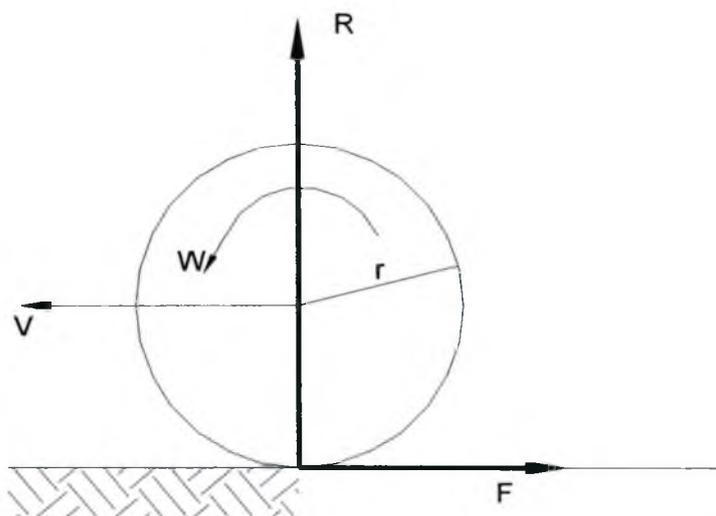


FIGURA 2.14 - Elementos do Coeficiente de Atrito Longitudinal (DNER, 1998)^[32].

O Coeficiente de Atrito Transversal (C.A.T.) é definido pela razão entre a força “N” perpendicular ao plano de rotação da roda e a reação normal do pavimento R devido à carga atuante sobre a roda (Figura 2.15) ou seja :

$$CAT = \frac{N}{R} \quad (2.30)$$

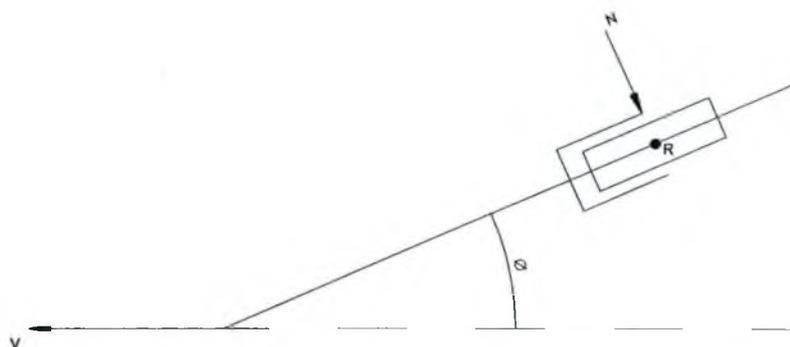


FIGURA 2.15 - Elementos do Coeficiente de Atrito Transversal (DNER, 1998)^[32].

O atrito (μ) entre duas superfícies também pode ser explicado pelos fenômenos de adesão molecular (μ_a) e a histerese (μ_b).

A adesão molecular esta diretamente ligada a área de contato em condição seca, enquanto a histerese está relacionada a deformação da borracha da banda de rodagem do pneu.

2.6.2. Influência da Textura dos Pavimentos

A grande dificuldade dos estudiosos de superfície de pavimentos é estabelecer parâmetros de tamanho, forma e densidade das rugosidades e asperezas dos pavimentos de maneira a caracterizá-los qualitativa e quantitativamente.

A classificação das texturas, segundo FERNANDES (1993) apud MOMM (1998)^[68], classificou as texturas em função das dimensões dos desvios da superfície dos pavimentos é mostrada na Tabela 2.6.

TABELA 2.6 – Classificação da Textura dos Pavimentos

Domínio da Textura		Intervalo de Dimensões	
		Horizontal	Vertical
Microtextura		0 – 0,5mm	0 – 0,2mm
Macrotextura		0,5 – 50mm	0,2 – 10mm
Megatextura		5 – 50cm	1 – 50cm
Irregularidades	Curtas	0,5 – 5m	1 – 20mm
	Médias	5 – 15m	0,5 – 5cm
	Longas	15 – 50m	120cm

A microtextura é a propriedade que possuem as superfícies dos pavimentos em apresentar uma superfície áspera, devendo esta característica resistir ao polimento decorrente da ação do tráfego.

São as asperezas dos agregados que, através da microtextura, rompem o filme d'água existente entre o pneu e o pavimento e restabelecem o contato pneu / pavimento (MOMM, 1998)^[68].

Portanto, nas velocidades baixas, a microtextura da superfície do pavimento é o fator principal na determinação dos níveis de resistência a derrapagem. Nas velocidades altas, a macrotextura dos pavimentos, é igualmente importante na determinação do coeficiente de atrito.

A megatextura compreende as irregularidades da superfície do pavimento, com comprimento de onda nos limites de 50 a 500mm e amplitudes variando de 10 a 500mm.

As irregularidades curtas, médias e longas compreendem os desvios em relação a uma referência original com dimensões caracterizadas pelo comprimento e amplitude da onda, respectivamente, nos intervalos de 0,5 a 50m e 1 a 20cm. Lembrando que as irregularidades afetam a dinâmica do veículo, devido a resposta dos movimentos verticais da suspensão do veículo (AIPCR, 1991) apud (MOMM, 1998)^[68].

2.6.3. Fatores Principais da Aderência

O fenômeno da aderência é complexo e abrange um sentido amplo, devido às relações entre fatores que envolvem o veículo e seu condutor, o revestimento e as condições ambientais.

2.6.3.1. Espessura da Lâmina D'água

A presença d'água na superfície de contato pneu-pavimento é sem dúvida a principal causa da falta de aderência, podendo a película d'água variar de poucos microns até alguns centímetros.

Segundo MOMM (1998)^[68] no mecanismo da viscoplanagem a área de contato pneu-pavimento na presença d'água com espessura fina (< 0,10mm) evidencia a ocorrência de três zonas distintas, conforme a Figura 2.16, sendo:

Zona – 1 Região da área de contato em que a água é empurrada a frente pelo pneu em movimento, provocando a formação de uma onda. A aderência nessa área inexistente, proveniente da pressão exercida pela água potencializada da hidroplanagem.

Zona – 2 Região em que, ainda, resta uma película d'água entre o pneu e a superfície do pavimento. O pneu começa a ter contato com o pavimento.

Zona – 3 A película d'água é rompida e ocorre o contato seco pneu-pavimento.

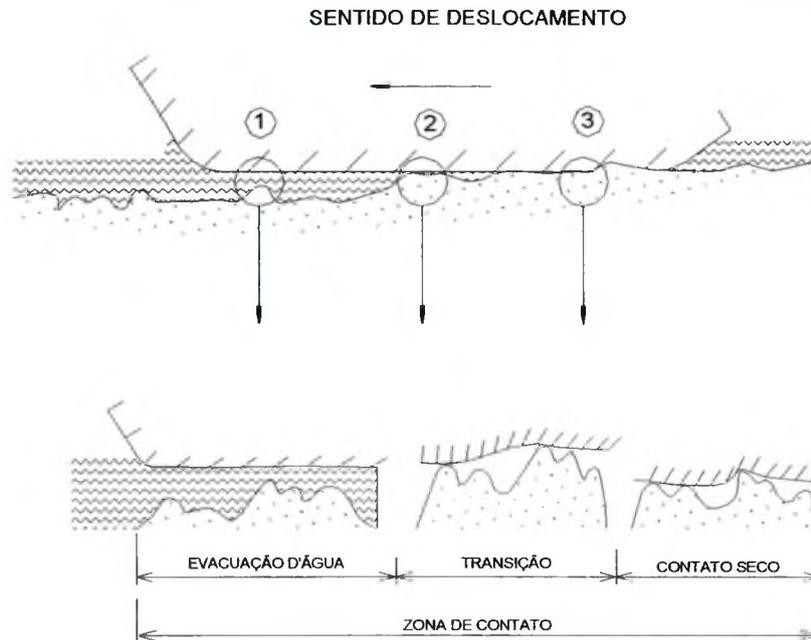


FIGURA 2.16 – Mecanismo da Viscoplanagem (MOMM, 1998)^[68].

2.6.3.2. Pneumáticos

A aderência pneu-pavimento depende principalmente das áreas de contato pneu-pavimento. Os pneus radiais apresentam coeficiente de atrito longitudinal cerca de 15 a 20% superior aos pneus de carcaça diagonal e coeficiente de atrito transversal cerca de 30 a 40% superiores.

Os pneus esculturados asseguram maior aderência em superfície molhada, cabendo aos sulcos do pneu e ao revestimento assegurar a evacuação da água.

A variação na profundidade dos sulcos afeta a aderência, particularmente pois os revestimentos finos, cuja macrotextura deficiente provoca má drenagem. Estudos levados a efeito na França pelo LCPC indicam que uma profundidade de sulcos da ordem de 2mm a 3mm praticamente não aumentam a aderência em relação ao um pneu liso (DNER, 1998)^[32].

2.6.3.3. Superfície de Rolamento

As características da superfície de rolamento que afetam a aderência, são a macrotextura e a microtextura. A condição ideal é a de que a superfície de rolamento apresente-se, simultaneamente, rugosa (boa macrotextura) e áspera (boa microtextura). O tipo a ser evitado é aquele em que se combina uma má microtextura com uma má macrotextura.

2.6.3.4. Velocidade

Em superfícies secas e limpas os coeficientes de atrito são elevados, em função da velocidade possuir pouca influência nessas superfícies.

Nas superfícies molhadas é fundamental que se mantenham as resistências à derrapagem em altas velocidades.

Normalmente ocorre um decréscimo acentuado do coeficiente de atrito com o aumento da velocidade, independente do processo e do equipamento de medição utilizado.

O decréscimo da aderência em função da velocidade foi constatado através de estudos do LCPC em superfícies com película d'água de 1mm; verificando-se que esse decréscimo é acentuado em superfícies finas e pneus lisos, em virtude da difícil remoção da película d'água.

2.6.3.5. Deslizamento da Roda

O deslizamento da roda é medido em percentual e variável de 0% a 100% e depende da velocidade angular (ω) das rodas. Quando a velocidade angular é igual a zero, significa que a roda está bloqueada e o percentual de deslizamento é igual a 100%, e quando a velocidade angular é igual a V/r a roda gira livremente e o percentual de deslizamento é nulo.

2.6.3.6.Fatores Externos

Além das ações construtivas que possam ser realizadas para melhorar a derrapagem, existem fatores externos que minimizam e interferem na aderência, tais como, excesso de película d'água proveniente de precipitações excessivas, deposições de poeiras e outros materiais que acabam polindo a superfície e contribuindo para diminuir o coeficiente de atrito, bem como, manchas de óleo, barro e areia.

2.6.4. Medição da Aderência

Existem três classes de equipamentos que medem a macrotextura: perfilômetros, volumétricos e drenômetros. Propriamente não existem equipamentos para medir a microtextura, à qual pode ser estimada por equipamentos como o Pêndulo Britânico que mede o atrito a velocidades baixas.

Para medição da aderência "*in situ*" existem quatro tipos de equipamentos: de roda bloqueada, de roda parcialmente bloqueada com grau de bloqueio fixo, de roda bloqueada com grau de deslizamento variável e o de roda oblíqua.

2.6.4.1.Equipamentos de Roda Bloqueada

Nos programas de controle da resistência ao deslizamento de cinquenta estados americanos são utilizados equipamentos de roda bloqueada. Alguns utilizam para realizar inspeções anuais na rede, outros para investigar pontos de prováveis ocorrências de acidente e os demais para qualificar e quantificar a superfícies recém construídas. Além dos EUA, outros países como Suécia, França, Alemanha, Grécia, República Popular da China, Suíça, Japão e Polônia (AIPCR, 1991)^[14], se utilizam dessa modalidade de equipamento.

Esses equipamentos produzem um bloqueio de 100% da velocidade angular da roda. Ao se aplicar o freio, mede-se a força resultante entre as superfícies durante um segundo com a roda completamente imobilizada. Com a medida da força, os equipamentos podem determinar a fricção máxima. Uma variante desse equipamento é o bloqueio variável o qual registra a aderência em função do grau de deslizamento desde a roda livre (0% de deslizamento) até o bloqueio total (100% de deslizamento). Os

equipamentos de rodas bloqueadas são dotados de um sistema de regagem da superfície para executarem ensaios com pavimentos molhados com uma película d'água de espessura nominal de 0,5mm.

2.6.4.2. Equipamentos de Roda Parcialmente Bloqueada com Grau de Deslizamento Fixo

A vantagem da medida com a roda parcialmente bloqueada reside em que se pode realizar um registro contínuo do atrito ou da aderência, sempre que se escolha uma relação de deslizamento pequena. Os equipamentos de roda bloqueada não podem fazê-lo, porque os pneumáticos se desgastaram muito rapidamente. Os equipamentos de rodas parcialmente bloqueadas são operados com um grau de deslizamento variando de 10 a 20% (AIPCR, 1991)^[14].

Dentre os países que utilizam equipamentos de rodas parcialmente bloqueadas são a Áustria, Países Baixos, Noruega, Escócia (Reino Unido), Suécia, Suíça e o Brasil (AIPCR, 1991)^[14].

Como exemplo desse tipo de equipamento destaca-se o GripTester que é um aparelho de origem britânica, desenvolvido em contribuição com a Universidade de Cranfield. Trata-se de um equipamento leve (Figura 2.17), pesando 85kg, é de fácil manuseio e de operação. Pode ser rebocado a qualquer velocidade de teste, até 130km/h ou empurrado a velocidade inferior a 10km/h, quando utilizado em calçadas e ciclovias. É utilizado para medir o coeficiente de atrito longitudinal com uma taxa de deslizamento de até 15%.



FIGURA 2.17 - Equipamento GripTester

O coeficiente de atrito entre duas superfícies é determinado pela natureza de cada uma das superfícies em atrito e pela força normal atuando no contato. A fórmula utilizada pelo GripTester para cálculo do coeficiente de atrito, no caso o valor do Grip Number (GN) é:

$$GN = \frac{F_v}{F_h} \quad (2.31)$$

onde:

GN = Grip Number (Coeficiente de Atrito);

F_v = Força Vertical; e

F_h = Força Horizontal.

A borracha do pneu da roda teste é padronizada segundo as normas da ASTM e as forças vertical e horizontal são medidas continuamente por tensiômetros (“*strain gages*”). Os valores médios são calculados e exibidos na tela do computador de bordo a cada dez metros do levantamento, juntamente com os valores médios de velocidade desenvolvida pelo veículo trator do equipamento. Esta é uma caminhonete de carga equipada com um tanque de 400 litros de água e equipamento controlador de vazão desta espargindo-a sob a roda teste proporcionalmente para cada velocidade de levantamento, de modo a garantir um filme de água de espessura fixa igual a 0,25mm.

Essa espessura do filme, bem como o próprio GripTester e os valores de coeficiente de atrito (Grip Number) por ele medidos, são reconhecidos internacionalmente e aprovados pela “Internacional Civil Aviation Organization – ICAO” (Organização de Aviação Civil Internacional – OACI) e pela “Permanent International Association of Road Congresses – PIARC”, (Associação Internacional Permanente de Congressos Rodoviários – AIPCR, 1991)^[14].

2.6.4.3. Equipamentos de Roda Parcialmente Bloqueada com Grau de Deslizamento Variável

O “*Norsemeter*” é um dos poucos equipamentos projetados para se medir a qualquer grau de deslizamento, tanto para valores pré-determinados ou para buscar a aderência máxima. O “*Stuttgarter Reibungsmesser*” também foi projetado e construído para buscar o máximo em sua modalidade de ABS (“*Antilock Breaking System*”). Para

algumas medidas de superfícies de pavimentos, como os dos aeroportos se deseja contar com uma curva que relacione coeficiente de atrito com grau de deslizamento (AIPCR, 1991)^[14].

2.6.4.4. Equipamentos de Roda Obliqua

Nos equipamentos de roda oblíqua a roda se mantém formando um ângulo em relação ao sentido de deslocamento, sem a aplicação de qualquer condição de bloqueio. O que se mede é o esforço lateral, perpendicular ao plano de rotação. O equipamento SCRIM (“Sideways Force Coefficient Routine Investigation Machine”), de origem britânica é o tipo mais utilizado para medir o atrito transversal (CAT). Funciona com um ângulo que deriva da roda de 20° e é dotado de um sistema de regagem capaz de proporcionar uma lâmina d’água variando de 0,5 a 2mm (AIPCR, 1991)^[14].

Outro equipamento é o MuMeter, também britânico, o qual possui duas rodas que derivam de um ângulo de 7,5°. Esse equipamento foi desenvolvido para aeroportos não sendo adequado para rodovias, porque a separação das rodas é pequena em comparação com as dos veículos que transitam nas rodovias (AIPCR, 1991)^[14].

2.6.4.5. Perfilômetros

Atualmente existem três tipos básicos de perfilômetros, todos obtendo um perfil digital da macrotextura. Os tipos principais são a laser, fotoseccionamento e sensores de contato.

O tipo laser é o mais utilizado, podendo ser instalado com equipamentos estacionários sobre uma viga sobre a qual corre o laser acionado por um motor. Esses equipamentos podem ser empurrados manualmente ou puxados por um veículo que se desloca com velocidade de aproximadamente 72km/h. Sua atuação consiste em projetar um raio sobre um ponto da superfície do pavimento, e através de um receptor, situado em ângulo em relação ao laser, mede a altura desse ponto sobre o pavimento.

2.6.4.6. Equipamento de Medida Volumétrica

O método volumétrico, também conhecido como método da mancha de areia, consiste em se estender sobre a superfície do pavimento, em forma circular um volume conhecido de areia (25cm^3) ou de esferas de vidro granuladas com no mínimo de 90% em peso de material passando na peneira nº60 e retido na peneira nº80 (ASTM-E-965, 1996)^[19]. A medida do diâmetro da mancha circular de areia permite determinar a área do círculo dividindo-se o volume pela área se obtém a altura ou profundidade média da textura (MTD). Também podem ser utilizadas graxas.

A Tabela 2.7 apresenta a relação entre a profundidade média da areia (HS) e a característica da textura superficial.

TABELA 2.7 - Conceitos de Macrotextura no Ensaio de Mancha de Areia (DNER, 1998)^[32]

Profundidade Média	Textura Superficial
HS < 0,20 mm	Muito fina ou muito fechada
0,20 mm < HS < 0,40 mm	Fina ou fechada
0,40 mm < HS < 0,80 mm	Média
0,80 mm < HS < 1,20 mm	Grosseira ou aberta
HS > 1,20 mm	Muito grosseira ou muito aberta

2.6.4.7. Drenômetros

Nos ensaios se utiliza um cilindro plástico transparente acoplado a um fundo furado em dimensão padrão, colado a uma borracha à qual é colocada em contato com a superfície do pavimento. O cilindro apoiado sobre a superfície é preenchido d'água (Figura 2.18). Em seguida é aberta a válvula do fundo e a água drena através dos canais que a borracha não vedar. Mede-se o tempo que o volume de 0,7 litros d'água demora para drenar, a pressão atmosférica (YAGER et BÜHLMANN, 1982) apud (MOMM, 1998)^[68].

A razão entre a quantidade de 0,7 litros d'água e o tempo em segundos representa a medida da textura, observando-se que em uma placa perfeitamente lisa o tempo seria infinito.

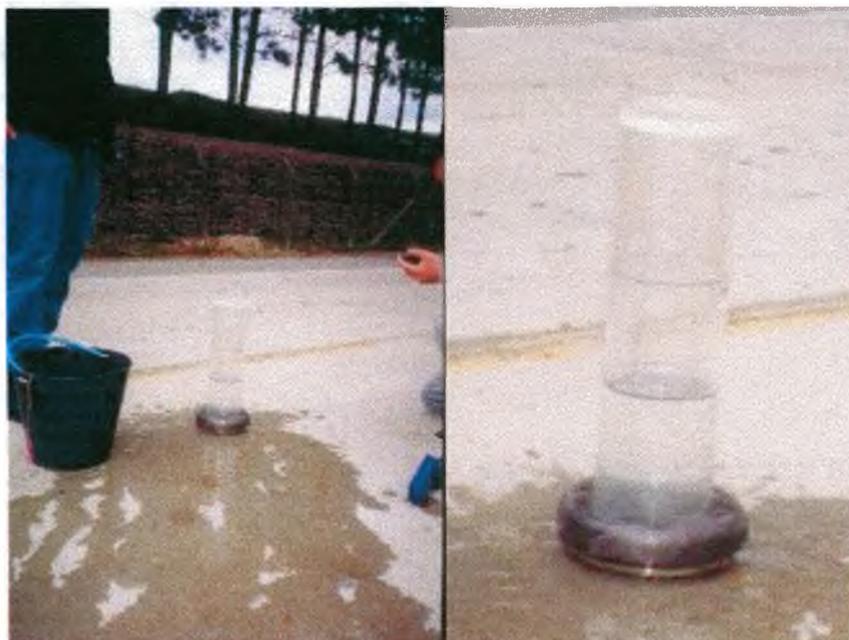


FIGURA 2.18 - Equipamento Drenômetro

2.7. Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem

Uma vez que ainda não existem normas brasileiras de Resistência à Derrapagem ou para Coeficiente de Atrito externando pelos pavimentos rodoviários, reporta-se à publicação IPR-DNER “Pesquisa de Asfaltos Modificados por Polímeros” de junho de 1998, onde, no Relatório Final, Tomo II, página 245, se propõem a Tabela 2.8 para a Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem.

TABELA 2.8 - Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem (DNER, 1998)^[33].

Classe de Resistência a Derrapagem	Coefficiente de Atrito
1. Perigosa	< 0,24
2. Muito Lisa	0,24 – 0,30
3. Lisa	0,31 – 0,37
4. Insuficientemente Rugosa	0,38 – 0,44
5. Medianamente Rugosa	0,45 – 0,51
6. Rugosa	0,52 – 0,72
7. Muito Rugosa	> 0,72

2.8. Critérios de Decisão

A escassez de recursos para executar os serviços necessários a manutenção adequada de uma rede de pavimentos rodoviários atinge países pobres e ricos para tanto, são utilizados critérios de decisões para definir onde, quando e como os serviços devem ser realizados e qual a melhor forma de aplicação de recursos disponíveis.

Os critérios de decisão são limites estabelecidos para medidas de comportamento, desempenho, deterioração ou características de operação, os quais são comparados aos valores reais do pavimento (HAAS, 1994)^[52].

2.8.1. Sistemática para Tomada de Decisões e Seleção de Alternativas Apropriadas

A gerência de pavimentos combina os conhecimentos obtidos nos projetos execuções e reabilitações de obras para selecionar e sistematizar a melhor estratégia.

Uma abordagem sistemática é a melhor maneira de avaliar e selecionar técnicas de reabilitação de pavimentos.

O processo de sistematização deve explicar todos os parâmetros aplicáveis e os impactos na escolha entre as alternativas disponíveis. Estes parâmetros podem ser relacionados às atividades de pavimentação. Alguns fatores importantes incluem: defeitos dos pavimentos, geometria, tráfego, construção e serventia futura do projeto. A experiência do projetista do órgão gestor, antecipação de manutenção, custos iniciais de reabilitação, reabilitações futuras e expectativa de vida da reabilitação são influentes na seleção da estratégia requerida.

O fluxograma da Figura 2.19 mostra um processo sistemático para a tomada de decisões para a seleção de alternativas apropriadas (ACPA, 1995)^[4].

Políticas da tomada de decisão que advogam aplicação de modelos pré-determinados para qualquer pavimento, estruturalmente não produzem reabilitações com sucesso. Em geral, tem levado a desempenhos fracos e ineficiência dos recursos alocados. O sucesso de uma reabilitação depende das decisões que serão baseadas nas condições específicas e no projeto individual da reabilitação do pavimento.

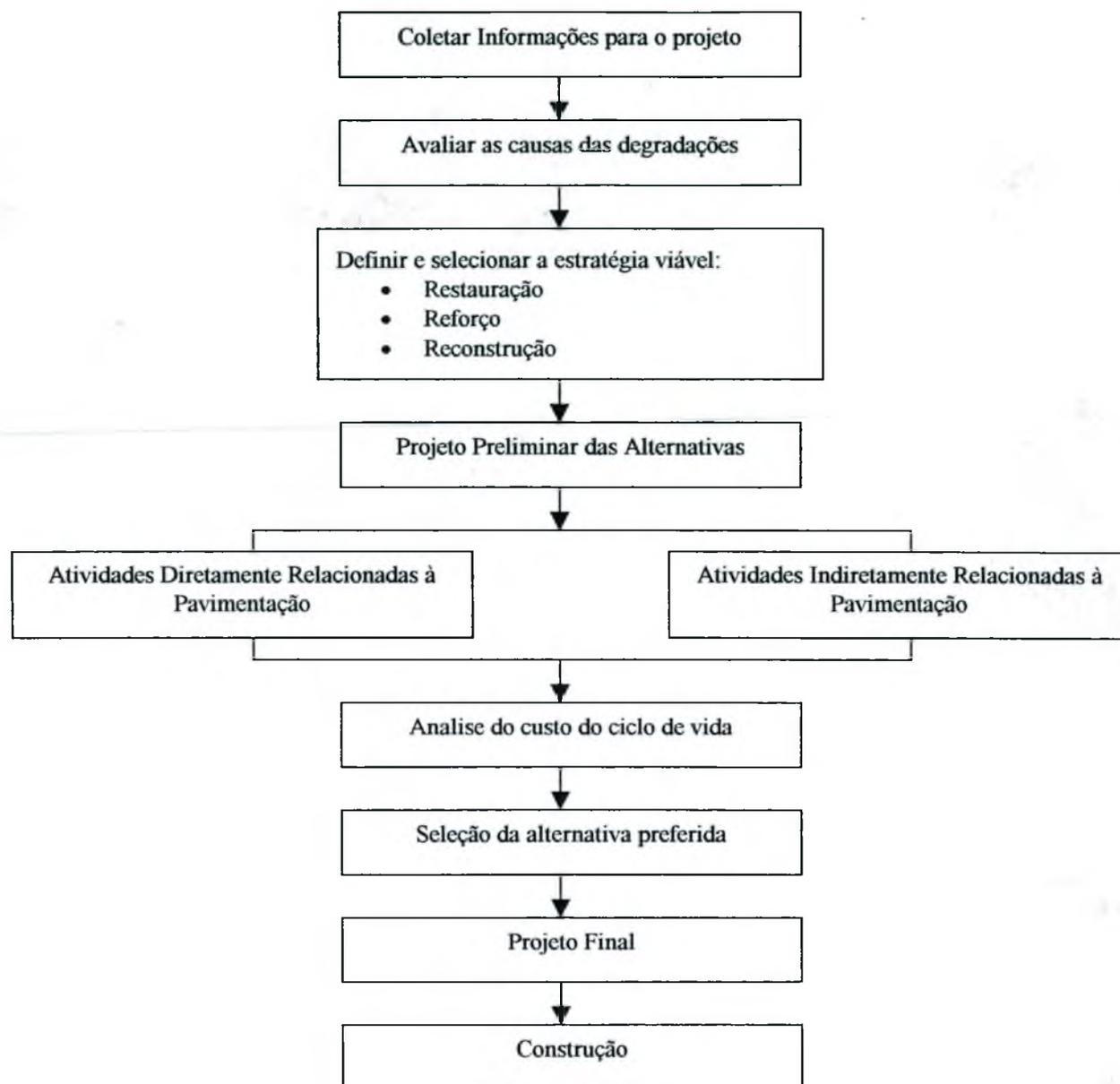


FIGURA 2.19 – Fluxograma do Processo Apropriado e Sistemático para a Tomada de Decisões e Seleção de Estratégias de Reabilitação (ACPA, 1995)^[4].

2.9. Técnicas de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos de Concreto

Os pavimentos de concreto simples em especial aqueles dotados de barras de transferência são estruturas de pavimentos tipicamente projetados e submetidos à aplicação de cargas pesadas e conseqüentemente a um grande número de repetições.

A ação do tráfego aliada a deficiências executivas e aos fatores ambientais resultam em vários tipos de danos aos pavimentos. Entre os mais comuns destacam-se as degradações nas juntas e o trincamento das placas que com o decorrer do tempo acabam esborcinando, escalonando e causando deteriorações estruturais e funcionais.

As atividades referentes à reabilitação freqüentemente são negligenciadas excetuando-se aquelas provenientes de reparos emergenciais, com conseqüentes perdas estruturais e necessidade da execução de reforços e/ou reconstruções. Esta política conduz a um aumento dos custos no ciclo de vida do pavimento.

A norma 56 (DNER, 1992)^[29] estabelece os diversos procedimentos para a execução de reabilitação de pavimentos rígidos. Destaca-se que essa norma é obsoleta em função das novas técnicas de reabilitação utilizadas a nível internacional.

Na seqüência são apresentadas as principais técnicas de reabilitação aplicadas no trecho 1 e os principais detalhes executivos. Ressalta-se que os detalhes são resultantes da compilação de estudos em sua maioria de publicações da “*American Concrete Pavement Association*” (ACPA) e de adaptações provenientes da execução da obra de reabilitação do trecho 1.

2.9.1. Técnicas de Reabilitação

Reabilitação de um pavimento é qualquer trabalho que prolongue significativamente a vida de serviço do pavimento (DNER, 1992)^[29].

As técnicas de reabilitação, são aquelas realizadas nos pavimentos de maneira a prolongar a vida de serviço dos mesmos e estão distribuídas em técnicas de restauração, reforço ou recapeamento e reconstrução.

2.9.1.1. Técnicas de Restauração

São reparos e processos realizados em determinadas regiões de uma placa do pavimento. Dentro do contexto das técnicas de restauração, existe uma seqüência apropriada de execução das mesmas, que dependerá de cada projeto de reabilitação. A seqüência das principais técnicas de restauração é mostrada no fluxograma (Figura 2.20), sendo os processos mais comuns aqueles em retângulos destacados.

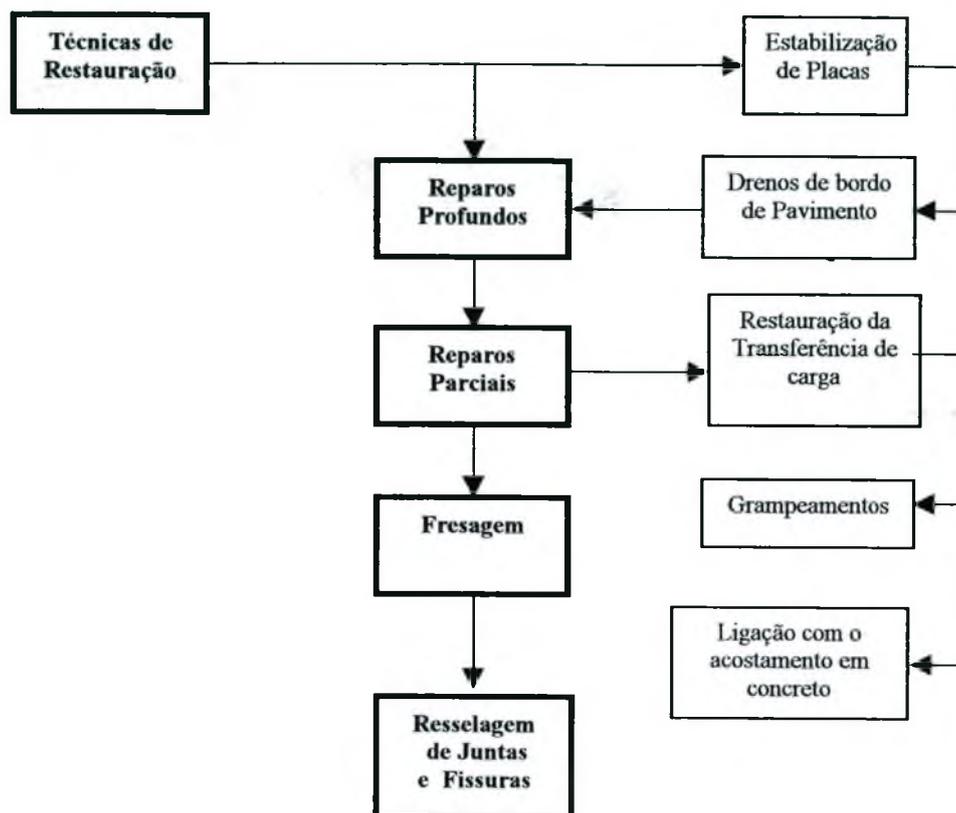


FIGURA 2.20 - Fluxograma da Seqüência Apropriada das Técnicas de Restauração (ACPA, 1998)^[3]

2.9.1.1.1. Reparos Profundos Isolados ou de Espessura Plena

Reparos profundos isolados ou de espessura plena são aqueles que implicam na remoção e concretagem de pelo menos uma porção da placa de concreto de maneira que atinja toda a espessura da placa e restaure as áreas deterioradas.

Esquemáticamente são representados na Figura 2.21 o projeto, detalhamento e seqüência executiva dos reparos profundos adequados, segundo experiências internacionais e que foram submetidas a milhões de solicitações equivalentes do eixo padrão de 80 kN e corresponderam efetivamente aos esforços solicitantes.

Destaca-se que a grande dificuldade na execução desse tipo de reparo era a inexistência de equipamento adequado que garantisse linearidade e precisão para se efetuar a furação das placas existentes para a inserção das barras de transferência. Diante da dificuldade e custo elevado da importação de equipamento adequado foram

desenvolvidos dois equipamentos conforme Figura 2.22 e 2.23, os quais atenderam perfeitamente as necessidades esperadas.

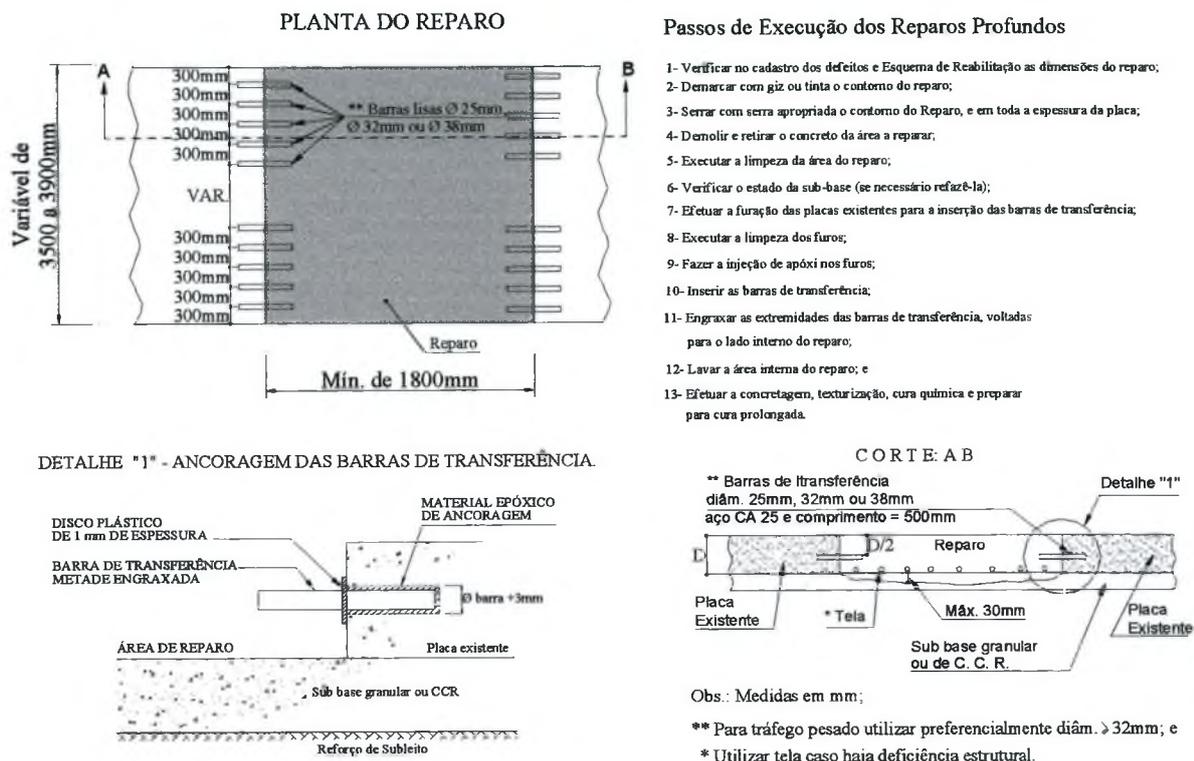


FIGURA 2.21 – Detalhes de Execução de Reparos Profundos Isolados ou de Espessura Plena (ACPA, 1998)^[3] e (ACPA, 1998)^[5].



FIGURA 2.22 – Equipamento Auxiliar de Perfuração do Tipo I



FIGURA 2.23 – Equipamento Auxiliar de Perfuração do Tipo II

2.9.1.1.2. Reparos Superficiais Isolados ou de Espessura Parcial

Reparos superficiais de espessura parcial ou simplesmente reparos parciais são técnicas de reabilitação que restauram defeitos de superfície localizados, tais como, esborcinamento de juntas e fissuras compreendidas entre um terço e no máximo metade da espessura da placa de concreto e escamação da superfície da placa.

Esses remendos usualmente são muitos pequenos, com áreas menores que 1,00 m² e com profundidades variando de 50 a 75 mm.

Um típico defeito de esborcinamento de junta transversal pode ser reparado através de reparo superficial parcial é mostrado na Figura 2.24, bem como, a seqüência e cuidados construtivos (ACPA, 1998)^[5].

Convencionalmente utilizam-se misturas que permitam abrir o tráfego entre 24 a 72 horas, com resistências mínimas a compressão de 25MPa, podendo-se utilizar tempos de 4 a 6 horas e 12 a 24 horas (ACPA, 1994)^[6].

Destaca-se na realização desse tipo de reparo que foram verificados a aplicação e o desempenho de pontes de aderência via úmida e via seca. Observou-se melhores resultados com as pontes de aderência via úmida. Verificou-se que é praticamente impossível deixar superfícies secas e perfeitamente limpas sem a utilização de água.

Para melhorar a aderência e evitar o arrancamento desses reparos, sugere-se a adoção de cortes ligeiramente inclinados na direção da profundidade de 85° em relação ao plano da superfície do pavimento, conforme Figura 2.25; mantendo-se a aplicação de ponte de aderência via úmida.

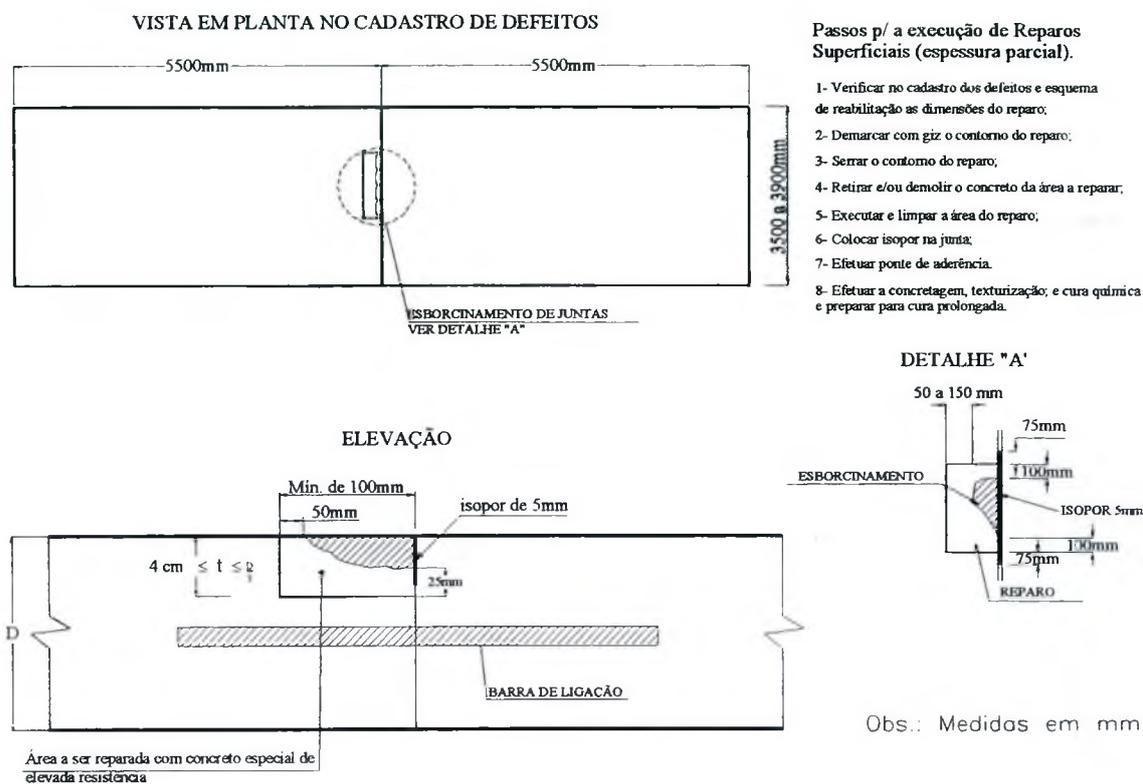


FIGURA 2.24 – Detalhes de Execução dos Reparos Superficiais ou de Espessuras Parcial nos Esborcinamentos de Junta Cantos de Placa e Escamações (ACPA, 1998)^[5]

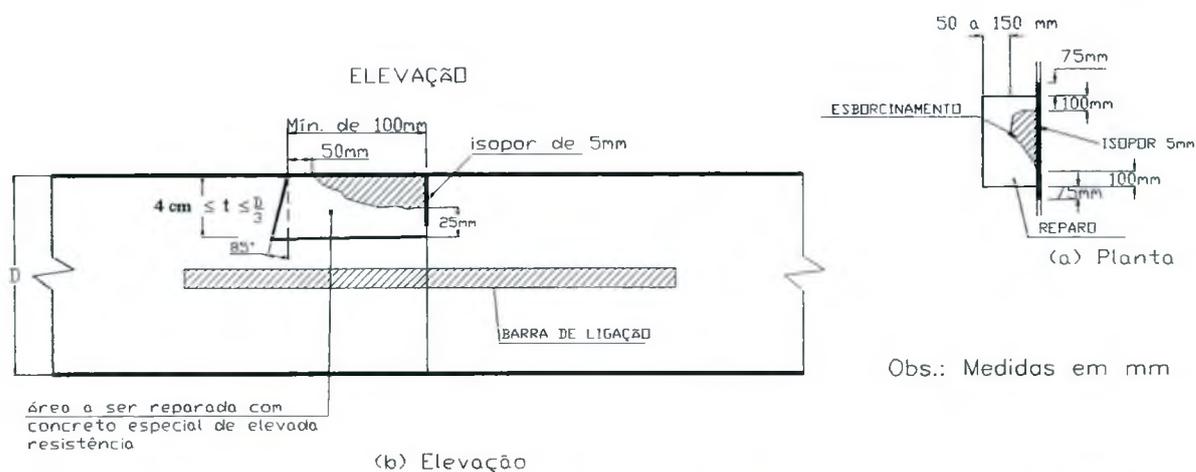


FIGURA 2.25 – Detalhes de Execução de Cortes Inclinados para Reparos Superficiais ou de Espessuras Parcial nos Esborcinamentos de Junta Cantos de Placa e Escamações.

2.9.1.1.3. Restauração da Transferência de Carga

Transferência de carga é a habilidade de uma placa de transferir parte de sua carga para a placa vizinha através de juntas transversais.

A falta ou insuficiência de transferência adequada de carga provoca o aparecimento de degraus nas juntas transversais entre uma placa e outra, ou ainda, em fissuras transversais na mesma placa.

O dispositivo desenvolvido para restaurar a transferência de carga inicialmente em pavimentos não dotados de barras de transferência e em fissuras é denominado de inserção de barras de transferência ("retrofit").

A inserção de barras de transferência é um operação na qual são serrados sulcos ou ranhuras nas placas de concreto ao longo das juntas e fissuras transversais e em seguida são inseridas barras de transferência com diâmetros variando entre 25 a 38 mm na direção da trilhas de roda interna e externa, com a finalidade de restabelecer a transferência de carga ACPA (1995)^[7], conforme detalhe e seqüência construtivo mostrado na Figura 2.26.

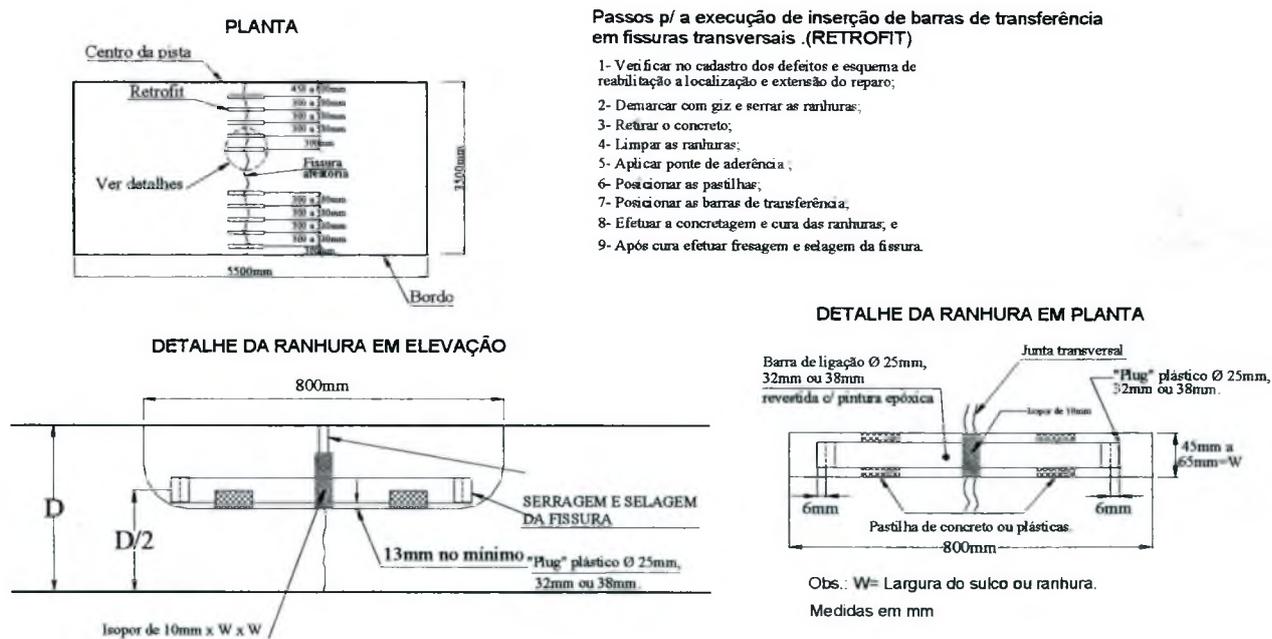


FIGURA 2.26 – Detalhes de Execução da Inserção de Barras de Transferência em Fissuras Transversais e/ou Pavimentos sem Barras de Transferência ACPA (1995)^[7]

Os concretos utilizados nesses reparos devem ter resistência mínima a compressão de 15MPa para a abertura ao tráfego.

Após a concretagem e atingida as resistências mínimas podem ser realizadas operações de fresagem de maneira a reduzir possíveis degraus e restabelecer o conforto ao rolamento.

Destaca-se que para a aplicação dessa técnica de restauração foi necessário o desenvolvimento das pastilhas plásticas para o assentamento das barras de transferência, bem como, optou-se pelo arredondamento das extremidades das ranhuras com os objetivos de propiciar um acabamento adequado, evitando-se esborcinamento nas extremidades das ranhuras e cantos “vivos” que poderiam ocasionar concentrações de tensões e induzir fissuras.

Na execução da técnica de inserção de barras de transferência há uma preocupação de que mesmo com a aplicação de pontes de aderência nas laterais e fundo do sulco ou da ranhura ocorra o desprendimento do concreto. Para evitar essa possibilidade, sugere-se a adoção de cortes ligeiramente inclinados na direção da profundidade da ranhura de 85° a $87,5^\circ$ em relação ao plano da superfície do pavimento, conforme Figura 2.27; mantendo-se a aplicação de ponte de aderência.

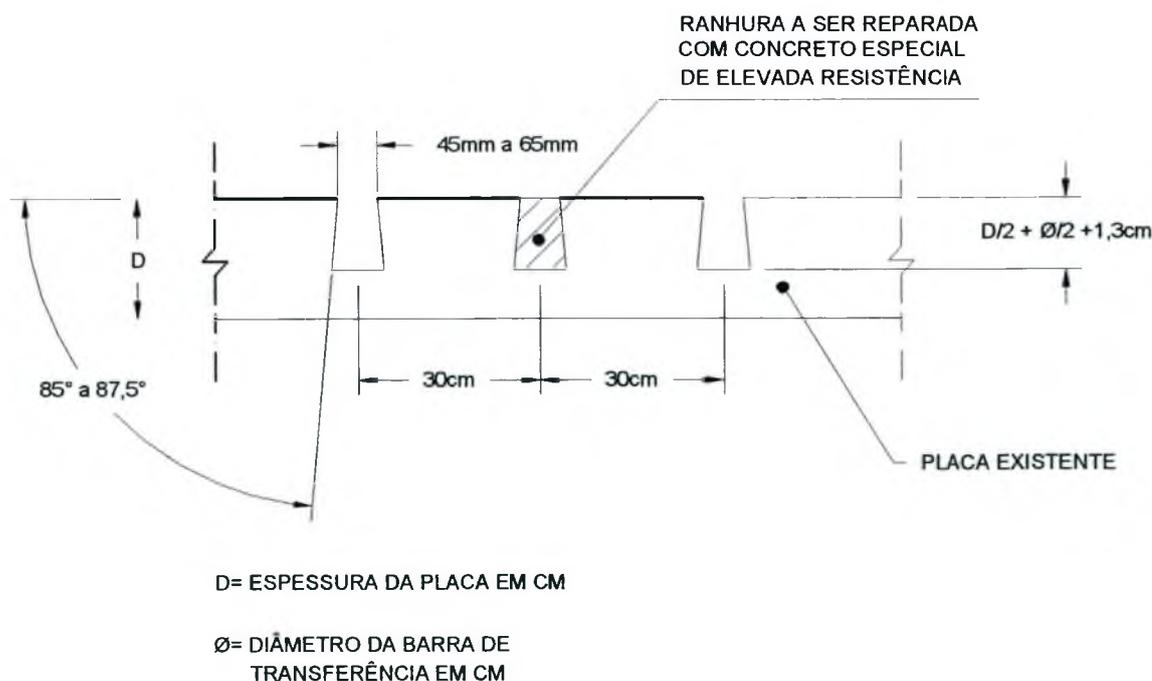


FIGURA 2.27 – Detalhe de Execução da Inserção de Barras de Transferência em Fissuras Transversais e/ou Pavimentos sem Barras de Transferência Utilizando Cortes Inclinados.

2.9.1.1.4. Reparos em Fissuras e Juntas Longitudinais

Os reparos em fissuras longitudinais ou simplesmente grampeamentos são realizados naquelas que tem largura inferior à 12mm, esborcinamentos que não se estendem mais do que 150mm e degraus menores que 12mm.

Quanto aos realizados nas juntas longitudinais, os quais se fazem necessários naquelas onde a abertura é anormal. As causas prováveis dessa anormalidade são oriundas do escorregamento lateral da placa, em virtude de afundamento diferencial do solo de fundação, acostamento não estabilizado, má execução da junta e inexistência ou subdimensionamento das barras de ligação conjugadas com a ação do tráfego.

A maneira de restaurar esses defeitos, consiste na abertura de sulcos ou ranhuras transversais à junta ou à fissura, até a metade da espessura da placa, seguida da inserção de grampos de 16mm de diâmetro em aço CA-50 corrugado espaçados a cada 60cm, com as finalidades de assegurar a não abertura da junta ou fissura e a contenção da propagação da fissura (GARCIA, 1993)^[48], conforme detalhe e seqüência construtiva mostrados na Figura 2.28.

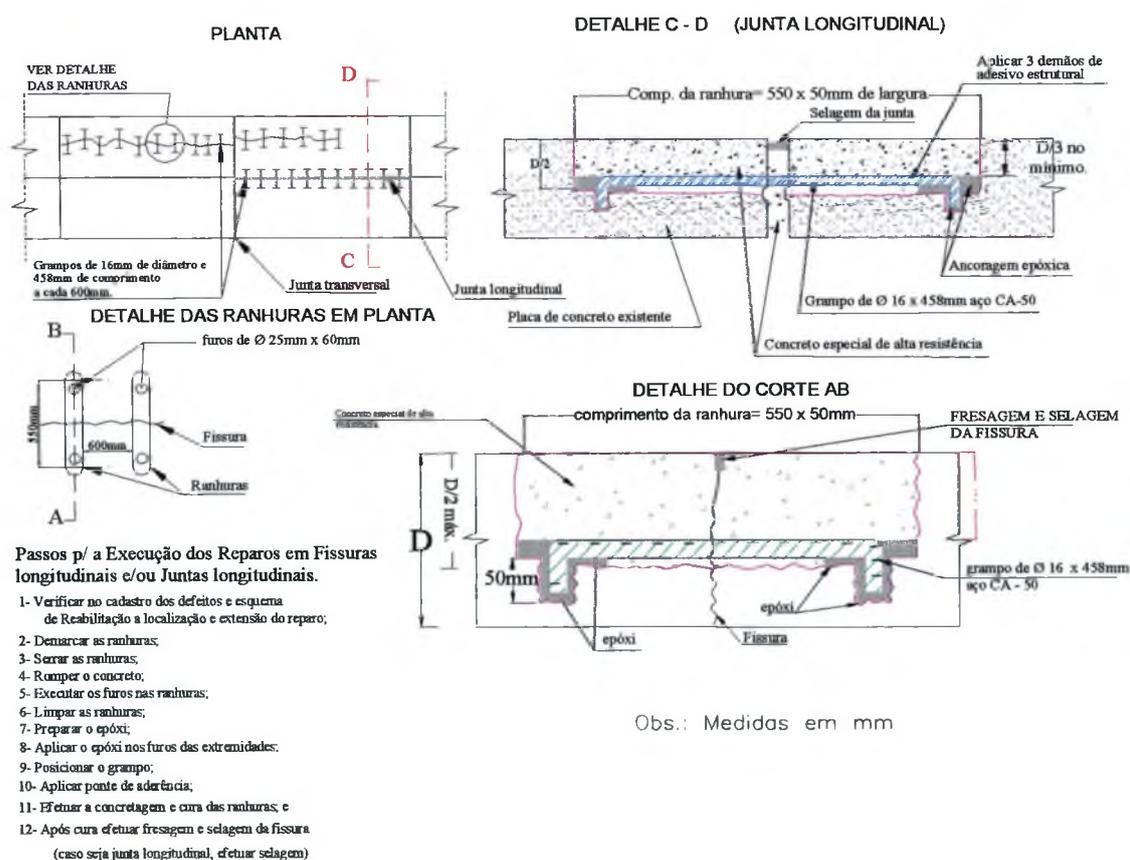


FIGURA 2.28 – Detalhes de Execução de Reparos em Fissuras Longitudinais e/ou Juntas Longitudinais (GARCIA, 1993)^[48]

Quanto aos concretos utilizados, seguem as recomendações mencionadas nas técnicas de inserção de barras de transferência e dos reparos. Passado o período de cura do concreto utilizado nos reparos superficiais das fissuras é realizada a operação de sulcagem, que consiste em percorrer com uma serra o caminhamento da fissura de maneira a abrir, reconstruir esborcinamentos e preparará-la para a selagem.

As mudanças introduzidas no detalhamento indicado por GARCIA foi o arredondamento nas extremidades das ranhuras e a necessidade do aumento da largura das ranhuras de 25mm para 50mm. Esse aumento propiciou melhor posicionamento do grampo e maior facilidade na concretagem.

Além das mudanças mencionadas, pode-se similarmente como nos reparos superficiais e “retrofits” fazer a adoção de cortes ligeiramente inclinados na direção da profundidade da ranhura, formando ângulo variável de 85° a 87,5° com o plano da superfície do pavimento. Esse procedimento evitará que ao longo do tempo ocorram desprendimentos do concreto introduzido nas ranhuras.

2.9.2. Reforço ou “Recapamento”

É uma atividade de reabilitação que consiste em executar uma camada superposta à existente, sendo que esta última deve apresentar características estruturais satisfatórias.

Os recapeamentos podem ser em pavimentos de concreto aderidos ou não ao pavimento de concreto existente, ou ainda, recapeamentos em concreto asfáltico sobre pavimentos de concreto.

Independente do tipo de reforço, serão necessários reparos iniciais no pavimento existente antes de colocar a camada de reforço. Esses cuidados são indispensáveis de maneira que o recapeamento possa resultar num desempenho eficaz.

Ressalta-se a importância de se executarem levantamentos detalhados de condição de superfície de maneira que se possa determinar e quantificar os reparos iniciais antes de executar os reforços.

As quantidades de reparos normalmente afetam consideravelmente a espessura requerida de reforço. Em algumas situações quanto melhor forem executados os reparos, menores serão as espessuras requeridas de reforço. O engenheiro projetista deve fazer um balanço técnico e econômico para verificar qual a alternativa de

reabilitação é a apropriada, ou seja, se é preferível investir em reparos ou aumentar a espessura de recapeamento.

Alguns reforços necessitam de mais reparos do que outros tipos. Por exemplo, reforços não aderidos sobre pavimentos de concreto ou asfálticos, eventualmente necessitam de reparos prévios.

Contudo, os reforços aderidos, sejam em concreto de cimento Portland ou asfálticos, requerem reparos profundos, de trincamento e juntas.

Para os reforços não aderidos de concreto de cimento Portland sobre pavimentos existentes de concreto, deve-se executar um pré-fissuramento ou em blocos menores ou ainda executar previamente uma camada asfáltica.

A técnica de pré-fissura não é a mais recomendável (ACPA, 1989)^[10]. Essa técnica teria por finalidade inibir reflexões de trincas no reforço, porém tem-se observado que não inibe a reflexão, mas retarda por curto período de tempo (FHWA, 1987)^[44], além de reduzir significativamente a capacidade estrutural do pavimento existente.

A técnica de reforço não aderido é mostrada na Figura 2.29, destacando-se o desenvolvimento do detalhamento e a introdução da camada asfáltica de 4cm, seguida da execução de reforço de 15 cm em concreto.

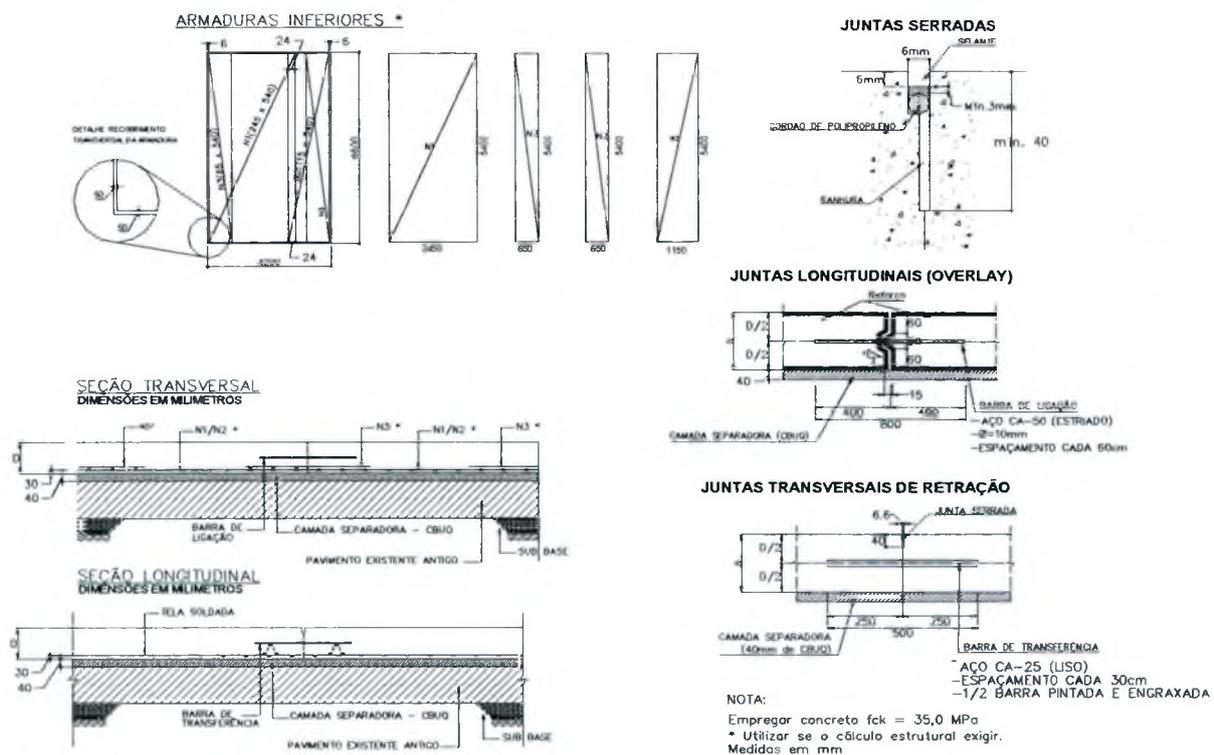


FIGURA 2.29 – Detalhe de Execução ou Recapeamento “Overlay” (ADADA, 2000)^[13]

2.9.3. Reconstrução

Reconstrução é a técnica de reabilitação que consiste na remoção individual ou de um grupo de placas de cimento Portland e na(s) sua(s) reconstrução(ões).

Sempre que o reparo profundo de espessura plena atingir área superior à 2/3 da área da placa, esta deverá ser totalmente removida e reconstruída.

Após a remoção deve-se verificar o comportamento do estado da sub-base, e das demais camadas se necessário também reconstruí-las.

Na Figura 2.30 é mostrado detalhe executivo da reconstrução de placas individuais e/ou pistas.

