

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Débora Raquel Pavi

**IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM
PARA O AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A
PARTIR DO MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E
RESTAURAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS**

Santa Maria, RS
2019

Débora Raquel Pavi

**IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM PARA O
AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR DO
MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS
RODOVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira

Santa Maria, RS
2019

Pavi, Débora Raquel

IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM
PARA O AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR
DO MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS
RODOVIÁRIOS / Débora Raquel Pavi.- 2019.

328 f.; 30 cm

Orientador: Deividi da Silva Pereira
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2019

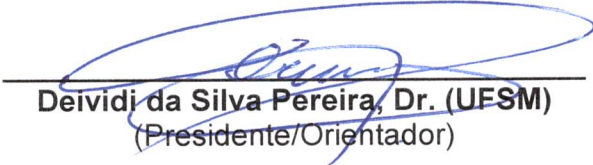
1. Pavimentação 2. Irregularidade longitudinal 3.
Perfilômetro inercial 4. Câmera termográfica 5. Restauração
de pista I. da Silva Pereira, Deividi II. Título.

Débora Raquel Pavi

**IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM PARA O
AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR DO
MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS
RODOVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Aprovado em 19 de Julho de 2019:


Deividi da Silva Pereira, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Laura Maria Goretti da Motta, Dra. (UFRJ)


Luciano Pivoto Specht, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Deividi da Silva Pereira pela orientação, disponibilidade e confiança na realização da presente pesquisa;

À toda minha família em especial a mãe e ao pai pela vida e ensinamentos repassados;

Ao meu amor Flaviano, que sempre esteve ao meu lado;

À Carla, amiga e conselheira de todas as horas;

Ao Cristiano, amigo/irmão que a vida me deu. Grata pela dedicação, pelas críticas e parceria de sempre;

Às meninas Sabrina, Patricia e Bruna pela amizade. Obrigada em especial a Patricia pela revisão textual;

À Rede Temática de Asfalto ANP/PETROBRAS pela disponibilidade do Perfilômetro, equipamento utilizado no desenvolvimento da presente pesquisa;

Ao Lucas Dotto Bueno, pela disponibilidade de sempre. Também pelos conselhos e orientações;

Ao Bruno Gonçalves, pela disponibilidade e formatação final;

Ao pessoal do LMCC, em especial ao Fernando Zucchi, pelo auxílio nos levantamentos e conselhos;

Ao grupo de pesquisa GEPPASV-UFSM pela colaboração, auxílio nos levantamentos e acompanhamentos executivos;

À empresa Prosul Projetos Supervisão e Planejamento, por possibilitar a realização da presente pesquisa, em especial aos meninos Luciano, Eduardo, Rosivaldo e Rogério, pelos incansáveis levantamentos com o Merlin;

Ao pessoal do Consórcio Travessia, pelos transportes do Merlin e possibilitar a realização do presente estudo;

Ao DNIT- UL Santa Maria, por possibilitar a realização dos levantamentos em trechos sob esta jurisdição.

À equipe da Compasul, em especial ao Eng. Lucas Huppés e encarregado Erni Siqueira, por facilitar a realização da pesquisa;

Ao pessoal da Della Pasqua, em especial ao Eng. Patrick e encarregado Germano, pela comunicação e fornecimento de dados;

Ao Professor Rogério Cattelan Antochaves pela disponibilização da câmera termográfica;

À banca de avaliação que dispôs do seu tempo e conhecimento para aperfeiçoamento deste trabalho;

E aos demais envolvidos, muito obrigada! Sem vocês nada disso seria possível.

RESUMO

IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CONSTRUTIVOS QUE CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL A PARTIR DO MONITORAMENTO DE IMPLANTAÇÃO E RESTAURAÇÃO DE TRECHOS RODOVIÁRIOS

AUTORA: Débora Raquel Pavi
ORIENTADOR: Deividi da Silva Pereira

A irregularidade longitudinal traduz a percepção do usuário com relação ao conforto da trafegabilidade e aos custos de manutenção da rodovia e dos veículos. Logo, faz-se necessário e importante mensurar o parâmetro que expressa esta condição ainda na fase executiva, buscando investigar as possíveis variáveis que o afetam nessa fase e que possam vir a impactar no desempenho operacional da rodovia. Neste contexto, o presente trabalho visou o acompanhamento executivo e a avaliação da irregularidade longitudinal no decorrer da execução das camadas constituintes do pavimento durante implantação de trechos rodoviários e acompanhamento de obra de restauração de pista, avaliando a redução efetiva da irregularidade longitudinal. Ainda, quando da não ocorrência de redução, identificar aspectos relacionados a esse comportamento. Para a identificação dos fatores, foram caracterizados materiais constituintes das estruturas dos pavimentos e realizado acompanhamento executivo detalhado com controle de temperatura do concreto asfáltico com câmera termográfica. Para a medição da irregularidade longitudinal, foram utilizados o Merlin e o Perfilômetro Inercial. A partir do monitoramento foram verificadas que as situações que provocaram elevados índices de irregularidade longitudinal se repetiram nas diferentes empresas construtoras, sendo a distribuição irregular de material pela vibroacabadora; o acabamento manual da superfície aliado à técnica de “salgar”; a complementação/distribuição de material de forma manual; as juntas longitudinais e transversais sem o devido cuidado com acabamento; a execução em dias de chuva e as diferenças de temperatura no pano de execução. Tais constatações evidenciam que a irregularidade longitudinal é extremamente sensível à problemas construtivos corriqueiros e recorrentes durante a execução da pavimentação.

Palavras-Chave: Irregularidade Longitudinal. Implantação de trechos rodoviários. Restauração de pista. Merlin. Perfilômetro inercial. Câmera termográfica.

ABSTRACT

IDENTIFICATION OF CONSTRUCTIVE FACTORS CONTRIBUTING TO THE INCREASE OF ROUGHNESS FROM THE MONITORING OF ROAD TRAFFIC IMPLANTATION AND RESTORATION

AUTHOR: PAVI, DÉBORA RAQUEL
ADVISOR: PEREIRA, DEIVIDI DA SILVA

The roughness reflects the user's perception regarding the comfort of the traffic and the maintenance costs of the highway and the vehicles. Therefore, it is necessary and important to measure the respective parameter still in the executive phase, seeking to investigate the possible variables that affect it at this stage and may have an impact on the highway's operational performance. In this context, the present work aims at the executive follow-up and evaluation of the longitudinal irregularity during the execution of the constituent layers during the implementation of road sections and follow-up of the track restoration work, evaluating the effective reduction of the IRI parameter. Also, when there is no reduction, identify aspects related to this behavior. For the identification of the factors, were characterized the constituent materials of the pavement structures and carried out detailed executive monitoring with temperature control of the CA with thermographic camera. For the measurement of the roughness, Merlin and Inertial Profilometer were used. From this monitoring, it was verified that situations that caused high indexes of longitudinal roughness were repeated in the different construction companies, being: the irregular distribution of material by the asphalt concrete paver; the manual finishing of the surface combined with the "salting" technique; complementing/distributing material manually; longitudinal and transverse joints without due care with finishing; the execution on rainy days and the temperature differences in the running cloth. These findings show that the roughness is extremely sensitive to the usual and recurrent construction problems of the pavement.

Keywords: Roughness. Road Deployment. Road Restoration. Merlin. Inertial Profilometer. Thermographic camera. n problems of the paving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ondulação longitudinal e transversal.....	29
Figura 2 – Faixas de variação do IRI em função do caso e situação	30
Figura 3 – Esquema de funcionamento do Viagraph, um dos primeiros equipamentos para mensurar irregularidade longitudinal	32
Figura 4 – Perfilógrafo Califórnia.....	33
Figura 5 – BPR Roughmeter.....	35
Figura 6 – Esquema do equipamento BPR Roughometer.....	35
Figura 7 – Esquema do Maysmeter instalado no veículo	36
Figura 8 – (a) Esquema ilustrativo do perfilômetro Bump Integrator e (b) fotografia do Bump Integrator	38
Figura 9 – Integrador IPR/USP	38
Figura 10 – Perfilômetro CHLOE	39
Figura 11 – Desenho esquemático do perfilômetro CHLOE.....	40
Figura 12 – APL com um exemplar.....	41
Figura 13 – Esquema do Perfilômetro APL.....	42
Figura 14 – Representação do modelo quarto de carro e gráfico de resposta da suspensão em diferentes frequências	43
Figura 15 – Desenho esquemático do equipamento Merlin	44
Figura 16 – Escala Merlin.....	45
Figura 17 – Correlação entre A (irregularidade Merlin) x IRI. Equação de correlação $IRI = 0,593 + 0,0471.A$	47
Figura 18 – Correlação entre A (irregularidade Merlin) x IRI. Equação de correlação $IRI = 0,0485.A$	48
Figura 19 – Equipamento Merlin	51
Figura 20 – Esquema do perfilômetro do TRRL	52
Figura 21 – 1ª Versão do perfilômetro inercial Ciberlaser	52
Figura 22 – Princípio de funcionamento módulo a laser.....	53
Figura 23 – Perfilômetro inercial Ciberlaser	55
Figura 24 – (a) Desenho esquemático de um nível e mira. (b) levantamento com nível e mira	57
Figura 25 – Esquema simplificado do DipStick.....	59
Figura 26 – Equipamento Ciber PP e sua tela operacional	60
Figura 27 - Esquema de apresentação da metodologia	73
Figura 28 – Localização da Travessia Urbana de Santa Maria e identificação do Trecho BR-287/RS	75
Figura 29 – Estrutura do pavimento Trecho BR-287/RS	76
Figura 30 - Análise granulométrica do material empregado na camada de sub-base - Trecho BR-287/RS.....	77
Figura 31- Análise granulométrica do material empregado na camada de base - Trecho BR-287/RS	78
Figura 32- Análise granulométrica do CA da 1ª camada - Trecho BR-287/RS	81
Figura 33 - Localização do Trecho ERS-509	83
Figura 34 - Estrutura do pavimento – Trecho ERS-509.....	84
Figura 35 - Análise granulométrica do material de base - Trecho ERS-509	85
Figura 36 - Granulometria da amostra de 1ª de CA - Trecho ERS-509	88
Figura 37 - Granulometria da amostra da camada final em CA - Trecho ERS-509	89
Figura 38 - Mapa de localização do segmento monitorado nesta pesquisa na BR-392/RS	90
Figura 39 - Estrutura do pavimento a ser restaurado – Trecho BR-392/RS.....	91
Figura 40 - Curva granulométrica da camada em CA - Trecho BR-392.....	93
Figura 41 – Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal–Trecho BR-287/RS	95
Figura 42 - Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal–Trecho ERS-509.....	95
Figura 43 – Convenção dos pontos de medição de irregularidade longitudinal adotado para os Trechos BR-287/RS e ERS-509 - Implantação.....	96
Figura 44 - Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal no Trecho BR-392/RS – Restauração.....	97
Figura 45 – Equipamento MERLIN utilizado na realização dos levantamentos de irregularidade longitudinal do Trecho BR-287/RS.....	98
Figura 46 – Sequência das leituras utilizando o equipamento Merlin para levantamento de IRI no Trecho BR-287	99
Figura 47 – Modelo de histograma de frequência e determinação da amplitude "A".....	100
Figura 48 – Perfilômetro Ciberlaser	101

Figura 49 – Interface do software CiberLogger.....	102
Figura 50 – Interface do programa CiberShell	103
Figura 51 - Imagens termográficas registradas durante acompanhamento executivo nesta pesquisa	106
Figura 52 - Acompanhamento de processo construtivo com câmera infravermelha nesta pesquisa	107
Figura 53 – Superfícies levantadas para avaliação dos sistemas de medição do Nível e Mira, Merlin e Perfilômetro nesta pesquisa	108
Figura 54 - Árvore de amostragem para avaliação do Merlin nesta pesquisa	109
Figura 55 - Árvore de amostragem para avaliação do Perfilômetro nesta pesquisa	110
Figura 56 - Árvore de amostragem do Método Nível e Mira nesta pesquisa	112
Figura 57 - Esquema de correlação dos dados de irregularidade longitudinal para as diferentes superfícies através de diferentes métodos	113
Figura 58 – Esquema de apresentação dos resultados e análises desta dissertação	115
Figura 59 – Avaliação de sistema de medição do equipamento Merlin. Variáveis: Operador e superfície de levantamento	117
Figura 60 – Avaliação de sistema de medição do equipamento Perfilômetro Inercial - Ciberlaser. Variáveis: Velocidade durante o levantamento e superfície de avaliação	119
Figura 61- Nível e mira - Comportamento da irregularidade (IRI e QI) nas diferentes superfícies. Variável: Forma de processamento dos dados levantados (0,25 e 0,50m).....	121
Figura 62 - Resultados médios obtidos para irregularidade longitudinal (IRI e QI) através dos diferentes métodos	123
Figura 63 – (a) Levantamento realizado logo após conclusão e liberação da camada e (b) levantamento antes da execução da camada subsequente seis meses depois	127
Figura 64 – Relação entre valores de IRI na camada de sub-base, condição inicial versus condição final. Análise transversal por segmento.....	128
Figura 65 – Relação IRI inicial e final nas quatro trilhas de rodas na camada de sub-base no segmento da BR-287 desta pesquisa– Análise longitudinal	130
Figura 66 – Percentuais de ocorrência de “Afundamento”, “Abaulamento” e situação “Regular” em relação à superfície ideal projetada - Análise longitudinal das quatro trilhas de rodas no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	131
Figura 67 – (a) - Situação da superfície logo após conclusão da camada. (b) - Situação da superfície após 6 meses no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	132
Figura 68 – Levantamento na camada de base imprimada com o equipamento Merlin no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	133
Figura 69 – Comportamento da irregularidade longitudinal na camada de sub-base versus camada de base – Análise transversal por segmento no Trecho da BR-287/RS desta pesquisa	134
Figura 70 – IRI inicial versus IRI final nas quatro trilhas de rodas na camada de sub-base comparando com resultados obtidos na camada de base – Análise longitudinal no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	136
Figura 71 – Percentuais de ocorrência na superfície de “Afundamento”, “Abaulamento” e situação “Regular” em relação à superfície ideal projetada - Análise longitudinal nas quatro trilhas de rodas das camadas de sub-base e base no segmento da BR-287/RS desta pesquisa.....	137
Figura 72 – (a) Superfície com marcas de imprimação e marcas de pneus de veículos e (b) Segregação do material empregado na camada (BGS) no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	138
Figura 73 – Sequência de execução da 1ª camada de concreto asfáltico do segmento da BR-287/RS desta pesquisa.....	139
Figura 74 – Primeira camada de concreto asfáltico, com marcação das quatro trilhas de rodas no segmento da BR-287/RS desta pesquisa	141
Figura 75 – Comportamento do IRI nas camadas de sub-base, base e revestimento (IRI inicial) - Análise transversal por segmento do Trecho da BR-287/RS desta pesquisa	142
Figura 76 – Comportamento da irregularidade longitudinal nas quatro trilhas de roda nas camadas de sub-base, base e 1ª camada de concreto asfáltico– Análise longitudinal no segmento da BR-287/RS desta pesquisa.....	144
Figura 77 – Comportamento do IRI na 1ª camada de concreto asfáltico – Inicial (Merlin) versus Final (Merlin e Perfilômetro) – Análise transversal por segmento do Trecho BR-287/RS desta pesquisa .	147
Figura 78 – Superfície com marcas de impacto devido à descarga de peças pré-moldadas. (a) TR 02 – Segmento 4 e (b) TR 02 – Segmento 5 – Trecho BR-287/RS desta pesquisa. Fotografias registradas em Julho/18	148

Figura 79 – Comportamento do IRI na 1ª camada de concreto asfáltico – Inicial (Merlin) versus Final (Merlin e Perfilômetro) – Análise longitudinal do Trecho BR-287/RS desta pesquisa.....	149
Figura 80 - Irregularidade longitudinal ao longo dos cinco segmentos com Perfilômetro e o indicativo (constante) por segmento fornecidos pelo equipamento Merlin- Trecho BR-287/RS desta pesquisa	150
Figura 81- Sequência executiva da camada de sub-base em macadame (a) espalhamento com escavadeira (b) compactação com rolo liso (c) material de enchimento e finalização da camada do Trecho da ERS-509 desta pesquisa	152
Figura 82 - Camada de base finalizada recebendo a aplicação de imprimação do Trecho da ERS-509 desta pesquisa	152
Figura 83 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	155
Figura 84 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	156
Figura 85 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	157
Figura 86 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	158
Figura 87 - Sequência executiva adotada na (a) execução de 1ª Camada de concreto asfáltico convencional e (b) execução da Camada final de concreto asfáltico com borracha.....	163
Figura 88 - Disposição de concreto asfáltico e acabamento realizado de forma manual nas proximidades das caixas coletoras, também observados diferenciais de temperatura no pano de ≈35°C. Trecho ERS-509 desta pesquisa	165
Figura 89- Segmento executado com chuva (a) paralização dos serviços devido à forte chuva - junta transversal. (b) retomada dos serviços com massa fria – (116°C) inferior a recomendação de projeto. (c) diferenciais de temperatura e temperatura inferior a recomendação de projeto. Trecho ERS-509 desta pesquisa	168
Figura 90 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	170
Figura 91 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	171
Figura 92 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	172
Figura 93 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	173
Figura 94 - Diagrama de superfície. Localização dos pontos com IRI>2,7m/Km – 1ª CA do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	174
Figura 95 - (a) Acabamento manual nas proximidades da barreira de concreto e (b) nas proximidades das caixas coletoras – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	176
Figura 96 - (a) final de jornada de trabalho com massa asfáltica fria e (b) localização de junta construtiva – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	177
Figura 97 - Execução de junta longitudinal, acabamento manual – Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	177
Figura 98 - (a) Acabamento manual da junta longitudinal e nas proximidades da barreira de concreto e (b) distribuição irregular da vibroacabadora – Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa...	178
Figura 99 - Segmento executado com chuva (a) pano de execução com massa fria e localização de junta transversal, (b) execução de junta fria – retomada das atividades com água empoçadas da superfície e (c) segmento executado com vibroacabadora e massa fria – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	181
Figura 100 - Acabamentos manuais e superfície "salgada" com material – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	182
Figura 101 - Execução de junta (a) finalização de um dia de trabalho e (b) retomada das atividades do Trecho ERS-509 desta pesquisa	182
Figura 102 - Localização de junta transversal após conclusão do Trecho ERS-509 desta pesquisa	183
Figura 103 – Exemplo de diferenciais de temperatura no pano de execução do Trecho ERS-509 desta pesquisa	187
Figura 104 - Após execução de junta transversal, distribuição irregular de CA pela vibroacabadora do Trecho ERS-509 desta pesquisa	187
Figura 105- Localização das juntas no Segmento 4 (a) Proximidades do ponto 98 – 1ª perna, (b) também nas proximidades do ponto 98 da 2ª perna de execução e (c) proximidades do ponto 50 da 3ª perna de execução – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	188

Figura 106 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	190
Figura 107- Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	191
Figura 108 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	192
Figura 109 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	193
Figura 110 - Diagrama de superfície. Localização dos pontos com IRI>2,7m/Km – Camada Final do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	194
Figura 111 – (a) Segmento com intensidade de marcação de pés - proximidades do ponto 150 e (b) foto de outro ângulo e visualização de queda de temperatura devido a passagem do rolo chapa – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	197
Figura 112 - Diferenciais de temperatura no pano de execução e constatação de superfície “salgada” – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	197
Figura 113 - Distribuição irregular da vibroacabadora e diferenciais de temperatura no pano de execução do Trecho ERS-509 desta pesquisa	198
Figura 114 – Sequência executiva de junta transversal - Proximidades do ponto 20 da faixa externa - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	199
Figura 115 – (a) Distribuição irregular da vibroacabadora e (b) acabamento manual na caixa coletora e na junta longitudinal – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	200
Figura 116 - Junta transversal devido à falta de material aliado aos diferenciais de temperatura – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	201
Figura 117 - Acabamento manual e marcação de pés/botinas no pano de execução – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	202
Figura 118 - Dados de irregularidade longitudinal na camada final em CA ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	207
Figura 119- Dados de irregularidade longitudinal na camada final em CA ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	208
Figura 120 - Ponto 20 da faixa externa - Segmento 2 - Junta transversal – Situação aos 180 dias após liberação de trânsito do Trecho ERS-509 desta pesquisa	209
Figura 121- Dados de irregularidade longitudinal na camada final ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	210
Figura 122 – Junta transversal nas proximidades do ponto 110 – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	211
Figura 123 - Proximidades do ponto 30 - bordo externo da faixa interna. Acabamento dado nas proximidades da caixa coletora do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	212
Figura 124- Dados de irregularidade longitudinal na camada final ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa	213
Figura 125 - Irregularidade longitudinal antes da intervenção da BR-392/RS desta pesquisa	215
Figura 126 - Sequência executiva (a) aplicação de pintura de ligação, (b) distribuição de CA pela vibroacabadora e (c) compactação inicial pelo rolo chapa seguido do rolo pneumático no Trecho da BR-392 desta pesquisa	217
Figura 127 - Diferenciais de temperatura na caçamba no momento da descarga no Trecho da BR-392/RS desta pesquisa.....	219
Figura 128 - Pontos com elevados diferenciais de temperatura (a) Massa fria na saída da vibroacabadora – Fim do primeiro dia de trabalho – Localização: 289 ao 282 e (b) Diferenciais de temperatura no pano, saída do CA com temperatura de 115°C nas proximidades do ponto 230 no Trecho da BR-392 desta pesquisa	219
Figura 129 - Execução de junta fria. Localização 282 no Trecho da BR-392 desta pesquisa	220
Figura 130 - Junta finalizada sem o devido acabamento – Localização 282 no Trecho da BR-392 desta pesquisa.....	220
Figura 131 - Vibroacabadora com problema, disposição irregular de material entre os pontos 282 ao 252 no Trecho da BR-392 desta pesquisa	220
Figura 132 – Perda de temperatura superficial da massa devido a passagem inicial do rolo chapa no Trecho da BR-392 desta pesquisa	221

Figura 133 - Irregularidade longitudinal antes e após execução de restauração	222
Figura 134 - Irregularidade efetivas (levantadas) versus irregularidades previstas pelos modelos de desempenho de Lerch (2002) e de Nakahara, (2005) aplicadas no Trecho da BR-392 desta pesquisa	225
Figura 135 - Comportamento da irregularidade longitudinal antes e após restauração no Trecho da BR-392 desta pesquisa	227
Figura 136 - Somatório de fatores que contribuíram na irregularidade longitudinal inicial elevada entre o segmento 300 ao 260 no Trecho da BR-392 desta pesquisa.....	228
Figura 137- Diferencial de temperatura no pano de execução nas proximidades do ponto 220 ao 230 no Trecho da BR-392 desta pesquisa.....	230
Figura 138- Massa fria na trilha interna e borda interna - proximidades do ponto 60 no Trecho da BR-392 desta pesquisa	230
Figura 139 - Comportamento da irregularidade longitudinal nos primeiros 360 dias após restauração no Trecho da BR-392 desta pesquisa.....	233
Figura 140 - Comportamento da irregularidade longitudinal com o tempo no Trecho da BR-392 desta pesquisa	234
Figura 141 – (a) Problemas identificados na execução e (b) defeitos em fase inicial aos 360 dias no Trecho da BR-392 desta pesquisa	235
Figura 142 - Defeitos superficiais em fase inicial - coincidentes com área de massa fria durante a execução no Trecho da BR-392 desta pesquisa	235
Figura 143 - Defeitos em fase inicial – microfissuras no Trecho BR-392/RS desta pesquisa	237
Figura 144- Resumo das reduções médias de IRI com a evolução da construção da estrutura - pavimento implantado na BR-287/RS	240
Figura 145 - Resumo das reduções médias de IRI com a evolução da construção da estrutura - pavimento implantado na ERS-509	243

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Qualidade associada ao IRI	29
Tabela 2 – Escala estimada para a irregularidade. Associação de escala com o que ela representa.	61
Tabela 3 – Classificação de rodovias pavimentadas em função da irregularidade longitudinal.....	70
Tabela 4 – Variação da classificação das condições de rodovias, segundo os valores de IRI em alguns países.....	70
Tabela 5 – Limites estabelecidos de IRI pela ANTT para rodovia BR-101/RJ	72
Tabela 6 – Caracterização do material empregado na camada de sub-base do Trecho BR-287/RS..	78
Tabela 7 – Caracterização do material empregado na camada de base do Trecho BR-287/RS.....	79
Tabela 8 – Características do material “Imprima” aplicado no Trecho BR-287/RS	79
Tabela 9 – Caracterização do material pétreo utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho BR-287/RS.....	80
Tabela 10 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho BR-287/RS	80
Tabela 11 – Parâmetros da mistura betuminosa: dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas nos dias 01, 02 e 03.....	81
Tabela 12 – Dados da extração de corpos de prova com sonda rotativa na 1ª camada de revestimento asfáltico – Trecho BR-287/RS Santa Maria em Março de 2017	82
Tabela 13 - Caracterização do material de sub-base do Trecho ERS-509	85
Tabela 14 - Caracterização do material de base do Trecho ERS-509	86
Tabela 15 – Caracterização do material pétreo utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho ERS-509	86
Tabela 16 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional – Trecho ERS-509.....	87
Tabela 17 – Parâmetros da mistura betuminosa. Dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas no Trecho ERS-509	87
Tabela 18 – Laudo técnico do CAP Ecoflex B 3G usado no Trecho ERS-509.....	88
Tabela 19 – Características da mistura betuminosa. Dados do projeto da mistura e das extrações realizadas	89
Tabela 20 – Caracterização do material pétreo utilizado na camada de restauração do Trecho BR-392/RS	92
Tabela 21 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional empregado na camada restaurada do Trecho BR-392/RS	92
Tabela 22 – Parâmetros da mistura betuminosa. Dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas dos dias 01 e 02 no Trecho BR-392/RS	93
Tabela 23 – Dados da extração de corpos de prova com sonda rotativa na camada restaurada no Trecho BR-392/RS	94
Tabela 24 - Resumos dos índices de irregularidade encontrados para distintas condições de superfície nesta pesquisa. Variável: forma de processamento.....	122
Tabela 25 - Resultados médios obtidos para irregularidade longitudinal (IRI e QI) através dos diferentes métodos	124
Tabela 26 – IRI médio para a condição inicial e final da camada de sub-base no segmento da BR-287/RS desta pesquisa.....	129
Tabela 27 – IRI médio da camada de sub-base (condição final) e da camada de base	135
Tabela 28 – IRI médio para as camadas de sub-base, base e 1ª camada de concreto asfáltico e classificação da condição da superfície	145
Tabela 29 – Redução da irregularidade longitudinal com a evolução da execução das camadas estruturais do pavimento no Trecho BR-287/RS desta pesquisa	146
Tabela 30 Valores médios de irregularidade longitudinal - camada de sub-base em macadame seco - linhas de medição por segmento do Trecho ERS-509 desta pesquisa	159
Tabela 31 - Valores médios de irregularidade longitudinal - camada de base em brita graduada - linhas de medição por segmento do Trecho ERS-509 desta pesquisa	160
Tabela 32 - Valores médios de IRI na 1ª camada de CA do Trecho ERS-509 desta pesquisa	183
Tabela 33 - Valores médios de IRI na camada final em concreto asfáltico do Trecho ERS-509 desta pesquisa	203
Tabela 34 - Valores médios por linha de medição inicial, 7, 30, 90 e 180 dias do Trecho ERS-509 desta pesquisa.....	206
Tabela 35 - Reduções médias de irregularidade longitudinal após intervenção – Segmentos de 100m no Trecho da BR-392 desta pesquisa	223

Tabela 36 - Valores médios de IRI após restauração, aos 7, 15, 28, 90, 180 e 360 dias no Trecho da BR-392 desta pesquisa	232
--	-----

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A	Amplitude do diagrama de frequência – Irregularidade em escala Merlin
AASHO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
APL	Longitudinal Profile Analyser
ASTM	American Society of Testing and Materials
ARS	Average Rectified Slope
BGS	Brita Graduada Simples
BPR	Bureau of Public Roads
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CBR	Califórnia Bearing Ratio
CBUQ	Concreto betuminoso usinado a quente
CHLOE	Carey, Hutckins, Lathers and Other Engineers
CNT	Confederação Nacional de Transportes
COMAER	Comando da Aeronáutica
D	Distância entre rodas
d1	Distância do bordo
d2	Distância do eixo da pista
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
ESRD	Eixos simples de rodas duplas
ESRS	Eixos simples de rodas simples
ETD	Eixo tandem duplo
ETT	Eixo tandem triplo
GMR	General Motors Research
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPLAN	Instituto de Planejamento de Santa Maria
IPR/USP	Instituto de Pesquisas Rodoviárias da Universidade de São Paulo
ISC	Índice Suporte Califórnia
IRI	International Roughness Index (Índice de irregularidade internacional)
IRI _c	Índice de irregularidade internacional – valor característico
IRRE	International Road Roughness Experiment
MD	Ministério da Defesa
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Intrumental
N	Número de operações do eixo padrão
PP	Perfilômetro Portátil
PSR	Present Serviceability Rating
QI	Quociente de Irregularidade
QCS	Quarter-Car-Simulation
TR	Trilha de roda
TRL	Transportation Research Laboratory
TRRL	Transport and Road Research Laboratory of England
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
USACE	Corpo de Engenheiros do Exército Americano
VA	Valor da aceleração vertical da média quadrática
VSA	Valor de Serventia Atual
WSDOT	Departamento de Trânsito do Estado de Washington

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	OBJETIVO GERAL	24
1.1.1	Objetivos Específicos	24
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1	IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS	27
2.1.1	Conceituação	27
2.1.2	Evolução na forma de mensurar a irregularidade longitudinal dos pavimentos	31
2.1.3	Principais impactos econômicos da irregularidade longitudinal do pavimento	62
2.1.4	Escalas de medição da irregularidade longitudinal	66
2.1.5	Valores de referência para o parâmetro irregularidade longitudinal	69
3	METODOLOGIA	73
3.1	DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	73
3.1.1	Trecho BR-287/RS - Implantação	74
3.1.2	Trecho ERS-509/RS - Implantação	82
3.1.3	Trecho BR-392/RS - Restauração	89
3.2	AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL	94
3.2.1	Equipamentos utilizados para realização do levantamento de irregularidade longitudinal	97
3.3	ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO.....	104
3.3.1	Monitoramento da temperatura do concreto asfáltico com câmera termográfica	105
3.4	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS ESQUIPAMENTOS: MERLIN, PEFILÔMETRO E NÍVEL E MIRA	107
3.4.1	Avaliação do sistema de medição composto pelo equipamento Merlin	109
3.4.2	Avaliação do sistema de medição composto pelo Perfilômetro	110
3.4.3	Avaliação do sistema de medição - Método Nível e Mira	111
3.4.4	Correlação dos dados de irregularidade longitudinal obtido por diferentes equipamentos	112
4	RESULTADOS E ANÁLISES	115
4.1	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS: MERLIN, PERFILÔMETRO E MÉTODO NÍVEL E MIRA	116
4.1.1	Avaliação da reprodutibilidade e repetibilidade do equipamento Merlin	116
4.1.2	Avaliação da repetibilidade e da influência da velocidade do veículo nos dados do Perfilômetro	118
4.1.3	Avaliação do sistema de medição - Método Nível e Mira	120
4.1.4	Avaliação da variação dos dados de irregularidade longitudinal por diferentes métodos	122
4.2	MONITORAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL NAS CAMADAS CONSTITUINTES DO PAVIMENTO – ACOMPANHAMENTO DE IMPLANTAÇÃO DE PISTA	125
4.2.1	Discussão dos resultados obtidos no Trecho BR-287 – Implantação ...	126
4.2.2	Discussão dos resultados obtidos no Trecho ERS-509 – Implantação .	151

4.3	ACOMPANHAMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL ANTES E APÓS INTERVENÇÃO COM FRESAGEM E RECAPEAMENTO NA BR-392/RS	214
4.3.1	Irregularidade longitudinal antes da restauração	214
4.3.2	Irregularidade longitudinal inicial – após intervenção com fresagem e restauração no Trecho da BR-392/RS	216
4.3.3	Monitoramento da irregularidade longitudinal nos primeiros 360 dias após restauração do Trecho da BR-392	231
4.4	SÍNTESE DOS RESULTADOS	238
4.4.1	Síntese dos resultados da avaliação dos equipamentos Merlin, Perfilômetro e Método Nível e Mira.....	238
4.4.2	Síntese dos resultados do acompanhamento de implantação de pista	239
4.4.3	Síntese dos resultados do acompanhamento de restauração de pista na BR-392/RS	244
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	247
5.1	CONCLUSÕES	247
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	248
	REFERÊNCIAS	251
	APÊNDICE A.....	257
	APÊNDICE B.....	258
	APÊNDICE C.....	260
	APÊNDICE D.....	268
	APÊNDICE E.....	272
	APÊNDICE F	280
	APÊNDICE G	284
	APÊNDICE H.....	292
	APÊNDICE I	296
	APÊNDICE J	303
	APÊNDICE K.....	307
	APÊNDICE L.....	315
	APÊNDICE M	319
	APÊNDICE N.....	325

1 INTRODUÇÃO

A riqueza e o desenvolvimento de um país passam pelas rodovias, hidrovias, ferrovias e aeroportos. No Brasil, cerca de 61% do transporte de cargas e 95% do transporte de passageiros é realizado através do modal rodoviário, segundo a pesquisa da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018). Assim, rodovias em boas condições são de extrema importância, pois promovem ganhos na eficiência logística, diminuição de custos operacionais do transporte, diminuição da poluição e aumento do conforto e segurança aos usuários, além de proporcionar maior competitividade com mercados internacionais.

No entanto, para manter uma rodovia em boas condições é necessária uma atividade continuada de monitoramento e manutenção, logo que a mesma inicia a operação. Levantamentos de informações sobre a situação da superfície e da estrutura do pavimento é uma forma eficaz de gerir a malha rodoviária, servindo de apoio e auxiliando na tomada de decisões de quando é o momento da aplicação de recursos na manutenção da malha rodoviária. Através destas informações é possível otimizar os recursos disponíveis e elaborar estratégias de intervenções.

Apesar da importância de se ter rodovias em boas condições, essa não é a realidade nacional. Pavimentos irregulares, reduzida malha viária pavimentada, falta de aderência pneu/pavimento, vias com presença de curvas sinuosas sem adequados dispositivos de proteção e sinalização, trechos de alto fluxo em pista simples, ausência de acostamentos e existência de panelas no revestimento, proporcionam um cenário de risco aos usuários.