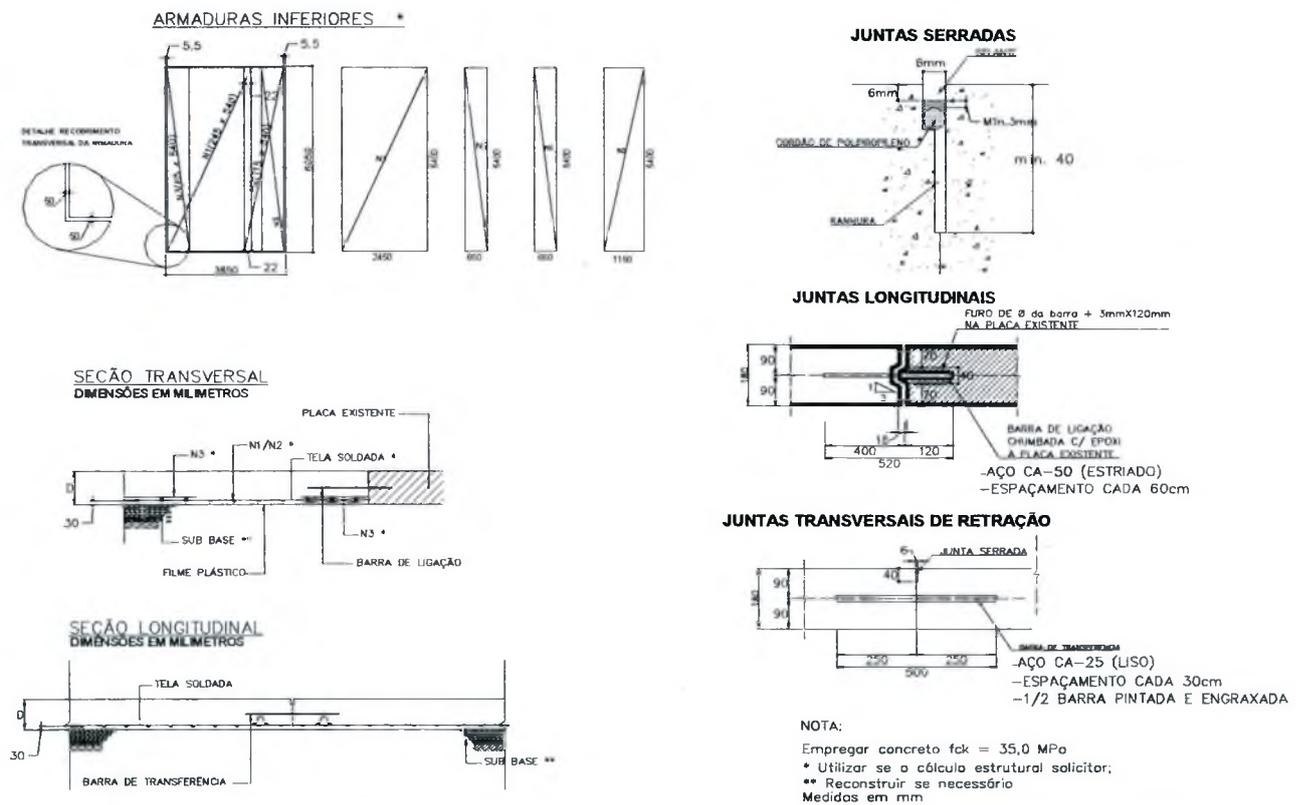


Figura 2.30 – Reconstrução de Placas Individuais e/ou Pistas (RODRIGUES, 1997)^[82]

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Localização e Descrição do Experimento

O estudo de caso foi realizado nos pavimentos rígidos da rodovia municipal denominada acesso a Jazido Rio Bonito no Município de Balsa Nova situada a, aproximadamente, 30 km de Curitiba, conforme mapa de situação na Figura 3.1.

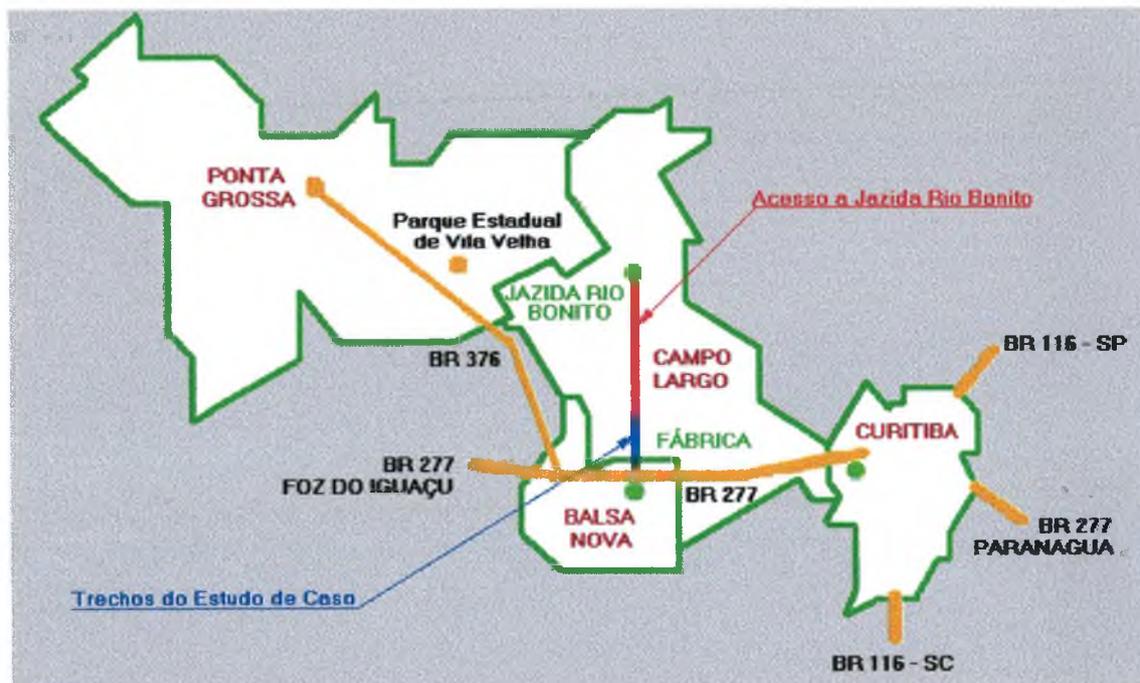


FIGURA 3.1 – Mapa de Situação.

A rodovia tem por finalidade principal estabelecer acessos a fábrica e a Jazida de calcário Rio Bonito da Companhia de Cimento Itambé.

A extensão da estrada de acesso é de 23,4 km dos quais 5,75 km fazem parte do estudo de caso.

Os pavimentos rígidos estudados foram denominados respectivamente, trechos FÁBRICA, A, C e 1, dispostos conforme a Figura 3.2, sendo o trecho Fábrica situada no acesso à fábrica e os demais, no acesso à jazida.

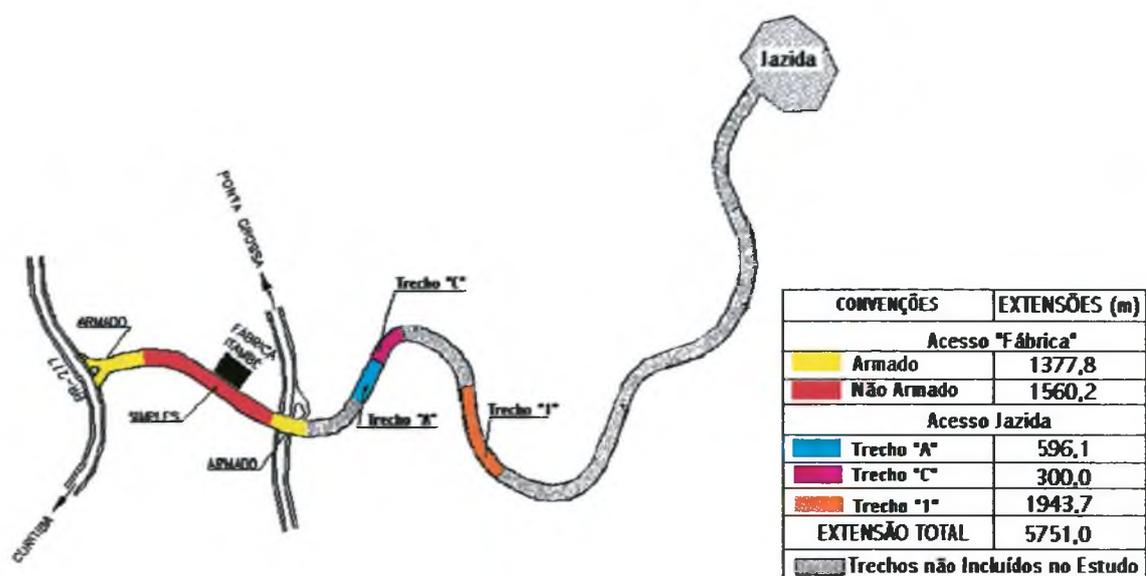


FIGURA 3.2 – Localização dos Trechos do Estudo de Caso

O pavimento do trecho 1, é constituído de Pavimentos de Concreto Simples dotado de barras de transferência de carga. Foi executado em 1988, com régua vibratória, e sofreu reabilitação nos locais mais degradados. Salienta-se que as obras de reabilitação prejudicaram em parte alguns ensaios nesse trecho.

Os pavimentos do acesso a fábrica foram executados até março de 1998 com régua vibratória e foram dotados de barras de transferência. Esses pavimentos possuem uma extensão de 1377,8m em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (P.C.E.A.) e 1560,2m em Pavimentos de Concreto Simples (P.C.S.).

Os trechos A e C foram executados em 2000 com a pavimentadora Wirtgen SP – 500 do tipo forma deslizante. Foram executados em Pavimentos de Concreto Simples (P.C.S.), dotados de barra de transferência.

Os métodos de dimensionamento utilizados para os trechos estudados foram os da "Portland Cement Association" de 1984, para pavimentos de concreto simples e o da PCA/PEA para os pavimentos estruturalmente armados.

3.2. Caracterização das Estruturas dos Pavimentos e Principais Informações

As estruturas dos pavimentos rígidos e principais informações dos trechos Fábrica, A, C e 1 estão caracterizados nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4.

TABELA 3.1 - Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho Fábrica.

Tipo De Pavimento	Extensão (m)	Estrutura Média do Pavimento (cm)			Intervalo de Placas	Resistências Médias do Concreto (MPa)		Diâmetro das Barras (mm)	
		Placa	CCR	Reforço		Compressão	Tração	B. T	B.L
P.C.E. A.	178,412	16,0	11,0	31,8	1 à 26	33,8	4,8	20	10
P.C.S.	1400,294	24,9	10,3	33,3	27 à 586	35,7	5,5	32	10
P.C.S.	159,962	24,9	10,3	33,3	581 à 650	35,7	5,5	32	10
P.C.E.A.	666,240	17,0	10,5	26,9	651 à 740	33,8	4,8	20	10
P.C.E.A.	533,24	18,4	10,9	30,3	741 à 812	33,8	4,8	20	10
I N F O R M A Ç Õ E S G E R A I S	1) Extensão total do trecho: 2938,148m; 2) Término da Execução: março 1998; 3) Equipamento Utilizado para Execução das Placas: Régua Vibratória; 4) Cimento Utilizado na Confecção das Placas: CPI- S – 32 (Cimento Portland Comum com Adição) 5) Dimensões Médias das Placas nos P.C.S.: 3,50m x 5,00m; 6) Dimensões Médias das Placas nos P.C.E. A. : 3,50m x 15,00m; 7) Largura das Faixas de Tráfegos: 2 faixas de 3,50m; 8) Largura dos Acostamentos / Tipo de revestimento: 2,00m / CBUQ; 9) Extensão em P.C.E.A: 1377,892m; 10) Extensão em P.C.S.: 1560,256m; 11) Reforço: Material Granular (ISC=82%, expansão = zero, H.R.B.= A - 1 - a); e 12) CBR do Subleito = 7,4%.								
O B S E R V A Ç Õ E S	P.C.S. = Pavimento de Concreto Simples; P.C.E.A. = Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado Descontínuo; B. T. = Barra de Transferência lisa em aço CA-25, comprimento 50cm espaçadas a cada 30cm; e B.L. = Barra de Ligação corrugada em aço CA – 50, comprimento 80cm, espaçadas a cada 50cm.								

TABELA 3.2 - Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho A.

Tipo De Pavimento	Extensão (m)	Estrutura Média do Pavimento (cm)			Intervalo de Placas	Resistências Médias do Concreto (MPa)		Diâmetro Das Barras (mm)	
		Placa	CCR.	Reforço*		Compressão	Tração	B. T	B.L
P.C.S.	129,86	19,7	42,0	15,0	01 a 52	36,1	5,1	25,0	10,0
P.C.S.	89,77	21,4	42,0	15,0	53 a 88	36,1	5,1	25,0	10,0
P.C.S.	349,53	22,8	10,6	30,8	89 a 228	36,1	5,1	25,0	10,00
I N F O R M A Ç Õ E S	<p>1) Extensão total do trecho: 569,160m;</p> <p>2) Término da Execução: Maio de 2000;</p> <p>3) Equipamento utilizado para execução das Placas: Pavimentadora Wirtgen SP500;</p> <p>4) Cimento utilizado na confecção das Placas: CPII- F – 32 (Cimento Portland Comum com Filer);</p> <p>5) Dimensão Média das Placas : 3,50m x 5,00m;</p> <p>6) Largura das Faixas de Tráfego: 2 faixas de 3,50m;</p> <p>7) Largura dos Acostamentos / Tipo de Revestimento: Lado esquerdo 2,50m / CBUQ e Lado Direito 1,50m / CBUQ; e</p> <p>8) CBR do Subleito = 17%.</p>								
O B S E R V A Ç Õ E S	<p>P.C.S. = Pavimento de Concreto Simples;</p> <p>B.T. = Barra de Transferência lisa em aço CA – 25, comprimento 50cm, espaçados a cada 30cm;</p> <p>B.L. = Barra de Ligação corrugada em aço CA – 50, comprimento 80 cm, espaçados a cada 50 cm; e</p> <p>C.C.R.= Concreto Compactado a Rolo.</p> <p>* Reforço em material granular ISC=82%, expansão zero, H.R.B.= A- 1- a)</p>								

TABELA 3.3 - Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho C.

Tipo de Pavimento	Extensão (m)	Estrutura Média do Pavimento (cm)			Intervalo de Placas	Resistências Médias do Concreto (MPa)		Diâmetro Das Barras (mm)	
		Placa	B.G.	Reforço		Compressão	Tração	B. T	B.L
P.C.S.	199,95m	28,1	15,0	21,1	01 à 80	39,5	6,2	32,0	10,0
P.C.S.	100,06m	25,7	15,0	26,8	81 à 120	39,5	6,2	32,0	10,0
I N F O R M A Ç Õ E S	<p>1) Extensão total do trecho: 300,01m;</p> <p>2) Término da Execução: Maio de 2000;</p> <p>3) Equipamento utilizado para execução das Placas: Pavimentadora Wirtgen SP500;</p> <p>4) Cimento utilizado na confecção das Placas: CPII- F - 32 (Cimento Portland Composto com Filer);</p> <p>5) Tamanho Médias das Placas : 3,50m x 5,00m;</p> <p>6) Largura das Faixas de Tráfegos: 2 faixas de 3,50m;</p> <p>7) Largura dos Acostamentos / Tipo de Revestimento: Lado esquerdo 2,50m / CBUQ e Lado Direito 1,50m /CBUQ; e</p> <p>8) CBR do Subleito = 7,3%.</p>								
O B S E R V A Ç Õ E S	<p>P.C.S. = Pavimento de Concreto Simples;</p> <p>B. T. = Barra de Transferência Lisa em aço CA-25, comprimento 50cm, espaçadas a cada 30cm;</p> <p>B.L. = Barra de ligação corrugada em aço CA - 50, comprimento 80cm, espaçadas a cada 50cm; e</p> <p>B.G. = Base Granular (ISC= 82% , expansão: zero, HRB = A- 1- a).</p>								

TABELA 3.4 - Características e Informações das Estruturas do Pavimento por Segmento do Trecho 1

Tipo de Pavimento	Extensão (m)	Estrutura Média do Pavimento (cm)				Intervalo de Placas	Resistências Médias do Concreto (MPa)		Diâmetro Das Barras (mm)	
		Placa de Reforço	Placa	C.C.R	Reforço		Compressão *	Tração	B. T	B.L
P.C.S. (NR)	134,01	-	18,0	10,0	30,0	1 a 50	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	252,10	-	18,0	10,0	30,0	51 a 142	43,0	-	25	6,3
P.C.E.A (RI)	65,88	18,0	18,0	10,0	30,0	143 a 166	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	170,22	-	18,0	10,0	30,0	167 a 228	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	82,27	-	18,0	10,0	30,0	229 a 258	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	104,29	-	18,0	10,0	30,0	259 a 296	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	27,53	-	18,0	10,0	30,0	297 a 306	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	32,81	-	18,0	10,0	30,0	307 a 318	43,0	-	25	6,3
P.C.E.A (RI)	71,39	18,0	18,0	10,0	30,0	319 a 344	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	105,09	-	18,0	10,0	30,0	345 a 382	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	38,26	-	18,0	10,0	30,0	383 a 396	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	341,66	-	18,0	10,0	30,0	397 a 488	43,0	-	25	6,3
P.C.E.A (RI)	122,64	15,0	18,0	10,0	30,0	489 a 520	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	110,95	-	18,0	10,0	30,0	521 a 566	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (RP)	51,92	-	18,0	10,0	30,0	567 a 608	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	82,35	-	18,0	10,0	30,0	609 a 626	43,0	-	25	6,3
P.C.E.A (RI)	89,68	15,0	18,0	10,0	30,0	627 a 656	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	33,16	-	18,0	10,0	30,0	657 a 690	43,0	-	25	6,3
P.C.S. (NR)	27,50	-	18,0	10,0	30,0	691 a 702	43,0	-	25	6,3
INFORMAÇÕES	<p>1) Extensão total do trecho: 1943,71m;</p> <p>2) Término da Execução: 1998;</p> <p>3) Equipamento utilizado para execução das Placas: Régua Vibratória;</p> <p>4) Cimento utilizado na confecção das Placas: CPI- F - 32 (Cimento Portland Comum);</p> <p>5) Tamanho Médio das Placas : 3,50m x 5,50m nos P.C.S, 3,50 m x 12,0 m nos P.C.E.A;</p> <p>6) Largura das Faixas de Tráfegos: 2 faixas de 3,50m a 4,0m;</p> <p>7) Largura dos Acostamentos / Tipo de Revestimento: Variável de 0,30m a 2,50m (em revestimento primário até 2000, atualmente em C.B. U. Q.);</p> <p>8) Armadura inferior: Tela (CA-60) EP636-283 / 283 (5,68 kgf / cm²);</p> <p>9) Armadura superior: Tela (CA-60) EQ138 (2,20 kgf / cm²); e</p> <p>10) CBR do Subleito = 5,8%.</p>									
OBSEVAÇÕES	<p>P.C.S. (NR) = Pavimento de Concreto Simples Não Reabilitado em 1999;</p> <p>P.C.S. (RP) = Pavimento de Concreto Simples Reabilitado Parcialmente em 1999;</p> <p>P.C.E.A (RI) = Pavimento de Concreto Reabilitado Integralmente em 1999 com Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (P.C.E.A.);</p> <p>* = Resistência média medida através da extração de corpos-de-prova;</p> <p>C.C.R = Concreto Compactado a Rolo;</p> <p>B. T. = Barra de Transferência Lisa em aço CA-25, comprimento 46cm, espaçadas a cada 30cm; e</p> <p>B.L. = Barra de ligação corrugada em aço CA - 50, comprimento 80cm, espaçadas a cada 50cm.</p>									

3.3. Equipamentos e Procedimentos

De forma a atender às necessidades do estudo de caso e à metodologia proposta, foram efetuadas pesquisas dos dados existentes e levantamentos das condições da estruturas dos pavimentos. Quanto aos dados existentes, consistiram na consulta de projetos executivos e a eventuais “*as built*” (trecho Fábrica).

Com os dados obtidos foi possível dividir os trechos, inicialmente, em segmentos homogêneos, tendo como subsídio para os pavimentos recentes, a estrutura projetada e executada dos pavimentos. Para o Trecho 1, a reabilitação de alguns segmentos degradados, executada em 1999, serviu como definição dos segmentos homogêneos.

Os pavimentos dos trechos Fábrica e A, inicialmente foram divididos em três segmentos homogêneos, e o trecho C em dois segmentos homogêneos.

Os segmentos homogêneos do Trecho 1 foram caracterizados em não reabilitados, parcialmente reabilitados e integralmente reabilitados, destacando-se que as reabilitações praticadas foram exclusivamente reconstruções, e na maioria das vezes, executadas nas placas mais deterioradas.

Os levantamentos de condição consistiram em avaliações visuais, avaliação do tráfego e avaliação por instrumentos. Esse conjunto de avaliações teve o objetivo de garantir subsídios à análise da condição estrutural e funcional, desempenho e desenvolvimento de necessidades e técnicas de manutenção e reabilitação dos pavimentos do estudo de caso, bem como, da apreciação das normas e procedimentos habitualmente utilizados.

3.3.1. Avaliação Visual

A avaliação visual constitui-se de levantamentos de defeitos nos trechos nos anos de 1999 e 2001, segundo as Normas do DNER 48 (DNER, 1992)^[29], 49 (DNER, 1992)^[29] e 50/89 (DNER, 1992)^[29], objetivando:

- Verificar o Índice de Condição dos Pavimentos (ICP), do estudo de caso;
- Verificar os procedimentos e a aplicação das Normas utilizadas;
- Contribuir com recomendações para aperfeiçoar as normas em vigência; e

- Através dos Índices de Condição dos Pavimentos estabelecer parâmetros que permitam selecionar as reabilitações.

Os dados relativos a essa avaliação estão resumidos no item 3.4 Dados de Avaliação coletados para esta pesquisa.

3.3.2. Avaliação de Tráfego

Teve por objetivo caracterizar o número de solicitações e o número de eixos que solicitaram (N) os pavimentos que compõem os trechos.

Para que isso fosse possível, foi necessário determinar:

- (a) Os fluxos de tráfego, ou seja, os insumos, produtos e quantidades com suas origens e destinos; e
- (b) A contagem, classificação e pesagem dos veículos que fazem parte do processo.

3.3.2.1. Determinação dos Insumos, Produtos e Fluxos de Tráfego

Inicialmente, procedeu-se a uma pesquisa junto ao setor de recebimento de insumos e de expedição de produtos da Cia. de Cimento Itambé no sentido de caracterizar as origens e os destinos das matérias primas e dos produtos integrantes e resultantes do processo industrial da fabricação dos cimentos.

Essas informações foram tabuladas e mapeadas, conforme Figura 3.3 – Tipos de Pavimentos e Fluxos de Tráfego.

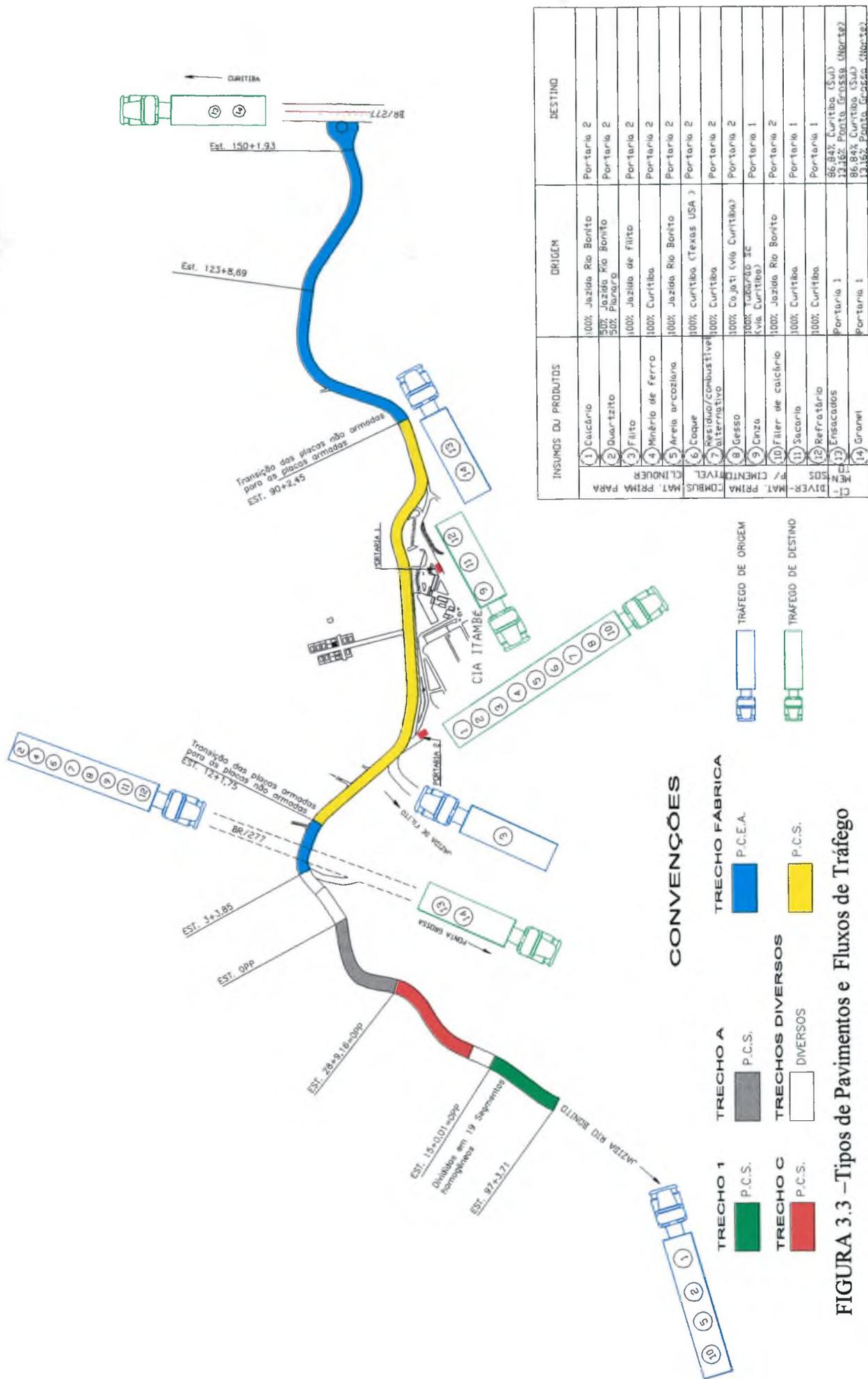


FIGURA 3.3 –Tipos de Pavimentos e Fluxos de Tráfego

3.3.2.2. Contagem, Classificação e Pesagem dos Veículos de Transporte de Insumos e Produtos

A caracterização da frota de veículos teve como objetivo verificar e quantificar os tipos, peso bruto, peso líquido e peso por eixo dos veículos que transportam os 12 (doze) insumos e os dois produtos resultantes do processo de fabricação, ou sejam, dos cimentos ensacados e a granel.

Para a determinação dessas frotas utilizou-se a produção média mensal anual de clínquer e de cimento de 1988 até o ano de 2001.

Destaca-se que a produção de clínquer foi dividida em dois períodos. O primeiro de 1988 à 1993 onde era operado o Forno I com uma produção mensal aproximada de 42.000 toneladas de clínquer. O segundo período de 1994 em diante quando foi desativado o Forno I e ativado o Forno II com produção mensal de aproximadamente 72.000 toneladas.

Para a determinação da quantidade de calcário realizou-se uma pesquisa de abril de 1988 a maio de 1990 das quantidades de calcário transportadas em função das quantidades de cimento produzidas e em seguida estabeleceu-se uma relação média entre o calcário transportado e o cimento produzido de 1,37, conforme demonstrado na Tabela 3.5.

TABELA 3.5 – Relação Média de Calcário Transportado e Cimento Produzido

Mês	Calcário (tf)	Cimento (tf)	calc/cim
Abril/98	111.016,77	74.588	1,49
Mai/98	115.352,37	82.223	1,40
Junho/98	75.953,09	78.449	0,97
Julho/98	106.140,89	81.204	1,31
Agosto/98	113.625,19	77.050	1,47
Setembro/98	113.633,71	77.557	1,47
Outubro/98	104.439,75	82.730	1,26
Novembro/98	116.327,07	87.412	1,33
Dezembro/98	149.663,49	73.631	2,03
Janeiro/99	97.595,36	75.633	1,29
Fevereiro/99	80.872,99	70.003	1,16
Março/99	106.233,27	80.691	1,32
Abril/99	96.729,54	67.452	1,43
Mai/99	93.702,48	74.775	1,25
Total	1.481.285,97	1.083.398	
Média	105.806,14	77.385,57	1,37
Desvio Padrão	17.729,10	5.293,39	0,24

Quanto aos insumos necessários para a produção de cimento verificaram-se os consumos mensais, os tipos e quantidades dos veículos que efetuaram o transporte para os Fornos I e II e são apresentados na Tabela 3.6.

TABELA 3.6 – Insumos para Produção de Cimento

Matéria Prima	Tipo de Insumo	Forno I (1988 à 1993)		Forno II (1994 à 2001)	
		Consumo (t) mês	Tipo e Quantidade de Veículo / Mês	Consumo (t) mês	Tipo e Quantidade de Veículo / Mês
CLÍNQUER	1) Calcário	57.465	2C = 86% 3C = 4,6% 2S3 = 9,4%	96.240	2C = 30% 3C = 25% 2S2 = 2,0% 2S3 = 42% 3S3 = 1%
	2) Quartzito	1.750	3C = 100%	3.000	3C = 100%
	3) Filito	700	3C = 100%	1.200	3C = 100%
	4) Minério de Ferro	875	2S3 = 100%	1.500	2S3 = 100%
	5) Areia Arcoziãna	2.333	3C = 100%	4.000	3C = 100%
COMBUSTÍVEL	6) Coque	3.500	2S3 = 50% 3S3 = 50%	6.000	2S3 = 50% 3S3 = 50%
	7) Resíduos / Combustível Alternativo	1.750	2S3 = 50% 3S3 = 50%	3.000	2S3 = 50% 3S3 = 50%
CIMENTO	8) Gesso	2.042	2S3 = 70% 3S3 = 30%	3.500	2S3 = 70% 3S3 = 30%
	9) Cinza	3.967	2S3 = 70% 3S3 = 30%	6.800	2S3 = 70% 3S3 = 30%
	10) Filler ou Calcário	4.025	2S3 = 70% 3S3 = 30%	6.900	2S3 = 70% 3S3 = 30%
DIVERSOS	11) Sacaria	6,0	2S3 = 6 / mês	10	2S3 = 10 / mês
	12) Refratário	0,6	2S3 = 1 / mês	01	2S3 = 1 / mês

A produção média mensal anual de cimentos ensacados e a granel dos Fornos I e II de 1988 à 2001 é mostrada na Figura 3.4, sendo aproximadamente 50% para a produção a granel e 50% para a produção ensacada.

Com base nos dados levantados e principalmente na produção anual de cimento, foi possível compor a frota com a quantidade anual transportada, o número de viagens por tipo de veículo, tipo de insumo e tipo de produto desde 1998 à 2001 e projetá-la para os anos seguintes. Adotou-se para o ano de 2000 a produção de 1999 e para os anos subseqüentes uma taxa de crescimento de 3% ao ano. Essas informações são sintetizadas no Anexo A.

Para a determinação do peso por eixo de cada tipo de veículo foram amostrados 269 veículos; sendo 17 veículos que transportam calcário, 139 veículos transportam cimento ensacado e 113 fazem transporte do cimento a granel.

Os resultados dos pesos por tipo de veículo e insumo e eixo estão resumidos na Tabela 3.7 e na Figura 3.5 que expressa o peso por eixo de veículo e a frequência que ocorreram, respectivamente, no transporte de calcário e de cimentos ensacado e a

granel. Também, são mostradas as cargas máximas sem multa pela Lei da Balança para cada tipo de eixo, segundo o Decreto Lei nº 98.933 de 07/02/1990.

FIGURA 3.4 – Produção Média Mensal Anual de Cimento dos Fornos I e II

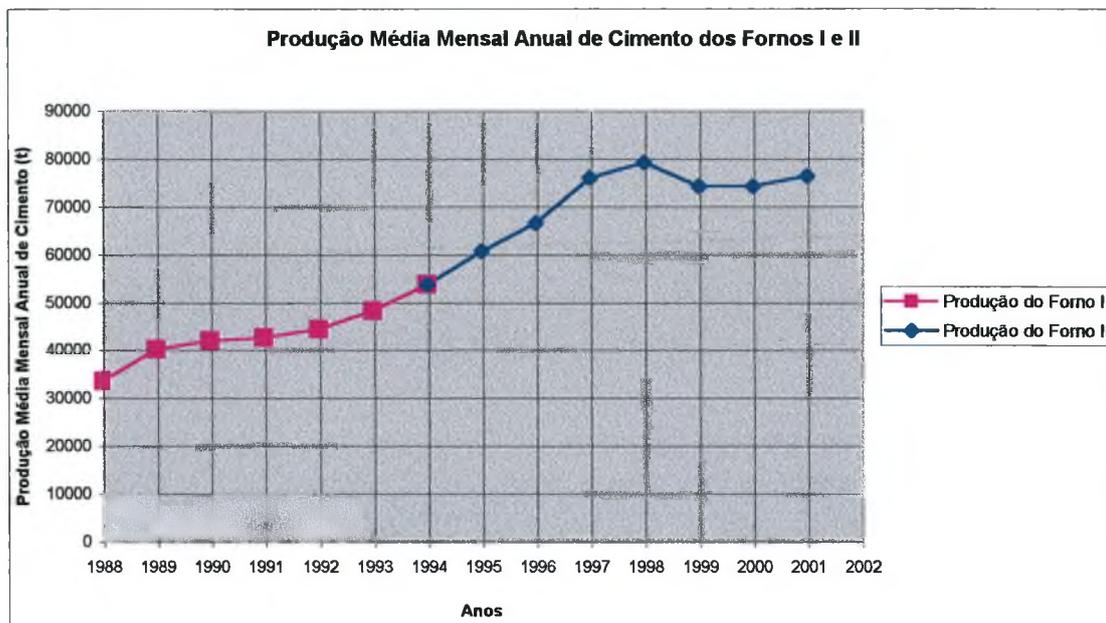


TABELA 3.7 – Peso por Eixo dos Veículos

Insumo ou Produto	Tipo de Veículo	Número de Amostras	Peso Bruto (tf)	Tara (tf)	Peso Líquido (tf)	Peso por eixo (tf)					
						Dianteiro			Traseiro		
						SRS	SRD	TD	SRD	TD	TT
CALCÁRIO	2C	2	16,366	6,25	10,116	3,689	-	-	12,677	-	-
	3C	3	26,369	10,9	15,466	4,789	-	-	-	21,58	-
	2S2	2	36,223	16,01	20,218	5,284	11,208	-	-	19,73	-
	2S3	9	43,93	17,35	26,582	5,272	10,617	-	-	-	28,041
	3S3	1	48,463	19,82	28,643	4,984	-	14,011	-	-	29,468
ENSACADO	2C	13	14,213	4,85	9,363	3,385	-	-	10,828	-	-
	3C	75	22,581	7,857	14,729	4,304	-	-	-	18,282	-
	2S3	37	43,013	16,24	26,774	5,056	10,85	-	-	-	27,106
	3S3	9	47,042	16,65	30,396	5,044	-	16,511	-	-	25,488
	3C3	5	69,139	19,28	49,856	5	-	-	14,577	24,781	-
GRANEL	2S3	91	43,112	15,43	27,68	5,13	11,277	-	-	-	26,705
	3S3	22	48,222	17,18	31,046	4,844	-	15,544	-	-	27,835

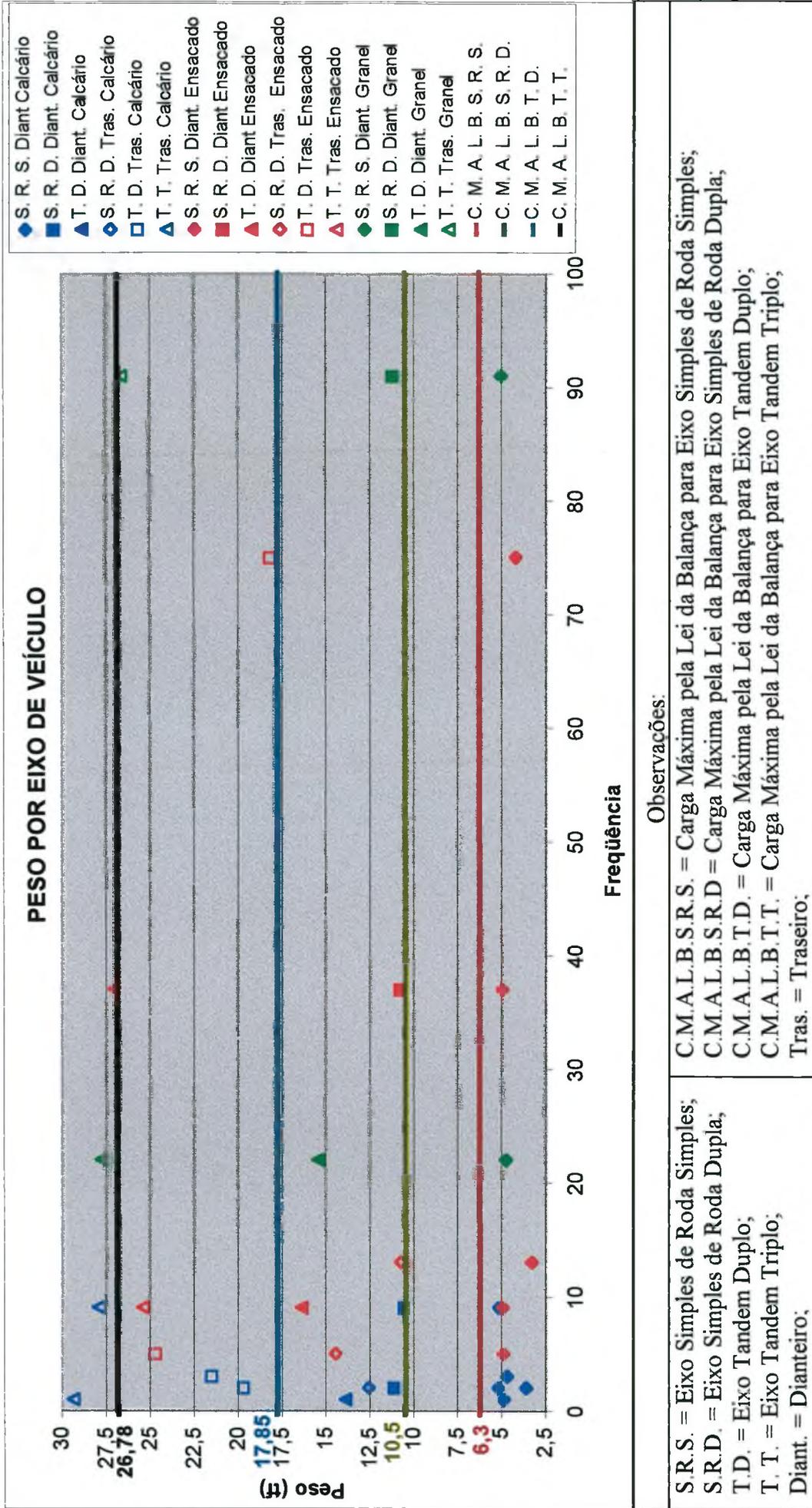


FIGURA 3.5 – Gráfico do Peso por Eixo de Veículo em Relação à Carga Máxima pela Lei da Balança

Da observação do gráfico da Figura 3.5, verifica-se:

- (a) 100% dos eixos dianteiros de roda simples, independentemente do insumo ou produto encontram-se abaixo de 6,3 tf;
- (b) 100% dos veículos de eixos simples de roda dupla, encontram-se acima dos 10,5tf especificados pela Lei da Balança;
- (c) 73% dos veículos com eixo tandem duplo, encontram-se acima dos 17,85tf especificados pela Lei da Balança; e
- (d) 19% dos veículos com eixo tandem triplo encontram-se acima dos 26,78tf especificados pela Lei da Balança.

3.3.2.2.1. Determinação do Número “N”

Com os volumes de tráfego, classificação e pesagem dos veículos que fazem parte do processo de produção e expedição dos cimentos foi possível calcular o número repetições ou operações dos eixos dos veículos equivalentes às solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2tf.

Essas repetições foram calculadas utilizando os fatores de equivalência de carga da AASHTO (1972) conforme recomendado por PITTA (1998)^[78].

Esses fatores são expressos pelas seguintes equações:

- Eixo Simples:

$$FC_{ESRD} = \left[\frac{Q}{8,17} \right]^{4,32} \quad (3.1)$$

onde,

FC_{ESRD} = Fator de Carga do Eixo Simples de Roda Dupla; e

Q = Carga em toneladas.

- Eixos Tandem Duplo:

$$FC_{ETD} = \left[\frac{Q}{15,08} \right]^{4,14} \quad (3.2)$$

onde,

FC_{ETD} = Fator de Carga do Eixo Tandem Duplo; e

Q = Carga em toneladas.

- Eixos Tandem Triplo:

$$FC_{ETT} = \left[\frac{Q}{22,95} \right]^{4,32} \quad (3.3)$$

onde,

FC_{ETT} = Fator de Carga do Eixo Tandem Triplo; e

Q = Carga em toneladas.

As solicitações do eixo padrão rodoviário de 8,2tf foram representadas na Figura 3.6 para os trechos estudados.

Salienta-se que para os trechos estudados convencionou-se os lados direito e esquerdo no sentido dos estaqueamentos. Portanto, para o trecho Fábrica o estaqueamento é crescente no sentido da BR-277 (sentido Ponta Grossa) para a BR-277, sentido Curitiba. Para os demais trechos o sentido crescente do estaqueamento é da BR-277 (sentido Ponta Grossa) para a Jazida Rio Bonito.

Observa-se da Figura 3.6 que nos trechos A, C e 1 o lado esquerdo é a faixa carregada, enquanto o lado direito é a faixa descarregada. Para o trecho Fábrica, observa-se que os segmentos homogêneos 1 e 2 lado direito e 1, 2 e 3 lado esquerdo do são os mais solicitados, enquanto dos segmentos 3, 4, 5, 6, 7 e 8 do lado direito são menos solicitados e nos segmentos 4 a 8 do lado esquerdo os veículos trafegam descarregados.

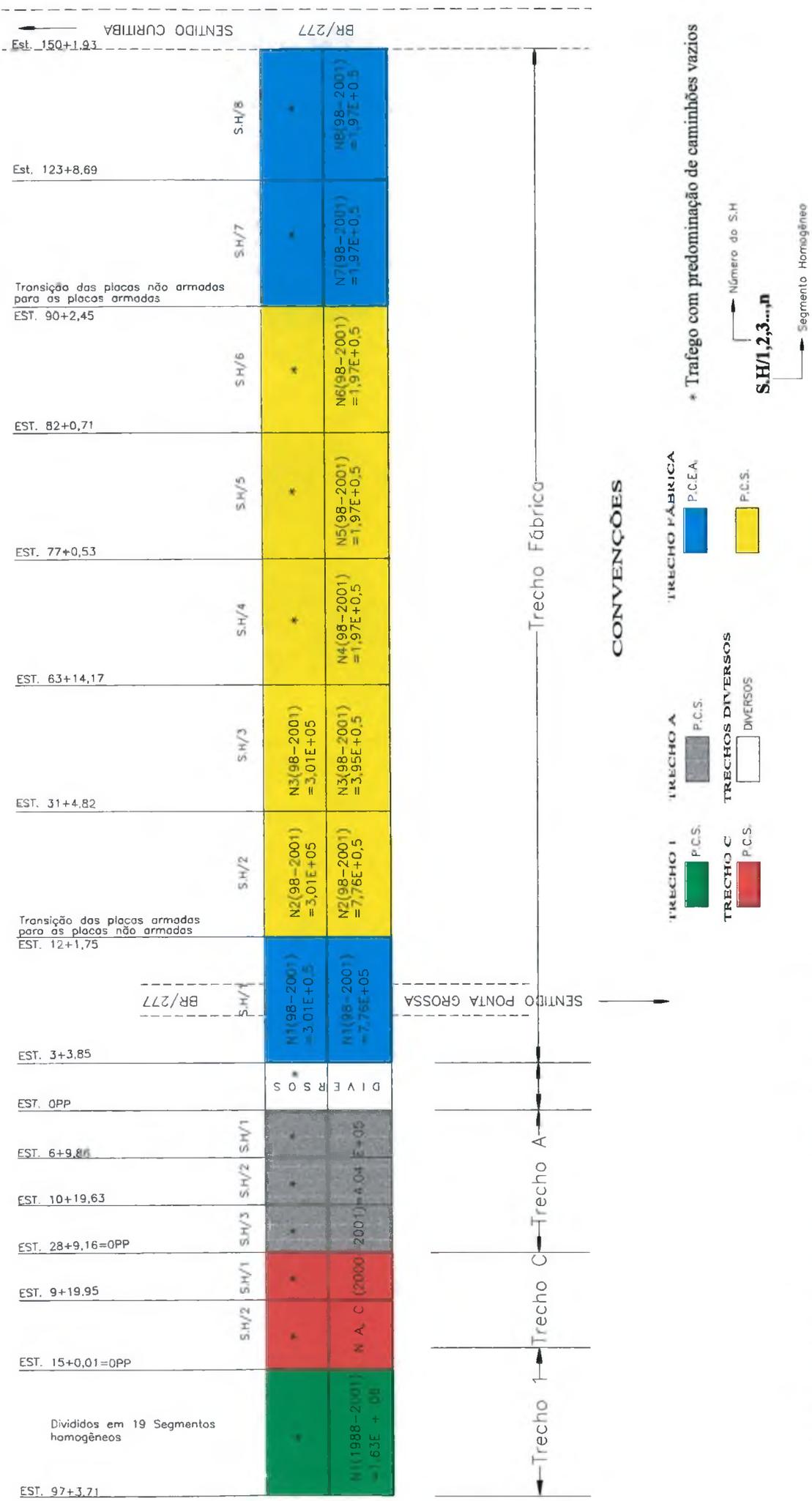


FIGURA 3.6 – Número N Calculado pela AASHTO

3.3.3. Avaliação por Instrumentos

Foram efetuadas avaliações dos pavimentos com o objetivo de obter dados para a avaliação funcional e estrutural dos pavimentos e constaram de:

- Levantamentos topográficos;
- Sondagens;
- Levantamentos deflectométricos; e
- Levantamentos de aderência e macrotextura.

3.3.3.1. Levantamentos Topográficos

Os levantamentos topográficos consistiram na utilização de instrumentos convencionais de topografia tipo teodolito, balizas e trena de maneira a efetuar a amarração e cadastro dos estaqueamentos em relação às placas e na determinação das dimensões geométricas das placas dos trechos em estudo.

3.3.3.2. Sondagens

Utilizou-se sondagem do tipo rotativa exclusivamente no Trecho 1 para determinar as características principais dos concretos utilizados naquele pavimento, sendo que nos demais foi desnecessário em função de se disporem de dados recentes da construção.

3.3.3.3. Levantamentos Deflectométricos

Os levantamentos deflectométricos foram realizados com equipamento do tipo “*Falling Weight Deflectometer*” modelo KUAB 2M FWD.

Com o “*Falling Weight Deflectometer*” (FWD), determinou-se as bacias de deflexão no centro das placas, na transição das juntas transversais das faixas de tráfego com espaçamento entre bacias de 10 em 10 placas nos Trechos Fábrica e 1 e de 14 em

14 placas nos trechos A e C em ambos os lados. Com os dados deflectométricos determinou-se:

- O módulo elástico dinâmico “*in situ*” das placas de concreto (E_{pcc});
- O coeficiente de reação (k) e o módulo elástico (E_s) do subleito; e
- O estado das juntas, a partir dos parâmetros de transferência de carga.

Para o cálculo dos parâmetros mencionados acima, foram utilizadas equações clássicas de Westergaard, Losberg, Ionniades, Rodrigues e Hall, bem como a utilização do processo de retroanálise a partir do programa DARWIN 3.01^[27].

3.3.3.4. Levantamentos de Aderência e Macrotextura

Os levantamentos de aderência e macrotextura consistiram de ensaios com o equipamento GripTester, de mancha de areia e drenabilidade.

Os levantamentos com o GripTester consistiram em avaliar o coeficiente de atrito nas trilhas de roda externa e interna, em ambos os sentidos de tráfego a uma velocidade de 50 km/h com espargimento de água suficiente para criar uma película de água com espessura de 0,25mm.

Quanto aos ensaios de mancha de areia, foram realizados segundo o método da ASTM E965-87 (1988)^[18]. Consistiram na determinação da altura de mancha de areia em cada faixa de tráfego com um espaçamento aproximado de 10 em 10 placas.

Em cada placa foram realizados 4 ensaios, distribuídos 2 na trilha da roda externa e 2 na trilha de roda interna, afastados das juntas transversais de 1,5m, excetuando-se nas placas com 15,0m de comprimento (trecho de P.C.E.A/ Fábrica). Nessas, eram espaçados também de 10 em 10 placas e afastados a cada 5,0m das juntas transversais.

O ensaio de drenabilidade consistiu na aplicação do drenômetro estático nos mesmos pontos, placas e espaçamentos do ensaio de mancha de areia.

Esses levantamentos tiveram por objetivo avaliar a macrotextura e microtextura dos pavimentos rígidos e os procedimentos e técnicas usuais de avaliação.

3.4. Dados de Avaliação Coletados

Os dados de avaliação coletados tiveram por objetivo reunir elementos que permitam a avaliação funcional e estrutural dos trechos do estudo de caso.

De maneira a facilitar a análise e o desempenho das estruturas dos pavimentos os dados foram resumidos em onze gráficos por trecho de estudo, respectivamente, dos trechos Fábrica, A, C e 1.

Esses gráficos consistiram em representar, nas abscissas, a distribuição da numeração das placas de concreto do pavimento em ordem crescente e no eixo das ordenadas, parâmetros tais como espessura, tráfego, área da bacia de deflexão, coeficiente de reação do subleito (k), módulo elástico do subleito, módulo elástico dinâmico das placas, transferência de carga, drenabilidade, altura de areia, coeficiente de atrito e o índice de condição do pavimento.

Observando-se que esses gráficos representam simultaneamente os lados direito e esquerdo, respectivamente, nas cores vermelho e verde, bem como, de que principalmente no trecho 1 alguns levantamentos não puderam ser realizados em função das obras de reabilitação daquele pavimento. Portanto, determinados ensaios no trecho 1 abrangeram parcialmente o trecho.

Na seqüência são apresentados os gráficos, respectivamente dos trechos Fábrica (Figuras 3.7 a 3.17), A (Figuras 3.18 a 3.28), C (Figuras 3.29 a 3.39) e 1 (Figuras 3.40 a 3.50).