Segundo dados da pesquisa da CNT (2018), além da reduzida malha viária pavimentada, está ainda em sua maioria apresenta algum tipo de degradação (cerca de 57%). Degradação é definida pelo Banco Mundial (2008) como a redução progressiva da sua qualidade inicial ao longo da vida útil. As degradações que o pavimento apresenta são oriundas da ação do tráfego e das condições climáticas, e dependem também da qualidade da construção, da geometria, da estrutura e das propriedades dos materiais empregados.

No sentido de obter parâmetros ligados à degradação, é importante que o sistema de gerência de pavimentos possibilite a qualificação da malha através de um indicador, tal como a irregularidade longitudinal do pavimento. A irregularidade longitudinal é o conjunto de desvios na superfície de um pavimento em relação a um

plano de referência, é um indicador que tem elevada influência na percepção da qualidade funcional de um pavimento por parte do usuário, e pode ser considerado o mais importante indicativo de desempenho dos pavimentos segundo Hass *et al.* (1994). O parâmetro de irregularidade longitudinal estabelece uma relação direta entre as características funcionais de operação dos veículos e o conforto ao rolamento percebido pelo usuário da rodovia, implicando diretamente no aumento dos custos de transporte, devido ao acréscimo no consumo de combustível e despesas relacionadas à manutenção dos veículos.

Como a avaliação da irregularidade longitudinal traduz a percepção do usuário com relação ao conforto da trafegabilidade e o seu valor vincula-se diretamente com os custos de manutenção da rodovia e dos veículos usuários, faz-se necessário e importante mensurar este parâmetro ainda na fase executiva e investigar as possíveis variáveis que o afetam durante a fase de construção/restauração.

Inserido no cenário atual das pesquisas do Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária da Universidade Federal de Santa Maria (GEPPASV/UFSM), o presente estudo é realizado em complementação aos trabalhos de Bordin (2019), Bueno (2016 e 2019) e Santos (2015), e tem como propósito a identificação de técnicas construtivas que implicam em elevados índices de irregularidade longitudinal inicial, sendo as causas detectadas através do acompanhamento executivo de segmentos novos e restaurados de rodovias.

1.1 OBJETIVO GERAL

Identificar fatores que contribuem para irregularidade longitudinal, por meio do acompanhamento de processo construtivo e caracterização de materiais em trechos de implantação e de restauração de pavimento.

1.1.1 Objetivos Específicos

Para o atendimento do objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos, a saber:

- a) Nos trechos de implantação de pista, analisar os dados dos levantamentos de IRI camada por camada e definir valores médios para camadas

- subjacentes ao revestimento (sub-base e base) que ainda não possuem valores de referência;
- b) Quantificar a evolução (redução) da irregularidade longitudinal com o avanço da construção das camadas estruturais do pavimento;
 - c) Monitorar a irregularidade longitudinal nos primeiros 6 meses após liberação de trânsito e buscar correlacionar defeitos precoces - que incrementam a irregularidade longitudinal, com situações observadas no processo construtivo;
 - d) Na pista restaurada, acompanhar a irregularidade longitudinal no primeiro ano (após restauração) e correlacionar defeitos precoces na superfície com falhas identificadas no processo construtivo;
 - e) No acompanhamento da restauração, avaliar a variação da irregularidade longitudinal inicial (ΔIRI) e comparar dados efetivos de redução com as previsões dos modelos de desempenho de Lerch (2002) e Nakahara (2005); e
 - f) Avaliar os sistemas de medição de irregularidade longitudinal dos equipamentos: Merlin, Perfilômetro e Método Nível e Mira.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se subdividida em seis capítulos. Neste primeiro capítulo foi introduzido o tema em questão, enfatizando sua importância e apontados os objetivos a serem alcançados.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica acerca do tema, abrangendo conceituação, a evolução dos equipamentos para mensuração do parâmetro irregularidade longitudinal, denotada a importância da avaliação da irregularidade, os principais impactos econômicos da irregularidade tanto aos usuários como aos gestores da malha viária. Também são apresentadas as escalas de medição, valores de referência e abordada, de forma breve, a normatização nacional.

No capítulo 3 é descrita a metodologia empregada para alcançar os objetivos propostos, contemplando: caracterização dos locais monitorados; dados de projeto; caracterização dos materiais constituintes das camadas estruturais e da restauração; descrição dos processos construtivos adotados nos pavimentos monitorados; e

descrita também a metodologia adotada para mensuração da irregularidade longitudinal.

No capítulo 4 são apresentadas as análises e discussões dos resultados encontrados a partir da avaliação realizada nos equipamentos de medição de irregularidade, do acompanhamento dos trechos de implantação de pista e do monitoramento de restauração de pista.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões da pesquisa e sugestões de novos estudos para complementação do conhecimento.

E, por fim, são apresentadas as referências que guiaram e contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Objetiva-se por meio deste capítulo abordar o tema irregularidade longitudinal dos pavimentos abrangendo a conceituação, a evolução dos equipamentos para sua mensuração, a importância da avaliação da irregularidade e principais impactos econômicos da irregularidade tanto para os usuários como para os gestores da via. Por fim, são apresentadas as escalas de medição, valores de referência e abordada, de forma sucinta, a normatização nacional.

2.1 IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS PAVIMENTOS

2.1.1 Conceituação

A concepção da qualidade de um pavimento por parte do usuário está relacionada à sua aparência e, principalmente, à vibração experimentada durante a viagem dentro de um veículo (BISCONSINI, 2016). Essa vibração, por sua vez, depende das características de irregularidade do pavimento, da massa do veículo, do sistema de suspensão e velocidade operacional (HAAS et al., 1994).

Segundo o Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011), a irregularidade longitudinal dos pavimentos é o parâmetro que retrata as consequências nas condições de rolamento dos veículos provocadas por um somatório de defeitos presentes na estrutura do pavimento.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006, p. 23) define a irregularidade longitudinal de um pavimento como sendo “o conjunto de desvios na superfície de um pavimento em relação a um plano de referência”. De forma similar, porém mais abrangente, Barella (2008) define que:

“A irregularidade longitudinal de um pavimento representa o conjunto dos desvios indesejáveis de sua superfície, que atrapalha o rolamento rápido e suave dos veículos, gera insegurança e onera seus usuários, além de acelerar a degradação do pavimento” (BARELLA, 2008, p. 28).

Contribuindo com as definições acima, DNIT (2006), traz também algumas particularidades com relação ao parâmetro de irregularidade longitudinal: A partir de um valor inicial de irregularidade existente, em função do processo construtivo, a irregularidade passa a assumir valores crescentes em decorrência da ação do tráfego,

do clima e de outros fatores; A irregularidade influencia na interação da superfície da via com os veículos, gerando efeitos sobre os próprios veículos, sobre os passageiros e motoristas, e sobre as cargas transportadas; A irregularidade aumenta a ação das cargas dinâmicas dos veículos sobre a superfície do pavimento acelerando a deterioração de sua estrutura, afetando negativamente o desempenho da rodovia e; A irregularidade afeta a dinâmica dos veículos em movimento, aumentando o seu desgaste e trazendo prejuízos à condução dos veículos. Em consequência, influencia negativamente o custo operacional dos veículos.

A partir das conceituações descritas, pode-se afirmar que a irregularidade longitudinal é uma das mais importantes características funcionais de um pavimento por ser muito sensível aos usuários e promover a diminuição da vida útil do pavimento.

Assim, o parâmetro de irregularidade longitudinal vai de encontro com a funcionalidade do pavimento, uma vez que os mesmos são dimensionados e executados para promover maior conforto e segurança aos usuários. Atualmente, o parâmetro de irregularidade é a variável mais representativa para determinar o estado de uma rodovia (BARELLA, 2008).

Segundo Bernucci et al. (2006), a irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da rodovia, geralmente coincidente com as regiões de trilhas de roda. A linha de levantamento longitudinal possui uma largura variável de alguns milímetros a centímetros, variando conforme o tipo de equipamento empregado. Em alguns casos pode-se haver o interesse de melhor detalhar o perfil, levantando-o em diversas linhas paralelas e imaginárias sobre a faixa de rolamento.

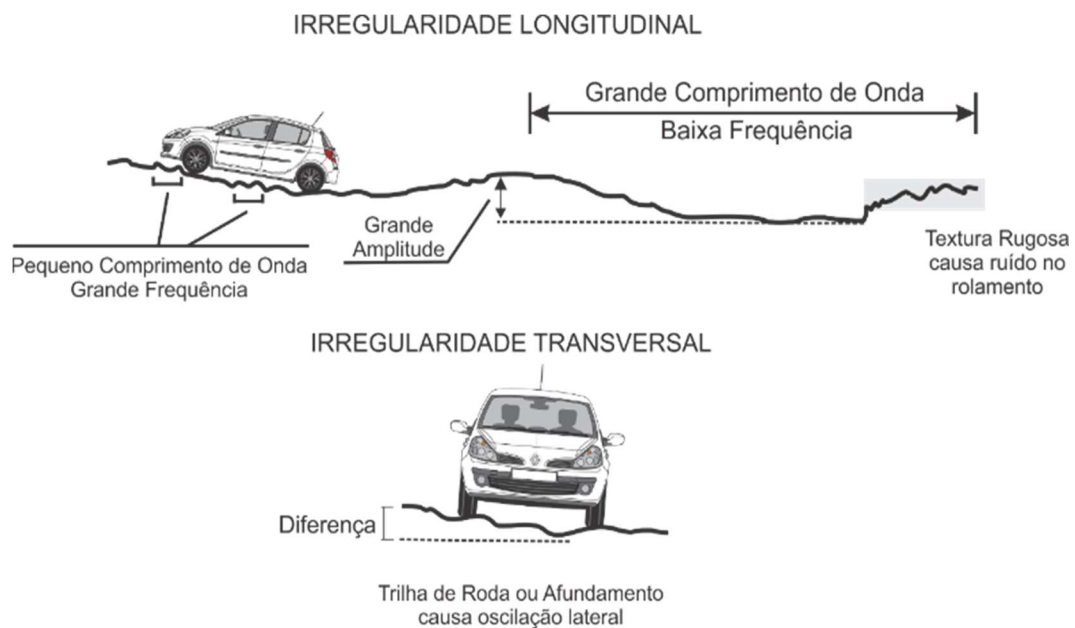
A análise também pode se estender em termos de medição e levantamentos transversais, o que é menos comum. Nesse sentido, a preocupação maior são os afundamentos plásticos nas trilhas de roda (BARELLA, 2008). A distinção de irregularidade longitudinal da irregularidade transversal é dada apenas no sentido em que são efetuadas as medidas, sendo representada na Figura 1.

O índice internacional para a medida da irregularidade é designado de IRI – *International Roughness Index* (Índice de Irregularidade Internacional). Esse índice estatístico, expresso em m/km ou mm/m, quantifica a irregularidade de uma determinada superfície do pavimento em relação à de projeto. O IRI tem sido utilizado como ferramenta de controle de obras e aceitação de serviços em alguns países (BERNUCCI et al., 2006). A Figura 2, mostra as faixas de variação do IRI para diferentes situações de superfícies (SAYERS; KARAMIHAS, 1998).

Pinto e Preussler (2001) classificam o parâmetro IRI com relação à qualidade da superfície do pavimento, conforme Tabela 1, que foi adotada como padrão pelo Manual de Restauração do DNIT (2006).

Lerch (2002) e Nakahara (2005) apontam que a irregularidade longitudinal pode ser resultado de diversos fatores, sendo estes: técnicas construtivas, as quais incorrem em algumas variações do perfil da rodovia; repetições de carga, principalmente em condição de fluxo canalizado, que causam distorções por deformação plástica em uma ou mais camadas do pavimento; expansão por congelamento e variações volumétricas devido às contrações ou expansões do subleito; e compactação inicial não uniforme.

Figura 1 – Ondulação longitudinal e transversal



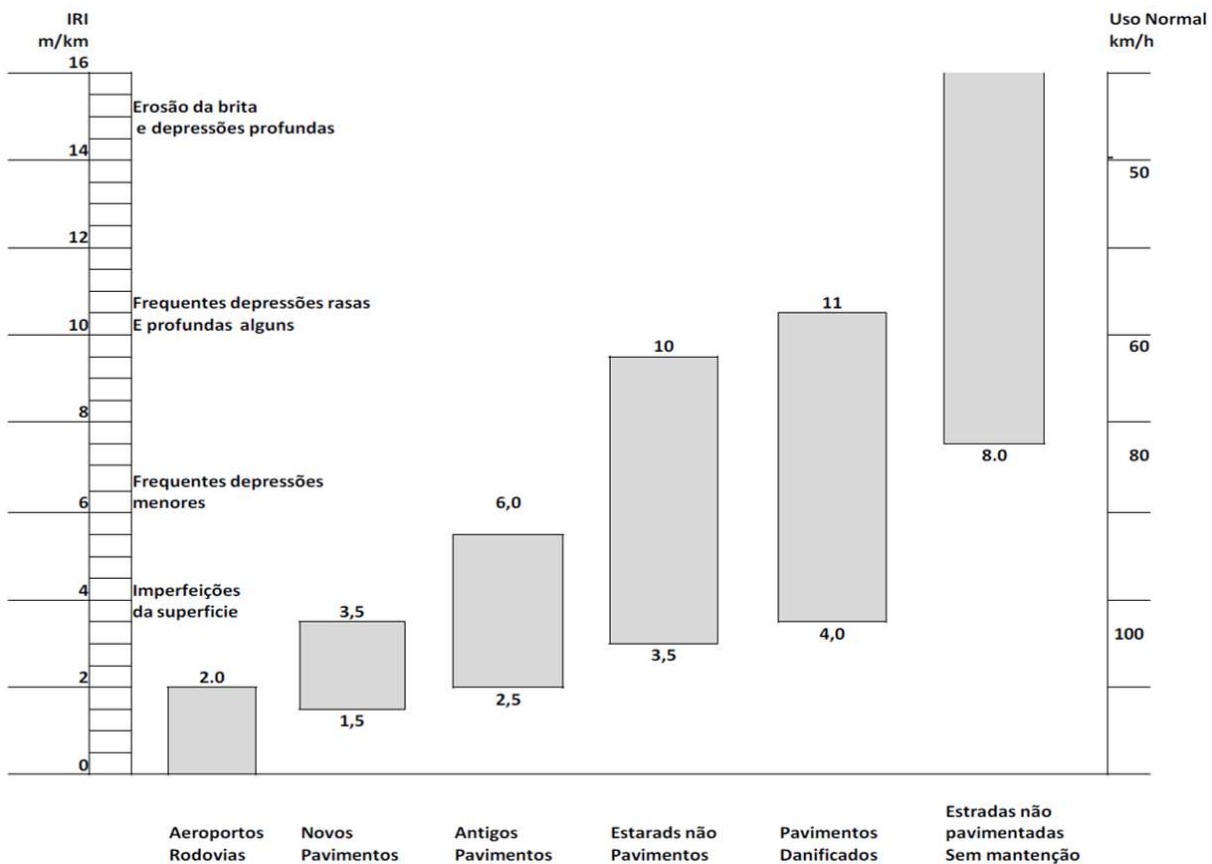
Fonte: Adaptado de Yoder e Witczak (1975).

Tabela 1 – Qualidade associada ao IRI

CONCEITO	FAIXA IRI (m/Km)
Excelente	1,0 – 1,9
Bom	1,9 – 2,7
Regular	2,7 – 3,5
Ruim	3,5 – 4,6
Péssimo	>4,6

Fonte: Adaptado de Pinto e Preussler (2001).

Figura 2 – Faixas de variação do IRI em função do caso e situação



Fonte: Adaptado de Sayers e Karamihis (1998).

Já segundo Hassan (1994), a irregularidade longitudinal é o resultado da combinação do efeito de inúmeros processos de degradação do pavimento. Todos os defeitos superficiais encontrados no pavimento, desde o surgimento das primeiras fissuras, até as panelas, afundamentos na trilha de roda, desgaste, escorregamentos, contribuem na formação do valor da irregularidade longitudinal.

Lavaud (2011) afirma que o aumento incisivo da irregularidade de uma rodovia em serviço está diretamente relacionado à compactação não uniforme do revestimento obtida durante a sua construção onde, devido à segregação de temperatura e do material não é possível obter uma compactação uniforme.

Neste contexto, um estudo realizado pelo Departamento de Transporte de Washington (WSDOT, 2000) verificou que, quando diferenciais de temperatura maiores que 14°C aparecem na mistura asfáltica colocada pela acabadora, a porcentagem de vazios aumenta aproximadamente em 2%. Segundo este estudo, para cada 1% de incremento na porcentagem de volume de vazios, há uma redução

de aproximadamente 10% na vida do pavimento. Com alto percentual de vazios, a infiltração de água na estrutura é facilitada, e esta, com a atuação das cargas, tendem a gerar pressão interna levando ao rompimento da estrutura provocando desagregação das partículas, principalmente das superficiais.

Corroborando o estudo do WSDOT, Lavaud (2011, p. 26), afirma que: “Os diferenciais de temperatura de acordo com os atuais métodos de construção são muitas vezes maiores que 14°C, pelo qual continuarão apresentando falhas prematuras nos pavimentos tendo como consequência o aumento da irregularidade” e ainda enfatiza que durante a execução da camada de revestimento, a acabadora deve funcionar continuamente: “90% de todos os problemas se eliminam se a acabadora funciona com uma velocidade constante” (LAVAUD, 2011, p. 31).

2.1.2 Evolução na forma de mensurar a irregularidade longitudinal dos pavimentos

No decorrer desse item são apresentados os avanços no desenvolvimento dos equipamentos utilizados para mensurar a irregularidade longitudinal. Também serão expostos os precursores de cada classe de equipamentos (medição indireta, direta, sistemas baseados na reação de veículos e sistemas de medição com sonda sem contato). A partir dos conceitos destes, serão descritos os demais equipamentos de cada classe, abordando os equipamentos mais conhecidos nos dias atuais. Será dado enfoque e abrangência maior aos equipamentos empregados no desenvolvimento da presente pesquisa: Merlin, Perfilômetro Inercial (nacional – Ciberlaser) e o Método Nível e Mira. Para facilitar a compreensão e organização dos avanços, optou-se por fazer a descrição em ordem cronológica, de forma a delinear uma linha temporal.

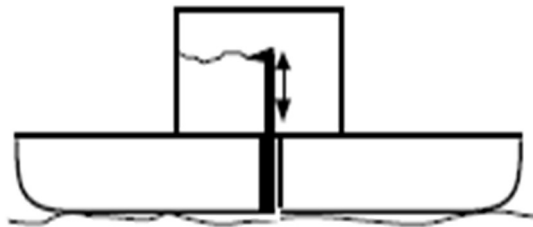
Gillespie (1992), descreve o histórico dos levantamentos de irregularidade conhecidos e como o procedimento evoluiu no decorrer da história. Segundo Gillespie, a partir do momento em que se inicia o uso de uma determinada estrada ou rodovia para o tráfego, automaticamente, se está susceptível aos seus graus relativos de conforto ou desconforto em função da circulação. No século XX, com a invenção e introdução do motor à combustão, a possibilidade de viagens tornou-se ainda mais fácil, superando significativamente as velocidades alcançadas pelos modais mais arcaicos. E foi justamente com o aumento dessa velocidade de tráfego que se fez

necessária a construção e o desenvolvimento de pavimentos que proporcionassem um rolamento mais suave, aprimorando o conforto e segurança para as viagens.

2.1.2.1 *Viagraph*

Baseado na necessidade de um pavimento com rolamento mais suave, deu-se início aos primeiros estudos formais referente às características longitudinais dos rolamentos. Um dos primeiros equipamentos desenvolvidos para levantamentos de irregularidade longitudinal, por volta do ano de 1900, consistia em um esquadro deslizante conhecido como *Viagraph*. O equipamento tinha como princípio a medição dos comprimentos de onda provocados pela irregularidade do pavimento a partir de um ponto central de uma régua de madeira, que era apoiada e arrastada longitudinalmente sobre o pavimento conforme Figura 3. O registro era contínuo e realizado em papel.

Figura 3 – Esquema de funcionamento do *Viagraph*, um dos primeiros equipamentos para mensurar irregularidade longitudinal



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

A irregularidade registrada pelo equipamento consiste no somatório dos desvios verticais com relação à distância percorrida, representando uma unidade semelhante à utilizada atualmente, o IRI.

O princípio do funcionamento do *Viagraph* era medir continuamente qualquer desvio existente na superfície. Porém, só era possível medir corretamente quando os comprimentos de onda fossem menores que o comprimento da régua utilizada. Logo, quando o desvio na superfície representa uma onda com comprimento de 30 metros, por exemplo, seria necessário que a régua do equipamento também tivesse 30 metros, mostrando-se uma desvantagem.

Outra desvantagem do Viagraph era o desgaste da régua causado pelo deslocamento (arrastamento) longitudinal sobre o pavimento. Porém, esse empecilho foi resolvido inicialmente com a adição de duas rodas e subsequentemente com a adição de um conjunto de rodas para estabelecer um plano de referência que melhor avaliava os desvios.

Essas modificações no desenvolvimento do Viagraph deram origem aos perfilógrafos de rodas, conhecidos também como régua móvel e que registravam de modo gráfico os perfis longitudinais. Segundo Barella (2008), esses equipamentos não são práticos de serem transportados ou operados e tem baixa produtividade, visto que a medição se processa em velocidades muito baixas. Apesar das desvantagens desses equipamentos, são ainda utilizados esporadicamente. Como exemplo de perfilógrafos, tem-se o perfilógrafo longitudinal Rainhart, o Rolling Straightedge, o perfilógrafo RRL e o perfilógrafo Califórnia.

Ainda segundo Barella (2008), o único equipamento existente e em uso no Brasil nas características citadas é o perfilômetro Califórnia (Figura 4), sendo de propriedade da Associação Brasileira de Cimento Portland e é utilizado para medidas de irregularidade em pavimentos de concreto de cimento Portland. Nos EUA, existe a norma ASTM E 1274-88, publicada em 1988 e atualizada em 2018 que regulamenta a utilização desse tipo de equipamento.

Figura 4 – Perfilógrafo Califórnia



Fonte: Adaptado de Budny (2016).

2.1.2.2 *Via-log*

Na década de 1920, os engenheiros rodoviários concluíram que a irregularidade é uma das maiores responsáveis pelas vibrações dos motores dos veículos. A partir disso, foi desenvolvido, em Nova York, o Via-log, considerado o precursor de todos os medidores de irregularidade do tipo resposta. O princípio de funcionamento do Via-log consistia em registrar a variação da suspensão de um veículo durante o seu deslocamento sobre o pavimento. No entanto, logo esse equipamento foi modificado para um sistema que somava o deslocamento em um contador mecânico, permitindo-se chegar a uma medida estatística em polegadas/milha ou suas derivações (GILLESPIE, 1992).

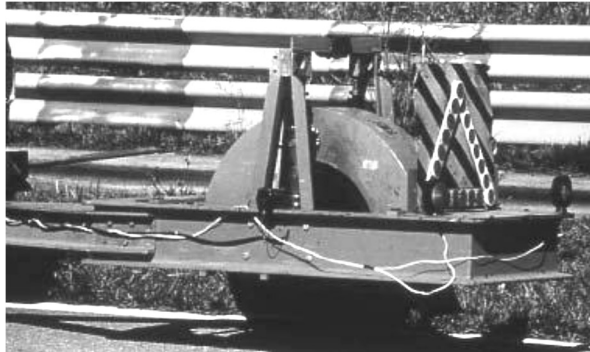
Nos anos seguintes, os estudos se concentraram em tentativas de padronização do veículo utilizado, uma vez que era bastante difícil a obtenção de medidas consistentes baseadas neste princípio (GILLESPIE, 1992).

2.1.2.3 *BPR Rougometer*

Em 1941 foi desenvolvido, nos Estados Unidos, um equipamento considerado a evolução do Via-log, chamado de BPR Roughometer (Figura 5). O rugosímetro BPR é o acrônimo de *Bureau of Public Roads*. Consiste basicamente em uma roda de teste de pneu liso, sem frisos, para captar qualquer irregularidade do pavimento. Essa roda é montada dentro de um quadro retangular munido de dispositivos de suspensão e amortecimento, conforme esquema da Figura 6. Ao ser rebocado ao longo do caminho, a roda de ensaio oscila verticalmente em relação à estrutura horizontal, proporcionalmente às irregularidades do pavimento, que são medidas e registradas no BPR (BARELLA, 2008).

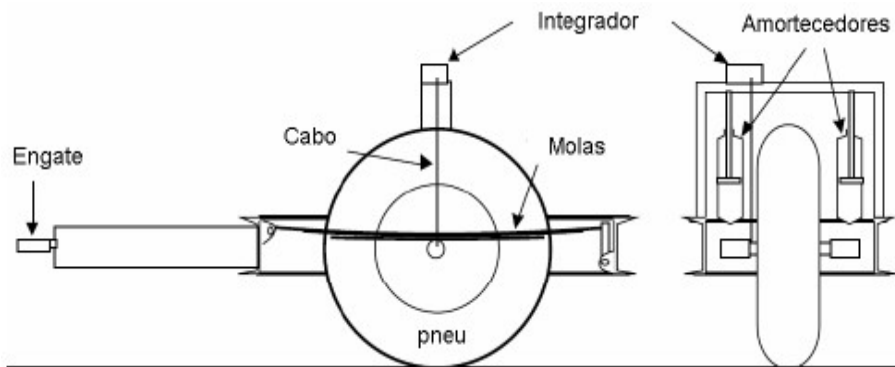
Os movimentos entre o eixo da roda e a armação são medidas por meio de um fio ligado ao eixo por um contato especial e em volta de uma mola em tambor. Quando o eixo da roda sofre distorção, o comprimento do fio encurta ou alonga, dependendo da direção do movimento. A informação registrada pelo perfilômetro é emitida sob a forma final de número de uniformidade do perfil longitudinal. Esse número indica o total do movimento vertical descendente realizado pela roda de teste em metros/quilômetros (BENEVIDES, 2006).

Figura 5 – BPR Roughmeter



Fonte: Adaptado de Lavaud (2011).

Figura 6 – Esquema do equipamento BPR Roughometer



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

2.1.2.4 Equipamentos do tipo resposta

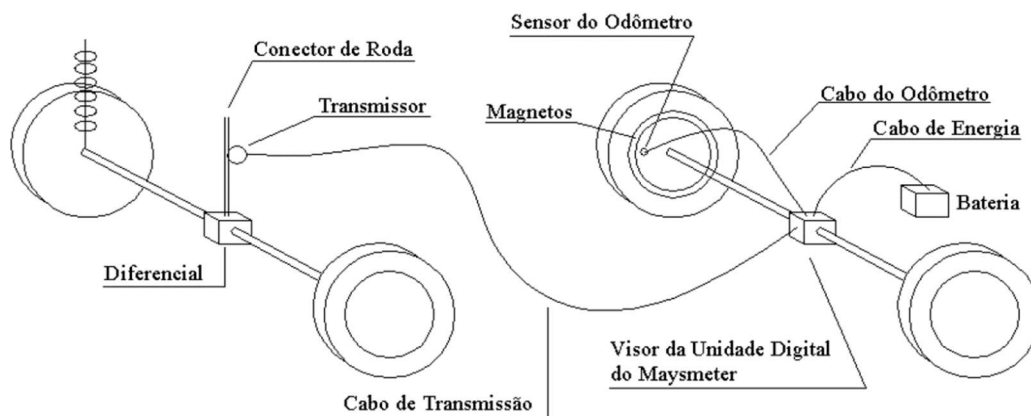
Os equipamentos do tipo resposta tiveram um impulso no seu desenvolvimento nos anos de 1960, e foram amplamente utilizados nos anos de 1970 nos Estados Unidos. A partir da utilização dos equipamentos dessa classe, era possível medir a irregularidade com maior velocidade, se comparado com os demais equipamentos da época. Tratam de equipamentos mais baratos, que podem ser implementados em qualquer automóvel (BISCONSINI, 2016). Esses equipamentos realizam a obtenção do deslocamento do eixo de um veículo ou de um reboque em relação à sua carroceria.

O índice de irregularidade é dado pela soma acumulada dos deslocamentos verticais em relação à distância longitudinal percorrida, dados nas unidades de m/km, mm/m ou polegadas/milha. Dentre os equipamentos dessa classe, pode-se elencar: o

Maysmeter, o PCA Road Meter, Bump Integrator (GILLESPIE, 1992) e no Brasil o sistema Integrador IPR/USP.

O Maysmeter consiste em uma haste anexada a um eixo e a um transmissor, ambos instalados em um veículo de passeio, conforme apresentado na Figura 7. Os deslocamentos relativos entre o eixo traseiro do veículo são medidos pelo transmissor e o sinal é enviado a um registrador. Os movimentos relativos verticais são acumulados, em valor absoluto, ao longo de uma distância pré-fixada (LERCH, 2002). No Brasil a medição de irregularidade pelo Maysmeter é normatizada pela DNER-PRO-182/94.

Figura 7 – Esquema do Maysmeter instalado no veículo



Fonte: Adaptado de Benevides (2006).

Nos Estados Unidos, o MaysMeter foi largamente empregado devido à sua ampla capacidade de medição, ao baixo custo e pela durabilidade em operações em ambientes hostis. À medida que o veículo era conduzido ao longo do pavimento, os registradores gráficos compunham o perfil da estrada, registrando os níveis em papel a uma taxa proporcional à rugosidade da estrada. Assim, o comprimento físico da tira de papel produzido pelo registrador de gráficos apresentava a extensão medida do pavimento quanto à irregularidade. Mais tarde esse registrador físico em papel, foi substituído por um sistema digitalizado, que exhibe os valores de irregularidade diretamente em um painel e faz o registro em sistema digital (BARELLA, 2008).

Assim como ocorreu a substituição da tira de papel por um sistema digitalizado, com o passar dos anos, o equipamento evoluiu no sentido de diminuir o número de calibrações que se fazem necessárias à manutenção de sua precisão. O Maysmeter

passou a ser instalado em reboques padronizados de duas rodas, podendo operar com velocidades de 80 km/h (BENEVIDES, 2006).

O PCA roadmeter foi desenvolvido em 1965 pela Associação de Cimento Portland nos Estados Unidos. É um dispositivo eletromecânico montado em um veículo de passeio que registra o movimento vertical relativo entre a carroçaria de um veículo e o centro da carcaça do eixo traseiro. Esse medidor apresentava relativa vantagem por necessitar de pouca mão de obra para execução das medições (apenas um motorista e um assistente), e por não proporcionar intervenção no tráfego, seja físico ou visual aos usuários. Apresenta também uma elevada velocidade de medição, cerca de 80 km/h, o que proporcionava alta produtividade diária (GRUBB, 1968).

Atualmente o Bump Integrator que é um rugosímetro dinâmico do tipo resposta, de tamanho relativamente reduzido, que é instalado sobre o eixo do veículo medidor, conforme Figura 8. A sua sistemática consiste em medir e gravar os deslocamentos verticais do eixo traseiro do veículo no qual está instalado, produzindo contagens proporcionais ao movimento da suspensão. O medidor geralmente opera em três velocidades de medição: 30, 40 e 60 km/h, realizando medições em ambas as faixas da pista (PONTES, 2012).

Esse equipamento mais recente é fabricado por uma empresa que surgiu na década de 1990, especializada no desenvolvimento de ferramentas de medição e gestão estradas, a ROMDAS. Segundo Serafini (2005), o Bump Integrator da ROMDAS é totalmente informatizado e com grande precisão e repetitividade. O equipamento Bump Integrator permite a obtenção de resultados mais precisos que os demais equipamentos tipo resposta, especialmente em rodovias de níveis baixos de irregularidade, pois o número de leituras por seção é dez vezes maior que os demais.

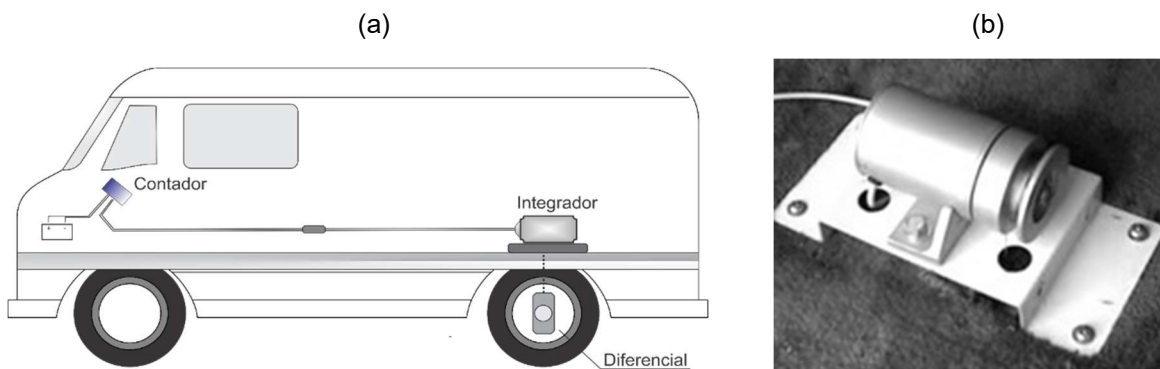
No Brasil, por volta dos anos de 1980, foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias e pela Universidade de São Paulo, o denominado integrador IPR/USP, tendo sido este, o precursor nacional dos equipamentos destinados à medida da irregularidade. O princípio de funcionamento deste equipamento assemelha-se aos demais equipamentos do tipo resposta, no entanto o que o diferencia é o tipo de sensor utilizado, que é uma barra ótica em vez de um contador de pulsos giratório.

Em sua versão inicial, o integrador era instalado no eixo traseiro de um veículo de passeio, mas esse sofreu modificações mecânicas e eletrônicas, além de ganhar também uma versão rebocável (Figura 9) que tinha algumas vantagens operacionais,

como por exemplo: evitar a mobilização de um veículo somente para a medida da irregularidade; poder ser transportado para o local de medição com mais facilidade; e possibilitar a preservação das características mecânicas da estrutura onde o equipamento estava instalado, segundo Barella (2008).

O equipamento é composto por um sensor de deslocamentos vertical instalado no diferencial do veículo, para ser sensibilizado pelo movimento vertical entre o chassi e o diferencial; um quantificador de irregularidades digital; e um dispositivo eletrônico medidor de distância (BERNUCCI, et al., 2008). A velocidade de medição desse equipamento varia entre 50 a 80 km/h e está normatizado no Brasil pela DNER-PRO-182/94.