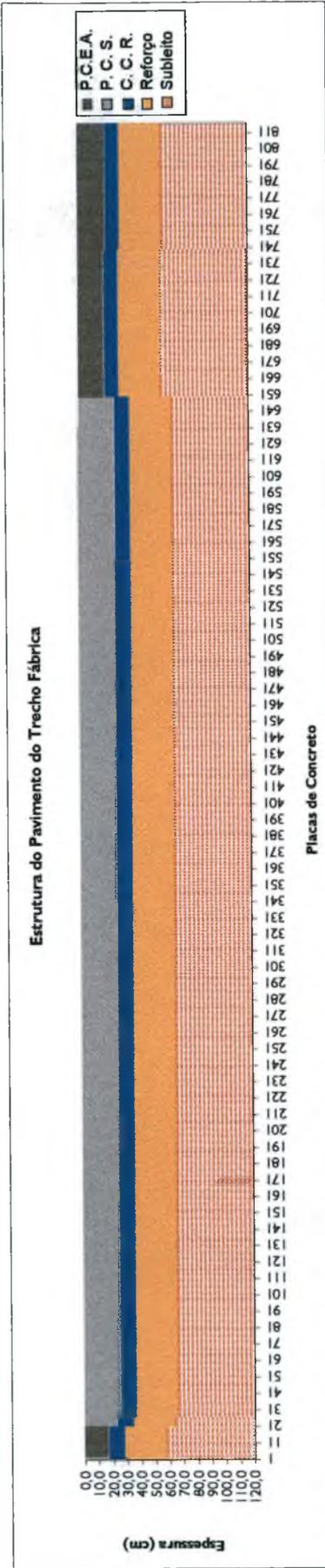


FIGURA 3.7 - Estrutura do Pavimento do Trecho Fábrica

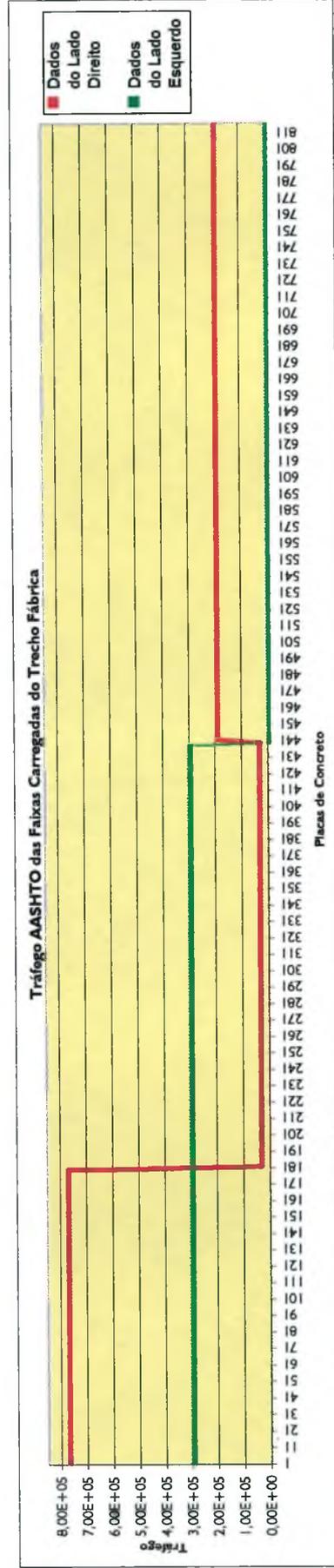


FIGURA 3.8 - Tráfego AASHTO do Trecho Fábrica

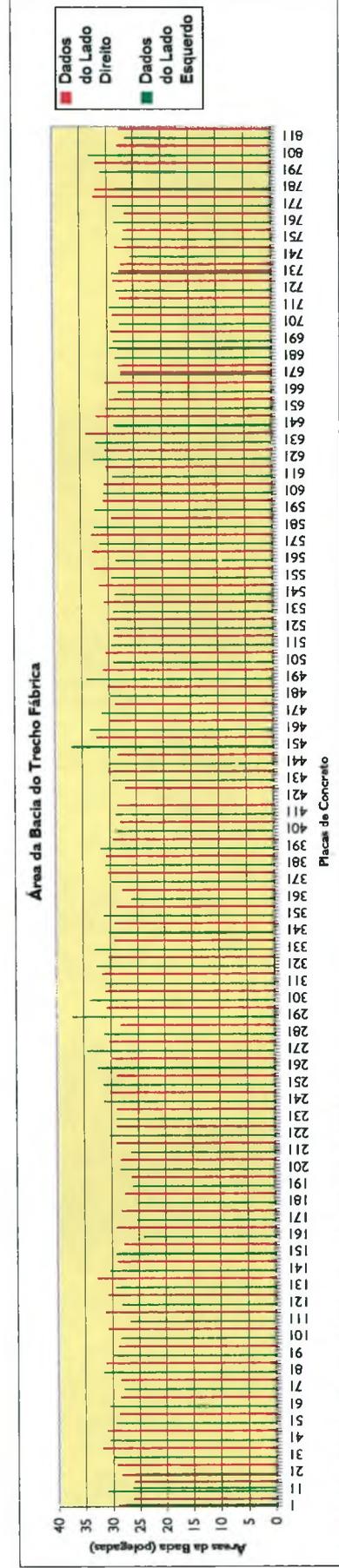


FIGURA 3.9 - Área da Bacia do Trecho Fábrica

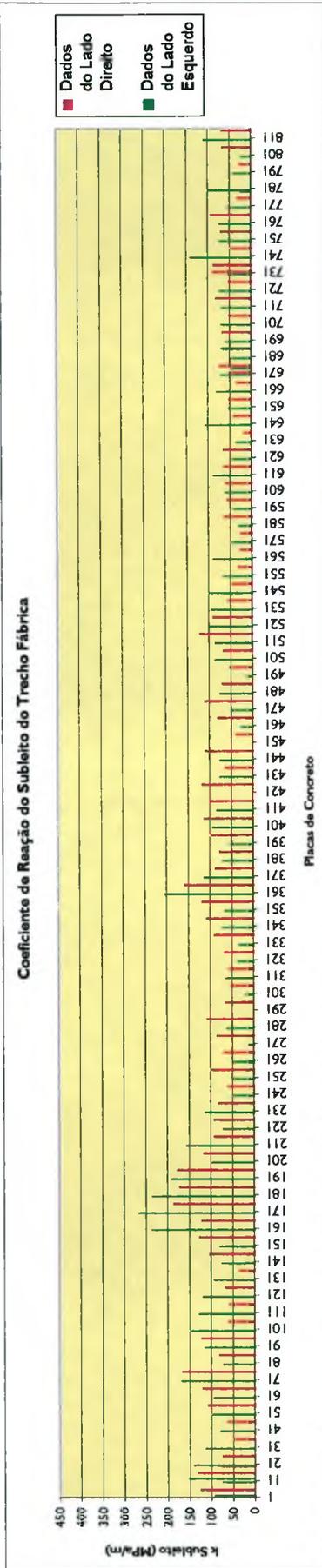


FIGURA 3.10 - Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho Fábrica

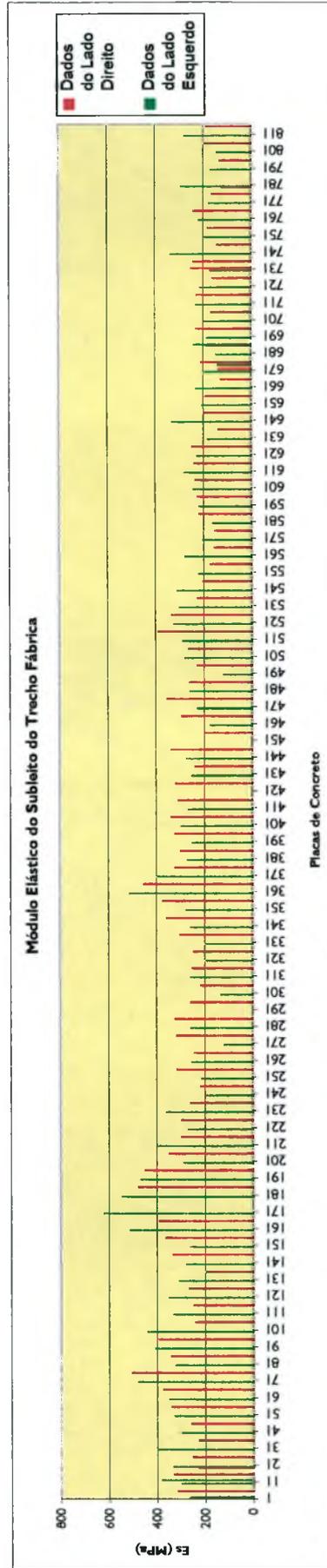


FIGURA 3.11 - Módulo Elástico do Subleito do Trecho Fábrica

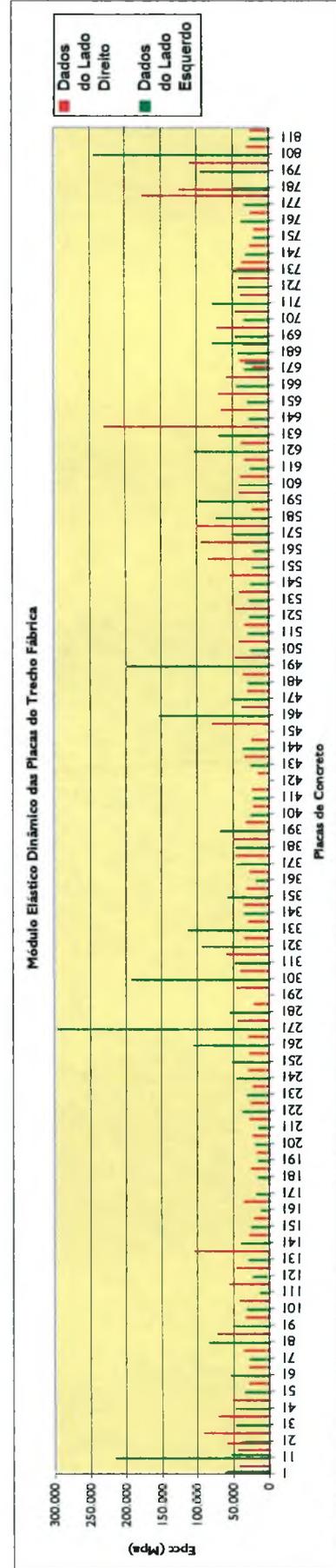


FIGURA 3.12 - Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho Fábrica

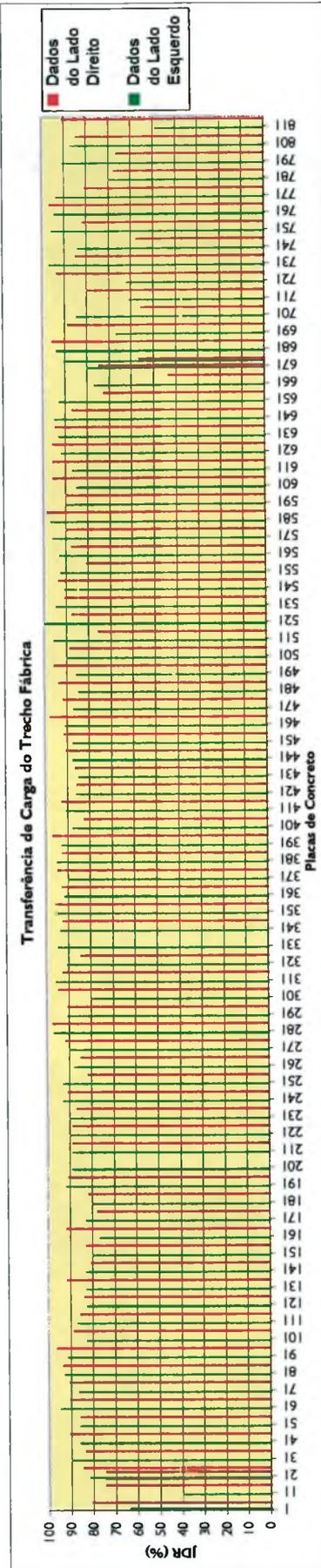


FIGURA 3.13 - Transfêrência de Carga do Trecho Fábrika

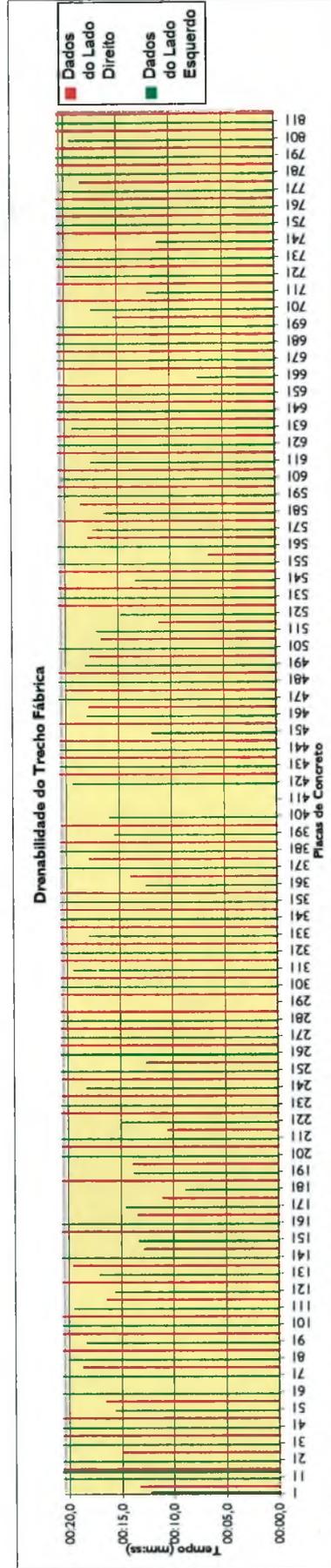


FIGURA 3.14 - Drenabilidade do Trecho Fábrika

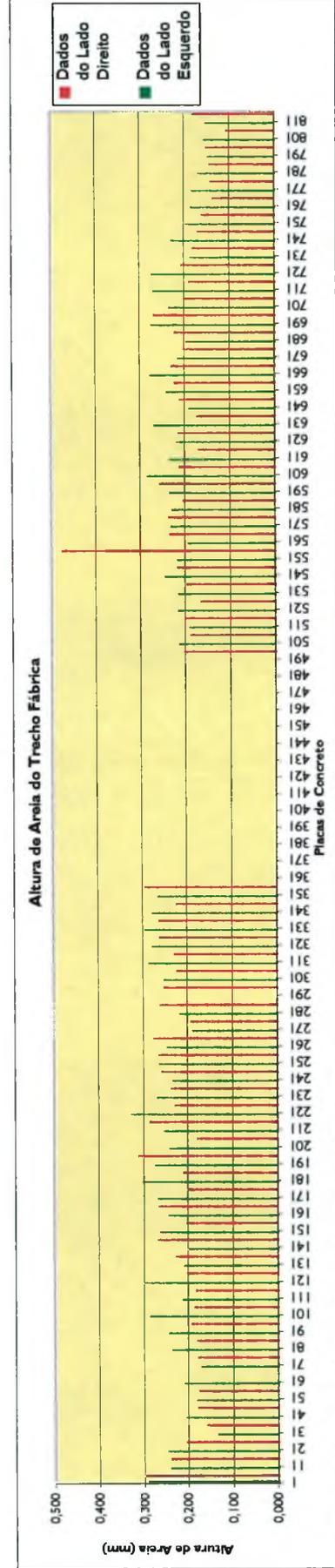


FIGURA 3.15 - Altura de Areia do Trecho Fábrika

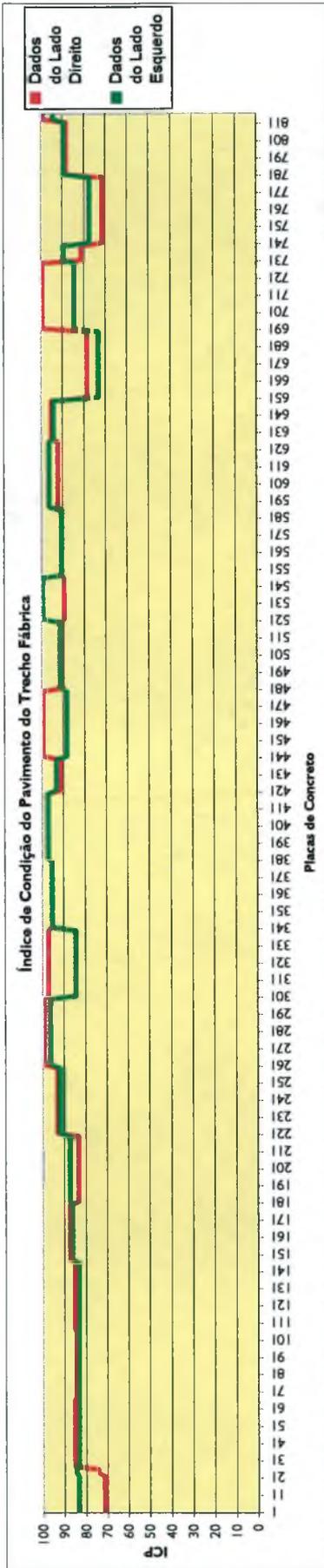


FIGURA 3.16 - Índice de Condição do Pavimento do Trecho Fábrica

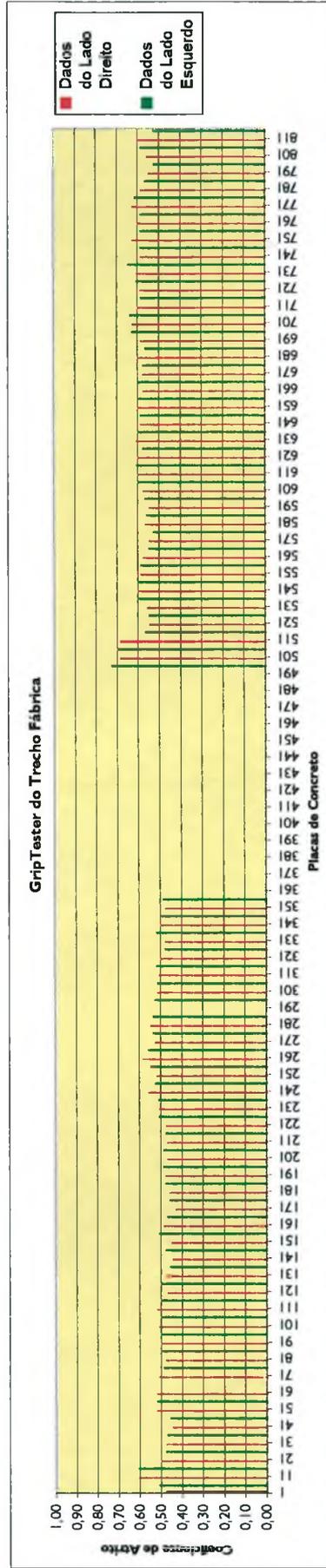


FIGURA 3.17 - GripTester do Trecho Fábrica

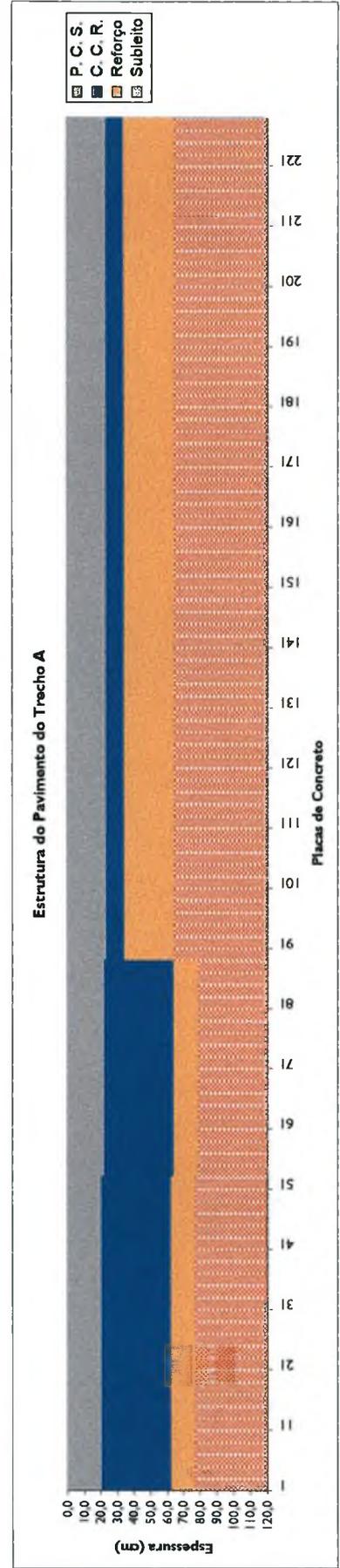


FIGURA 3.18 - Estrutura do Pavimento do Trecho A

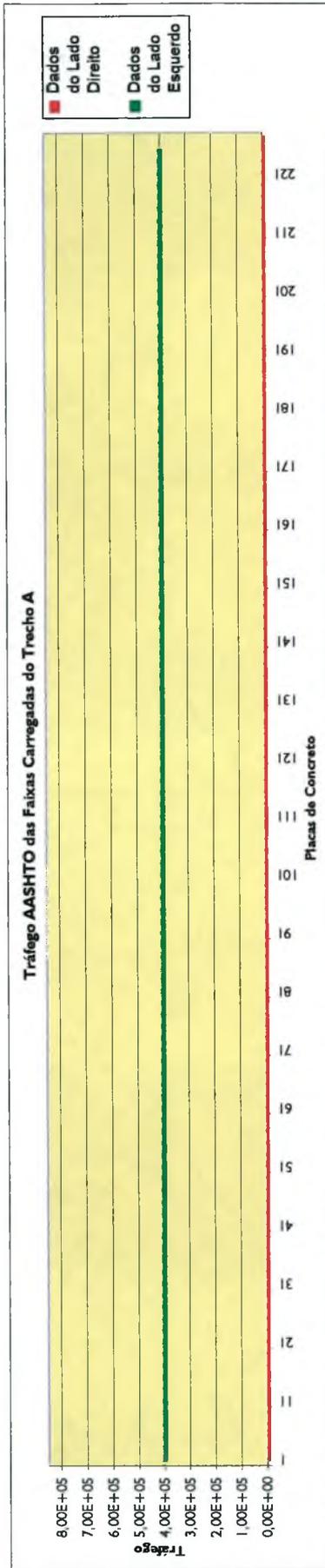


FIGURA 3.19 - Tráfego AASHTO do Trecho A

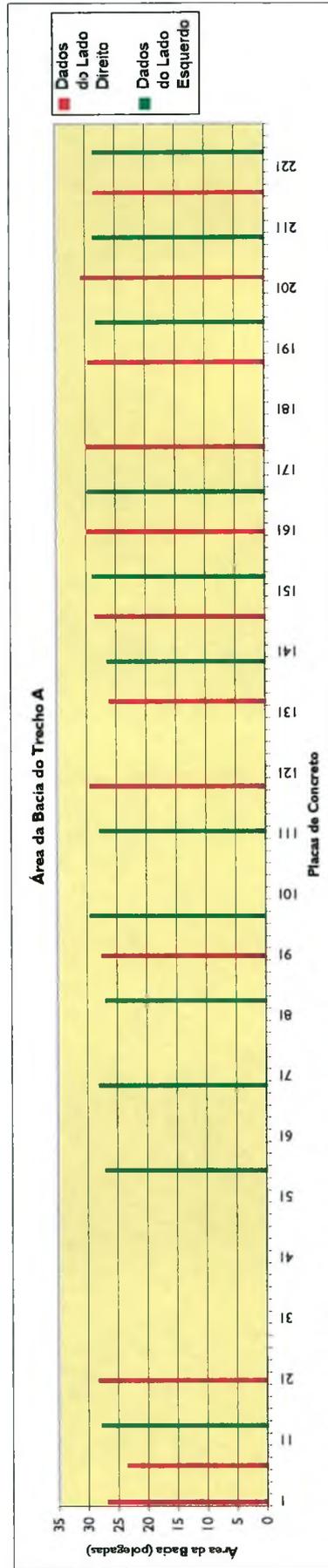


FIGURA 3.20 - Área da Bacia do Trecho A

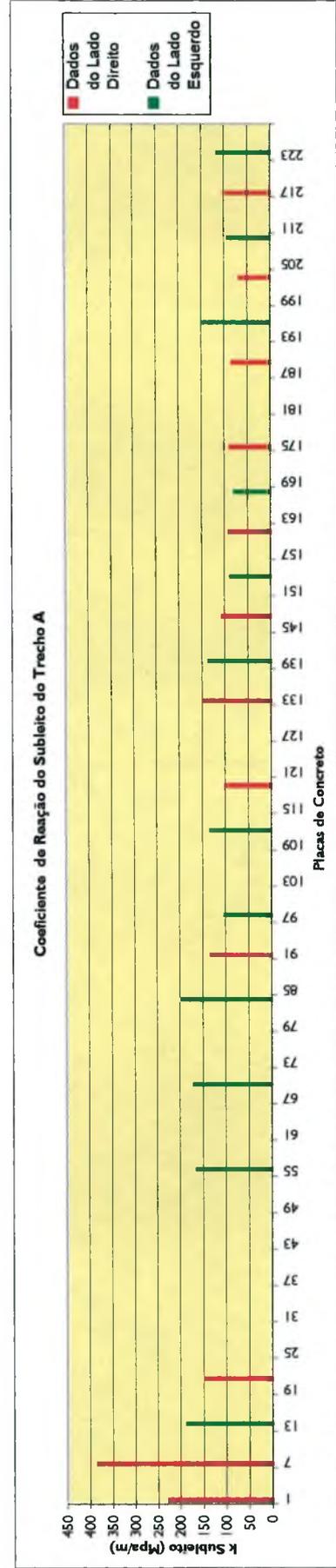


FIGURA 3.21 - Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho A

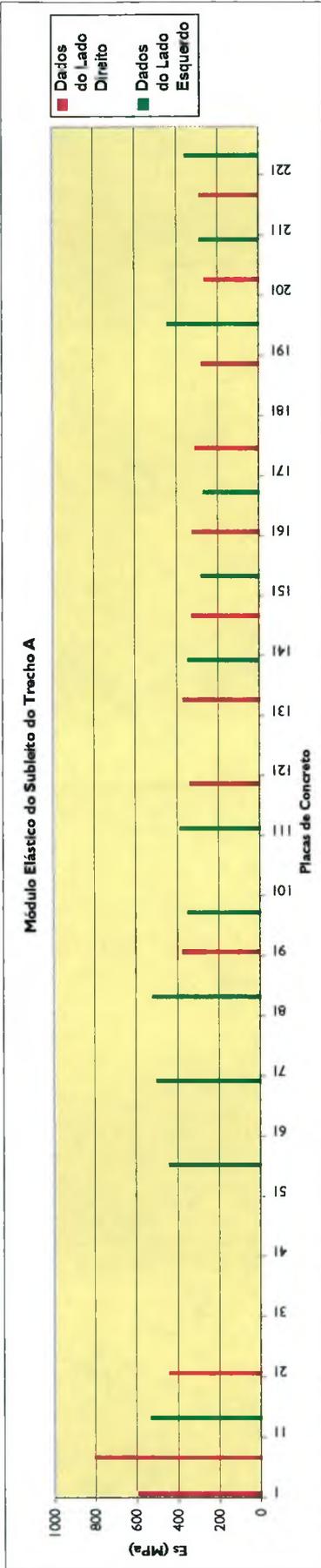


FIGURA 3.22 - Módulo Elástico do Subleito do Trecho A

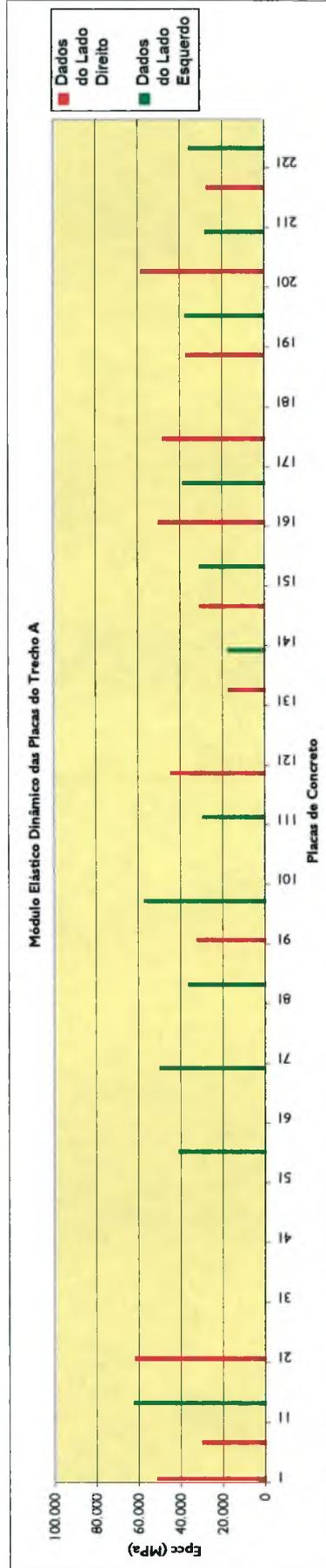


FIGURA 3.23 - Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho A

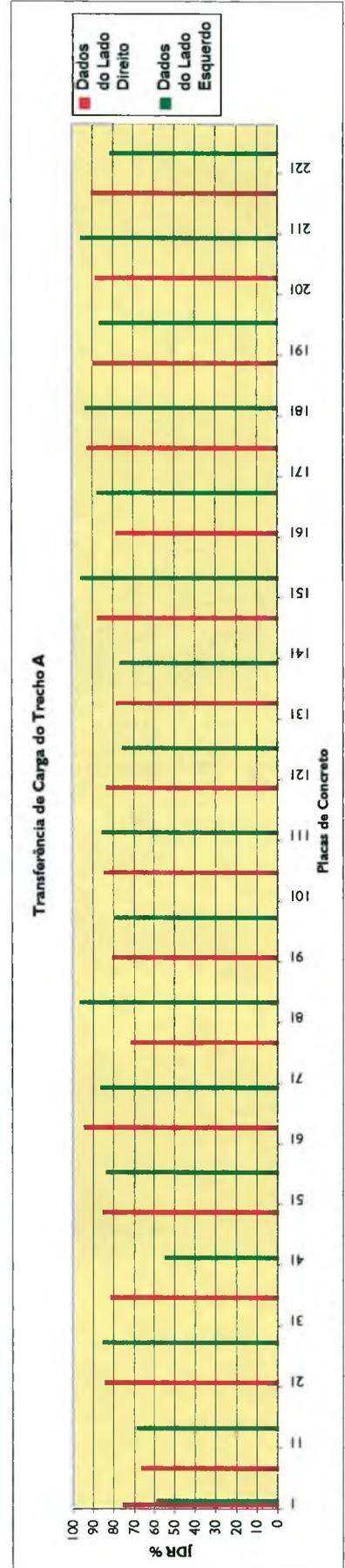


FIGURA 3.24 - Transferência de Carga do Trecho A

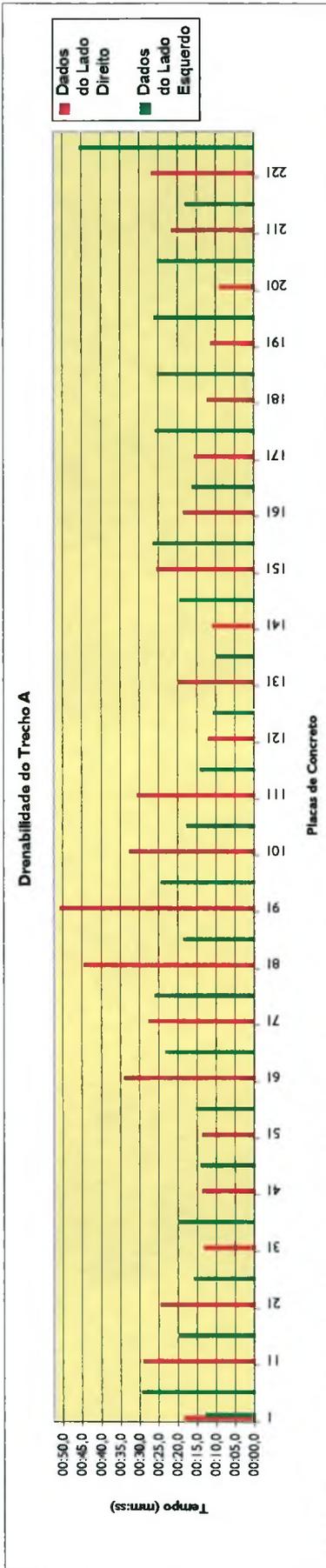


FIGURA 3.25 - Drenabilidade do Trecho A

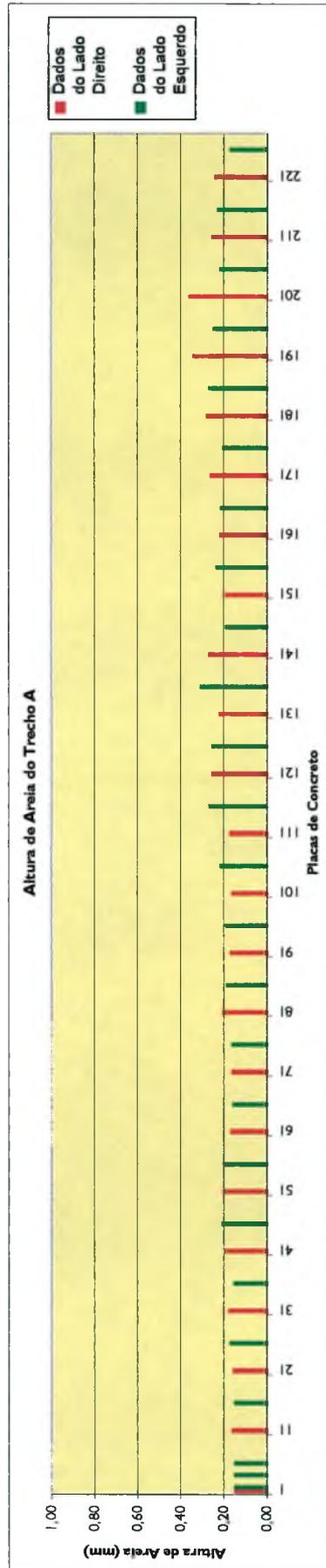


FIGURA 3.26 - Altura de Areia do Trecho A

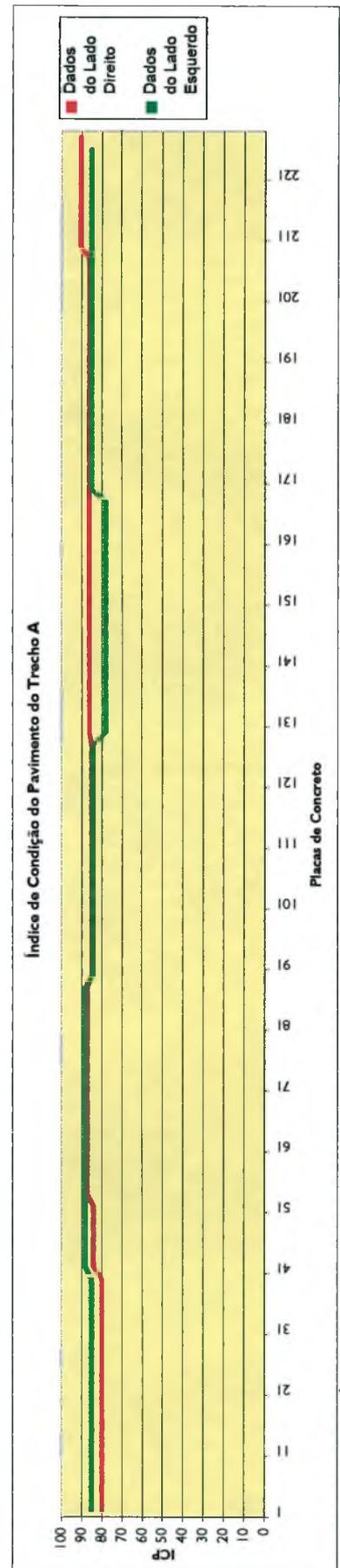


FIGURA 3.27 - Índice de Condição do Pavimento do Trecho A

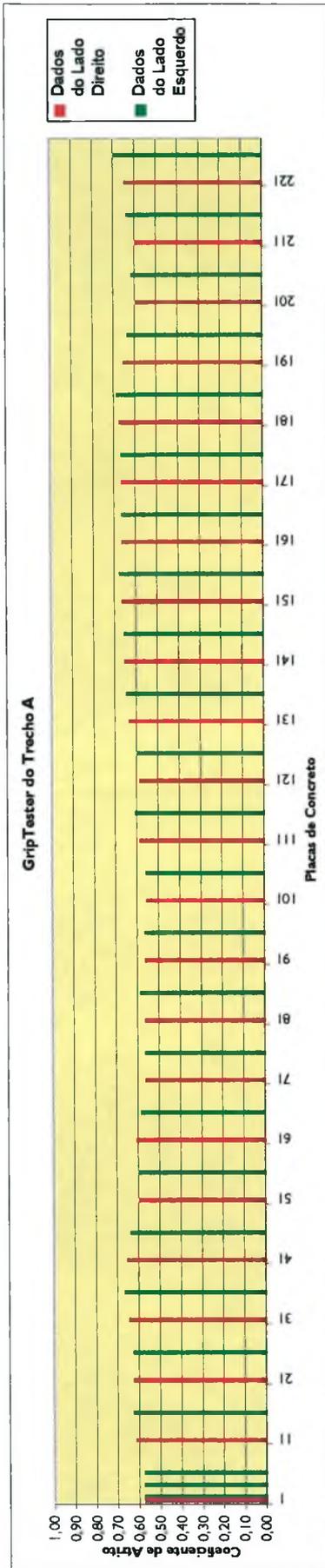


FIGURA 3.28 - GripTester do Trecho A

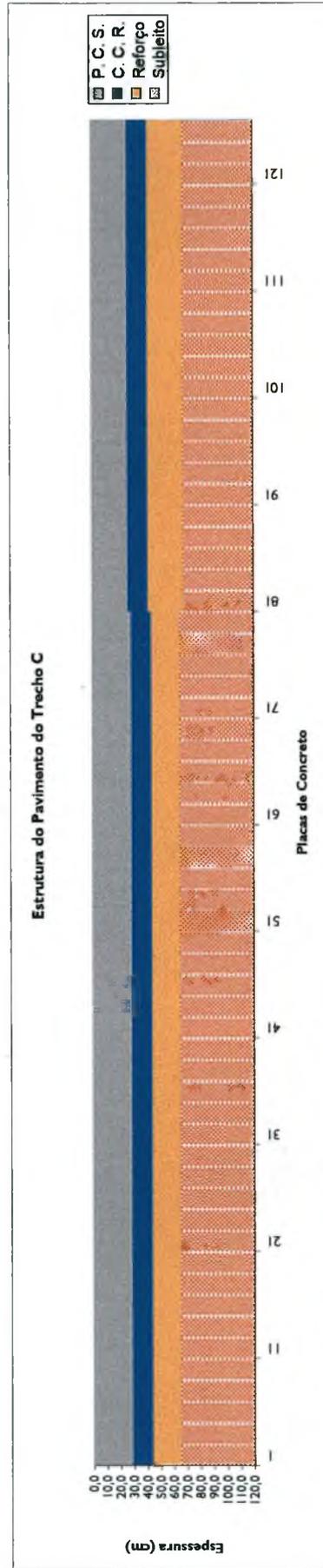


FIGURA 3.29 - Estrutura do Pavimento do Trecho C

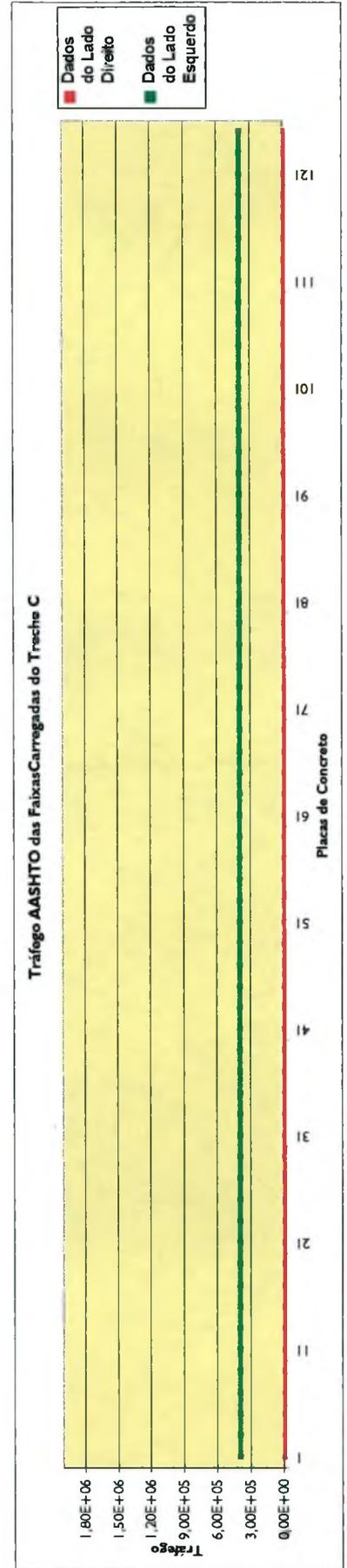


FIGURA 3.30 - Tráfego AASHTO do Trecho C

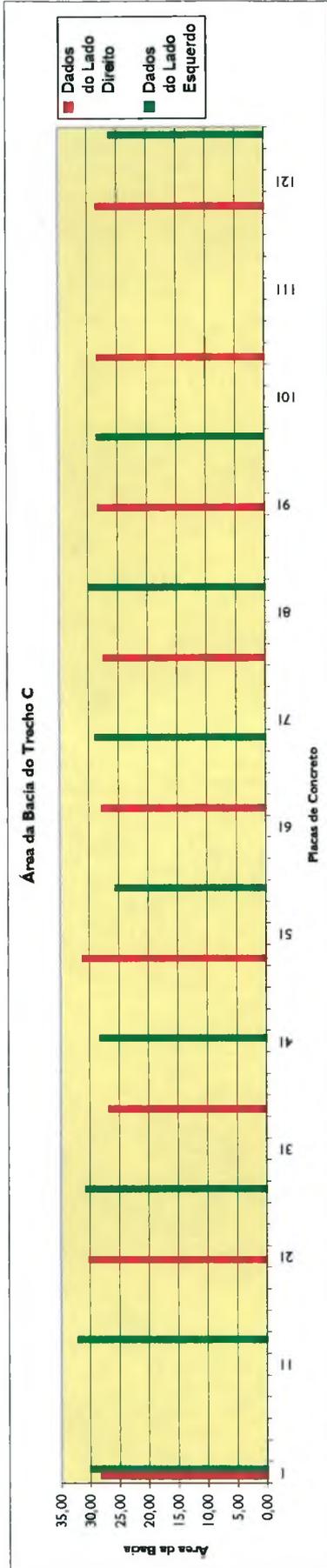


FIGURA 3.31 - Área da Bacia do Trecho C

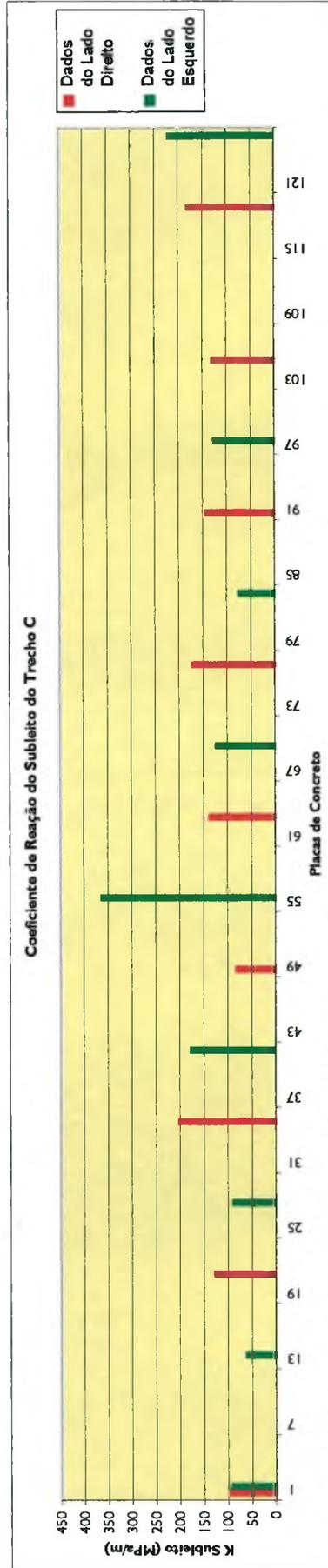


FIGURA 3.32 - Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho C

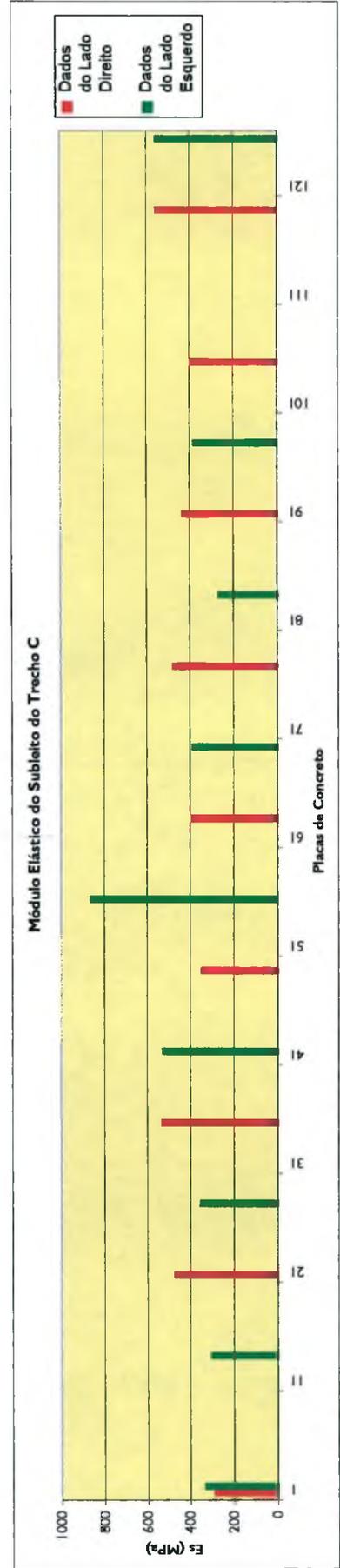


FIGURA 3.33 - Módulo Elástico do Subleito do Trecho C

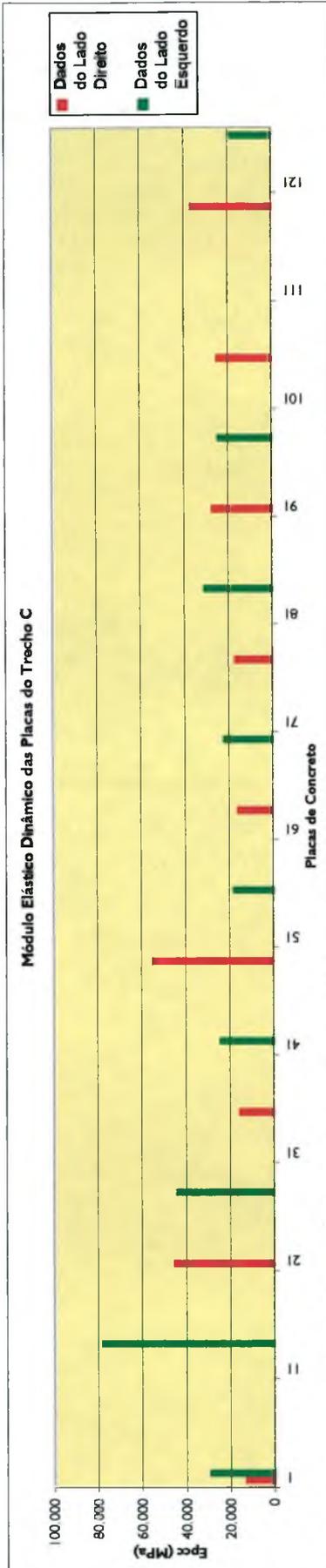


FIGURA 3.34 - Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho C

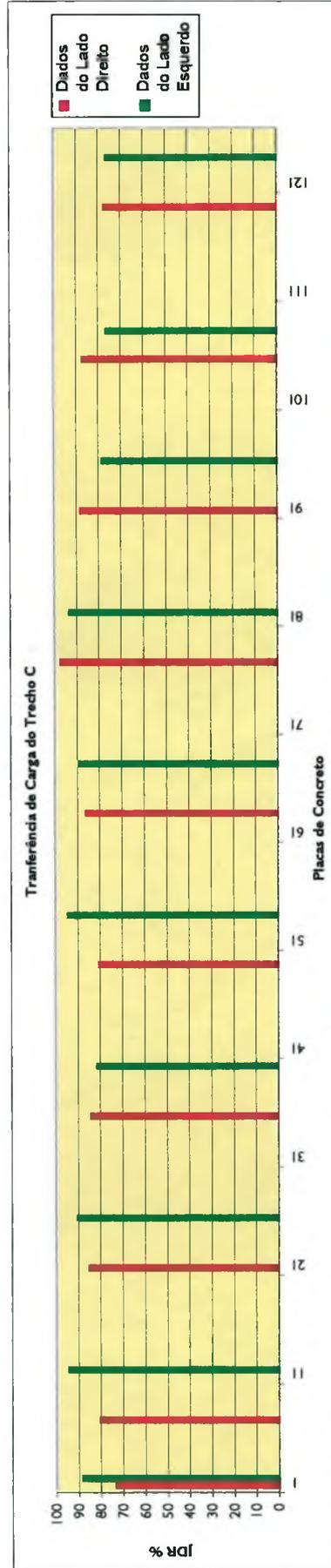


FIGURA 3.35 - Transferência de Carga do Trecho C

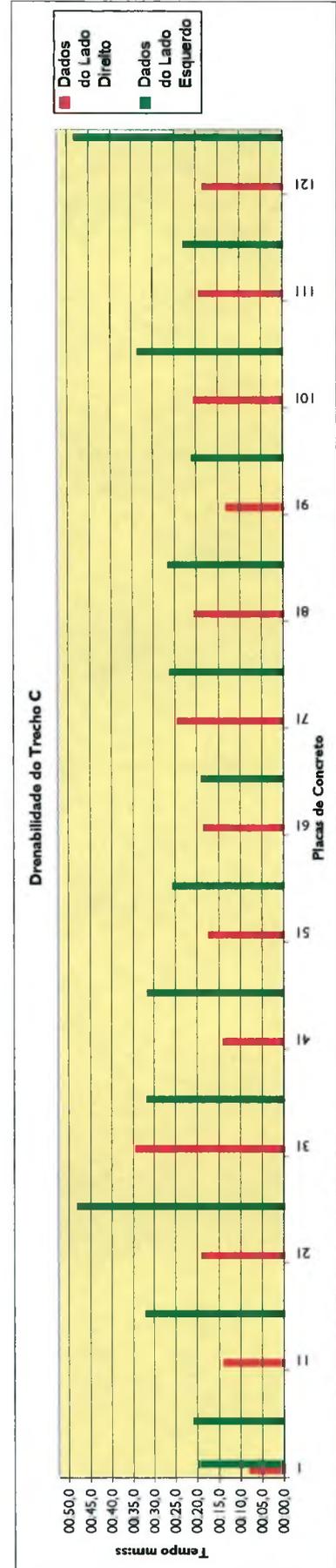


FIGURA 3.36 - Drenabilidade do Trecho C

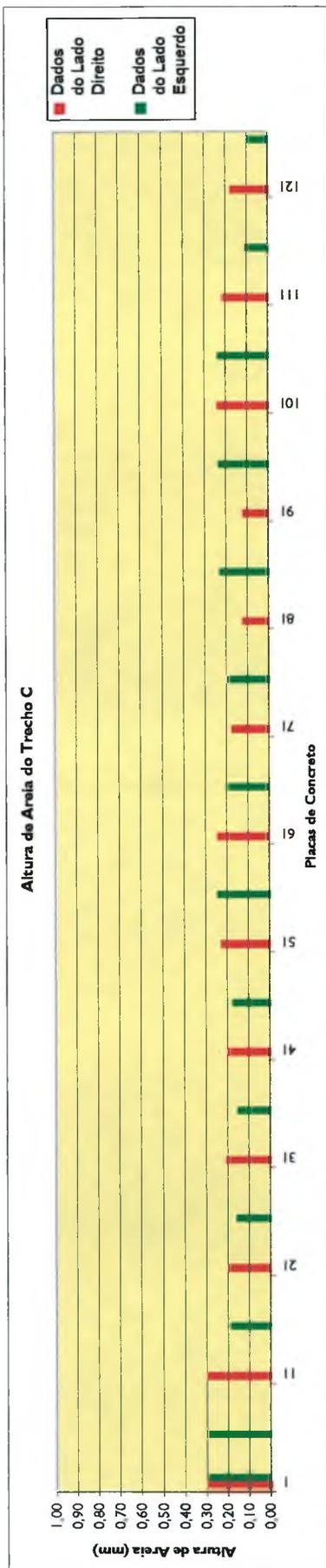


FIGURA 3.37 - Altura de Areia do Trecho C

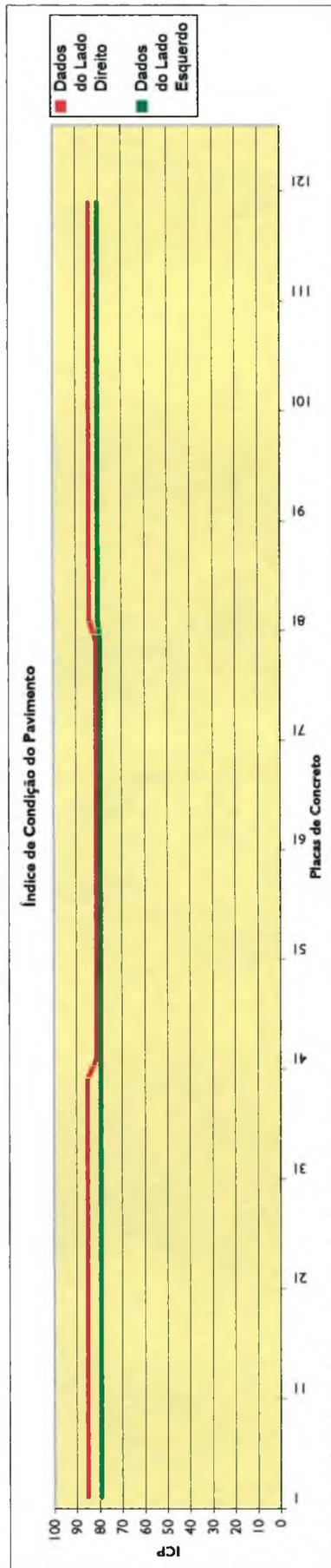


FIGURA 3.38 - Índice de Condição do Pavimento

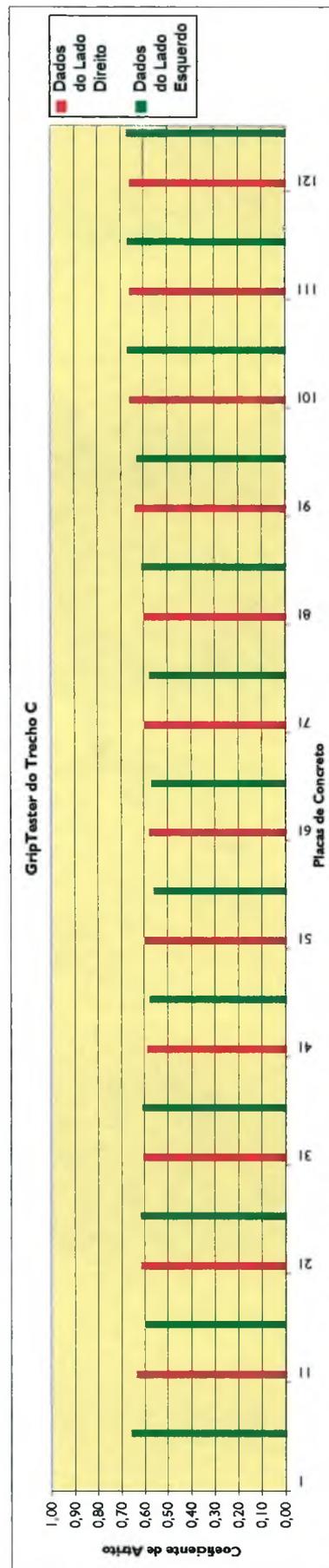


FIGURA 3.39 - GripTester do Trecho C

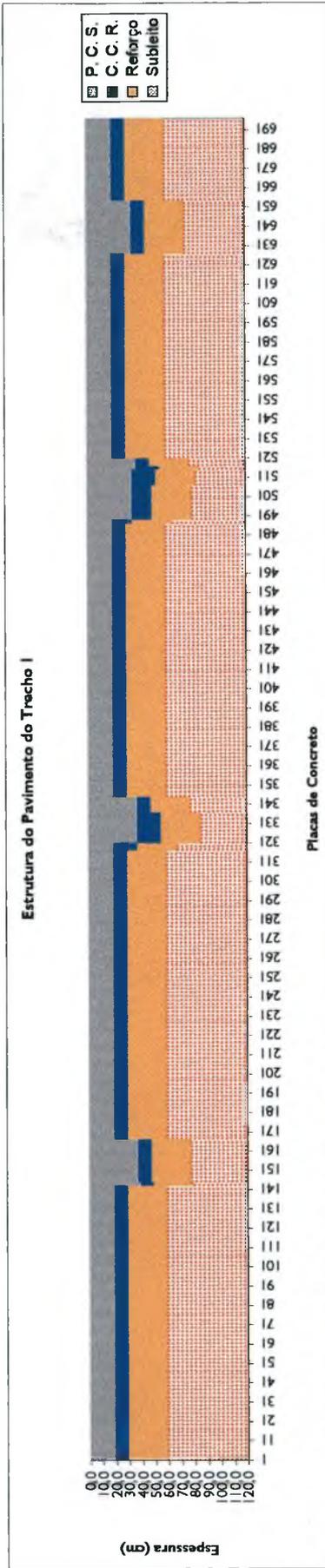


FIGURA 3.40 - Estrutura do Pavimento do Trecho I

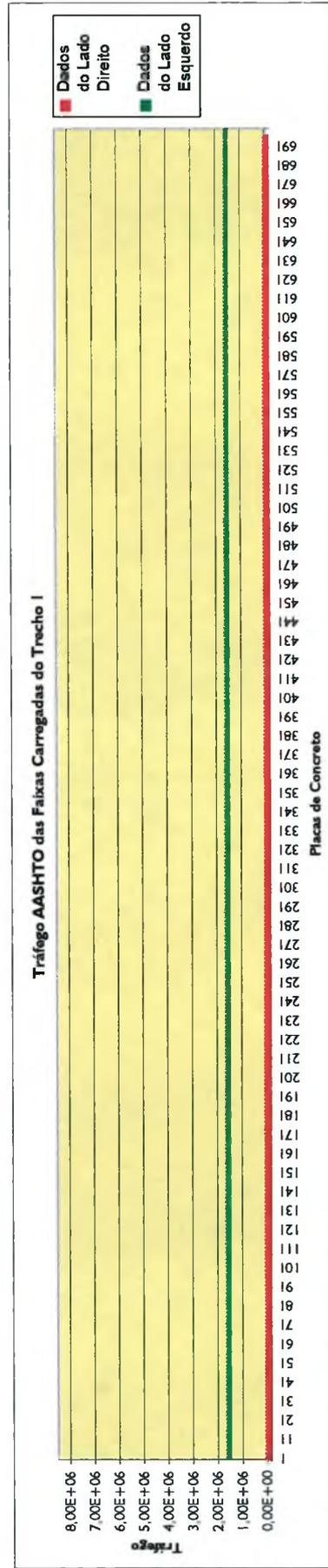


FIGURA 3.41 - Tráfego AASHTO do Trecho I

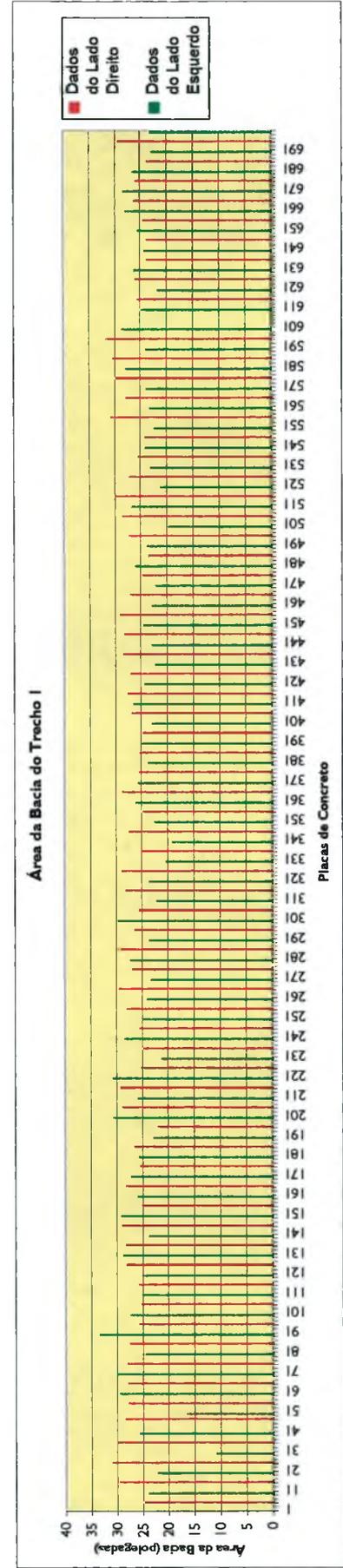


FIGURA 3.42 - Área da Bacia do Trecho I

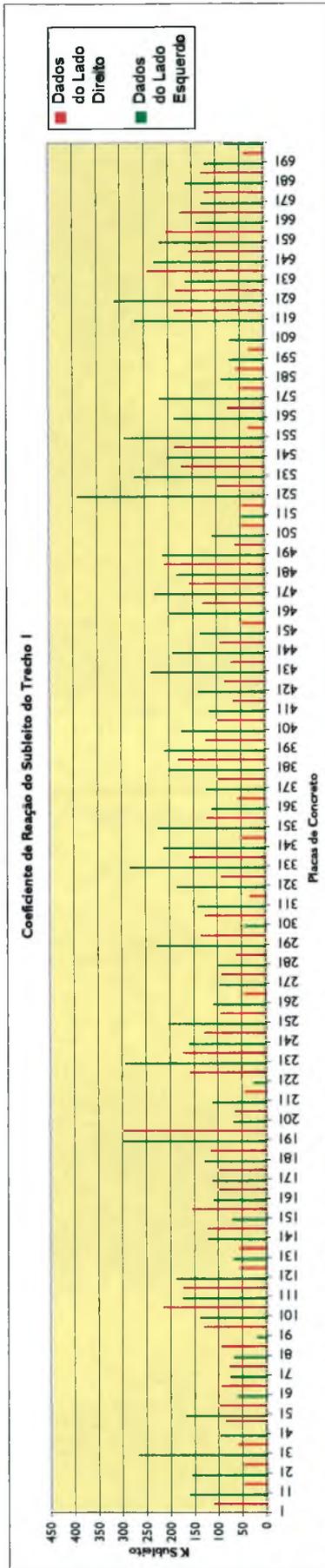


FIGURA 3.43 - Coeficiente de Reação do Subleito do Trecho I

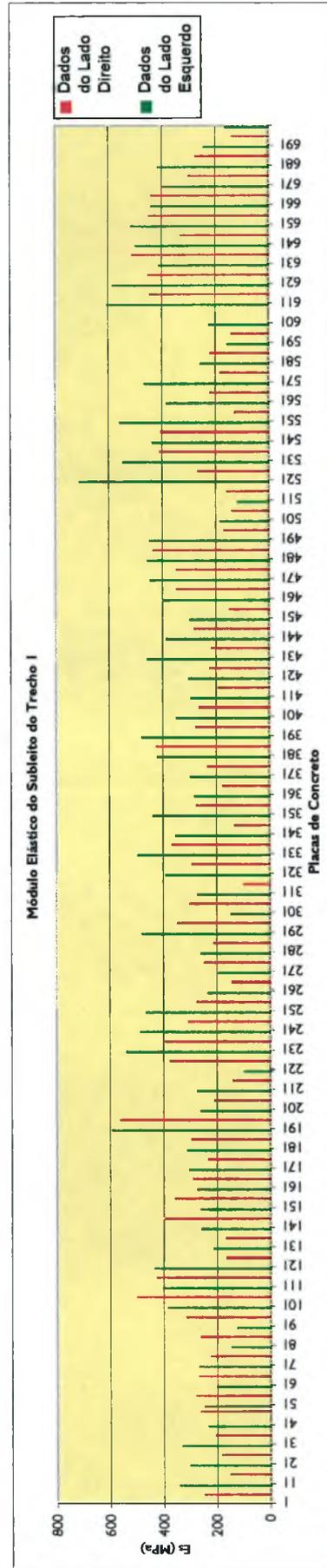


FIGURA 3.44 - Módulo Elástico do Subleito do Trecho I

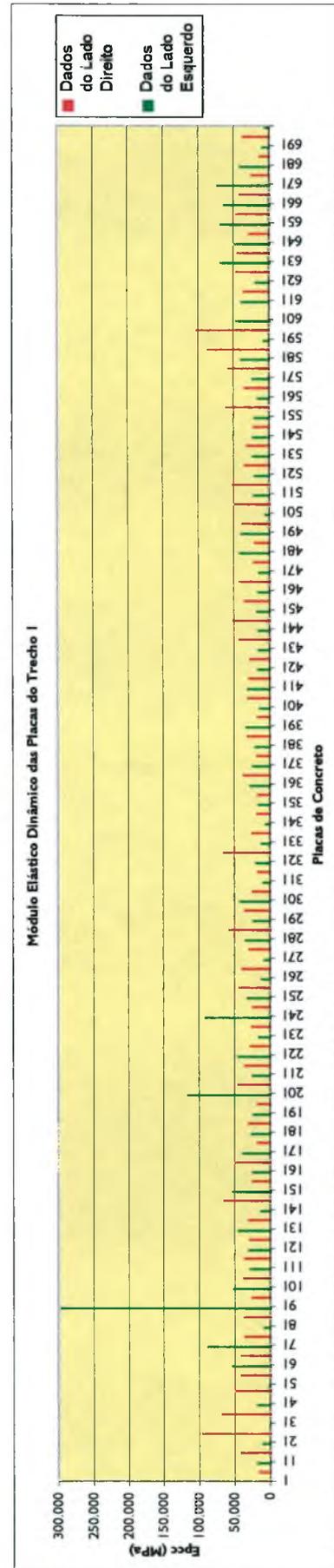


FIGURA 3.45 - Módulo Elástico Dinâmico das Placas do Trecho I

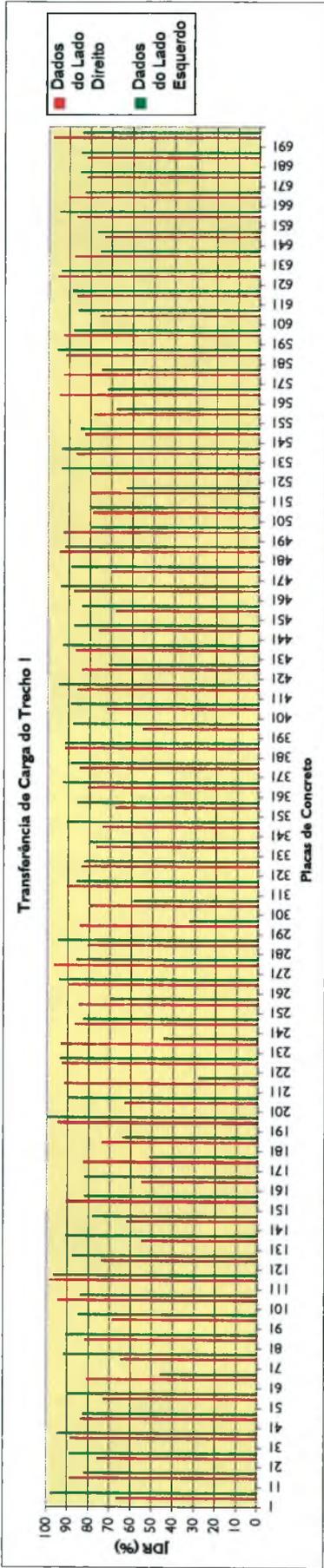


FIGURA 3.46 - Transferência de Carga do Trecho I

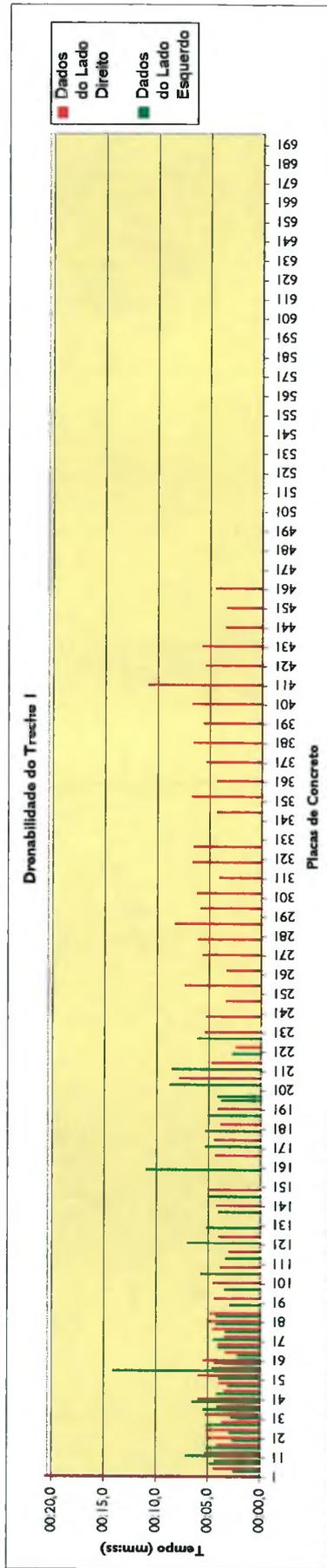


FIGURA 3.47 - Drenabilidade do Trecho I

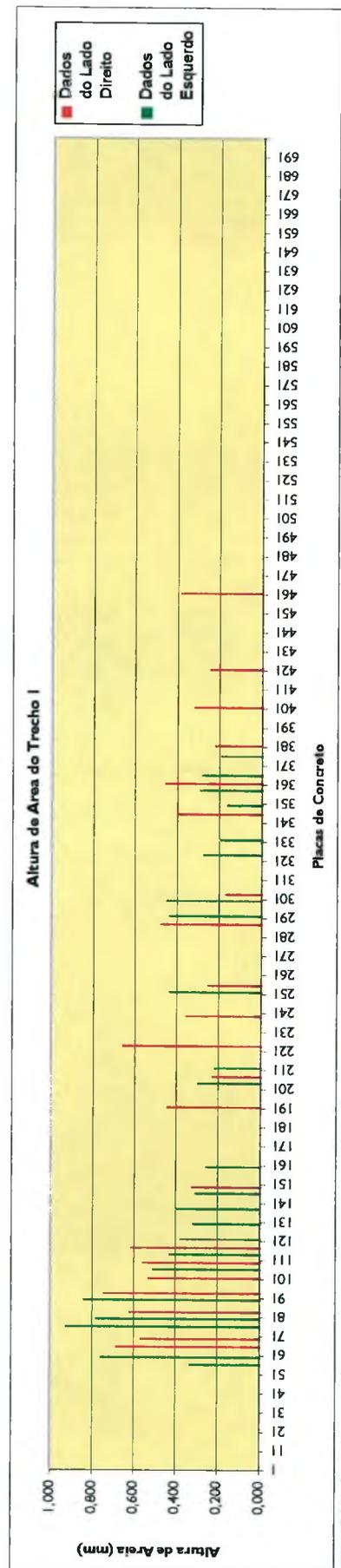


FIGURA 3.48 - Altura de Areia do Trecho I

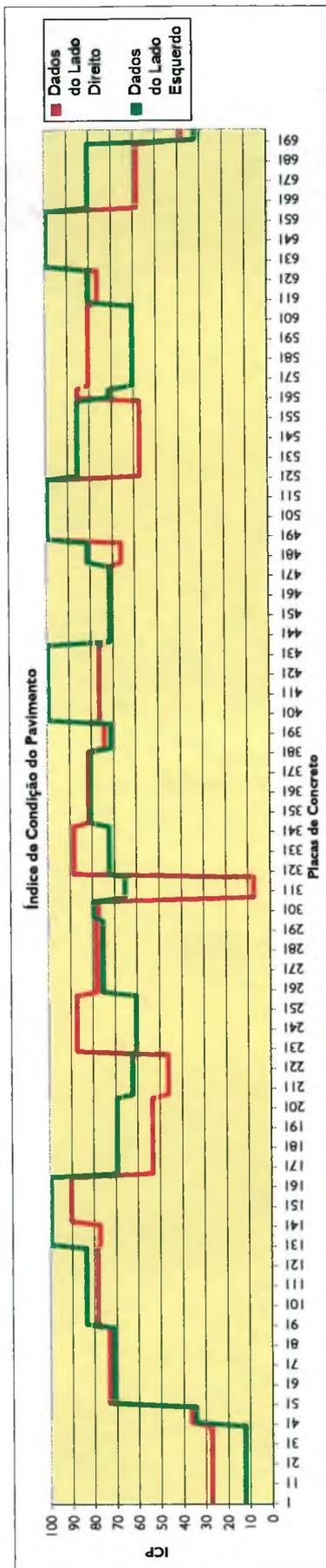


FIGURA 3.49 - Índice de Condição do Pavimento do Trecho I

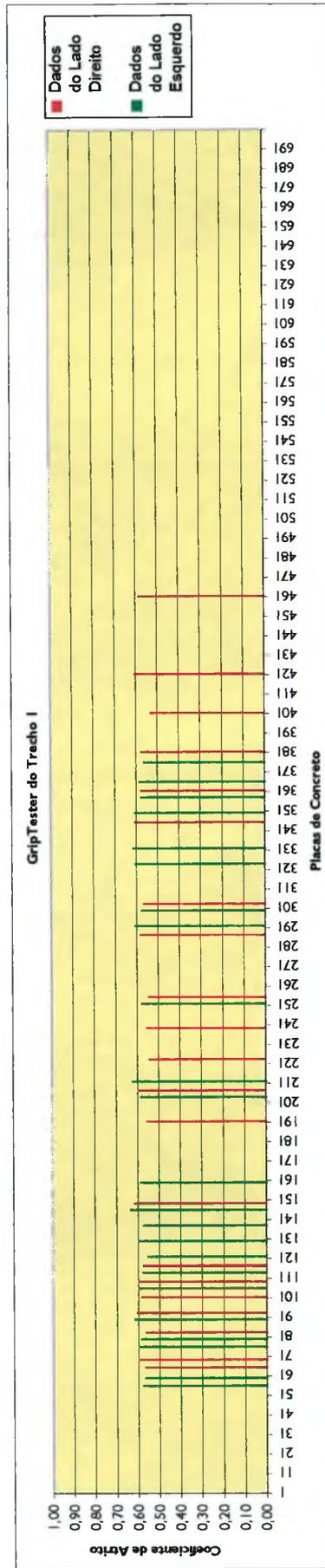


FIGURA 3.50 - GripTester do Trecho I

4. ANÁLISE DOS DADOS E DO COMPORTAMENTO DOS PAVIMENTOS

4.1. Divisão dos Segmentos Homogêneos

Previamente a análise, apresenta-se através de Fluxograma da Figura 4.1 a rotina de determinação dos segmentos homogêneos.



FIGURA 4.1 - Definição dos Segmentos Homogêneos.

A definição dos segmentos homogêneos consistiu em delimitar os trechos, Fábrica, A, C e 1. Esses trechos foram escolhidos em função das características de cada estrutura de pavimento e em função das informações históricas existentes efetuou-se a delimitação preliminar dos segmentos homogêneos.

O trecho Fábrica consiste de estruturas de Pavimento de Concreto Simples e de Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado, com espessuras variadas, tráfego diferenciado assente sobre sub-base em CCR e executados em 1998 com régua vibratória. Para tanto, inicialmente foi dividido em três segmentos homogêneos, sendo

1 em Pavimento de Concreto Simples e os demais em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados.

O trecho A integralmente em Pavimentos de Concreto Simples com espessuras de placas e sub-base em CCR variáveis e executadas com pavimentadora Wirtgen SP-500.

As características das estruturas do trecho C consistem em Pavimentos de Concreto Simples com espessuras de placa variáveis, porém assentes sobre sub-base granular de espessura constante de 15cm e executada também com a pavimentadora Wirtgen SP-500 em maio de 2000.

Os trechos A e C foram inicialmente divididos, respectivamente em três e dois segmentos homogêneos, levando-se em consideração as estruturas dos pavimentos.

Finalmente o trecho 1 executado em 1988 com régua vibratória, consistindo de Pavimento em Concreto Simples na espessura de 18cm assentes sobre sub-base em CCR de 10cm, e em função de reabilitações ocorridas em 1999, foi dividido em Pavimentos Reabilitados Parcialmente (RP), Reabilitados Integralmente (RI) e Não Reabilitados (NR).

Dando continuidade ao fluxograma de definição dos segmentos homogêneos, construíram-se gráficos e verificaram-se os resultados das avaliações visuais, do tráfego e por estruturas e em seguida procederam-se a redistribuição dos segmentos homogêneos, conforme mostra a Figura 4.2 e as Tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.

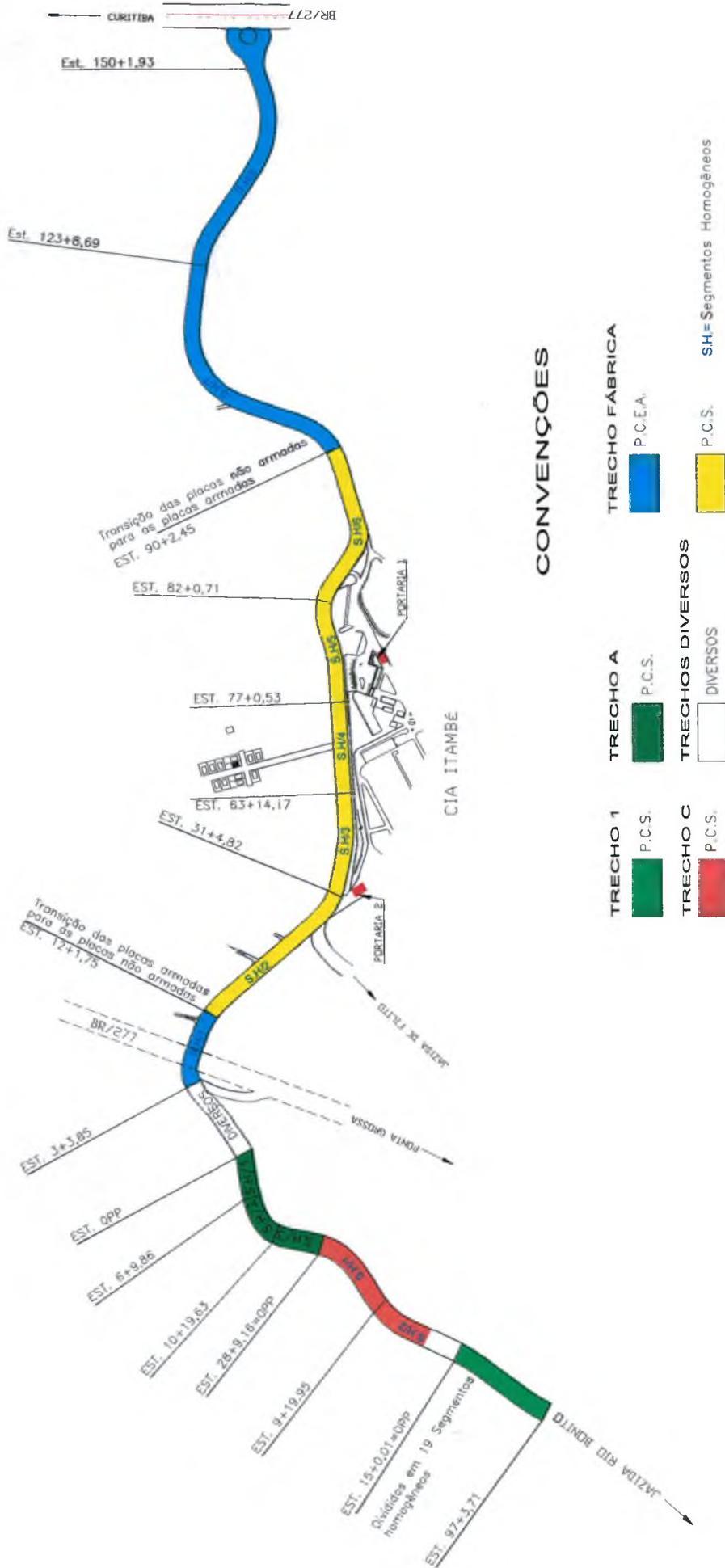


FIGURA 4.2 – Divisão dos Segmentos Homogêneos

TABELA 4.1 – Segmentos Homogêneos do Trecho Fábrica

Nº do Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo		Lado Direito	
	Intervalo de Estaqueamento	Intervalos de Placa	Intervalos de Estaqueamento	Intervalos de Placas
1*	3+3,85 A 12+1,75	2 A 26	3+3,85 A 12+1,75	1 A 25
2#	12+1,75 A 31+4,82	28 A 180	12+1,75 A 31+4,82	27 A 179
3#	31+4,82 A 63+14,17	182 A 440	31+4,82 A 63+14,17	181 A 439
4#	63+14,17 A 77+0,53	442 A 546	63+14,17 A 77+0,53	441 A 545
5#	77+0,53 A 82+0,71	548 A 586	77+0,53 A 82+0,71	547 A 585
6#	82+0,71 A 90+2,45	588 A 650	82+0,71 A 90+2,45	587 A 649
7*	90+2,45 A 123+8,69	652 A 740	90+2,45 A 123+8,69	651 A 739
8*	123+8,69 A 150+1,93	742 A 812	123+8,69 A 150+1,93	741 A 811

* Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados; e

Segmentos Homogêneos em Pavimento de Concreto Simples.

TABELA 4.2 – Segmentos Homogêneos do Trecho A

Nº do Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo		Lado Direito	
	Intervalo de Estaqueamento	Intervalos de Placa	Intervalos de Estaqueamento	Intervalos de Placas
1#	OPP A 06+9,86	2 A 52	OPP A 06+9,86	1 A 51
2#	06+9,86 A 10+19,63	54 A 88	06+9,86 A 10+19,63	53 A 87
3#	10+19,63 A 28+9,16	90 A 228	10+19,63 A 28+9,16	89 A 227

Segmentos Homogêneos em Pavimento de Concreto Simples.

TABELA 4.3 – Segmentos Homogêneos do Trecho C

Nº do Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo		Lado Direito	
	Intervalo de Estaqueamento	Intervalos de Placa	Intervalos de Estaqueamento	Intervalos de Placas
1#	OPP A 9+19,95	2 A 80	OPP A 9+19,95	1 A 79
2#	9+19,95 A 15+0,01	82 A 120	9+19,95 A 15+0,01	81 A 119

Segmentos Homogêneos em Pavimento de Concreto Simples.

TABELA 4.4 – Segmentos Homogêneos do Trecho 1

Nº do Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo		Lado Direito	
	Intervalo de Estaqueamento	Intervalos de Placa	Intervalos de Estaqueamento	Intervalos de Placas
1(NR)	OPP A 06+14,01	2 A 50	OPP A 06+14,01	1 A 49
2(RP)	06+14,01 A 19+6,11	52 A 142	06+14,01 A 19+6,11	51 A 141
3(RI)	19+6,11 A 22+11,99	144 A 166	19+6,11 A 22+11,99	143 A 165
4(RP)	22+11,99 A 31+2,21	168 A 228	22+11,99 A 31+2,21	167 A 227
5(NR)	31+2,21 A 35+4,48	230 A 258	31+2,21 A 35+4,48	229 A 257
6(RP)	35+4,48 A 40+8,77	260 A 296	35+4,48 A 40+8,77	259 A 295
7(RP)	40+8,77 A 41+16,30	298 A 306	40+8,77 A 41+16,30	297 A 305
8(NR)	41+16,30 A 43+9,11	308 A 318	41+16,30 A 43+9,11	307 A 317
9(RI)	43+9,11 A 47+0,50	320 A 344	43+9,11 A 47+0,50	319 A 343
10(RP)	47+0,50 A 52+5,59	346 A 382	47+0,50 A 52+5,59	345 A 381
11(NR)	52+5,59 A 54+3,85	384 A 396	52+5,59 A 54+3,85	383 A 395
12(RP)	54+3,85 A 71+5,51	398 A 488	54+3,85 A 71+5,51	397 A 487
13(RI)	71+5,51 A 77+8,15	490 A 520	71+5,51 A 77+8,15	489 A 519
14(RP)	77+8,15 A 82+19,10	522 A 566	77+8,15 A 82+19,10	521 A 565
15(RP)	82+19,10 A 85+11,02	568 A 608	82+19,10 A 85+11,02	567 A 607
16(NR)	85+11,02 A 89+13,37	610 A 626	85+11,02 A 89+13,37	609 A 625
17(RI)	89+13,37 A 94+3,05	628 A 656	89+13,37 A 94+3,05	627 A 655
18(NR)	94+3,05 A 95+16,21	658 A 690	94+3,05 A 95+16,21	657 A 689
19(NR)	95+16,21 A 97+3,71	692 A 702	95+16,21 A 97+3,71	691 A 701

(RP) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente;

(RI) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados; e

(NR) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados.

4.2. Análise da Condição de Superfície dos Pavimentos

A análise da condição de superfície dos pavimentos consistiu na avaliação dos dados dos levantamentos de defeitos de superfície, deflectométricos e aderência com o objetivo de obter informações para avaliar a condição funcional e estrutural dos pavimentos do estudo de caso, bem como, os procedimentos usuais de levantamentos de condição.

4.2.1. Análise dos Levantamentos de Defeitos de Superfície

Para a análise dos defeitos de superfície dos trechos foram utilizadas as Normas do DNER 48 (DNER, 1989)^[31], DNER 49 (DNER, 1989)^[31] e DNER 50/89 (DNER, 1989)^[31], respectivamente, Norma para Inspeção de Pavimentos Rígidos, Defeitos nos Pavimentos Rígidos Terminologia e Norma para Avaliação Objetiva de Pavimentos Rígidos.

O objetivo principal foi a determinação do Índice de Condição do Pavimento (ICP), que representa a medida da condição global do pavimento, capaz de fornecer informações para a verificação das condições da rodovia, bem como, para o estabelecimento de políticas de manutenção, prevenção e recuperação (DNER, 1992)^[29].

Para a determinação do ICP, foram realizados os levantamentos de defeitos de superfície através de inspeções em todos os trechos. Os resultados são apresentados nas Figuras 4.3 a 4.19.

Com os resultados do Índice de Condição das amostras individuais, efetuou-se inicialmente o cálculo do índice de condição médio da miscelânea de resultados, de todo o trecho, por segmento homogêneo, tipo de pavimento e tráfego.

Destaca-se que a Norma DNER 50 (DNER, 1989)^[29], determina que quando a inspeção é realizada em todo o trecho, o “valor do ICP do trecho será a média dos valores dos ICP obtidos para as amostras. Esse critério, também é válido para a inspeção por amostragem desde que não se tenha amostras adicionais”.

Na Tabela 4.5 são demonstrados os resultados.

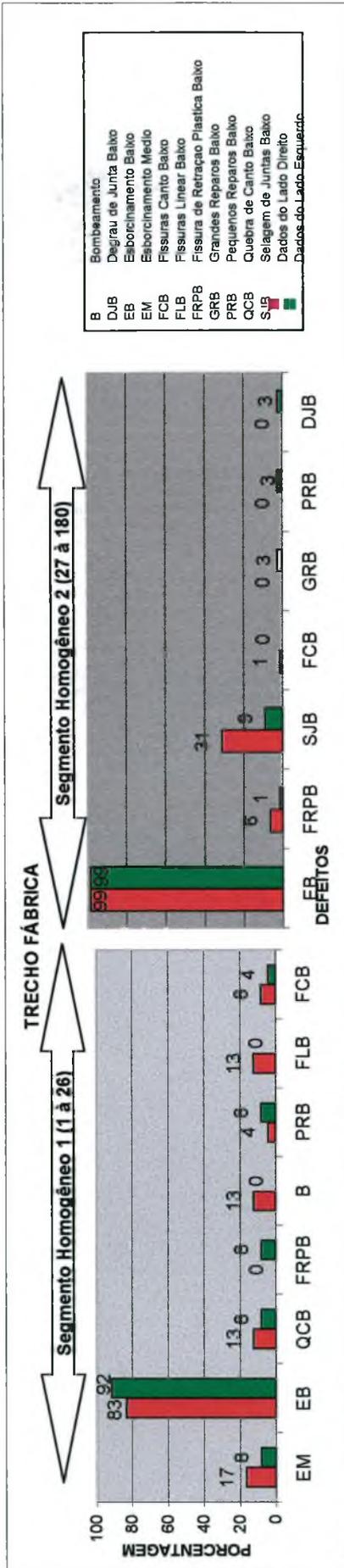


FIGURA 4.3 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho Fábrica

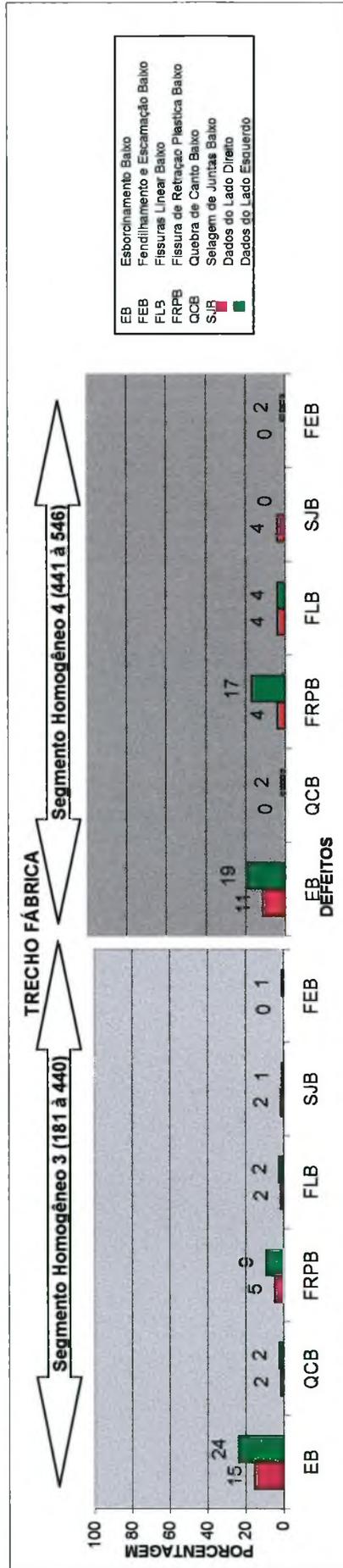


FIGURA 4.4 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 3 e 4 do Trecho Fábrica

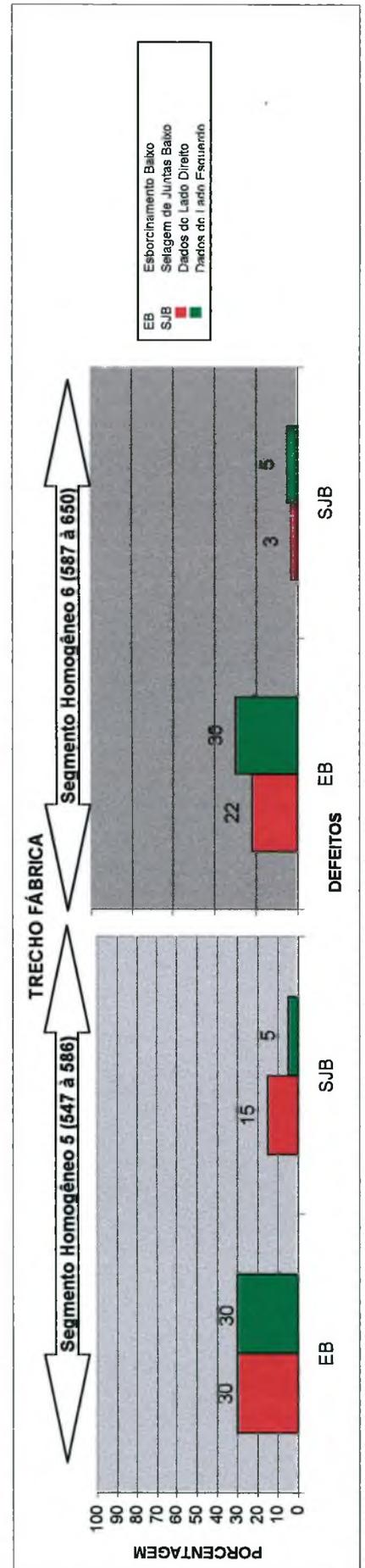


FIGURA 4.5 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 5 e 6 do Trecho Fábrica

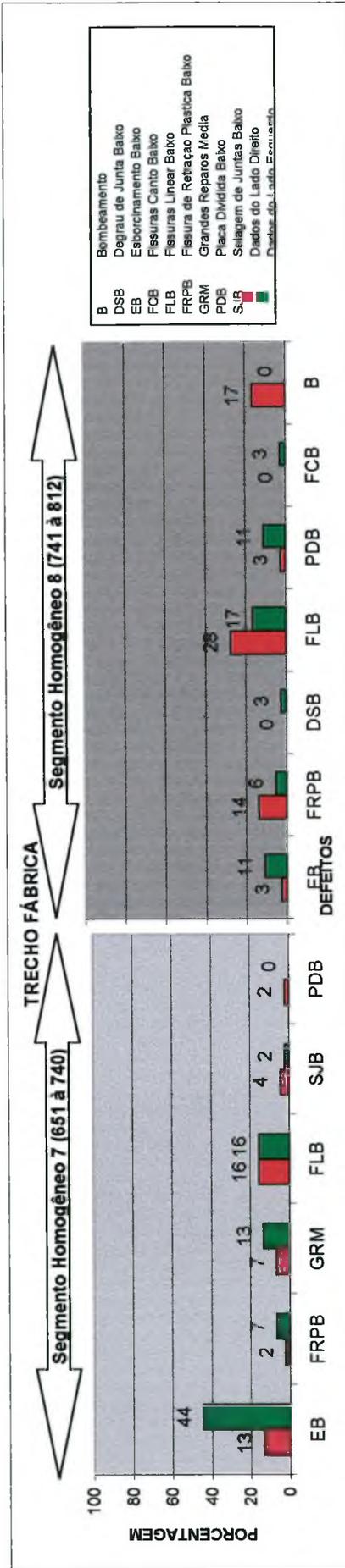


FIGURA 4.6 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 7 e 8 do Trecho Fábrica

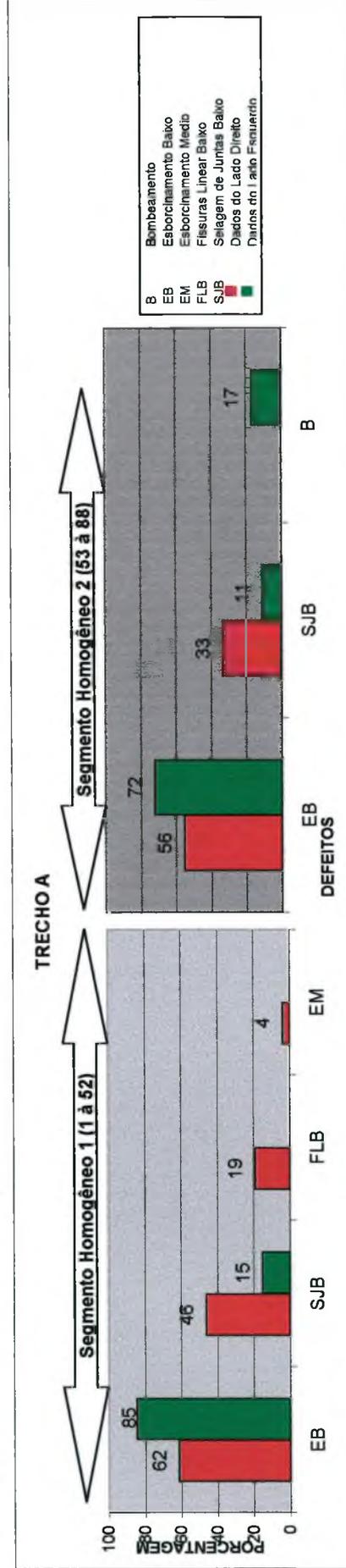


FIGURA 4.7 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho A

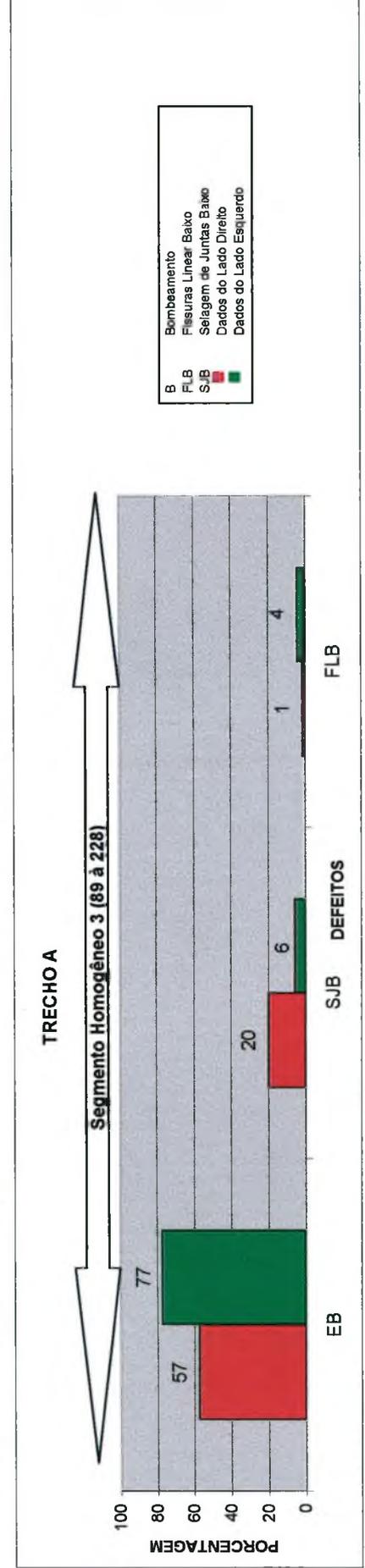


FIGURA 4.8 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 3 do Trecho A

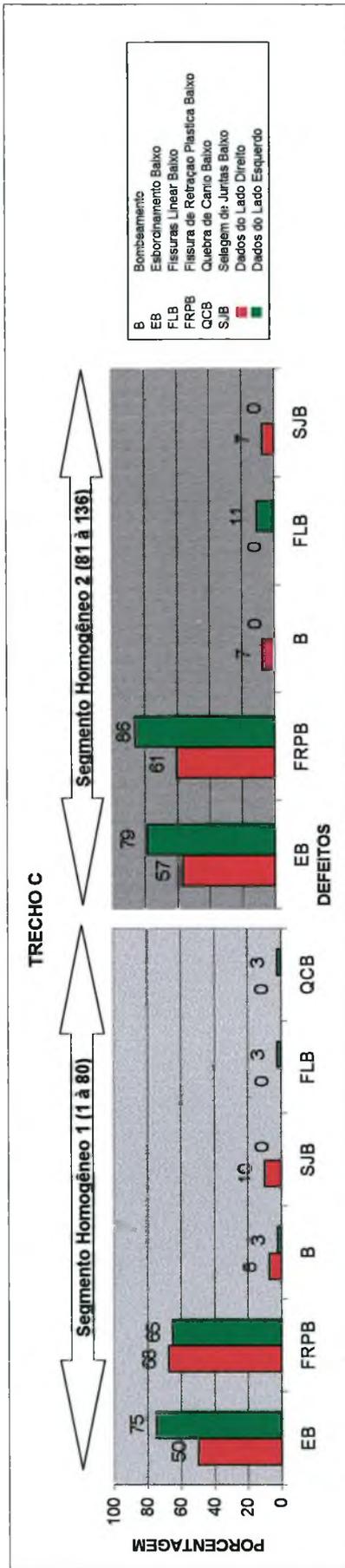


FIGURA 4.9 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho C

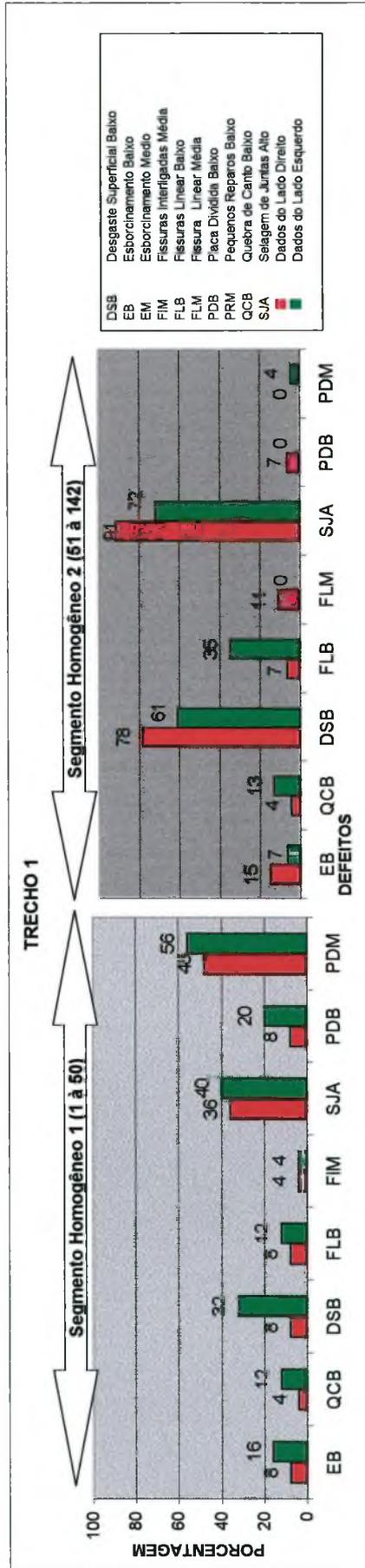


FIGURA 4.10 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 1 e 2 do Trecho 1

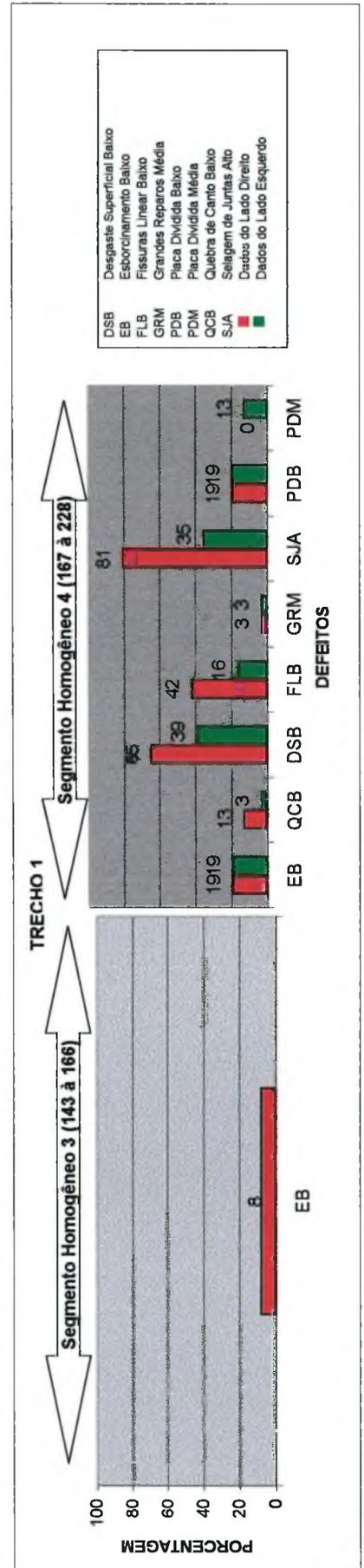


FIGURA 4.11 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 3 e 4 do Trecho 1

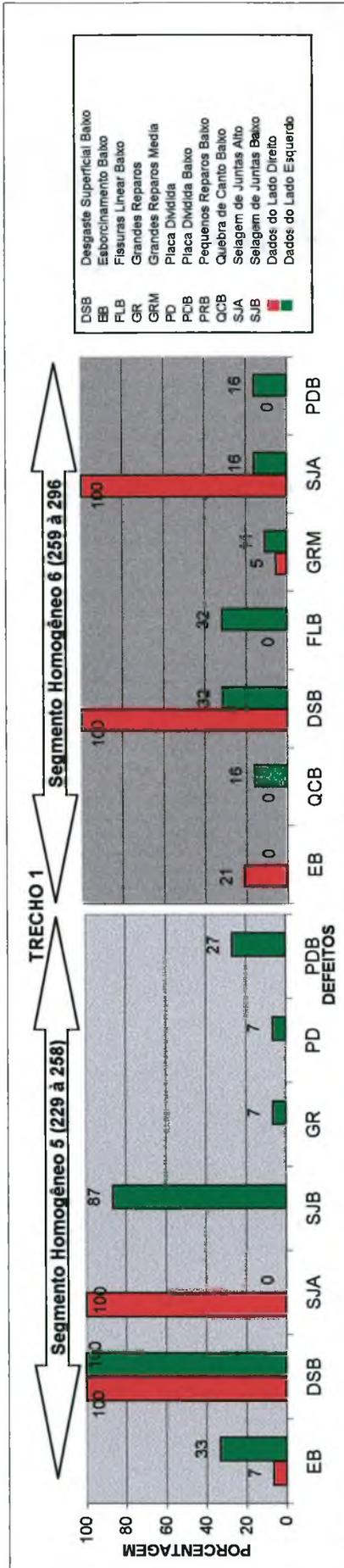


FIGURA 4.12 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 5 e 6 do Trecho 1

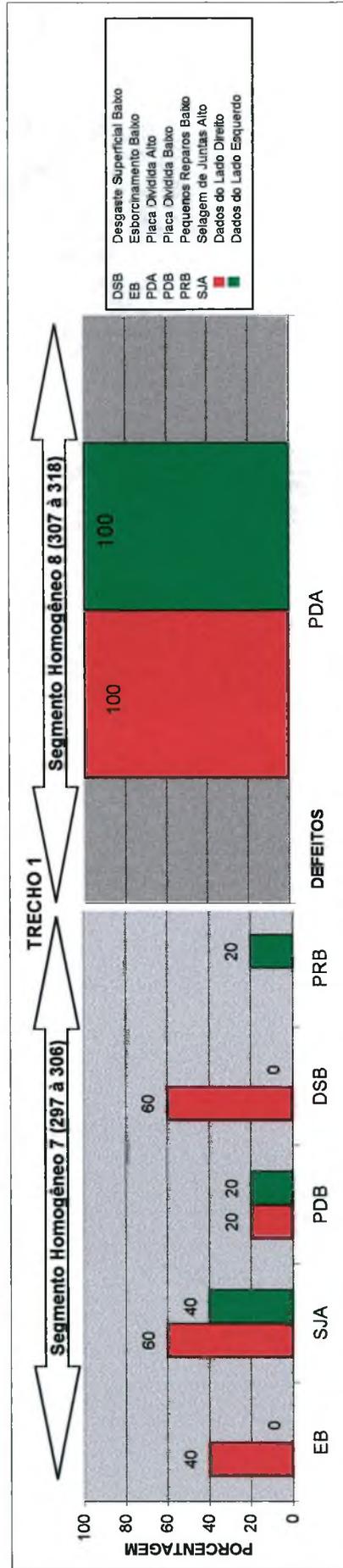


FIGURA 4.13 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 7 e 8 do Trecho 1

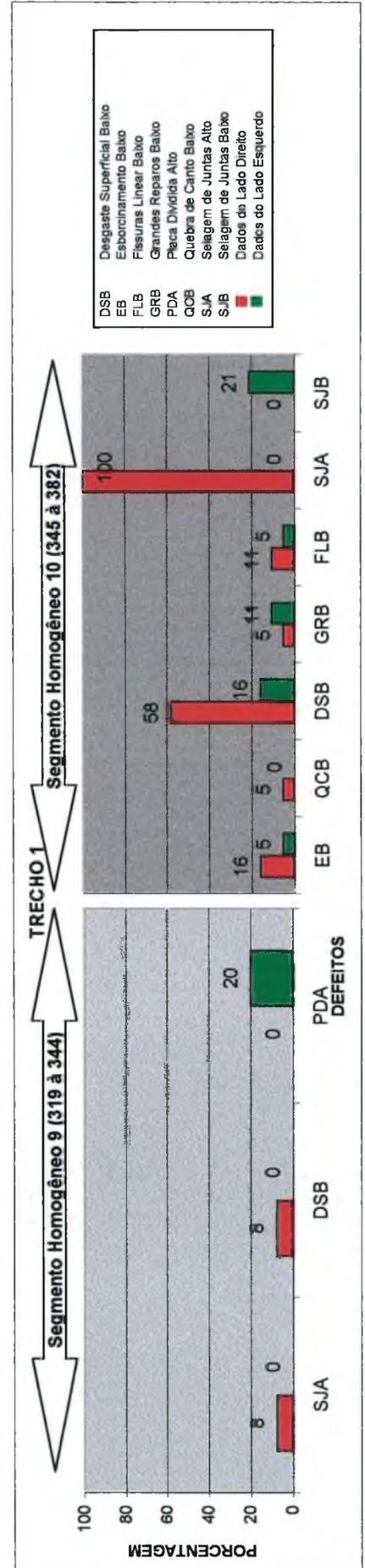


FIGURA 4.14 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 9 e 10 do Trecho 1

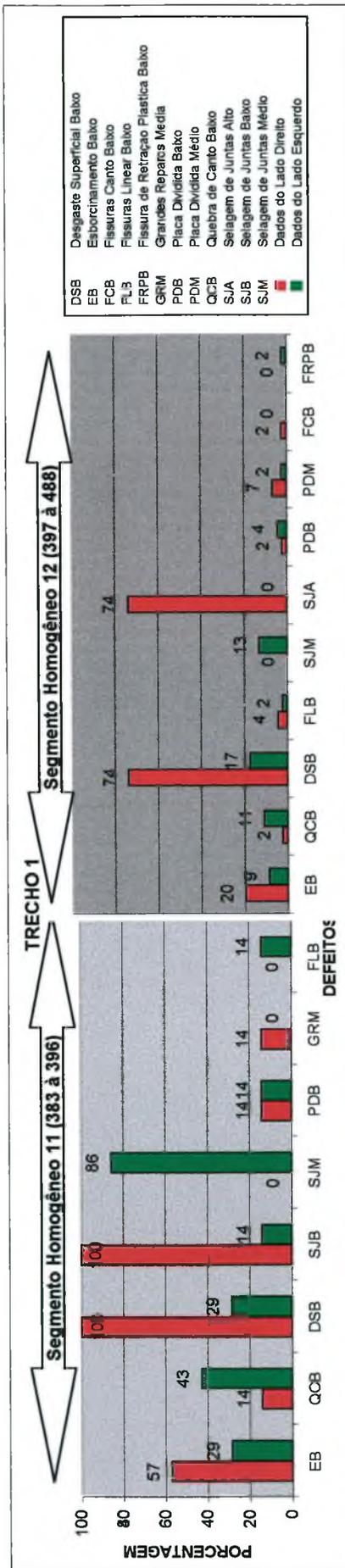


FIGURA 4.15 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 11 e 12 do Trecho 1

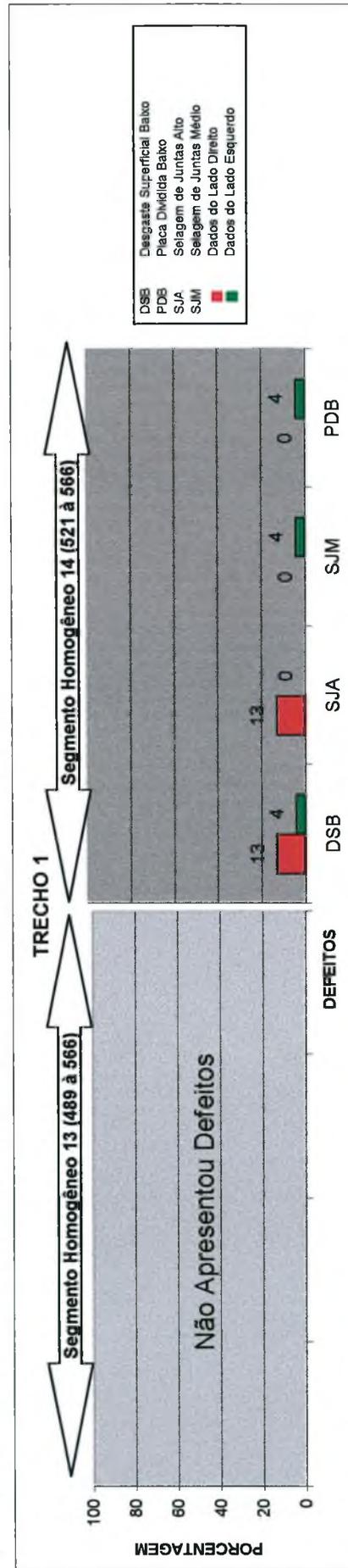


FIGURA 4.16 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 13 e 14 do Trecho 1

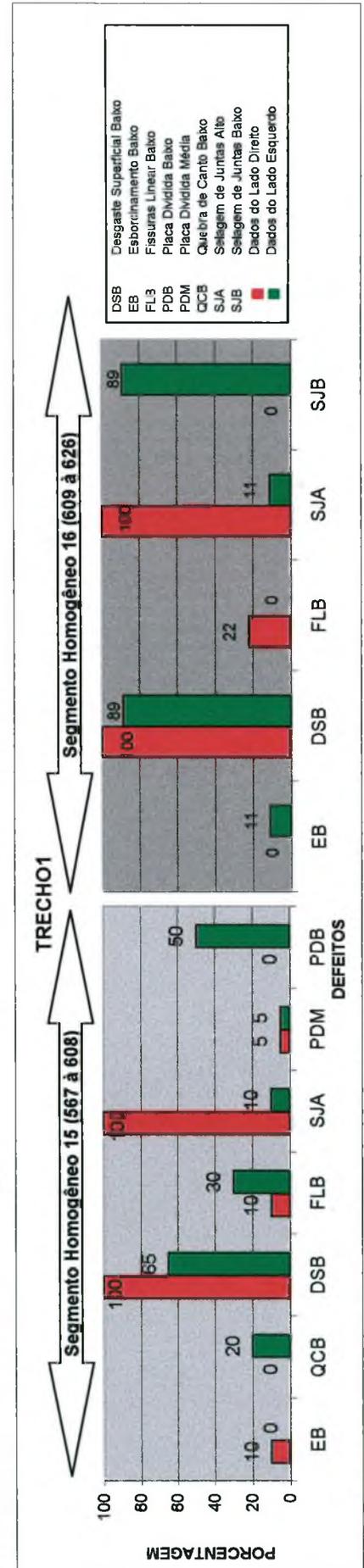


FIGURA 4.17 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 15 e 16 do Trecho 1

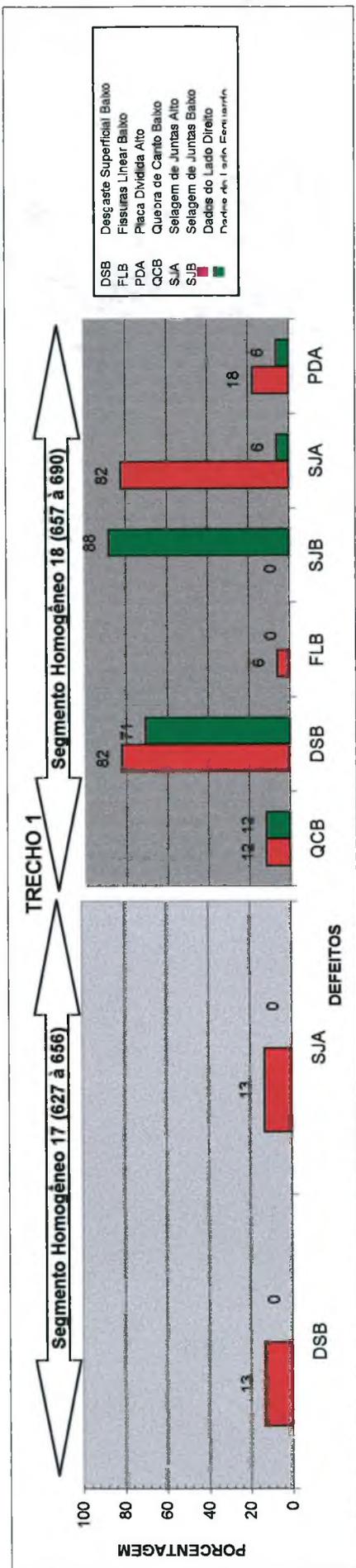


FIGURA 4.18 - Defeitos dos Segmentos Homogêneos 17 e 18 do Trecho 1

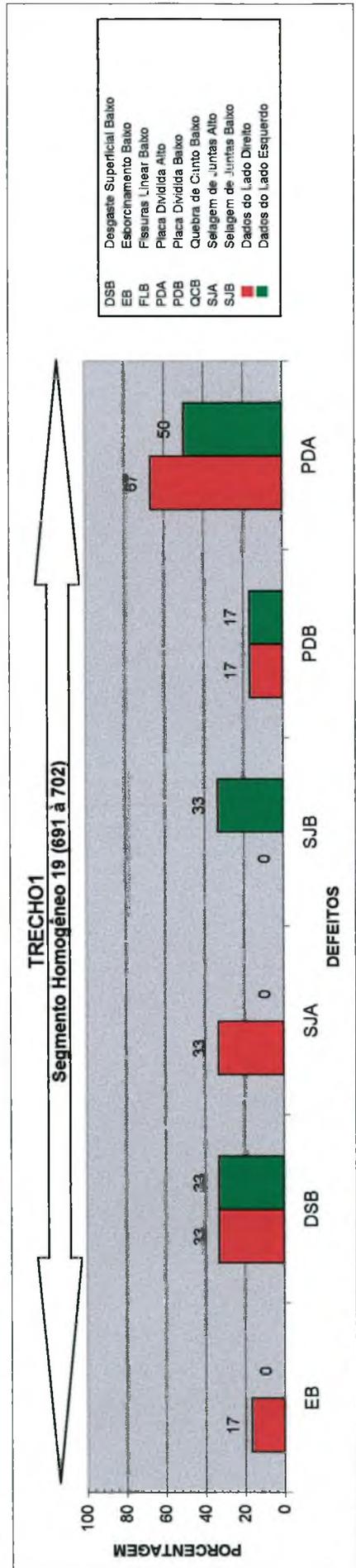


FIGURA 4.19 - Defeitos do Segmento Homogêneo 19 do Trecho 1

TABELA 4.5 - Índice de Condição Médio da Miscelânea de Resultados

LADO DIREITO							LADO ESQUERDO					
Amostra	Placas Impares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			Amostra	Placas Pares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			
			Nota	MÉDIA					Nota	MÉDIA		
				por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego					por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego	
1	01-21	1*	72			28	02-22	1*	84			
2	22-25	1*	75	73,5	73,5	29	24-26	1*	85	84,5	84,5	
3	27-65	2#	86			28	28-66	2#	84			
4	67-105	2#	85			29	68-108	2#	84			
5	107-145	2#	86			30	109-148	2#	84			
6	147-179	2#	88	86,3	86,3	31	149-180	2#	87	84,8		
7	181-219	3#	84			32	182-220	3#	86			
8	221-259	3#	84			33	222-260	3#	85			
9	261-299	3#	100			34	302-302	3#	87			
10	301-339	3#	86			35	302-340	3#	85			
11	341-379	3#	86			36	342-380	3#	86			
12	381-419	3#	86			37	382-420	3#	86			
13	421-439	3#	92	94,8	94,8	38	422-440	3#	94	93,0	90,0	
14	441-479	4#	100			39	442-480	4#	89			
15	481-519	4#	91			40	482-520	4#	92			
16	521-545	4#	90			41	522-546	4#	100	93,7		
17	547-585	6#	91	91,0	91,0	42	548-586	5#	91	91,0		
18	587-625	6#	93			43	588-626	6#	97			
19	627-649	6#	96	94,5	93,5	44	628-650	6#	95	96,0	94,0	
20	651-689	7#	79			45	652-690	7#	74			
21	691-729	7#	100			46	692-730	7#	85			
22	731-738	7#	82	87,0		47	732-740	7#	90	83,0		
23	741-779	8#	72			48	742-780	8#	78			
24	781-811	8#	89			49	782-812	8#	90			
25	813-825	8#	100	87,0	87,0	50	814-826	8#	95	87,7	85,3	
MÉDIA			88,5	88,4	87,0	MÉDIA			89,4	89,3	88,5	
DESVIO PADRÃO			8,6	7,0	8,4	DESVIO PADRÃO			6,5	4,9	4,4	

LADO DIREITO							LADO ESQUERDO					
Amostra	Placas Impares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			Amostra	Placas Pares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			
			Nota	MÉDIA					Nota	MÉDIA		
				por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego					por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego	
1	01-39	1#	81			16	02-40	1#	86			
2	41-51	1#	85	83,0	83,0	17	42-52	1#	89	87,5	87,5	
3	53-87	2#	88	88,0	88,0	18	54-88	2#	89	89,0	89,0	
4	89-127	3#	86			19	90-128	3#	85			
5	129-167	3#	87			20	130-168	3#	79			
6	169-207	3#	87			21	170-208	3#	86			
7	209-227	3#	91	87,8	87,8	22	210-228	3#	86	84,0	84,0	
MÉDIA			86,43	86,3	86,3	MÉDIA			85,71	86,8	86,8	
DESVIO PADRÃO			3,0	2,8	2,8	DESVIO PADRÃO			3,35	2,6	2,6	

LADO DIREITO							LADO ESQUERDO					
Amostra	Placas Impares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			Amostra	Placas Pares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			
			Nota	MÉDIA					Nota	MÉDIA		
				por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego					por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego	
1	1-39	1#	86			9	2-40	1#	80			
2	41-79	1#	82	84,0	84,0	10	42-80	1#	80	80,00	80,00	
3	81-119	2#	85	85	85	11	82-120	2#	81	81	81	
MÉDIA			84,3	84,5	84,5	MÉDIA			80,3	80,5	80,5	
DESVIO PADRÃO			2,98	0,71	0,71	DESVIO PADRÃO			0,6	0,7	0,7	

LADO DIREITO							LADO ESQUERDO					
Amostra	Placas Impares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			Amostra	Placas Impares	Segmento Homogêneo	Índice de Condição do Pavimento			
			Nota	MÉDIA					Nota	MÉDIA		
				por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego					por segmento homogêneo	por tipo de pavimento e tráfego	
1	01-39	1 (NR)	28			27	02-40	1 (NR)	13			
2	41-49	1 (NR)	37	32,5	32,5	28	42-50	1 (NR)	35	24,0	24,0	
3	51-89	2 (RP)	74			29	52-90	2 (RP)	72			
4	91-129	2 (RP)	79			30	92-130	2 (RP)	84			
5	131-141	2 (RP)	78	77,0	77,0	31	132-142	2 (RP)	100	85,3	85,3	
6	143-185	3 (RI)	91	91,0	91,0	32	144-186	3 (RI)	100	100,0	100,0	
7	167-209	4 (RP)	54			33	168-208	4 (RP)	70			
8	207-227	4 (RP)	47	50,5	50,5	34	208-228	4 (RP)	63	66,5	66,5	
9	229-257	5 (NR)	88	88,0	88,0	35	230-258	5 (NR)	81	81,0	81,0	
10	259-295	6 (RP)	79	79,0	79,0	36	260-296	6 (RP)	76	76,0	76,0	
11	297-305	7 (RP)	78	78,0	78,0	37	298-306	7 (RP)	80	80,0	80,0	
12	307-317	8 (NR)	8	8,0	8,0	38	308-318	8 (NR)	8	8,0	8,0	
13	319-343	9 (RI)	89	89,0	89,0	39	320-344	9 (RI)	73	73,0	73,0	
14	345-381	10 (RP)	82	82,0	82,0	40	346-382	10 (RP)	81	81,0	81,0	
15	383-395	11 (NR)	75	75,0	75,0	41	384-396	11 (NR)	72	72,0	72,0	
16	397-435	12 (RP)	77			42	398-436	12 (RP)	100			
17	437-475	12 (RP)	72			43	438-476	12 (RP)	72			
18	477-487	12 (RP)	67	72,0	72,0	44	478-488	12 (RP)	82	84,7	84,7	
19	489-519	13 (RI)	100	100,0	100,0	45	490-520	13 (RI)	100	100,0	100,0	
20	521-559	14 (RP)	88			46	522-560	14 (RP)	86			
21	561-585	14 (RP)	86	72,0	72,0	47	562-586	14 (RP)	72	79,0	79,0	
22	587-607	15 (RP)	81	81,0	81,0	48	588-608	15 (RP)	81	81,0	81,0	
23	609-625	16 (NR)	77	77,0	77,0	49	610-626	16 (NR)	81	81,0	81,0	
24	627-655	17 (RI)	100	100,0	100,0	50	628-656	17 (RI)	100	100,0	100,0	
25	657-689	18 (NR)	59	59,0	59,0	51	658-690	18 (NR)	81	81,0	81,0	
26	691-701	19 (NR)	39	39,0	39,0	52	692-702	19 (NR)	33	33,0	33,0	
MÉDIA			66,38	71,1	71,1	MÉDIA			71,38	70,9	70,9	
DESVIO PADRÃO			22,1	23,8	23,8	DESVIO PADRÃO			24,9	25,0	25,0	

OBS.: ESCALA DE AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO PAVIMENTO

CONCEITO: Excelente | Muito Bom | Bom | Razoável | Ruim | Muito Ruim | Destruído

ICP: 100 | 85 | 70 | 55 | 40 | 25 | 10 | 0

* Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;
Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples;
(NR) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados;
(RP) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente; e
(RI) Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados.

Na seqüência simulou-se a aplicação do Método de Amostragem Sistemática – DNER 48/89 (DNER, 1989)^[31], que consiste, estatisticamente, em estabelecer um lote mínimo de amostras (n) a serem inspecionados.

Esse método consiste em aplicar a equação:

$$n = \frac{NS^2}{\frac{e^2}{4} \cdot (N - 1) + S^2} \quad (4.1)$$

onde:

n = número mínimo de amostras a serem inspecionadas;

N = número total de amostras do trecho;

e = faixa admissível de erro na avaliação com grau de confiança de 95%; e

S = desvio padrão da média dos resultados individuais do índice de condição do pavimento.

Observa-se que para a aplicação do método deve-se inicialmente adotar valores de S entre 8 e 14, preferencialmente 10. É aconselhável que seja efetuado o cálculo do desvio padrão S para as primeiras amostras inspecionadas, com o objetivo de verificar o valor inicialmente adotado. Caso o desvio padrão calculado seja maior do que o adotado, se faz necessário aumentar o número de amostras a serem inspecionados, sendo que o número de amostras (n) a serem inspecionadas em um trecho não deverá ser menor que cinco.

Dessa maneira, adotou-se desvios padrões para os trechos Fábrica e 1, os quais atendiam a condição de número de amostras superiores a 20 (DNER, 1989)^[29]. Calculou-se o número mínimo de amostras a serem inspecionados em cada um dos trechos e o intervalo entre as amostras (i), por meio da relação $i = N/n$, e determinaram-se aleatoriamente as amostras iniciais (DNER, 1989)^[29].

Os resultados das amostragens sistemáticas para o trecho 1 são mostrados nas Tabelas 4.6 e 4.7, enquanto para o trecho Fábrica é mostrado na Tabela 4.8 e 4.9.

TABELA 4.6 - Amostragem Sistemática do Trecho 1 do Lado Esquerdo

Amostra Aleatória 1	ICP	Amostra Aleatória 2	ICP	Amostra Aleatória 3	ICP	Amostra Aleatória 4	ICP	Amostra Aleatória 5	ICP	Amostra Aleatória 6	ICP	Amostra Aleatória 7	ICP	Amostra Aleatória 8	ICP	Amostra Aleatória 9	ICP	M E D I A D A D D A S
29 (RP)	72	39 (RI)	73	43 (RP)	72	38 (RI)	72	40 (RP)	72	41 (NR)	72	34 (RP)	61	30 (RP)	64	37 (RP)	60	
31 (RP)	100	41 (NR)	73	45 (RI)	100	49 (NR)	73	49 (NR)	100	50 (NR)	100	44 (RP)	81	40 (RP)	81	38 (NR)	6	
33 (RP)	70	43 (RP)	72	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	46 (RP)	81	41 (NR)	100	39 (RI)	73	
35 (NR)	61	45 (RI)	100	49 (NR)	81	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	42 (RP)	100	40 (RP)	71	
37 (RP)	80	47 (RP)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
39 (RI)	39 (RI)	49 (NR)	81	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
41 (NR)	72	51 (NR)	81	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
43 (RP)	72	27 (NR)	13	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
45 (RI)	100	29 (RP)	72	33 (RP)	100	46 (RP)	72	30 (RI)	84	31 (RP)	81	51 (NR)	81	47 (RP)	72	45 (RI)	100	
47 (RP)	72	31 (RP)	100	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
49 (NR)	81	33 (RP)	70	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	100	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		35 (NR)	72	40 (RP)	72	48 (RP)	72	33 (RP)	100	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	48 (RP)	72	
		41 (NR)	100	43 (RP)	72	49 (NR)	73	48 (RP)	72	49 (NR)	73	43 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		50 (NR)	100	45 (RI)	100	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		51 (NR)	100	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		52 (NR)	33	49 (NR)	73	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		53 (RP)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
		54 (RP)	72	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
		55 (NR)	81	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
		56 (RP)	72	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
		57 (NR)	81	33 (RP)	70	46 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		58 (NR)	70	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		59 (RI)	81	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		60 (NR)	100	40 (RP)	72	49 (NR)	73	48 (RP)	72	49 (NR)	73	43 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		61 (NR)	73	43 (RP)	72	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		62 (NR)	70	45 (RI)	100	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		63 (NR)	72	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		64 (NR)	72	49 (NR)	73	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		65 (NR)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
		66 (NR)	72	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
		67 (NR)	72	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
		68 (NR)	72	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
		69 (NR)	72	33 (RP)	70	46 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		70 (NR)	81	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		71 (NR)	70	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		72 (NR)	73	40 (RP)	72	49 (NR)	73	48 (RP)	72	49 (NR)	73	43 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		73 (NR)	72	43 (RP)	72	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		74 (NR)	72	45 (RI)	100	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		75 (NR)	72	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		76 (NR)	72	49 (NR)	73	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		77 (NR)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
		78 (NR)	72	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
		79 (NR)	72	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
		80 (NR)	72	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
		81 (NR)	72	33 (RP)	70	46 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		82 (NR)	81	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		83 (NR)	70	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		84 (NR)	73	40 (RP)	72	49 (NR)	73	48 (RP)	72	49 (NR)	73	43 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		85 (NR)	72	43 (RP)	72	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		86 (NR)	72	45 (RI)	100	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		87 (NR)	72	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		88 (NR)	72	49 (NR)	73	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		89 (NR)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
		90 (NR)	72	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
		91 (NR)	72	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
		92 (NR)	72	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
		93 (NR)	72	33 (RP)	70	46 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		94 (NR)	81	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		95 (NR)	70	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		96 (NR)	73	40 (RP)	72	49 (NR)	73	48 (RP)	72	49 (NR)	73	43 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		97 (NR)	72	43 (RP)	72	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		98 (NR)	72	45 (RI)	100	50 (NR)	100	49 (NR)	73	50 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		99 (NR)	72	47 (RP)	72	40 (NR)	72	50 (NR)	100	51 (NR)	100	44 (RP)	82	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		100 (NR)	72	49 (NR)	73	41 (NR)	81	51 (NR)	100	52 (NR)	33	45 (RP)	86	49 (NR)	73	49 (NR)	73	
		101 (NR)	72	51 (NR)	81	42 (RP)	100	52 (NR)	33	28 (RP)	35	47 (RP)	72	43 (RP)	72	41 (NR)	71	
		102 (NR)	72	27 (NR)	13	42 (RP)	72	27 (NR)	13	28 (RP)	35	48 (RP)	61	44 (RP)	81	42 (RP)	100	
		103 (NR)	72	29 (RP)	72	44 (RP)	72	29 (RP)	84	30 (RI)	84	49 (NR)	81	45 (RI)	100	43 (RP)	100	
		104 (NR)	72	31 (RP)	100	45 (RI)	100	29 (RP)	72	30 (RI)	84	50 (RI)	100	46 (RI)	100	44 (RP)	100	
		105 (NR)	72	33 (RP)	70	46 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		106 (NR)	81	35 (NR)	72	47 (RP)	72	31 (RP)	100	32 (RI)	100	52 (NR)	33	48 (RP)	61	46 (RP)	72	
		107 (NR)	70	37 (RP)	81	48 (RP)	72	32 (RI)	81	33 (RP)	70	27 (NR)	13	49 (NR)	61	47 (RP)	72	
		108 (NR)</																

TABELA 4.8 - Amostragem Sistemática do Techo Fábrica do Lado Direito

Amostra Aleatória 1	Amostra Aleatória 2	Amostra Aleatória 3	Amostra Aleatória 4	Amostra Aleatória 5	Amostra Aleatória 6	Amostra Aleatória 7	Amostra Aleatória 8	Amostra Aleatória 9	Amostra Aleatória 10	Amostra Aleatória 11	ICP	MÉDIA DAS AMOSTRAS
84 3#	49# 24#	34# 9#	43# 18#	31# 8#	47# 22#	38# 13#	45# 20#	33# 8#	41# 16#	35# 10#	88	88.7
85 5#	28# 1#	36# 11#	47# 20#	35# 8#	47# 22#	42# 15#	49# 23#	33# 10#	41# 16#	35# 10#	89	89.5
86 7#	30# 3#	40# 13#	48# 22#	37# 10#	48# 23#	44# 17#	51# 24#	39# 12#	46# 19#	38# 14#	90	90.3
87 9#	32# 5#	42# 15#	50# 24#	39# 12#	50# 25#	46# 21#	53# 28#	41# 14#	48# 22#	43# 16#	91	91.0
88 11#	34# 7#	44# 17#	52# 26#	41# 14#	52# 27#	48# 23#	55# 30#	43# 18#	50# 24#	45# 20#	92	91.7
89 13#	36# 9#	46# 19#	54# 28#	43# 16#	54# 29#	50# 25#	57# 32#	45# 20#	52# 26#	47# 22#	93	92.4
90 15#	38# 11#	48# 21#	56# 30#	45# 18#	56# 31#	52# 27#	59# 34#	47# 22#	54# 28#	49# 24#	94	93.1
91 17#	40# 13#	50# 23#	58# 32#	47# 20#	58# 32#	54# 29#	61# 36#	49# 24#	56# 30#	51# 26#	95	93.8
92 19#	42# 15#	52# 25#	60# 34#	49# 22#	60# 34#	56# 31#	63# 38#	51# 26#	58# 32#	53# 28#	96	94.5
93 21#	44# 17#	54# 27#	62# 36#	51# 24#	62# 35#	58# 33#	65# 40#	53# 28#	60# 34#	55# 30#	97	95.2
94 23#	46# 19#	56# 29#	64# 38#	53# 26#	64# 36#	60# 35#	67# 42#	55# 30#	62# 36#	57# 32#	98	95.9
95 média	48# 21#	58# 31#	66# 40#	55# 28#	66# 38#	62# 37#	69# 44#	57# 32#	64# 38#	61# 36#	99	96.6
96 CONCEITO	50# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	65# CONCEITO	75# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	65# CONCEITO	EXCELENTE	EXCELENTE
97 Desvpad #	91.3 Desvpad #	93.3 Desvpad #	97.7 Desvpad #	92.7 Desvpad #	97.7 Desvpad #	94.0 Desvpad #	98.8 Desvpad #	92.3 Desvpad #	97.7 Desvpad #	94.0 Desvpad #	93.0	93.0
98 média *	91.3 média *	93.3 média *	97.7 média *	92.7 média *	97.7 média *	94.0 média *	98.8 média *	92.3 média *	97.7 média *	94.0 média *	93.0	93.0
99 Desvpad *	91.3 Desvpad *	93.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	92.7 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	98.8 Desvpad *	92.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	93.0	93.0
100 Desvpad *	91.3 Desvpad *	93.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	92.7 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	98.8 Desvpad *	92.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	93.0	93.0

Obs.: * = Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias com a miscelânea dos Pavimentos de Concreto Simples e dos Estruturalmente Armados (*);
= Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias dos Pavimentos de Concreto Simples; e
* = Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias dos Pavimentos de Concretos Estruturalmente Armados.

TABELA 4.9 - Amostragem Sistemática do Techo Fábrica do Lado Esquerdo

Amostra Aleatória 1	Amostra Aleatória 2	Amostra Aleatória 3	Amostra Aleatória 4	Amostra Aleatória 5	Amostra Aleatória 6	Amostra Aleatória 7	Amostra Aleatória 8	Amostra Aleatória 9	Amostra Aleatória 10	Amostra Aleatória 11	ICP	MÉDIA DAS AMOSTRAS
84 28#	49# 4#	34# 9#	43# 18#	31# 8#	47# 22#	38# 13#	45# 20#	33# 8#	41# 16#	35# 10#	85	85.7
85 32#	28# 1#	36# 11#	47# 20#	35# 8#	47# 22#	42# 15#	49# 23#	33# 10#	41# 16#	35# 10#	86	86.4
86 34#	30# 3#	40# 13#	48# 22#	37# 10#	48# 23#	44# 17#	51# 24#	39# 12#	46# 19#	43# 16#	87	87.1
87 36#	32# 5#	42# 15#	50# 24#	39# 12#	50# 25#	46# 21#	53# 28#	41# 14#	48# 22#	45# 20#	88	87.8
88 38#	34# 7#	44# 17#	52# 26#	41# 14#	52# 27#	48# 23#	55# 30#	43# 18#	50# 24#	47# 22#	89	88.5
89 40#	36# 9#	46# 19#	54# 28#	43# 16#	54# 29#	50# 25#	57# 32#	45# 20#	52# 26#	49# 24#	90	89.2
90 42#	38# 11#	48# 21#	56# 30#	45# 18#	56# 31#	52# 27#	59# 34#	47# 22#	54# 28#	51# 26#	91	90.0
91 44#	40# 13#	50# 23#	58# 32#	47# 20#	58# 32#	54# 29#	61# 36#	49# 24#	56# 30#	53# 28#	92	90.7
92 46#	42# 15#	52# 25#	60# 34#	49# 22#	60# 34#	56# 31#	63# 38#	51# 26#	58# 32#	55# 30#	93	91.4
93 48#	44# 17#	54# 27#	62# 36#	51# 24#	62# 35#	58# 33#	65# 40#	53# 28#	60# 34#	57# 32#	94	92.1
94 média	48# média	58# média	66# média	55# média	66# média	62# média	70# média	57# média	66# média	61# média	95	92.8
95 CONCEITO	50# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	65# CONCEITO	75# CONCEITO	60# CONCEITO	70# CONCEITO	65# CONCEITO	EXCELENTE	EXCELENTE
96 Desvpad #	91.3 Desvpad #	93.3 Desvpad #	97.7 Desvpad #	92.7 Desvpad #	97.7 Desvpad #	94.0 Desvpad #	98.8 Desvpad #	92.3 Desvpad #	97.7 Desvpad #	94.0 Desvpad #	93.0	93.0
97 média *	91.3 média *	93.3 média *	97.7 média *	92.7 média *	97.7 média *	94.0 média *	98.8 média *	92.3 média *	97.7 média *	94.0 média *	93.0	93.0
98 Desvpad *	91.3 Desvpad *	93.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	92.7 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	98.8 Desvpad *	92.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	93.0	93.0
99 Desvpad *	91.3 Desvpad *	93.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	92.7 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	98.8 Desvpad *	92.3 Desvpad *	97.7 Desvpad *	94.0 Desvpad *	93.0	93.0

Obs.: * = Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias com a miscelânea dos Pavimentos de Concreto Simples e dos Estruturalmente Armados (*);
= Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias dos Pavimentos de Concreto Simples; e
* = Resultado das Médias, Conceitos e Desvios Padrões das Amostras Aleatórias dos Pavimentos de Concretos Estruturalmente Armados.

De maneira a sintetizar a avaliação do índice de condição dos trechos do estudo de caso, apresenta-se a Tabela 4.10.