Figura 8 – (a) Esquema ilustrativo do perfilômetro Bump Integrator e (b) fotografia do Bump Integrator



Fonte: (a) e (b) adaptados de IGM (2010).

Figura 9 – Integrador IPR/USP

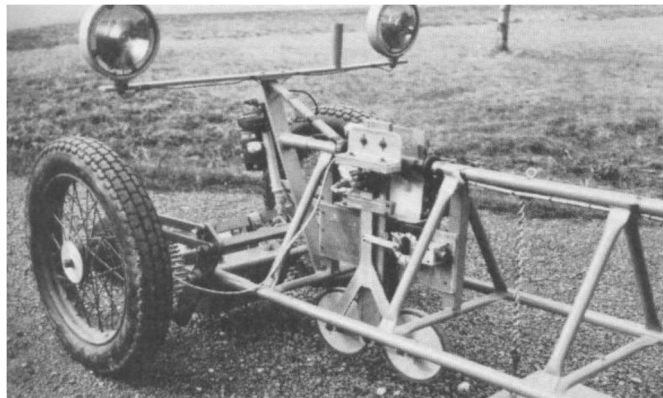


Fonte: Adaptado de Domingues (2004).

2.1.2.5 CHLOE - Carey, Hutckins, Lathers and Other Engineers

Outro dispositivo histórico foi desenvolvido no início da década de 1960, durante os experimentos realizados na AASHO Road Test. O equipamento foi nomeado de CHLOE (um acrônimo formado pelas primeiras letras dos nomes dos inventores: “Carey, Hutckins, Lathers and Other Engineers”) e é apresentado na Figura 10. Trata-se de um clone simplificado do Perfilômetro da AASHO, por ser esse último considerado complexo (BENEVIDES, 2006). O CHLOE realiza medidas indiretas do perfil da rodovia, sendo assim, os dados levantados devem ser processados para fornecer os valores referentes à qualidade da superfície, como a amplitude de onda e o coeficiente de irregularidade (DNIT, 2006).

Figura 10 – Perfilômetro CHLOE



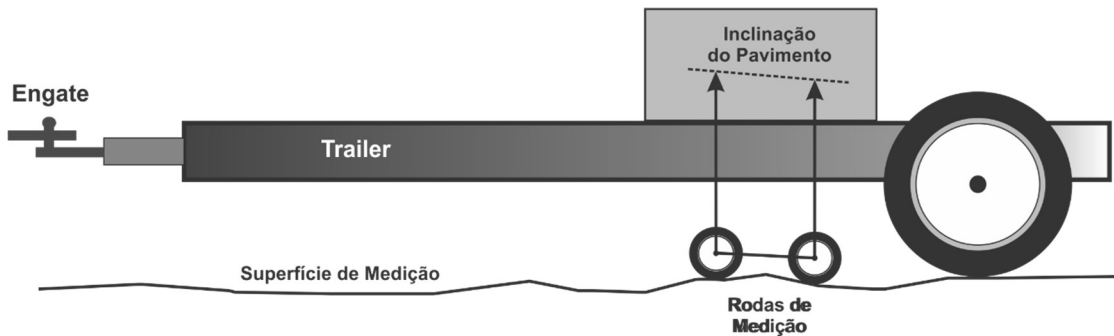
Fonte: Adaptado de Budny (2016).

O perfilômetro CHLOE utiliza um pêndulo para delimitar um plano fixo de referência. O equipamento consiste em uma pequena carreta rebocada por veículo de passeio a uma velocidade de aproximadamente 8 km/h. O dispositivo possui duas pequenas rodas de medição e um eixo com pneu de apoio, conforme esquema da Figura 11. As duas rodas montadas bem próximas (23 cm) uma da outra estão atreladas ao sistema de medição, que registra de forma contínua a inclinação entre elas e um plano de referência. O valor estatístico obtido como resultado de uma avaliação pelo equipamento é chamado de “Variância da Declividade Longitudinal” (BARELLA, 2008).

De acordo com Haas et al. (1994), o equipamento possui boa repetitividade, mas é lento e não consegue medir comprimentos de onda maiores que 3,66 metros.

Por esses motivos, apesar de sua importância histórica, o CHLOE não é mais utilizado nos levantamentos de irregularidade atuais.

Figura 11 – Desenho esquemático do perfilômetro CHLOE



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

Segundo Bisconsini (2016), na época do experimento da AASHO Road Test não existiam equipamentos mecânicos para medir perfis reais e foi preciso desenvolver um instrumento que tornasse possível a correlação entre os métodos até então utilizados para avaliar a condição dos pavimentos, como o PSR – Present Serviceability Rating ou VSA – Valor de Serventia Atual do pavimento.

Para o desenvolvimento dessa correlação entre medidas de defeitos e irregularidade, a pista experimental da AASHO ficou exposta à ação do tráfego, onde periodicamente foram realizados levantamentos de irregularidade longitudinal com o perfilômetro CHLOE e realizadas avaliações da superfície. Nas avaliações da superfície eram observadas áreas trincadas, áreas remendadas e valores médios de afundamentos em trilhas de rodas, entre outras avaliações. Também era realizada em paralelo uma avaliação subjetiva, realizada por um grupo de 12 avaliadores que transitavam sobre a pista e atribuíram uma nota de 0 a 5, sendo que 5 representava a melhor situação do pavimento. Os avaliadores também respondiam se aquele pavimento era aceitável ou não, caso eles trafegassem por um longo período sobre ele (BARELLA, 2008).

Carey e Irick (1960) estabeleceram uma relação entre as notas que os avaliadores atribuíram para um determinado trecho e a condição objetivamente avaliada daquele pavimento, criando assim o valor de PSR ou VSA (BARELLA, 2008). Conceitualmente, segundo Carey e Irick (1960 apud BARELLA, 2008, p. 31), serventia é: “a habilidade de um pavimento em servir ao usuário da rodovia”.

2.1.2.6 APL – *Analyseur de Profil en Long*

Nos anos de 1960, inúmeros foram os avanços no sentido de mensurar e avaliar a irregularidade longitudinal dos pavimentos, tal como: o impulso no desenvolvimento dos equipamentos do tipo resposta; o desenvolvimento do conceito de serventia; e neste mesmo período coincidiu com o desenvolvimento dos seguintes equipamentos de medição indireta de perfil: o APL e perfilômetro GMR.

O APL – *Analyseur de Profil en Long* foi desenvolvido na França em 1968, pelo *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* (Laboratório Central de Pontes e Estradas) (CAICEDO et al., 2003). Esse tipo de perfilômetro caracteriza os defeitos do nivelamento longitudinal pela amplitude e comprimento das ondas do pavimento (BENEVIDES, 2006).

É um equipamento rebocável de uma única roda, capaz de gerar como resultado a influência do perfil longitudinal do pavimento sobre o equipamento. Pode ser empregado um único exemplar, conforme Figura 12, ou dois paralelos para o levantamento da irregularidade nas duas trilhas de roda simultaneamente. O princípio de funcionamento consiste em um reboque que é puxado por um braço rígido e uma roda em contato com a superfície. Possui ainda um pêndulo inercial de baixa frequência que serve como referência horizontal. O ângulo representado na Figura 13 é medido e convertido para uma distância vertical, que é registrada em intervalos especificados (CAICEDO et al., 2003).

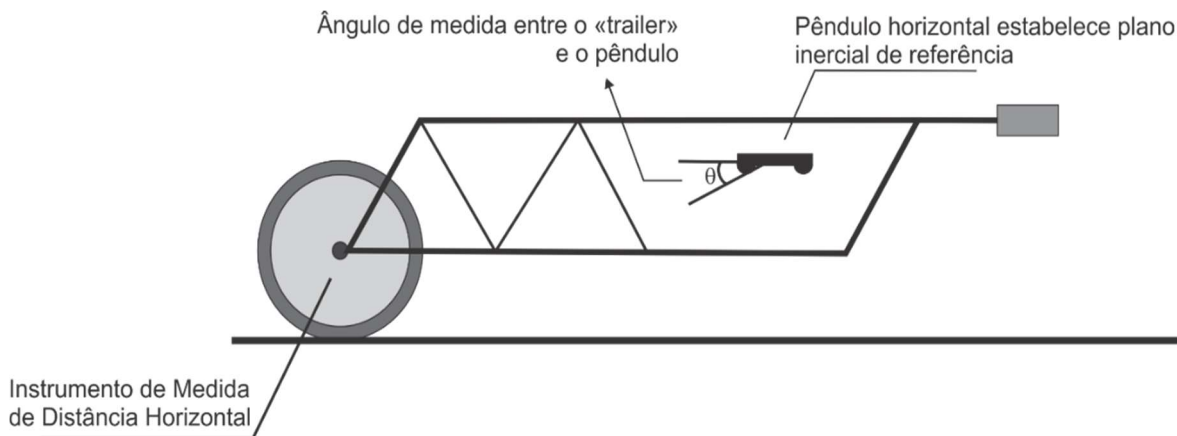
Figura 12 – APL com um exemplar



Fonte: Adaptado de Caicedo et al. (2003).

A velocidade de levantamento gira em torno de 72 km/h e são registrados comprimentos de onda entre 1 e 40 m, cujos comprimentos de onda interferem nos veículos trafegando entre 80 e 130 km/h (BERNUCCI et al., 2008).

Figura 13 – Esquema do Perfilômetro APL



Fonte: Adaptado de Haas et al. (1994).

2.1.2.7 GMR

Ainda na década de 1960 foi desenvolvido um perfilômetro inercial por Elson Spangler e William Keller, no laboratório de pesquisas da General Motors (SAYERS; KARAMIHAS, 1998). Conforme Barella (2008), esse perfilômetro passou por mudanças até ser conhecido finalmente como perfilômetro GMR - *General Motors Research*.

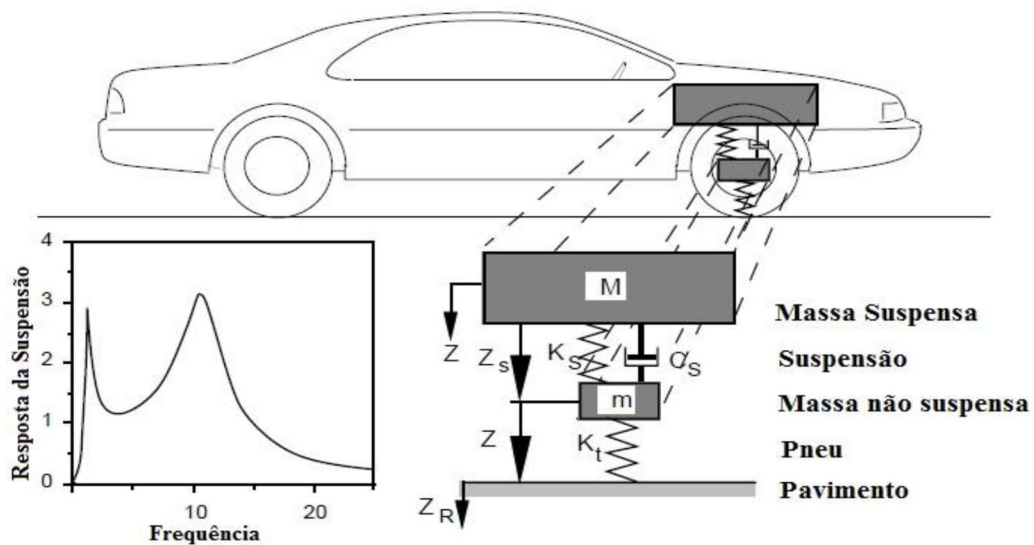
O princípio de funcionamento do perfilômetro GMR é baseado em duas rodas apalpadoras, que se deslocavam na superfície para a coleta dos dados. Essas rodas são independentes das rodas dos veículos (BARELLA, 2008). Tais rodas são acopladas a uma haste inclinada que, por sua vez, está ligada a potenciômetros que medem seu deslocamento vertical. A partir da aceleração vertical do veículo (movimento inercial) e da haste ligada às rodas, é possível traçar o registro do perfil longitudinal. Um detalhe importante, para esse equipamento, é que o operador deve manter uma velocidade constante durante a medição.

Segundo Sayers e Karamihas (1986), o perfilômetro GMR foi a matriz de onde derivaram todos os demais perfilômetros inerciais usados atualmente para realização da medição do perfil longitudinal de pavimentos. O princípio de funcionamento é bem

similar, sendo a principal diferença é que o modelo original usava no veículo de medição duas rodas para a coleta dos dados da superfície do pavimento. E atualmente isto é feito com sensores de medição sem contato, normalmente por lasers.

O perfilômetro GMR também é conhecido como “simulador de quarto-de-carro”, por simular os movimentos de uma roda em relação a uma massa suspensa a partir dos impulsos gerados pelo perfilômetro, similar ao equipamento BPR Roughometer, com o objetivo de calcular índices estatísticos relacionados à irregularidade longitudinal dos pavimentos. Esse processo ficou conhecido como Quarter-Car Simulation – QCS (Figura 14) e o índice gerado ficou conhecido como Quarter-Car Index – QI (BENEVIDES, 2006).

Figura 14 – Representação do modelo quarto de carro e gráfico de resposta da suspensão em diferentes frequências



Fonte: Adaptado de Gillespie (1992).

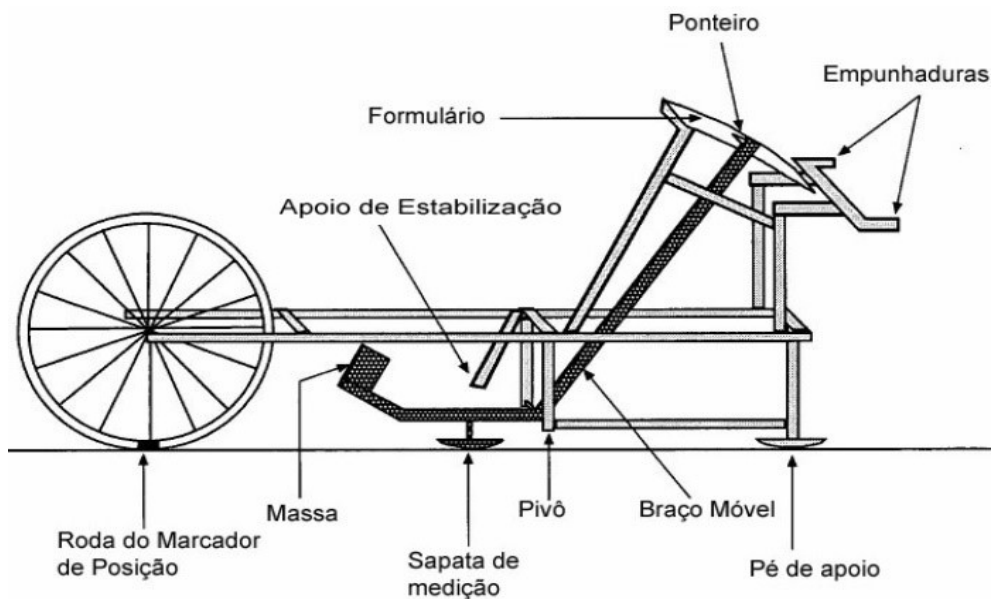
2.1.2.8 MERLIN - Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation

Dentro da classe de equipamentos de medição indireta de perfil, tal como o APL, CHLOE, Perfilômetro Dinâmico GMR, pode-se incluir o equipamento MERLIN (*Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation*). Este equipamento de baixo custo foi desenvolvido pelo *Transportation Research Laboratory* (TRL) da Inglaterra. Não se sabe exatamente o ano de sua criação, mas

acredita-se que não seja muito antes do ano de 1991 (BARELLA, 2008). O equipamento é constituído de uma estrutura simples, semelhante a uma bicicleta (Figura 15). Essa simplicidade faz dele um equipamento barato e fácil de ser construído em qualquer parte do mundo, de acordo com Cundill (1991). Segundo Del Aguila (1999), o equipamento foi concebido para ser disseminado nos países em desenvolvimento pelas vantagens de seu baixo custo de fabricação e pela alta precisão dos resultados que fornece.

O MERLIN mede a distorção vertical da superfície do pavimento através do deslocamento da sapata de medição em relação à linha imaginária que une as rodas do marcador de posição e o pé de apoio com o pavimento.

Figura 15 – Desenho esquemático do equipamento Merlin



Fonte: Adaptado de Cundill (1996).

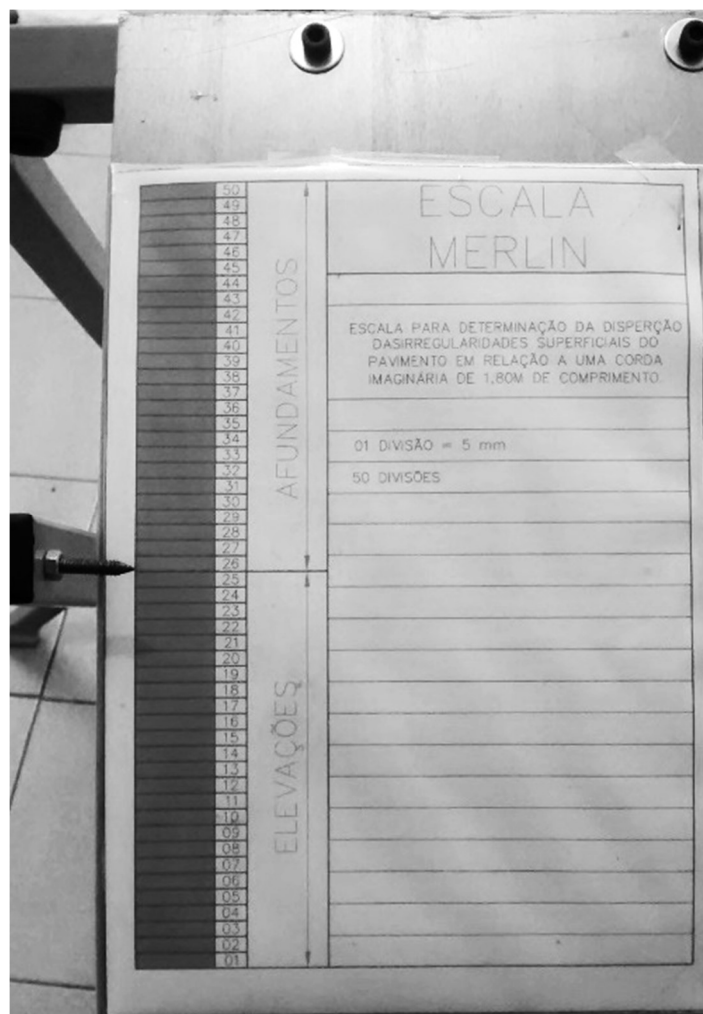
O equipamento possui três pontos de contato com a superfície do pavimento, sendo dois apoios rígidos e um móvel. O ponto de contato da roda com o solo e o pé de apoio traseiro são os dois apoios rígidos e estão distantes de 1,80 metros. Já a sapata de medição, que constitui o apoio móvel está localizada exatamente no centro dessa distância, a 0,90 metro dos apoios fixos.

O deslocamento da sapata de medição indica o desvio vertical em relação a uma superfície ideal horizontal, definida pelo alinhamento dos apoios de contato com o pavimento. O deslocamento da sapata de medição é transferido através do braço

móvel à uma escala localizada sobre uma placa na parte superior do equipamento. A relação dos comprimentos das barras que constituem o braço móvel é de 1:10, podendo ser alterada para 1:5, conforme necessidade do usuário do equipamento. A relação 1:10 é mais apropriada para medição em pavimentos novos. A relação 1:5 é normalmente utilizada em pavimentos com a superfície muito deteriorada (CUNDILL, 1996).

Na parte superior do equipamento está localizada a escala que permite ao usuário a visualização dos deslocamentos do perfil. A escala possui 50 divisões de 5 mm, sendo que a divisão central marca a irregularidade zero, coincidente com a superfície horizontal ideal, que é definida pela linha imaginária entre os dois apoios fixos de contato com o pavimento, conforme Figura 16.

Figura 16 – Escala Merlin



Fonte: Acervo próprio.

Em relação à linha imaginária ideal projetada, as marcas situadas abaixo da divisão central da escala, indicam abaulamento no perfil do pavimento, já as marcas situadas acima, indicam afundamento do perfil longitudinal.

Para a determinação do índice de irregularidade longitudinal – parâmetro IRI, são necessárias 200 medidas sucessivas da superfície. A literatura recomenda uma leitura a cada uma volta na roda, que corresponde a 2,0m. As leituras são normalmente realizadas ao longo das trilhas de rodas, com o Merlin devidamente apoiado na superfície do pavimento.

Finalizadas as 200 leituras, é realizada uma depuração estatística através do descarte de 10% das leituras, eliminando-as, metade para cada lado do histograma. Assim, determina-se a largura característica do histograma, conhecida como “A” (amplitude do diagrama de frequência ou “unidade Merlin” para irregularidade), conforme Del Aguila (1999). A partir de “A”, se obtém o parâmetro IRI usando fórmulas de correlação.

A equação para a determinação do parâmetro IRI, proposta originalmente pelo TRL (Transportation Research Laboratory), foi estabelecida a partir de simulações usando perfis topográficos de seções que foram estudadas durante a International Road Roughness Experiment – IRRE. Esse evento foi patrocinado pelo Banco Mundial, realizado aqui no Brasil no ano de 1982, onde a irregularidade foi determinada através de diferentes métodos e equipamentos.

Com esses dados, foi possível através, de simulações, criar um banco de dados ordenados, relacionando a irregularidade em “unidades Merlin (A)” *versus* a irregularidade em “unidades IRI” e através de regressão linear foi obtida a Equação 1, e Figura 17.

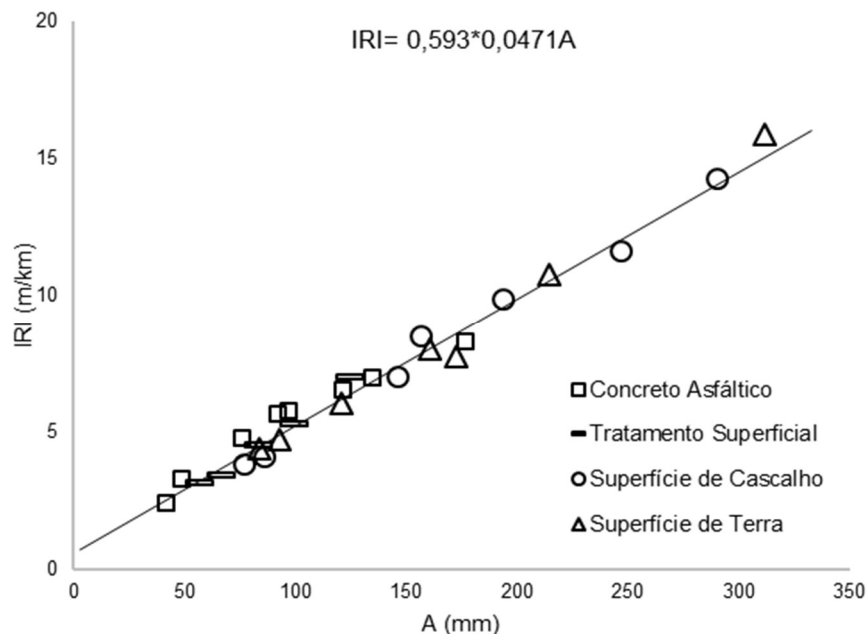
$$IRI = 0,593 + 0,0471 \cdot A \quad (1)$$

Onde:

IRI: Índice de Irregularidade Internacional (m/km);

A: Irregularidade em unidades MERLIN (mm).

Figura 17 – Correlação entre A (irregularidade Merlin) x IRI. Equação de correlação $IRI = 0,593 + 0,0471A$



Fonte: Adaptado de Cundill (1991).

Segundo Cundill (1991), a equação de correlação estabelecida originalmente pelo TRL foi baseada na análise de resultados de irregularidade para 27 seções de teste, sendo 8 das quais a superfície era de pavimento asfáltico, 5 com tratamento superficial, 7 em superfícies de cascalho e 7 em superfícies de terra, conforme apresentado na Figura 17. As irregularidades destas seções variaram entre 2,44 e 15,91 m/Km, na escala IRI. Já na escala “unidades Merlin (A)”, calculadas através de simulações, variam entre 41,5 mm e 322,4 mm. Baseado nisso, Del Aguila (1999) concluiu que:

- a) O banco de dados apresenta essencialmente uma amostra composta por pavimentos com estados avançados de degradação; e
- b) Não há dados sobre pavimentos asfálticos novos ou recém-construídos.

Por outro lado, o interesse do TRL em projetar o MERLIN não foi precisamente para o controle de qualidade de pavimentos novos. O objetivo principal seria a avaliação do parâmetro de irregularidade para o cálculo dos custos operacionais dos veículos em pavimentos fortemente deteriorados, aspecto característico do terceiro mundo (DEL AGUILA, 1999).

Com a chegada do equipamento no Peru, em 1993, por iniciativa do programa de reabilitação rodoviária financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento

(BID), verificou-se que a aplicação desta equação estava limitada a um IRI entre 2,4 e 15,9 m/km. Como o IRI de pavimentos novos cai teoricamente para o intervalo de 0 a 2,4 m/km, a equação de correlação original era inaplicável em tais casos, o que provocaria restrição sobre o uso de equipamento. Para superar tal situação, uma nova equação de correlação foi desenvolvida no Peru (DEL AGUILA, 1999).

Entre 1993 e 1998, o Merlin foi empregado para a avaliação de mais de 3.000 km de estradas no Peru, Bolívia e América Central, da qual se estabeleceu a equação de correlação, válida para um IRI na faixa de 0 a 2,4 m/km. Para tal feito, seguiu-se o mesmo procedimento utilizado pelo TRL, quando foram avaliados 56 perfis com irregularidade entre $0 < \text{IRI} < 2,4$ m/Km, ou seja, analisados perfis topográficos de pavimentos novos (Figura 18). A Equação 2 é a resultante desta nova correlação (DEL AGUILA, 1999).

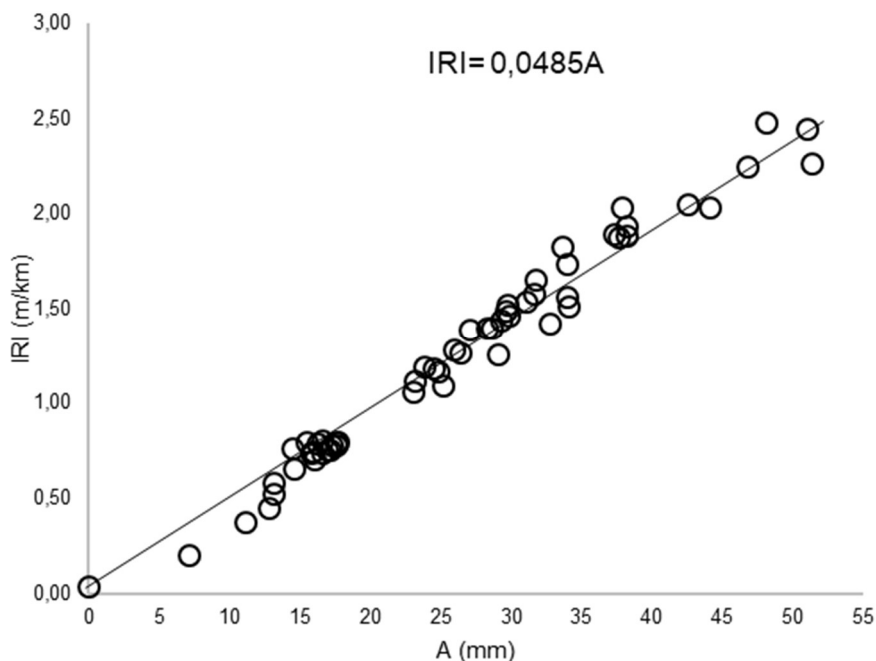
$$\text{IRI} = 0,0485 \cdot A \quad (2)$$

Onde:

IRI: Índice de Rugosidade Internacional, em (m/km)

A: Amplitude do diagrama ou rugosidade Merlin (mm)

Figura 18 – Correlação entre A (irregularidade Merlin) x IRI. Equação de correlação $\text{IRI} = 0,0485 \cdot A$



Fonte: Adaptado de Del Aguila (1999).

Logo, para a determinação do parâmetro IRI, seguindo a metodologia do equipamento, Del Aguila (1999) recomenda que sejam adotados os seguintes modelos:

Para condição $2,4 < IRI < 15,9$:

$$IRI = 0,593 + 0,0471 \cdot A \quad (1)$$

Para condição $0,0 < IRI < 2,4$:

$$IRI = 0,0485 \cdot A \quad (2)$$

Onde:

IRI: International Roughness Index (Índice de Irregularidade Internacional), cuja unidade de medida é m/km ou mm/m.

A: Amplitude característica do histograma ou rugosidade Merlin (mm).

Para a calibração do equipamento, o manual do usuário (TRL, 1996), publicado originalmente por Cundill (1996), define procedimentos básicos que são:

- a) Verificar o alinhamento horizontal e vertical do equipamento. Segundo Cundill (1996), o alinhamento do aparelho é feito com o equipamento de cabeça para baixo, onde devem ser verificados os alinhamentos laterais entre o pé de apoio traseiro, a sapata de medição e a roda dianteira. Este procedimento é realizado utilizando-se uma régua de comprimento superior a 1,80 m (um metro e oitenta centímetros), apoiada ao centro destes três elementos. A sapata de medição tem um sistema de rosca triangular com duas porcas, permitindo que seja ajustada a fim de ficar completamente alinhado com a roda e o pé de apoio traseiro, simulando uma superfície plana ideal. O alinhamento vertical correto se dá quando a sapata de medição encosta na régua e o ponteiro indicador marca a posição central da escala. Caso o alinhamento não esteja correto, ao efetuar-se uma medida, o ponteiro se moverá de forma equivocada, gerando um dado incorreto.
- b) O equipamento vem acompanhado de uma pastilha de calibração, que é constituída de um disco de metal maciço, com diâmetro de $\pm 5,00$ cm e espessura nominal de $\pm 6,0$ mm já aferida pela empresa que fabrica o equipamento. Durante o processo de fabricação do equipamento podem

ocorrer pequenos erros, que se refletem na amplificação do histograma – valor “A”. Para verificação e, se necessária, correção, deve ser realizado o seguinte procedimento: o Merlin é descansado com a sapata de medição em contato com a superfície de aferição, anotando-se o valor da medição na escala indicada pelo ponteiro (entre as marcações 25 e 26 da escala – coincide com superfície regular). Posteriormente, a sapata de medição é levantada e o disco de metal maciço de espessura conhecida, é colocado sob o patim central de medição. A nova posição indicada na escala deve ser anotada. Se o deslocamento da escala for correspondente a espessura da pastilha de calibração, não será necessária a determinação de um fator de correção da amplificação do histograma, caso contrário, deve ser determinado o F_c através da Equação 3.

$$F_c = \frac{10T}{S} \quad (3)$$

Onde:

T: Espessura do bloco de calibração (mm);

S: Espaçamento entre duas medidas de calibração.

Caso o equipamento demande um fator de correção, esse deve ser multiplicado posterior ao processamento para determinação da amplificação corrigida do histograma. Maiores detalhes para realização da calibração do equipamento devem ser consultados no manual do usuário, dado por Cundill (1996).

O Merlin é um equipamento aplicável tanto como instrumento para calibração de equipamentos mais sofisticados e mais rápidos, quanto para a medição de pequenos segmentos, embora se saiba que o mesmo já foi empregado em levantamentos de 3.000 Km (DEL AGUILA, 1999).

No presente estudo, o equipamento Merlin (Figura 19) foi empregado para determinação de irregularidade longitudinal nas camadas estruturais de um pavimento que estava em fase de implantação – segmento de 500 m.

Figura 19 – Equipamento Merlin



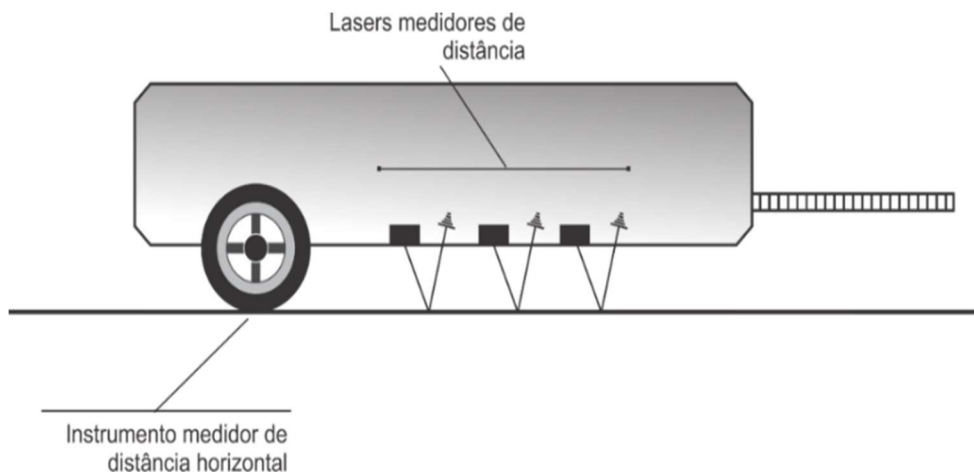
Fonte: Acervo próprio.

2.1.2.9 Perfilômetros Inerciais

Outro passo importante foi dado no ano de 1970, quando o *Transport and Road Research Laboratory of England*, desenvolveu um equipamento de medição nomeado de Perfilômetro do TRRL. Seu funcionamento é baseado em quatro sensores a laser instalados sequencialmente em um veículo, conforme apresentado na Figura 20. Quando do deslocamento sobre a superfície, continuamente, é realizada a medição da distância entre os sensores e a superfície do pavimento. Após o processamento dos dados, tem-se o perfil longitudinal dos trechos inventariados (PONTES, 2012). A vantagem desse tipo de equipamento é operar a velocidades variáveis acima do normal, mesmo naquelas correspondentes às autoestradas (HAAS et al., 1994).

Baseado no mesmo princípio de funcionamento do perfilômetro da TRRL foi desenvolvido no Brasil o perfilômetro inercial laser sem contato – o Ciberlaser, que é constituído por um sistema de medição de perfis longitudinais e transversais que tem sua primeira versão datada do ano de 2003 (BARELLA, 2008). O equipamento realiza suas medições com o auxílio de medidores de distância sem contato (laser), medidores de aceleração vertical (acelerômetros) e de um sistema preciso de medição de deslocamento/velocidade (hodômetro). O sistema é gerenciado por um equipamento microprocessado, que faz a aquisição dos dados em tempo real e os envia para serem registrados e processados posteriormente em um computador com software específico (BENEVIDES, 2006).