Os resultados são apresentados de maneira a estabelecer comparações entre a miscelânea dos dados, a separação por tipo de pavimento e da amostragem sistemática (DNER, 1989)^[29], levando-se em consideração o trecho e o lado.

Os resultados da miscelânea de dados foram subdivididos em: do trecho, dos segmentos homogêneos, do trecho e por tipo de pavimento e tráfego. Para esses resultados foram calculados as médias, conceitos e desvio padrão dos índices de condição.

Para os resultados que levaram em consideração o tipo de pavimento, procurou-se comparar o índice de condição médio dos pavimentos em concretos simples, estruturalmente armados, reabilitados parcialmente, reabilitados integralmente e dos não reabilitados.

Finalmente, comparam-se os índices de condição através da amostragem sistemática, levando-se em consideração os tipos de pavimentos e não levando-se em consideração os tipos de pavimentos (miscelânea das amostras aleatórias).

TABELA 4.10 - Resumo de Resultados do Índice de Condição do Pavimento (ICP)

Trechos		ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (ICP)											
		MÉDIA/ CONCEITO/ DESVIO PADRÃO					Amostragem Sistemática por Tipo de Pavimento						
		Miscelânea dos Dados			Por Tipo de Pavimento			Miscelânea das Amostras Aleatórias			Por Tipo de Pavimento		
Do Trecho	Dos Segmentos Homogêneos do Trecho	Por tipo de Lado e Tráfego	*	#	NR	RP	RI	Miscelânea das Amostras Aleatórias	*	#	NR	RP	RI
Fábrica	89,5 / Exc./8,6	88,4/Exc./7,0	87/Exc./8,4	83,6/MB/11,6	92,2/Exc./5,3	-	-	88,7/Exc./0,7	82,2/MB/4,6	91,9/Exc./3,1	-	-	-
A	86,4/Exc./3,0	86,3/Exc./2,8	86,3/Exc./2,8	-	-	-	-	N.F.E.A.	N.F.E.A.	N.F.E.A.	-	-	-
C	84,3/MB/2,1	84,5/MB/0,7	84,5/MB/0,7	-	-	-	-	N.F.E.A.	N.F.E.A.	N.F.E.A.	-	-	-
1	69,4/B/22,4	71,1/MB/23,8	71,1/MB/23,8	-	-	51,4/R/27,8	72,3/MB/11,6	71,2/MB/2,1	-	-	55,2/B/11,5	71,9/MB/6,3	95,8/Exc./0,9
Fábrica	89,4/Exc./6,5	89,2/Exc./4,9	88,5/Exc./4,4	85,1/Exc./6,8	91,4/Exc./3,4	-	-	89,5/Exc./1,1	85,6/Exc./1,7	91,5/Exc./1,0	-	-	-
A	85,7/Exc./3,4	86,8/Exc./2,6	86,8/Exc./2,6	-	-	-	-	N.F.E.A.	N.F.E.A.	N.F.E.A.	-	-	-
C	80,3/MB/0,6	80,5/MB/0,7	80,5/MB/0,7	-	-	-	-	N.F.E.A.	N.F.E.A.	N.F.E.A.	-	-	-
1	71,4/MB/24,8	70,9/MB/25,0	70,9/MB/25	-	-	48,0/R/29,6	76,5/MB/11,7	73,9/MB/2,1	-	-	57/B/6,3	78,1/MB/1,6	81,4/Exc./4,1

Observação:
 N.F.E.A. = Não Foram Efetuadas Amostragens
 Exc. = Excelente
 M.B. = Muito Bom
 B = Bom
 Os resultados das médias / conceitos / desvio padrão em negrito representam locais com predominância de tráfego carregado

NR = Pavimento em Concreto Simples Não Reabilitado
 RP = Pavimento em Concreto Simples Reabilitado Parcialmente
 RI = Pavimento em Concreto Simples Reabilitado Integralmente
 * = Pavimentos em Concreto Estruturalmente Armados
 # = Pavimentos de Concreto Simples

4.2.1.1. Análise dos Resultados de Condição de Superfície

Verifica-se que a aplicação da Metodologia do Índice de Condição do Pavimento para os trechos, principalmente para os trechos recém construídos (Fábrica, A e C) apresentam resultados satisfatórios, independentemente do processo utilizado, ou seja, tanto a análise com a miscelânea dos dados, quanto os separados por tipo de pavimento ou da amostragem sistemática apresentaram resultados similares, com uma tendência dos pavimentos em concreto simples apresentarem índices superiores aos estruturalmente armados.

Para o Trecho 1 verifica-se praticamente o mesmo resultado, excetuando-se que a análise da média dos segmentos não reabilitados apresentaram conceito regular quando analisados pelo tipo de pavimento, enquanto, as médias dos segmentos não reabilitados analisados pela amostragem sistemática apresentaram conceito bom.

Para os trechos Fábrica, A e C os defeitos predominantes foram os esborcinamentos. Acredita-se que isto ocorre principalmente pelas incertezas executivas quanto a hora certa de entrada com a serra para realizarem-se os cortes nas juntas aliado a falta de máquinas de corte adequadas para a execução da serragem das juntas.

Destacam-se também no trecho C a grande incidência de fissuras de retração plástica as quais ocorreram devido ao excesso de cimento na mistura dos concretos aplicados.

O trecho 1, encontra-se em operação desde 1988 e apresenta uma quantidade significativa de defeitos, sendo os mais predominantes: placa dividida, defeitos de selagem de juntas, desgastes superficiais e fissuras lineares. Esses defeitos foram amenizados pelas reabilitações parciais e integrais realizadas.

Analisando-se a Tabela 4.11, verifica-se:

- Trata-se de segmentos homogêneos distintos, ou seja, alguns sofreram Reabilitações Integrais (RI) enquanto, outros sofrerão Reabilitações Parciais (RP) e alguns Não foram Reabilitados (NR);
- Apesar dos conceitos nesses segmentos estarem variando de razoável a excelente são necessárias reabilitações. Dessa maneira a variação dos conceitos é justificável;
- Para os segmentos homogêneos 2 e 4 que sofreram reabilitações parciais, verifica-se que o percentual das reabilitações a executar é menor no lado carregado, ou seja, nas reabilitações anteriores priorizam-se o lado carregado;

Tabela 4.11 – Comparação entre Tipos e Quantidades de Reabilitações x Conceitos dos Segmentos Homogêneos do Trecho 1

TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO										
Segmentos Homogêneos/ Lado	Reparos Superficiais (m ²)	Reconstrução (m ²)	Reparos profundos (m ²)	Fresagem e selagem de juntas (m) *	Fissuras longitudinais (m) **	Fissuras transversais (m) **	Total das reabilitações a executar (m ²)	Área total do segmento (m ²)	% afetado pelas reabilitações a executar	Nota e Conceito do ICP
2/direito (RP)	5,50	19,25	59,30	564	30,4	7,0	78,9	882,35	8,9	77 - M. bom
2/esquerdo (RP)	4,11	-	17,11	564	11,6	3,5	22,73	882,35	2,6	85,3 - Excel.
3/direito (RI)	0,17	-	19,36	127	-	-	19,53	230,58	8,5	91 - Excel.
3/esquerdo (RI)	-	-	-	127	-	-	-	230,58	0	100 - Excel.
4/direita (RP)	-	217,66	57,64	384	1,2	7	276	665,77	41,5	50,5 - Raz.
4/esquerdo (RP)	0,63	57,75	116,33	384	1,2	17,5	60,25	665,77	9,0	66,5 - Bom
13/direito (RI)	0,13	-	-	192	-	-	0,13	429,24	0,1	100 - Excel.
13/esquerdo (RI)	0,81	-	1,33	192	-	-	2,14	429,24	0,5	100 - Excel.
18/direito (NR)	-	53,94	4,18	204	1,2	-	58,24	116,06	50,2	59 - Bom
18/esquerdo (NR)	0,28	38,50	13,37	204	5,6	7	53,41	116,06	46,0	81 - M. bom
19/direito (NR)	0,21	19,25	6,30	60	-	-	25,76	115,50	22,3	39 - Ruim
19/esquerdo (NR)	0,13	38,50	8,75	60	-	-	47,38	115,50	41,0	33 - Ruim

Observações:

*não considerados no percentual (%) afetado das reabilitações;

**considerados com uma largura fictícia de 0,10m;

(RP) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente;

(RI) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;

(NR) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados;

M = Muito Bom;

Excel. = Excelente; e

Raz. = Razoável.

- Nas recuperações integrais, executadas nos segmentos 3 e 13 apesar dos conceitos excelentes, verifica-se que são necessárias reabilitações. Essa constatação foi verificada “*in loco*” e observou-se que as reabilitações constatadas são oriundas de problemas executivos durante as reabilitações integrais; e
- Quanto aos segmentos 18 e 19 não reabilitados verifica-se que o lado carregado apresenta maior percentual de áreas há reabilitar, portanto, mais degradado.

4.2.1.2. Análise das Normas DNER 48/89, 49/89 e 50/89

As Normas DNER 48/89, 49/89 e 50/89 (DNER, 1989)^[31], respectivamente, Normas para Inspeção, Defeitos e Norma para Avaliação Objetiva de Pavimentos Rígidos atendem seus objetivos, porém para melhorá-las sugere-se:

- A adoção de um catálogo de defeitos, com fotografias e desenhos, descrição dos defeitos e dos níveis de severidade, bem como, a maneira de proceder às medidas das degradações;
- Utilização de apenas uma ficha de inspeção, procurando facilitar o registro dos dados pelos avaliadores; no Anexo B é sugerido um modelo de ficha de inspeção. Atualmente são utilizadas duas fichas: uma de inspeção e outra de informações complementares;
- Revisar a descrição de alguns defeitos como, por exemplo, Alçamento de Placas que é um defeito específico de junta ou fissura transversal. Esse defeito acontece com a variação da temperatura, ocorrendo dilatações e contrações das juntas ou fissuras transversais que combinados com a deterioração dos selantes permitem a entrada de materiais incompressíveis na junta. Nas estações quentes, a dilatação das placas gera tensões elevadas, que provocam fissuramentos das placas em torno das juntas e fissuras transversais seguidas da elevação das placas e desprendimento de pedaços de concreto. A norma DNER 49 (DNER, 1989)^[31] descreve como sendo um “levantamento das placas nas juntas ou fissuras transversais e, eventualmente, próximo às canaletas de drenagem ou intervenções feitas no pavimento (caixas de inspeção, bueiros, etc)”. O fenômeno de levantamento das placas junto a dispositivos de drenagem é por falta de junta de expansão. Portanto, deveria ser tratado como

defeito específico a exemplo do que ocorre nas passagens de nível, conforme descrito na Norma DNER 49/89 (DNER, 1989)^[31];

- Estabelecer um critério para a medição do escalonamento ou degrau nas juntas transversais. As Normas 48/89 e 49/89 somente especificam o grau de severidade e a contagem do defeito, sem definir a posição que deve ser medida. Sugere-se a adoção de 0,30m do bordo externo porque essa posição fica situada próxima a trilha de roda onde esse defeito costumeiramente é mais severo. Este critério padronizaria as medições e reduziria as subjetividades, e ficaria em conformidade com as especificações da AASHTO (1993)^[2], manuais da SHRP (1993)^[89] e NCHRP (1985)^[69].

- Incluir na DNER 49/89 os seguintes defeitos:
 - a) “Abertura Anormal de Junta Longitudinal”. Esse defeito pode ser causado por escorregamento lateral da placa, normalmente em curvas, em virtude de afundamento diferencial do solo de fundação, acostamento não estabilizado, má execução da junta de dilatação e, principalmente, pela inexistência ou subdimensionamento das barras de ligação, conjugadas com a ação do tráfego, conforme ilustra a Figura 4.20. Esse defeito gera desconforto ao rolamento, tensões nos bordos, provocando esborcinamento nas juntas transversais, infiltrações de materiais incompressíveis e água.

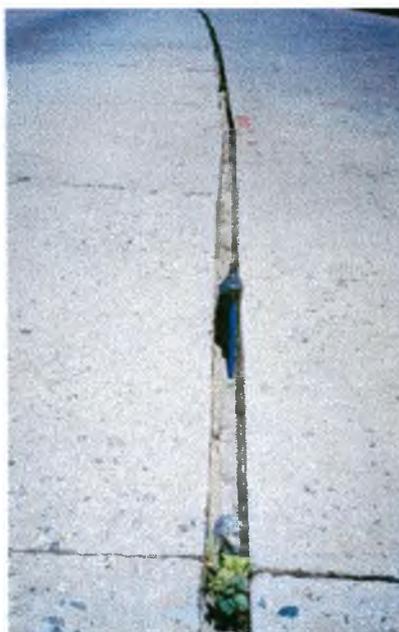


FIGURA 4.20 – Abertura Anormal da Junta Longitudinal

b) “Separação entre a Placa de Concreto e o Revestimento do Acostamento”. Esse defeito é comum, sendo o responsável por grande parte dos bombeamentos no bordo da placa, conforme ilustra Figura 4.21. Este defeito é característico de acostamentos pavimentados com misturas asfálticas ou concreto.



FIGURA 4.21 – Separação entre a Placa e o Revestimento do Acostamento

c) Rever os graus de severidade de defeitos nas fissuras lineares.

Para as fissuras lineares, os padrões da norma brasileira estabelecem graus de severidade bem superiores aos usuais em outros países. Na seqüência é apresentado a norma brasileira, seguida de sugestão de se utilizar os níveis de severidade estabelecidos pelo SHRP-P-3338 (1993)^[89].

c.1) Especificação da Norma Brasileira, quanto ao grau de severidade:

- “Baixo (B): fissuras sem tratamento (selagem), com menos de 12mm de abertura, ou fissuras com qualquer abertura, com tratamento em boas condições. Não existem degraus”;
- “Médio (M), quando ocorrer uma das condições seguintes”:
 - “Fissuras sem tratamento, com abertura entre 12 e 50mm, medida na parte superior da placa de concreto”;
 - “Fissuras sem tratamento, com abertura de até 50mm e degraus com menos de 10mm, medida na parte superior da placa de concreto”; e
 - “Fissuras com tratamento, com qualquer abertura e com degrau menor que 10mm, medida na parte superior da placa de concreto”.
- “Alto (A), quando se observar uma das condições”:
 - “Fissuras não tratadas com abertura superior a 50mm, medida na parte superior da placa de concreto”; e
 - “Fissuras que apresentam degraus com mais de 10mm, tratadas ou não”.

c2) Especificação da SHRP-P-3338 (1993)^[89], quanto ao grau de severidade:

- Baixo: fissuras com larguras $< 3\text{mm}$, não esborcinadas e sem degraus ou bem seladas.
- Médio: fissuras com larguras $\geq 3\text{mm}$ e $< 13\text{mm}$ ou com esborcinamentos $< 75\text{mm}$ ou degraus menores que 13mm; e
- Alto: fissuras com larguras $\geq 13\text{mm}$ ou com esborcinamentos $\geq 75\text{mm}$ ou degraus $\geq 13\text{mm}$.

d) Para o desnível do pavimento-acostamento sugere-se que a severidade alta seja menor ou igual a 50mm. Atualmente o valor considerado para a severidade alta é maior que 100mm, para a severidade média maior que 50mm e menor que 100mm e para a severidade baixa em 25mm e 50mm.

4.3. Análise dos Levantamentos Deflectométricos

Os levantamentos com o “*Falling Weight Deflectometer*”, tiveram por objetivo a determinação da condição estrutural por meio das bacias de deflexão no centro das placas e na transição das juntas transversais com a aplicação de uma carga em torno de 41000N.

Com as bacias de deflexão, determinou-se por retroanálise o módulo elástico dinâmico “in situ” das placas de concreto (E_{pcc}), o coeficiente de reação do subleito (k) e o módulo elástico do subleito (E_s).

Nas juntas transversais, verificou-se o estado das juntas, a partir dos parâmetros de transferência de carga.

4.3.1. Estudo das Bacias de Deflexão

Para a análise das bacias de deflexão, foram utilizados, métodos de retroanálise baseados em soluções do tipo fechada e a utilização de programa de retroanálise baseado na metodologia AASHTO (1993)^[2], seguidas da comparação de ambas.

O programa de retroanálise utilizado, foi o AASHTOWARE DARWIN 3.01 “*Pavement Design and Analysis System*” desenvolvido a partir da metodologia e equações do Manual da AASHTO 1993^[2] e utilizado para projeto, análise e reabilitação de pavimentos flexíveis e rígidos.

A análise da condição estrutural, através das soluções fechadas, consistiu no desenvolvimento de oito planilhas, sendo um para cada trecho, subdivididas em duas planilhas, uma para o lado esquerdo e outra para o lado direito de cada trecho. Essas planilhas consistiram de aproximadamente 40 colunas e linhas variando de 10 a 100, as quais dependeram da extensão e quantidade de placas avaliadas em cada trecho.

As planilhas desenvolvidas com o uso das soluções fechadas consistiram da aplicação dos processos de retroanálise baseados na análise dimensional realizados por IOANNÍDES (1988)^[56], Manual da AASHTO (1993)^[2], equações de HALL (1989)^[51] e RODRIGUES (1995)^[83] e fundamentos de WESTERGAARD (1923)^[92] e LOSBERG (1960)^[64].

Para os trechos Fábrica, A e C, que apresentaram praticamente em toda a extensão índices de condição com conceitos variando de muito bom a excelente,

procedeu-se conforme orientação do manual da AASHTO (1993)^[2], o qual especifica valores típicos para o módulo de elasticidade da placa variam de 20700 MPa a 55200 MPa. Portanto, valores que ficaram fora desse intervalo foram expurgados. Salientando-se que os valores expurgados em sua maioria apresentaram após averiguação da bacia de deformação valores da deflexão do $D_0 < D_2$, onde D_0 é a deflexão embaixo do prato de carga e D_2 é a deflexão afastada a 20 cm do prato de carga. Quando D_0 é menor do que D_2 , existem duas possibilidades (AASHTO, 1993)^[2]. A primeira diz respeito a possíveis fissuras nas placas e a segunda de que realmente ocorreram erros nas leituras dos sensores do FWD. Para os trechos Fábrica, A e C, quando foi observado esse fato, verificou-se que foram problemas de leitura dos sensores, pois em inspeções “*in loco*” não foram encontradas fissuras aparentemente visíveis.

Para o pavimento do trecho 1, que apresentou índices de condição variando de destruído a excelente, procedeu-se com cautela, averiguando bacias que tivessem efetivamente problemas ou se os valores representavam realmente a deterioração do pavimento.

No Anexo C, são apresentadas tabelas resumos com o resultado das retroanálises realizadas com as planilhas desenvolvidas em Microsoft® Excell 2000 para os trechos do estudo de caso. Nessas planilhas constam informações gerais do pavimento, área das bacias de deformação, raio de rigidez relativo, coeficiente de reação do subleito, módulos das placas considerando a fundação como líquido denso e solo elástico, bem como, o módulo e coeficiente de reação do subleito. Também nas mesmas planilhas foram colocados os valores do coeficiente de reação do subleito e do módulo das placas obtidas através da retroanálise com o programa AASHTOWARE DARWIN 3.01 (1997)^[27].

Destaca-se que o objetivo foi comparar a retroanálise obtida com as planilhas desenvolvidas pelos processos de soluções fechadas com as retroanálises obtidas com o programa AASHTOWARE DARWIN 3.01 (1997)^[27].

Os resultados obtidos indicaram que as planilhas desenvolvidas atendem perfeitamente aos estudos de retroanálise de pavimentos rígidos quando comparadas com as do programa AASHTOWARE DARWIN 3.01 (1997)^[27]. Os resultados são muito semelhantes e variáveis de 1,5% a 7%. A proximidade dos valores obtidos pode ser verificada nas Figuras 4.22 a 4.25, principalmente quando comparados com os resultados da retroanálise das planilhas às quais resultaram da aplicação das equações

de HALL (1989)^[51], RODRIGUES (1995)^[83] e nos conceitos de análise dimensional de IOANNIDES (1990)^{[58], [59]}.

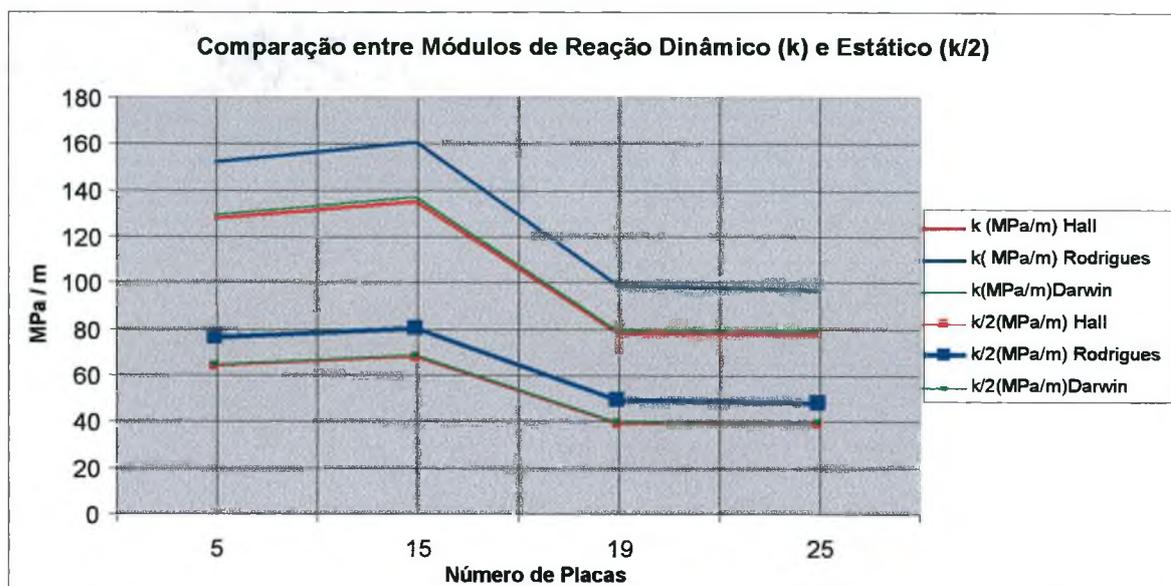


FIGURA 4.22 – Comparação entre os Módulos de Reação Dinâmico e Estático obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995)^[83], HALL (1989)^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997)^[27], para o trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 1.

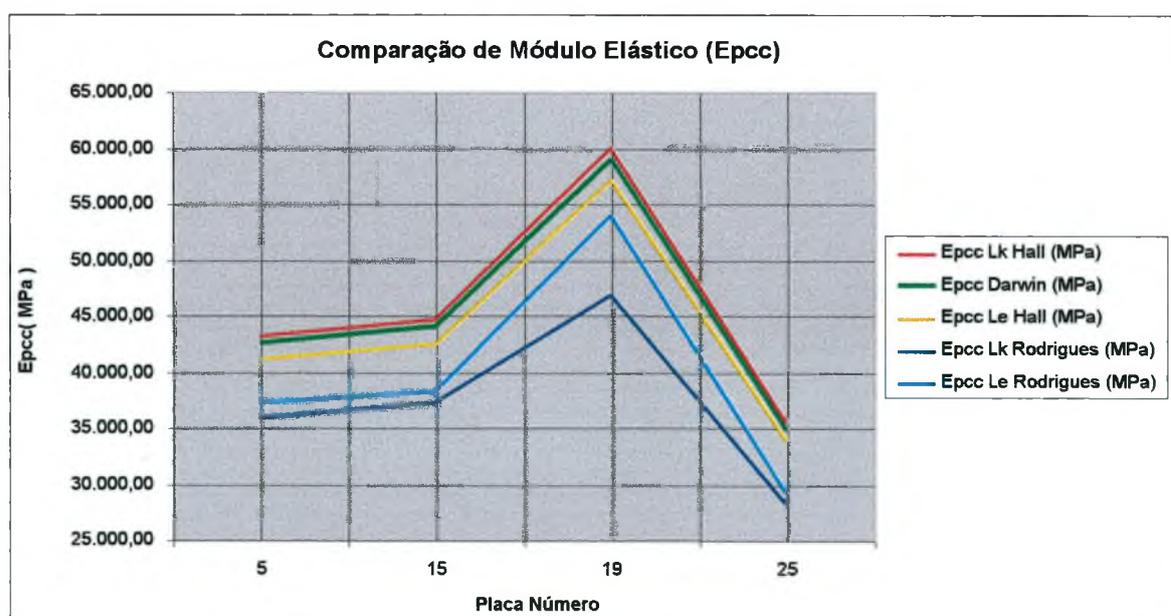


FIGURA 4.23 – Comparação entre os Módulos de Elasticidade obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995)^[83], HALL (1989)^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997)^[27], para o trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 1.

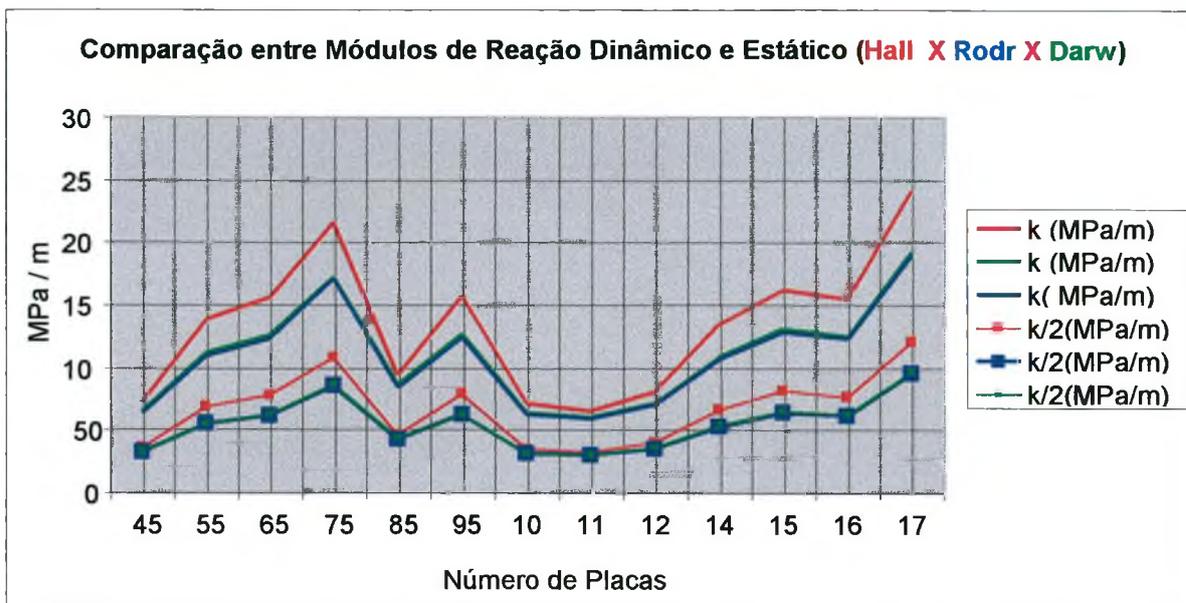


FIGURA 4.24 – Comparação entre os Módulos de Reação Dinâmico (k) e Estático ($k/2$) obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995)^[83], HALL (1989)^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997)^[27], para o trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 2.

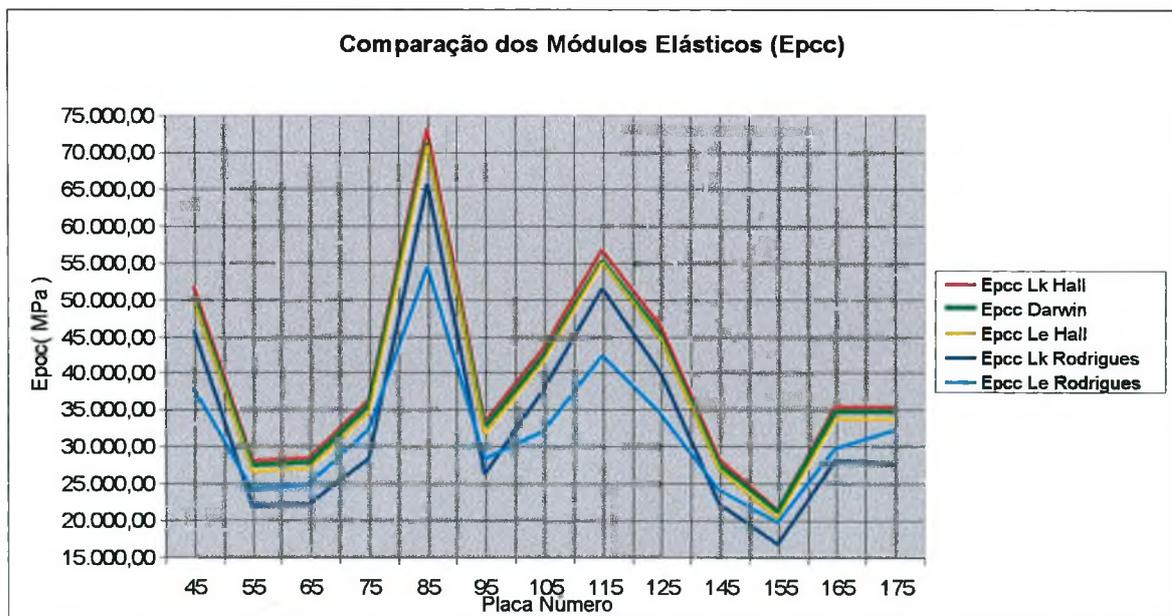


FIGURA 4.25 – Comparação entre os Módulos de Elasticidade obtidos pelas Equações de RODRIGUES (1995)^[83], HALL (1989)^[51] e o Programa DARWIN 3.01 (1997)^[27], para o trecho Fábrica no Segmento Homogêneo 2.

A título de ilustração foram apenas mostrados os gráficos para os segmentos homogêneos 1 e 2 do trecho Fábrica, respectivamente, em Pavimento de Concreto Estruturalmente Armados e Pavimentos de Concreto Simples, ambos dotados de barras de transferência e sem eliminar valores de módulo de elasticidade (E_{pcc}) fora dos intervalos preconizados pela AASHTO (1993)^[2].

Na seqüência, é apresentada a Tabela 4.12 que é o resumo dos principais parâmetros obtidos nas planilhas de retroanálise, a saber: área da bacia, módulo de elasticidade “*in situ*” das placas (E_{pcc}), coeficiente de reação do subleito (k) e módulo elástico do subleito (E_s), respectivamente para os trechos Fábrica, A, C e 1.

TABELA 4.12 – Resumo dos Parâmetros obtidos na Retroanálise através das Planilhas

Trecho	Segmento Homogêneo	LADO ESQUERDO				LADO DIREITO			
		Area da bacia (pol.)	Epcc (MPa)	k (MPa/m)	Es (MPa)	Area da bacia (pol.)	Epcc (MPa)	k (MPa/m)	Es (MPa)
F Á B R I C A	1 *	26,76	51.126,80	129,43	329,88	27,64	45.905,69	104,79	285,11
	7 *	28,14	39.378,03	72,41	204,45	28,53	43.642,32	67,39	198,08
	8 *	27,45	35.431,16	80,29	228,97	27,55	25.575,64	70,68	192,25
	Média	27,45	41.978,663	94,14	254,43	27,91	38.374,55	80,95	153,05
	Desv. Pad.	0,69	8.164,60	30,79	66,48	0,54	11.141,80	20,71	86,55
	Cv (%)	2,51	19,45	32,71	26,12	1,94	29,03	25,58	56,55
	2 #	29,50	39.133,40	107,94	353,51	29,68	40.289,28	109,33	358,70
	3 #	29,88	36.976,93	88,21	294,72	29,58	33.019,41	95,47	312,43
	4 #	29,63	30.818,22	86,66	287,27	30,25	39.672,31	83,17	292,59
	5 #	30,00	31.733,97	69,21	237,99	29,26	45.905,69	123,32	285,11
	6 #	29,84	30.544,46	79,60	293,46	30,98	41.133,72	59,72	233,64
	Média	29,77	33.841,40	86,32	293,39	29,95	40.004,08	94,20	296,49
	Desv. Pad.	0,20	3.946,12	14,22	41,00	0,68	4.612,00	24,44	45,33
Cv (%)	0,68	11,66	16,48	13,97	2,27	11,53	25,94	15,29	
A	1 #	27,58	52.064,96	178,17	490,80	26,38	48.156,03	256,19	618,59
	2 #	28,33	48.241,67	159,24	460,65	27,78	32.818,91	136,52	381,15
	3 #	28,48	31.396,98	118,15	341,68	29,21	39.604,90	99,60	315,98
	Média	28,13	43.901,203	151,85	431,04	27,79	40.193,28	164,10	438,57
	Desv. Pad.	0,48	10.996,412	30,68	78,85	1,41	7.685,47	81,86	159,27
	Cv (%)	1,71	25,05	20,2	18,29	5,07	19,12	49,88	36,32
C	1 #	28,86	28.045,53	171,47	497,73	29,82	39.707,23	130,25	438,21
	2 #	28,38	25.079,45	143,97	408,60	28,59	30.245,36	155,33	467,18
	Média	28,62	26.562,49	157,72	453,17	29,21	34.976,30	142,79	452,70
	Desv. Pad.	0,34	2.097,22	19,45	63,02	0,87	6.690,55	17,73	20,48
	Cv (%)	1,19	7,9	12,33	13,91	2,98	19,13	12,42	4,52
I	1 (NR)	19,98	10.988,02	170,62	294,15	28,90	55.491,86	70,66	214,63
	5 (NR)	25,04	47.364,77	220,71	499,24	26,32	32.485,48	133,57	327,72
	8 (NR)	22,23	9.929,25	143,07	274,62	28,47	18.074,91	33,64	100,01
	11 (NR)	25,17	33.807,60	209,83	480,22	25,14	25.124,60	153,75	352,68
	16 (NR)	23,36	29.782,58	292,09	598,72	25,97	39.057,78	186,29	450,83
	18 (NR)	26,52	47.761,61	140,31	365,57	25,43	27.912,80	144,28	340,37
	19 (NR)	23,17	7.335,57	82,12	166,04	29,62	38.417,11	42,46	141,69
	Média	23,64	26.709,91	179,82	382,65	27,12	33.794,93	109,24	275,42
	Desv. Pad.	2,17	17.482,13	67,97	150,84	1,82	12.099,77	59,72	126,52
	Cv (%)	9,18	65,45	37,80	39,42	6,71	35,80	54,67	45,94
	3 (RI)	27,74	39.622,08	91,21	268,20	27,63	47.991,36	126,38	349,41
	9 (RI)	21,20	13.430,57	227,71	415,17	27,21	47.490,41	126,65	332,51
	13 (RI)	22,94	22.872,61	190,56	368,18	28,82	47.764,48	51,77	158,87
	17 (RI)	25,43	62.928,55	205,28	476,59	24,11	40.994,65	202,18	432,35
	Média	24,33	34.713,45	178,69	382,04	26,94	46.060,23	126,75	318,29
	Desv. Pad.	2,86	21.705,25	60,29	87,92	2,00	3.383,26	61,41	114,88
	Cv (%)	11,76	62,53	33,74	23,01	7,42	7,35	48,45	36,09
	2 (RP)	27,67	69.355,60	102,82	273,08	27,38	36.314,75	111,56	292,53
	4 (RP)	27,36	48.037,63	124,99	310,05	26,39	30.416,53	131,45	305,97
	6 (RP)	24,68	20.263,37	133,16	294,22	28,29	41.468,51	84,62	239,88
	7 (RP)	29,78	42.901,54	43,83	148,86	25,77	25.061,95	128,10	305,59
	10 (RP)	24,69	23.071,11	166,19	361,94	26,81	23.656,27	82,64	207,97
	12 (RP)	23,95	21.379,54	180,02	378,94	27,20	35.491,80	128,09	315,19
	14 (RP)	23,26	21.799,09	239,80	485,51	27,30	37.901,46	114,17	287,62
	15 (RP)	26,25	30.281,72	114,15	276,82	30,81	83.719,03	48,23	183,26
	Média	25,96	34.636,20	138,12	316,18	27,49	39.253,79	103,61	267,25
	Desv. Pad.	2,21	17.538,42	58,30	97,56	1,53	19.009,28	29,32	50,20
	Cv (%)	8,51	50,64	42,21	30,86	5,57	48,43	28,30	18,78

Observações:

* P.C.E.A. = Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;

P.C.S. = Pavimentos de Concreto Simples;

(NR) = Segmentos Homogêneos Não Reabilitados;

(RP) = Segmentos Homogêneos Reabilitados Parcialmente;

(RI) = Segmentos Homogêneos Reabilitados Integralmente em Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado; e

pol. = polegadas.

4.3.2. Avaliação da Eficiência de Transferência de Carga

A avaliação da eficiência de transferência de carga das juntas transversais foi realizada com o equipamento do tipo “*Falling Weight Deflectometer*” modelo “*KUAB 2M FWD*”, destacando-se a grande dificuldade da realização do ensaio em virtude da configuração do posicionamento dos sensores disponibilizada para os ensaios, conforme Figura 4.26.

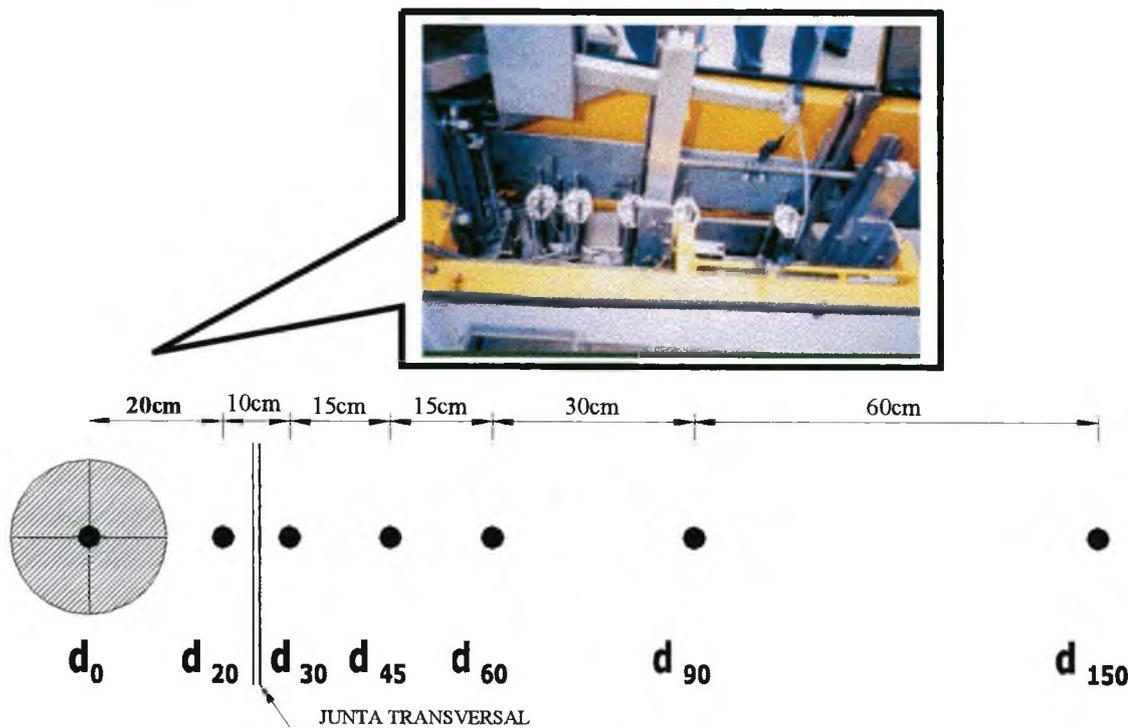


FIGURA 4.26 – Posicionamento dos Sensores no Equipamento Modelo KUAB 2M FWD.

A disposição dos sensores que facilita o ensaio de transferência de carga é mostrada na Figura 4.27. Esse posicionamento é favorável porque num único sentido mede-se a transferência de carga antes e após a junta.

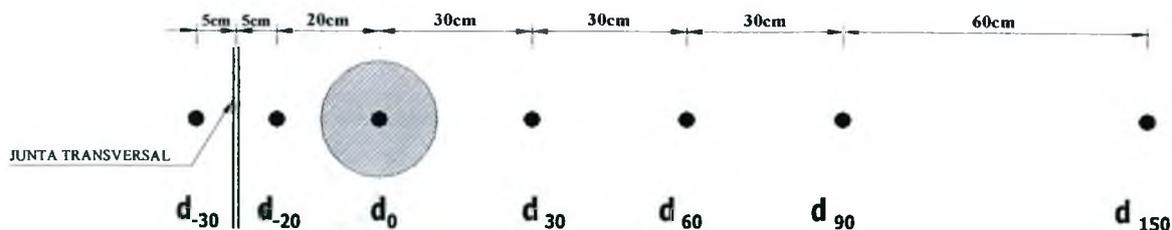


FIGURA 4.27 – Posicionamento dos Sensores no Equipamento Modelo DYNATEST 8000.

No modelo KUAB 2M com a configuração disponibilizada foi necessário medirem-se as transferências de cargas primeiramente num sentido e retornar na mesma faixa de tráfego na contra-mão com o equipamento de maneira a efetuarem-se as medidas das deflexões antes e após as juntas para cada faixa de tráfego conforme a Figura 4.28.

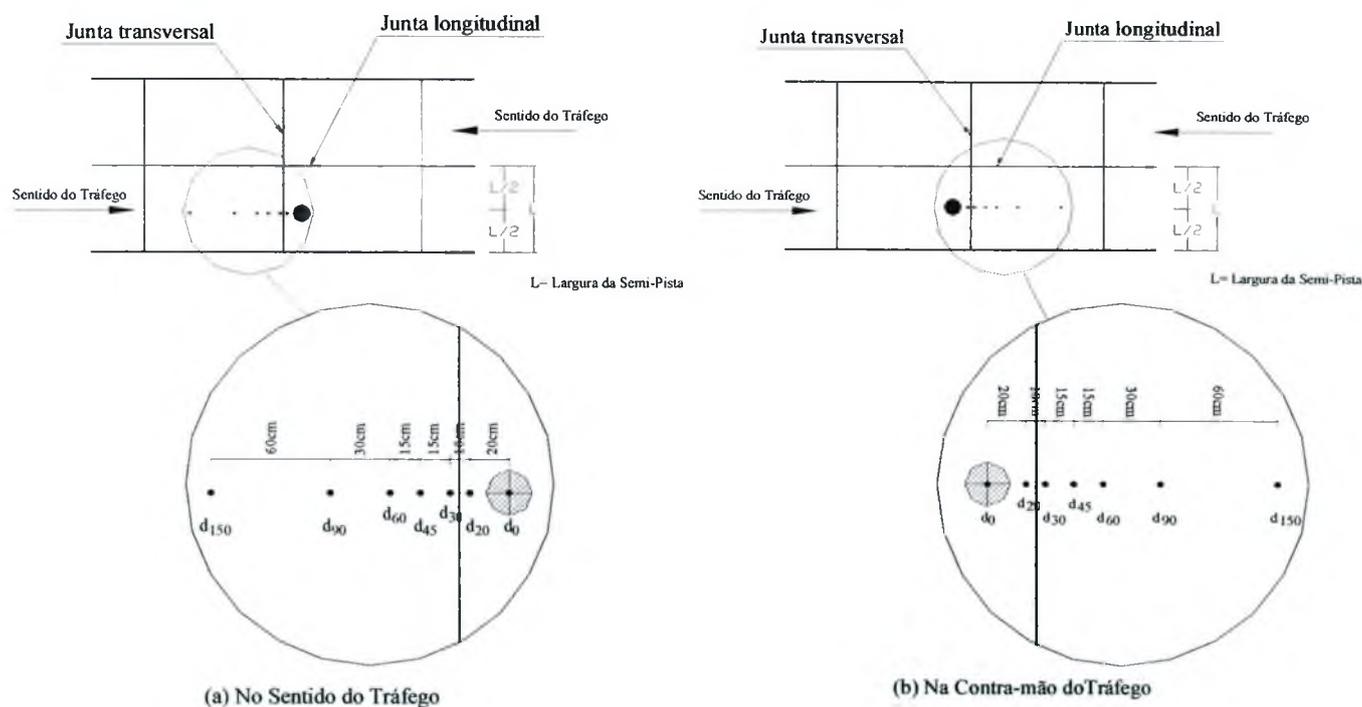


FIGURA 4.28 Avaliação da Eficiência da Transferência de Carga

Portanto, a verificação do estado das juntas foi realizada através dos parâmetros de transferência de carga (TC) utilizando-se o critério das deflexões. Esses parâmetros foram verificados através dos processos da AASHTO (DJE), de WESTEGAARD (D) e da Universidade do TEXAS (JDR), conforme Figura 4.28.

Entre os métodos de transferências de carga avaliados, salienta-se que o método da AASHTO (1993)^[21], também utiliza outro processo de medida de transferência, o qual é realizado na trilha de roda externa e é expresso pelo parâmetro ΔLT e o fator de correção B. Em virtude de grande parte dos acostamentos não estarem pavimentados ou apresentarem desníveis elevados, não foi possível essa verificação.

No Anexo D são tabulados os resultados das eficiências ou transferências de carga para os trechos Fábrica A, C e 1 em função dos parâmetros e processos mencionados.

Na seqüência é apresentada a Tabela 4.13 com o resumo comparativo dos valores médios de eficiência de juntas para os processos da AASHTO, WESTEGAARD e Universidade do TEXAS e seus respectivos parâmetros, Eficiência de Transferência (DJE), Eficiência de Junta (D) e Transferência de Carga (JDR), respectivamente para os trechos Fábrica, A, C e 1.

Observa-se que uma transferência de carga entre 90% e 100% é considerada completa, entre 21% e 89% é parcial e de 0% a 20% é nula (RICCI, 1985)^[81].

TABELA 4.13 – Comparativo dos Processos de Medição de Eficiências de Juntas através de Deflexões Medidas com FWD

T R E C H O	LADO	ESQUERDO						DIREITO					
	SENTIDO DE TRÁFEGO	Fábrica-Jazida			Jazida-Fábrica			Fábrica-Jazida			Jazida-Fábrica		
	Processo Seg. Homogêneo	DJE	D	JDR	DJE	D	JDR	DJE	D	JDR	DJE	D	JDR
F Á B R I C A	1 *	56	68	62	68	80	62	66	78	76	86	92	76
	2 #	88	93	86	83	91	86	86	92	88	90	95	88
	3 #	92	96	91	90	95	91	88	94	90	93	96	90
	4 #	91	95	91	91	95	91	90	95	91	92	95	91
	5 #	93	96	95	96	98	95	90	95	90	89	94	90
	6 #	93	96	91	88	94	91	93	96	93	94	97	93
	7 *	76	85	80	84	91	78	71	81	75	79	87	75
	8 *	81	87	84	87	93	84	75	84	77	80	89	77
A	1 #	82	90	71	60	72	71	84	91	79	74	85	79
	2 #	82	90	88	93	96	88	79	88	83	86	92	83
	3 #	86	92	87	88	93	87	90	95	87	83	91	87
C	1 #	92	96	90	88	94	90	85	92	85	84	91	85
	2 #	89	94	82	74	85	82	91	95	85	79	88	85
I	1 (NR)	96	98	89	83	90	89	80	89	81	82	89	81
	2 (RP)	86	92	85	84	90	85	80	88	77	74	83	77
	3 (RI)	73	84	80	88	93	80	69	77	69	70	78	69
	4 (RP)	77	85	68	60	71	68	90	94	83	77	85	83
	5 (NR)	79	86	74	69	80	74	90	94	89	88	93	89
	6 (RP)	93	96	86	80	87	86	91	95	88	86	92	88
	7 (RP)	40	57	33	26	42	33	63	77	80	97	98	80
	8 (NR)	47	63	59	71	83	59	88	94	91	94	97	91
	9 (RI)	92	95	83	74	85	83	79	88	80	82	90	80
	10 (RP)	96	98	90	84	91	90	81	90	77	73	84	77
	11 (NR)	94	97	92	89	94	92	74	85	73	73	81	73
	12 (RP)	91	95	88	85	91	88	83	91	81	79	87	81
	13 (RI)	79	88	79	79	87	79	91	95	84	77	86	84
	14 (RP)	86	92	85	85	92	85	83	91	85	86	92	85
	15 (RP)	82	90	83	84	91	83	96	98	89	81	89	89
	16 (NR)	95	97	87	80	89	87	92	96	92	91	95	92
	17 (RI)	91	95	82	73	84	82	84	91	83	81	89	83
	18 (NR)	90	94	87	85	92	87	88	93	85	82	90	85
	19 (NR)	96	98	84	72	83	84	96	98	98	100	100	98

Observações:

* P.C.E.A. = Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado;

P.C.S. = Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados;

(NR) = Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados;

(RP) = Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente; e

(RI) = Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em P.C.E.A.

Da análise da transferência de cargas verifica-se que os resultados dos métodos diferem, porém mantêm a mesma ordem de grandeza, bem como, os valores da transferência de carga dependem do sentido que se realizou o ensaio (Jazida - Fábrica ou Fábrica - Jazida).

As diferenças de valores ocorrem provavelmente devido ao processo construtivo, no qual é realizado corte com serra dotada de disco de corte até uma profundidade aproximada de um terço da espessura da placa. Esse corte permite que se provoque um enfraquecimento na espessura da placa.

Com as ações combinadas do tráfego e das variações térmicas ocorre a indução ou o fissuramento total da espessura da placa, formando-se dessa maneira a junta. Esse fissuramento no plano “vertical”, acontece de maneira aleatória e na maioria das vezes não ficando completamente na normal da placa, conforme Figura 4.29.

Dessa forma verificou-se que o método da Universidade do Texas, o qual, é a média (JDR) das transferências de carga antes da junta (UDR) e após a junta (DDR) é mais eficiente que os demais métodos. Provavelmente esse método, leva em conta a maneira que a junta fissa após a indução, bem como, considera a possibilidade de vazios sob as placas, como mostra a Figura 4.30, ou a combinação dos fenômenos.



FIGURA 4.29 – Processo de Fissuramento da Junta

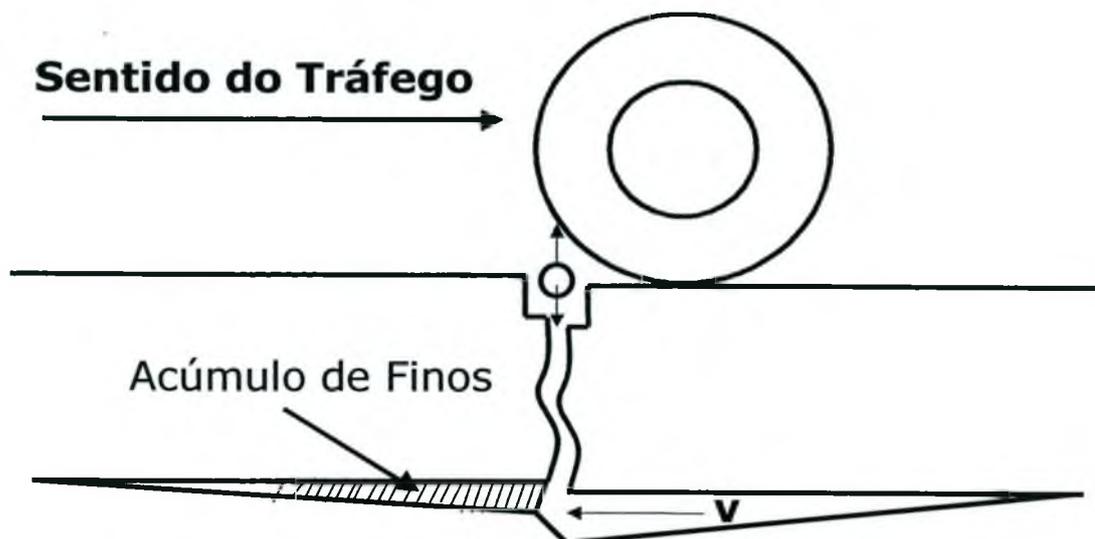


FIGURA 4.30 – Vazios sob as Placas.

4.3.3. Análise dos Resultados dos Levantamentos Deflectométricos com Equipamento do Tipo Falling Weight Deflectometer

Preliminarmente a análise dos levantamentos deflectométricos verificou-se o módulo de ruptura a tração na flexão do concreto (M_r).

O cálculo do módulo de ruptura à tração na Flexão do Concreto (M_r), foi determinada pela expressão (AASHTO, 1993)^[2]:

$$M_r = 43,5 \left(\frac{E}{10^6} \right) + 3370 \quad (4.2)$$

onde:

M_r = módulo de ruptura à tração na flexão do concreto, em kPa ; e

E = módulo de elasticidade da placa obtido da retroanálise, em kPa.

Para a análise dos levantamentos deflectométricos inicialmente foram agrupados por trecho e segmentos homogêneos os valores da área da bacia, módulo de elasticidade das placas (E_{pcc}), módulo de ruptura à tração na flexão do concreto (M_r), e a transferência de carga (TC), conforme Tabela 4.14.

TABELA 4.14 – Resumo da Retroanálise e Transferência de Carga

T R E C H O	Segmento Homogêneo	LADO ESQUERDO				LADO DIREITO			
		Área da Bacia (Polegadas)	Epsc (MPa)	TC (%)	Mr (MPa)	Área da Bacia (Polegadas)	Epsc (MPa)	TC (%)	Mr (MPa)
F Á B R I C A	2 #	29,50	39.133,40	86	5,1	29,68	40.289,28	88	5,1
	3 #	29,88	36.976,93	91	5,0	29,58	33.019,41	90	4,8
	4 #	29,63	30.818,22	91	4,7	30,25	39.672,31	91	5,1
	5 #	30,00	31.733,97	95	4,8	29,26	45.905,69	90	5,4
	6 #	29,84	30.544,46	91	4,7	30,98	41.133,72	93	5,2
	Média	29,77	33.841,40	90,8	4,9	29,95	40.004,08	90,4	5,1
	Desv. Pad.	0,20	3.946,12	3,19	0,2	0,68	4.612,00	1,82	0,2
	Cv (%)	0,68	11,66	3,51	4,1	2,27	11,53	2,01	3,92
	1*	26,76	51.126,80	62	5,6	27,64	45.905,69	76	5,4
	7*	28,14	39.378,03	78	5,1	28,53	43.642,32	75	5,3
	8*	27,45	35.431,16	84	4,9	27,55	25.575,64	77	4,5
	Média	27,45	41.978,66	74,7	5,2	27,91	38.374,55	76	5,1
	Desv. Pad.	0,69	8.164,60	11,4	0,4	0,54	11.141,80	1,0	0,49
Cv (%)	2,51	19,45	15,3	7,7	1,94	29,03	1,3	9,6	
A	1 #	27,58	52.064,96	71	5,6	26,38	48.156,03	79	5,5
	2 #	28,33	48.241,67	88	5,5	27,78	32.818,91	83	4,8
	3 #	28,48	31.396,98	87	4,7	29,21	39.604,90	87	5,1
	Média	28,13	43.901,20	82	5,3	27,79	40.193,28	83	5,1
	Desv. Pad.	0,48	10.996,41	9,5	0,5	1,41	7.685,47	4	0,35
	Cv (%)	1,71	25,05	11,6	9,4	5,07	19,12	4,8	6,9
C	1 #	28,86	28.045,53	90	4,6	29,82	39.707,23	85	5,1
	2 #	28,38	25.079,45	82	4,5	28,59	30.245,36	85	4,7
	Média	28,62	26.562,49	86	4,55	29,21	34.976,30	85	4,9
	Desv. Pad.	0,34	2.097,22	5,7	0,1	0,87	6.690,55	0	0,3
Cv (%)	1,19	7,9	6,6	2,2	2,98	19,13	0	6,1	
I	1(NR)	19,98	10.988,02	89	3,8	28,90	55.491,86	81	5,8
	5(NR)	25,04	47.364,77	74	5,4	26,32	32.485,48	89	4,8
	8(NR)	22,23	9.929,25	59	3,8	28,47	18.074,91	91	4,2
	11(NR)	25,17	33.807,60	92	4,8	25,14	25.124,60	73	4,5
	16(NR)	23,36	29.782,58	87	4,7	25,97	39.057,78	92	5,1
	18(NR)	26,52	47.761,61	87	5,4	25,43	27.912,80	85	4,6
	19(NR)	23,17	7.335,57	84	3,7	29,62	38.417,11	98	5,0
	Média	23,64	26.709,91	81,7	4,5	27,12	33.794,93	87	4,9
	Desv. Pad.	2,17	17.482,13	11,5	0,7	1,82	12.099,77	8,2	0,5
	Cv (%)	9,18	65,45	14,1	15,6	6,71	35,80	9,4	10,2
	3(RI)	27,74	39.622,08	80	5,1	27,63	47.991,36	69	5,5
	9(RI)	21,20	13.480,57	83	4,0	27,21	47.490,41	80	5,4
	13(RI)	22,94	22.872,61	79	4,4	28,82	47.764,48	84	5,5
	17(RI)	25,43	62.928,55	82	6,4	24,11	40.994,65	83	5,2
	Média	24,33	34.713,45	81	5,0	26,94	46.060,23	79	5,4
	Desv. Pad.	2,86	21.705,25	1,8	1,1	2,00	3.383,26	6,9	0,1
	Cv (%)	11,76	62,53	2,2	22,0	7,42	7,35	8,7	1,9
	2(RP)	27,67	69.355,60	85	6,4	27,38	36.314,75	77	5,0
	4(RP)	27,36	48.037,63	68	5,5	26,39	30.416,53	83	4,7
	6(RP)	24,68	20.263,37	86	4,3	28,29	41.468,51	88	5,2
7(RP)	29,78	42.901,54	33	5,2	25,77	25.061,95	80	4,5	
10(RP)	24,69	23.071,11	90	4,4	26,81	23.656,27	77	4,4	
12(RP)	23,95	21.379,54	88	4,3	27,20	35.491,80	81	4,9	
14(RP)	23,26	21.799,09	85	4,3	27,30	37.901,46	85	5,0	
15(RP)	26,25	30.281,72	83	4,7	30,81	83.719,03	89	7,0	
Média	25,96	34.636,20	77,3	4,9	27,49	39.253,79	82,5	5,1	
Desv. Pad.	2,21	17.538,42	19,1	0,8	1,53	19.009,28	4,6	0,8	
Cv (%)	8,51	50,64	24,7	16,3	5,57	48,43	5,6	15,7	

Observações: *P.C.E.A = Pavimento de Concreto Estruturalmente Armados;

#P.C.S = Pavimento de Concreto Simples

(RP) = Segmentos Reabilitados Parcialmente; e

(RI) = Segmentos Reabilitados Integralmente em P.C.E.A.; e

(NR) = Segmentos Não Reabilitados.

A análise da condição estrutural seguiu a orientação do manual da AASHTO (1993)^[2], que estabelece os parâmetros de área da bacia entre 29 a 32 polegadas e módulo de elasticidade da placa entre 20.700 MPa e 55.200 MPa, como indicadores de pavimentos sadios e de bom desempenho, bem como o módulo de ruptura à tração na flexão (M_r) preferencialmente com valor maior ou igual a 4,5 MPa e determinado pela equação da AASHTO (1993)^[2].

Também foi adotado como parâmetro de avaliação das juntas transversais o método de transferência de carga (TC) utilizado pela Universidade do Texas, o qual, é a média das transferências de carga (UDR e DDR), que segundo RICCI (1985)^[81] estabeleceu que transferência de carga entre 90 e 100% é considerada completa, entre 21 e 89% é parcial e de 0 a 20% é nula.

Na seqüência são apresentados os principais resultados da condição estrutural, embasados nos parâmetros apresentados na Tabela 4.14 para os trechos Fábrica, A, C e 1:

a) Quanto à condição dos pavimentos rígidos do trecho Fábrica, verifica-se que os segmentos homogêneos, 2, 3, 4, 5 e 6 (Pavimentos de Concreto Simples e de Sub-Bases em Concreto Rolado) apresentaram áreas de bacia de deflexão entre 29 e 31 e módulos de elasticidade variando entre 30500 MPa e 46000 MPa, bem como transferências de carga entre 86% e 95%. Portanto, indicadores de pavimentos sadios e de bom desempenho.

Em contra partida, os segmentos homogêneos 1, 7 e 8 (Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados (P.C.E.A.) e Sub-Bases em Concreto Rolado) apresentaram áreas de bacias menores que 29, porém valores modulares dentro dos intervalos preconizados. Quanto aos valores de transferência de carga, situaram-se entre 62% e 84%, indicando transferência parcial de carga.

Outro aspecto é que os valores de resistência à tração na flexão (M_r) obtidos por retroanálise encontram-se, muito próximos aos ensaios executados na época da construção;

b) O trecho A (Pavimentos de Concreto Simples e de Sub-Bases em Concreto Rolado) apresentou valores de bacia entre 26 e 29, porém todos os valores dos módulos de elasticidade do concreto estão entre 31000 MPa e 52000 MPa, indicando pavimentos sadios. Da mesma forma os valores de tração na flexão medidas pela retroanálise estão,

na média, aproximadamente igual aos valores dos corpos-de-prova rompidos durante a construção. As transferências de carga situaram-se no intervalo de 71% a 88% indicando transferências parciais, porém elevadas;

c) O trecho C (Pavimentos de Concreto Simples e de Sub-Base Granular), apresentou apenas uma área acima de 29 e as demais pouco abaixo desse valor, porém todos os segmentos homogêneos estão com módulos médios dentro do intervalo especificado pela AASHTO (1993)^[2].

Verificou-se que os módulos de elasticidade do lado carregado (esquerdo) estão aproximadamente 25% inferiores ao do lado direito, que por sua vez é a faixa descarregada.

Destaca-se que os resultados dos valores de tração na flexão obtidos de amostragem durante a construção estão com valores médios de 6,2 MPa, em contrapartida os valores obtidos por retroanálise foram de 4,6 e 4,9 MPa, respectivamente do lado esquerdo e direito.

Acredita-se que os resultados obtidos da retroanálise justificam a grande incidência de fissuras de retração plástica verificadas nesse trecho, as quais possivelmente foram oriundas de quantidade excessiva de cimento no concreto e que talvez possam ao longo do tempo se propagar lentamente em toda a espessura das placas.

Outro aspecto dos valores modulares serem menores no trecho C é porque a sub-base é de material granular, fazendo com que o sistema placa sub-base tenha rigidez menor do que nos trechos que possuem sub-bases estabilizadas (CCR); e

Quanto à eficiência de juntas, apresentaram-se bons resultados com valores no intervalo de 82 a 90%.

d) A análise do trecho 1 foi complexa e apresenta resultados aparentemente contraditórios, ou seja, existem valores de áreas de bacias de deflexão abaixo de 20 polegadas e módulos pequenos relacionados com áreas bastante degradadas, a exemplo do segmento homogêneo 1, lado esquerdo. Em oposição encontram-se no mesmo segmento no lado direito área de bacia próxima a 29 polegadas, módulo alto e também degradado, ou seja, com índice de condição do pavimento ruim.

Após averiguações “in loco” constatou-se que apesar do lado direito estar superficialmente degradado essas fissuras mantinham-se muito mais aderidas, menos

esborcinadas e algumas placas não estavam fissuradas integralmente em relação a espessura da placa, portanto, mais interação de agregados; possivelmente porque se tratava da faixa onde o tráfego circula descarregado, o que justifica em parte módulos compreendidos entres os valores preconizados.

Quanto à degradação acelerada do segmento homogêneo 1, do trecho 1, justifica-se possivelmente porque ele foi, durante 12 anos, a transição entre segmento e o trecho C, que era em revestimento primário. Essa transição atuava como “limpa rodas” dos veículos, que deixavam sobre a superfície das placas materiais incompressíveis que entravam nas juntas e com as variações térmicas provocavam tensões que ajudavam a fissurar e degradar consideravelmente aquele segmento homogêneo.

De modo geral, é um trecho que apresenta degradações generalizadas com índice de condição do trecho, avaliado com conceito bom para o lado direito e muito bom para o lado esquerdo. Esses conceitos devem-se as Reabilitações Parciais (RP) e Reabilitações Integrais (RI) e aos Não Reabilitados (NR) em 1999; e

Quando os segmentos foram analisados separadamente, verificou-se que os segmentos não reabilitados, reabilitados parcialmente e reabilitados integralmente, obtiveram, respectivamente, os conceitos: Razoável, Muito Bom e Excelente.

4.4. Análise dos Levantamentos de Aderência e Macrotextura

Os levantamentos de aderência e macrotextura consistiram na execução dos ensaios de mancha de areia, drenabilidade e GripTester em todos os trechos do estudo de caso.

Com base nos levantamentos foram obtidos modelos de correlações comparando GripTester x Mancha de Areia, GripTester x Drenômetro e Mancha de Areia x Drenômetro, respectivamente Figuras 4.31 a 4.42, para os trechos do estudo de caso, bem como, foram calculadas as médias por segmento homogêneo de GripTester, Altura de Mancha de Areia e Drenabilidade.

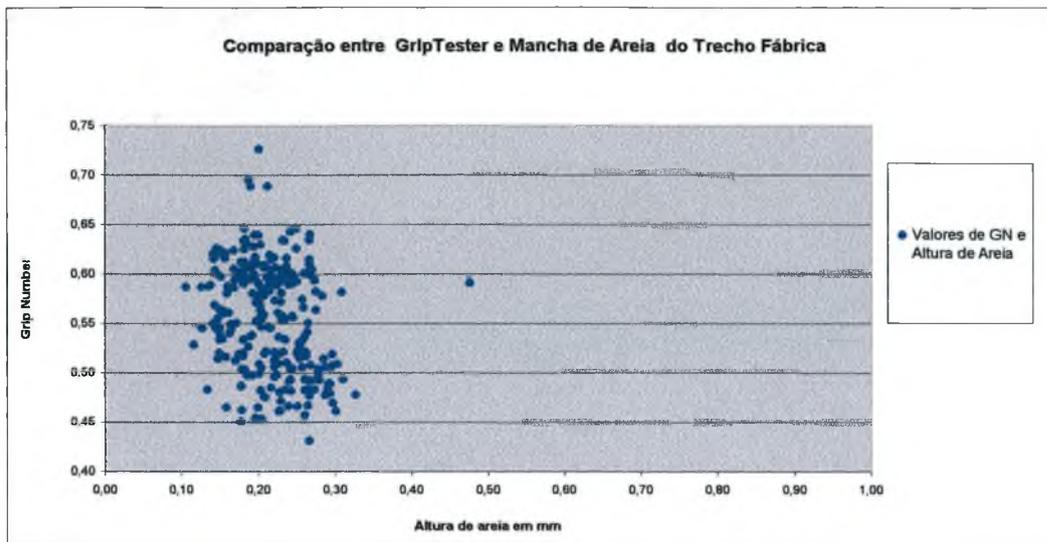


FIGURA 4.31 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho Fábrica

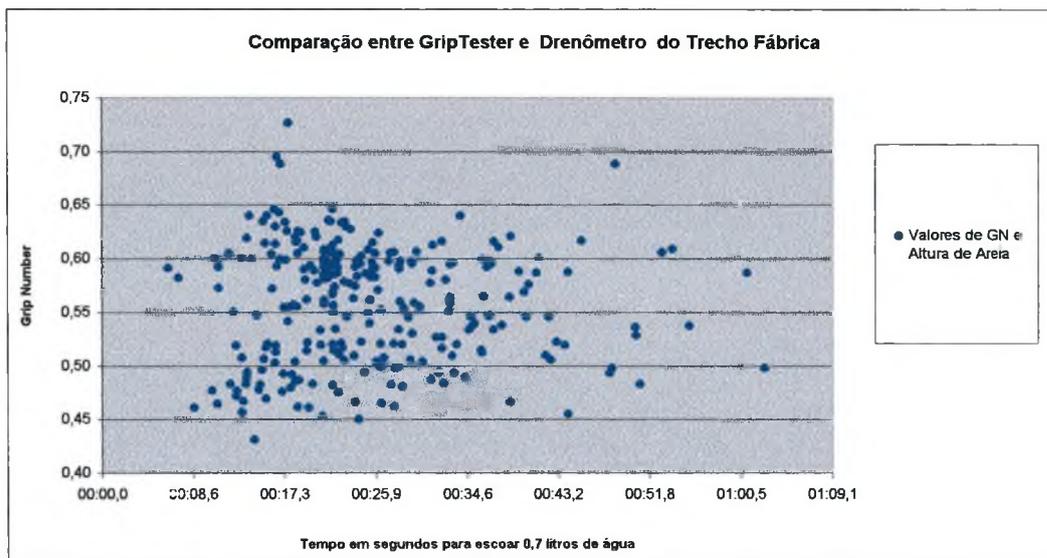


FIGURA 4.32 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho Fábrica

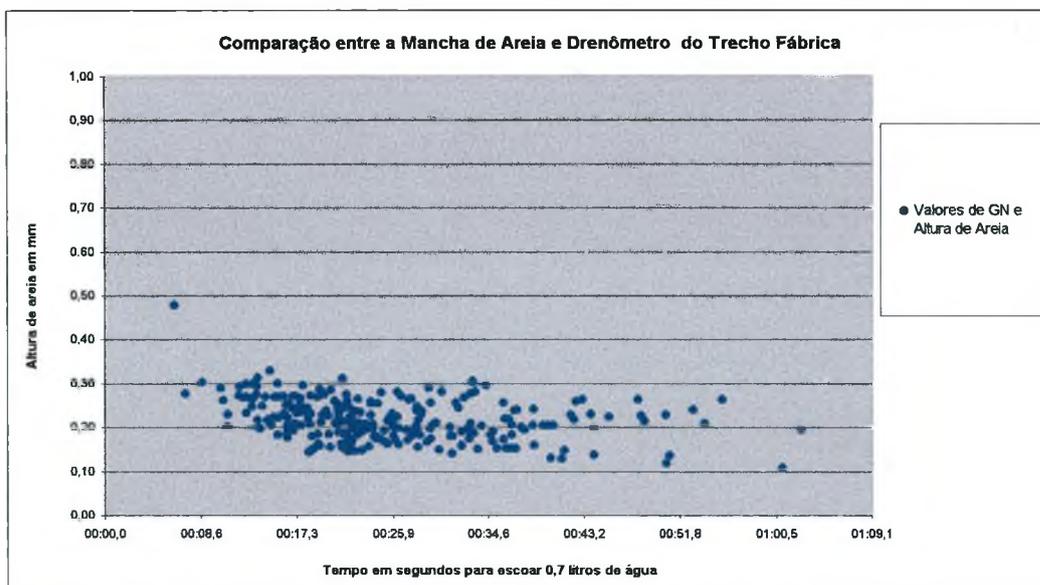


FIGURA 4.33 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do Trecho Fábrica

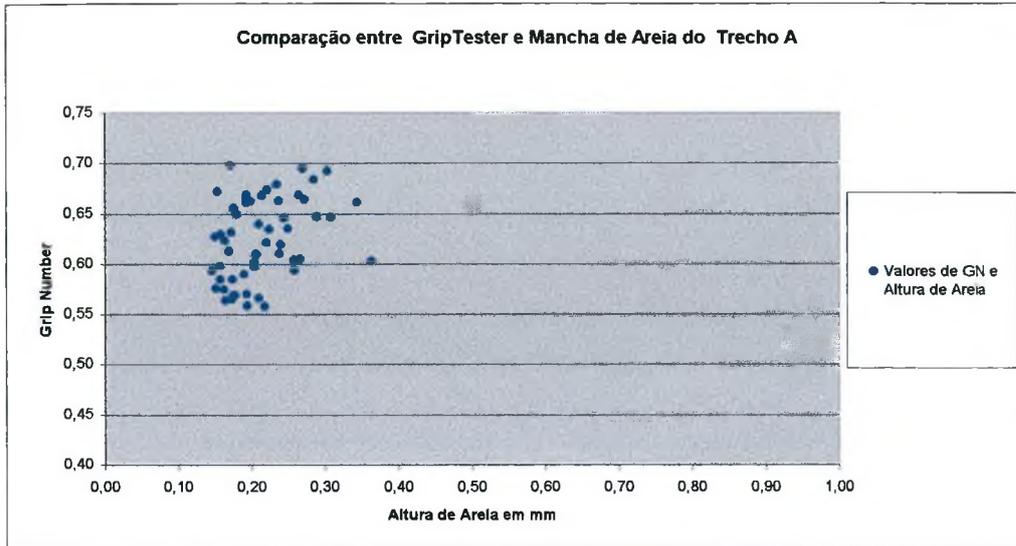


FIGURA 4.34– Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho A

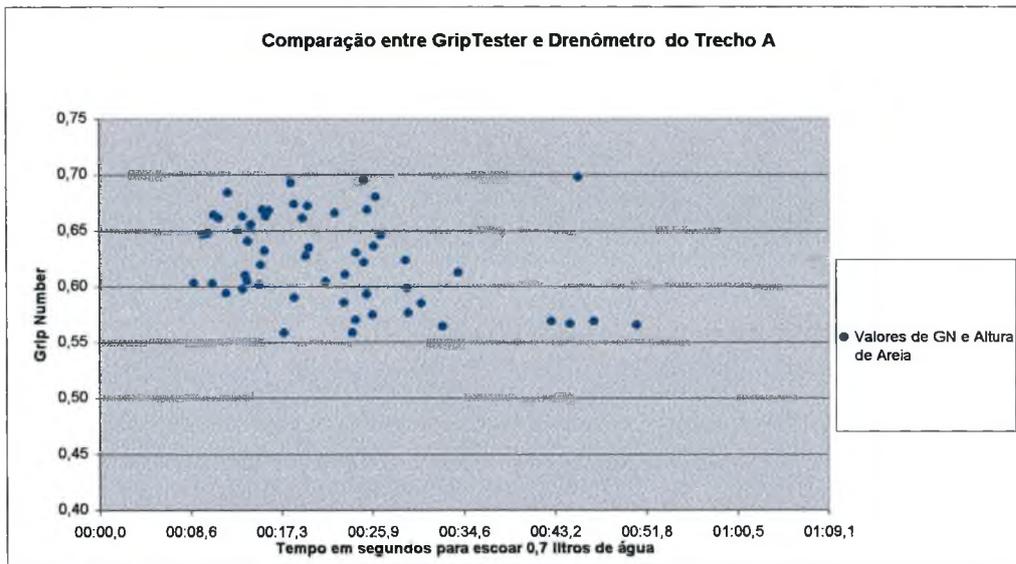


FIGURA 4.35 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho A

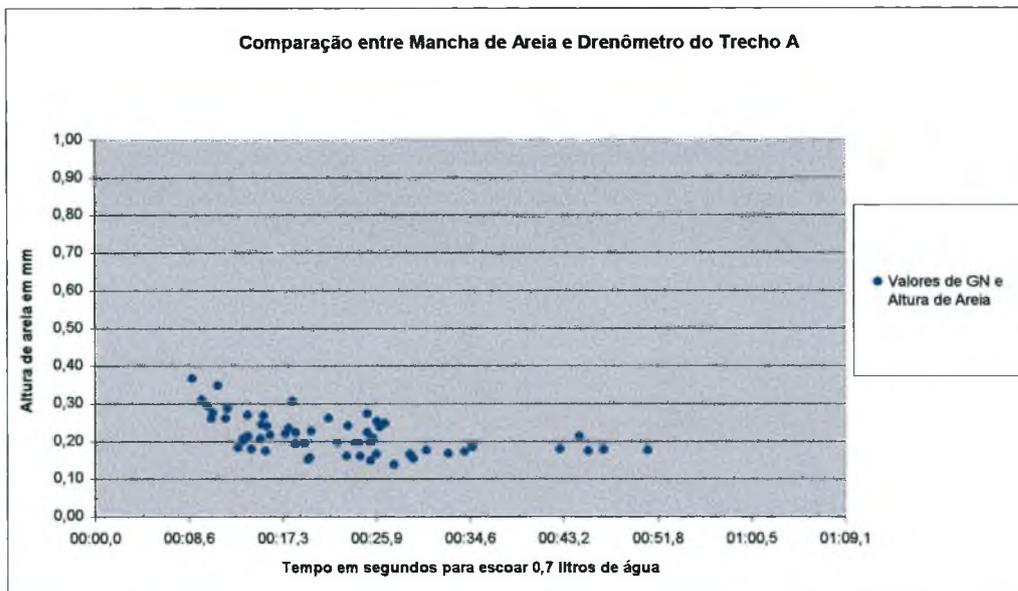


FIGURA 4.36 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do A

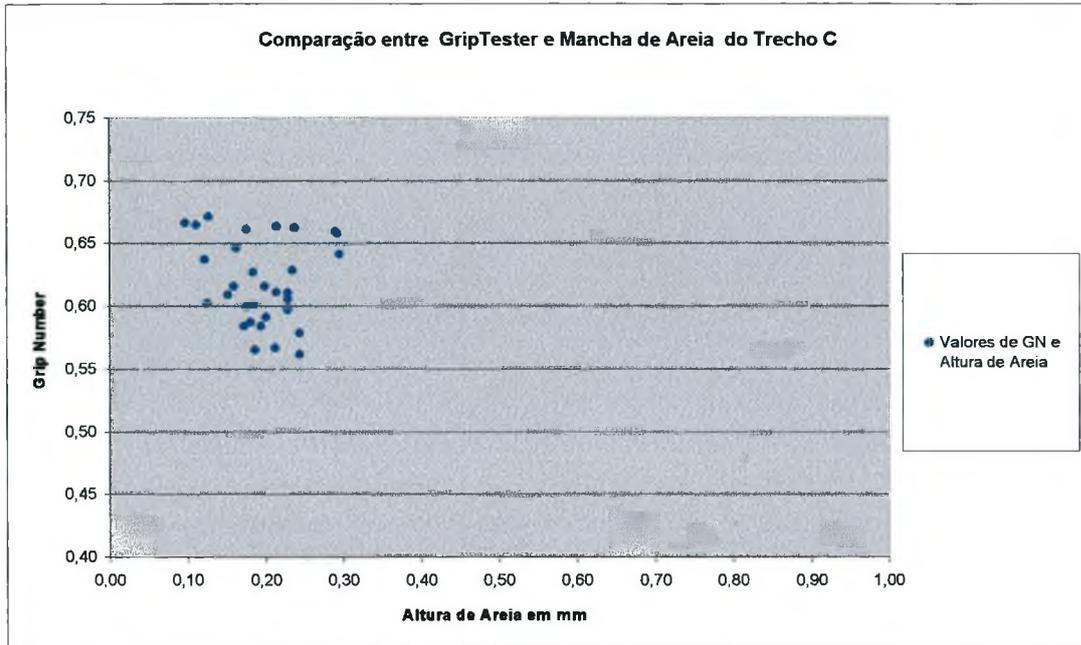


FIGURA 4.37 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho C

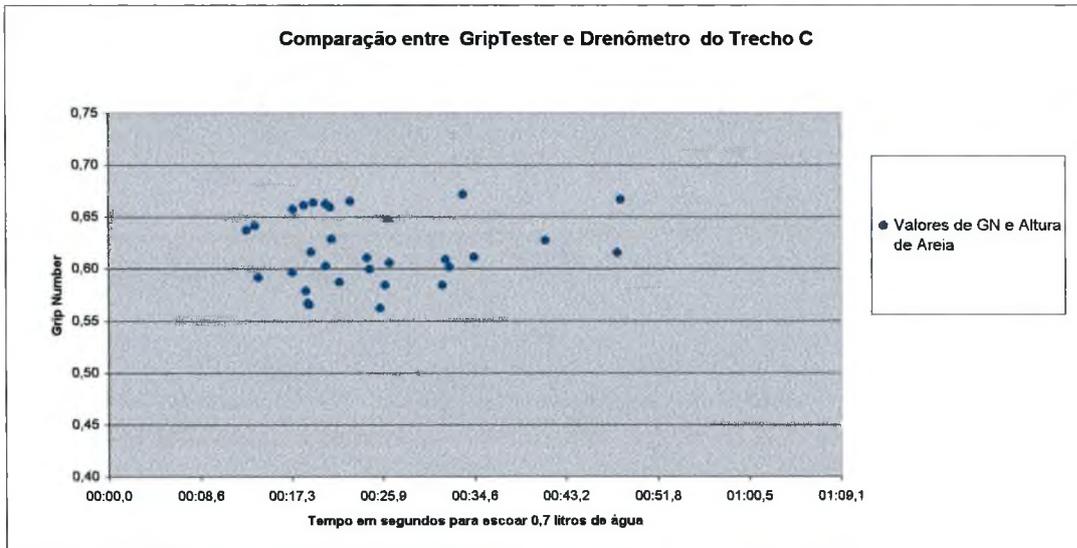


FIGURA 4.38 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho C

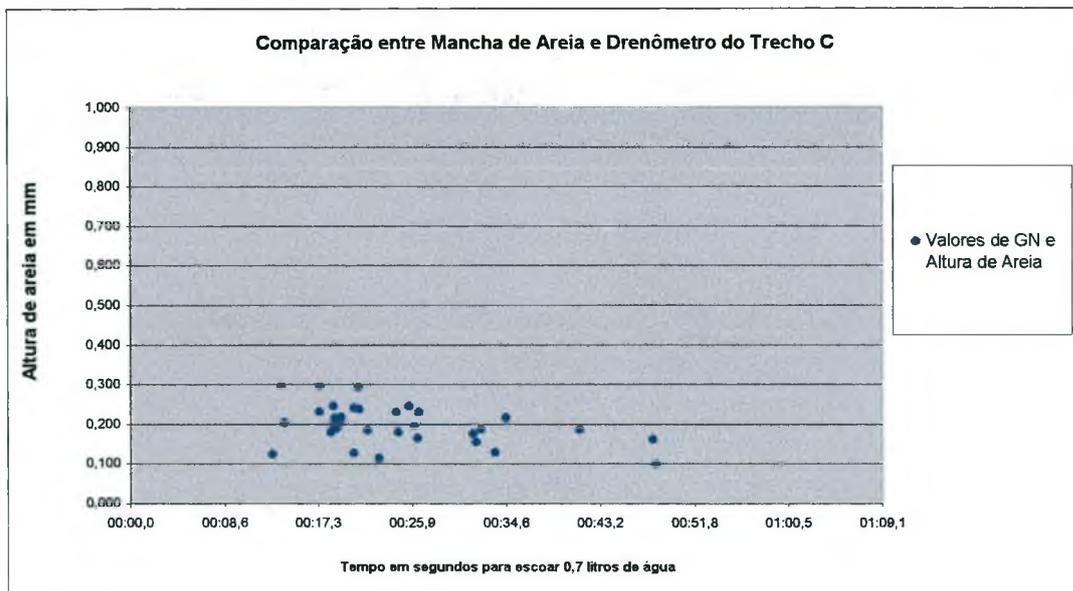


FIGURA 4.39 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do C

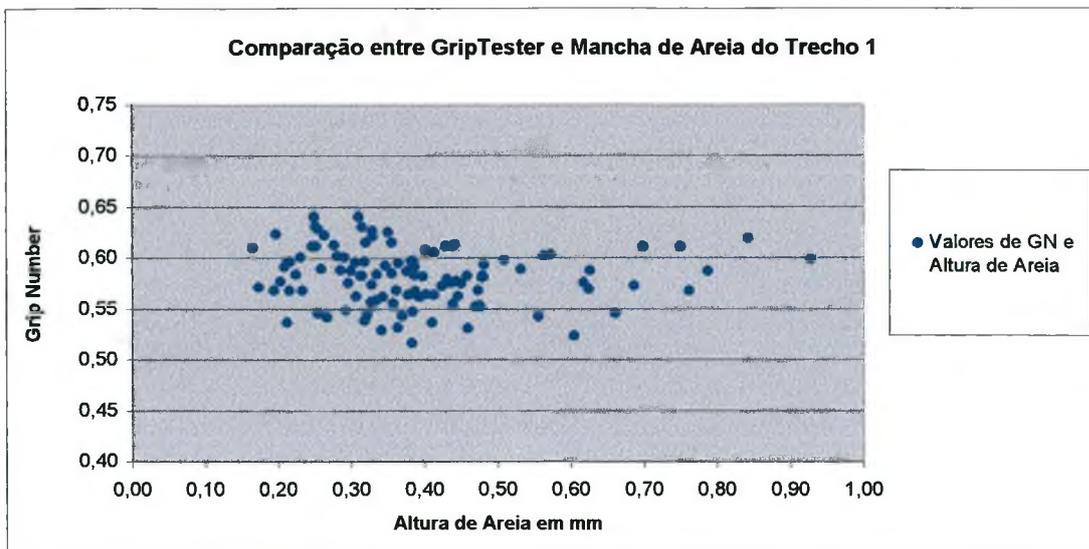


FIGURA 4.40 – Comparação entre GripTester e Mancha de Areia do Trecho 1

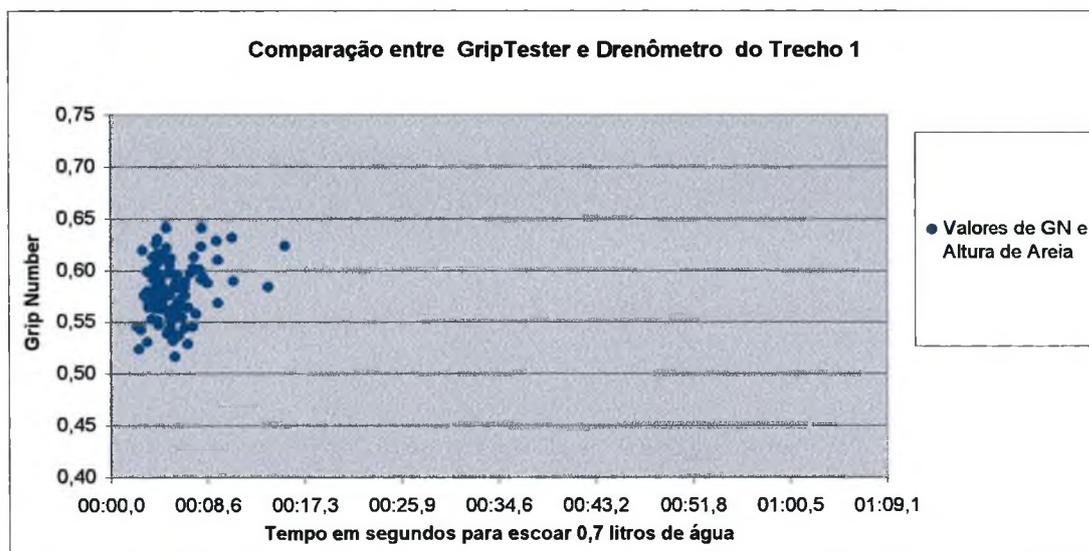


FIGURA 4.41 – Comparação entre GripTester e Drenômetro do Trecho 1

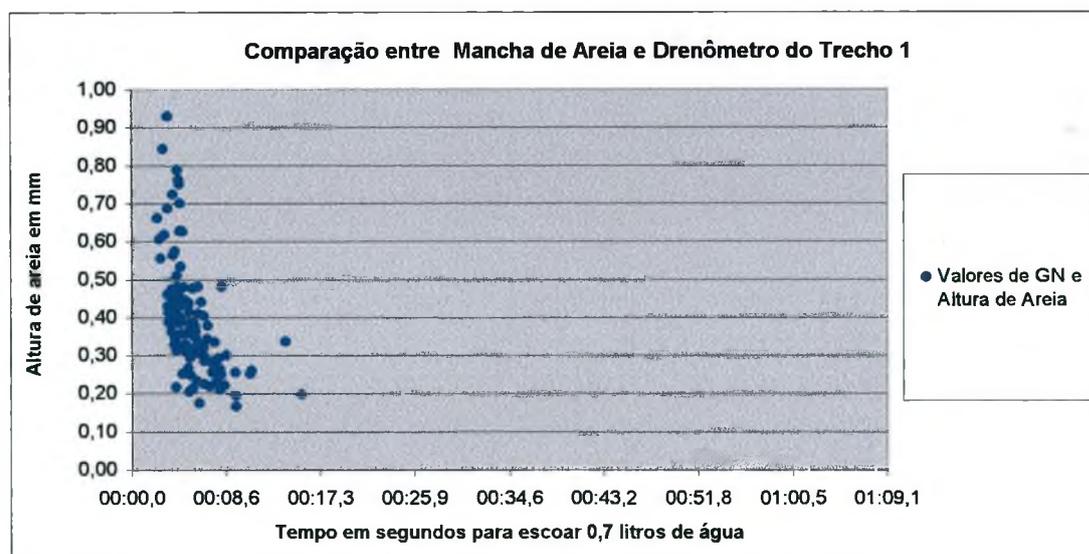


FIGURA 4.42 – Comparação entre Mancha de Areia e Drenômetro do Trecho 1

TABELA 4.15 – Resultados Médios por Segmento Homogêneo

Trecho	Número do Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo						Lado Direito					
		GripTester		Mancha de Areia (mm)		Drenabilidade (s)		GripTester		Mancha de Areia (mm)		Drenabilidade (s)	
		Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.	Média	Desv. Pad.
FÁBRICA	1	0,53	0,07	0,26	0,03	00:29,8	00:17,7	0,52	0,06	0,26	0,04	00:15,6	00:04,1
	2	0,48	0,03	0,23	0,05	00:23,6	00:11,8	0,49	0,02	0,20	0,03	00:23,8	00:12,8
	3	0,51	0,03	0,26	0,03	00:24,2	00:07,9	0,51	0,03	0,25	0,04	00:28,2	00:11,4
	4	0,62	0,07	0,22	0,02	00:22,5	00:11,0	0,63	0,07	0,20	0,02	00:22,6	00:07,6
	5	0,57	0,02	0,22	0,02	00:25,8	00:10,4	0,56	0,02	0,29	0,13	00:17,8	00:08,9
	6	0,59	0,02	0,24	0,03	00:24,5	00:05,7	0,59	0,01	0,21	0,03	00:24,3	00:02,2
	7	0,60	0,02	0,24	0,04	00:19,0	00:08,2	0,61	0,03	0,22	0,03	00:30,2	00:11,7
	8	0,59	0,03	0,17	0,02	00:23,4	00:04,6	0,58	0,03	0,15	0,02	00:33,4	00:14,4
A	1	0,62	0,04	0,17	0,02	00:18,7	00:06,0	0,62	0,03	0,18	0,02	00:18,9	00:06,7
	2	0,59	0,01	0,18	0,02	00:20,9	00:04,8	0,58	0,02	0,18	0,03	00:35,6	00:08,6
	3	0,64	0,04	0,23	0,04	00:21,8	00:08,9	0,63	0,04	0,25	0,06	00:21,4	00:11,5
C	1	0,60	0,03	0,21	0,05	00:28,5	00:09,0	0,61	0,02	0,23	0,04	00:18,9	00:08,0
	2	0,65	0,03	0,18	0,07	00:30,6	00:11,1	0,64	0,03	0,18	0,05	00:18,5	00:03,1
1	1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	0,59	0,02	0,57	0,23	00:04,8	00:02,7	0,59	0,02	0,62	0,08	00:04,4	00:00,8
	3	0,62	0,04	0,29	0,04	00:08,1	00:04,2	0,62	0,03	0,33	0,04	00:05,1	00:02,0
	4	0,61	0,03	0,26	0,06	00:05,6	00:02,0	0,57	0,03	0,45	0,21	00:04,6	00:01,6
	5	0,58	0,04	0,44	0,04	00:05,1	00:00,5	0,56	0,01	0,31	0,07	00:05,5	00:01,6
	6	0,61	0,02	0,44	0,06	00:04,9	00:01,0	0,59	0,01	0,48	0,08	00:05,9	00:01,8
	7	0,58	0,01	0,45	0,04	00:04,6	00:02,0	0,57	0,02	0,18	0,02	00:06,3	00:03,0
8* ao 19*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Devido a obras de reabilitação nesses segmentos homogêneos não foi possível a realização dos ensaios

Da apreciação dos gráficos e da Tabela 4.15, verifica-se que:

- a) Não existe correlação entre os parâmetros avaliados;
- b) As texturas superficiais muito finas ou fechadas como a dos trechos Fábrica, A e C apresentam valores médios de altura de areia similares ao intervalo da granulometria do material utilizado no ensaio de mancha de areia (0,25mm a 0,18mm). Portanto para essas texturas os resultados obtidos estão limitados a granulometria do material do ensaio;
- c) Verificou-se que os padrões de textura superficial ou de macrotextura especificados no manual de reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNER (MT/DNER/IPR, pg. 90), em função da profundidade da mancha de areia, indicam textura superficial muito fina ou muito fechada, o que induz a se pensar que possivelmente indicaria pavimentos de baixa resistência a derrapagem. Observando-se as comparações entre os resultados médios de GripTester por segmento homogêneo dos trechos em estudo com resultados de mancha de areia medidas, verifica-se que para valores de altura de areia entre 0,15 e 0,20mm, obtiveram-se , valores dos coeficientes de atrito pelo GripTester superiores ou iguais a 0,48.
Portanto, segundo à publicação do DNER (1998)^[33], que estabeleceu valores de coeficiente de atrito relacionados a Derrapagem, verifica-se que os pavimentos em estudo apresentam resistência a derrapagem variando de medianamente rugosa a rugosa;
- d) Os resultados do ensaio com o drenômetro, similares aos da altura da areia, também indicam coeficiente de atrito em sua maioria iguais ou superiores a 0,45, excetuando-se um ponto no trecho Fábrica que obteve-se 0,43;
- e) Os gráficos de manchas de areia versus drenabilidade evidenciaram a constatação visual nas diferenças entre as texturas superficiais dos trechos Fábrica, A e C, quando comparadas com às do trecho 1. A textura superficial do trecho 1 é desuniforme, grosseira e rugosa enquanto, as texturas dos demais trechos são uniformes e ásperas.

Portanto, nos trechos Fábrica, A e C as alturas de areia em sua maioria encontram-se aproximadamente entre 0,15mm a 0,30mm e os tempos do drenômetro entre 9 e 50 segundos. No trecho 1 os intervalos são aproximadamente de 0,20mm a 0,8mm para as alturas de areia e entre 2,5 e 9,5 segundos; e

- f) Não foram verificadas diferenças significativas nos valores dos resultados dos ensaios de GripNumber quando comparadas faixas de tráfego mais intensas com as menos intensas.

4.5. Determinação e Análise do Desempenho

Uma das principais dificuldades na determinação do desempenho dos pavimentos de concreto é que não foi desenvolvida até o momento uma metodologia clara para avaliar a capacidade estrutural como nos pavimentos asfálticos, nos quais é expressa pelo número estrutural (SN).

Para os pavimentos de concreto, segundo o Manual da AASHTO (1993)^[2], a capacidade estrutural poderia ser expressa pela espessura efetiva das placas. Contudo, esta aproximação não leva em consideração o restante da estrutura e da fundação, que, são fatores que afetam substancialmente o desempenho.

Dessa maneira, procederam-se a análise e determinação do desempenho embasados nos estudos e avaliações realizados, utilizando-se:

- Inicialmente as informações sobre o comportamento estrutural e funcional das estruturas dos pavimentos do estudo de caso; e
- Estabelecimento da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC).

4.5.1. Informações do Comportamento Estrutural e Funcional

São apresentadas as informações sobre o desempenho dos pavimentos dos trechos Fábrica, A, C e 1.

4.5.1.1. Desempenho do Pavimento do Trecho Fábrica

Os pavimentos do trecho Fábrica apresentam, até o momento, resultados de Índice de Condição do Pavimento (ICP) médio por tipo de pavimento (P.C.S. e P.C.E.A.) variando de 83,6 (muito bom) a 92,2 (excelente) para o lado direito e de 85,1 à 91,4 (excelente) para o lado esquerdo.

Da Tabela 4.10, verifica-se ICP superiores para os Pavimentos de Concreto Simples (P.C.S.) do que para os segmentos em Pavimentos Estruturalmente Armados (P.C.E.A.)

Da mesma maneira, pode-se dizer que quanto à condição estrutural, verificam-se resultados satisfatórios para os módulos de elasticidade obtidos e para as bacias de deflexão. Os valores das bacias de deflexão para os Pavimentos em Concreto Simples variam de 29 a 31 polegadas e os módulos de elasticidade de 30.500 MPa a 46.000 MPa. Nos segmentos de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados as áreas das bacias foram menores que 29. Contudo os valores modulares variaram de 25.500 MPa a 51.100 MPa. Portanto, segundo o Manual da AASHTO (1993)^[2], caracterizando pavimentos sadios e de bom comportamento estrutural.

Destaca-se a necessidade de realizar as resselagens das juntas longitudinais, transversais e nas laterais da borda da placa com o acostamento de maneira a evitar a infiltração de água e combater alguns bombeamentos que começam a se manifestar, conforme mostra a Figura 4.21.

Quanto às condições de aderência, verificou-se que estão perfeitamente enquadrados dentro dos limites de segurança quanto a derrapagem, variando de 0,48 a 0,63, respectivamente, medianamente rugosa e rugosa, não necessitando de qualquer política de intervenção.

4.5.1.2. Desempenho do Pavimento do Trecho A

Esses pavimentos, apesar de serem muito jovens, vêm se comportando com notas de índice de condição variando de 83 a 89, com conceitos de muito bons a excelente.

Quanto ao aspecto estrutural, apresentam áreas de bacias de deflexão abaixo de 29 polegadas, porém, módulos enquadrados perfeitamente no intervalo preconizado pela AASHTO (1993)^[2], indicando pavimentos sadios e de bom desempenho.

Os resultados de aderência apresentaram-se muito bons, com resultados variando de 0,58 a 0,64, indicando superfície rugosa, sem necessidade de qualquer intervenção.

4.5.1.3. Desempenho do Pavimento do Trecho C

O trecho C, apesar de jovem, apresentou conceitos de índice de condição na faixa de muito bom, devido a fissuras de retração plástica ocorridas na construção por excesso de cimento na mistura.

Quanto à análise estrutural, verificaram-se valores de áreas de bacias superiores a 28 polegadas e muito próximas a 29 polegadas, com valores de módulos de elasticidade atendendo os parâmetros especificados na AASHTO (1993)^[2]. Esses valores situam-se na faixa de 25000 a 40000 MPa, possivelmente pela menor rigidez da sub-base constituída de material granular.

Similar aos valores de aderência do trecho A, a superfície do trecho C apresenta valores de coeficiente de atrito (GN), superiores a 0,60, indicando superfície rugosa e portanto, sem necessidade de intervenção.

4.5.1.4. Desempenho do Pavimento do Trecho 1

O trecho 1 possui 13 anos de operação e apresenta índice de condição variando de destruído a excelente, e em média variou de bom a muito bom, em função de alguns segmentos serem reabilitados parcialmente outros reabilitados integralmente e alguns não serem reabilitados. Os defeitos predominantes foram os desgastes superficiais, defeitos nas selagens de juntas, placas divididas e esborcinamentos. O comportamento estrutural não poderia ser diferente dos resultados do índice de condição, apresentando áreas de bacias de deflexão variando de 19 a 23 polegadas para pavimentos destruídos e conseqüentemente resultaram em módulos baixos, evidenciando os estados de degradação.

Ressalta-se que a falta de manutenção, a falta de acostamentos pavimentados, falta de drenos de bordo de pavimento, defeitos construtivos e excesso de carga foram os principais fatores que contribuíram para as degradações nesse trecho e que na seqüência serão comentados.

- Falta de manutenção.

Verificou-se que durante os 13 anos de operação não houveram atividades preventivas do tipo: restabelecimento de transferência de carga em fissuras transversais, instalação de drenos de bordo de pavimento, estabilização de placas, reselagem de juntas transversais e longitudinais. Observou-se também que a drenabilidade das juntas das placas não reabilitadas, apresentaram-se com o selante degradado e oxidado, não atendendo os principais requisitos de suportar os movimentos de dilatação e contração das placas, bem como, de estancar a entrada de materiais incompressíveis e água proveniente das precipitações atmosféricas.

- Falta de acostamentos pavimentados;

A falta de revestimento adequado nos acostamentos provoca degradações superficiais, esborcinamento, fissuras generalizadas e deficiência na drenagem superficial. As degradações mencionadas tiveram sua origem proveniente do carreamento combinado com as ações do tráfego e ação da chuva de materiais incompressíveis do bordo do acostamento para a superfície da pista. Esse processo provocou desgastes superficiais, infiltração de água nas camadas subjacentes à placa e interior das juntas e solapamentos de bordo de pavimento e concentração de umidade nas bordas das placas.

- Drenos de bordo de pavimento;

Os drenos de bordo de pavimento contribuem para remover a água da transição da placa e do acostamento. Um estudo na França e na Califórnia (FHWA-HI-92-015, 1992)^[45] concluíram que esses dispositivos reduzem o bombeamento (Figura 4.43), o degrau nas juntas, trincas nos cantos das placas proveniente de erosão das sub-bases e contribuem no aumento da vida de serviço dos pavimentos de concreto.

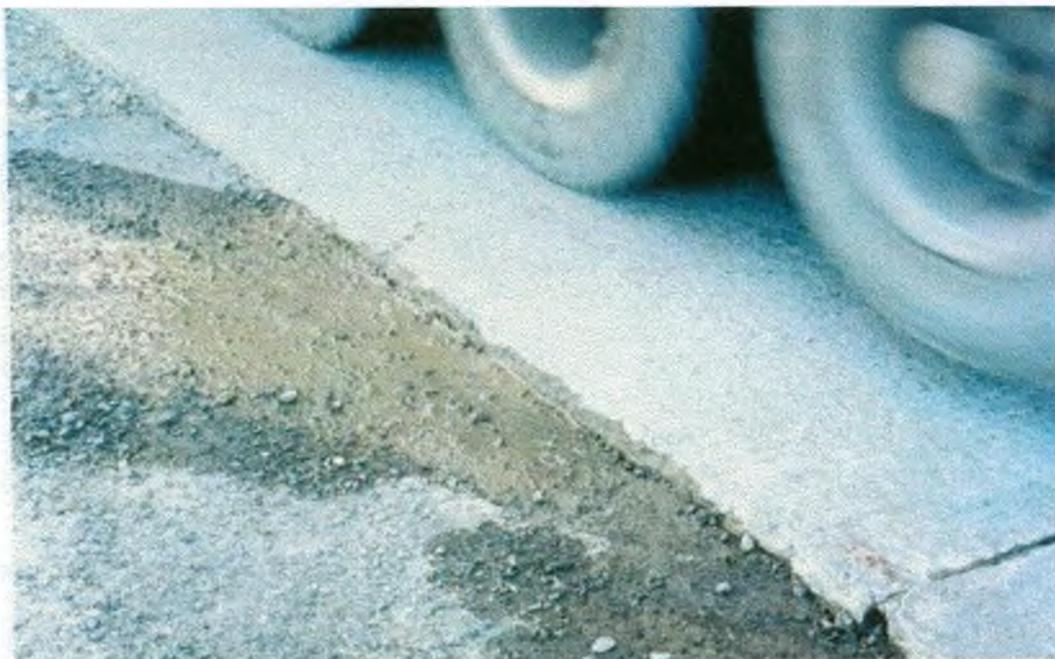


FIGURA 4.43 – Efeito do Bombeamento

- Defeitos construtivos;

Dentre os defeitos construtivos mais importantes destacam-se aqueles relativos aos posicionamentos incorretos das barras de transferência. A falta de posicionamento adequado da linha neutra da placa e entre as placas contíguas, nas linearidades longitudinais transversais e no paralelismo a sub-base estão ilustrados nas Figuras 4.44, 4.45.



FIGURA 4.44 – Posicionamento Incorreto das Barras de Transferência



FIGURA 4.45 – Posicionamento Incorreto das Barras de Transferência entre Placas Contíguas.

O desalinhamento das barras de transferência provocam deformações nas barras que por conseqüência deixam os movimentos das juntas restringidos, causando enormes tensões nos concretos (Figura 4.46).

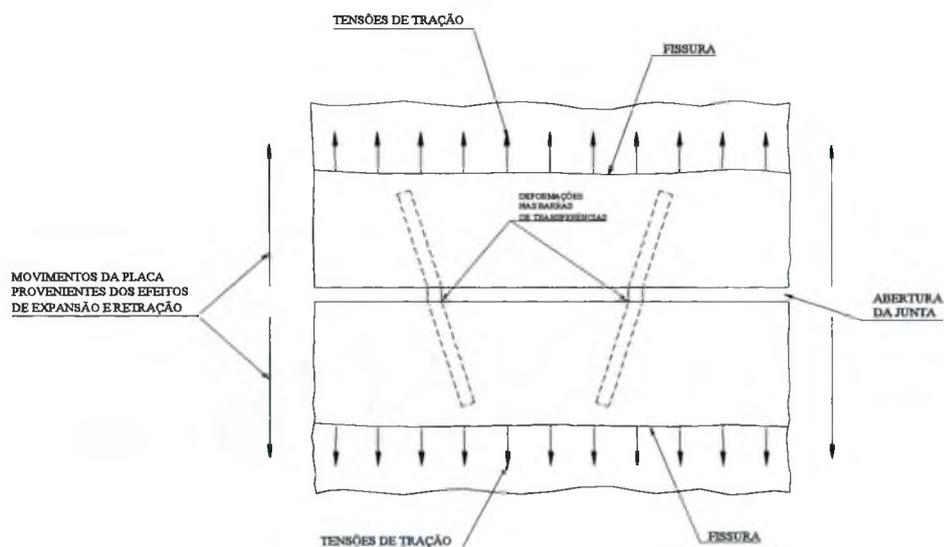


FIGURA 4.46 – Desalinhamento das Barras de Transferência

Os resultados são trincamentos longitudinais e/ou transversais e redução na transferência de carga. Esses fenômenos estão evidenciados nas Figuras 4.47 e 4.48.

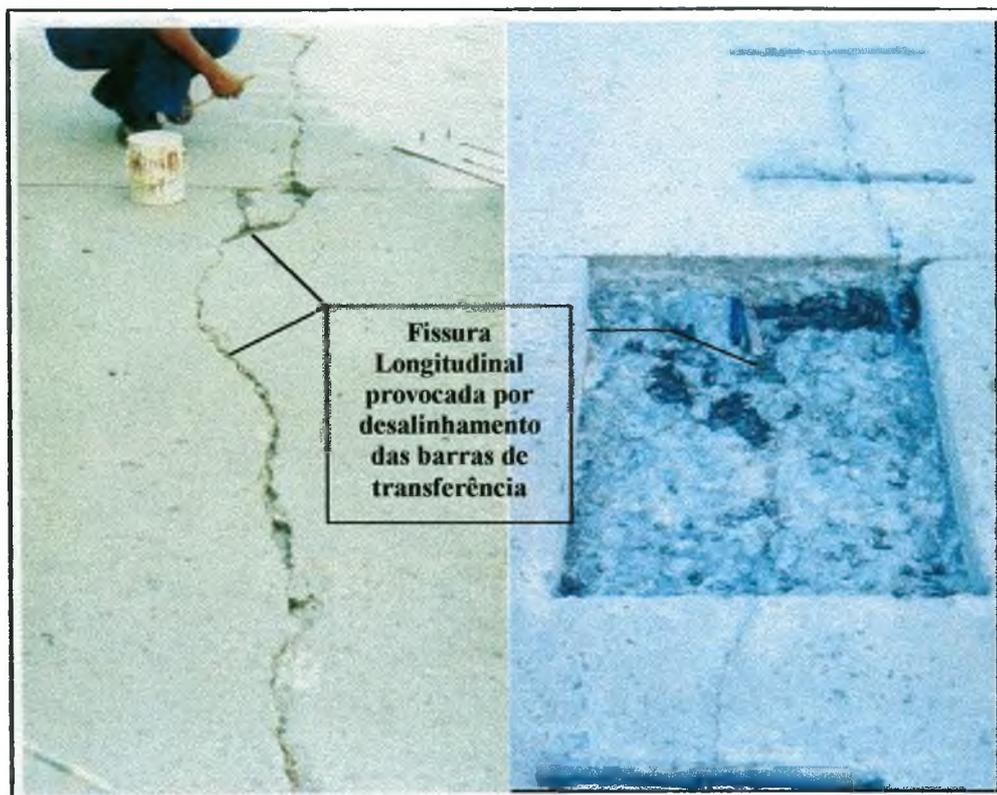


FIGURA 4.47 – Trincamento Longitudinal

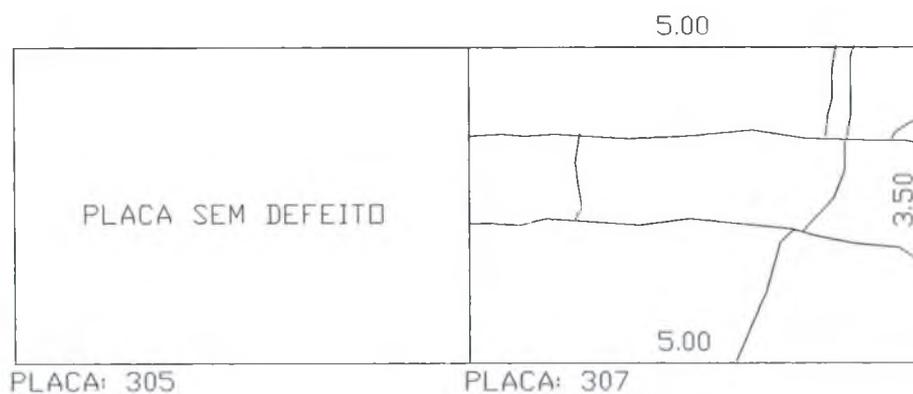


FIGURA 4.48 – Degradação da Placa 307

Outro procedimento errado ocorrido em juntas de construção no segmento 1 e que provocou fissuras transversais e longitudinais, é mostrado na Figura 4.49. Esse defeito ocorria em função dos pedreiros deixarem a forma de término de concretagem diária no prumo. Na Figura 4.50 é mostrado o procedimento correto.

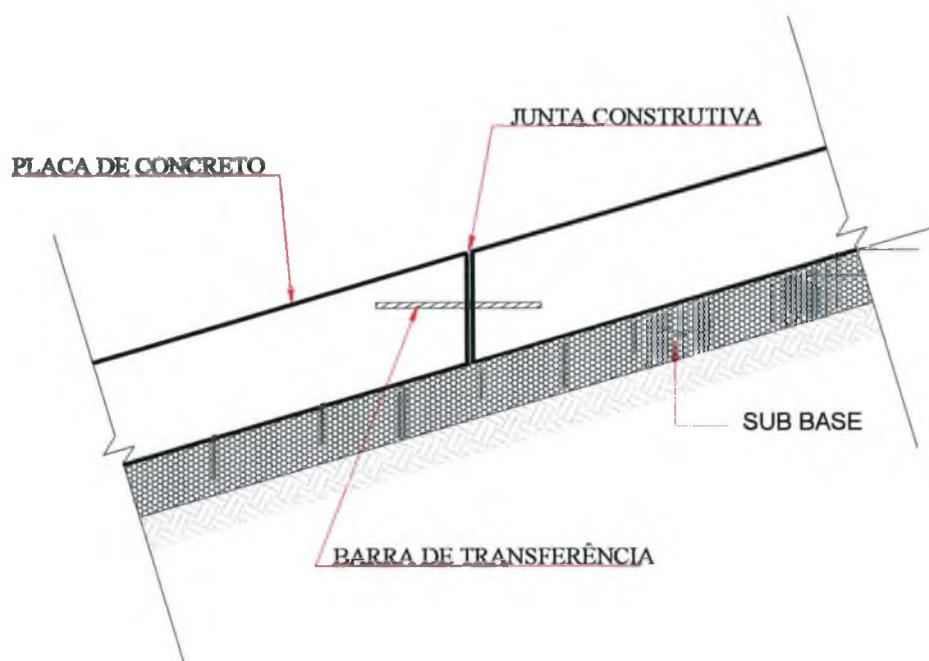


FIGURA 4.49 – Posicionamento Incorreto da Barra de Transferência

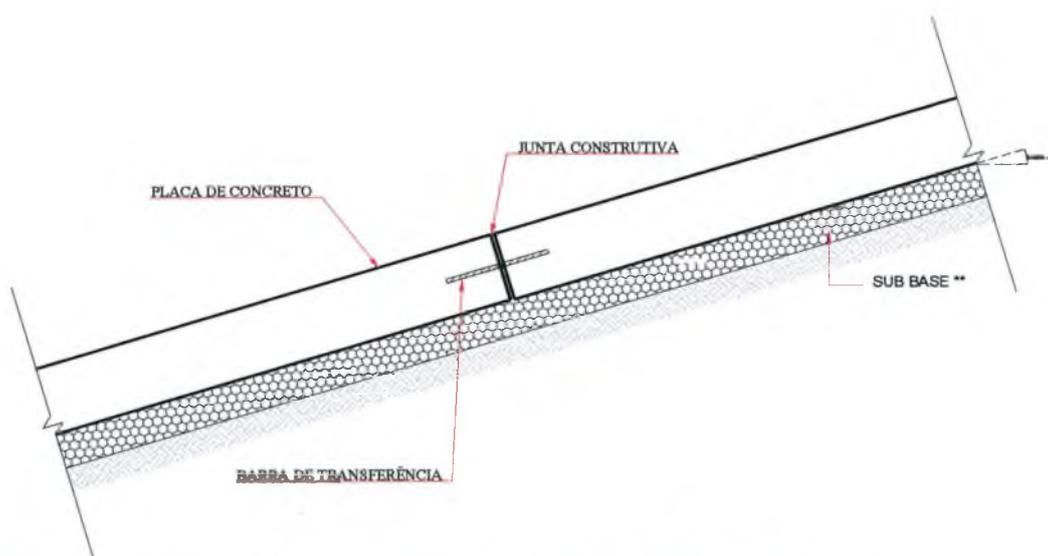


FIGURA 4.50 – Posicionamento Correto da Barra de Transferência

- Excesso de carga.

Os excessos de carga são evidenciados na Tabela 3.10 e na Figura 3.5, verificando-se que os veículos de eixos simples de roda dupla apresentam excessos de carga variando de 3% a 39% superiores a Carga Máxima

Admissível pela Lei da Balança, segundo Decreto Lei nº 98933 DE 07/12/1990 (FERREIRA, 1999)^[43].

Similarmente os veículos de eixos tandem duplo e tandem triplo encontram-se com excesso de carga, respectivamente, entre os intervalos de 2,4% a 39% e de 1% a 10%. Os excessos de carga verificados, aliados aos fatores anteriormente descritos, contribuíram significativamente as degradações no trecho 1.

Quanto aos aspectos de aderência verificam-se valores de GripNumber variando de 0,50 a 0,64, indicando superfícies medianamente rugosa a rugosa, conforme as faixas estabelecidas na publicação DNER (1998)^[33].

4.5.2. Estabelecimento da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC)

O estabelecimento da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC) para os trechos do estudo de caso é uma proposição baseada em Indicadores de Qualidade, expressos pelos resultados dos parâmetros de condição funcional e estrutural dos pavimentos.

Os principais parâmetros Indicadores da Qualidade foram resumidos na Tabela 4.16 com os resultados do ICP, área da bacia de deflexão, módulo de elasticidade (E_{pcc}), transferência de carga (TC) e valores de aderência (GN).

TABELA 4.16 – Resumo dos Indicadores da Qualidade

Trecho	Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo					Lado Direito				
		ICP	Área Bacia	E _{pcc} (MPa)	TC (%)	GN	ICP	Área Bacia	E _{pcc} (MPa)	TC (%)	GN
F Á B R I C A	1*	84,50	26,76	51.126,80	62	0,53	73,50	27,64	45.905,69	76	0,53
	2 #	84,80	29,50	39.133,40	86	0,49	86,30	29,68	40.289,28	88	0,49
	3 #	93,00	29,88	36.976,93	91	0,51	94,60	29,58	33.019,41	90	0,51
	4 #	93,70	29,63	30.818,22	91	0,62	93,70	35,54	39.672,31	91	0,62
	5 #	91,00	30,00	31.733,97	95	0,57	91,00	29,26	45.905,69	90	0,57
	6 #	96,00	29,84	30.544,46	91	0,59	94,50	30,98	41.133,72	93	0,59
	7*	83,00	28,14	39.378,03	80	0,60	87,00	28,53	43.642,32	75	0,60
	8*	87,70	27,45	35.431,16	84	0,58	87,00	27,55	25.575,64	77	0,58
A	1 #	87,50	27,58	52.064,96	71	0,63	83,00	26,38	48156,03	79	0,63
	2 #	89,00	28,33	48.241,67	88	0,59	88,00	27,78	32818,91	83	0,59
	3 #	84,00	28,48	31.396,98	87	0,63	87,80	29,21	39604,90	87	0,63
C	1 #	80,00	28,86	28.045,53	90	0,60	84,00	29,82	39707,23	85	0,60
	2 #	81,00	28,38	25.079,45	82	0,64	85,00	28,59	30245,36	85	0,64
1	1 (NR)	24,00	19,98	10.988,02	89	**	32,50	28,90	55491,86	81	**
	2(RP)	85,30	27,67	69.355,60	85	0,60	77,00	27,38	36314,75	77	0,60
	3(RI)	100,00	27,74	39.622,08	80	0,60	91,00	27,63	47991,36	69	0,60
	4(RP)	66,50	27,36	48.037,63	68	0,57	50,50	26,39	30416,53	83	0,57
	5 (NR)	61,00	25,04	47.364,77	74	0,55	88,00	26,32	32485,48	89	0,55
	6(RP)	76,00	24,68	20.263,37	86	0,58	79,00	28,29	41468,51	88	0,58
	7(RP)	80,00	29,78	42.901,54	33	0,59	78,00	25,77	25061,95	80	0,59
	8 (NR)	8,00	22,23	9.929,25	59	0,59	8,00	28,47	18074,91	91	0,59
	9(RI)	73,00	21,20	13.480,57	83	0,51	89,00	27,21	47490,41	80	0,51
	10(RP)	81,00	24,69	23.071,11	90	0,56	82,00	26,81	23656,27	77	0,56
	11 (NR)	72,00	25,17	33.807,60	92	0,54	75,00	25,14	25124,60	73	0,54
	12(RP)	84,70	23,95	21.379,54	88	0,57	72,00	27,20	35491,80	81	0,57
	13(RI)	100,00	22,94	22.872,61	79	0,61	100,00	28,82	47764,48	84	0,61
	14(RP)	79,00	23,26	21.799,09	85	0,64	72,00	27,30	37901,46	85	0,64
	15 (RP)	61,00	26,25	30.281,72	83	**	81,00	30,81	83719,03	89	**
	16 (NR)	81,00	23,36	29.782,58	87	**	77,00	25,97	39057,78	92	**
	17(RI)	100,00	25,43	69.928,55	82	**	100,00	24,11	40994,65	83	**
	18 (NR)	81,00	26,52	47.761,61	87	**	59,00	25,43	27912,80	85	**
	19 (NR)	33,00	23,17	7.335,57	84	**	39,00	29,62	38417,11	98	**

OBSERVAÇÕES: * P.C.E.A. = Segmentos em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;
 # P.C.S. = Segmentos em Pavimentos de Concreto Simples;
 (RP) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente;
 (RI) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;
 (NR) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados; e
 ** = Não foi possível executar os ensaios de GreepTester.

Com os parâmetros de defeitos (α), estruturais (β) e aderência (γ) procurou se estabelecer um modelo composto por essas três parcelas, genericamente representadas pela expressão:

$$QPC = \alpha \cdot IPC + \beta \cdot Estrutural + \gamma \cdot GripNumber \quad (4.3)$$

Para o estabelecimento da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC), foram estabelecidas notas e conceitos e utilizou-se a escala do ICP para pavimentos rígidos e adotaram-se os mesmos intervalos, conforme demonstrado na Tabela 4.17.

TABELA 4.17 - Qualidade dos Pavimentos de Concreto (QPC)

NOTA	CONCEITO
0 – 9,9	Destruido
10 – 24,9	Muito Ruim
25 – 39,4	Ruim
40 – 54,9	Razoável
55 – 69,9	Bom
70 – 84,9	Muito Bom
85 – 100	Excelente

Para o estabelecimento dos fatores de ponderação α , β e γ , foi analisada a Tabela 9.2 em HUANG (1993)^[54] (sito pg.426, capítulo 9), que dos 24 defeitos descritos, 50% são simultaneamente defeitos estruturais e funcionais. Observando-se que os parâmetros relativos à aderência não faziam parte dos defeitos funcionais daquela relação.

Destacando-se que a aderência tem a cada dia fator preponderante na segurança para o usuário, estabeleceu-se como fator γ de ponderação 0,30. Para os outros dois parâmetros resolveu-se atribuir fator de ponderação $\alpha = \beta = 0,35$. Portanto, formulou-se o modelo de Desempenho (D), expresso pelo QPC:

$$QPC = 0,35 \cdot IPC + 0,35 \cdot Estrutural + 0,30 \cdot GripNumber \quad (4.4)$$

4.5.2.1. Definição das Notas e Parâmetros do ICP

Quanto as notas e conceitos do ICP, utilizou-se os valores e a escala de avaliação subjetiva de Pavimentos Rígidos (DNER 50/89, 1989)^[31]. Dessa maneira fixaram-se as notas e conceitos, conforme Tabela 4.18.

TABELA 4.18 – Conceitos e Notas de ICP para os Pavimentos Rígidos

ICP	CONCEITO	NOTA
0 – 9,9	Destruido	0 – 9,9
10 – 24,9	Muito Ruim	10 – 24,9
25 – 39,4	Ruim	25 – 39,4
40 – 54,9	Razoável	40 – 54,9
55 – 69,9	Bom	55 – 69,9
70 – 84,9	Muito Bom	70 – 84,9
85 – 100	Excelente	85 – 100

4.5.2.2. Definição das Notas e Parâmetros Estruturais

Os parâmetros estruturais são complexos e onerosos de se estabelecerem, pois costumeiramente estão vinculados a equipamentos especiais do tipo “*Falling Weight Deflectometer*”.

Os parâmetros levados em consideração foram a área da bacia de deflexão, o módulo elástico dinâmico das placas obtidos através da retroanálise (E_{pcc}) e da transferência de carga (TC).

Para os parâmetros de área de bacia, módulo de elasticidade e transferência de carga, estabeleceram-se intervalos e notas associadas a cada intervalo, conforme especificado nas Tabelas 4.19, 4.20 e 4.21.

Esses intervalos são resultado do estudo e simulação dos valores principalmente de área da bacia de deflexão nas planilhas de retroanálise desenvolvidas. Dessas simulações, verificou-se que para áreas de bacias de deflexão ligeiramente maiores que 32 polegadas os valores dos módulos de elasticidade aumentaram consideravelmente e em contrapartida valores de áreas de bacia de deflexão menores que 23 polegadas apresentaram módulos muito baixos. Portanto, segundo o Manual da AASHTO (1993)^[2], os valores típicos de área variam de 29 a 32 polegadas e os de módulo de elasticidade variam de 20.700MPa a 55.200MPa e indicam concretos sadios e de bom comportamento.

TABELA 4.19 – Conceitos e Notas de Área da Bacia (Ab)

INTERVALO (polegadas)	NOTA
$Ab > 32$ e $Ab < 23$	40
$23 \leq Ab < 25$	41-60
$25 \leq Ab < 27$	61-75
$27 \leq Ab < 29$	76 – 85
$29 \leq Ab \leq 32$	86-100

TABELA 4.20 – Conceitos e Notas de Módulo de Elasticidade (E_{pcc})

INTERVALO (MPa)	NOTA
$E_{pcc} < 9000$ e $E_{pcc} \geq 56000$	40
$9000 \leq E_{pcc} < 10000$	40-50
$10000 \leq E_{pcc} < 20000$	50-60
$21000 \leq E_{pcc} < 30000$	60-70
$31000 \leq E_{pcc} < 40000$	70-80
$41000 \leq E_{pcc} < 50000$	80-90
$51000 \leq E_{pcc} < 56000$	90-100

TABELA 4.21 – Conceitos e Notas de Transferência de Carga (TC)

INTERVALO (%)	NOTA
$0 \leq TC < 20$	20
$20 < TC \leq 30$	20-30
$30 < TC \leq 50$	30-50
$50 < TC \leq 70$	50-70
$70 < TC \leq 89$	70-90
$90 < TC \leq 100$	90-100

Esses intervalos também foram estabelecidos em função de observações dos valores de ICP, módulos de elasticidade do concreto e área de bacia comparados com o comportamento e características inerentes de cada segmento homogêneo do trecho 1.

Da mesma maneira que no modelo do desempenho, também estabeleceram-se fatores de ponderação denominados α' , β' e γ'' , respectivamente para a área da bacia, módulo de elasticidade das placas e transferência de carga. Notou-se que a transferência de carga é característica intrínseca da junta, portanto muitos segmentos homogêneos estavam degradados, porém a resposta à transferência de carga nas proximidades da junta era satisfatória. Dessa forma adotou-se $\gamma' = 0,20$ para a transferência de carga e para as ponderações de área de bacia e módulos de elasticidade, verificou-se que estão intimamente inter-relacionadas e adotou-se α' e $\beta' = 0,40$.

Com os intervalos notas e fatores de ponderação (α' , β' e γ') determinou-se a avaliação estrutural, com a seguinte relação:

$$Estrutural = 0,4 \cdot Ab + 0,4 \cdot E_{pcc} + 0,2 \cdot TC \quad (4.5)$$

4.5.2.3. Definição de Notas e Parâmetros de Aderência

Os parâmetros de aderência consistiram de através dos levantamentos com o “GripTester” e a Tabela de Avaliação das Condições de Segurança e Resistência à Derrapagem proposto pelo DNER (1998)^[33] estabelecerem-se os intervalos, conceitos e notas, conforme a Tabela 4.22.

TABELA 4.22 – Conceitos e Notas de GripNumber (GN)

ADERÊNCIA (GN)	CONCEITO	NOTA
$GN \leq 0,24$	Perigosa	< 30
$0,24 < GN \leq 0,30$	Muito Lisa	30 – 40
$0,30 < GN \leq 0,37$	Lisa	41 – 50
$0,37 < GN \leq 0,44$	Insuficientemente Rugosa	51 – 60
$0,44 < GN \leq 0,51$	Medianamente Rugosa	61 – 70
$0,51 < GN \leq 0,72$	Rugosa	71 – 99
$GN > 0,72$	Muito Rugosa	100

4.5.3. Resultados da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC)

Com os parâmetros, conceitos e notas e a equação da Qualidade do Pavimento proposta, apresenta-se no ANEXO E a tabela de todos os parâmetros definidores do desempenho. Na Tabela 4.23 apresenta-se o resumo das notas e valores da Qualidade obtidos para os trechos do estudo de caso, respectivamente, trecho Fábrica, A, C e 1. Ressalta-se que as notas da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC) propostas são específicas para os trechos do estudo de caso e para outros trechos os fatores de ponderação deverão ser reavaliados.