Figura 20 – Esquema do perfilômetro do TRRL



Fonte: Adaptado de Hass et al. (1994).

Figura 21 – 1ª Versão do perfilômetro inercial Ciberlaser



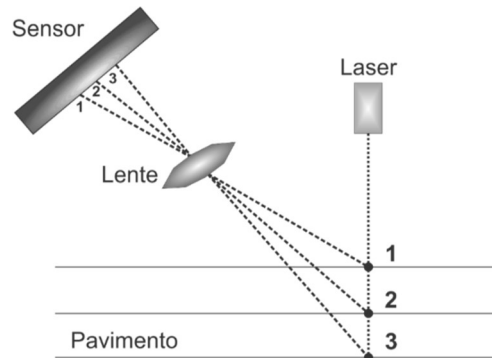
Fonte: Adaptado de Barella (2008).

O equipamento pode ser fixado em um veículo de passeio comum (tanto na parte dianteira como traseira do veículo), sem limitação máxima de velocidade de operação, ou seja, a medição pode ser realizada de acordo com a velocidade operacional da via. O manual do Ciberlaser recomenda que a velocidade durante o levantamento seja maior ou igual a 30 km/h e que seja mantida constante. A frequência de leituras é de aproximadamente 4.000 medidas por segundo.

Os módulos laser do sistema funcionam por triangulação, ou seja, um feixe laser de média potência que é apontado inclinado ao pavimento, tem sua posição

registrada por um sensor especial, para o qual o reflexo do laser no pavimento é direcionado, conforme apresentado na Figura 22 (BARELLA, 2008).

Figura 22 – Princípio de funcionamento módulo a laser



Fonte: Adaptado de Barella (2008).

Este sistema ainda conta com dois acelerômetros, responsáveis por indicar a posição vertical instantânea do veículo. Tais medidores devem estar fixados nos módulos das extremidades, alinhados com os medidores a laser. Por meio de duas integrações sucessivas dos dados de aceleração é possível obter o posicionamento instantâneo do veículo em relação à sua posição inicial. O resultado das integrações é utilizado para realizar a compensação do deslocamento vertical do veículo durante o movimento. Para se obter o perfil longitudinal basta somar ou subtrair uma medida da outra, de cada um dos módulos a laser, conforme a posição instantânea revelada pelos acelerômetros.

O hodômetro, que pode ser instalado tanto na roda dianteira como traseira, deve gerar sinais referentes ao deslocamento do veículo na velocidade de uso do equipamento, com erro de medição longitudinal menor do que 0,1%.

As medidas dos módulos a laser, acelerômetros e hodômetro são realizadas simultaneamente e gerenciadas pelo software CiberLogger, que é fornecido com o equipamento. Esse software faz a leitura dos dados em tempo real e ainda permite que sejam adicionadas, em forma de texto, observações relevantes durante o levantamento.

Para o processamento dos dados levantados, é fornecido junto com o equipamento o software CiberShell, que permite configurar algumas variáveis relevantes no processamento, bem como definir quais dados o relatório final vai contemplar.

Para calibração dos perfilômetros, não existe norma nacional. A norma mais usual e recomendada pelos fabricantes dos equipamentos é a norma pioneira ASTM E 950 – 08 (*Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Establishes Inertial Profiling Reference*). Porém, segundo Barella (2008) essa norma possui diversas inconsistências e menciona a norma AASHTO PP 49-2003 - *Standard Practice for Certification of Inertial Profiling Systems*, ou a utilização do método “*Cross Correlation*” de Bendat e Pierson (BARELLA, 2008) para tal verificação. Como o método *cross correlation* não é um procedimento normatizado, são apresentadas a seguir as verificações que a Norma AASHTO PP 49-2003 mencionava.

A norma AASHTO PP 49-18, mais recente que a ASTM E 950-08, mesmo que contenha testes similares, adiciona verificações complementares, como:

- a) Prevê que os testes devam ser feitos em pelo menos duas seções, sendo uma com baixa irregularidade e outra com média irregularidade;
- b) Os perfis para as verificações desta norma devem ter pelo menos 160 m de comprimento e suas medidas devem ser efetuadas pelo menos a cada 12 cm;
- c) Para a obtenção de perfis longitudinais, a norma PP 49, em seu item 8.3.1 menciona que perfilômetros inerciais de alta velocidade devem ser testados nas velocidades limites, informadas pelo fabricante;
- d) Para a verificação de repetitividade, devem ser usadas 10 medições de cada perfil, obtidas conforme as instruções acima (a cada 12 cm). A média dos desvios padrão ponto a ponto do perfil deve ser menor que 0,889 mm;
- e) Para o teste de exatidão essa norma prevê perfis com os mesmos comprimento e espaçamentos indicados acima. Ela expressamente permite o uso de perfilômetros como o Dipstick, desde que as medidas sejam verificadas com nível e mira. Recomenda ainda que o perfil de referência seja o perfil médio de três medições. Quanto ao perfil a ser verificado, recomenda o perfil médio de dez medições com o perfilômetro. A norma trata de sincronização de perfis para ajustar o espaçamento entre os pontos, recomendando a filtragem de ambos os perfis com os mesmos parâmetros;
- f) Para a comparação entre perfil padrão e perfil do perfilômetro, solicita que seja feita a média tanto das diferenças relativas ponto a ponto, como também das diferenças absolutas. Os limites para tais médias são: $\pm 0,508$

mm para a média das diferenças relativas e 1,525 mm para a média das diferenças absolutas;

- g) Para verificar a repetibilidade, deve ser calculado o IRI para os mesmos dez perfis medidos com o perfilômetro em cada seção, e em seguida determinado o desvio padrão. Tal desvio deve ser menor que 0,047 m/km;
- h) Para o teste de exatidão do IRI, deve ser comparada à média dos IRIs determinada a partir dos perfis de referência não filtrados com a média do IRI das 10 medições com o perfilômetro. A diferença absoluta deve ser menor que 0,095 m/km.

O perfilômetro inercial, apesar do alto custo de aquisição e manutenção, apresenta grandes vantagens em relação aos demais equipamentos de medição de irregularidade, visto que permite levantamentos de irregularidade longitudinal e transversal (ATR) simultaneamente. Além disso, o destaque está na precisão nos dados, que aliada à alta velocidade no levantamento, se torna viável no gerenciamento de grandes malhas viárias.

No presente trabalho, o perfilômetro inercial – Ciberlaser (Figura 23) foi empregado no monitoramento da irregularidade longitudinal durante implantação e restauração de pavimentos rodoviários.

Figura 23 – Perfilômetro inercial Ciberlaser



Fonte: Acervo próprio.

Retornando aos fatos históricos, mesmo com o desenvolvimento do QI na década de 1960, os resultados gerados não apresentavam exatidão se comparados às medidas originais feitas por um BPR, uma vez que cada veículo tem suas próprias

características quanto à suspensão, pneus entre outras. Diante de tal situação, o Banco Mundial propôs experimentos com o intuito de testar os medidores de irregularidade do tipo resposta da época, e também incentivar a busca de obtenção de medidas de irregularidade comparáveis. Logo, existia a necessidade de uma escala de irregularidade padrão, que permitisse a comparação das medições feitas pelos diversos equipamentos disponíveis, em qualquer parte do mundo (BARELLA, 2008).

No ano de 1982, aqui no Brasil foram realizados testes na pesquisa *International Road Roughness Experiment* – IRRE. Tal experimento teve como conclusão a identificação de uma escala padrão que nos dias de hoje é conhecido como o índice de irregularidade internacional (IRI). Segundo Gisllepíe (1992), vários fatores foram considerados na sua seleção, dentre eles: o índice deveria ser relacionado com a resposta de vibração dos veículos, como a maioria dos índices de rugosidade, direta ou indiretamente ligada ao desempenho de veículos; a escala de medição deveria de ser matematicamente relacionada com o perfil da estrada, a fim de ser estável com o tempo e; tinha de ser mensurável por um maior número possível de equipamentos (ou seja, nível e mira, perfilômetros, etc.).

O índice teve como base o modelo quarto-de-carro, porém, com uso de parâmetros de um automóvel conhecido. O modelo matemático realiza um tratamento das medições diretas do perfil para obtenção dos dados numéricos da irregularidade a partir da média retificada da inclinação (ARS, “*Average Rectified Slope*”). O modelo matemático inclui parâmetros de um veículo padrão, conhecido como *Golden Car*: massa suspensa, massa não suspensa, conjunto mola/amortecedor (suspensão) e pneu. Por questões práticas e técnicas, o cálculo é feito com a velocidade constante de 80 km/h esses parâmetros são usados no modelo, que busca simular o movimento do conjunto que forma o semi-eixo do veículo (GILLESPIE et al., 1986).

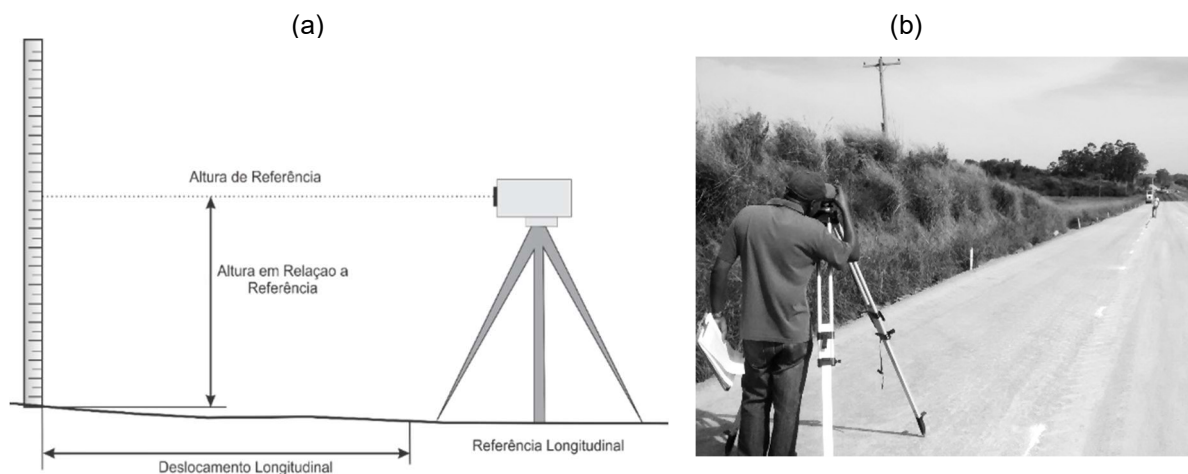
2.1.2.10 Método Nível e Mira

Outra forma de mensurar a irregularidade longitudinal, é com equipamentos que medem o perfil direto da rodovia, tal como o nivelamento topográfico, com a utilização do nível e mira. Esse é um dos métodos mais difundidos internacionalmente (BARELLA, 2008). Por ser considerado um método demorado e trabalhoso, normalmente é empregado para calibração de outros equipamentos de maior

produtividade, principalmente medidores do tipo resposta. Ocasionalmente, são usados em levantamentos curtos, como de uma pista aeroportuária (BARELLA, 2008).

O método nível e mira é baseado em 3 elementos: ponto de referência, altura em relação ao ponto de referência e deslocamento longitudinal, conforme apresentado no esquema da Figura 24. Sua determinação é feita a partir de levantamentos (transversais ou longitudinais) do desnivelamento da superfície analisada. O método é bastante simples e de fácil aplicação. Apresenta demorado processo de medição em comparação aos demais métodos e comporta-se de forma imprecisa na medida em que os valores de irregularidade tornam-se menores (BARELLA 2008). No Brasil, esse método é normatizado pelas DNER - ES 173/86.

Figura 24 – (a) Desenho esquemático de um nível e mira. (b) levantamento com nível e mira



Fonte: (a) Adaptado de Sayers e Karamihas (1998)

Para a realização do levantamento, são necessárias, no mínimo, duas pessoas equipadas de um nível ótico com luneta de focalização (precisão de 1,5 mm/Km), uma mira para o nivelamento graduada em divisões de, pelo menos, 0,5 cm, uma trena de 50 m graduada em centímetros e uma prancheta para anotações (DNER - ES 173/86).

Após o levantamento dos dados é realizado o processamento dos mesmos, conforme metodologia apresentada na norma (DNER - ES 173/86). O quociente de irregularidade (QI) do segmento analisado, consiste na média aritmética dos QI dos alinhamentos internos e externos, que é dado pela Equação 4.

$$QI = -8,54 + 6,17VA_{1,0} + 19,38VA_{2,5} \quad (4)$$

Onde:

$VA_{1,0}$ é a aceleração vertical da média quadrática para base de 1,0m de comprimento

$VA_{2,5}$ é a aceleração da média quadrática para base de 2,5m de comprimento, obtidos a partir da Equação 5.

$$VA_b = \sqrt{\left[\sum_{i=k+1}^{N-k} \frac{(Sb_i)^2}{N - 2k} \right]} \quad (5)$$

Sendo:

$$Sb_i = \frac{Y_{i+k} - 2Y_i + Y_{i-k}}{(kS)^2} \quad (6)$$

Onde:

$$k = \frac{b}{S} \quad (7)$$

Onde:

N = Número de cotas levantadas;

b = Comprimento de base (m);

S = Distância entre duas cotas consecutivas (m);

K = Número inteiro arbitrário tal que $b = k.S$;

Y_i = Cota em um ponto qualquer.

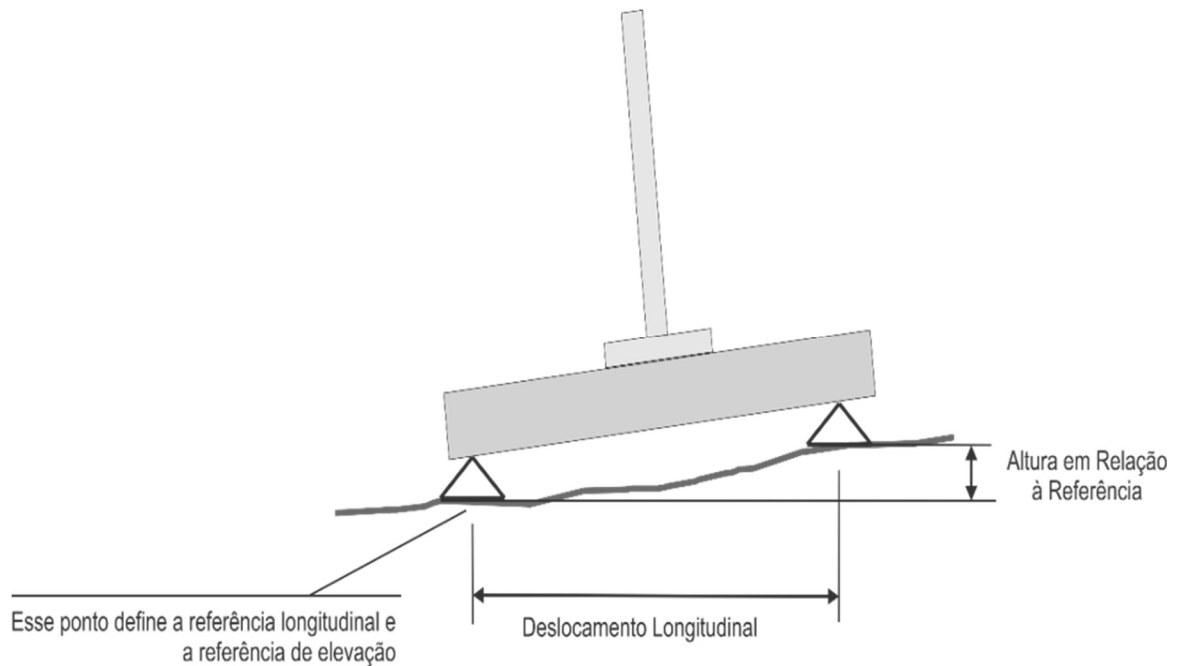
Neste estudo, o Método Nível e Mira foi avaliado e seus dados correlacionados com os dados obtidos com o equipamento Merlin e o perfilômetro inercial.

2.1.2.11 DipStick

Outro equipamento que realiza a medição de forma direta é o perfilômetro portátil Dipstick. É um pequeno instrumento, constituído por uma caixa metálica de aproximadamente 30 centímetros de comprimento, apoiada sobre o pavimento nas extremidades por dois apoios circulares conforme esquema da Figura 25. Para efetuar as medições, o equipamento é girado 180 graus através do eixo central, de maneira a sempre mantê-lo sobre a linha que se deseja medir o perfil. A cada giro do DipStick

é aguardado alguns segundos até que o equipamento registre a sua inclinação, que é obtida através de um sensor eletrônico (SAYERS; KARAMAHAS, 1998).

Figura 25 – Esquema simplificado do DipStick



Fonte: Adaptado de Sayers e Karamihas (1998).

Os levantamentos realizados com o DipStick podem ser mais precisos do que as realizadas com nível e mira, dependendo da precisão do sensor de inclinação, que pode gerar medidas de altura com precisão da ordem de décimos de milímetro, enquanto que os níveis e mira mais comuns têm menor divisão em torno de 1mm. A agilidade em relação às medidas com nível e mira também é um pouco maior, além do que, neste caso, somente uma pessoa é capaz de fazer a medição (BARELLA, 2008).

O Dipstick é usado normalmente em pavimentos industriais, em pavimentos de concreto de pequenas extensões e eventualmente para medir uma base de calibração para os medidores do tipo resposta.

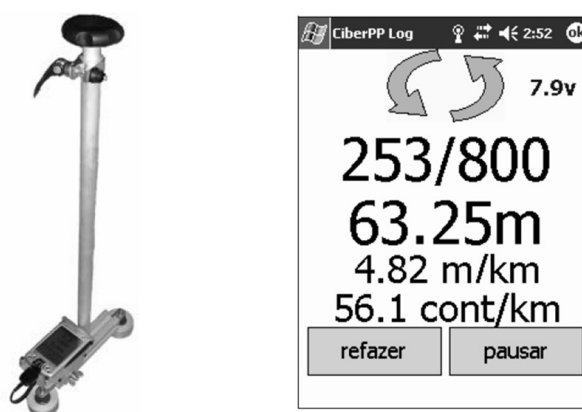
Os pontos fortes do Dipstick quando usado no setor rodoviário são: a exatidão de suas medidas, o tamanho reduzido e a necessidade de apenas um operador. O seu limitante é apenas a produtividade que, embora alta em relação ao nível e mira, é baixa em relação aos equipamentos automáticos ou instalados em veículos, desse modo, inviabilizando levantamentos de maior extensão (BARELLA, 2008).

No Brasil a empresa Cibermétrica desenvolveu um perfilômetro manual tipo Dipsick, que recebe o nome de Ciber PP (Perfilômetro Portátil). A principal diferença do equipamento brasileiro para o equipamento importado está na distância entre os pés de apoio, que no caso do equipamento Dipstick é de 30,48 cm e no caso do Ciber PP é de 25 cm, para que se possibilite trabalhar com um divisor de metro (BARELLA, 2008).

O princípio de funcionamento do equipamento Ciber PP é o mesmo do equipamento original – Dipstick. O equipamento permite a gravação do perfil longitudinal para posterior transferência ao microcomputador para análise, além de calcular simultaneamente os índices IRI (m/km) e QI (cont/km). A Figura 26 demonstra a estrutura do equipamento e sua tela operacional, que contém as seguintes informações: número de medidas já executadas, em relação ao número de medidas programadas, a distância percorrida (m), o valor do IRI (m/km) e o valor do QI (cont/km).

Segundo Echeverria (2011), no mercado existem inúmeros tipos de medidores de irregularidade que se diferenciam no porte, na velocidade de obtenção dos dados, na precisão e mão de obra envolvida, as escalas de medição (IRI e QI) além dos custos de aquisição e manutenção.

Figura 26 – Equipamento Ciber PP e sua tela operacional



Fonte: Barella (2008, p. 361).

Segundo Lerch (2002), os equipamentos de medição de irregularidade devem ser capazes de realizar uma grande quantidade de medidas em um curto espaço de tempo, ser robustos e medir toda gama de variações de comprimento de onda.

2.1.2.12 Avaliações subjetivas

Para casos onde não há possibilidade nem disponibilidade de equipamentos para mensurar a irregularidade, Sayers et al. (1986) apresentou um método para estimar o parâmetro IRI a partir de avaliações subjetivas. Este tipo de abordagem é aceito quando não se tem medidas de irregularidades feitas pelos equipamentos. A Tabela 2 apresenta uma adaptação feita por Balbo (1997) de uma série de descrições para níveis selecionados na escala da irregularidade, aplicados às superfícies de concreto asfáltico e de tratamento superficial.

Na Tabela 2, subentende-se que IRI entre 0 a 4 m/km proporciona um rolamento confortável para uma velocidade de até 120 km/h, no entanto, sabe-se que na prática um pavimento com IRI >2,7 m/km o rolamento já é afetado pelas irregularidades. No ano de 1986, data da publicação original, os padrões para irregularidade longitudinal eram mais tolerantes.

Tabela 2 – Escala estimada para a irregularidade. Associação de escala com o que ela representa

IRI (m/Km)	CORRELAÇÃO DO IRI COM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
10 – 12	Velocidade necessariamente inferior a 50 Km/h. Excessivas e profundas depressões, panelas e desagregação severa (40-80mm de profundidade com frequência 8 a 16 a cada 50m)
8 – 10	Rolamento confortável até 50-60 km/h, movimentos e oscilações bruscas. Associado com graves defeitos: frequentes depressões e remendos profundos e diferenciados (20-40 mm/3 m ou 40-80 mm/5 m com frequência de 3 a 5 a cada 50 m), ou frequentes panelas (4 a 6 a cada 50 m).
6 – 8	Rolamento confortável até 70-90 km/h, movimentos e oscilações bastante perceptíveis. Normalmente defeitos se associam: frequentes depressões ou remendos diferenciados (15-20mm/3m ou 20-40mm/5m com frequência de 3 a 5 a cada 50 m), ou ainda eventuais panelas (1 a 3 a cada 50 m). Ondulações e corrugações fortes.
4 – 6	Rolamento confortável até 100-120 km/h. A 80 km/h podem ser percebidos deslocamentos moderados ou grandes ondulações. Depressões, remendos e panelas (para índices de 5-15 mm/3m ou 10-20 mm/5m com frequência não superior a duas panelas em 50 m) eventuais, ou pequenas panelas superficiais. Corrugações moderadas ou ondulações grandes.
0 – 4	Rolamento confortável a mais de 120 km/h. Ondulações sentidas a apenas 80 km/h para a faixa de 1,3 a 1,8. Pavimento sem depressões, panelas e corrugações (depressões em taxa inferior a 2 mm/3 m). Revestimentos asfálticos de elevada qualidade na faixa de 1,4 a 2,3.

Fonte: Adaptado de Balbo (1997).

De maneira geral, neste item foram abordados, os principais fatos e avanços históricos no sentido de mensurar e avaliar a irregularidade longitudinal dos pavimentos. Com o passar dos anos e a percepção da importância de quantificar a irregularidade, alguns equipamentos foram desenvolvidos e outros aperfeiçoados, desde equipamentos simples até outros mais complexos. Logo, a escolha do equipamento remete então, à disponibilidade financeira, às distâncias a serem medidas, além da precisão e desempenho exigido.

2.1.3 Principais impactos econômicos da irregularidade longitudinal do pavimento

Os pavimentos podem apresentar uma série variada de defeitos, causados por diversas razões que, por sua vez, afetam a serventia, características funcionais e estruturais dos pavimentos, gerando desconforto e interferindo na segurança de tráfego dos usuários (SHRP, 1993). O clima, a solicitação do tráfego, as características dos materiais e os processos construtivos, são alguns dos fatores que podem atuar de forma isolada ou simultânea e causar esses defeitos.

A irregularidade longitudinal é caracterizada como um defeito de classe funcional e está associado à qualidade de rolamento e à segurança do pavimento.

Haas et al., (1994), citam que a harmoniosa dinâmica dos veículos é afetada pelas variadas distorções da superfície, causando desgaste acelerado do veículo e do pavimento, acréscimos no tempo de viagem, além do acréscimo nos custos de combustível e manutenção. Os movimentos e esforços indesejáveis gerados sobre os veículos, como consequência da irregularidade longitudinal, levam também a uma condição de rolamento desconfortável, insegura e antieconômica.

Além de afetar o conforto e a segurança dos ocupantes dos veículos, a irregularidade longitudinal compromete a vida útil do pavimento, uma vez que o efeito dinâmico causado pelos veículos que trafegam sobre a via cresce em valores de irregularidade maiores, acelerando a deterioração da estrutura (BISCONSINI et al., 2015). Esse processo se reflete em custos para as concessionárias e órgãos públicos que administram as rodovias, devido às técnicas de manutenção e reabilitação que precisam ser aplicadas aos pavimentos, de modo a manter a irregularidade longitudinal em níveis aceitáveis de acordo com a classe da via (SAYERS;

KARAMIHAS, 1998). Para a manutenção da irregularidade em níveis aceitáveis, é necessária uma atividade continuada de intervenções

Diante destes fatores que sofrem influência da ação degradante da irregularidade longitudinal, faz-se necessário o levantamento de tal parâmetro no intuito de avaliar as condições superficiais de rolagem do pavimento e indicar medidas na fase de projeto, fiscalização, concepção e posteriormente, na manutenção da rodovia.

Segundo Pinto e Preussler (2002) e Barella (2008), os valores oriundos das medições de irregularidade longitudinal podem ser aplicados como forma de: visualizar, de forma sucinta, a condição da superfície de rolamento; auxiliar na seleção do tipo de intervenção que pode ser empregada para determinada correção de irregularidade; obter, indiretamente, a opinião dos usuários a respeito das condições de rolamento daquele pavimento – estimativa de serventia; servir de parâmetro contratual em concessões de rodovias, obras de construção e de restauração de pavimentos; fiscalizar o cumprimento de um contrato e permitir a aplicação de multas ou bônus, conforme estabelecido entre as partes; subsidiar o cálculo de custos de operação de veículos; ter indícios da condição da drenagem superficial; atualizar e realimentar modelos de previsão de desempenho dos pavimentos; auxiliar na priorização de segmentos a serem alvos de intervenções em face de restrições orçamentárias; e permitir o cálculo de índices específicos que relacionam as características do perfil longitudinal do pavimento com o conforto sentido por ocupantes de caminhões, o custo operacional de caminhões e também com as cargas dinâmicas aplicadas pelo tráfego de caminhões nos pavimentos.

Em síntese, a necessidade do levantamento de dados de irregularidade longitudinal vai ao encontro das demandas de monitoramento da condição superficial para ações gerenciais, avaliação qualitativa das execuções e restaurações dos pavimentos. Pode-se observar ainda, que independente dos objetivos de mensurar o parâmetro de irregularidade, todos remetem de alguma forma ao fator econômico, seja esse incidente diretamente sobre os usuários ou aos gestores públicos e privados da via.

Segundo Barella (2008) as correlações entre a irregularidade do pavimento e o custo operacional dos veículos são mais antigas que as correlações entre a irregularidade e a vida útil do pavimento.

A manutenção dos valores de irregularidade longitudinal dentro de limites aceitáveis pelos usuários está diretamente relacionada com o aumento da economia em termos de custos operacionais, obedecendo a relação direta entre aumento de irregularidade com aumento de custo.

Além dos custos diretos como a manutenção da infraestrutura, pode-se elencar também os custos indiretos, relacionados à diminuição da competitividade do país e elevação dos desperdícios gerados com o aumento desnecessário do custo operacional dos veículos, tais como: suspensão, pneus, manutenção geral, consumo de combustível, velocidade de deslocamento e acidentes decorrentes e influenciados pela qualidade do pavimento (BARELLA, 2008).

Ainda na pesquisa de Barella (2008), um fator contributivo do aumento do custo de manutenção da infraestrutura e dos veículos, é ação das cargas dinâmicas. Uma explicação simples para este efeito é que ao se deslocar sobre uma superfície plana e livre de irregularidades um determinado veículo de carga causa um certo dano sobre a estrutura do pavimento, proporcional à carga aplicada por cada um dos seus pneus. Se esta via possuir irregularidades, o dano causado pela carga será maior na medida em que a suspensão do veículo passa a trabalhar e conseqüentemente aplica sobre alguns segmentos do pavimento uma carga superior àquela anterior, causando um desgaste maior da estrutura do pavimento e com isso diminuindo sua vida útil, conforme afirma Saleh et al. (2000).

Watanatada et al., (1987), apresentam um estudo brasileiro com dados de custos operacionais relacionados à irregularidade. Para o modelo em questão, foi utilizado como referência um caminhão grande com meia-carga, onde foram avaliados os seguintes fatores:

- a) Em relação à velocidade média desenvolvida pelo veículo em um trecho pavimentado em nível e tangente, o modelo prevê uma redução devido à irregularidade de 70 km/h para 50 km/h, para um aumento da irregularidade (QI) de 25 cont/km para 125 cont/km;
- b) O aumento no consumo de pneus para a mesma variação de irregularidade chega próximo a 15%;
- c) O aumento no consumo de combustível para trechos em nível e em tangente não é muito significativo, porém, para trechos em curva, o valor atinge a faixa em torno de 5%;

- d) O aumento no custo de peças usadas na manutenção para a mesma variação de irregularidade é de 150%. O percentual de aumento no tempo de mão de obra necessário à manutenção do veículo também aumenta aproximadamente no mesmo percentual. A depreciação do veículo aumenta em 22%, para as mesmas condições.

Ainda sobre o aumento dos custos operacionais, Paterson (1987) estima um aumento aproximado de 2 a 4% no custo operacional de veículos para cada unidade de IRI acrescentada. O custo operacional, segundo ele, sofre um aumento de aproximadamente 15% entre um pavimento muito bom e um pavimento em situação muito ruim em termos de irregularidade superficial.

Com relação aos acidentes, embora não se tenha uma análise em termos de custos, existem trabalhos como Bester (2003) que indicam que as condições de rolamento de um pavimento podem causar um aumento da ordem de 70% no índice de acidentes rodoviários. Também um estudo divulgado no ano de 2008 pela *Southeastern Transportation Center University of Tennessee*, em Tennessee no relatório *“Effects of Asphalt Pavement Conditions on Traffic Accidents in Tennessee Utilizing Pavement Management System (PMS)”* apresenta algumas relações entre a quantidade de acidentes e as condições de irregularidade. O estudo foi fundamentado nas estatísticas de acidentes em uma extensão de 176 km, onde as conclusões foram de que quando se incrementa o IRI de 1,56 m/km para um nível de 1,61 a 3,20 m/km a frequência de acidentes se incrementa em 1,65 vezes.

Uma importante ferramenta de gestão da malha rodoviária, é o HDM-4 (*Highway Development and Management Toll*), desenvolvido pelo Banco Mundial que possibilita o cálculo da progressão da irregularidade anualmente e realiza avaliações econômicas que relacionam irregularidade longitudinal com os custos operacionais dos usuários da rodovia.

Os dados indicam que além da irregularidade afetar financeiramente as agências de transportes, os efeitos incidem sensivelmente também nos custos dos usuários, dados em termos de custos operacionais dos veículos (peças e combustível).

2.1.4 Escalas de medição da irregularidade longitudinal

A irregularidade pode ser medida em diversas escalas, dependendo do tipo de equipamento empregado na avaliação das condições da superfície do pavimento. Com o intuito de padronizar as medidas, na década de 1980 o IRI– *International Roughness Index* - foi concebido como a escala de referência internacional, transferível para todos os sistemas de medição. A definição do IRI como escala padrão foi resultado de um estudo realizado no Brasil, financiado pelo Banco Mundial no ano de 1982 (PICR). Um dos motivos pelo qual o IRI foi adotado como uma medida padrão é de que o índice apresentou altas correlações com os demais índices analisados durante o experimento, sendo as escalas analisadas: IRI, QI, BI, PSI, entre outros (NAKAHARA, 2005).

O IRI se resume em um sistema de controle de planicidade em pavimentos rodoviários de concreto ou asfalto, através de medições dos desvios da superfície da rodovia, em relação a um plano ideal de referência. Reproduz matematicamente o perfil longitudinal de uma estrada, principalmente sobre a trilha de roda, onde a irregularidade do pavimento reflete na vibração transferida para o veículo.

O IRI descreve a média retificada da declividade (em valores absolutos), sendo calculado por meio da integração das diferenças das velocidades entre a massa amortecida e a massa não amortecida.

Para o cálculo do índice de irregularidade longitudinal (IRI), Sayers et al., (1986) apresentam um método que usa matriz de transição de estado. Seguindo a metodologia de Sayers et al. (1986), são utilizadas quatro variáveis em função do perfil longitudinal medido que são resolvidas para cada ponto de perfil, exceto para o primeiro ponto.

A inclinação dos primeiros 11 metros é utilizada para iniciar as variáveis dos valores seguintes (BARELLA, 2008). A metodologia de cálculo apresentada a seguir é apresentada também por Barella (2008, pg. 94 a 96).

$$Z1' = Z3' = \frac{Y_a - Y_1}{11} \quad (8)$$

$$Z2' = Z4' = 0 \quad (9)$$

$$a = \frac{11}{dx} + 1 \quad (10)$$

Onde:

Ya = elevação do ponto "a" do perfil (mm)

Y1 = elevação do primeiro ponto do perfil (mm)

dx = intervalo entre os pontos do perfil (m)

As próximas Equações a resolver são a 11, 12, 13, 14, 15 e 16 que são calculadas a partir do 2º ponto do perfil.

$$Z1 = S_{11} * Z1' + S_{12} * Z2' + S_{13} * Z3' + S_{14} * Z4' + P1 * Y' \quad (11)$$

$$Z2 = S_{21} * Z1' + S_{22} * Z2' + S_{23} * Z3' + S_{24} * Z4' + P2 * Y' \quad (12)$$

$$Z3 = S_{31} * Z1' + S_{32} * Z2' + S_{33} * Z3' + S_{34} * Z4' + P3 * Y' \quad (13)$$

$$Z4 = S_{41} * Z1' + S_{42} * Z2' + S_{43} * Z3' + S_{44} * Z4' + P4 * Y' \quad (14)$$

Onde:

$$Y' = \frac{(Y_i - Y_{i-1})}{dx} \quad (15)$$

$$Z_j' = Z_j \text{ da posição anterior } j = 1 \text{ a } 4 \quad (16)$$

As variáveis S_{ij} e P_j , são os coeficientes pré-determinados que são apresentados por Sayers et al. (1986) em formato de matriz e em função de dx. Por exemplo, para dx = 0,5 m foi considerada as matrizes $S_{0,50}$ e $P_{0,50}$.

	0,988173	2,13E-02	2,52E-02	9,92E-04
$S_{0,50} =$	-0,92852	0,900162	-3,39137	6,28E-02
	6,39E-02	6,62E-03	0,240289	9,86E-03
	3,743294	0,418678	-46,6788	-0,11453
	3,70E-02			
$P_{0,50} =$	4,319885			
	0,695847			
	42,93555			

Já pra dx = 0,25 m as matrizes $S_{0,25}$ e $P_{0,25}$ são as seguintes:

$S_{0,25} =$	0,996607	1,09E-02	-2,08E-03	3,19E-04
	-0,5563	0,943877	-0,83247	5,06E-02
	2,15E-02	2,13E-03	0,750871	8,22E-03
	3,335013	0,337647	-39,1276	0,434756
$P_{0,25} =$	5,48E-03			
	1,388776			
	0,227597			
	35,79262			

É calculada também a inclinação retificada para cada ponto do perfil através da equação 17.

$$RS_i = |Z_3 - Z_1| \quad (17)$$

O IRI é dado então pela equação 18, que consiste na média da extensão da variável RS_i .

$$IRI = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n RS_i \quad (18)$$

Difundido e adotado por diversos países, a utilização do IRI tornou-se responsável pela elevação dos padrões de segurança e de conforto ao rolamento das rodovias e a consequente redução de custos associados aos tempos de viagem e de operação dos veículos, entre outros (NAKAHARA, 2005).

No entanto, apesar do parâmetro internacional IRI ter sido estabelecido em um estudo realizado no Brasil nos anos 80, a escala padrão adotada e recomendada pelas normas nacionais é o Quociente de Irregularidade ou Índice de Quarto de Carro – QI.

O IRI pode ser correlacionado com o QI a partir de diferentes modelos desenvolvidos. No Brasil as correlações mais usadas para a conversão do IRI em QI e vice e versa, são as dadas por Paterson (1986 e 1987). Os modelos são apresentados nas Equações 19 e 20.

$$IRI = \frac{QI + 10}{14} \quad (19)$$

$$IRI = \frac{QI}{13} \quad (20)$$

Barella (2008), realizou uma verificação dos modelos propostos por Paterson (1986 e 1987), e apresentou um novo modelo de correlação, apresentado na Equação 21. Já Bueno (2019), chegou a outra correlação, dada pela Equação 22.

$$IRI = \frac{QI + 10}{15,42} \quad (21)$$

$$IRI = \frac{QI}{9,215} \quad (22)$$

Salienta-se que estas correlações devem ser empregadas com ressalvas, pois os índices são calculados por conceitos distintos. Barella (2008) recomenda que estes modelos sejam usados apenas em casos onde realmente não há possibilidade de se calcular o índice da forma adequada, a partir de um perfil longitudinal, isto é, principalmente para dados mais antigos.

2.1.5 Valores de referência para o parâmetro irregularidade longitudinal

Segundo Echeverria (2011), os valores de irregularidade longitudinal indicam numericamente a condição do pavimento com o conforto ao rolamento, de modo que, o IRI e o conforto ao rolamento são inversamente proporcionais. Quanto menor o índice IRI, maior é o conforto percebido pelo usuário.

A condição da rodovia em função da irregularidade no Brasil, em termos de rodovias federais, é apresentada na Tabela 3. No que se refere às rodovias pavimentadas, os valores de IRI variam desde 1,0 m/km, para pavimentos excelentes e valores superiores a 4,6 m/km para pavimentos em condições péssimas. Já para rodovias não pavimentadas têm-se valores compreendidos entre 3,0 m/km, para condições muito boas, até valores acima de 15,0 m/km em condições ruins.

O parâmetro IRI, se trata de um critério internacional, sendo assim, possível correlacionar e compreendê-lo em todos os países do mundo. No entanto, cada país estabelece o seu limite de aceitabilidade, considerando suas condições particulares. Assim, cada país apresenta uma tolerância em relação ao limite de aceitabilidade da irregularidade para diferentes classes de rodovias e também para decisão de intervenções reparadoras em rodovias recém-construídas ou restauradas (FARIAS e SOUSA, 2002).

Tabela 3 – Classificação de rodovias pavimentadas em função da irregularidade longitudinal

CONDIÇÃO	IRI (m/km)	QI (cont/km)
Excelente	1 a ≤ 1,9	13 a ≤ 25
Bom	>1,9 e ≤ 2,7	>25 e ≤ 35
Regular	>2,7 e ≤ 3,5	>35 e ≤ 45
Ruim	>3,5 e ≤ 4,6	>45 e ≤ 60
Péssimo	> 4,6	> 60

Fonte: Adaptado de DNIT (2006).

Na Tabela 4 são apresentadas as faixas de classificação dos pavimentos quanto à irregularidade longitudinal, em IRI, em função da qualidade do rolamento, para diversos países (adaptado de FARIAS e SOUZA, 2002).

Tabela 4 – Variação da classificação das condições de rodovias, segundo os valores de IRI em alguns países

País	Classificação e escala						Fonte
EUA	Funcional	Muito bom	Bom	Regular	Ruim		AASHTO (1999)
	IRI	0–0,95	0,95–1,5	1,5–2,7	>2,7		
Brasil	Funcional	Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Pinto e Preussler (2001) / DNIT (2006)
	IRI	1≤1,9	>1,9≤2,7	>2,7≤3,5	>3,5≤4,6	>4,6	
Espanha	Funcional	Excelente	Aceitável	Regular	Não aceitável		Rios (1997)
	IRI	0–1,5	1,5–2,5	2,5–4	>4		
Chile	Funcional	-	Bom	Regular	Ruim		Patiño e Anguas (1998)
	IRI	-	0–3	3–4	>4		
Uruguai	Funcional	Muito bom	Bom	Regular	Ruim		Patiño e Anguas (1998)
	IRI	0–3,2	3,2–3,9	4–4,6	>4,6		

Fonte: Adaptado de Farias e Souza (2002).

As normas brasileiras correspondentes ao parâmetro irregularidade longitudinal dos pavimentos são desenvolvidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT, antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem DNER). Em termos de normas que abordam o tema e padronizam procedimentos para mensurar e calibrar os sistemas de medição de irregularidade, tem-se as seguintes:

- a) DNER-ES-173/86: Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo-resposta. Esta norma tem por objetivo definir procedimentos para a execução de nivelamento detalhado de rodovias, visando obter a irregularidade da superfície para calibração de sistemas medidores do tipo resposta.
- b) DNER-PRO-164/85: Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade, sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter (tipo resposta). Esta norma estabelece as condições para a calibração dos equipamentos medidores tipo resposta de irregularidade dos pavimentos.
- c) DNER-PRO-182/94: Medição da irregularidade de superfície de rodovias com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter (tipo resposta). Esta norma fixa as condições exigíveis na realização de medições de irregularidade de rodovias com medidores tipo resposta.
- d) DNER-PRO-229/94: Manutenção de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento. Integrador IPR/USP e Maysmeter (tipo resposta).

A partir do levantamento realizado das normas nacionais ligadas à irregularidade longitudinal dos pavimentos, constatou-se que: as normas padronizam apenas procedimentos com equipamentos do tipo resposta com preferência pelos sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter. São normas antigas, das décadas de 80 e 90, sendo que muitos avanços ocorreram no sentido de mensurar e avaliar tal parâmetro.

Com relação às condições da superfície do pavimento, as normas com especificações de serviços apenas remetem ao valor máximo de 2,7m/km ou 35 cont./km para aceitação. O parâmetro irregularidade longitudinal é abordado de forma breve e superficial na norma DNIT-031/2006 – ES Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico e a norma DNIT 049/2013 – ES Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes.

Tanto a DNIT-031/2006 como a DNIT 049/2013 – ES estabelecem que o acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Ainda, apenas indicam que para a aceitação do serviço, o Quociente de Irregularidade – QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ($IRI \leq 2,7m/Km$).

Já a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que fiscaliza rodovias que se encontram sob concessão privada, determina em sua maioria dos editais de concessão, que se após o período inicial de recuperação da rodovia (aproximadamente 5 anos) o pavimento vier a apresentar o parâmetro IRI superior a 2,7 m/km, é necessário que seja realizada uma intervenção no segmento, caso contrário a empresa responsável pela concessão será multada. Na Tabela 5 por exemplo, são apresentados os valores estipulados no edital da concessão da BR-101/RJ: trecho Acesso à Ponte Presidente Costa e Silva (Niterói) – Entr. RJ-071 (Linha Vermelha) (Ponte Rio-Niterói) de 2015.

Tabela 5 – Limites estabelecidos de IRI pela ANTT para rodovia BR-101/RJ

FASE	Quando	Limites de IRI	Observações
Inicial	Fim do 1º ano	IRI ≤ 4,0m/km	Para segmentos com IRI > 4,0m/km, intervenção imediata.
Recuperação	Fim do 2º ano	35% da rodovia com IRI ≤ 2,7m/km	No mínimo 35%
	Fim do 3º ano	60% da rodovia com IRI ≤ 2,7m/km	No mínimo 60%
	Fim do 4º ano	80% da rodovia com IRI ≤ 2,7m/km	No mínimo 80%
	Fim do 5º ano	100% da rodovia com IRI ≤ 2,7m/km	100%
Manutenção/ Conservação	Até o fim da concessão	100% da rodovia com IRI ≤ 2,7m/km	Monitoramento realizado anualmente. Caso do não atendimento, estipulado prazo para atendimento e adequação de acordo com limite estabelecido. Caso do não cumprimento, aplicação de multa.

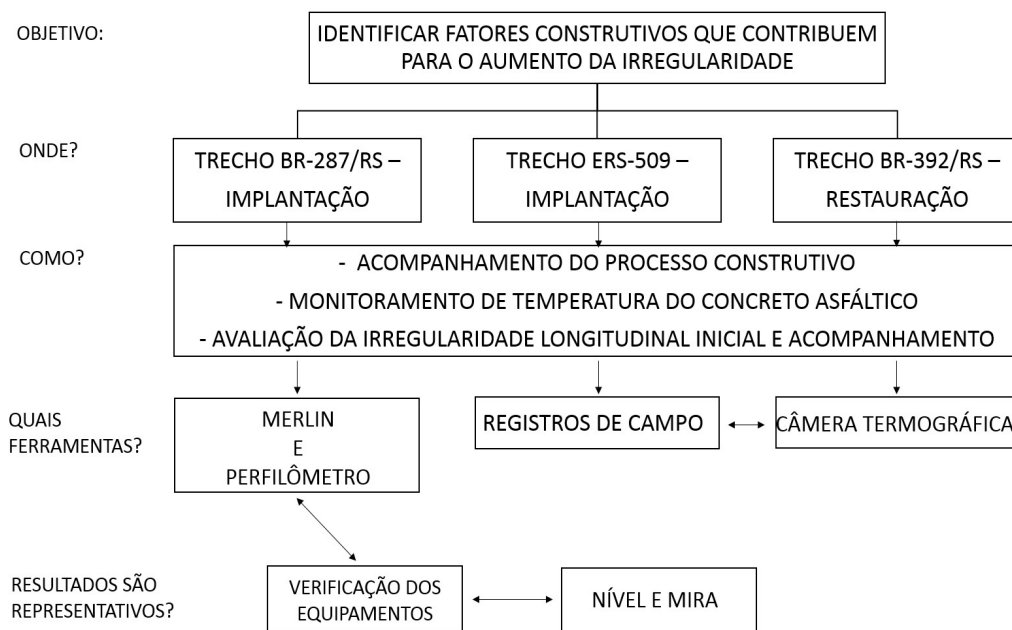
Fonte: Adaptado de ANTT (2015).

Analisando os valores determinados pela ANTT e os valores aceitáveis pelo DNIT, conclui-se que para rodovias federais os valores aceitáveis são os limites para que ocorra uma intervenção em rodovias sob concessão, tal fato indica a necessidade do DNIT rever os parâmetros de aceitação de serviço de pavimentação quanto à irregularidade longitudinal.

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar fatores construtivos que contribuem para o aumento da irregularidade longitudinal dos pavimentos, foram acompanhadas execuções tanto de implantação de pista, quanto de restauração de pista existente. Nos trechos de implantação (BR-287/RS e ERS-509), o monitoramento da irregularidade longitudinal foi realizado nas camadas estruturais. Já no trecho restaurado (BR-392/RS), o acompanhamento da irregularidade longitudinal foi realizado antes e após a intervenção. No esquema da Figura 27 é apresentada a metodologia adotada para atendimento do objetivo proposto.

Figura 27 - Esquema de apresentação da metodologia



Fonte: Acervo próprio.

3.1 DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste item estão apresentadas as características dos trechos onde foram realizados os monitoramentos de implantação de pista (Trecho BR-287/RS e Trecho ERS-509/RS) e também do trecho de restauração (Trecho BR-392/RS). A delimitação contempla: localização; dados de projeto; dados de tráfego e caracterização dos materiais constituintes da estrutura.

3.1.1 Trecho BR-287/RS - Implantação

A cidade de Santa Maria é contornada pela importante rodovia BR-287/RS, que é um dos principais eixos rodoviários, visto que gera integração do município de Santa Maria – RS com as mais importantes regiões do estado, sendo também a principal forma de ligação com a capital do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Em termos municipais, a BR-287 contorna o perímetro urbano de Santa Maria apresentando grandes aglomerações imobiliárias no seu entorno e intenso movimento de veículos, pedestres e ciclistas.

Diante da problemática de infraestrutura aliada à importância que a BR-287/RS representa para o município, em setembro de 2013, foi dada, pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, a ordem de início das obras de duplicação e restauração da rodovia no contorno do perímetro urbano de Santa Maria.

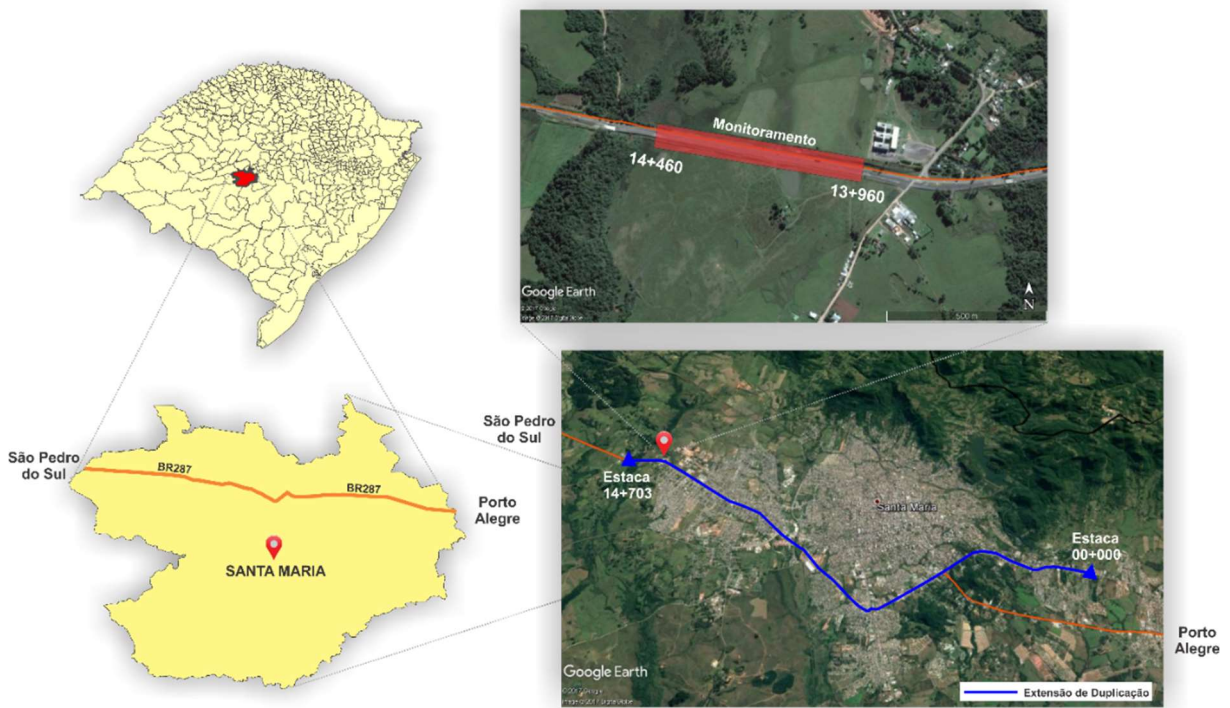
Nesta obra, a presente pesquisa avaliou o parâmetro de irregularidade longitudinal nas diferentes camadas estruturais do pavimento e investigou os fatores que afetam o seu desempenho durante a fase de implantação.

A escolha das extensões físicas que foram analisadas, baseou-se no critério de características geométricas similares, bem como limitação dos fatores que pudessem influenciar nos dados de irregularidade. Para atendimento dessa premissa, estabeleceram-se alguns subcritérios:

- a) Segmentos deveriam se encontrar em tangente;
- b) Não apresentar aclives ou declives acentuados, $\leq |2\%|$;
- c) Camadas estruturais constituintes do pavimento idênticas;
- d) Processo construtivo semelhante das camadas; e
- e) Após abertura ao trânsito, estar exposta às mesmas condições de tráfego.

Com base nos critérios e subcritérios definidos, uma análise minuciosa no projeto geométrico da rodovia foi realizada e constatou-se que o segmento que melhor atenderia às exigências pré-estabelecidas seria um trecho contínuo, localizado entre os Km 254 e 253 da rodovia. Na Figura 28, é apresentada a localização do empreendimento Travessia Urbana de Santa Maria, bem como a localização do trecho selecionado.

Figura 28 – Localização da Travessia Urbana de Santa Maria e identificação do Trecho BR-287/RS



Fonte: Adaptado de Google Earth.

Dentro da extensão delimitada foram definidos 5 trechos de 100m. Estes segmentos ficaram assim definidos: Segmento 1: estaca 14+460 à estaca 14+360; Segmento 2: estaca 14+360 à estaca 14+260; Segmento 3: estaca 14+260 à estaca 14+160; Segmento 4: estaca 14+160 à estaca 14+060 e Segmento 5: estaca 14+060 à estaca 13+960. A segmentação em seções deu-se de modo decrescente, pois adotou-se o critério de acompanhar o sentido do fluxo de tráfego, e as medições de irregularidade obedeceram também esta característica.

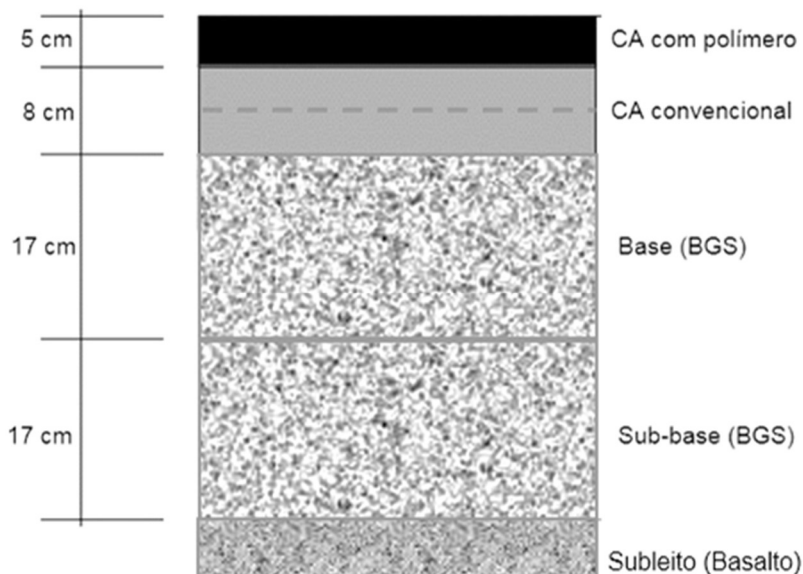
O projeto geométrico do trecho e o respectivo perfil longitudinal são apresentados no Apêndice A. Além dos dados de geometria, é apresentada no Apêndice B uma tabela com informações referentes aos aclives e declives dos segmentos e características da fundação do pavimento de cada segmento individual.

O dimensionamento da estrutura do pavimento da pista a ser implantada seguiu a metodologia do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT – Manual de Pavimentação - IPR 719/2006), atendendo aos critérios do "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis" do Eng.º Murillo Lopes de Souza.

Foram realizadas no ano de 2010 contagens e determinado o número N (número de operações do eixo padrão para 10 anos), por meio de duas metodologias consagradas USACE e AASHTO. Considerando o cenário de maior fluxo de veículos, o N encontrado pelos métodos USACE e AASHTO foram respectivamente: $N = 6,91 \times 10^7$ e $N = 2,24 \times 10^7$. No entanto, no edital de contratação da empresa executora, o termo de referência determina que para um possível N inferior a $8,6 \times 10^7$ (USACE), o valor a ser considerado para o dimensionamento deve ser igual a $8,6 \times 10^7$ (USACE).

Determinado o parâmetro N, a estrutura foi dimensionada e é composta por: 17 cm de material de sub-base (BGS), 17 cm de material de base (BGS), 8 cm de concreto asfáltico (convencional), sendo esse executado em duas camadas de 4 cm e camada final com 5 cm de concreto asfáltico com polímero, conforme apresentado na Figura 29.

Figura 29 – Estrutura do pavimento Trecho BR-287/RS



Fonte: Adaptado do DNIT (2013).

Durante o período de realização desta pesquisa, a estrutura do pavimento não foi construída por completo devido à falta de recursos financeiros, sendo acompanhado somente a implantação das camadas de sub-base, base e 1ª camada de concreto asfáltico.

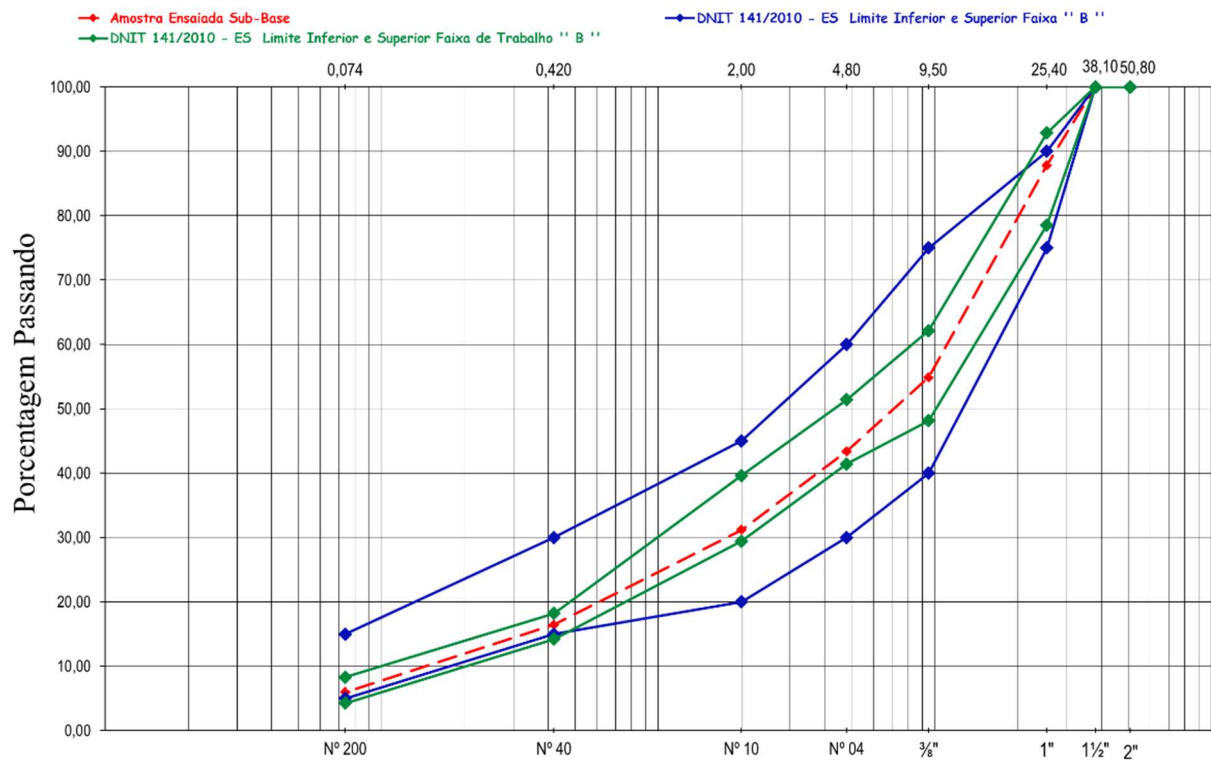
Os materiais empregados na estrutura executada (sub-base, base e 1ª camada de CA) foram caracterizados e estão descritos a seguir de forma individual.

3.1.1.1 Sub-base

A brita graduada simples (BGS), que foi empregada na camada de sub-base, foi oriunda da pedreira SULTEPA Construções e Comércio Ltda, localizada na latitude 29°41'66" Sul e longitude 53°53'14" Oeste do município de Santa Maria/RS. A caracterização do material está apresentada na Tabela 6 e análise granulométrica apresentada na Figura 30.

A camada de sub-base foi concluída no final do mês de abril de 2016 e ficou exposta até outubro de 2016, quando do início de disposição de material para execução da camada de base.

Figura 30 - Análise granulométrica do material empregado na camada de sub-base - Trecho BR-287/RS



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 6 – Caracterização do material empregado na camada de sub-base do Trecho BR-287/RS

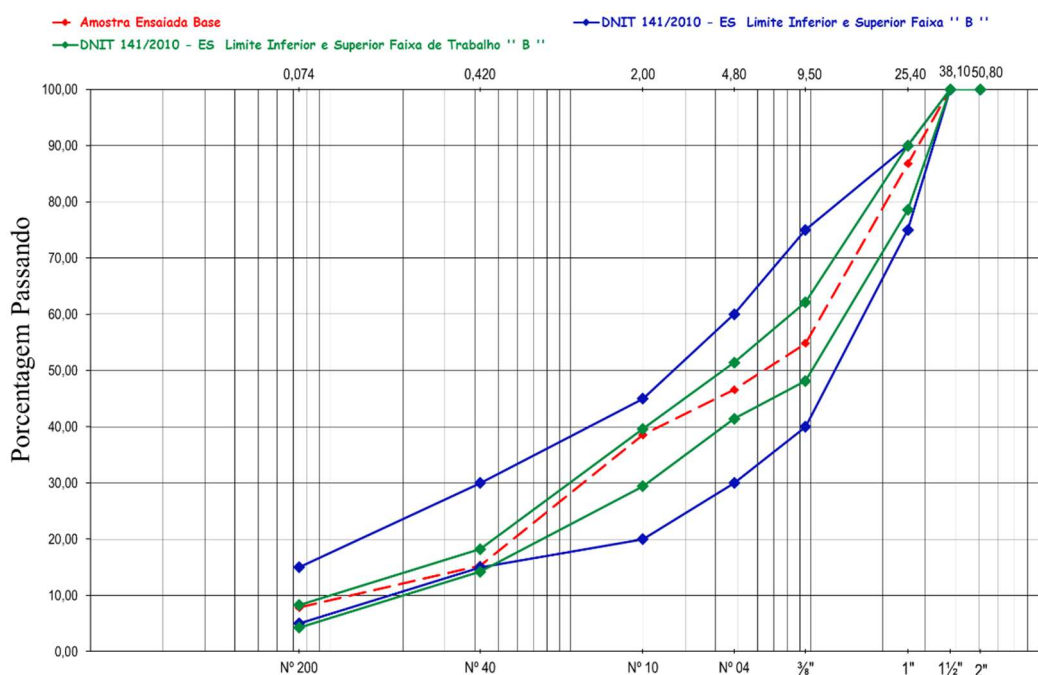
Caracterização	Norma	Resultados
Classificação	NBR 7389	Hipabissal – Diabásio
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	11,10%;
Durabilidade (sanidade)	DNER-ME 089/94	3,35%;
Equivalente de areia	DNER-ME 054/97	Entre 56,9% a 66,6%
Expansão	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	0%
Índice Suporte Califórnia	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	Entre 94,8% a 100%
Umidade ótima	DNER-ME 129/94	Entre 6,3% a 7,4%
Distribuição granulométrica	DNIT-ES 141/2010	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

3.1.1.2 Base

A brita graduada simples (BGS) que foi empregada na camada de base, também foi oriunda da pedra SULTEPA. No entanto, o material foi submetido a ensaios adicionais que são apresentados na Tabela 7 e análise granulométrica apresentada na Figura 31. A camada de base foi concluída no final do mês de janeiro de 2017.

Figura 31- Análise granulométrica do material empregado na camada de base - Trecho BR-287/RS



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 7 – Caracterização do material empregado na camada de base do Trecho BR-287/RS

Caracterização	Norma	Resultados
Equivalente de areia	DNER-ME 054/97	Entre 58,7% a 61,9%
Índice Suporte Califórnia	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	99% a 100%;
Umidade ótima	DNER-ME 129/94	Entre 6,2% a 7,2%;
Distribuição granulométrica	DNIT-ES 141/2010	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

3.1.1.3 *Imprimação*

A camada de base, depois de concluída, recebeu a aplicação da imprimação. O material aplicado se trata de uma emulsão com as características descritas na Tabela 8, conforme laudo apresentado pela Betunel Indústria e Comércio Ltda.

Tabela 8 – Características do material “Imprima” aplicado no Trecho BR-287/RS

Caracterização	Norma	Resultados
Nome	-	Imprima
Viscosidade Saybol Furol	NBR 14491:2007	90,0%;
Resíduo por evaporação	NBR 14376:2007	50,6%;
Sedimentação	NBR 6570:2016	1,3%
pH	NBR 6299:2012	5,1%
Peneiramento, 0.84mm	NBR 14393	0,01%

Fonte: Acervo próprio.

3.1.1.4 *1ª Camada de concreto asfáltico (CA)*

Essa camada é constituída por agregados e CAP 50/70, os dados da caracterização destes materiais constituintes do concreto asfáltico são apresentados de forma individual (material pétreo e CAP 50/70) e posteriormente é descrita a caracterização da mistura asfáltica. Também são relatadas informações de controle após execução do serviço.

A matriz pétreo é oriunda da Pedreira Cotrel Terraplenagem e Pavimentação Ltda, localizada na latitude 29°37'29" Sul e longitude 53°55'42" Oeste do município de Santa Maria/RS. O material foi submetido aos ensaios de caracterização e os resultados estão apresentados na Tabela 9.

O Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP 50/70 convencional foi adquirido da Betunel Indústria e Comércio Ltda. Juntamente com a carga do CAP, é apresentado o laudo técnico do material, que está transcrito na Tabela 10.

Os dados de dosagem do concreto asfáltico, bem como os resultados obtidos nas extrações realizadas durante os três dias de execução são apresentados na Tabela 11, sendo um “binder” “Faixa B”. A análise granulométrica é apresentada na Figura 32.

Tabela 9 – Caracterização do material pétreo utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho BR-287/RS

Caracterização	Norma	Resultados
Classificação	NBR 7389	Diabásio
Índice de forma	DNER-ME 086/1994	2,9%
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	13,2%;
Durabilidade (sanidade)	DNER-ME 089/94	2,8%;
Adesividade ao CAP	DNER-ME 78/1994	Satisfatório
Expansão	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	0%
Distribuição granulométrica	DNIT-ES 141/2010	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

Tabela 10 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho BR-287/RS

Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
Penetração	D5	50 a 70	57	0,1 mm
Ponto de Amolecimento	D36	46 min	48,2	Grau C
Visc. Brookfield 135GC-SP21 20 RPM	D4402	274 min	355	cP
Visc. Brookfield 150GC-SP21	D4402	112 min	162	cP
Visc. Brookfield 177GC-SP21	D4402	57 a 285	66	Cp
RTFOT Penetração retida	D5	55 min	74	%
RTFOT- Aumento Ponto de amolecimento	D36	8 máx.	4,0	Grau C
RTFOT- Ductilidade a 25 GC	D113	20 min	>147	Cm
RTFOT- Variação em % massa	D2872	-0,5 a 0,5	0,041	%
Ductilidade a 25 GC	D113	60 min	>147	Cm
Solubilidade no tricloroetileno	D2042	99,5 min	100	% massa
Ponto de Fulgor	D92	235 min	>236	Grau C
Índice de Susceptibilidade Térmica	X018	-1,5 a 0,7	-1,4	N/A
Densidade Relativa 20 GC	D070	Anotar (1)	1,0	N/A
Aquecimento 177 GC	X215	NESP (2)	NESP	N/A

Notas:

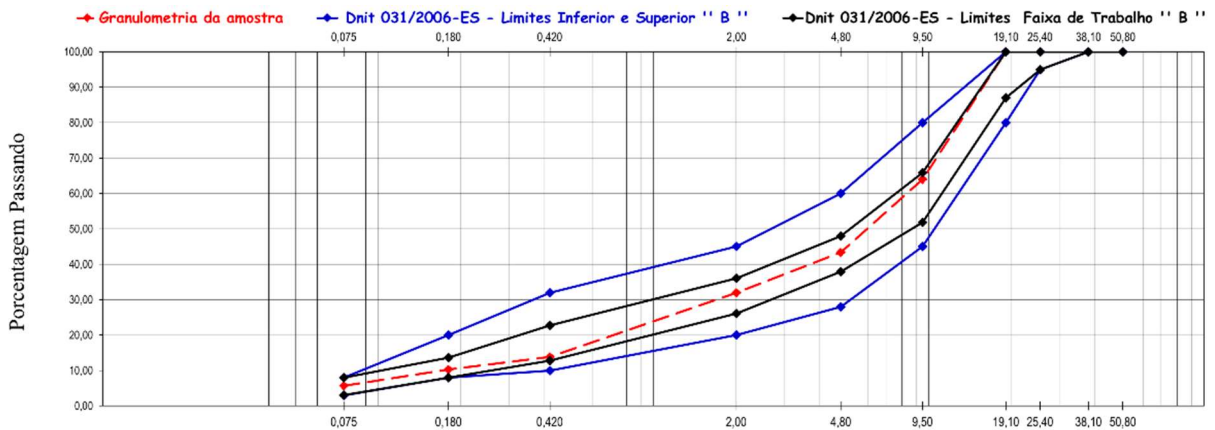
(1) Ensaio não faz parte da especificação. Informação para fins de faturamento

(2) NESP: Não espuma

- Visco SSF 135°C = 185,3s Visco SSF 150°C = 85,8s Visco SSF 177°C = 36,2s

Fonte: Acervo próprio.