TABELA 4.23 – Notas e Conceitos da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC)

Trecho	Segmento Homogêneo	Lado Esquerdo		Lado Direito	
		Nota de QPC	Conceito de QPC	Nota de QPC	Conceito de QPC
F Á B R I C A	1*	78,76	Muito Bom	75,83	Muito Bom
	2 #	79,02	Muito Bom	79,96	Muito Bom
	3 #	83,31	Muito Bom	83,05	Muito Bom
	4 #	87,03	Excelente	81,42	Muito Bom
	5 #	84,51	Muito Bom	85,66	Excelente
	6 #	86,63	Excelente	88,48	Excelente
	7*	81,74	Muito Bom	83,14	Muito Bom
	8*	81,96	Muito Bom	79,91	Muito Bom
A	1 #	85,43	Excelente	82,57	Muito Bom
	2 #	85,30	Excelente	82,09	Muito Bom
	3 #	83,06	Muito Bom	86,15	Excelente
C	1 #	80,42	Muito Bom	83,87	Muito Bom
	2 #	81,09	Muito Bom	83,56	Muito Bom
I	1 (NR)	**	**	**	**
	2(RP)	76,92	Muito Bom	78,35	Muito Bom
	3(RI)	87,56	Excelente	84,74	Muito Bom
	4(RP)	74,63	Muito Bom	66,65	Bom
	5 (NR)	69,98	Bom	79,66	Muito Bom
	6(RP)	72,89	Muito Bom	80,53	Muito Bom
	7(RP)	78,50	Muito Bom	75,33	Muito Bom
	8 (NR)	43,50	Razoável	52,94	Razoável
	9(RI)	65,45	Bom	80,85	Muito Bom
	10(RP)	74,24	Muito Bom	76,09	Muito Bom
	11 (NR)	72,61	Muito Bom	71,15	Muito Bom
	12(RP)	74,59	Muito Bom	71,39	Muito Bom
	13(RI)	80,05	Muito Bom	90,08	Excelente
	14(RP)	74,76	Muito Bom	79,31	Muito Bom
	15 (RP)	**	**	**	**
	16 (NR)	**	**	**	**
	17 (RI)	**	**	**	**
	18 (NR)	**	**	**	**

OBSERVAÇÕES:

* P.C.E.A. = Segmentos em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;

P.C.S. = Segmentos em Pavimentos de Concreto Simples;

(RP) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Parcialmente;

(RI) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Reabilitados Integralmente em Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados;

(NR) = Segmentos Homogêneos em Pavimentos de Concreto Simples Não Reabilitados; e

** Não calculados em função da impossibilidade de executar os ensaios de aderência.

4.6. Seleção de Tipo de Intervenção Através de Critérios de Decisão

Os critérios de decisão são ferramentas utilizadas para se definir onde, quando e como os serviços de reabilitação devem ser realizados e qual a melhor forma de aplicação dos recursos. A maneira correta de aplicar esse critério é entender primeiramente o processo de deterioração dos pavimentos. Esse processo é apresentado em forma de Fluxograma – Fatores que Afetam o Comportamento de Pavimentos Rígidos na Figura 4.52, o qual representa os fatores que afetam o comportamento dos pavimentos rígidos.

TIPO DE DETERIORAÇÃO

	NA PLACA				EM JUNTAS				
SUPERFÍCIE									
Polimento	Descolamento de agregados.	Trincas transversais	Trincas longitudinais	Trincas no bordo da pista	Desintegração	Falha do ligante	Falhas	Lascas	Elevação
Baixa aderência		Falhas por desprendimento de lascas	Falhas por desprendimento de lascas	Falhas por desprendimento de lascas		Falhas por elevação e quebra de juntas.			Encurv
Resistência à Abrasão Inadequada.	Má qualidade do agregado gradado.	Retração excessiva esforço de fiação e de temperatura.	Retração excessiva esforço de fiação e de temperatura.	Esforços de encurvamento excessivos.	Perda de adesão entre a massa de cimento e os agregados.	O ligante não pode acumular os movimentos.	Transferência de cargas inadequadas.	Concentração de esforços locais.	Expor placa expor
1. Textura inadequada do revestimento. 2. Mistura fraca. 3. Agregados fracos. 4. Pneus desgastados.	1. Argila expandida, sílex, madeiras e outros agregados fracos ou porosos.	1. Alta relação M/C. 2. Falta de cura. 3. Pressão nos pozadores. 4. Comprimento excessivo da picota.	1. Assentamento do subleito. 2. Longura excessiva entre juntas longitudinais. 3. Juntas longitudinais imperfeitas. 4. Casca	1. Bombeamento do subleito. 2. Assentamento do subleito. 3. Ondulação 4. Fenda do transe- rência de carga.	1. Dimensionamento da mistura. 2. Trincas. 3. Ataque por sulfato. 4. Ataque químico. 5. Má qualidade do agregado. 6. Agregados sujos. 7. Falta de cura. 8. Reação alcali-agregado.	1. Comprimento entre juntas. 2. Falha dos componentes do ligante. 3. Junta lascada.	1. Subleito sujeito a bombeamento. 2. Falta de sub-base granular. 3. Falta de sub-base estabilizada. 4. Falta de mecanismo de transferência de carga. 5. Subleito não uniforme. 6. Água sob as juntas.	1. Carga de tráfego nas extremidades. 2. Material incompressível nas juntas.	1. 2. 3.

O entendimento do mecanismo de deterioração é fundamental para escolher a melhor maneira de avaliar e selecionar as técnicas de reabilitação de pavimentos, através de uma abordagem sistemática. Esse processo deve contemplar a coleta das informações para a avaliação ou para o desenvolvimento do projeto, avaliar as causas das degradações, definir a estratégia viável, projeto preliminar das alternativas, custos do ciclo de vida, seleção da alternativa preferida, projeto final e construção.

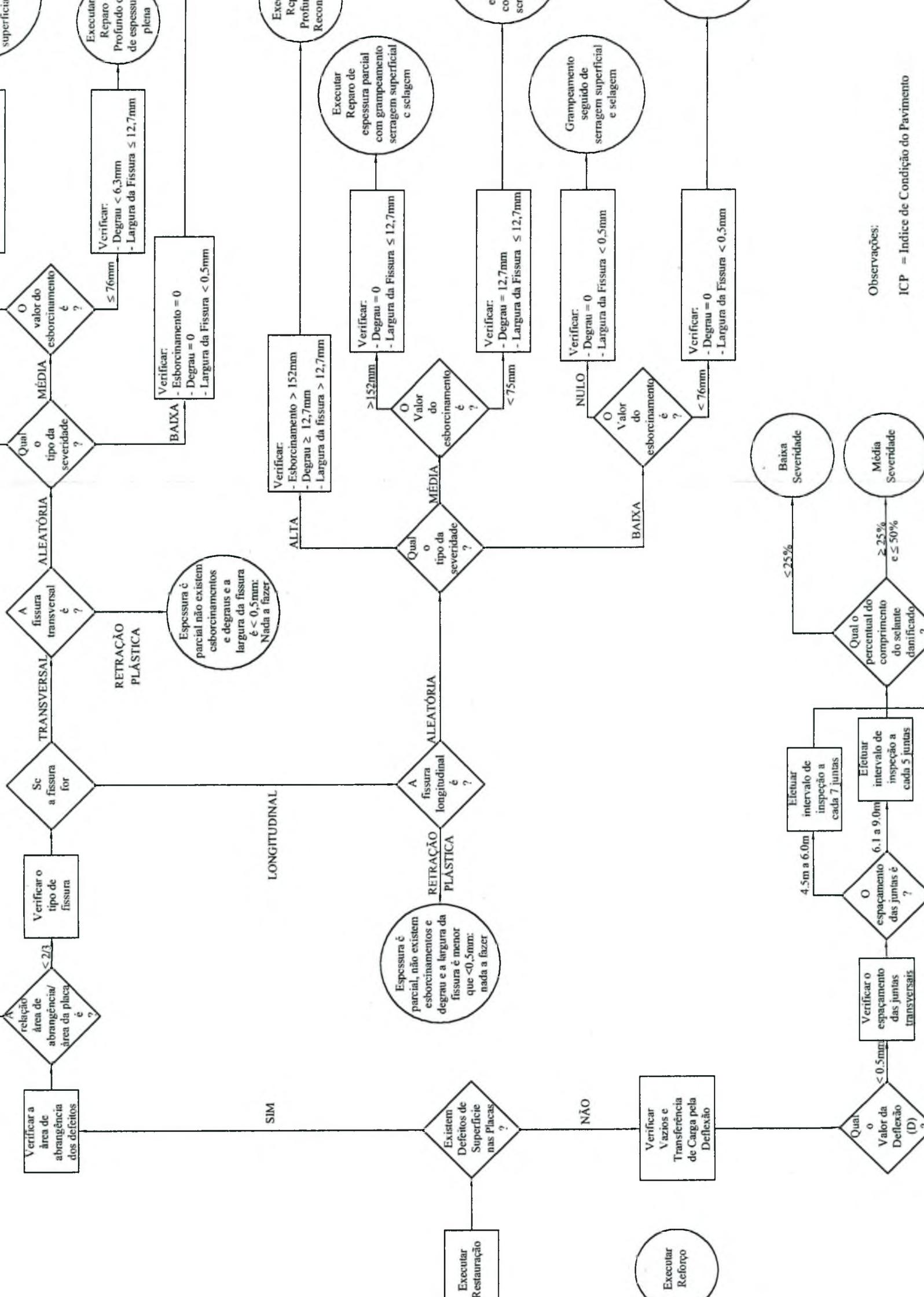
O sucesso de uma reabilitação depende das decisões que serão baseadas nas condições específicas e no projeto individual da reabilitação do pavimento.

Na análise desenvolvida não foram considerados os custos para a aplicação de determinadas intervenções.

O processo para a tomada de decisões foi desenvolvido tanto para a utilização do parâmetro de Qualidade de Pavimento de Concreto (QPC) quanto para a utilização do Índice de Condição do Pavimento (ICP). No primeiro são necessários levantamentos costumeiramente onerosos do tipo “*Falling Weight Deflectometer*” e “*GreepTester*” enquanto que para o ICP é necessário apenas os levantamentos de defeitos.

O processo desenvolvido estabelece os valores limites mínimos e/ou máximas e indispensáveis para o balizamento e a tomada de decisões para o desenvolvimento de necessidades de reabilitação, e foi estudado em forma de fluxograma de decisão, conforme Figura 4.53. Destaca-se que devem ser seguidos como base e sugestão para a execução dos processos de reabilitação descritos na revisão bibliográfica.

Os processos, critérios de intervenção e tomadas de decisão são fundamentados na experiência adquirida durante o desenvolvimento de projetos e obras de implantação e de reabilitação realizados nos pavimentos rígidos de acesso a jazida Rio Bonito da Cia de Cimento Itambé e nas especificações da “*American Concrete Pavement Association*”.



Observações:
ICP = Índice de Condição do Pavimento

Quanto ao fluxograma de tomada de decisão e critérios de intervenção observam-se:

- A ocorrência de defeitos de superfície com abrangência maior ou igual a dois terços da área da placa, são específicas para defeitos do tipo placas divididas. Portanto, caso tenha-se uma fissura longitudinal que ocupe toda a extensão da placa não significa que se tenha que demolir a placa e reconstruí-la;
- Caso as fissuras de retração plástica sejam maiores que 0,5 mm e não ocupem área maior que 2/3 da área da placa, utilizar os mesmos critérios das fissuras transversais e/ou longitudinais;
- A tomada de decisão dependendo do caso poderá variar em função da intensidade do tráfego e parâmetros de carga peculiares de cada rodovia;
- Não foram contemplados defeitos de polimento que poderiam comprometer a resistência a derrapagem, bem como, o caso de superfícies irregulares. Nesses casos optar por fresagem. Caso a fresagem seja dispendiosa, utilizar se possível soluções em reforço;
- As determinações dos vazios devem preferencialmente ser executadas com equipamentos dos tipos “*Ground Penetration Radar*” ou de medição de deflexão. Caso seja inviável a utilização desses equipamentos, poderão ser utilizadas inspeções visuais, iniciando-se com a procura de degraus em juntas e fissuras, análise da presença de depósitos de materiais finos perto das juntas sobre as placas ou na transição entre placas e/ou acostamento ou ainda, depressões ou painéis no bordo de acostamentos em concreto asfáltico. Outros sinais que indicam vazios são as ocorrências de quebra de canto e degraus entre pista e acostamento; e
- Os reparos, reforços e/ou reconstruções mencionados no fluxograma de tomada de decisões e critérios de intervenções da Figura 4.53 priorizam soluções únicas ou associadas à utilização de concretos de cimento Portland.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações de pesquisas futuras.

5.1. Conclusões

Destacam-se as seguintes conclusões, para as condições estudadas nesta pesquisa:

- 1) A análise do Índice de Condição do Pavimento mostrou que este parâmetro permite caracterizar o estado de degradação dos pavimentos de concreto viários e também serve para o estabelecimento de tomadas de decisão e critérios de seleção de intervenção.
- 2) Verificou-se que o método da amostragem sistemática para a determinação do ICP estabeleceu com segurança a representatividade para os segmentos homogêneos avaliados do trecho Fábrica. Para os segmentos homogêneos do trecho 1, principalmente quando separou-se os pavimentos reabilitados parcialmente dos não reabilitados e dos reabilitados integralmente, verificou-se discrepâncias maiores nos resultados de ICP dos pavimentos não reabilitados.
- 3) Verifica-se a necessidade premente da adoção de um catálogo de defeitos na DNER 49/89 (1989)^[31], com fotografias e desenhos, descrição dos defeitos e dos níveis de severidade, bem como, a maneira de proceder às medidas das degradações e o estabelecimento de uma ficha única de levantamentos de defeitos, de maneira que as incertezas diminuam e a confiabilidade dos levantamentos de defeitos seja melhorada.
- 4) Necessidade de estabelecer critério para a medição do defeito de escalonamento nas juntas transversais. Sugere-se a adoção de 30 cm do bordo externo, porque esta posição fica situada próxima a trilha de roda onde esse defeito geralmente é mais severo. Este procedimento sugerido padronizaria o local das medidas e reduzirá as subjetividades, ficando em conformidade com as especificações da AASHTO (1993)^[2], manuais da SHRP (1993)^[89] e NCHRP (1985)^[70], bem como, facilita a aplicação e comparação com os modelos de desempenho já estabelecidos.

5) Os defeitos de abertura anormal de junta longitudinal e de separação entre a placa de concreto e o revestimento do acostamento, deveriam ser incluídos na Norma DNER 49/89 (1989)^[31], pois são defeitos que normalmente aparecem nos pavimentos de concreto e afetam, respectivamente o conforto de rolamento e a integridade estrutural das sub-base e dos acostamentos.

6) Propõem-se uma revisão nos graus de severidade de defeitos nas fissuras lineares e desnível entre o pavimento e acostamento de maneira a ficarem em conformidade com outros países e com o manual SHRP-P-3338 (1993)^[89]. Com a sugestão de adequação, esses defeitos poderiam ser considerados quando da utilização de modelos de desempenho dos demais países.

7) A avaliação da eficiência de transferência de carga pelo método da Universidade do Texas (JDR), é uma metodologia criteriosa que leva em consideração a maneira que a junta fissura após a indução da junta através da serragem prévia de aproximadamente um terço da espessura da placa, bem como, da possibilidade de verificar vazios sob as placas.

8) As retroanálises realizadas com as planilhas desenvolvidas no Microsoft Excel® mediante a aplicação do processo de soluções fechadas baseadas na análise dimensional propostas por IOANNÍDES (1988)^[56], Manual da AASHTO (1993)^[2], equações de HALL (1989)^[51] e RODRIGUES (1995)^[83] e fundamentos de WESTERGAARD (1923)^[92] e LOSBERG^[64] mostraram-se muito eficientes quando comparadas às retroanálises realizadas com o programa AASHTOWARE DARWIN 3.01^[27]. Essa eficiência foi comprovada para as retroanálises dos modelos de elasticidade das placas de concreto e do coeficiente de reação do subleito utilizando-se a determinação do raio de rigidez relativa (lk) pela fórmula de Hall e considerando-se a fundação como líquido denso.

9) Os processos de retroanálise preconizados no método da AASHTO (1993)^[2] e proposto por IOANNIDES (1988)^[56] com a determinação dos modelos de elasticidade das placas, raio de rigidez relativa, módulos de reação do subleito através da área da bacia, das deflexões, mostraram-se eficientes e confiáveis para a avaliação do desempenho e caracterização das estruturas dos pavimentos de concreto viários. Portanto, é fundamental verificar se as deflexões obtidas não apresentam anomalias.

Dentre as principais destacam-se as deflexões do sensor (D_2) maior que as deflexões de sensor (D_0), situado abaixo do prato de carga.

10) Evidencia-se a dificuldade na determinação do desempenho dos pavimentos de concreto no sentido de que até o momento não foi preconizada uma metodologia clara para avaliar a capacidade estrutural como nos pavimentos asfálticos, nos quais é expressa pelo número estrutural (SN). O manual da AASHTO (1993)^[2] expressa a capacidade estrutural através da espessura efetiva das placas, contudo esta aproximação não leva em consideração o restante da estrutura e da fundação, sendo que estes fatores afetam consideravelmente o desempenho.

11) A análise da Qualidade do Pavimento de Concreto (QPC) expressa pelo Índice de Condição do Pavimento, Parâmetros Estruturais (módulo de elasticidade, área da bacia de deflexão transferência de carga) e Parâmetros de Aderência e da macrotextura combinados com os fatores de ponderação expressaram de maneira sucinta o comportamento estrutural e funcional dos pavimentos de forma prática e eficiente nas notas e conceitos atribuídos, para os trechos estudados.

12) Os levantamentos para a determinação dos fenômenos de aderência evidenciados pela interação pneu-pavimento e expressos pela macro e microtextura não resultaram em equações com coeficientes de correlação elevados. Verificou-se que as equações do tipo polinômio de 2º grau são as mais representativas do fenômeno para os dados coletados.

13) Verificou-se que para texturas superficiais muito finas ou fechadas, os resultados obtidos com o ensaio de mancha de areia apresentaram valores médios de altura de areia compreendidos entre 0,25mm e 0,18mm, ou seja, o mesmo intervalo de granulometria da areia utilizada no ensaio.

14) As técnicas de reabilitação de pavimento de concreto disponibilizadas foram adaptadas e desenvolvidas para as condições e locais do estudo de caso, podendo ser aplicados em outros trechos mediante projeto de reabilitação que avalie as causas das degradações.

5.2. Recomendações

Para futuras pesquisas, recomendam-se:

- a) Monitorar os pavimentos de concreto em serviço, de maneira, a estudá-los e obter informações para o desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho.
- b) Investigar os efeitos da temperatura na placa de concreto para a avaliação do comportamento estrutural e da transferência de carga nos pavimentos de concreto viários.
- c) Definir metodologia clara e objetiva para avaliar o comportamento estrutural dos pavimentos de concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AASHTO – "AASHTO – Guidelines for Pavement Management Systems American Association of State Highway and Transportation Officials Washington. 1990.

- [2] AASHTO – "AASHTO – Guide for Design of Pavement Structures". American Association of State Highway and Transportation Officials Washington. 1993.

- [3] ACPA. Utility Cuts and Full-Depth Repairs in Concrete Streets- IS 235P, Illinois,1998.

- [4] ACPA. How to Reseal Pavement Joints – RP336P, Illinois,1995.

- [5] ACPA. Full-Depth Repairs and Utility Cuts for Concrete Pavements - PA169P, Illinois,1998.

- [6] ACPA. Slab Stabilization Guidelines for Concrete Pavements – TB018P, Illinois,1994.

- [7] ACPA. Dowel Retrofit Restores Pavement Load Transfer – RP335P, Illinois,1995.

- [8] ACPA. Dowel Retrofit Cuts Rehab Costs in Washington – RP330P, Illinois,1994.

- [9] ACPA. Pavement Rehabilitation Strategy Selection, Illinois, 1995.

- [10] ACPA. Guidelines for Unbonded Concrete Overlays, TB 005P, Arlington Heights, IL, 1989.

- [11] ACPA. Guidelines for Portail – Depth Spall Repair – TP003.02P, Illinois, 1998.

- [12]ACPA. Fast-Track Concrete Pavements – TP004.02P, Illinois, 1994.
- [13]ADADA, L. B.. Projeto Final de Engenharia. Projeto de Reabilitação dos Pavimentos dos Trechos 1, 2 e 3 do Acesso a Jazida Rio Bonito, Curitiba, 2000.
- [14]AIPCR – ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRÉS DE LA ROUTE, XIXe Congrès Mondial de La Route, Comité Technique des Caracteristiques de Surface – Rapport, Marrakech, 1991.
- [15]AL-OMARI B., and Darter M.I. ; Relationships Between IRI and PSR, Transportation Research Board, 73rd Annual Meeting Washington DC, USA. 1994.
- [16]ANDRADE, M. H. F.. Aspectos Técnicos e Institucionais da Gerência de Conservação Rodoviária, São Paulo, 1997.
- [17]ASTM. Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli, Philadelphia, 1989.
- [18]ASTM E965-87, bibliografia Standard Test Method for Measuring Surface Macrotecture Depth Using a Volumetric Technique, January 1988.
- [19]ASTM-E-965, Test for Measuring Surface Macrotecture depth Using a Sand Volumetric Technique, in 1995 Annual Book of ASTM Standards AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, vol. 04. 03, USA. 1996.
- [20]BALBO, J.T. Aplicação do Método dos Elementos Finitos na Avaliação Estrutural de Pavimentos Rígidos Rodoviários, São Paulo, 1989. Dissertação (Mestrado) USP.

- [21]CAMPOS, O. S.; DOMINGUES, F.A.A.; REBAÇA, S. R. Indicadores para Avaliação da Condição dos Pavimentos da Rede DERSA. 3ª Reunião Anual de Pavimentação, Bahia, 1996.
- [22]CARVALHO, M. D.; PITTA, M. R.. Pisos Industriais de Concreto – Parte I: Dimensionamento de Concreto Simples. São Paulo, ABCP,1996.
- [23]DARTER, M. I. Requirements for Reliable Predictive Pavement Models In Transportation Research Record 766, Washington, 1980.
- [24]DARTER, M. I.. Maintenance of Portland Cement Concrete Pavement. Edited by A. F. Stock. Concrete Pavements. Elsevier Applied Science London, and New York, 1998.
- [25]DARTER, M. I. Design & Construction of Portland Concrete Pavements. – Associação Brasileira de Cimento Portland – Section 1 - São Paulo, 1999.
- [26]DARTER, M. I.; BECKER, J. M.; SNYDER, M. B.; SMITH, R. E.. Portland Cement Concrete Pavement Evaluation System – COPES, Washington, 1985.
- [27]DARWIN, A.; Pavement Design and Analysis System. Are registered of AASHTO, 1997.
- [28]Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, 1993.
- [29] DNER - Reabilitação de Pavimentos Rígidos, - Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - volume 3, Rio de Janeiro, 1992.
- [30]DNER – Guia de Gerência de Pavimentos – DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias , Rio de Janeiro, 1983.
- [31]DNER - Projeto e Dimensionamento, Operação e Conservação – Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - volume 2, Rio de Janeiro, 1989.

- [32]DNER - Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos, - Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - volume 3, Rio de Janeiro, 1998.
- [33]DNER - Pesquisa de Asfaltos Modificados por Polímeros, - Departamento Nacional de Estradas de Rodagens - volume 2, Rio de Janeiro, 1998.
- [34]DOMINGUES, F. A.A.. Avaliação de Pavimentos Construção de Índices de Defeitos, 27ª Reunião Anual de Pavimentação, Piauí , 1993.
- [35]DOMINGUES, F. A.A.. Fissuras Trincas e Esborcinamentos em Pavimentos de Concreto de Cimento Portland. 28ª Reunião Anual de Pavimentação, Minas Gerais, 1994.
- [36]DOMINGUES, F. A.A.; MOMM L.. Revestimento Rodoviário: Macro textura / Textura de Revestimento como Critério de Projeto. 29ª Reunião Anual de Pavimentação. Cuiabá, 1995.
- [37]DOMINGUES, F. A.A.; JU, L. K.. Índices Individuais de Defeitos para Avaliação dos Pavimentos da Rede DERSA. 30ª Reunião Anual de Pavimentação. Bahia, 1996.
- [38]DOMINGUES, F. A.A.; OLIVEIRA, M. E. D.. Índices Individuais de Defeito, 31ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, 1998.
- [39] EDITED by A. F. Stock. Concret Pavements. Elsevier Applied Science London, and New York - 1998.
- [40]ETEL – Empreendimentos Técnicos de Estradas Ltda. Inventário do Estado de Conservação das Rodovias Federais Pavimentados. Relatório Final. Curitiba, 1979.

- [41]ERES Consultants, and FHWA (1995), of Concrete Pavements, Volume III: Improving Concrete Pavement Performance; U.S. Department of Transportation and Federal Highway Administration Champaign, Illinois
- [42]FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. Concrete Pavement Design Manual. Illinois, 1992.
- [43]FERREIRA, MARCO ANTÔNIO PIMENTA; LANA, MAURICIO DE. O Efeito do Excesso de Carga na Vida Útil dos Pavimentos, 3ª SINAPRE ABPV, Pará, dezembro, 1999.
- [44]FHWA. Crack and Seat Performance Reveal Report, Federal Highway Administration, Washington, D.C., April, 1987.
- [45]FHWA-HI-92-015. Concrete Pavement Design Manual, Federal Highway Administration, Washington, D. C., January, 1992.
- [46]FHWA-RD-95-111. Performance of Concrete Pavements, Volume III: Improving Concrete Pavement Performance, Virgínia , 1998.
- [47]FILHO, NELSON RODRIGUES ROCHA. Estudo das Técnicas para Avaliação Estrutural de Pavimentos por meio de Levantamentos Deflectométricos, São Paulo, 1996.
- [48]GARCIA, L.. Cienfuegos A. Los Tramos con Pavimento de Hormigón Armado Continuo de la Autopista del Canfábrico, entre Oriedo y Pola de Siero. IV Jornada Sobre Pavimentos de Hormigón, Oriedo, 1993.
- [49]GREENSTEIN, J. and BERGER, L.. Using NDT Aided by an Expert System to Evaluate Airport and Highway Systems. "Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli, ASTM STP 1026, A. J. Bush III and G. Y. Baladi, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1989, pp. 525-539.

- [50] GUILFORD, J. P.. *Psychometric Methods*. Mc Graw-Hill. New York, 1954.
- [51] HALL, K. T.; MOHSENI, A.. *Backcalculation of Asphalt Concrete-Overlaid Portland Cement Concrete Pavement Layer Moduli*, Department of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana – Champaign , Urbana, 1989.
- [52] HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI J.. *Modern Pavement Management*, - Krieger Publishing Company – Malabar -Florida, 1994.
- [53] HOGG, A. H. A.. “Equilibrium of a thin Plate, Symmetrically Loaded, Resting on an Elastic Foundation of Infinite Depth”, *Philosophical Magazine, Series 7*, Vol. 25 , March, pp. 576-582), 1938.
- [54] HUANG, Y. H.. *Paviment Analysis and Design*. New Jersey, Prentice-Hal – Englewood Cliffs, New Jersey , Inc. , 1993.
- [55] IOANNIDES, A. M., THOMPSON, M. R. and BARENBERG, E. J.. “Westgaard Solutions Reconsidered”, *Transportation Research Record 1043*, Transportation Research Board, pp 13-23., 1985.
- [56] IOANNIDES, A. M.. “Dimensional Analysis in NDT Rigid Pavement Evaluation”, submitted for publication, *Journal of Transportation Engineering, ASCE*, July, 1988.
- [57] IOANNIDES, A. M., BARENBERG, E. J. *Interpretation of Falling Weight Deflectometer Results Using Principles of Dimensional Analysis*, Illinois, 1989.
- [58] IOANNIDES, A. M. *Dimensional Analysis in NDT Rigid Pavement Evaluation*, Illinois, 1990.
- [59] IOANNIDES, A. M., KOROYESIS G. T. , *Backcalculation of Joint Related Parameters in Concrete Pavements*, Trondheim, Norway, 1990.

- [60] IOANNIDES, A. M. , KHAZANOVICH, LEV. Backcalculation Procedures for Three-Layered Concrete Pavements, Minneapolis, 1994.
- [61] JEUFFROY, G. and SAUTEREY R.. Cement Concrete Pavement. –Translation of: Chaussées en béton de ciment, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France / USA, 1996.
- [62] KUO, C. M.. Study of Road Transfer Parameter in AASHTO Design Guide for Concrete Pavement. Transportation Research Record 1629, Washington, D. C. 1998.
- [63] LEE, Y. H., and DARTER M.Y., (1994); Development of Pavements Performance Prediction Models, Report n° 529-2, Illinois Department of Transportation University of Illinois at Urbana- Champaign
- [64] LOSBERG, Anders. Structurally Reinforced Concrete Pavements. Dakotorsavh and Lingar Vid Chalmers Tekniska Högskola, Göthemburg, Sweden, 1960.
- [65] LOSBERG, Anders. Pavements and Slabs on Grade with Structurally Active Reinforcement. In Transactions of chalmers University of Thecnology, Gothemburg, Sweden, 1961.
- [66] MAIA, A. T.. Assessoria Técnica Comercial. Cia de Cimento Itambé, 2001.
- [67] MARCON, A. F.. Contribuição ao Desenvolvimento de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina, 1996. Tese ITA.
- [68] MOMM, LETO. Estudo dos Efeitos da Granulometria sobre a Macro textura Superficial do Concreto Asfáltico e seu Comportamento Mecânico, São Paulo, 1998.
- [69] NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM REPORT, Portland Cement Concrete Pavement Evaluation System, Washington, 1985.

- [70]NCHRP. Synthesis 203 Current Practices In Determining Pavement Condition, Washington, D. C., 1994.
- [71]NONDESTRUCTIVE. Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli – Bush/ Baladi, editors - ASTM/STP - Philadelphia, 1989.
- [72]PACKARD, R. G., and TAYABJI, S.D.. “New PCA Thickness Design Procedure for Concrete Highway and Street Pavements”, 3rd Internacional Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue University, pp. 225-236, 1985.
- [73]PAVEMENT EVALUATOR es Copyright de FICEM. Versión 2.0. Chile, 1999.
- [74]PEREIRA, D. R. A. C. M.. Estabelecimento das Bases para um Sistema de Gerência de Pavimentos Ajustado as Condições da Malha Rodoviária Paranaense. Paraná, 1995. Dissertação (Concurso) UFPR.
- [75]PREUSSLER, E.S., RODRIGUES, R.M., ESPESCHIT, A M.L. Análise do Pátio de Concreto do Aeroporto Internacional de Brasília, São Paulo, 1998.
- [76] PITTA, M. R., 1990b. “Dimensionamento dos Pavimentos Rodoviários de Concreto”, ET – 14, 9ª edição, publicação da Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, 1990.
- [77]PITTA, M. R.; PITTA, D. M.; PINTO, S.; PREUSSLER, E. S.. Pavimentos Rígidos – Avaliação Estrutural e Estudo da Viabilidade, Cuiabá, 1995.
- [78]PITTA, M. R.; PITTA, D. M.; PINTO, S.; PREUSSLER, E. S.. Aplicação do FWD na Análise Estrutural do Pavimento Rígido da Rodovia SP-170, São Paulo, 1998.
- [79]PITTA, M. R.; RODRIGUES, P.P.F., Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados. ABCP. IBTS. São Paulo, 1997.

- [80] QUINTAS, H.L.V. , BUSH, A.J. , BALADI, G.Y. Concrete Pavement Backcalculation Using Illi-Back 3.0 , Philadelphia, 1994.
- [81] RICCI, EDUARDO A.; MEYER, A.H.; HUDSON, W.R.; STOKOE II, K. H.. The Falling Weight Deflectometer for Nondestructive Evaluation of Rigid Pavements. Texas, 1985.
- [82] RODRIGUES, P. P. F.. Pavimentos de Concreto Estruturalmente Armados. 39ª REIBRAC. São Paulo, 1997.
- [83] RODRIGUES, R. M.. Engenharia de Pavimentos. Instituto Tecnológico de Aeronautica – ITA, Divisão de Infra-Estrutura Aeronautica, São José dos Campos, 1995.
- [84] RUFINO, D. M. S.. Estudo dos Procedimentos de Dimensionamento e dos Novos Programas de Análise de Tensões em Pavimentos de Concreto. Rio de Janeiro, 1997. Dissertação (Mestrado) UFRJ.
- [85] SANTANA, H.. O Monitoramento dos Pavimentos Rígidos Integrado com o Programa SHRP. 25ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, 1991.
- [86] SAS User's Guide: Statistics. Version 5 edition. SAS Institute, Inc., Cary, N. C., 1985.
- [87] SENÇO, WLASTERMILER DE. Manual de Técnicas de Pavimentação – volume I, São Paulo, 1997.
- [88] SHAHIN, M. Y. - WALTHER, J. A . (1990) – “Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System” - USACERL Technical Report M – 90/05 – US Army Corps of Engineers – USA – 280 p.
- [89] SHRP-P-338. Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Project, Washington, 1993.

- [90] SOUZA, M. L. Pavimentação Rodoviária. Rio de Janeiro, MT/DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.
- [91] UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. CPGEC – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Diretrizes para Apresentação de Dissertações. Florianópolis, 1997.
- [92] WESTERGAARD, H.M., “Análise de Placas sobre Base Elástica com Referência Especial à questão de Tensões em Estradas de Concreto”, Universidade de Illinois, Urbana, Illinois, E.U.A. . Publicado na revista dinamarquesa “Ingenieren”- O Engenheiro – n° 42, 513-524, 1923.
- [93] WESTERGAARD, H. M., “Stresses in Concrete Pavements Computed by Theoretical Analysis”, “Highway Research Board Proceedings, 19th Annual Meeting, pp. 197-202; Discussion: pp. 202-205.), 1926.
- [94] WESTERGAARD, H. M., “Stresses in Concrete Runways of Airports”, Proceedings, Highway Research Board, Volume 19, 1939.
- [95] WESTERGAARD, H. M., “New Formulas for Stresses in Concrete Pavements of Airfields” Proceedings, American Society of Civil Engineers, New York. Vol. 73, N° 5, pp. 687-701.
- [96] YODER, E.J., WITCZAK, M.W.: Principles of Pavement Design. 2ª edição, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1975.

ANEXO A**TOTAL DE VIAGENS POR TIPO DE VEÍCULOS, INSUMO E PRODUTO**

Total de Viagens por Tipo de Veículos, Insumo e Produto																		
Anos	Calçário					Filito			Coque				Resíduo/comb. Alternativo					
	Quant. Anual (t)	2C	3C	2S2	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	3C	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total
1988	554.248	19.054	-	-	-	-	19.054	6.742	436	436	33.711	634	588	1.223	16.855	317	294	611
1989	663.624	22.815	-	-	-	-	22.815	8.073	522	522	40.363	759	705	1.464	20.181	380	352	732
1990	692.230	17.722	-	-	3.637	-	21.359	8.421	544	544	42.103	792	735	1.527	21.051	396	367	763
1991	703.379	15.435	2.118	-	3.696	-	21.249	8.556	553	563	42.781	805	747	1.551	21.390	402	373	776
1992	730.063	16.021	2.198	-	5.370	-	23.589	8.881	574	574	44.404	835	775	1.610	22.202	418	388	805
1993	793.926	17.422	4.781	-	5.840	-	28.043	9.658	624	624	48.288	908	843	1.751	24.144	454	421	876
1994	885.074	19.422	9.772	-	6.510	-	35.705	10.766	696	696	53.832	1.013	940	1.952	26.916	506	470	976
1995	998.760	18.264	12.030	-	9.446	-	39.740	12.149	786	786	60.747	1.143	1.060	2.203	30.373	571	530	1.102
1996	1.095.971	17.637	16.501	-	11.517	-	45.655	13.332	862	862	66.659	1.254	1.164	2.417	33.330	627	582	1.209
1997	1.252.169	20.150	18.853	-	13.158	-	52.161	15.232	985	985	76.159	1.433	1.329	2.762	38.080	716	665	1.381
1998	1.304.420	4.771	11.784	4.208	34.288	-	55.030	15.867	1.026	1.026	79.337	1.492	1.385	2.877	39.669	746	692	1.439
1999	1.221.992	3.575	11.039	2.628	34.671	1.409	53.322	14.865	961	961	74.324	1.398	1.297	2.695	37.162	699	649	1.348
2000	1.221.992	-	11.039	1.314	43.659	1.409	57.421	14.865	961	961	74.324	1.398	1.297	2.695	37.162	699	649	1.348
2001	1.258.652	-	11.370	1.353	44.969	1.451	59.144	15.311	990	990	76.554	1.440	1.336	2.776	38.277	720	668	1.388
2002	1.296.411	-	11.711	1.394	46.318	1.495	60.918	15.770	1.020	1.020	78.850	1.483	1.376	2.860	39.425	742	698	1.430
2003	1.335.304	-	12.063	1.436	47.708	1.539	62.746	16.243	1.050	1.050	81.216	1.528	1.418	2.945	40.608	764	709	1.473
2004	1.375.363	-	12.425	1.479	49.139	1.586	64.628	16.730	1.082	1.082	83.652	1.573	1.460	3.034	41.826	787	730	1.517
2005	1.416.624	-	12.797	1.523	50.613	1.633	66.567	17.232	1.114	1.114	86.162	1.621	1.504	3.125	43.081	810	752	1.562
2006	1.459.122	-	13.181	1.569	52.131	1.682	68.564	17.749	1.148	1.148	88.747	1.669	1.549	3.218	44.373	835	775	1.609
2007	1.502.896	-	13.577	1.616	53.695	1.733	70.621	18.282	1.182	1.182	91.409	1.719	1.596	3.315	45.705	860	798	1.658
2008	1.547.983	-	13.984	1.665	55.306	1.785	72.739	18.830	1.218	1.218	94.151	1.771	1.644	3.414	47.076	885	822	1.707
2009	1.594.422	-	14.404	1.714	56.965	1.838	74.922	19.395	1.254	1.254	96.976	1.824	1.693	3.517	48.488	912	846	1.758
2010	1.642.255	-	14.836	1.766	58.674	1.893	77.169	19.977	1.292	1.292	99.885	1.879	1.744	3.622	49.943	939	872	1.811
2011	1.691.523	-	15.281	1.819	60.435	1.950	79.484	20.576	1.330	1.330	102.882	1.935	1.796	3.731	51.441	968	898	1.866
2012	1.742.268	-	15.739	1.873	62.248	2.009	81.869	21.194	1.370	1.370	105.968	1.993	1.850	3.843	52.984	997	925	1.921
2013	1.794.536	-	16.211	1.930	64.115	2.069	84.325	21.829	1.411	1.411	109.147	2.053	1.905	3.958	54.574	1.027	953	1.979
2014	1.848.373	-	16.698	1.988	66.038	2.131	86.855	22.484	1.454	1.454	112.422	2.115	1.962	4.077	56.211	1.057	981	2.039
2015	1.903.824	-	17.199	2.047	68.020	2.195	89.460	23.159	1.497	1.497	115.794	2.178	2.021	4.199	57.897	1.089	1.011	2.100
2016	1.960.938	-	17.715	2.109	70.060	2.261	92.144	23.854	1.542	1.542	119.268	2.243	2.082	4.325	59.634	1.122	1.041	2.163
2017	2.019.767	-	18.246	2.172	72.162	2.328	94.908	24.569	1.589	1.589	122.846	2.311	2.144	4.455	61.423	1.155	1.072	2.228

Anos	Total de Viagens por Tipo de Veículos, Insumo e Produtos																								
	Cimento Ensacado					Areia Aarcoziana					Minério de Ferro					Filler					Quartzito				
	Quant. Anual (t)	2C	3C	2S3	3S3	3C3	Total	Quant. Anual (t)	3C	Total	Quant. Anual (t)	2S3	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	3C	Total	
1988	404.526	425	5.502	2.184	617	24	8.752	22.470	1.453	1.453	317	317	38.767	1.021	406	1.427	16.855	16.855	1.090	1.090	1.090	1.090	1.090	1.090	
1989	484.355	509	6.587	2.615	739	29	10.479	26.905	1.740	1.740	380	380	46.417	1.222	486	1.708	20.181	20.181	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	
1990	505.234	531	6.871	2.728	771	30	10.931	28.065	1.815	1.815	396	396	48.418	1.275	507	1.782	21.051	21.051	1.361	1.361	1.361	1.361	1.361	1.361	
1991	513.371	540	6.982	2.771	783	31	11.107	28.517	1.844	1.844	402	402	49.199	1.296	515	1.811	21.390	21.390	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	1.383	
1992	532.847	560	7.247	2.877	813	32	11.528	29.598	1.914	1.914	418	418	51.065	1.345	535	1.880	22.202	22.202	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	
1993	579.458	609	7.881	3.128	884	35	12.537	32.188	2.081	2.081	454	454	55.531	1.462	582	2.044	24.144	24.144	1.561	1.561	1.561	1.561	1.561	1.561	
1994	645.984	679	8.785	3.487	985	39	13.976	35.888	2.320	2.320	506	506	61.907	1.630	648	2.279	26.916	26.916	1.740	1.740	1.740	1.740	1.740	1.740	
1995	728.959	766	9.914	3.935	1.112	44	15.771	40.498	2.619	2.619	571	571	69.859	1.840	732	2.571	30.373	30.373	1.964	1.964	1.964	1.964	1.964	1.964	
1996	799.910	841	10.879	4.318	1.220	48	17.306	44.439	2.873	2.873	627	627	76.658	2.019	803	2.822	33.330	33.330	2.155	2.155	2.155	2.155	2.155	2.155	
1997	913.913	961	12.429	4.934	1.394	55	19.773	50.773	3.283	3.283	716	716	87.583	2.306	917	3.224	38.080	38.080	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	2.462	
1998	952.049	1.001	12.948	5.140	1.452	57	20.598	52.892	3.420	3.420	746	746	91.238	2.403	956	3.358	39.669	39.669	2.565	2.565	2.565	2.565	2.565	2.565	
1999	891.888	938	12.130	4.815	1.361	54	19.296	49.549	3.204	3.204	699	699	85.473	2.251	895	3.146	37.162	37.162	2.403	2.403	2.403	2.403	2.403	2.403	
2000	891.888	938	12.130	4.815	1.361	54	19.296	49.549	3.204	3.204	699	699	85.473	2.251	895	3.146	37.162	37.162	2.403	2.403	2.403	2.403	2.403	2.403	
2001	918.645	966	12.483	4.959	1.401	55	19.875	51.036	3.300	3.300	720	720	88.837	2.318	922	3.240	38.277	38.277	2.475	2.475	2.475	2.475	2.475	2.475	
2002	946.204	995	12.868	5.108	1.443	57	20.471	52.567	3.399	3.399	742	742	90.678	2.388	950	3.338	39.425	39.425	2.549	2.549	2.549	2.549	2.549	2.549	
2003	974.590	1.025	13.254	5.261	1.487	59	21.086	54.144	3.501	3.501	764	764	93.398	2.459	978	3.438	40.608	40.608	2.626	2.626	2.626	2.626	2.626	2.626	
2004	1.003.828	1.055	13.652	5.419	1.531	60	21.718	55.768	3.606	3.606	787	787	96.200	2.533	1.008	3.541	41.826	41.826	2.704	2.704	2.704	2.704	2.704	2.704	
2005	1.033.943	1.087	14.062	5.582	1.577	62	22.370	57.441	3.714	3.714	810	810	99.086	2.609	1.038	3.647	43.081	43.081	2.786	2.786	2.786	2.786	2.786	2.786	
2006	1.064.961	1.120	14.483	5.749	1.625	64	23.041	59.164	3.826	3.826	835	835	102.059	2.688	1.069	3.756	44.373	44.373	2.869	2.869	2.869	2.869	2.869	2.869	
2007	1.096.910	1.153	14.918	5.922	1.673	66	23.732	60.939	3.940	3.940	860	860	105.121	2.768	1.101	3.869	45.705	45.705	2.955	2.955	2.955	2.955	2.955	2.955	
2008	1.129.817	1.188	15.365	6.099	1.724	68	24.444	62.768	4.059	4.059	885	885	108.274	2.851	1.134	3.985	47.076	47.076	3.044	3.044	3.044	3.044	3.044	3.044	
2009	1.163.712	1.223	15.826	6.282	1.775	70	25.177	64.651	4.180	4.180	912	912	111.522	2.937	1.168	4.105	48.488	48.488	3.135	3.135	3.135	3.135	3.135	3.135	
2010	1.198.623	1.260	16.301	6.471	1.829	72	25.933	66.590	4.306	4.306	939	939	114.868	3.025	1.203	4.228	49.943	49.943	3.229	3.229	3.229	3.229	3.229	3.229	
2011	1.234.582	1.298	16.790	6.665	1.883	74	26.711	68.588	4.435	4.435	968	968	118.314	3.116	1.239	4.355	51.441	51.441	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326	3.326	
2012	1.271.619	1.337	17.294	6.865	1.940	76	27.512	70.646	4.568	4.568	997	997	121.863	3.209	1.276	4.485	52.984	52.984	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426	
2013	1.309.768	1.377	17.813	7.071	1.998	79	28.337	72.765	4.705	4.705	1.027	1.027	125.519	3.305	1.315	4.620	54.574	54.574	3.529	3.529	3.529	3.529	3.529	3.529	
2014	1.349.061	1.418	18.347	7.283	2.058	81	29.187	74.948	4.846	4.846	1.067	1.067	129.285	3.404	1.354	4.759	56.211	56.211	3.635	3.635	3.635	3.635	3.635	3.635	
2015	1.389.532	1.461	18.897	7.501	2.120	83	30.063	77.196	4.991	4.991	1.089	1.089	133.164	3.507	1.395	4.901	57.897	57.897	3.744	3.744	3.744	3.744	3.744	3.744	
2016	1.431.218	1.505	19.464	7.726	2.183	86	30.965	79.512	5.141	5.141	1.122	1.122	137.158	3.612	1.437	5.048	59.634	59.634	3.856	3.856	3.856	3.856	3.856	3.856	
2017	1.474.155	1.550	20.048	7.958	2.249	89	31.894	81.897	5.295	5.295	1.155	1.155	141.273	3.720	1.480	5.200	61.423	61.423	3.972	3.972	3.972	3.972	3.972	3.972	

Total de Viagens por Tipo de Veículo, Insumo e Produto

Anos	Gesso				Sacaria			Refratário			Cimento Granel				Cinza Volante			
	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	2S3	Total	Quant. Anual (t)	2C	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total	Quant. Anual (t)	2S3	3S3	Total
	1988	19.668	518	206	724	404.528	54	54	404.526	163	163	404.528	5.049	3.051	8.108	36.208	1.006	400
1989	23.549	620	247	867	484.355	65	65	484.355	196	196	484.355	6.045	3.653	9.698	45.748	1.205	479	1.684
1990	24.564	647	257	904	505.234	68	68	505.234	204	204	505.234	6.306	3.811	10.116	47.721	1.257	500	1.756
1991	24.960	657	261	919	513.371	69	69	513.371	207	207	513.371	6.407	3.872	10.279	48.489	1.277	508	1.785
1992	25.907	682	271	954	532.847	72	72	532.847	215	215	532.847	6.650	4.019	10.669	50.329	1.325	527	1.852
1993	28.173	742	295	1.037	579.458	78	78	579.458	234	234	579.458	7.232	4.370	11.602	54.731	1.441	573	2.014
1994	31.402	827	329	1.156	645.984	87	87	645.984	261	261	645.984	8.062	4.872	12.934	61.010	1.607	639	2.246
1995	35.436	933	371	1.304	728.959	98	98	728.959	294	294	728.959	9.098	5.498	14.596	68.846	1.813	721	2.534
1996	38.885	1.024	407	1.431	799.910	108	108	799.910	323	323	799.910	9.983	6.033	16.017	75.547	1.989	791	2.781
1997	44.426	1.170	465	1.635	913.913	123	123	913.913	369	369	913.913	11.406	6.893	18.299	86.314	2.273	904	3.177
1998	46.280	1.219	485	1.703	952.049	128	128	952.049	384	384	952.049	11.882	7.181	19.063	89.916	2.368	942	3.310
1999	43.356	1.142	454	1.596	891.888	126	126	891.888	360	360	891.888	11.131	6.727	17.858	84.234	2.218	882	3.100
2000	43.356	1.142	454	1.596	891.888	126	126	891.888	360	360	891.888	11.131	6.727	17.858	84.234	2.218	882	3.100
2001	44.656	1.176	468	1.644	918.645	124	124	918.645	371	371	918.645	11.466	6.929	18.394	86.761	2.285	909	3.193
2002	45.996	1.211	482	1.693	946.204	127	127	946.204	382	382	946.204	11.809	7.137	18.946	89.364	2.353	936	3.289
2003	47.376	1.248	496	1.744	974.590	131	131	974.590	393	393	974.590	12.163	7.351	19.514	92.045	2.424	964	3.388
2004	48.797	1.285	511	1.796	1.003.828	135	135	1.003.828	405	405	1.003.828	12.528	7.571	20.100	94.806	2.497	993	3.490
2005	50.261	1.324	526	1.850	1.033.943	139	139	1.033.943	417	417	1.033.943	12.904	7.798	20.703	97.650	2.571	1.023	3.594
2006	51.769	1.363	542	1.905	1.064.961	143	143	1.064.961	430	430	1.064.961	13.291	8.032	21.324	100.580	2.649	1.053	3.702
2007	53.322	1.404	558	1.963	1.096.910	148	148	1.096.910	443	443	1.096.910	13.698	8.273	21.963	103.597	2.728	1.085	3.813
2008	54.922	1.446	575	2.021	1.129.817	152	152	1.129.817	456	456	1.129.817	14.101	8.521	22.622	106.705	2.810	1.118	3.927
2009	56.569	1.490	592	2.082	1.163.712	157	157	1.163.712	470	470	1.163.712	14.524	8.777	23.301	109.906	2.894	1.151	4.045
2010	58.266	1.534	610	2.145	1.198.623	161	161	1.198.623	484	484	1.198.623	14.960	9.040	24.000	113.203	2.981	1.186	4.167
2011	60.014	1.580	629	2.209	1.234.582	166	166	1.234.582	498	498	1.234.582	15.408	9.312	24.720	116.599	3.070	1.221	4.292
2012	61.815	1.628	647	2.275	1.271.619	171	171	1.271.619	513	513	1.271.619	15.871	9.591	25.462	120.097	3.163	1.258	4.420
2013	63.669	1.677	667	2.343	1.309.768	176	176	1.309.768	529	529	1.309.768	16.347	9.879	26.225	123.700	3.257	1.296	4.553
2014	65.579	1.727	687	2.414	1.349.061	182	182	1.349.061	545	545	1.349.061	16.837	10.175	27.012	127.411	3.355	1.334	4.690
2015	67.547	1.779	707	2.486	1.389.532	187	187	1.389.532	561	561	1.389.532	17.342	10.480	27.823	131.234	3.456	1.374	4.830
2016	69.573	1.832	729	2.561	1.431.218	193	193	1.431.218	578	578	1.431.218	17.862	10.795	28.657	135.171	3.559	1.416	4.975
2017	71.660	1.887	751	2.638	1.474.155	198	198	1.474.155	595	595	1.474.155	18.398	11.119	29.517	139.226	3.666	1.458	5.124

ANEXO B

FICHA DE INSPEÇÃO DE DEFEITOS

FICHA DE INSPEÇÃO DE DEFEITOS NO PAVIMENTO - FICHA Nº :

Rodovia :	Trecho :
Amostra :	Dimensão das Placas :
Operador :	Data :
Condição Climática :	Sentido do Levantamento :

RELAÇÃO DE DEFEITOS

1) Alçamento de placa	8) Grandes reparos	15) Fissuração de retração plastica
2) Fissuras de canto	9) Pequenos reparos	16) Quebra de canto
3) Placa dividida	10) Desgaste superficial	17) Esborcinamento de juntas
4) Degrau de junta	11) Bombeamento	18) Placa bailarina
5) Defeito selagem de juntas	12) Quebras localizadas	19) Assentamento
6) Desnivel pav. Acostamento	13) Passagem de nivel	20) Buracos
7) Fissuras lineares	14) Rendilnado e escamação	

Defeitos e observações		PLACAS PARES				PLACAS IMPARES				Defeitos e observações	
P L A C A Nº:											P L A C A Nº:
C / A / CD / CE / Tangente										C / A / CD / CE / Tangente	

P L A C A Nº:											P L A C A Nº:
C / A / CD / CE / Tangente										C / A / CD / CE / Tangente	

P L A C A Nº:											P L A C A Nº:
C / A / CD / CE / Tangente										C / A / CD / CE / Tangente	

P L A C A Nº:											P L A C A Nº:
C / A / CD / CE / Tangente										C / A / CD / CE / Tangente	

Obs. : C = Corte; A = Aterro; C D = Curva à Direita; C E = Curva à Esquerda

ANEXO C

TABELAS RESUMO DE RETROANÁLISE

TRECHO FABRICA LADO ESQUERDO

SEGMENTO HOMOGÉNEO	Espessuras (mm)		Razo de Rigidez Relativo			Coeficiente de Reação do Subleito (MPa/m)			Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)			
	Placa	Subbase	Arco da Bacia	Hall		Rodríguez		Hall Kik	Darwin	Hall	ik	le	Rodríguez		Darwin	Hall	le	Rodríguez
				Lk	Le	Lk	Le						ik	le				
MEDIA	160,00	110,00	26,76	24,14	17,17	21,89	16,36	129,43	130,33	51,126,80	48,658,23	41,772,08	44,571,77	50,300,45	329,88			349,32
DESVIO PADRÃO	-	-	1,16	2,64	1,95	1,89	2,49	32,18	32,13	10,293,35	9,745,88	6,828,11	12,111,25	10,071,05	60,29			70,09
MEDIA	249,00	103,00	29,50	33,55	23,49	29,62	21,58	107,24	109,85	39,133,40	37,548,04	32,193,94	31,237,74	38,323,01	353,51			38,277
DESVIO PADRÃO	-	-	1,34	5,23	3,96	5,46	2,81	29,38	29,58	18,466,65	18,036,73	17,529,27	12,947,90	17,909,16	64,07			62,48
MEDIA	250,33	103,00	29,88	34,52	24,99	31,88	22,55	88,21	87,67	36,976,93	35,590,93	31,750,25	28,710,78	35,509,59	294,72			324,48
DESVIO PADRÃO	5,66	-	1,64	6,33	4,80	6,61	3,65	37,13	35,56	14,211,78	13,896,21	13,613,72	9,694,91	13,712,89	67,94			68,32
MEDIA	249,00	103,00	29,62	32,67	23,52	29,53	21,72	86,67	88,23	30,818,22	29,518,76	25,527,43	24,999,92	30,202,58	287,22			310,55
DESVIO PADRÃO	-	-	0,87	4,15	3,16	4,66	2,72	57,00	16,91	9,445,41	9,319,62	9,745,51	6,098,18	9,116,06	33,70			28,64
MEDIA	249,00	103,00	30,00	34,73	25,14	31,91	22,97	69,21	70,67	31,733,97	30,589,11	27,268,46	25,193,32	31,015,03	237,89			258,69
DESVIO PADRÃO	-	-	1,45	7,08	5,40	7,96	3,93	21,70	21,55	16,708,21	16,487,29	16,944,63	11,376,06	16,138,69	38,72			31,24
MEDIA	249,00	103,00	29,84	33,46	24,16	30,39	22,00	79,60	81,00	30,542,48	29,262,40	25,217,35	24,243,00	29,927,40	278,73			293,46
DESVIO PADRÃO	-	-	0,92	3,91	2,97	4,76	1,80	23,58	23,99	4,86,05	7,328,74	7,382,86	7,439,93	7,247,14	54,40			18,43
MEDIA	170,00	105,00	28,14	27,63	19,77	24,55	18,98	72,41	73,56	39,378,03	37,491,79	31,223,97	34,574,28	38,781,31	204,45			214,64
DESVIO PADRÃO	-	-	1,12	2,89	2,15	2,36	2,16	28,94	29,21	6,958,15	6,845,36	5,227,67	6,178,16	6,792,87	57,30			67,38
MEDIA	184,00	109,00	28,08	27,45	19,63	24,50	18,91	80,23	84,60	35,437,16	33,739,68	28,032,08	31,304,30	32,936,95	226,97			237,73
DESVIO PADRÃO	-	-	1,06	2,90	2,16	3,81	1,97	21,43	22,37	10,459,62	9,969,93	7,909,81	9,052,54	10,156,21	46,18			49,23

SEGMENTO FABRICA LADO DIREITO

SEGMENTO HOMOGÉNEO	Espessuras (mm)		Razo de Rigidez Relativo			Coeficiente de Reação do Subleito (Mpa/m)			Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)			
	Placa	Subbase	Arco da Bacia	Hall		Rodríguez		Hall Kik	Darwin	Hall	ik	le	Rodríguez		Darwin	Hall	le	Rodríguez
				Lk	Le	Lk	Le						ik	le				
MEDIA	175,00	108,25	27,64	26,49	18,93	23,86	17,95	104,79	106,00	45,905,69	43,713,39	37,125,45	39,732,09	45,236,37	285,11			301,25
DESVIO PADRÃO	30,00	0,14	1,59	4,24	3,16	3,50	2,88	31,17	31,35	10,303,80	9,767,80	7,648,01	10,396,58	10,148,31	49,20			53,15
MEDIA	249,00	103,00	29,68	33,28	24,04	30,38	22,70	103,33	111,23	40,789,28	38,697,64	33,973,82	37,136,52	42,412,95	358,70			385,16
DESVIO PADRÃO	-	-	1,27	5,50	4,18	5,99	2,76	41,04	41,73	14,754,02	13,980,37	14,109,34	9,079,66	13,791,88	99,04			87,66
MEDIA	249,00	103,00	29,58	32,60	23,51	29,54	21,63	95,47	96,96	33,019,41	31,629,51	27,244,55	26,606,19	32,383,90	312,43			337,04
DESVIO PADRÃO	-	-	1,04	4,24	3,21	4,53	2,08	29,45	30,36	10,387,50	10,153,25	10,010,18	6,635,84	10,291,59	65,06			59,22
MEDIA	249,00	103,00	30,25	35,54	25,75	32,73	23,16	83,17	84,90	39,672,31	38,151,41	33,733,19	30,830,39	34,427,52	292,59			323,54
DESVIO PADRÃO	-	-	0,91	3,96	3,07	5,35	2,61	26,72	26,96	9,088,18	8,995,79	9,541,19	5,436,61	16,235,90	62,34			59,42
MEDIA	249,00	103,00	29,26	30,89	22,21	26,84	20,52	113,46	115,00	45,905,69	43,713,39	37,125,45	39,732,09	45,236,37	285,11			301,25
DESVIO PADRÃO	-	-	1,45	5,71	4,32	3,13	1,28	14,89	15,10	6,981,53	6,778,02	6,408,02	6,843,00	6,871,98	22,34			10,82
MEDIA	253,20	104,40	30,99	35,15	28,48	35,69	27,17	99,72	101,00	44,133,72	42,763,02	38,247,36	34,168,44	40,142,89	333,54			368,93
DESVIO PADRÃO	0,04	-	0,70	4,63	3,58	5,38	3,37	10,18	10,30	6,988,745	6,208,61	8,282,49	6,019,63	6,640,91	20,05			74,93
MEDIA	170,00	105,00	28,43	28,53	20,44	25,50	19,62	87,39	88,30	43,842,32	41,596,24	34,767,59	38,076,95	42,915,47	198,06			205,22
DESVIO PADRÃO	-	-	1,03	3,43	2,58	3,32	1,84	18,30	18,40	14,053,60	13,502,62	11,697,12	9,931,70	13,723,87	43,82			42,66
MEDIA	183,100	109,00	27,55	25,90	18,77	23,13	18,15	70,68	71,75	25,575,64	24,333,90	20,320,07	23,331,30	23,874,27	192,25			196,36
DESVIO PADRÃO	-	-	0,76	1,92	1,42	1,49	1,40	16,53	19,22	3,519,42	3,345,62	2,549,23	3,357,48	3,778,65	34,97			36,08

SEGMENTO A LADO ESQUERDO

SEGMENTO HOMOGÊNEO	Espessuras (mm)		Carga (N)	Área da Bacia	Ratão de Rigidez Relativo						Coeficiente de Reação do Subleito (Mpa/m²)						Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)						
	Placa	Subbase			Reforço	Hall			Rodrigues			Hall	Kik	Klo	Darwin	Hall	Ik	Ib	Rodrigues	Hall	Ik	Ib	Rodrigues	Hall	Ib	Rodrigues	Hall	Ib	Rodrigues
						Lk	Le	Lk	Le	Lk	Le																		
1	197,00	420,00	15,00	27,38	25,80	18,47	23,08	18,24	178,17	15,53	22,69	16,28	52,064,86	49,502,78	41,119,32	48,307,10	51,319,50	480,80	487,18	66,30	65,01	66,30	480,80	487,18	66,30	65,01	66,30		
2	214,00	108,00	15,00	28,33	28,28	20,22	25,27	19,36	159,24	15,53	22,69	16,28	48,243,67	45,959,18	38,373,11	42,165,28	47,457,40	460,65	477,00	66,30	65,01	66,30	460,65	477,00	66,30	65,01	66,30		
3	228,00	108,00	30,80	28,48	28,81	20,50	25,51	19,60	118,15	27,66	34,78	27,94	31,396,98	29,907,70	24,828,42	27,377,13	30,879,86	341,68	356,43	59,03	63,30	59,03	341,68	356,43	59,03	63,30	59,03		

SEGMENTO A LADO DIREITO

SEGMENTO HOMOGÊNEO	Espessuras (mm)		Carga (N)	Área da Bacia	Ratão de Rigidez Relativo						Coeficiente de Reação do Subleito (Mpa/m²)						Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)						
	Placa	Subbase			Reforço	Hall			Rodrigues			Hall	Kik	Klo	Darwin	Hall	Ik	Ib	Rodrigues	Hall	Ik	Ib	Rodrigues	Hall	Ib	Rodrigues	Hall	Ib	Rodrigues
						Lk	Le	Lk	Le	Lk	Le																		
1	197,00	420,00	15,00	28,38	23,82	16,95	21,72	15,38	256,19	121,22	113,02	121,77	48,156,03	45,911,29	39,583,13	39,489,46	47,505,44	618,59	750,83	379,26	181,20	15,843,58	21,602,71	10,307,44	15,246,75	16,197,92	15,246,75	10,307,44	21,602,71
2	214,00	108,00	15,00	27,78	26,36	18,81	23,43	18,62	136,52	136,52	173,95	138,00	32,818,91	31,201,04	25,797,40	30,592,39	32,343,00	331,15	385,15	385,15	35,10	11,945,87	9,333,61	30,592,39	32,343,00	35,10	11,945,87	9,333,61	
3	228,00	108,00	30,80	29,21	31,33	22,56	28,30	20,78	99,80	23,91	29,06	24,08	39,604,90	37,879,67	32,333,10	31,903,80	38,848,34	315,98	342,30	34,60	35,10	13,313,66	13,313,66	13,676,86	13,215,30	11,945,87	9,333,61	13,313,66	