Figura 32- Análise granulométrica do CA da 1ª camada - Trecho BR-287/RS



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 11 – Parâmetros da mistura betuminosa: dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas nos dias 01, 02 e 03

Características	Dados do projeto da mistura betuminosa	Dados das extrações. Dia 01 – Duas amostras	Dados da extração. Dia 02 – Uma amostra	Dados das extrações. Dia 03 – Duas amostras
Volume de Vazios (%)	4,3	3,0 e 3,1	3,3	3,5 e 2,8
Relação Betume Vazio (R.B.V) (%)	79,3	79,6 e 78,9	77,6	76,8 e 80,6
Estabilidade Marshal Corrigida Kgf (75 Golpes)	1.192,8	1.325,0 e 1.345,0	1.300,0	1.260,0 e 1.174
Densidade Aparente Kg/cm ³	2,55	2,55 e 2,56	2,55	2,54 e 2,56
Vazio Agregado Mineral (V.A.M) (%)	15	14,8 e 14,8	15,00	15,2 e 14,7
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C	1,12	1,27 e 1,22	1,19	1,29 e 1,2
Teor de ligante (%)	4,6 (± 0,3)	4,6 e 4,6	4,5	4,6 e 4,6
Equivalente de Areia (%)	62,5	62,3 e 60,1	60,8	61,7 e 59,4
Faixa de Trabalho DNIT 141/2010 – ES	Faixa B	Faixa B	Faixa B	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

Concluída a execução da 1ª camada de concreto asfáltico, foram realizadas extrações com sonda rotativa para a determinação da densidade “*in situ*” e verificação de espessura da camada executada. Os resultados são apresentados na Tabela 12.

Analisando as espessuras medidas nos corpos de provas (Tabela 12), é possível confirmar que a altura de material disposto pela vibroacabadora não foi realizado de forma uniforme. Conforme será abordado no item 4.2.1.3, a mesa da vibroacabadora foi ajustada para depositar o material com altura de 5,0 cm solto, no entanto, foram realizadas medidas após a compactação e a espessura da camada

chegou a apresentar até 5,5 cm, possivelmente originado pela irregularidade da camada de base.

Tabela 12 – Dados da extração de corpos de prova com sonda rotativa na 1ª camada de revestimento asfáltico – Trecho BR-287/RS Santa Maria em Março de 2017

Estaca	Posição	Espessura Real (cm)	Espessura Projeto (cm)	Dens. Projeto (kg/cm ³)	Dens. Real (kg/cm ³)	G.C. (%)
14+040	LE	5,5	4,0	2,551	2,552	100,06
14+140	LD	4,3	4,0	2,551	2,452	96,11
14+240	E	5,2	4,0	2,551	2,594	101,68
14+340	LE	5,0	4,0	2,551	2,545	99,77
14+440	LD	4,4	4,0	2,551	2,510	98,38

Fonte: Acervo próprio.

Outra constatação é com relação ao grau de compactação (GC) obtido dos corpos de prova (Tabela 12). Observa-se que os corpos de prova no bordo direito da pista – localizados na faixa externa de rolamento, o grau de compactação obtido foi menor se comparado com os demais corpos de prova. Conforme será abordado no item 4.2.1.3, durante a execução desta faixa, ocorreu interrupção do fornecimento do concreto asfáltico.

3.1.2 Trecho ERS-509/RS - Implantação

Durante o monitoramento da implantação de pista do Trecho BR-287/RS, os indicativos alertavam que a estrutura não seria implantada de forma completa no período estipulado para desenvolvimento da presente dissertação, demandando assim, a escolha de um novo trecho onde fosse possível o acompanhamento da construção de todas as camadas estruturais do pavimento projetado.

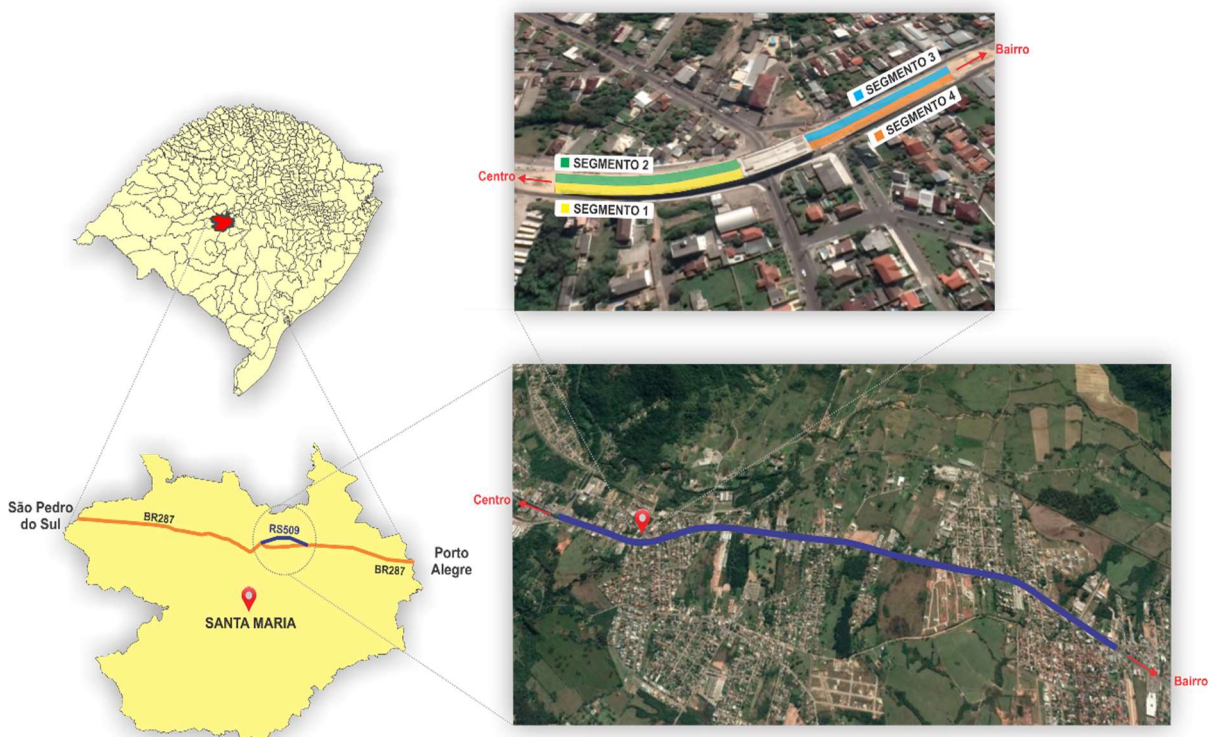
Neste meio tempo, as atividades de duplicação da ERS-509 foram retomadas. A ERS-509, conhecida como a “Faixa Velha”, também é considerada um dos principais eixos rodoviários presentes na cidade de Santa Maria. É uma rodovia estadual de ligação que recebe diariamente a movimentação das pessoas que se deslocam do centro da cidade ao campus da Universidade Federal e também para a Base Aérea, somado ao trânsito de passagem.

As atividades de duplicação que tiveram início em 2013, foram retomadas para a finalização das obras, que apresentava como pendência para o término o Viaduto

sobre a Avenida Osvaldo Cruz, a execução da obra de contenção nas alças de acesso ao viaduto e a implantação do pavimento nestes segmentos. Nesse cenário, foi realizado o acompanhamento da execução das camadas estruturais do pavimento executado sobre aterro construído no interior da obra de contenção, ou seja, nas alças de acesso ao viaduto.

Para o Trecho ERS-509, os levantamentos de irregularidade longitudinal foram realizados unicamente com o perfilômetro inercial, disponível a partir de então, onde para fins de convenção, foram nomeados 4 segmentos, sendo estes; Segmento 1 – Faixas de rolamento - Lado do Centro - Sentido Centro para Bairro; Segmento 2 – Faixas de rolamento - Lado do Centro - Sentido Bairro para Centro; Segmento 3 – Faixas de rolamento - Lado do Bairro - Sentido Bairro para Centro; Segmento 4 – Faixas de rolamento - Lado do Bairro - Sentido Centro para Bairro, conforme Figura 33.

Figura 33 - Localização do Trecho ERS-509



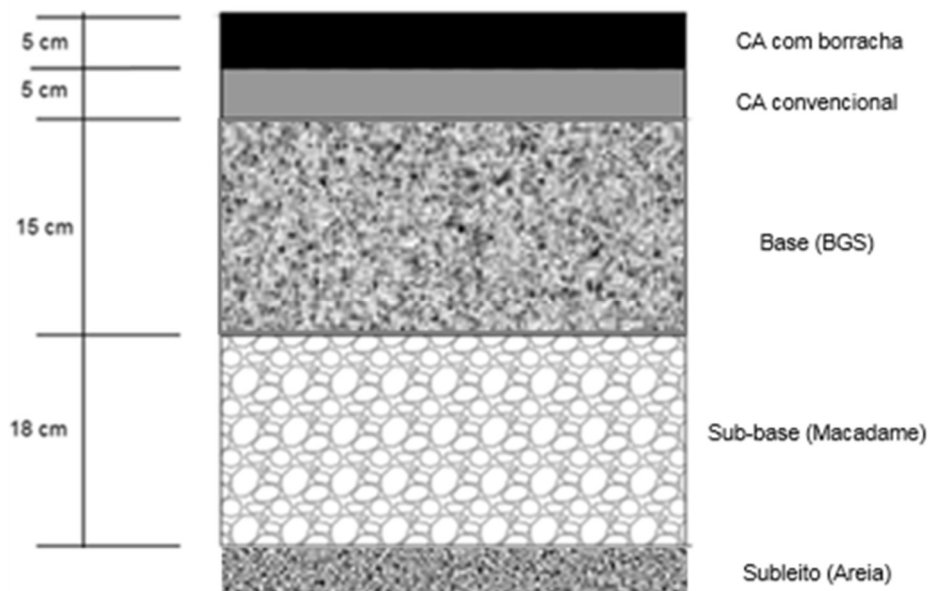
Fonte: Adaptado de Google Earth.

O dimensionamento da estrutura do pavimento assim como o Trecho BR-287/RS, seguiu a metodologia do Departamento Nacional de Infraestrutura e

Transportes (DNIT –IPR 719/2006), atendendo aos critérios do "Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis" do Eng.º. Murillo Lopes de Souza.

A estrutura do pavimento foi dimensionada a partir de $N = 1,09 \times 10^7$, valor determinado a partir de contagens, considerando o cenário de maior fluxo de veículos. A estrutura projetada é composta por: 18 cm de material de sub-base (macadame seco), 15 cm de material de base (BGS), 5 cm de concreto asfáltico (convencional) e camada final com 5 cm de concreto asfáltico com borracha, conforme apresentado na Figura 34.

Figura 34 - Estrutura do pavimento – Trecho ERS-509



Fonte: Acervo próprio.

A estrutura do Trecho ERS-509 foi totalmente executada no período de realização do presente trabalho, sendo composta por: sub-base; base; 1ª camada em concreto asfáltico convencional; e camada final de concreto asfáltico com borracha. Nos itens a seguir, os materiais de cada camada estão caracterizados individualmente.

3.1.2.1 Sub-base

Composta por 18 cm de macadame seco, oriundo da pedreira Della Pasqua Britas LTDA, localizada na latitude 29°34' 41" Sul e longitude 53°48'14" Oeste do município de Itaara/RS. A caracterização do material está apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 - Caracterização do material de sub-base do Trecho ERS-509

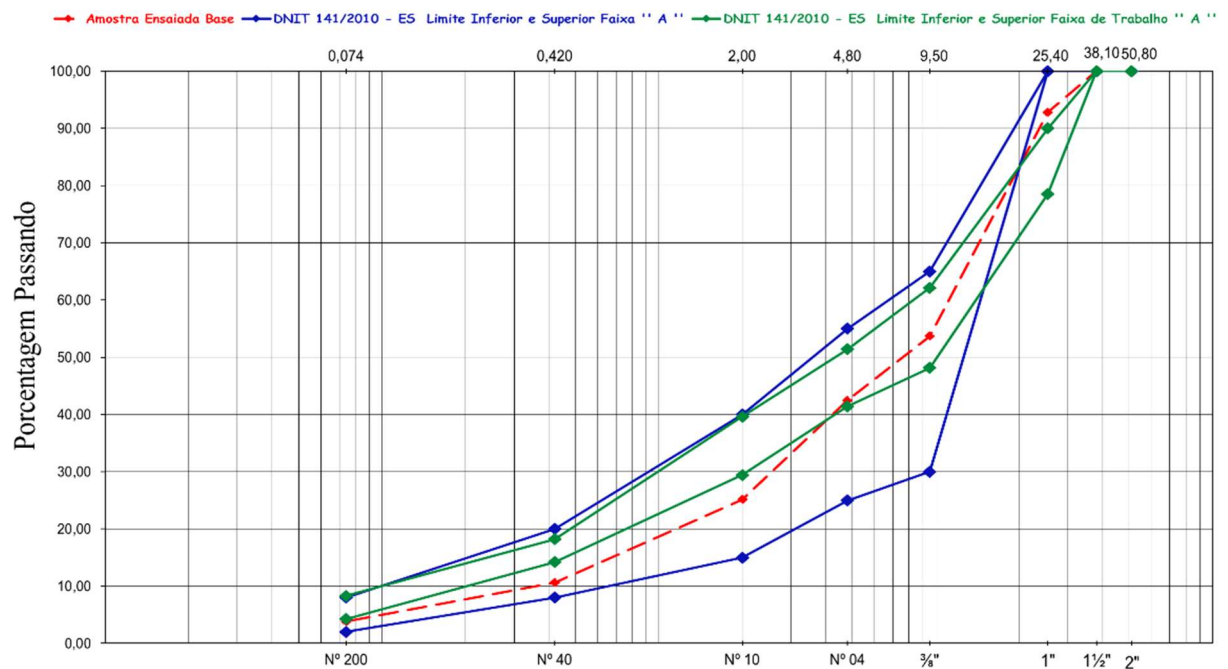
Caracterização	Norma	Resultados
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	11,9%
Durabilidade (sanidade)	DNER-ME 089/94	3,62%
Índice Suporte Califórnia	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	99,7%
Distribuição granulométrica	Macadame Seco	($\phi < 7,62$ e $\phi > 2,54$ cm)

Fonte: Acervo próprio.

3.1.2.2 Base

Composta por 15 cm de brita graduada simples também oriunda da pedreira Della Pasqua Britas LTDA. A caracterização do material está apresentada na Tabela 14 e curva granulométrica na Figura 35.

Figura 35 - Análise granulométrica do material de base - Trecho ERS-509



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 14 - Caracterização do material de base do Trecho ERS-509

Caracterização	Norma	Resultados
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	12,2%
Durabilidade (sanidade)	DNER-ME 089/94	0,98%
Equivalente de areia	DNER-ME 054/97	59,6%
Índice Suporte Califórnia	DNER-ME 129/94 e DNER-ME 049/94	99,6%
Umidade ótima	DNER-ME 129/94	6,5%
Distribuição granulométrica	DAER	Faixa "A"

Fonte: Acervo próprio.

3.1.2.3 1ª Camada em concreto asfáltico convencional

Constituída por agregados e CAP 50/70. Neste item são apresentados os dados da caracterização dos materiais constituintes de forma individual e posteriormente é descrita a caracterização da mistura asfáltica.

O material pétreo também é oriundo da pedra Della Pasqua Britas LTDA, sua caracterização está na Tabela 14. O material foi submetido a ensaios adicionais de caracterização e os resultados estão apresentados na Tabela 15.

O Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP 50/70 convencional foi adquirido da Greca Asfaltos. Juntamente com as cargas de CAP é apresentado laudo técnico do material, transcrito na Tabela 16, sendo os resultados similares aos demais laudos técnicos.

Tabela 15 – Caracterização do material pétreo utilizado no concreto asfáltico - 1ª camada do Trecho ERS-509

Caracterização	Norma	Resultados
Índice de forma	DNER-ME 086/1994	2,11%
Adesividade ao CAP	DNER-ME 78/1994	Satisfatório
Distribuição granulométrica	DAER	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

Tabela 16 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional – Trecho ERS-509

Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
Penetração	D5	50 a 70	53	0,1 mm
Ponto de Amolecimento	D36	46 min	48,4	Grau C
Visc. Brookfield 135GC-SP21 20 RPM	D4402	274 min	385	cp
Visc. Brookfield 150GC-SP21	D4402	112 min	167	cp
Visc. Brookfield 177GC-SP21	D4402	57 a 285	69	cp
RTFOT Penetração retida	D5	55 min	68	%
RTFOT- Aumento Ponto de amolecimento	D36	8 máx.	3,0	Grau C
RTFOT- Ductilidade a 25 GC	D113	20 min	>147	Cm
RTFOT- Variação em % massa	D2872	-0,5 a 0,5	0,048	%
Ductilidade a 25 GC	D113	60 min	>147	Cm
Solubilidade no tricloroetileno	D2042	99,5 min	100	% massa
Ponto de Fulgor	D92	235 min	>236	Grau C
Índice de Susceptibilidade Térmica	X018	-1,5 a 0,7	-1,2	N/A
Densidade Relativa 20 GC	D070	Anotar (1)	1,0	N/A
Aquecimento 177 GC	X215	NESP (2)	NESP	N/A

Notas:

(1) Ensaio não faz parte da especificação. Informação para fins de faturamento

(2) NESP: Não espuma

- Visco SSF 135°C = 185,3s Visco SSF 150°C = 85,8s Visco SSF 177°C = 36,2s

Fonte: Acervo próprio.

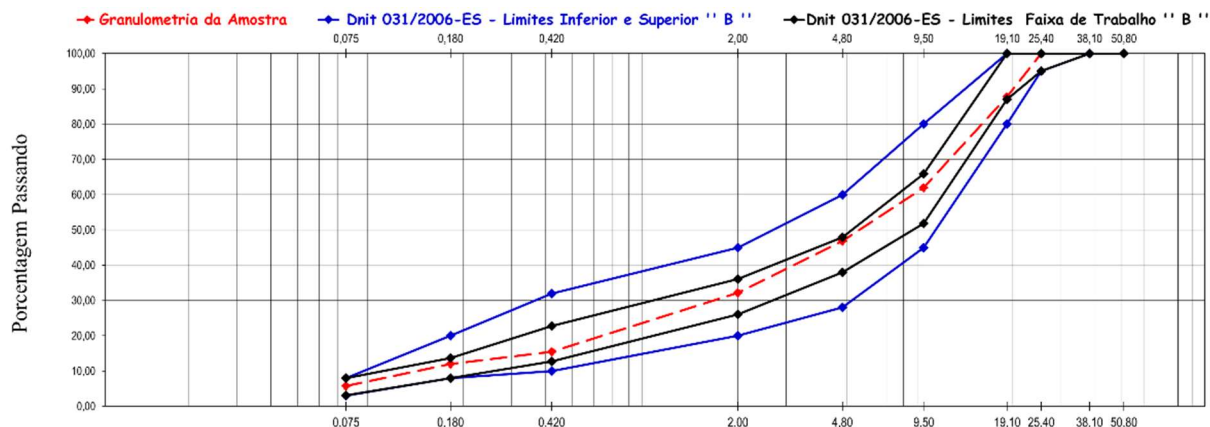
Os dados de dosagem do concreto asfáltico, bem como os resultados obtidos nas extrações realizadas durante a execução são apresentados na Tabela 17. A granulometria da amostra extraída é apresentada na Figura 36.

Tabela 17 – Parâmetros da mistura betuminosa. Dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas no Trecho ERS-509

Características	Dados da dosagem da mistura betuminosa	Dados das extrações. Amostra 1	Dados da extração. Amostra 2	Dados das extrações. Amostra 3
Volume de Vazios (%)	3,6	3,52	3,53	3,50
Relação Betume Vazio (R.B.V) (%)	78,3	78,5	78,5	78,6
Estabilidade Marshal Corrigida Kgf (75 Golpes)	1.139	1.107	1.117	1.097
Densidade Aparente kg/cm ³	2,25	2,243	2,243	2,244
Vazio Agregado Mineral (V.A.M) (%)	16,5	16,4	16,4	16,4
Teor de ligante (%)	5,6 (± 0,3)	5,7	5,8	5,6
Equivalente de Areia (%)	61,1	59,7	59,0	59,4
Faixa de Trabalho DAER – ES-P 161/91	Faixa B	Faixa B	Faixa B	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

Figura 36 - Granulometria da amostra de 1ª de CA - Trecho ERS-509



Fonte: Acervo próprio.

3.1.2.4 Camada final de concreto asfáltico com borracha

Constituída por material pétreo e CAP Ecoflex B 3G, sendo a mistura usinada pela própria empresa Della Pasqua. Neste item são apresentados os dados da caracterização dos materiais constituintes de forma individual e posteriormente é descrita a caracterização da mistura asfáltica.

O material pétreo foi também oriundo da pedreira Della Pasqua Britas LTDA, e está caracterizado na Tabela 14 e Tabela 15.

O CAP Ecoflex B 3G foi adquirido também da Greca Asfaltos - Esteio. Juntamente com as cargas de CAP é apresentado laudo técnico do material e um dos laudos está transcrito na Tabela 18, sendo os resultados similares aos demais laudos técnicos.

Tabela 18 – Laudo técnico do CAP Ecoflex B 3G usado no Trecho ERS-509

Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
Penetração	NBR-6576	30 a 70	51	0,1 mm
Ponto de Amolecimento	NBR-6560	55 min	59	Grau C
Visc. Brookfield 175G°C-SP20	NBR-15529	800 a 2000	1610	cP
Recuperação Elástica	NLT-329/91	50 min	70	%
Temperatura de carregamento	TC	170-185.	175	Grau °C
Ponto de Fulgor	NBR-11341	235 min	>240	Grau °C
Densidade Relativa 25 G°C	NBR-6296	Anotar (1)	1,01	N/A

Fonte: Acervo próprio.

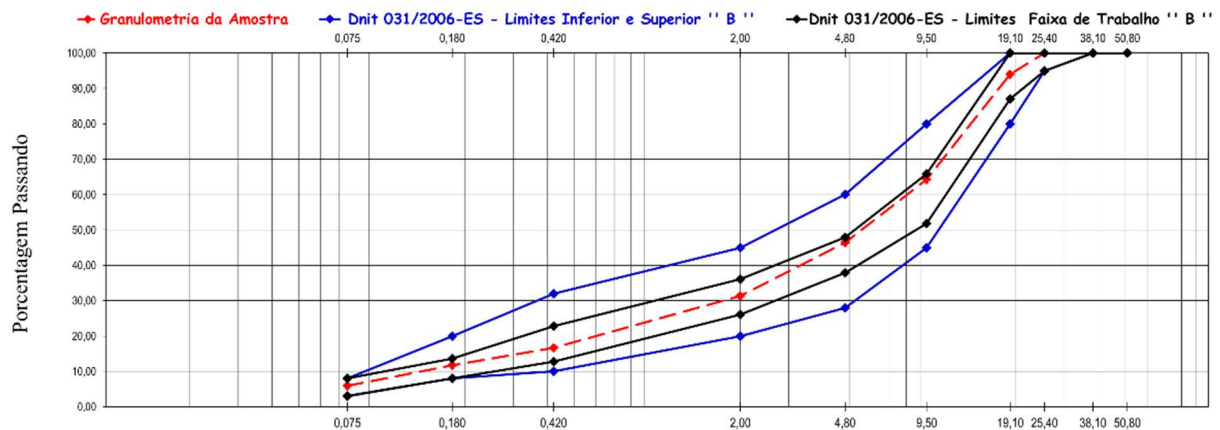
Os dados da dosagem do concreto asfáltico, bem como os resultados obtidos nas extrações realizadas durante a execução são apresentados na Tabela 19. A granulometria da amostra extraída é apresentada na Figura 37.

Tabela 19 – Características da mistura betuminosa. Dados do projeto da mistura e das extrações realizadas

Características	Dados da dosagem da mistura betuminosa	Dados das extrações. Amostra 1	Dados da extração. Amostra 2	Dados das extrações. Amostra 3
Volume de Vazios (%)	4,1	3,93	3,92	3,96
Relação Betume Vazio (R.B.V) (%)	78,3	79,0	79,0	78,8
Estabilidade Marshal Corrigida Kg ^f (75 Golpes)	1.287	1.246	1.236	1.277
Densidade Aparente Kg/cm ³	2,215	2,225	2,225	2,224
Vazio Agregado Mineral (V.A.M) (%)	18,6	18,7	18,7	18,7
Teor ótimo de ligante (%)	6,76 (± 0,3)	6,88	7,01	7,39
Equivalente de Areia (%)	60,70	59,7	60,3	60,1
Faixa de Trabalho DAER – ES-P 18/91	Faixa B	Faixa B	Faixa B	Faixa B

Fonte: Acervo próprio.

Figura 37 - Granulometria da amostra da camada final em CA - Trecho ERS-509



Fonte: Acervo próprio.

3.1.3 Trecho BR-392/RS - Restauração

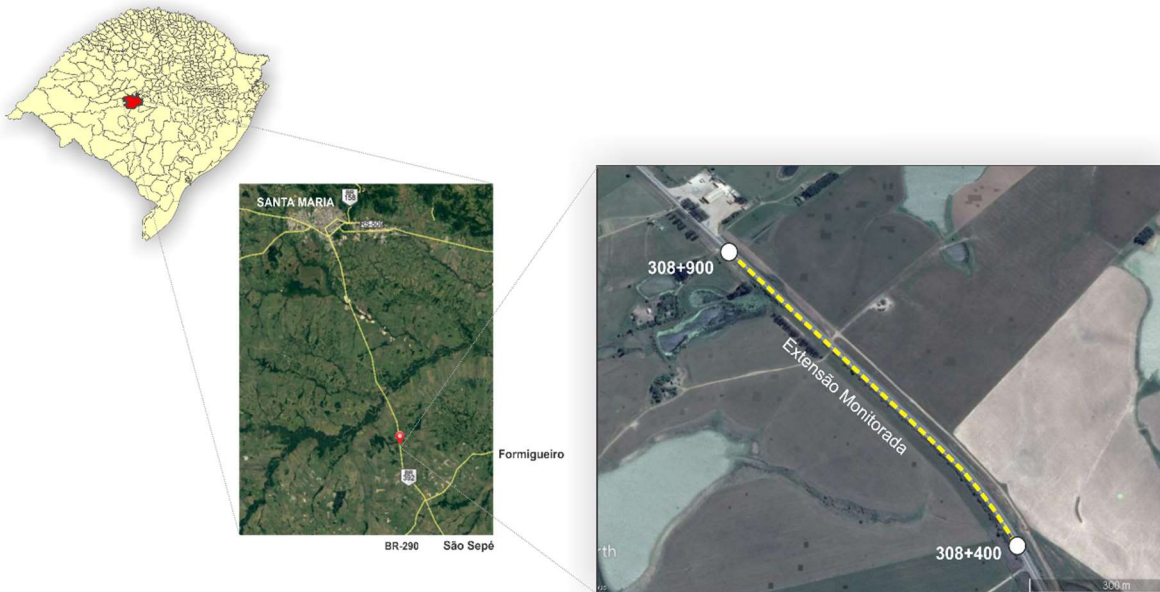
A BR-392 é uma das mais importantes rodovias da região central do estado do Rio Grande do Sul, sendo uma das principais rodovias de escoamento de safra para o porto de Rio Grande/RS. Diante da importância da mesma, ocorrem manutenções

pontuais periodicamente. Em uma dessas intervenções pontuais, foram realizados acompanhamentos executivos e monitoramento da irregularidade longitudinal antes/após intervenção.

A partir do monitoramento, foi possível avaliar a efetividade da manutenção realizada para a correção dos problemas que a superfície vinha apresentando. Também objetivou-se avaliar os fatores que contribuem para irregularidade durante a fase executiva de restauração.

O segmento monitorado encontra-se entre os municípios de Santa Maria e São Sepé, mais precisamente nas proximidades do trevo de acesso ao município de Formigueiro. Referenciando aos quilômetros da rodovia, está localizado entre os Km 308+900 ao Km 308+400, conforme mapa apresentado na Figura 38. São 500m da faixa de rolamento dos veículos que vão de Santa Maria para São Sepé.

Figura 38 - Mapa de localização do segmento monitorado nesta pesquisa na BR-392/RS



Fonte: Adaptado Google Maps, 2018.

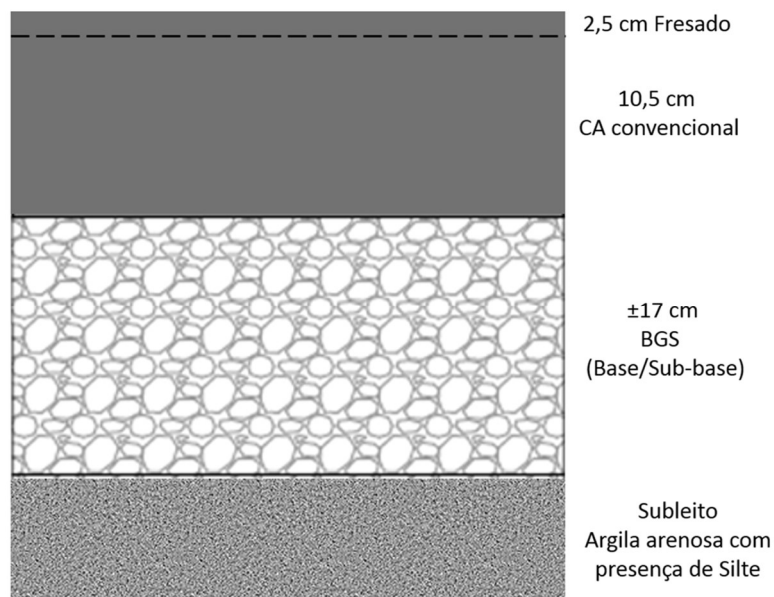
O pavimento existente é composto por uma estrutura de 17 cm de sub-base/base, e 13 cm de concreto asfáltico convencional. A restauração previa o corte/fresagem de aproximadamente 2,5 cm da camada asfáltica superficial e reconstrução/recapamento com a execução de uma camada de aproximadamente 3

cm de concreto asfáltico convencional, conforme apresentam os esquemas da Figura 39.

Foi realizada uma contagem de tráfego e de posse dos dados disponibilizados pelo DNIT de um contador que se encontra nas proximidades do trecho monitorado, foi determinado o número N (número de operações do eixo padrão) para o ano de 2018 por meio de dois fatores de equivalência de carga, USACE e AASHTO. Assim foram determinados o $N_{USACE} = 6,28 \times 10^6$ e $N_{AASHTO} = 1,56 \times 10^6$ ano de 2018.

A camada superficial reconstruída é composta por mistura cujos dados da caracterização dos materiais estão apresentados a seguir. Também estão apresentadas as informações de controle pós-execução da intervenção/restauração.

Figura 39 - Estrutura do pavimento a ser restaurado – Trecho BR-392/RS



Fonte: Acervo próprio.

3.1.3.1 Camada restaurada

O material pétreo utilizado no concreto asfáltico da restauração do Trecho BR-392/RS foi oriundo da Britagem Conpasul Itaara - Filial 06, localizada na latitude 29°35'15" Sul e longitude 53°44'56" Oeste do município de Itaara/RS. O material foi submetido aos ensaios de caracterização, sendo que os resultados estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Caracterização do material pétreo utilizado na camada de restauração do Trecho BR-392/RS

Caracterização	Norma	Resultados
Classificação	NBR 7389	Diabásio
Abrasão Los Angeles	NBR NM 51/2001	14,1%
Durabilidade (sanidade)	DNER-ME 089/94	2,26%
Adesividade ao CAP	DNER-ME 78/1994	Satisfatório
Expansão	DNER-ME 164/13 e DNER-ME 172/16	0%
Distribuição granulométrica	DNIT-ES 141/2010	Faixa C

Fonte: Acervo próprio.

O cimento asfáltico de petróleo empregado na mistura é o CAP 50/70 convencional, adquirido da Betunel Indústria e Comércio Ltda. Juntamente com a carga do CAP, foi apresentado o laudo técnico do material, reproduzido na Tabela 21.

Tabela 21 – Laudo técnico do CAP 50/70 – Convencional empregado na camada restaurada do Trecho BR-392/RS

Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
Penetração	D5	50 a 70	54	0,1 mm
Ponto de Amolecimento	D36	46 min	48,8	Grau C
Visc. Brookfield 135GC-SP21 20 RPM	D4402	274 min	355	cP
Visc. Brookfield 150GC-SP21	D4402	112 min	175	cP
Visc. Brookfield 177GC-SP21	D4402	57 a 285	65	cP
RTFOT Penetração retida	D5	55 min	59	%
RTFOT- Aumento Ponto de amolecimento	D36	8 máx.	4,1	Grau C
RTFOT- Ductilidade a 25 GC	D113	20 min	>147	Cm
RTFOT- Variação em % massa	D2872	-0,5 a 0,5	0,058	%
Ductilidade a 25 GC	D113	60 min	>147	Cm
Solubilidade no tricloroetileno	D2042	99,5 min	99,9	% massa
Ponto de Fugor	D92	235 min	>236	Grau C
Índice de Susceptibilidade Térmica	X018	-1,5 a 0,7	-1,3	N/A
Densidade Relativa 20 GC	D070	Anotar (1)	1,003	N/A
Aquecimento 177 GC	X215	NESP (2)	NESP	N/A

Notas:

(1) Ensaio não faz parte da especificação. Informação para fins de faturamento

(2) NESP: Não espuma

- Visco SSF 135°C = 174,3s Visco SSF 150°C = 92,4s Visco SSF 177°C = 35,3s

Fonte: Acervo próprio.

A mistura asfáltica também foi caracterizada e os parâmetros de dosagem do concreto asfáltico, bem como os resultados obtidos nas extrações realizadas durante os dois dias de execução são apresentados na Tabela 22. Também foi realizada análise granulométrica da amostra extraída, apresentada na Figura 40.

Concluída a execução da restauração da camada de concreto asfáltico, foram realizadas extrações com sonda rotativa para a determinação da densidade “*in situ*”. Os resultados são apresentados na Tabela 23.