SEGMENTO HOMOGÊNEO	TRECHO 1 LADO DIREITO										Coeficiente de Reação do Subleito (Mpa/m)						Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)			
	Espessuras (mm)		Área da Base (M)	Ratão de Rigidez Relativo				Ratão de Rigidez Relativo		Ratão de Rigidez Relativo		Ratão de Rigidez Relativo		Ratão de Rigidez Relativo		Ratão de Rigidez Relativo		Ratão de Rigidez Relativo		Hall	Ip					
	Placa	Subbase		Reforço	Lk	Lg	Lk	Lg	Lk	Lg	Lk	Lg	Lk	Lg	Lk	Lg	Lk	Lg	Ip			Rodrigues				
1	MEDIA	180,00	100,00	30,00	41,76	20,20	28,90	31,17	22,48	28,55	20,15	70,66	83,74	72,00	55,49	86	53,23	30,30	48,59	22	43,77	20,06	54,36	91	214,83	242,38
2	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
3	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
4	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
5	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
6	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
7	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
8	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
9	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
10	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
11	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
12	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
13	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
14	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
15	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
16	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
17	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00
18	DESVIO	-	-	-	2,40	7,16	5,37	6,71	5,05	6,71	5,05	20,66	32,71	28,75	30,16	61	22,24	38	26,90	21	26,90	21	26,90	39	45,35	54,98
19	PADRAO	180,00	100,00	30,00	40,50	18,29	27,33	2,77	2,05	2,07	63,91	66,75	34,21	33,14	36	31,47	55	34,60	55	28,25	10	31,43	26	55,90	292,53	331,00

SEGMENTO HOMOGÊNEO	Espessuras (mm)		Carga (N)	Área da Bacia	Ratão de Riqueza Relativo						Coeficiente de Reação do Subleito (Mpa/cm)						Módulo da Placa (Mpa)						Módulo do Subleito (Mpa)	
	Placa	Subbase			Reforço	Hull	Lk	Lg	Rodrigues	Hull	Kilg	Darwin	Ik	Ip	Ik	Ip	Rodrigues	Ip	Darwin	Hull	Ip	Rodrigues	Ip	
																								Hull
1	MEDIA	180,00	30,00	40,828,00	19,98	16,10	11,33	21,34	455,48	170,62	151,90	171,40	10,988,02	10,823,83	17,281,09	10,459,216,28	8,221,03	294,15	286,09	215,23				
2	DESVIO	180,00	30,00	260,53	6,13	5,10	3,66	12,25	480,34	61,28	98,84	60,92	8,317,01	7,837,37	14,190,82	22,638,553,64	8,221,03	48,86	215,23					
3	PADRAO	180,00	30,00	260,53	6,13	5,10	3,66	12,25	480,34	61,28	98,84	60,92	8,317,01	7,837,37	14,190,82	22,638,553,64	8,221,03	48,86	215,23					
4	MEDIA	180,00	30,00	41,070,22	27,67	20,85	21,55	22,80	19,35	102,82	119,31	104,41	65,355,50	68,192,74	81,672,35	167,239,75	167,239,75	273,06	315,07					
5	DESVIO	180,00	30,00	310,07	3,17	14,22	10,86	14,06	11,51	57,45	57,66	57,66	88,959,88	90,636,78	86,832,91	88,959,88	84,606,46	112,70	133,68					
6	PADRAO	180,00	30,00	310,07	3,17	14,22	10,86	14,06	11,51	57,45	57,66	57,66	88,959,88	90,636,78	86,832,91	88,959,88	84,606,46	112,70	133,68					
7	MEDIA	180,00	30,00	41,354,50	27,74	28,85	19,19	24,20	18,07	91,21	110,76	92,50	39,622,08	41,503,52	31,888,70	33,483,46	38,992,58	268,20	287,59					
8	DESVIO	180,00	30,00	313,51	2,10	5,57	4,15	4,55	3,81	28,09	29,85	27,58	19,828,91	24,227,83	14,864,13	16,442,69	19,376,09	8,87	33,25					
9	PADRAO	180,00	30,00	313,51	2,10	5,57	4,15	4,55	3,81	28,09	29,85	27,58	19,828,91	24,227,83	14,864,13	16,442,69	19,376,09	8,87	33,25					
10	MEDIA	180,00	30,00	40,834,74	27,36	27,40	19,65	15,39	17,56	74,93	142,62	126,50	43,037,63	46,378,05	40,005,07	37,779,57	45,189,57	310,05	368,14					
11	DESVIO	180,00	30,00	344,45	3,11	8,65	6,49	8,06	5,92	84,03	99,00	94,61	35,617,82	34,380,75	30,848,75	26,586,76	34,671,97	161,44	243,47					
12	PADRAO	180,00	30,00	344,45	3,11	8,65	6,49	8,06	5,92	84,03	99,00	94,61	35,617,82	34,380,75	30,848,75	26,586,76	34,671,97	161,44	243,47					
13	MEDIA	180,00	30,00	40,400,33	25,04	21,50	15,55	20,04	18,00	220,71	257,81	222,67	47,384,77	45,247,19	38,574,66	45,068,32	46,703,82	499,24	483,53					
14	DESVIO	180,00	30,00	344,39	3,65	6,44	4,74	5,29	3,77	88,02	70,48	67,87	40,409,31	38,291,47	30,473,59	32,863,41	39,664,69	37,36	94,49					
15	PADRAO	180,00	30,00	344,39	3,65	6,44	4,74	5,29	3,77	88,02	70,48	67,87	40,409,31	38,291,47	30,473,59	32,863,41	39,664,69	37,36	94,49					
16	MEDIA	180,00	30,00	40,375,24	24,68	24,04	14,53	19,32	11,05	163,91	147,12	134,25	22,253,32	19,350,17	17,619,26	20,034,27	22,447,71	194,72	199,19					
17	DESVIO	180,00	30,00	306,42	1,68	3,38	2,46	2,35	4,28	64,11	66,05	64,76	11,696,48	11,069,77	9,017,30	12,751,13	15,521,17	27,33	201,95					
18	PADRAO	180,00	30,00	306,42	1,68	3,38	2,46	2,35	4,28	64,11	66,05	64,76	11,696,48	11,069,77	9,017,30	12,751,13	15,521,17	27,33	201,95					
19	MEDIA	180,00	30,00	40,747,00	29,78	32,88	23,71	29,61	21,61	43,83	53,90	45,00	42,901,68	41,009,54	34,675,95	34,156,53	42,075,28	148,86	163,80					
20	DESVIO	180,00	30,00	40,747,00	29,78	32,88	23,71	29,61	21,61	43,83	53,90	45,00	42,901,68	41,009,54	34,675,95	34,156,53	42,075,28	148,86	163,80					
21	PADRAO	180,00	30,00	40,747,00	29,78	32,88	23,71	29,61	21,61	43,83	53,90	45,00	42,901,68	41,009,54	34,675,95	34,156,53	42,075,28	148,86	163,80					
22	MEDIA	180,00	30,00	40,129,00	27,23	16,97	11,83	16,25	10,51	143,07	155,92	144,00	9,949,25	9,071,00	7,555,89	9,849,38	9,849,38	274,82	314,83					
23	DESVIO	180,00	30,00	40,129,00	27,23	16,97	11,83	16,25	10,51	143,07	155,92	144,00	9,949,25	9,071,00	7,555,89	9,849,38	9,849,38	274,82	314,83					
24	PADRAO	180,00	30,00	40,129,00	27,23	16,97	11,83	16,25	10,51	143,07	155,92	144,00	9,949,25	9,071,00	7,555,89	9,849,38	9,849,38	274,82	314,83					
25	MEDIA	180,00	30,00	40,082,67	21,20	16,13	11,33	14,51	29,95	227,71	266,84	229,33	13,430,57	13,067,60	11,222,56	8,779,16	13,322,53	415,17	276,40					
26	DESVIO	180,00	30,00	500,66	2,42	2,56	1,84	3,46	21,55	49,72	77,58	50,06	6,661,20	6,272,30	7,183,70	89,456,10	6,585,71	73,99	259,37					
27	PADRAO	180,00	30,00	500,66	2,42	2,56	1,84	3,46	21,55	49,72	77,58	50,06	6,661,20	6,272,30	7,183,70	89,456,10	6,585,71	73,99	259,37					
28	MEDIA	180,00	30,00	40,356,75	24,89	20,48	14,47	19,19	12,39	168,19	164,93	167,80	23,073,11	22,078,83	21,176,38	16,877,63	22,823,97	38,198	450,58					
29	DESVIO	180,00	30,00	372,10	1,63	2,82	2,08	2,12	3,30	55,99	52,91	55,59	8,644,06	8,490,65	8,252,73	11,436	7,614,65	61,70	161,55					
30	PADRAO	180,00	30,00	372,10	1,63	2,82	2,08	2,12	3,30	55,99	52,91	55,59	8,644,06	8,490,65	8,252,73	11,436	7,614,65	61,70	161,55					
31	MEDIA	180,00	30,00	40,286,00	25,17	20,95	14,82	19,72	12,48	209,83	235,81	212,00	33,807,60	32,284,85	29,871,84	23,153,98	33,444,75	480,22	576,41					
32	DESVIO	180,00	30,00	40,286,00	25,17	20,95	14,82	19,72	12,48	209,83	235,81	212,00	33,807,60	32,284,85	29,871,84	23,153,98	33,444,75	480,22	576,41					
33	PADRAO	180,00	30,00	40,286,00	25,17	20,95	14,82	19,72	12,48	209,83	235,81	212,00	33,807,60	32,284,85	29,871,84	23,153,98	33,444,75	480,22	576,41					
34	MEDIA	180,00	30,00	40,602,89	23,95	19,35	13,66	18,33	11,28	180,02	196,25	181,56	221,379,54	20,506,69	18,895,54	15,089,85	21,160,28	378,94	475,60					
35	DESVIO	180,00	30,00	387,23	1,67	2,56	1,86	1,96	2,78	42,41	43,55	42,41	9,534,49	8,984,65	7,271,66	10,324,85	9,392,93	67,74	87,63					
36	PADRAO	180,00	30,00	387,23	1,67	2,56	1,86	1,96	2,78	42,41	43,55	42,41	9,534,49	8,984,65	7,271,66	10,324,85	9,392,93	67,74	87,63					
37	MEDIA	157,50	180,00	40,795,15	22,94	18,42	12,99	16,84	20,29	190,56	221,61	127,75	22,872,61	22,047,64	19,786,13	44,192,43	33,354,43	368,18	322,82					
38	DESVIO	150,00	0,00	208,03	3,12	4,24	3,09	4,09	12,44	151,06	169,17	70,07	13,614,49	12,985,78	13,302,80	34,712,34	24,316,63	271,86	285,92					
39	PADRAO	150,00	0,00	208,03	3,12	4,24	3,09	4,09	12,44	151,06	169,17	70,07	13,614,49	12,985,78	13,302,80	34,712,34	24,316,63	271,86	285,92					
40	MEDIA	180,00	30,00	40,897,75	23,26	18,21	12,83	17,56	9,51	238,03	267,47	241,50	21,459,03	21,008,05	20,241,19	11,923,37	21,803,15	465,13	659,49					
41	DESVIO	180,00	30,00	317,25	0,70	0,89	0,66	0,86	0,65	50,96	55,16	51,44	3,005,07	2,874,77	2,765,79	2,367,50	2,974,57	166,30	102,64					
42	PADRAO	180,00	30,00	317,25	0,70	0,89	0,66	0,86	0,65	50,96	55,16	51,44	3,005,07	2,874,77	2,765,79	2,367,50	2,974,57	166,30	102,64					
43	MEDIA	180,00	30,00	41,102,00	26,25	23,78	16,93	21,82	14,75	114,15	130,58	115,25	30,281,72	28,886,77	24,894,49	23,913,08	29,850,34	276,82	345,75					
44	DESVIO	180,00	30,00	386,20	2,60	5,41	4,00	3,99	5,72	71,24	72,51	71,62	17,387,48	16,505,63	12,850,80	18,107,92	17,063,67	134,20	212,74					
45	PADRAO	180,00	30,00	386,20	2,60	5,41	4,00	3,99	5,72	71,24	72,51	71,62	17,387,48	16,505,63	12,850,80	18,107,92	17,063,67	134,20	212,74					
46	MEDIA	180,00	30,00	41,340,00	23,36	18,51	13,05	17,65	11,97	292,09	323,67	294,50	22,978,58	28,631,35	26,670,83	23,191,39	29,498,49	598,72	660,43					
47	DESVIO	180,00	30,00	7,07	2,15	2,76	2,02	2,63	0,34	29,46	32,20	28,99	14,353,47	13,496,47	12,862,38	3,117,25	4,167,16	14,56	148,80					
48	PADRAO	180,00	30,00	7,07	2,15	2,76	2,02	2,63	0,34	29,46	32,20	28,99	14,353,47	13,496,47	12,862,38	3,117,25	4,167,16	14,56	148,80					
49	MEDIA	150,00	180,00	41,086,67	25,43	21,50	15,22	20,05	13,24	205,28	233,39	207,33	62,928,55	60,043,97	54,408,68	46,684,12	62,219,85	476,59	568,15					
50	DESVIO	180,00	30,00	402,24	1,09	1,86	1,37	1,24	2,78	35,30	30,81	35,53	12,009,78	11,274,57	8,221,09	17,984,29	11,811,07	54,84	127,22					
51	PADRAO	180,00	30,00	402,24	1,09	1,86	1,37	1,24	2,78	35,30	30,81	35,53	12,009,78	11,274,57	8,221,09	17,984,29	11,811,07	54,84	127,22					
52	MEDIA	180,00	30,00	41,129,00	25,52	24,26	17,42	13,99	16,05	340,31	184,05	142,00	47,616,51	45,479,94	38,142,47	42,116,55	47,064,87	383,98	469,84					
53	DESVIO	180,00	30,00	340,65	2,59	4,90	3,61	3,66	4,88	18,36	28,22	18,99	28,472,12	27,025,55	21,475,16	27,382,03	27,980,86	80,80	39,84					
54	PADRAO	180,00	30,00	340,65	2,59	4,9																		

ANEXO D

TRANSFERÊNCIA DE CARGA

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO ESQUERDO TRECHO FÁBRICA																			
SEGMENTO HOMOGÊNEO	Sentido Fábrica/Jazida									Sentido Jazida/Fábrica									
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	
1	2 E 4	19	265	104	39	56	39	88	64	2 E 4	22	156	138	88	94	88	39	64	
	10 E 8	18	215	73	34	51	34	47	40	10 E 8	21	126	59	47	64	47	34	40	
	20/18	19	114	109	96	88	96	69	82	20/18	22	124	86	69	82	69	96	82	
	MÉDIAS	19	198	95	56	60	56	68	62	MÉDIA	22	135	94	68	80	68	56	62	
2	30/28	19	101	109	93	96	93	88	90	30/28	22	89	78	88	93	88	93	90	
	40/38	19	116	98	84	92	84	88	86	40/38	22	95	84	88	94	88	84	86	
	50/48	19	124	102	82	90	82	89	86	50/48	22	80	71	89	94	89	82	86	
	60/58	19	62	59	95	88	95	95	95	60/58	22	61	58	85	97	95	95	95	
	70/68	19	79	88	90	95	90	84	87	70/68	22	76	64	84	91	84	90	87	
	80/78	19	84	87	97	98	97	88	93	80/78	22	78	69	88	84	88	97	93	
	90/88	19	85	81	95	98	95	89	92	90/88	22	81	72	89	94	89	95	92	
	100/98	19	92	85	92	96	92	74	83	100/98	22	95	70	74	85	74	92	83	
	110/108	19	151	136	90	95	90	83	87	110/108	22	114	95	83	91	83	90	87	
	120/118	19	114	98	86	92	86	80	83	120/118	22	105	84	80	89	80	86	83	
	130/128	19	108	93	86	93	86	80	83	130/128	21	92	74	80	89	80	86	83	
	140/138	19	113	92	81	90	81	85	83	140/138	22	96	82	85	92	85	81	83	
	150/148	19	129	108	84	91	84	77	80	150/148	22	125	96	77	87	77	84	80	
	160/158	19	111	86	77	87	77	77	77	160/158	22	95	73	77	87	77	77	77	
	170/168	19	88	77	88	93	88	78	83	170/168	22	74	58	78	88	78	88	83	
	180/178	19	123	104	85	92	85	75	80	180/178	22	110	82	75	85	75	85	80	
	MÉDIAS	19	105	94	88	93	88	83	86	MÉDIA	22	92	78	83	91	83	88	86	
	3	190/188	19	96	95	88	99	99	85	92	190/188	22	107	91	85	92	85	99	92
200/298		19	167	154	92	96	92	85	89	200/298	22	130	111	85	92	85	92	89	
210/208		19	122	111	81	95	91	86	89	210/208	22	95	82	86	93	86	91	89	
220/218		19	144	160	90	95	90	90	90	220/218	22	120	108	90	95	90	90	90	
230/228		19	77	88	88	93	88	93	90	230/228	21	86	80	93	96	93	88	90	
240/238		19	101	110	92	96	92	94	93	240/238	21	104	98	94	97	94	92	93	
250/248		19	121	117	97	98	97	90	93	250/248	21	105	94	90	94	90	97	93	
260/258		19	76	91	84	91	84	93	88	260/258	21	89	83	93	97	93	84	88	
270/268		18	162	182	89	94	89	91	90	270/268	21	116	127	91	95	91	89	90	
280/278		19	165	164	99	100	99	95	97	280/278	21	126	120	95	98	95	99	97	
290/288		19	114	131	87	93	87	95	91	290/288	21	104	99	95	98	95	87	91	
300/298		19	132	159	83	91	83	77	80	300/298	21	137	106	77	87	77	83	80	
310/308		19	128	126	88	99	98	94	96	310/308	21	84	79	84	97	94	98	96	
320/318		19	158	167	95	97	95	88	91	320/318	21	123	108	88	94	88	95	91	
330/328		19	107	105	88	99	98	93	95	330/328	21	98	91	93	96	93	98	95	
340/338		19	143	154	93	96	93	95	94	340/338	21	107	102	95	98	95	93	94	
350/348		19	120	120	100	100	100	92	96	350/348	22	91	84	92	96	92	100	96	
360/358		19	104	114	91	95	91	93	92	360/358	21	92	86	83	97	93	91	92	
370/368		19	135	125	93	96	93	88	90	370/368	22	86	76	88	94	88	93	90	
380/378		19	132	128	97	98	97	93	95	380/378	22	98	91	93	96	93	97	95	
390/388	19	98	89	91	95	91	96	93	390/388	22	89	85	86	88	96	91	93		
400/398	19	145	138	95	98	95	80	88	400/398	21	110	88	80	89	80	95	89		
410/408	19	111	105	95	97	95	87	91	410/408	21	117	102	87	93	87	95	91		
420/418	19	117	101	86	93	86	86	86	420/418	21	111	95	86	92	86	86	86		
430/428	20	104	87	84	91	84	86	85	430/428	21	101	87	86	93	86	84	85		
440/438	19	117	106	81	95	91	85	88	440/438	22	102	87	85	92	85	91	88		
MÉDIAS	19	123	124	92	96	92	90	91	MÉDIA	21	105	95	90	95	90	92	91		
4	450/448	19	99	88	89	94	89	87	88	450/448	22	99	86	87	93	87	89	88	
	460/458	19	93	84	90	95	90	91	91	460/458	22	81	74	91	95	91	90	91	
	470/468	19	101	86	85	92	85	89	87	470/468	22	89	79	89	94	89	85	87	
	480/478	19	138	106	77	87	77	94	85	480/478	21	97	91	84	97	94	77	85	
	490/488	19	120	112	93	97	93	79	86	490/488	21	114	90	79	88	79	93	86	
	500/498	19	135	145	93	96	93	88	90	500/498	21	120	105	88	93	88	93	86	
	510/508	19	108	106	98	98	98	93	96	510/508	21	101	94	93	96	93	98	86	
	520/518	19	108	108	100	100	100	100	100	520/518	22	95	95	100	100	100	100	100	
	530/528	19	92	84	91	95	91	99	95	530/528	21	88	87	89	99	99	91	95	
	540/538	19	99	90	91	95	91	91	91	540/538	22	90	82	81	95	91	91	91	
	MÉDIAS	19	109	101	91	95	91	91	91	MÉDIA	22	97	88	91	95	91	91	91	
	5	550/548	19	130	112	86	93	86	99	93	550/548	22	120	121	89	100	99	86	93
560/558		19	189	170	90	95	90	96	93	560/558	21	137	142	98	98	96	90	93	
570/568		19	153	160	96	98	96	96	96	570/568	22	126	121	98	98	96	96	96	
580/578		19	145	145	100	100	100	93	97	580/578	22	116	108	93	98	93	100	97	
MÉDIAS		19	154	147	93	98	93	86	95	MÉDIA	22	125	123	96	98	96	93	95	
6		600/598	19	107	102	95	98	95	84	90	600/598	22	94	79	84	91	84	95	90
		610/608	19	132	111	84	91	84	86	85	610/608	21	101	87	86	93	86	84	85
		620/618	19	129	121	94	97	94	80	87	620/618	21	104	83	80	89	80	94	87
		630/628	19	99	103	98	98	96	88	92	630/628	21	105	94	90	94	90	97	93
		640/638	19	110	114	96	98	96	93	95	640/638	21	102	95	93	96	93	96	95
		650/648	19	156	141	90	95	90	96	93	650/648	21	120	115	86	98	96	90	93
		MÉDIAS	19	120	113	93	98	93	88	91	MÉDIA	21	104	92	88	94	88	93	91
	660/658	19	182	127	70	82	70	83	77	660/658	22	161	134	83	91	83	70	77	
	670/668	19	145	149	97	99	97	100	99	670/668	21	116	116	100	100	100	59	80	
	674/672	19	294	174	59	74	59	95	77	674/672	21	232	220	95	87	95	87	91	
	680/678	19	221	193	87	93	87	98	93	680/678	21	167	170	98	99	98	63	81	
	690/688	19	189	120	83	78	63	72	67	690/688	21	193	138	72	83	72	63	67	
700/698	19	219	204	93	96	93	76	85	700/698	21	202	154	76	87	76	93	85		
710/708	19	188	108	57	73	57	64	61	710/708	21	139	89	84	78	64	57	61		
720/718	19	204	118	58	73	58	67	62	720/718	22	173	116	67	80	67	58	62		
730/728	19	225	213	95	97	95	99	97	730/728	21	162	160	89	89	99	95	97		
740/738	19	213	168	79	88	79	90	84	740/738	22	165	148	90	95	90	79	84		
MÉDIAS	19	208	157	76	85	76	84	80	MÉDIA	21	171	145							

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO DIREITO TRECHO FABRICA																		
SEGMENTO HOMOGÊNEO	Jazida/Fabrica - FAIXA DIREITA (Indo p/ fabrica)									Fabrica/Jazida - FAIXA DIREITA (Indo p/ Jazida)								
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR
1	01 E 3	24	139	125	90	95	90	35	63	01 E 3	22	407	143	35	52	35	90	63
	05 E 7	24	113	90	80	89	80	81	81	05 E 7	22	113	92	81	90	81	80	81
	15/17	24	110	90	82	90	82	69	75	15 / 17	22	132	91	89	82	69	82	75
	25 / 27	24	85	78	92	96	92	78	85	25 / 27	22	108	84	78	88	78	92	85
	MÉDIAS	24	112	98	88	92	88	68	76	MEDIA	22	190	103	88	78	88	88	76
	35 / 37	24	72	66	92	96	92	76	84	35 / 37	22	82	62	76	86	76	92	84
	45 / 47	25	75	83	90	95	90	92	91	45 / 47	22	89	82	92	96	92	90	91
	55 / 57	25	74	61	82	90	82	89	88	55 / 57	22	66	59	89	94	89	82	86
	65 / 67	25	79	70	89	94	89	94	91	65/67	22	69	65	94	97	94	89	91
	75/77	25	65	55	85	92	85	98	91	75/77	22	61	60	98	99	98	85	91
2	85/87	26	70	62	89	94	89	100	94	85/87	22	65	65	100	100	100	89	94
	95/97	25	73	77	95	97	95	100	97	95/97	21	86	86	100	100	100	95	97
	105/107	25	79	77	97	99	97	80	89	105/107	22	98	78	80	89	80	97	89
	115/117	25	87	91	96	98	96	77	86	115/117	22	126	97	77	87	77	96	86
	125/127	25	93	84	90	95	90	78	84	125/127	22	114	89	78	88	78	90	84
	135/137	25	83	84	99	99	99	85	92	135/137	22	102	87	85	92	85	99	92
	145/147	25	101	88	87	93	87	75	81	145/147	22	116	87	75	86	75	87	81
	155/157	25	74	67	91	95	91	76	83	155/157	22	86	65	76	86	76	91	83
	165/167	26	79	72	91	95	91	92	92	165/167	22	77	71	92	96	92	91	92
	MÉDIAS	25	80	74	90	95	90	88	88	MEDIA	22	87	74	88	92	88	90	88
3	185/187	26	92	77	84	91	84	80	82	185/187	22	85	68	80	89	80	84	82
	195/197	26	105	95	90	95	90	92	91	195/197	22	104	96	92	96	92	90	91
	215/217	26	99	94	95	97	95	83	89	215/217	22	126	104	83	90	83	95	89
	225/227	26	86	77	90	94	90	88	89	225/227	22	89	78	88	93	88	90	89
	235/237	26	98	91	93	96	93	81	87	235/237	21	110	89	81	89	81	93	87
	245/247	25	113	107	96	97	95	87	91	245/247	21	130	113	87	93	87	95	91
	255/257	25	76	64	84	91	84	81	82	255/257	21	83	67	81	89	81	84	82
	265/267	25	97	88	91	95	91	79	85	265/267	21	113	89	79	88	79	91	85
	275/277	24	117	109	93	96	93	90	92	275/277	21	123	111	90	95	90	93	92
	MÉDIAS	25	122	118	97	98	97	99	98	MEDIA	22	127	128	98	100	99	97	98
4	295/297	25	102	94	92	96	92	91	91	295/297	22	117	106	91	95	91	92	91
	305/307	24	99	96	97	98	97	94	95	305/307	21	108	101	94	97	94	97	95
	315/317	25	111	108	97	99	97	88	93	315/317	22	129	114	88	94	88	97	93
	325/327	24	102	91	89	94	89	81	85	325/327	22	116	94	81	90	81	89	85
	335/337	24	95	88	93	96	93	93	93	335/337	21	96	89	93	96	93	93	93
	345/347	25	75	71	95	97	95	92	93	345/347	22	72	78	92	96	92	95	93
	355/357	24	69	70	99	99	99	94	96	355/357	22	81	76	94	97	94	99	96
	365/367	24	76	70	92	96	92	94	93	365/367	22	81	76	94	97	94	92	93
	375/377	24	80	77	96	98	96	95	95	375/377	22	94	89	95	97	95	96	95
	MÉDIAS	25	90	86	96	98	96	90	93	MEDIA	22	73	81	90	95	90	96	93
5	395/397	25	83	83	100	100	100	95	97	395/397	22	95	90	95	97	95	100	97
	405/407	24	99	88	89	94	89	78	83	405/407	22	114	89	78	88	78	89	83
	415/417	24	110	96	87	93	87	98	93	415/417	22	99	97	98	99	98	87	93
	425/427	24	111	97	87	93	87	86	86	425/427	22	111	95	86	92	86	87	86
	435/437	17	148	137	93	96	93	82	87	435/437	22	126	103	82	90	82	93	87
	MÉDIAS	24	98	91	93	96	93	88	90	MEDIA	22	104	93	88	94	88	93	90
	445/447	17	122	120	98	99	98	84	91	445/447	22	93	78	84	91	84	98	91
	455/457	17	123	117	95	98	95	89	92	455/457	22	73	82	89	94	89	95	92
	465/467	17	104	106	98	99	98	99	98	465/467	22	80	79	99	99	99	98	98
	MÉDIAS	17	114	100	88	93	88	97	92	MEDIA	22	87	84	97	98	97	88	94
6	485/487	17	160	148	93	96	93	95	94	485/487	22	89	94	95	97	95	93	92
	495/497	17	133	136	98	99	98	94	96	495/497	22	108	101	94	97	94	98	98
	505/507	17	156	135	87	93	87	91	89	505/507	22	105	96	91	96	91	87	89
	515/517	17	204	141	89	92	89	83	76	515/517	22	107	89	83	91	83	69	76
	525/527	17	83	91	91	95	91	86	88	525/527	22	76	65	86	92	86	91	88
	535/537	18	127	136	93	97	93	88	91	535/537	22	114	100	88	93	88	93	91
	545/547	17	138	136	99	99	99	89	94	545/547	22	113	101	89	94	89	99	94
	MÉDIAS	17	133	124	92	95	92	90	91	MEDIA	22	95	88	90	95	90	92	91
	555/557	18	179	137	77	87	77	86	81	555/557	22	114	98	86	92	86	77	81
	565/567	18	139	151	92	96	92	84	88	565/567	23	114	96	84	91	84	92	88
575/577	18	137	157	87	93	87	92	90	575/577	22	97	89	92	96	92	87	90	
MÉDIAS	18	146	145	99	100	99	99	99	MEDIA	23	97	96	89	99	99	99	99	
7	595/597	18	151	138	91	96	91	88	90	595/597	22	108	95	88	94	88	91	90
	605/607	18	150	142	95	97	95	98	96	605/607	22	105	107	88	99	98	95	96
	615/617	18	143	147	97	99	97	94	95	615/617	22	102	109	84	97	94	97	95
	625/627	18	143	137	98	98	96	97	96	625/627	22	99	96	97	98	97	96	96
	635/637	18	128	125	98	99	98	92	95	635/637	22	85	78	92	96	92	98	95
	645/647	18	164	143	87	93	87	87	87	645/647	22	120	104	87	93	87	87	87
	MÉDIAS	18	147	139	94	97	94	93	93	MEDIA	22	103	98	93	96	93	94	93
	655/657	18	246	272	90	95	90	55	73	655/657	22	233	128	55	71	55	90	73
	665/667	18	312	154	49	66	49	39	44	665/667	22	275	107	39	58	39	49	44
	671/673	18	288	188	85	79	65	84	75	671/673	22	230	193	84	91	84	65	75
MÉDIAS	18	326	373	87	93	87	27	57	MEDIA	22	307	84	27	43	27	87	57	
8	685/687	18	215	231	93	96	93	99	96	685/687	22	173	172	99	100	99	93	96
	695/697	18	167	155	93	96	93	85	89	695/697	22	154	131	85	82	85	93	89
	705/707	18	319	172	54	70	54	58	56	705/707	22	240	140	58	74	58	54	56
	715/717	18	182	121	66	80	66	93	80	715/717	22	134	125	93	97	93	66	80
	725/727	18	228	238	96	98	96	92	94	725/727	22	185	170	92	96	92	96	94
	735/737	19	184	174	95	97	95	76	85	735/737	22	177	135	76	87	76	95	85
	MÉDIAS	18	247	208	79	87	79	71	76	MEDIA	22	211	139	71	81	71	79	75
	745/747	18	361	247	68	81	68	49	58	745/747	22	383	186	49	65	49	68	58
	755/757	18	306	232	78	86	76	89	82	755/757	22	222	197	89	94	89	76	82
	MÉDIAS	18	231	221	8													

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO ESQUERDO TRECHO A

SEGMENTO HOMOGÊNEO	Fábrica-Jazida									Jazida - fábrica								
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR
1	02/04	22	101	77	76	87	76	41	59	02 E 4	24	117	48	41	58	76	41	59
	14/12	23	69	50	72	84	72	66	69	14 e 12	24	59	39	66	80	72	66	69
	28/26	22	71	62	87	93	87	84	86	28/26	24	58	49	84	92	87	84	86
	42/40	22	49	41	84	91	84	27	55	42/40	24	126	34	27	43	84	27	55
	56/54	22	52	46	88	94	88	80	84	56/54	24	60	48	80	89	88	80	84
MEDIA	22	68	55	82	90	82	60	71	MEDIA	24	84	44	60	72	82	60	71	
2	70/68	22	49	36	73	85	73	100	87	70/68	24	38	38	100	100	73	100	87
	84/82	22	58	61	95	97	95	98	97	84/82	24	57	56	98	99	95	98	97
	98/96	22	73	57	78	88	78	81	80	98/96	24	70	57	81	90	78	81	80
	MEDIA	22	60	51	82	90	82	93	88	MEDIA	24	55	50	93	96	82	93	88
3	112/110	22	98	87	89	94	89	84	86	112/110	24	107	90	84	91	89	84	86
	126/124	23	111	80	72	84	72	80	76	126/124	23	93	74	80	89	72	80	76
	140/138	23	95	72	76	86	76	78	77	140/138	23	96	75	78	88	76	78	77
	154/152	23	98	93	95	97	95	96	96	154/152	23	105	101	96	98	95	96	96
	168/166	23	89	70	79	88	79	97	88	168/166	23	60	62	97	98	79	97	88
	182/180	23	85	80	94	97	94	94	94	182/180	23	85	80	94	97	94	94	94
	196/194	23	59	46	78	88	78	96	87	196/194	23	50	48	96	98	78	96	87
	210/208	23	92	87	95	97	95	96	96	210/208	23	82	85	96	98	95	96	96
	224/222	23	95	101	94	97	94	70	82	224/222	23	104	73	70	82	94	70	82
	MEDIA	23	91	80	86	92	86	88	87	MEDIA	23	87	76	88	93	86	88	87

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO DIREITO TRECHO A

SEGMENTO HOMOGÊNEO	Fábrica - Jazida									Jazida - Fábrica								
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR
1	01E 3	19	57	44	77	87	75	77	76	01E 3	22	53	40	75	86	75	77	76
	07 E 9	19	56	38	68	81	65	68	67	07 E 9	23	46	30	65	79	65	68	67
	21/23	19	64	53	83	91	88	83	85	21/23	23	84	74	88	94	88	83	85
	35/37	19	47	50	94	97	69	94	82	35/37	23	62	43	69	82	69	94	82
	49/51	20	66	67	99	99	73	99	86	49/51	24	71	52	73	85	73	99	86
MEDIA	19	58	50	84	91	74	84	79	MEDIA	23	63	48	74	85	74	84	79	
2	63/65	20	53	57	93	96	96	93	95	63/65	24	53	55	96	98	96	93	95
	77/79	20	83	51	61	76	83	61	72	77/79	24	89	74	83	91	83	61	72
	91/93	20	81	68	84	91	78	84	81	91/93	24	89	69	78	87	78	84	81
	MEDIA	20	72	59	79	88	86	79	83	MEDIA	24	77	66	86	92	86	79	83
3	105/107	20	124	106	85	92	85	85	85	105/107	23	116	99	85	92	85	85	85
	119/121	20	73	64	88	93	80	88	84	119/121	24	87	70	80	89	80	88	84
	133/135	20	95	80	84	91	74	84	79	133/135	23	98	73	74	85	74	84	79
	147/149	20	85	83	98	99	77	98	88	147/149	23	84	65	77	87	77	98	88
	161/163	20	72	62	86	93	72	86	79	161/163	23	83	60	72	84	72	86	79
	175/177	20	75	70	93	97	92	93	93	175/177	22	75	69	92	96	92	93	93
	189/191	20	88	82	93	96	86	93	90	189/191	23	94	81	86	93	86	93	90
	203/205	20	78	71	91	95	88	91	89	203/205	23	89	78	88	93	88	91	89
	217/219	20	95	87	92	96	91	92	91	217/219	23	91	83	91	95	91	92	91
	MEDIA	20	87	78	90	95	83	90	87	MEDIA	23	91	75	83	91	83	90	87

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO ESQUERDO TRECHO C																			
SEGMENTO HOMOGÊNEO	FABRICA - JAZIDA									JAZIDA - FABRICA									
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	
1	02 E 4	23	81	82	88	89	79	99	89	02 E 4	23	95	75	78	88	99	79	89	
	12 e 14	23	71	72	89	89	91	99	95	12 e 14	22	78	71	91	95	99	91	95	
	28/26	23	74	66	89	84	93	89	81	28/26	22	69	64	83	86	89	93	91	
	42/40	23	71	58	82	80	82	82	82	42/40	22	66	54	82	90	82	82	82	
	56/54	24	53	50	84	97	96	94	95	56/54	22	53	51	86	88	94	96	95	
	70/68	23	67	61	81	85	90	91	80	70/68	22	68	61	80	85	91	90	80	
MEDIA	23	70	65	82	86	88	82	80	MEDIA	22	72	63	88	94	82	88	80		
2	84/82	23	104	110	85	87	93	95	84	84/82	22	101	94	83	86	95	93	94	
	98/96	23	95	96	89	89	59	99	79	98/96	22	120	71	58	74	99	59	79	
	112/110	23	89	75	84	81	70	84	77	112/110	22	104	73	70	82	84	70	77	
	126/124	23	62	49	78	88	74	79	77	126/124	22	73	54	74	85	79	74	77	
	MEDIA	23	88	83	89	84	74	89	82	MEDIA	22	100	73	74	85	88	74	82	

EFICIÊNCIA DE JUNTAS LADO DIREITO TRECHO C																			
SEGMENTO HOMOGÊNEO	FABRICA - JAZIDA									JAZIDA - FABRICA									
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	
1	01 E 03	20	138	98	71	83	78	71	74	01 E 03	23	129	100	78	87	78	71	74	
	07 E 09	20	37	46	80	89	82	80	81	07 E 09	23	57	47	82	90	82	80	81	
	21/23	20	49	44	80	85	81	90	86	21/23	22	54	44	81	90	81	90	86	
	35/37	20	76	69	81	85	80	91	85	35/37	22	84	67	80	89	80	91	85	
	49/51	20	37	49	76	86	87	76	81	49/51	22	60	52	87	93	87	76	81	
	63/65	20	73	67	82	86	82	92	87	63/65	22	84	69	82	90	82	92	87	
	77/79	20	101	104	87	89	98	97	88	77/79	22	96	98	88	88	98	97	88	
	MEDIA	20	73	68	85	82	84	85	85	MEDIA	22	81	68	84	91	84	85	85	
2	91/93	21	71	63	89	84	89	89	89	91/93	22	73	65	89	84	89	89	89	
	105/107	21	66	58	88	84	89	88	88	105/107	22	70	62	89	84	89	88	88	
	119/121	21	85	82	86	88	59	96	78	119/121	22	98	58	58	74	59	96	78	
	MEDIA	21	74	68	81	85	79	81	85	MEDIA	22	80	62	78	88	78	81	85	

EFICIENCIA DE JUNTAS LADO ESQUERDO SEGMENTO 1

SEGMENTO HOMOGENEO	jazida - fabrica									Fábrica - Jazida								
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR
1	10 e 8	22	218	224	87	89	98	97	98	10 e 8	17	258	263	98	99	98	97	98
	20/18	21	164	111	68	81	96	68	82	20/18	17	186	179	96	98	96	68	82
	30/28	21	142	119	84	91	94	84	89	30/28	18	360	337	94	97	94	84	89
	40/38	22	296	277	84	97	97	94	95	40/38	18	334	323	97	98	97	94	95
	50/48	22	191	141	74	85	93	74	83	50/48	18	185	172	93	96	93	74	83
	MEDIA	22	202	174	83	90	96	83	89	MEDIA	18	265	255	96	98	96	83	89
2	60/58	22	263	282	90	95	90	90	90	60/58	18	392	354	90	95	90	90	90
	70/68	22	458	179	39	56	53	39	46	70/68	18	541	286	53	69	53	39	46
	80/78	22	202	230	88	94	95	88	92	80/78	18	295	281	95	98	95	88	92
	90/88	22	281	250	89	94	93	89	91	90/88	18	379	409	93	96	93	89	91
	100/98	22	187	155	83	91	87	83	85	100/98	18	235	270	87	93	87	83	85
	110/108	22	269	317	85	92	84	85	84	110/108	18	294	350	84	91	84	85	84
	120/118	22	234	224	96	98	97	96	97	120/118	18	349	340	97	99	97	96	97
	130/128	21	156	157	99	100	75	99	87	130/128	18	258	183	75	86	75	99	87
	140/138	21	203	168	83	91	98	83	91	140/138	18	197	194	98	99	98	83	91
	MEDIA	22	260	219	84	90	86	84	85	MEDIA	18	327	287	86	92	86	84	85
3	150/148	21	156	140	90	95	67	90	78	150/148	18	177	118	87	90	67	90	78
	160/158	21	132	113	88	92	79	86	82	160/158	18	192	151	79	88	79	86	82
	MEDIA	21	144	127	89	93	73	88	80	MEDIA	18	185	135	73	84	73	88	80
	170/168	21	253	182	72	84	91	72	82	170/168	18	125	114	91	95	91	72	82
4	180/178	20	255	89	35	52	67	35	51	180/178	18	249	166	87	80	67	35	51
	190/188	21	167	82	49	66	80	49	64	190/188	18	323	405	80	89	80	49	64
	200/198	21	150	156	96	98	97	96	96	200/198	18	241	233	97	98	97	96	96
	210/208	21	122	111	91	95	89	91	90	210/208	18	140	124	89	94	89	91	90
	220/218	21	216	36	17	29	39	17	28	220/218	18	400	155	39	56	39	17	28
	MEDIA	21	184	109	60	71	77	60	68	MEDIA	18	246	200	77	85	77	60	68
5	230/228	21	123	138	89	94	99	89	94	230/228	18	171	172	99	100	99	89	94
	240/238	21	281	122	43	61	46	43	45	240/238	18	349	160	46	63	46	43	45
	250/248	21	292	214	73	85	93	73	83	250/248	18	379	352	93	96	93	73	83
	MEDIA	21	232	158	69	80	79	69	74	MEDIA	18	300	228	79	86	79	69	74
6	260/258	21	232	100	43	60	97	43	70	260/258	18	225	232	87	98	97	43	70
	270/268	22	180	186	87	98	90	97	94	270/268	18	215	238	90	95	90	97	94
	280/278	21	235	191	81	90	91	81	86	280/278	18	216	237	81	95	91	81	86
	290/288	21	171	169	89	89	92	99	95	290/288	18	158	172	82	96	92	99	95
	MEDIA	21	206	182	80	87	83	80	88	MEDIA	18	204	230	83	96	83	80	88
	300/298	21	261	69	26	42	40	26	33	300/298	18	285	114	40	57	40	26	33
7	MEDIA	21	261	69	26	42	40	26	33	MEDIA	18	285	114	40	57	40	26	33
	310/308	19	518	368	71	83	47	71	59	310/308	18	486	226	47	63	47	71	59
	MEDIA	19	518	368	71	83	47	71	59	MEDIA	18	486	226	47	63	47	71	59
	320/318	20	173	123	71	83	100	71	86	320/318	18	234	235	100	100	100	71	86
8	330/328	19	134	110	82	90	84	82	83	330/328	18	146	123	84	91	84	82	83
	340/338	19	130	90	69	82	90	69	80	340/338	17	129	116	80	95	90	69	80
	MEDIA	19	148	108	74	85	92	74	83	MEDIA	18	170	158	82	95	92	74	83
	350/348	20	159	133	84	91	98	84	91	350/348	18	167	163	88	99	98	84	91
9	360/358	20	274	224	82	90	90	82	86	360/358	18	293	324	90	95	90	82	86
	370/368	20	222	190	86	92	100	86	93	370/368	18	216	216	100	100	100	86	93
	380/378	20	137	114	83	91	96	83	89	380/378	18	158	151	86	98	96	83	89
	MEDIA	20	198	185	84	91	96	84	90	MEDIA	18	208	214	86	98	96	84	90
	390/388	20	219	246	89	94	94	89	92	390/388	18	263	279	84	97	94	89	92
	MEDIA	20	219	246	89	94	94	89	92	MEDIA	18	263	279	84	97	94	89	92
10	400/398	20	117	100	85	92	90	85	88	400/398	18	127	114	90	95	90	85	88
	410/408	20	167	132	79	88	99	79	89	410/408	18	154	163	88	100	99	79	89
	420/418	20	186	168	90	95	99	90	95	420/418	19	171	172	99	100	99	90	95
	430/428	19	281	154	55	71	87	55	71	430/428	18	186	161	87	93	87	55	71
	440/438	19	137	127	93	96	92	93	93	440/438	18	143	132	82	96	92	93	93
	450/448	19	136	123	90	95	86	90	88	450/448	18	149	128	88	92	86	90	88
	460/458	19	152	122	80	89	88	80	84	460/458	18	153	134	88	93	88	80	84
	470/468	20	317	320	99	100	89	99	94	470/468	18	285	319	89	94	89	99	94
	480/478	20	274	300	91	95	86	91	89	480/478	19	295	344	86	92	86	91	89
	MEDIA	20	196	172	85	91	81	85	88	MEDIA	18	185	184	81	95	81	85	88
	490/488	19	337	361	93	97	91	93	92	490/488	19	170	186	81	96	91	93	92
	500/498	19	272	299	91	95	69	91	80	500/498	18	309	213	69	82	69	91	80
510/508	19	491	338	69	82	90	69	80	510/508	18	380	421	80	95	90	69	80	
520/518	19	117	72	82	76	65	62	63	520/518	18	142	92	65	79	65	62	63	
MEDIA	19	304	268	78	87	79	78	79	MEDIA	18	250	228	78	88	79	78	79	
11	530/528	19	114	104	91	95	97	91	94	530/528	18	104	107	97	99	97	91	94
	540/538	19	114	108	95	97	93	95	94	540/538	18	126	117	83	96	93	95	94
	550/548	19	129	101	78	88	92	78	85	550/548	18	113	104	82	96	92	78	85
	560/558	19	190	142	75	86	61	75	68	560/558	18	288	177	61	76	61	75	68
	MEDIA	19	137	114	85	92	86	85	85	MEDIA	18	158	128	88	92	86	85	85
	570/568	19	192	136	71	83	74	71	72	570/568	18	203	150	74	85	74	71	72
580/578	19	151	135	89	94	61	89	75	580/578	18	225	138	61	76	61	89	75	
590/588	19	289	267	82	96	100	92	96	590/588	18	230	229	100	100	100	92	96	
600/598	19	261	213	82	90	95	82	88	600/598	18	250	238	85	98	95	82	88	
MEDIA	19	223	188	84</														

EFICIENCIA DE JUNTAS LADO DEREITO SEGMENTO 1																		
SEGMENTO HOMOGÉNEO	FABRICA/JAZIDA									JAZIDA/FABRICA								
	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR	Placas	Temp (°C)	D0	D2	DJE	D	UDR	DDR	JDR
1	5 E 7	23	125	89	71	83	63	71	67	5 E 7	23	145	91	83	77	71	63	67
	15/17	24	121	98	81	89	96	81	69	15/17	24	167	161	96	98	81	96	89
	25/27	24	110	98	89	94	63	89	76	25/27	23	146	92	63	77	89	63	76
	35/37	24	150	126	84	91	93	84	89	35/37	23	176	189	83	96	84	93	89
	45/47	24	180	135	75	86	93	75	84	45/47	24	173	161	83	96	75	93	84
MEDIA	24	137	109	80	89	82	80	81	MEDIA	23	161	139	82	89	80	82	81	
2	55/57	24	197	100	51	67	95	51	73	55/57	24	208	220	95	97	51	95	73
	65/67	24	140	145	97	98	65	97	81	65/67	24	158	102	65	78	97	65	81
	75/77	24	208	163	78	88	52	78	65	75/77	24	258	134	52	68	78	52	65
	85/87	24	195	157	81	89	83	81	82	85/87	24	192	160	83	91	81	83	82
	95/97	25	179	132	74	85	64	74	69	95/97	24	211	136	64	78	74	64	69
	105/107	25	168	162	86	98	93	96	95	105/107	24	179	166	93	96	96	93	95
	115/117	25	180	175	97	99	100	97	99	115/117	24	168	168	100	100	97	100	99
	125/127	25	218	162	74	85	73	74	74	125/127	23	229	168	73	85	74	73	74
	135/137	25	238	166	70	82	39	70	55	135/137	23	269	106	39	57	70	39	55
	MEDIA	25	191	151	80	88	74	80	77	MEDIA	24	208	151	74	83	80	74	77
3	145/147	25	104	96	92	96	31	92	62	145/147	22	170	53	31	48	92	31	62
	155/157	25	104	93	89	94	93	89	91	155/157	22	96	89	83	96	89	93	91
	165/167	25	367	91	25	40	85	25	55	165/167	23	143	121	85	82	25	85	55
MEDIA	25	182	83	69	77	70	69	69	MEDIA	22	136	88	70	78	69	70	69	
4	175/177	25	183	172	84	97	71	94	83	175/177	23	321	228	71	83	94	71	83
	185/187	25	199	145	73	84	75	73	74	185/187	22	213	160	75	86	73	75	74
	195/197	24	280	253	80	95	99	90	95	195/197	22	168	166	99	99	90	99	95
	205/207	23	107	96	80	95	37	90	63	205/207	22	515	189	37	54	90	37	63
	215/217	24	226	216	96	98	88	96	92	215/217	22	137	121	88	94	96	88	92
	225/227	23	235	247	95	98	91	95	93	225/227	23	173	157	91	95	95	91	93
MEDIA	24	205	188	90	94	77	90	83	MEDIA	22	255	170	77	85	80	77	83	
5	235/237	23	191	205	83	96	95	93	94	235/237	22	235	223	95	97	93	95	94
	245/247	23	176	177	98	100	75	99	87	245/247	22	278	208	75	86	99	75	87
	255/257	23	174	133	76	87	94	76	85	255/257	23	146	137	94	97	76	94	85
	MEDIA	23	180	172	90	84	88	90	89	MEDIA	22	220	189	88	93	80	88	89
6	265/267	24	167	152	81	95	89	91	90	265/267	23	189	168	89	94	91	89	80
	275/277	24	173	178	87	99	97	97	97	275/277	23	197	204	97	98	97	97	97
	285/287	23	198	205	97	98	65	97	81	285/287	22	312	204	85	79	97	65	81
	295/297	23	195	152	78	88	93	78	85	295/297	22	202	218	83	98	78	93	85
MEDIA	24	183	172	91	95	86	91	88	MEDIA	23	225	199	86	92	91	86	88	
7	305/307	23	217	136	63	77	97	63	80	305/307	22	145	140	97	98	63	97	80
	MEDIA	23	217	136	63	77	97	63	80	MEDIA	22	145	140	97	98	63	97	80
8	315/317	22	264	233	88	94	94	88	91	315/317	22	271	255	94	97	88	94	91
	MEDIA	22	264	233	88	94	94	88	91	MEDIA	22	271	255	94	97	88	94	91
9	325/327	22	108	81	75	88	93	75	84	325/327	22	110	102	83	96	75	93	84
	335/337	22	114	94	82	90	72	82	77	335/337	22	131	94	72	84	82	72	77
	MEDIA	22	111	88	79	88	82	79	80	MEDIA	22	121	98	82	90	78	82	80
10	345/347	22	147	118	80	89	68	80	74	345/347	22	182	123	68	81	80	68	74
	355/357	23	185	130	70	83	66	70	68	355/357	23	212	140	66	80	70	66	68
	365/367	22	159	135	85	92	78	85	81	365/367	23	183	142	78	87	85	78	81
	375/377	22	135	122	90	95	80	90	85	375/377	23	153	123	80	89	90	80	85
	MEDIA	22	157	126	81	90	73	81	77	MEDIA	23	183	132	73	84	81	73	77
11	385/387	22	258	216	84	91	100	84	92	385/387	22	263	263	100	100	84	100	92
	395/397	22	173	111	64	78	46	64	55	395/397	22	209	96	46	63	64	46	55
	MEDIA	22	218	164	74	85	73	74	73	MEDIA	22	236	180	73	81	74	73	73
12	405/407	22	214	157	73	85	71	73	72	405/407	23	210	150	71	83	73	71	72
	415/417	21	174	134	77	87	95	77	86	415/417	22	152	145	95	98	77	95	86
	425/427	22	176	150	85	92	83	85	84	425/427	22	197	164	83	81	85	83	84
	435/437	22	148	128	86	93	88	86	87	435/437	22	164	145	88	94	86	88	87
	445/447	22	210	218	96	98	56	96	78	445/447	22	296	166	56	72	96	56	76
	455/457	22	300	245	82	90	54	82	68	455/457	22	413	223	54	70	82	54	68
	465/467	22	149	114	77	87	99	77	88	465/467	22	156	155	99	100	77	99	88
	475/477	22	176	140	80	89	61	80	70	475/477	22	217	133	81	76	80	61	70
	485/487	22	224	206	92	96	97	92	95	485/487	22	232	238	97	99	92	97	95
	MEDIA	22	197	166	83	91	79	83	81	MEDIA	22	226	169	79	87	83	79	81
	495/497	22	247	229	83	96	93	93	93	495/497	22	219	203	93	96	93	93	93
	505/507	22	297	287	97	98	60	97	79	505/507	22	475	287	60	75	97	60	79
515/517	23	209	173	83	91	78	83	80	515/517	22	215	167	78	87	83	78	80	
MEDIA	22	251	230	91	95	77	91	84	MEDIA	22	303	219	77	86	81	77	84	
13	525/527	22	177	143	81	89	79	81	80	525/527	22	191	150	79	88	81	79	80
	535/537	22	136	105	77	87	96	77	87	535/537	22	167	161	96	98	77	96	87
	545/547	22	180	187	98	98	69	96	83	545/547	22	221	153	69	82	96	69	83
	555/557	22	149	104	76	82	89	70	79	555/557	22	117	104	66	64	70	69	79
	565/567	22	168	156	93	96	96	93	95	565/567	22	191	184	98	98	93	96	95
MEDIA	22	162	139	83	91	86	83	85	MEDIA	22	177	150	86	92	83	86	85	
14	575/577	22	157	145	92	96	94	92	93	575/577	22	159	169	94	97	92	94	93
	585/587	22	173	172	99	100	86	99	92	585/587	22	221	189	86	92	99	86	92
	595/597	22	164	155	95	97	91	95	93	595/597	22	203	184	91	95	95	91	93
	605/607	21	116	120	97	98	55	97	76	605/607	22	207	114	55	71	97	55	76
	MEDIA	22	153	148	96	98	81	86	89	MEDIA	22	188	184	81	89	88	81	89
15	615/617	21	182	166	91	95	84	91	87	615/617	21	205	245	84	91	91	84	87
	625/627	21	93	87	84	97	99	94	96	625/627	21	167	169	99	99	94	99	96
	MEDIA	21	138	127	82	96	91	92	92	MEDIA	21	186	207	91	95	92	91	92
16	635/637	20	123	107	87	93	89	87	88	635/637	21	111	99	89	94	87	89	88
	645/647	20	102	79	77	87	70	77	74	645/647	21	105	74	70	83	77	70	74
	655/657	21	136	121	89	94	84	89	87	655/657	21	170	143	84	91	89	84	87
MEDIA	20	120	102	84	91	81	84	83	MEDIA	21	128	105	81	89	84	81	83	
17	665/667	21	171	164	86	98	86	96	91	665/667	21	220	256	86	92	96	86	

ANEXO E**PARÂMETROS DEFINIDORES DA
QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO (QPC)**

Trecho	PARÂMETROS DEFINIDORES DA QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO (QPC)														
	LADO ESQUERDO														
	SEGMENTO HOMOGÊNEO	Defeitos		Estrutural		Aderência		Nota de GN	Nota de ICP	Nota de Área da Bacia	Nota de Epcc	Nota de TC	Estrutural	Desempenho	Conceito
	ICP	Área da bacia	Epcc (MPa)	TC	GN										
FABRICA	1	84,50	26,76	51.126,80	62,00	0,530	72,40	84,50	73,32	91,88	62,00	78,48	78,76	MUITO BOM	
	2	84,80	29,50	39.133,40	86,00	0,485	66,25	84,80	88,33	79,13	86,00	84,19	79,02	MUITO BOM	
	3	93,00	29,88	36.976,93	91,00	0,510	70,00	93,00	90,11	76,98	91,00	85,03	83,31	MUITO BOM	
	4	93,70	29,63	30.818,22	91,00	0,620	85,00	93,70	88,94	70,82	91,00	82,10	87,03	EXCELENTE	
	5	91,00	30,00	31.733,97	95,00	0,567	77,58	91,00	90,67	71,73	95,00	83,96	84,51	MUITO BOM	
	6	96,00	29,84	30.344,46	91,00	0,589	80,66	96,00	89,92	70,54	91,00	82,39	86,63	EXCELENTE	
	7	83,00	28,14	39.378,03	80,00	0,599	82,06	83,00	81,13	79,38	80,00	80,20	81,74	MUITO BOM	
	8	87,70	27,45	35.431,16	84,00	0,582	79,68	87,70	78,03	75,43	84,00	78,18	81,96	MUITO BOM	
AC	1	87,50	27,58	52.064,96	71,00	0,626	85,84	87,50	78,61	93,44	71,00	83,02	85,43	EXCELENTE	
	2	89,00	28,33	48.241,67	88,00	0,588	80,52	89,00	81,99	88,24	88,00	85,69	85,30	EXCELENTE	
	3	84,00	28,48	31.396,98	87,00	0,632	86,68	84,00	82,66	71,40	87,00	79,02	83,06	MUITO BOM	
	1	80,00	28,86	28045,53	90,00	0,603	82,62	80,00	84,37	68,05	90,00	78,97	80,42	MUITO BOM	
	2	81,00	28,38	25079,45	82,00	0,641	87,94	81,00	82,21	65,08	82,00	75,32	81,09	MUITO BOM	
	2	85,30	27,67	69355,6	85,00	0,595	81,50	85,30	79,02	40,00	40,00	64,61	76,92	MUITO BOM	
	3	100,00	27,74	39622,08	80,00	0,601	82,34	100,00	79,33	79,62	80,00	79,58	87,56	EXCELENTE	
	4	66,50	27,36	48037,63	68,00	0,570	78,00	66,50	77,62	88,04	68,00	79,86	74,63	MUITO BOM	
	5	61,00	25,04	47364,77	74,00	0,552	75,48	61,00	61,28	87,36	74,00	74,26	69,98	BOM	
	6	76,00	24,68	20263,37	86,00	0,581	79,54	76,00	56,96	60,26	86,00	64,09	72,89	MUITO BOM	
	7	80,00	29,78	42901,54	33,00	0,585	80,10	80,00	89,64	82,90	33,00	75,62	78,50	MUITO BOM	
	8	8,00	22,23	9929,25	59,00	0,586	80,24	8,00	40,00	49,29	59,00	47,52	43,50	RAZOAVEL	
	9	73,00	21,20	13480,57	83,00	0,513	70,02	73,00	40,00	53,48	83,00	53,99	65,45	BOM	
	10	81,00	24,69	23071,11	90,00	0,555	75,90	81,00	57,06	63,07	90,00	66,05	74,24	MUITO BOM	
11	72,00	25,17	33807,6	92,00	0,535	73,10	72,00	62,19	73,81	92,00	72,80	72,61	MUITO BOM		
12	84,70	23,95	21379,54	88,00	0,565	77,30	84,70	50,03	61,38	88,00	62,16	74,59	MUITO BOM		
13	100,00	22,94	22872,61	79,00	0,611	83,74	100,00	40,00	62,87	79,00	56,95	80,05	MUITO BOM		
14	79,00	23,26	21799,09	85,00	0,642	88,08	79,00	43,47	61,80	85,00	59,11	74,76	MUITO BOM		

Observação: As notas e conceitos da Qualidade do Pavimento de Concreto dos Segmentos Homogêneos (1 e 15 ao 19) do Trecho 1 não foram calculadas em função da impossibilidade de executar os ensaios de aderência

Trecho	PARÂMETROS DEFINIDORES DA QUALIDADE DO PAVIMENTO DE CONCRETO (QPC)																							
	LADO DIREITO																							
	SEGMENTO HOMOGÊNEO		Defeitos		Estrutural		Aderência		Nota de GN		Nota de ICP		Nota de Área da Bacia		Nota de Epcc		Nota de TC		Estrutural		Desempenho		Conceito	
	ICP	Area da bacia	Espec (Mpa)	TC	GN																			
	73,50	27,64	45.905,69	76,00	0,53	72,40	73,50	78,88	85,91	76,00	81,11	75,83	MUITO BOM											
	86,30	29,68	40.289,28	88,00	0,49	66,25	86,30	89,17	80,29	88,00	85,39	79,96	MUITO BOM											
	94,60	29,58	33.019,41	90,00	0,51	70,00	94,60	88,71	73,02	90,00	82,69	83,05	MUITO BOM											
	93,70	35,54	39.672,31	91,00	0,62	85,00	93,70	40,00	79,67	91,00	66,07	81,42	MUITO BOM											
	91,00	29,26	45.905,69	90,00	0,57	77,58	91,00	87,21	85,91	90,00	87,25	85,66	EXCELENTE											
	94,50	30,98	41.133,72	93,00	0,59	80,66	94,50	95,24	81,13	93,00	89,15	88,48	EXCELENTE											
	87,00	28,53	43.642,32	68,00	0,60	82,06	87,00	82,89	83,64	68,00	80,21	83,14	MUITO BOM											
	87,00	27,55	25.575,64	77,00	0,58	79,68	87,00	78,48	65,58	77,00	73,02	79,91	MUITO BOM											
	83,00	26,38	48.156,03	79,00	0,626	85,84	83,00	70,66	88,16	79,00	79,33	82,57	MUITO BOM											
	88,00	27,78	32.818,91	83,00	0,588	80,52	88,00	79,51	72,82	83,00	77,53	82,09	MUITO BOM											
	87,80	29,21	39.604,90	87,00	0,632	86,68	87,80	86,98	79,60	87,00	84,03	86,15	EXCELENTE											
	84,00	29,82	39.707,23	85,00	0,603	82,62	84,00	89,83	79,71	85,00	84,81	83,87	MUITO BOM											
	85,00	28,59	30.245,36	85,00	0,641	87,94	85,00	83,16	70,25	85,00	78,36	83,56	MUITO BOM											
	77,00	27,38	36.314,75	77,00	0,595	81,50	77,00	77,71	76,31	77,00	77,01	78,35	MUITO BOM											
	91,00	27,63	47.991,36	69,00	0,601	82,34	91,00	78,84	87,99	69,00	80,53	84,74	MUITO BOM											
	50,50	26,39	30.416,53	83,00	0,57	78,00	50,50	70,73	70,42	83,00	73,06	66,55	BOM											
	88,00	26,32	32.485,48	89,00	0,552	75,48	88,00	70,24	72,49	89,00	74,89	79,66	MUITO BOM											
	79,00	28,29	41.468,51	88,00	0,581	79,54	79,00	81,81	81,47	88,00	82,91	80,53	MUITO BOM											
	78,00	25,77	25.061,95	80,00	0,585	80,10	78,00	66,39	65,06	80,00	68,58	75,33	MUITO BOM											
	8,00	28,47	18.074,91	91,00	0,586	80,24	8,00	82,62	58,07	91,00	74,48	52,94	RAZOAVEL											
	89,00	27,21	47.490,41	81,00	0,513	70,02	89,00	76,95	87,49	81,00	81,97	80,85	MUITO BOM											
	82,00	26,81	23.656,27	77,00	0,555	75,90	82,00	73,67	63,66	77,00	70,33	76,09	MUITO BOM											
	75,00	25,14	25.124,6	74,00	0,535	73,10	75,00	61,98	65,12	74,00	65,64	71,15	MUITO BOM											
	72,00	27,2	35.491,8	81,00	0,565	77,30	72,00	76,90	75,49	81,00	77,16	75,39	MUITO BOM											
	100,00	28,82	47.764,48	84,00	0,611	83,74	100,00	84,19	87,76	84,00	85,58	90,08	EXCELENTE											
	72,00	27,3	37.901,46	85,00	0,642	88,08	72,00	77,35	77,90	85,00	79,10	79,31	MUITO BOM											

Observação: As notas e conceitos da Qualidade do Pavimento de Concreto dos Segmentos Homogêneos (1 e 15 ao 19) do Trecho 1 não foram calculadas em função da impossibilidade de executar os ensaios de aderência