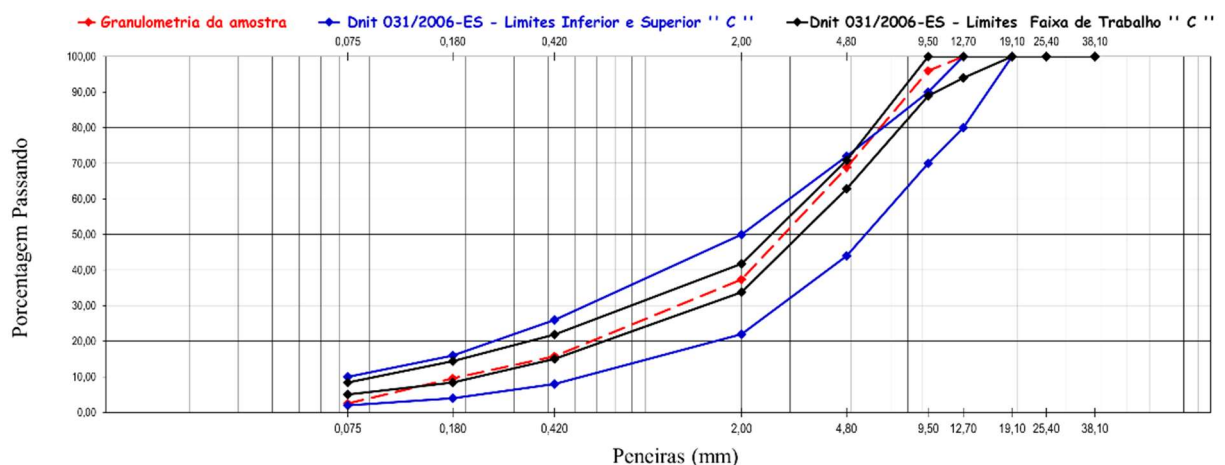
Os graus de compactação (GC) apresentados na Tabela 23 se encontram dentro das premissas estabelecidas pela DNIT 031/2006 (Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico - Especificação de Serviço), ou seja, maior que 97% e menor que 101%.

Tabela 22 – Parâmetros da mistura betuminosa. Dados da dosagem da mistura e das extrações realizadas dos dias 01 e 02 no Trecho BR-392/RS

Características	Dados da dosagem da mistura betuminosa	Dados da extração. Dia 01 - Uma amostra	Dados da extração. Dia 02 – Uma amostra
Volume de Vazios (%)	4,07	3,96	4,01
Relação Betume Vazio (R.B.V) (%)	76,15	75,85	76,52
Estabilidade Marshal Corrigida Kgf (75 Golpes)	1.140	1.198	1.185
Densidade Aparente Kg/cm ³	2,192	2,204	2,183
Vazio Agregado Mineral (V.A.M) (%)	17,1	15,6	16,6
Teor de ligante (%)	5,95 (± 0,3)	5,81	5,78
Equivalente de Areia (%)	61,8	62,5	62,4
Temperatura de compactação(°C)	134 a 140° C	-	-
Faixa de Trabalho DNIT 141/2010 – ES	Faixa C	Faixa C	Faixa C

Fonte: Acervo próprio.

Figura 40 - Curva granulométrica da camada em CA - Trecho BR-392



Fonte: Acervo próprio

Tabela 23 – Dados da extração de corpos de prova com sonda rotativa na camada restaurada no Trecho BR-392/RS

Localização	Posição	Dens. Projeto (kg/cm ³)	Dens. Real (kg/cm ³)	G.C. (%)
3	TR Ext.	2,192	2,137	97,48
3	Meio Faixa	2,192	2,204	100,54
60	TR Int.	2,192	2,153	98,23
60	Meio Faixa	2,192	2,183	99,57
109	TR Ext.	2,192	2,179	99,39
109	Meio Faixa	2,192	2,175	99,22
194	TR Ext.	2,192	2,130	97,18
194	Meio Faixa	2,192	2,155	98,30
289	TR Int.	2,192	2,169	98,94
289	Meio Faixa	2,192	2,160	98,54
360	TR Ext.	2,192	2,134	97,37
360	Meio Faixa	2,192	2,152	98,17

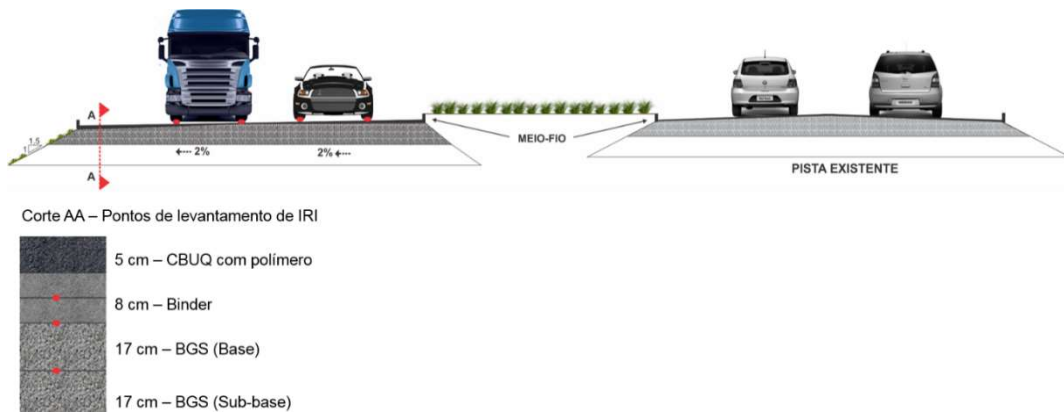
Fonte: Acervo próprio.

3.2 AVALIAÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

Para os Trechos BR-287/RS e ERS-509 em que foi acompanhada a implantação da pista, os levantamentos foram realizados após a conclusão de cada camada estrutural constituinte dos trechos analisados nesta pesquisa. Quando da ocorrência de exposição da camada por um elevado período de tempo sem intervenção (ocorrido no Trecho BR-287/RS), os levantamentos foram realizados em duas etapas: no ato da execução da respectiva camada e antes da execução da camada subsequente.

No Trecho BR-287/RS, os levantamentos foram efetuados nas quatro trilhas de rodas acompanhando o sentido do tráfego da pista, conforme representação na Figura 41. Este trecho, consiste no primeiro segmento monitorado e levantado, onde as medições de irregularidade foram efetuadas inicialmente apenas com o equipamento Merlin (sub-base, base e 1^a CA - levantamento inicial). Durante o andamento da presente pesquisa, o Perfilômetro Ciberlaser foi adquirido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária – GEPPASV da Universidade Federal de Santa Maria a partir de convênio com a Agência Nacional do Petróleo (ANP-Petrobras), sendo utilizado na realização do levantamento final da 1^a CA do Trecho BR-287/RS.

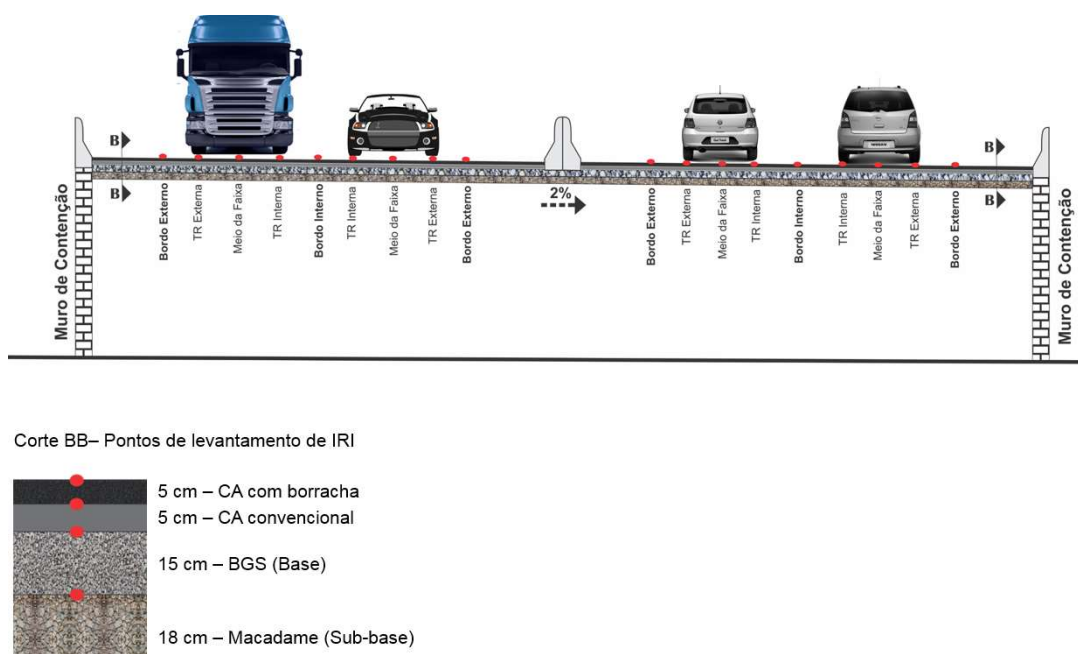
Figura 41 – Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal–Trecho BR-287/RS



Fonte: Adaptado do DNIT (2013).

Já no Trecho ERS-509, além do levantamento nas quatro trilhas de rodas acompanhando o sentido do tráfego, também foram realizados levantamentos nas bordas – interna e externa e no meio da faixa, conforme esquema da Figura 42. Durante a execução deste trecho já havia a disponibilidade do equipamento Perfilômetro, que consiste em um equipamento de maior produtividade em relação ao Merlin. Em função disso, os pontos analisados foram ampliados e realizados unicamente com o Perfilômetro.

Figura 42 - Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal–Trecho ERS-509



Fonte: Adaptado do DAER (2013).

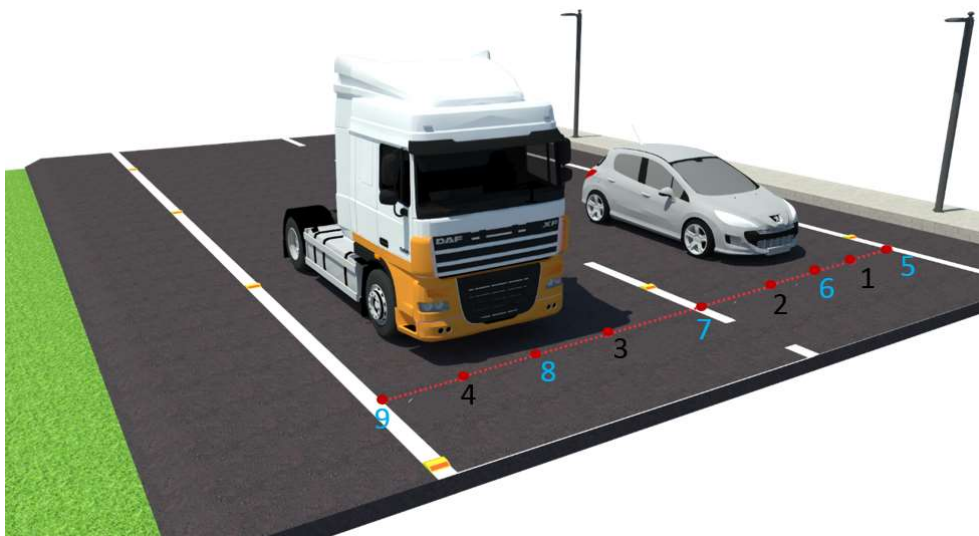
Devido à liberação do trânsito no Trecho ERS-509 durante a realização do presente estudo, foi realizado monitoramento da irregularidade longitudinal aos 7, 30, 90 e 180 dias (após a liberação do trânsito), com o propósito de avaliar se houve ou não alteração nos dados de irregularidade longitudinal levantados inicialmente (antes da liberação do tráfego).

Para fins de convenção, adotou-se uma numeração para os pontos de medição de irregularidade, sendo estes:

- 1 - Trilha de roda externa da faixa interna;
- 2 - Trilha de roda interna da faixa interna;
- 3 - Trilha de roda interna da faixa externa;
- 4 - Trilha de roda externa da faixa externa;
- 5 - Borda externa da faixa interna;
- 6 - Meio da faixa interna;
- 7 - Borda interna;
- 8 - Meio da faixa externa e;
- 9 - Borda externa da faixa externa.

Para facilitar o entendimento, na Figura 43 é apresentada a convenção utilizada nos Trechos BR-287/RS e ERS-509.

Figura 43 – Convenção dos pontos de medição de irregularidade longitudinal adotado para os Trechos BR-287/RS e ERS-509 - Implantação

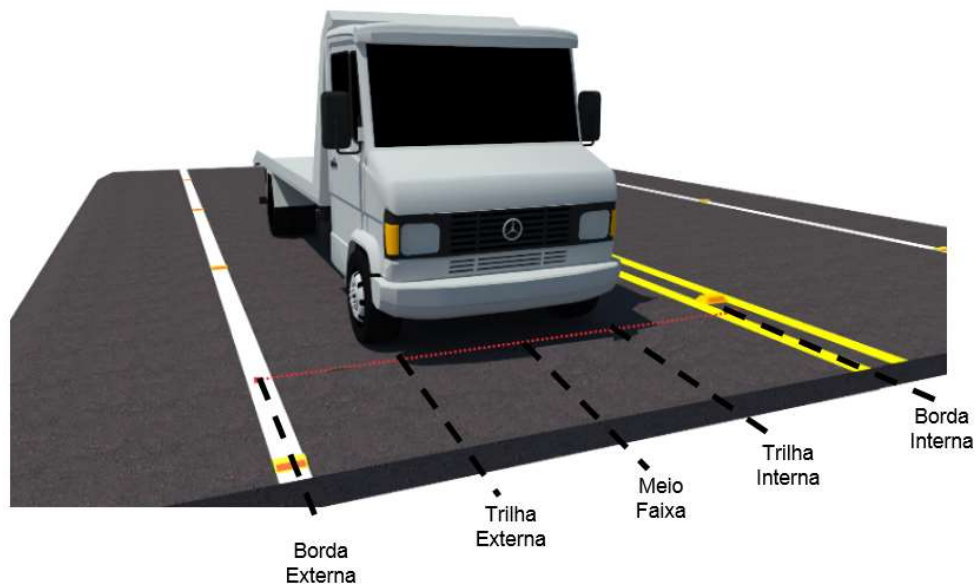


Fonte: Acervo próprio.

Para o Trecho BR-392/RS em que foi acompanhada a restauração da pista existente, os levantamentos foram realizados unicamente com o Perfilômetro inercial. Por se tratar de uma restauração, o trânsito de veículos foi desviado para o acostamento e em algumas situações precisou ser trancado parcialmente; logo, fez-se necessário o emprego de um equipamento de alta produtividade nos levantamentos. Para esse caso, o perfilômetro é o mais indicado dentre as opções disponíveis (Merlin, Nível e Mira e Perfilômetro).

Os levantamentos com o perfilômetro foram efetuados em cinco linhas da faixa de rolamento, sendo estas: no borda interna, na trilha de roda interna, no meio da faixa, na trilha de roda externa e no borda externa, conforme Figura 44. Os levantamentos foram realizados antes da execução da fresagem, imediatamente após a execução da restauração, aos 7, 15, 28, 90, 180 e 360 dias após a restauração, totalizando oito levantamentos.

Figura 44 - Pontos de levantamento de irregularidade longitudinal no Trecho BR-392/RS – Restauração



Fonte: Acervo próprio.

3.2.1 Equipamentos utilizados para realização do levantamento de irregularidade longitudinal

Neste item, estão descritos os equipamentos, a metodologia adotada para a realização dos levantamentos e forma de processamento dos dados para a obtenção

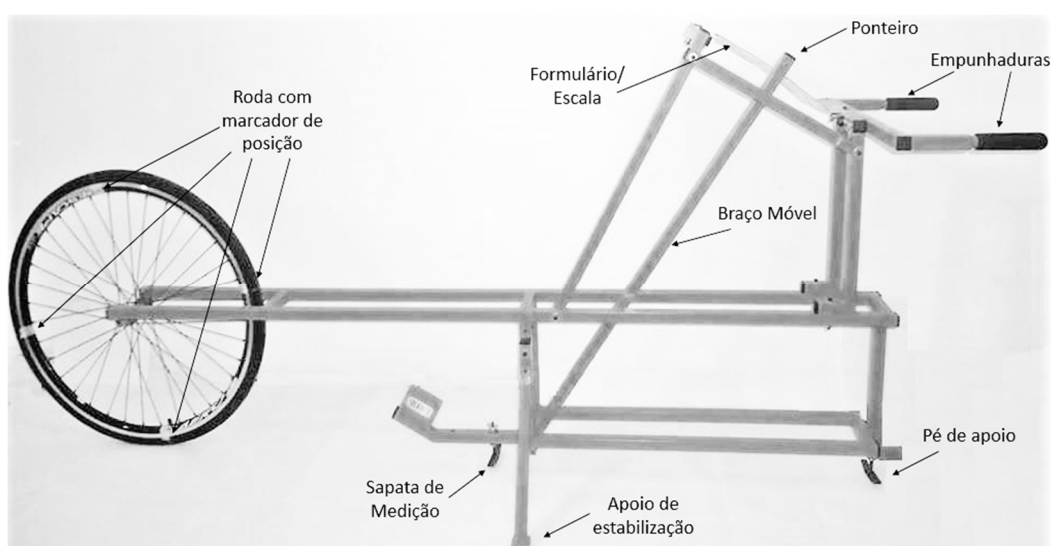
dos parâmetros de irregularidade dos trechos monitorados. Inicialmente o equipamento MERLIN foi adquirido pela autora deste trabalho, e durante o andamento da pesquisa o Perfilômetro inercial – Ciberlaser foi disponibilizado pelo GEPPASV.

3.2.1.1 MERLIN – Equipamento de avaliação da irregularidade usando instrumentação de baixo custo (Machine for evaluating roughness using low-cost instrumental)

Conforme abordado no referencial teórico, trata-se de um equipamento simples, barato, de fácil manuseio e, conseqüentemente, sua manutenção também é bastante simplificada. Estes foram os principais fatores que contribuíram para a escolha desse equipamento.

O equipamento utilizado nos levantamentos do Trecho BR-287/RS, foi fabricado pela empresa Solotest Aparelhos para Mecânica dos Solos Ltda que produz o equipamento no Brasil desde o ano de 2000. Na Figura 45, é apresentado o instrumento Merlin empregado nesta pesquisa, sendo identificadas as partes constituintes.

Figura 45 – Equipamento MERLIN utilizado na realização dos levantamentos de irregularidade longitudinal do Trecho BR-287/RS



Fonte: Acervo próprio.

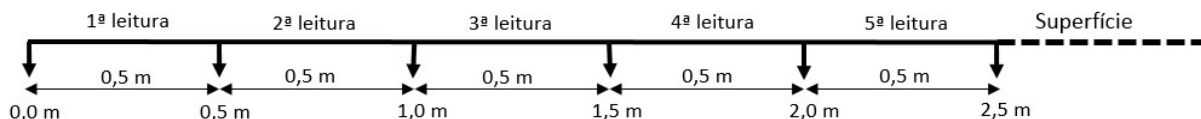
Para a determinação da irregularidade longitudinal, representada pelo parâmetro IRI (Índice de Irregularidade Internacional), são efetuadas 200 (duzentas)

medidas sucessivas da superfície, espaçadas a uma distância definida pelo operador. O manual do usuário (TRL, 1996) recomenda uma leitura a cada volta na roda, que corresponde a 2,0 m. No entanto, com o intuito de se obter um perfil mais detalhado, optou-se por fazer leituras a cada 0,50 m ou $\frac{1}{4}$ de volta ao longo das trilhas de rodas. Para cada leitura, o equipamento deve estar parado e devidamente apoiado na superfície do pavimento.

As duzentas leituras da superfície são obtidas a partir do levantamento de 100 m de extensão que correspondem a um segmento do Trecho BR-287/RS. A divisão dos 500 m em 5 segmentos de 100 m, foi definida de acordo com a metodologia do equipamento MERLIN.

A sequência de leituras, realizadas a cada 0,50 m são apresentadas no esquema da Figura 46. Após as leituras realizadas o histograma de frequências deve ser preenchido, conforme apresentado na Figura 47.

Figura 46 – Sequência das leituras utilizando o equipamento Merlin para levantamento de IRI no Trecho BR-287



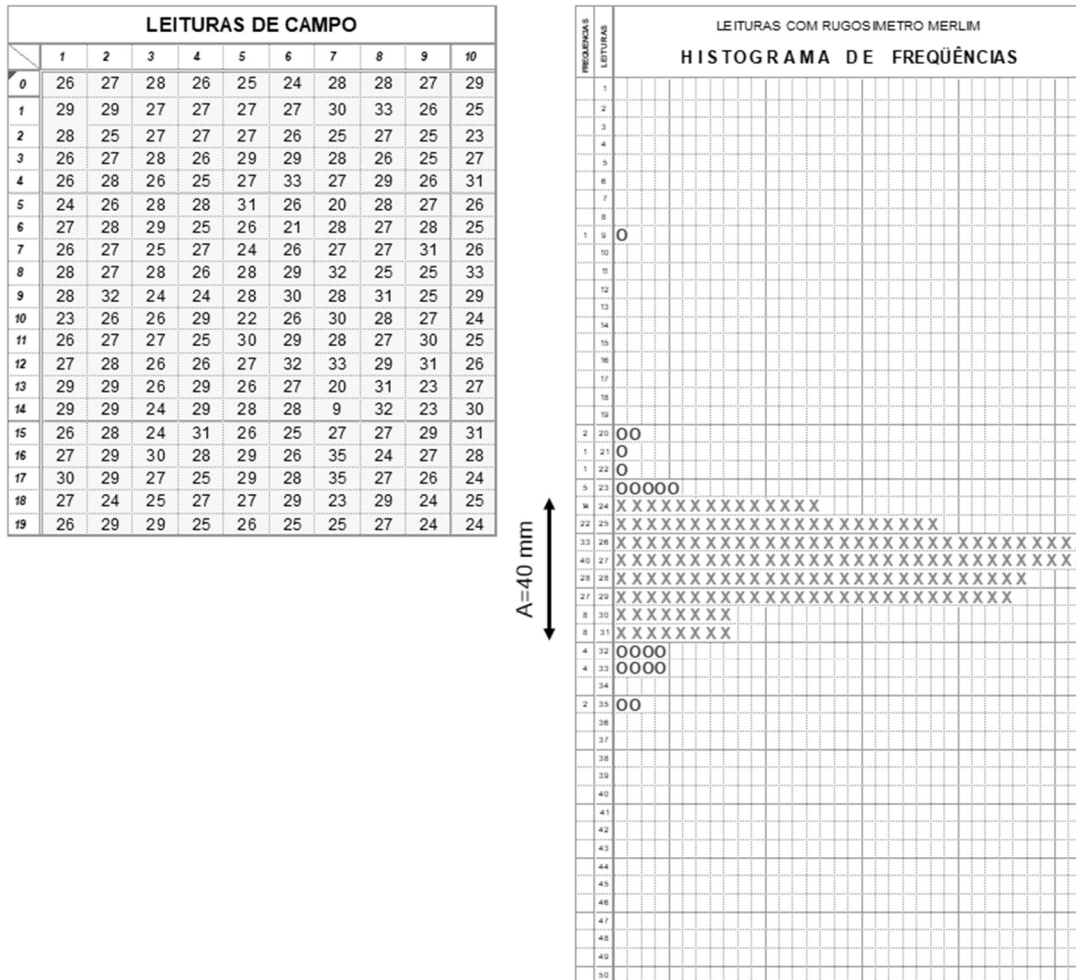
Fonte: Acervo próprio.

Finalizadas as 200 (duzentas) leituras, é realizada uma depuração estatística onde são descartados 10% dos valores, sendo 5% para cada lado do histograma.

A determinação da largura característica do histograma é dada em função do número de linhas do histograma (após descarte), multiplicado pela representatividade de cada linha na escala Merlin, em milímetros. No presente trabalho, a escala adotada/relação entre braços do equipamento Merlin é de 1:5, ou seja, 1 linha corresponde a 5 mm. Logo, para a determinação do parâmetro “A” (amplitude do diagrama de frequência), basta então contabilizar o número de linhas e multiplicá-lo por 5.

Como esquematizado na Figura 47, 10% dos valores medidos são descartados (0), e dos demais constituem a largura do histograma, ou seja, a amplitude do diagrama de frequência (x).

Figura 47 – Modelo de histograma de frequência e determinação da amplitude "A"



Fonte: Acervo próprio.

Segundo Cundill (1996) e Del Aguila (1999), após o tratamento estatístico dos dados e determinada a largura característica do histograma “A”, calcula-se o Índice de Irregularidade Longitudinal, através das Equações 1 e 2 do item 2.1.2.8 do capítulo 2 desta dissertação. A escolha da equação será em função da largura característica do histograma.

Algumas considerações das equações merecem ressalvas: a Equação 1 atende valores de IRI entre 2,4 à 15,9 m/km e a Equação 2, atende valores de IRI < 2,4m/km. No presente estudo, ambas as equações foram empregadas, porque foram analisadas as diferentes camadas estruturais do pavimento implantado e os valores de irregularidade são bem variáveis.

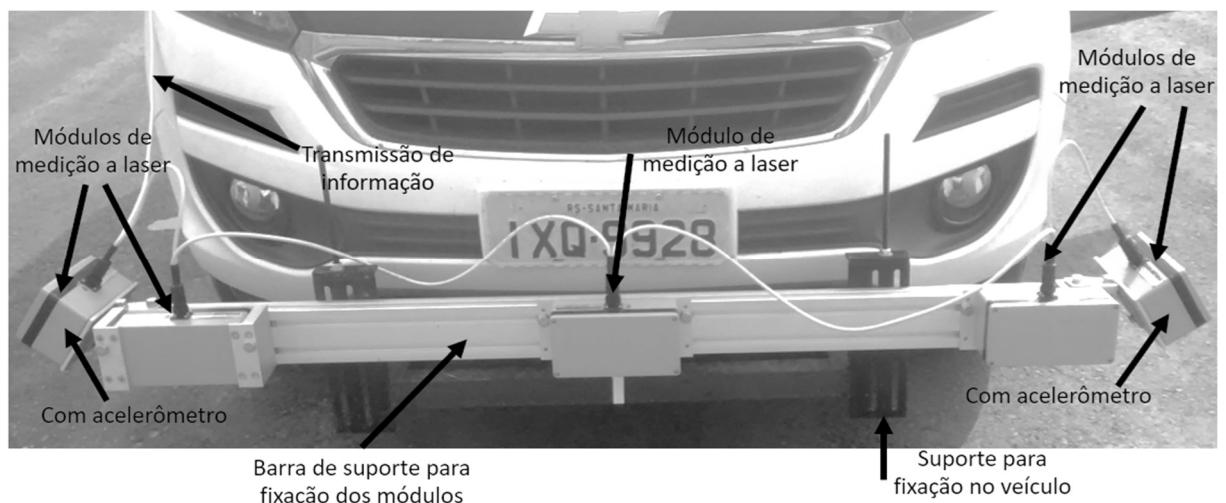
O equipamento Merlin foi usado apenas no monitoramento do Trecho BR-287/RS, quando ainda não havia a disponibilidade do Perfilômetro inercial.

3.2.1.2 Perfilômetro inercial

O Perfilômetro inercial utilizado para a realização do presente estudo é de propriedade do Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária - GEPPASV da UFSM. Trata-se do Perfilômetro Ciberlaser, que foi desenvolvido e fabricado no Brasil pela empresa Cibernétrica Equipamentos e Serviços Ltda. Na Figura 48 é apresentado o Perfilômetro utilizado e identificadas as principais partes constituintes.

Os levantamentos de irregularidade longitudinal com este equipamento foram realizados: no levantamento final da 1ª camada de CA do Trecho BR-287/RS, em todas as camadas estruturais do Trecho ERS-509 e em todos os levantamentos do Trecho BR-392/RS. Por se tratar de uma aquisição recente do GEPPASV, o mesmo encontrava-se em processo de aquisição, instalação/calibração, impossibilitando a sua utilização já nas primeiras fases executivas do Trecho BR-287/RS, contrariamente ao Merlin.

Figura 48 – Perfilômetro Ciberlaser



Fonte: Acervo próprio.

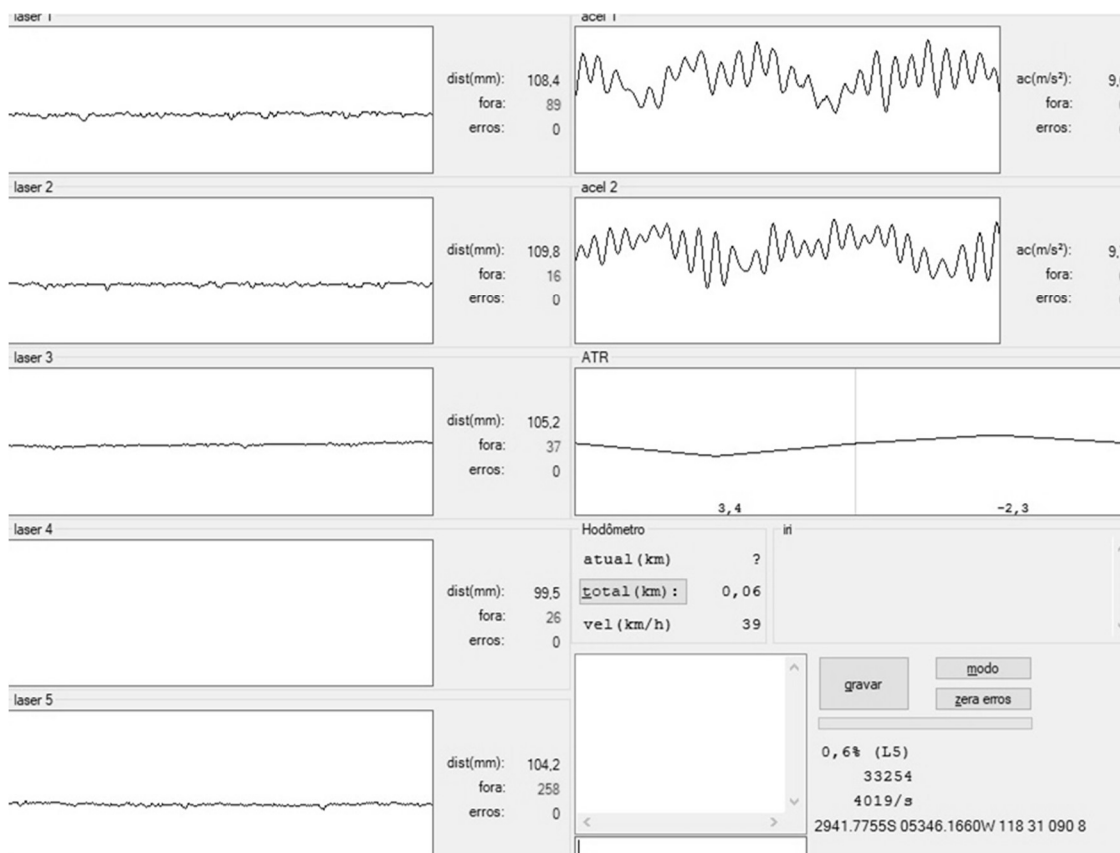
Além das partes identificadas na Figura 48, fazem partes do equipamento um hodômetro, um sistema de aquisição de dados (hub) e o software CiberLogger. O hodômetro está fixado em uma das rodas traseiras e é responsável por realizar as medições de distância percorrida e velocidade. O hub é instalado no interior do veículo

e é responsável por transformar os sinais medidos pelos lasers, acelerômetros e hodômetro em sinais digitais, para que possam ser analisados no microcomputador.

No microcomputador está instalado o software CiberLogger que é alimentado com informações de distância entre os lasers, nome do operador, rodovia, sentido e outras observações pertinentes, tal como marcos quilométricos, imperfeições do segmento, lombadas etc. A Figura 49 apresenta a interface do software Ciberlogger.

Durante o levantamento, é possível acompanhar em tempo real o curso dos cinco sensores a laser, que indicam a distância entre o laser e o pavimento; as medidas não realizadas por se encontrarem fora do curso útil e também por apresentarem mensagens de erro. Assim como os sensores a laser, os acelerômetros também são monitorados em tempo real, para garantir que não ocorram falhas no sistema durante o levantamento de dados.

Figura 49 – Interface do software CiberLogger



Fonte: Acervo próprio.

Ainda na interface do CiberLogger, é possível monitorar o afundamento instantâneo na trilha de roda, informações do hodômetro (posição atual do veículo,

distância total percorrida desde a entrada no software e a velocidade atual do veículo) e visualizar um valor preliminar para irregularidade (IRI).

A metodologia adotada para a realização dos levantamentos segue as instruções recomendadas no manual do perfilômetro CiberLaser. Foi desenvolvida uma sequência de etapas, desde o levantamento até o processamento dos dados, de forma a garantir que todos os dados fossem levantados e tabulados seguindo as mesmas premissas. Devido aos diversos pontos e distintas camadas de medição de IRI, optou-se por passar uma única vez em cada local, a cada ida ao campo

Após os levantamentos, os dados são processados com o auxílio do software CiberShell. Essa ferramenta possibilita configurar algumas variáveis que serão consideradas no processamento, bem como definir quais dados serão apresentados no relatório final. A interface do software CiberShell é apresentada na Figura 50.

Figura 50 – Interface do programa CiberShell

The screenshot shows the CiberShell software interface with the following configuration options:

- Pre processamento:** Média (mm) set to 150, Picos (%) set to 10.
- Perfil:** Intervalo (mm) set to 500. Checkboxes for 1, 2, 3, 4, 5, and MT are visible, with 1 and 5 checked.
- Relatórios:** Trecho (m) set to 10, Intervalo IRI (mm) set to 250. The "IRI contínuo" checkbox is checked.
- Colunas do Relatório:** A list of 8 report columns with checkboxes for each:

Column	1	2	3	4	5
1: IRI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2: IRI média	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3: QI	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4: QI média	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5: OBS	<input checked="" type="checkbox"/> Incluir placas de km				
6: Velocidade					
7: GPS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8: ATR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fonte: Acervo próprio.

Na aba “Processamento” as variáveis configuradas foram:

- a) Média: Esse campo indica o comprimento da média móvel, utilizada para retirar o efeito da textura do pavimento no cálculo do IRI. O manual do equipamento recomenda o uso de um valor de média entre 100 e 250 mm. Valor adotado de 150mm;
- b) Picos: Expressa o percentual das medidas do perfilômetro que podem ser descartadas no cálculo do IRI. Adotado 10% por sugestão do fabricante;
- c) Trecho: Define o tamanho dos segmentos que o software usará para fazer a média nos dados de saída do relatório. Foi utilizado 10m;
- d) Intervalo: Representa o intervalo entre pontos do perfil que será usado no cálculo do IRI. Recomendação ASTM 950/2008 é 250 mm, valor adotado;
- e) IRI contínuo.

Após o processamento dos dados, o software CiberShell gera um relatório em formato de planilha eletrônica (Excel). Para o Trecho BR-287/RS, onde serão comparados os levantamentos do Perfilômetro com o Merlin, foi determinada uma média de irregularidade para cada segmento analisado de acordo com as observações anotadas durante os levantamentos com o perfilômetro. Essa média do índice de irregularidade será comparada com os dados obtidos através do Merlin para os cinco segmentos, sendo analisadas as quatro trilhas de rodas da pista implantada. Já nos Trechos ERS-509 e BR-392/RS, os IRIs considerados são a média de cada 10 metros, para os pontos levantados.

3.3 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO CONSTRUTIVO

Para a identificação dos fatores construtivos que contribuem para o aumento da irregularidade longitudinal, foi realizado o acompanhamento executivo. Inicialmente os trechos foram demarcados para facilitar a análise dos dados após a fase de campo. No trecho da BR-287/RS, as demarcações foram realizadas nas próprias estacas da obra; no trecho da ERS-509, as demarcações foram realizadas nas barreiras de concreto que se encontravam nas extremidades da plataforma e no trecho BR-392/RS, as demarcações foram realizadas no acostamento. Com os segmentos demarcados, foi possível amarrar as informações de campo com a localização definida.

Nos trechos em que a estrutura foi totalmente implantada (BR-287/RS e ERS-509) foram realizados, para as camadas subjacentes (sub-base e base),

acompanhamentos de maneira a analisar a sequência executiva adotada pelas construtoras; os equipamentos usados na distribuição dos materiais: os equipamentos utilizados na compactação/tratamento das camadas; e realizado acompanhamento dos ensaios após conclusão/liberação para execução da camada subsequente.

Durante a execução das camadas em concreto asfáltico, tanto dos trechos de implantação (BR-287/RS e ERS-509) como no trecho de restauração (BR-392/RS), foram acompanhadas e realizadas anotações do preparo da superfície pré-execução; de início e fim de cargas com material (CA); dos equipamentos utilizados na distribuição do concreto asfáltico; dos equipamentos usados na compactação; da sequência executiva adotada pelas construtoras; da pressão de inflação dos pneus dos rolos pneumáticos; do número de passadas/cobertura realizado com cada tipo de rolo; abertura da mesa da vibroacabadora e altura de material distribuído solto, regulada na vibroacabadora.

Ainda no acompanhamento das camadas em concreto asfáltico foram realizadas anotações relativas às localizações de juntas longitudinais e transversais construtivas; segmentos com problemas na distribuição do material pela vibroacabadora; tempo de espera entre uma carga e outra; segmentos executados em condições climáticas inadequadas; entre outras situações.

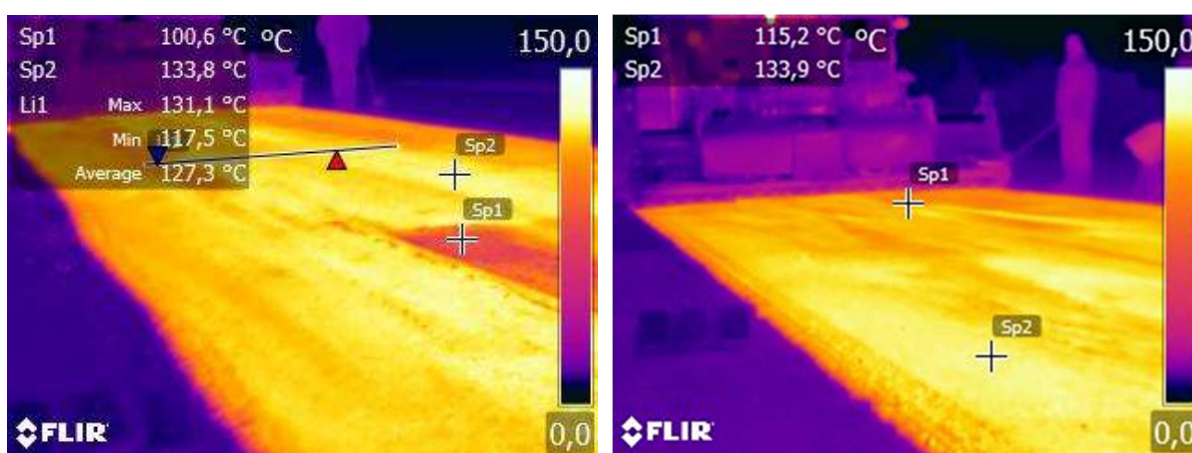
O controle da temperatura do concreto asfáltico do primeiro trecho monitorado (BR-287/RS) foi realizado com termômetro bimetálico, possibilitando a quantificação da temperatura em pontos limitados. Conforme será abordado no item 4.2.1.3, ocorreu interrupção no fornecimento do concreto asfáltico, provocando longa espera entre uma carga e outra durante a execução deste trecho. Essa situação provocou a queda de temperatura da massa asfáltica presente na mesa da vibroacabadora. Tal fato dificultou o processo de compactação, ocasionando uma série de emendas transversais com altos índices de irregularidade longitudinal, fazendo com que a metodologia de monitoramento de temperatura passasse a ser realizado de maneira mais abrangente com o auxílio de uma câmera termográfica.

3.3.1 Monitoramento da temperatura do concreto asfáltico com câmera termográfica

Como foi verificado no primeiro trecho (BR-287/RS) que a temperatura do CA está diretamente relacionada com os índices de irregularidade longitudinal inicial,

foram realizados monitoramentos da temperatura nos demais trechos acompanhados em CA (ERS-509 e BR-392/RS) com a câmera termográfica FLIR T440. A grande vantagem da câmera termográfica em relação ao termômetro bimetálico é de permitir a avaliação da temperatura em toda a área de abrangência da fotografia, conforme mostra as imagens da Figura 51.

Figura 51 - Imagens termográficas registradas durante acompanhamento executivo nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

A câmera infravermelha utilizada apresenta amplitude térmica de -20°C à 1200°C . Antes de realizar as imagens em infravermelho, a câmera foi configurada com os parâmetros específicos para o ambiente de trabalho em obras rodoviárias. A temperatura ambiente, a emissividade em 0,90 conforme recomendação de FACCIN et al., (2015) e umidade relativa do ar foram alguns fatores necessários para adequada calibração do equipamento. Para facilitar a localização das imagens termográficas registradas, usou-se um dispositivo (placa) que permitiu a localização da fotografia no trecho, conforme Figura 52.

Figura 52 - Acompanhamento de processo construtivo com câmera infravermelha nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

As imagens registradas durante a execução foram tratadas no software FLIR Tools. Nesse software, é possível visualizar os diferenciais de temperatura no plano de execução e identificar as áreas em que a temperatura do CA encontrava-se abaixo das especificações do serviço.

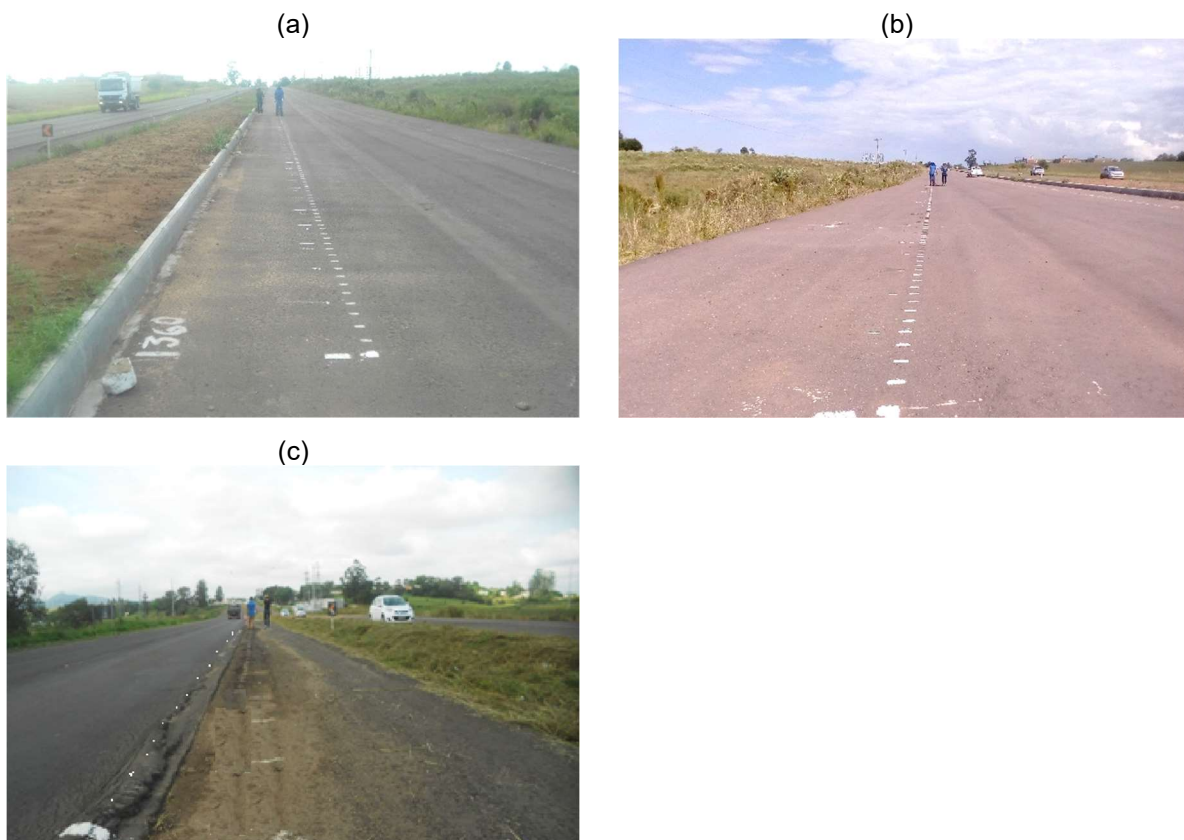
3.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL DOS ESQUIPAMENTOS: MERLIN, PEFILÔMETRO E NÍVEL E MIRA

Foram avaliados os equipamentos de medição de irregularidade longitudinal disponíveis para a realização da presente pesquisa: Método Nível e Mira, Merlin e Perfilômetro. Para isso foram realizados levantamentos simultâneos com os diferentes equipamentos em segmentos com distintas condições de superfície.

Para tal análise, foram selecionados três segmentos de 100 m, sendo um segmento classificado segundo DNIT (2006) com condição de superfície “Excelente”

- Figura 53(a) ($IRI < 1,9$ m/km), um segmento classificado com condição de superfície entre “Boa a Regular” - Figura 53(b) ($IRI < 3,5$ m/km) e um segmento classificado com condição de superfície de “Ruim a Péssima” - Figura 53(c) ($IRI > 3,5$ m/km). Os três segmentos são constituídos de concreto asfáltico, localizados em tangente e em perfil plano.

Figura 53 – Superfícies levantadas para avaliação dos sistemas de medição do Nível e Mira, Merlin e Perfilômetro nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

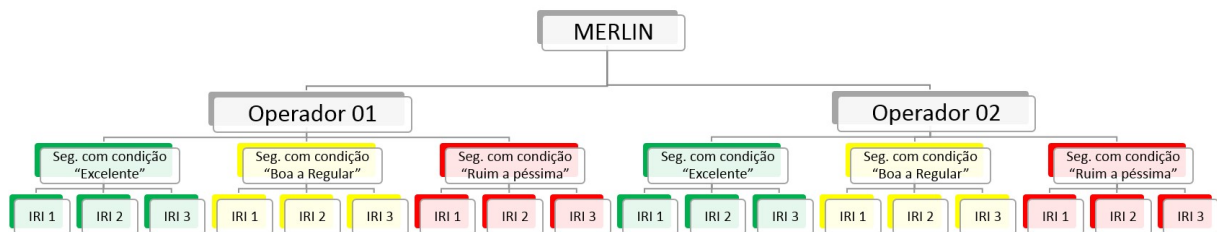
Com a avaliação individual dos equipamentos, foi possível avaliar se os sistemas apresentam reprodutibilidade que consiste em avaliar se ocorreu ou não variação nos dados obtidos por diferentes operadores. Também foi analisada a repetibilidade, que consiste em um mesmo operador apresentar resultados semelhantes ao operar várias vezes o equipamento sob as mesmas condições de superfície.

3.4.1 Avaliação do sistema de medição composto pelo equipamento Merlin

Realizar levantamento de irregularidade longitudinal com o equipamento Merlin é um processo relativamente simples. No entanto, por tratar-se de um equipamento totalmente manual e com indicador analógico, está susceptível à experiência do operador, tanto no posicionamento do equipamento, como nos possíveis erros de paralaxe na leitura do ponteiro.

Com o intuito de avaliar a confiabilidade dos dados obtidos por esse sistema de medição, foram realizados levantamentos com dois operadores distintos, sendo que ambos repetiram o ensaio três vezes nas três superfícies distintas (“Excelente”, “Boa a Regular” e “Ruim a Péssima”). No total foram realizados nove ensaios por operador, conforme apresentado na Figura 54. Desse modo foi possível avaliar a repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição para cada uma das superfícies estudadas.

Figura 54 - Árvore de amostragem para avaliação do Merlin nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Com os resultados desse experimento foi possível entender:

- A influência do operador nos resultados obtidos para cada tipo de superfície, ou seja, o operador pode ter maior influência nos resultados dos dados em um determinado tipo de superfície e;
- O comportamento do conjunto Merlin mais operador para cada tipo de superfície, ou seja, o sistema pode apresentar boa repetitividade e reprodutibilidade para um tipo de superfície, mas apresentar resultados insatisfatórios para as demais condições de irregularidade.

Os segmentos foram demarcados por uma linha para garantir que todos os ensaios fossem realizados nas mesmas condições de irregularidade. As leituras foram realizadas espaçadas a 0,50 m uma das outra, conforme viria a ser adotado nos

demais levantamentos do presente estudo. Durante os levantamentos, os operadores intercalaram os ensaios para que não sofressem influência do cansaço devido à repetição do ensaio.

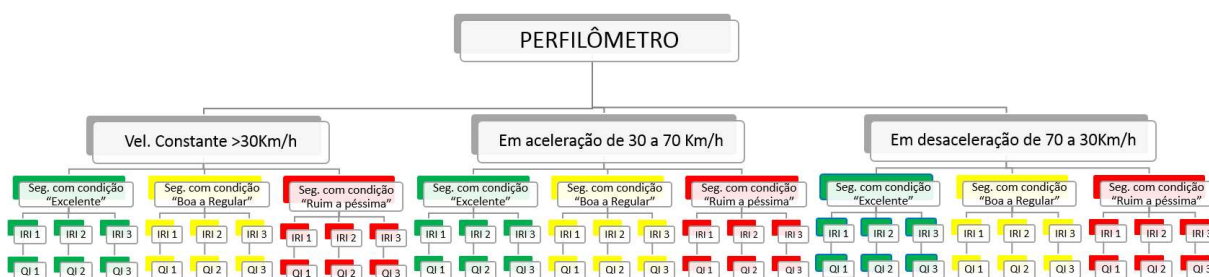
No processamento dos dados, traçou-se o histograma de frequência das leituras e foram descartados 10% dos valores (conforme descrito também no item 3.2.1.1), determinando, assim, a largura característica do histograma "A". A partir do histograma, calculou-se o Índice de Irregularidade Longitudinal, através das equações 1 e 2, já apresentadas no item 2.1.2.8 da revisão.

3.4.2 Avaliação do sistema de medição composto pelo Perfilômetro

A avaliação desse sistema de medição foi realizada nos mesmos trechos onde foram realizados os ensaios com o Merlin e Nível e Mira. Com o intuito de investigar o efeito da velocidade nos dados gerados pelo Perfilômetro, foram realizados ensaios com diferentes velocidades.

Os levantamentos foram realizados com a velocidade constante (50 km/h), em aceleração (30 a 70 km/h) e em desaceleração (70 a 30 km/h). Para as diferentes situações os ensaios foram repetidos três vezes para cada uma das três superfícies, totalizando nove ensaios para cada velocidade proposta, conforme esquema apresentado na Figura 55.

Figura 55 - Árvore de amostragem para avaliação do Perfilômetro nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

A partir dos resultados do experimento, tem-se um entendimento acerca de:

- A influência da velocidade para cada um dos tipos de superfície: se a aceleração/desaceleração pode causar variações consideráveis nos resultados das medições;

b) O comportamento do equipamento para os diferentes tipos de superfície.

Todos os levantamentos (aceleração, constante e desaceleração) foram realizados sobre a linha demarcatória com o mesmo motorista do veículo. No processamento dos dados, as variáveis configuradas no programa CiberShell foram as mesmas elencadas no item 3.2.1.2.

Após o processamento dos dados, o software CiberShell gera um relatório em formato de planilha eletrônica (Excel). Para que possa ser possível comparar os dados do perfilômetro com os dados obtidos através dos equipamentos Merlin e método nível e mira, foi realizada uma média dos valores de IRI que são apresentados de 10 em 10 m (na planilha eletrônica) para o segmento completo que corresponde a 100 m.

3.4.3 Avaliação do sistema de medição - Método Nível e Mira

A norma DNER - ES 173/86 Método Nível e Mira orienta que as leituras de perfil sejam realizadas a cada 0,50m, porém, alguns autores tais como Sayers et al. (1986) e Barella (2008) orientam que para a determinação de irregularidade longitudinal os espaçamentos das leituras de perfil sejam reduzidos. Barrela (2008) enfatiza que pelo fato da Norma Brasileira (DNER - ES 173/86) ter mais de 30 anos, a diminuição do espaçamento para 0,25 m seria um grande avanço, tendo em vista que em sua pesquisa ficou evidenciado que a variabilidade dos resultados observados diminuiu consideravelmente com a diminuição do espaçamento.

Com o objetivo de avaliar a variação dos dados obtidos através das diferentes formas de processamento, os dados foram levantados a cada 0,25 m e, no momento do processamento, esses foram processados a cada 0,25 m e, posteriormente, foram filtrados e descartados os pontos intermediários (para o processamento a cada 0,50 m). Logo, foi realizado um levantamento único (a cada 0,25 m) em três superfícies com condições de rolamento distintas (“Excelente”, “Boa a Regular” e “Ruim a Péssima”), conforme apresentado na Figura 56.

A partir de tais resultados é possível avaliar: quando emprega-se a Norma DNER - ES 173/86 (espaçamentos de 0,50 m), está-se superestimando ou subestimando a irregularidade longitudinal e o quanto a distância entre as leituras influencia na variação dos resultados para cada tipo de superfície.

Figura 56 - Árvore de amostragem do Método Nível e Mira nesta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

No processamento do quociente de irregularidade (QI) seguiu-se a metodologia da Norma DNER - ES 173/86, em que foram empregadas as Equações 4, 5, 6 e 7 apresentadas no item 2.1.2.10 do capítulo 2 desta dissertação.

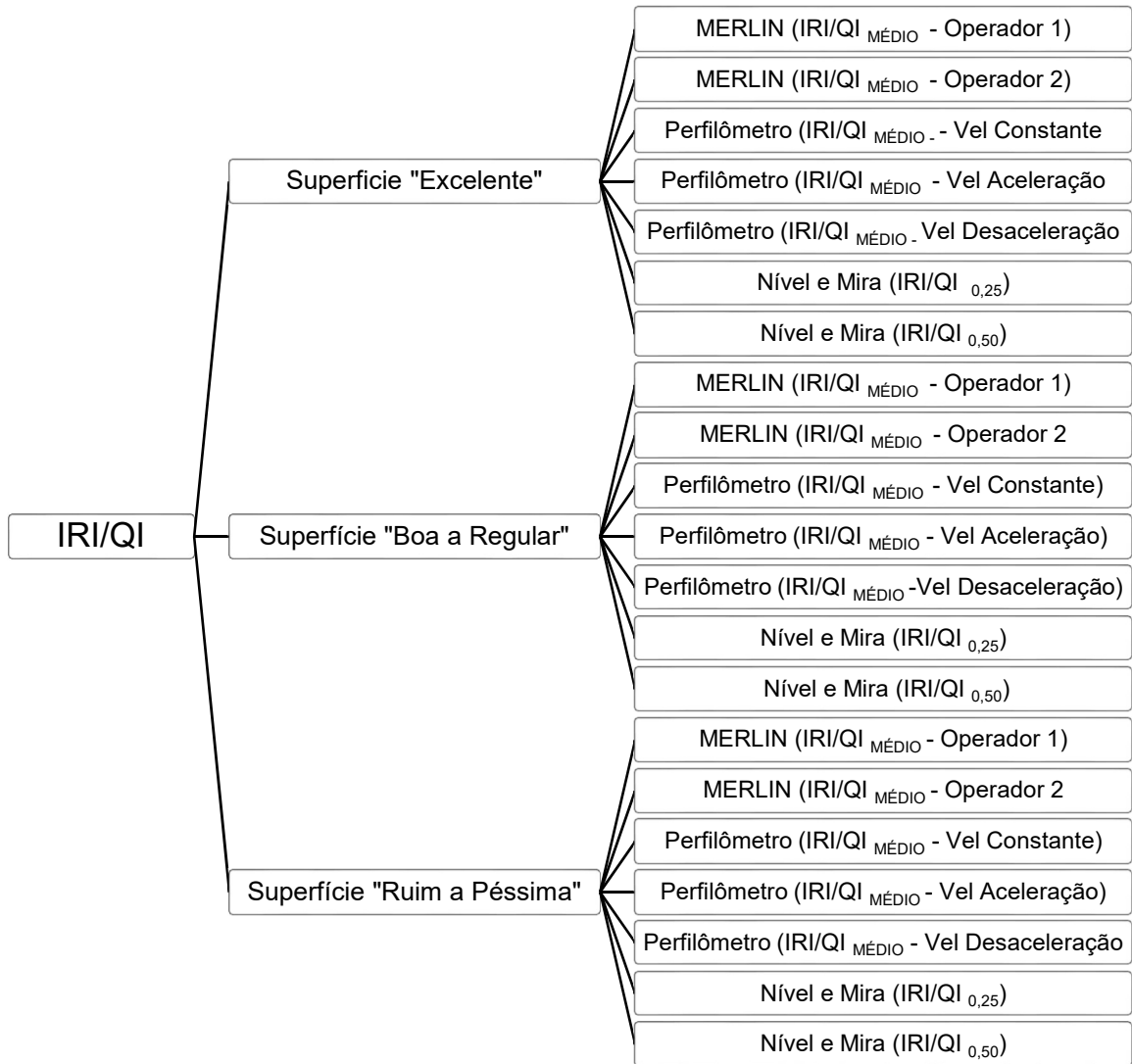
Já para o cálculo do índice de irregularidade longitudinal (IRI), foi observada a metodologia apresentada por Sayers et al. (1986) que faz uso de matriz de transição de estado. A sequência de cálculo foi apresentada no item 2.1.4 do capítulo 2 desta dissertação.

3.4.4 Correlação dos dados de irregularidade longitudinal obtido por diferentes equipamentos

Para facilitar a análise dos dados, optou-se por estruturar a análise separadamente para cada tipo de superfície. Os dados obtidos nos experimentos descritos nos itens 3.4.1, 3.4.2 e 3.4.3 foram correlacionados conforme o esquema da Figura 57, para a escala IRI (m/km) e para a escala QI (cont./km). Como o equipamento Merlin fornece apenas dados de irregularidade longitudinal, na escala IRI (m/km) empregou-se a equação de correlação desenvolvida por Barella (2008) dada pela Equação 21 apresentada no item 2.1.4 do capítulo 2 desta dissertação.

A partir da análise de correlação apresentada na Figura 57 foi possível avaliar se os diferentes sistemas de medição apresentam resultados satisfatórios, e quais equipamentos apresentam uma melhor correlação.

Figura 57 - Esquema de correlação dos dados de irregularidade longitudinal para as diferentes superfícies através de diferentes métodos

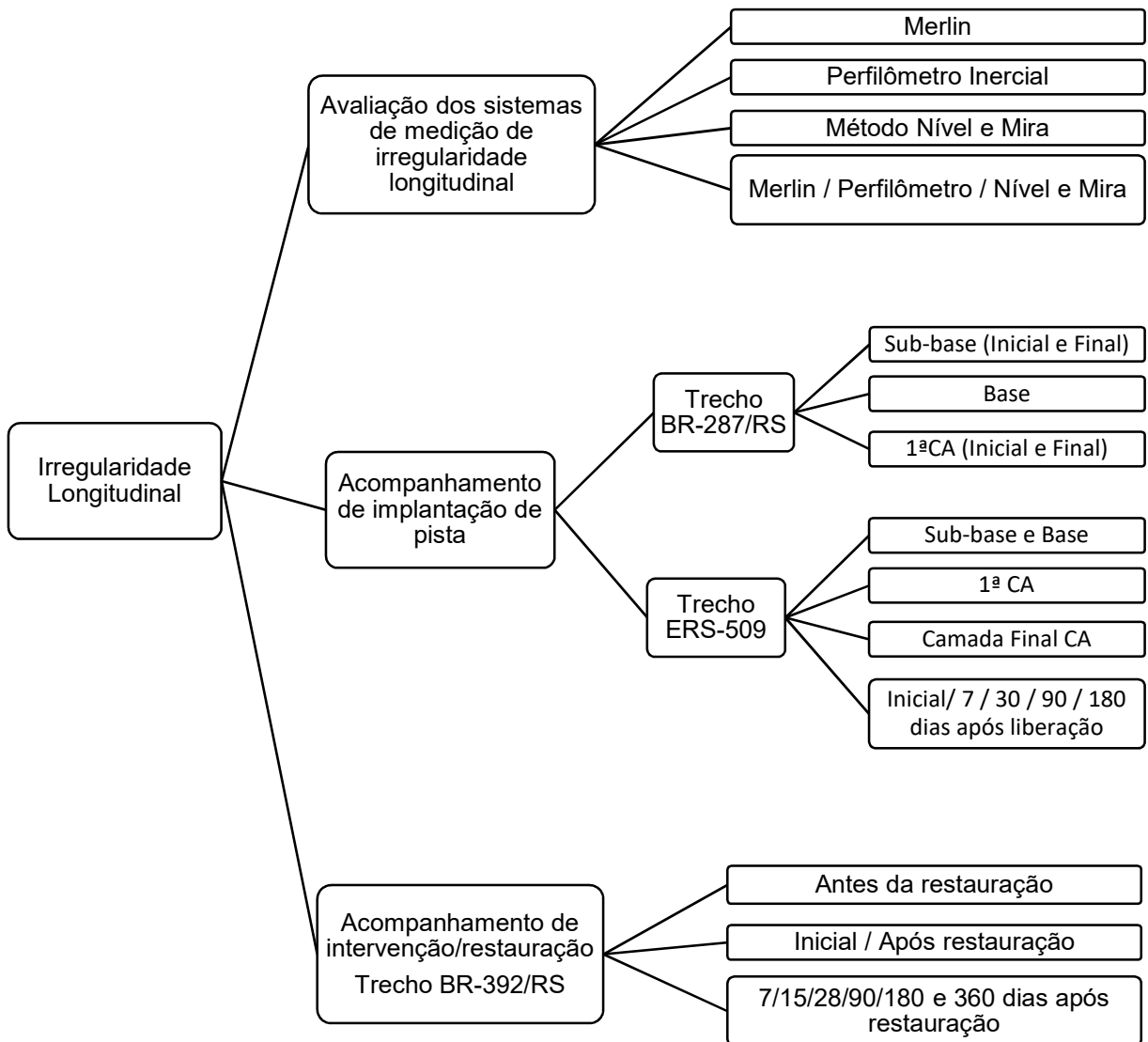


Fonte: Acervo próprio.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Os resultados estão apresentados em três grandes itens, sendo estes: avaliação dos equipamentos de medição de irregularidade longitudinal; acompanhamento da irregularidade em trechos de implantação (BR-287/RS e ERS-509) e acompanhamento de IRI em um trecho de restauração do pavimento existente (BR-392/RS). Os resultados e análises estão organizados conforme o diagrama da Figura 58.

Figura 58 – Esquema de apresentação dos resultados e análises desta dissertação



Fonte: Acervo próprio.

4.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS: MERLIN, PERFILÔMETRO E MÉTODO NÍVEL E MIRA

A avaliação dos equipamentos Merlin, Perfilômetro e Nível e Mira foi realizada para verificar o comportamento dos três sistemas de medição em diferentes condições de superfície. Os sistemas de medição foram avaliados individualmente em superfícies com condição de rolamento “Excelente”, “Boa a Regular” e “Ruim a Péssima”, com objetivo de inferir a robustez dos sistemas nas distintas superfícies, ou seja, verificar a repetibilidade e reprodutibilidade dos diferentes sistemas de medição para cada tipo de superfície.

Os mesmos trechos de superfície “Excelente”, “Boa a Regular” e “Ruim a Péssima”, foram levantados com os três sistemas de medição e a partir de tal, foi possível realizar um comparativo dos sistemas de medição para cada tipo de superfície estudada.

4.1.1 Avaliação da reprodutibilidade e repetibilidade do equipamento Merlin

Os levantamentos de irregularidade longitudinal foram realizados e processados conforme abordado no item 3.4.1. Os resultados obtidos pelos dois operadores, nas distintas superfícies são apresentados na Figura 59.

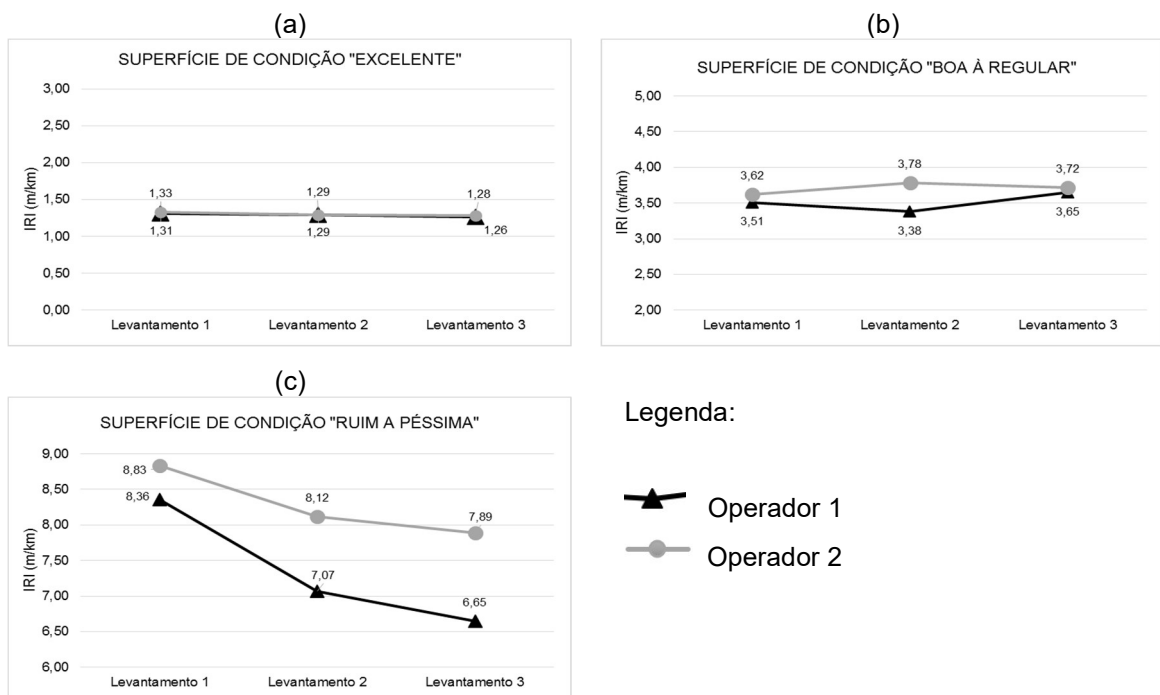
Para segmentos com condição de superfície “Excelente”, ou seja, com baixos índices de irregularidade longitudinal e inexistência de defeitos na superfície, esse sistema de medição apresentou resultados consistentes (Figura 59 (a)). É possível verificar que a influência do operador nos resultados é pouco significativa. A maior variação entre os operadores ficou em torno de 5%, confirmando que esse sistema apresenta uma boa reprodutibilidade para essa condição de superfície. Também é possível observar que o mesmo operador consegue repetir o ensaio com pequena variação (menor que 4%), comprovando que esse sistema de medição apresenta uma boa repetibilidade nessas condições do pavimento.

Para segmentos com condição de superfície “Boa a Regular”, ou seja, com razoáveis índices de irregularidade longitudinal e alguns defeitos isolados na superfície, esse sistema de medição apresentou maior variação (Figura 59 (b)) que na superfície “Excelente”. Entre operadores, a variação ficou em torno de 10%, isto é, nesse tipo superfície a experiência do operador tem maior influência na

reprodutibilidade dos dados. O operador que apresentava maior experiência com o equipamento apresentou menor variação (operador 2), ou seja, menor foi o desvio padrão. Com relação a repetibilidade, o operador 1 foi o que apresentou a maior variação, em torno de 7%. Constatou-se, durante os levantamentos, que o operador, muitas vezes, realizou ajustes para melhor posicionar o equipamento ou para melhor alinhá-lo sobre a linha demarcada. Estes movimentos e pequenos ajustes podem justificar estas variações na repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados.

Para segmentos com condição de superfície classificada como “Ruim a Péssima”, ou seja, com altos índices de irregularidade e diversos e constantes defeitos na superfície, o conjunto de medição composto pelo equipamento Merlin e operador não se comporta de forma a assegurar a confiabilidade dos dados. Observa-se na Figura 59 (c) que nem o operador conseguiu repetir o ensaio com baixa variação e nem o sistema apresenta uma boa reprodutibilidade, ou seja, existe uma diferença considerável entre os resultados dos operadores. A maior variação de reprodutibilidade ficou em torno de 25%, já a maior variação de repetibilidade ficou com o operador 2 em níveis próximos a 20%.

Figura 59 – Avaliação de sistema de medição do equipamento Merlin. Variáveis: Operador e superfície de levantamento



Fonte: Acervo próprio.

Observa-se, ainda, na Figura 59 (c), que ambos operadores apresentaram o mesmo comportamento, na medida em que os levantamentos foram sendo realizados, os índices obtidos foram sofrendo decréscimo. Tal comportamento pode ser justificado pelo observado durante os levantamentos: na medida em que iam sendo realizados os levantamentos, o operador reposicionava o equipamento, pois muitas vezes a base do equipamento não se encontrava em uma superfície regular impossibilitando o descanso e equilíbrio, fazendo-se necessário o reposicionamento.

Com base nas análises acima, conclui-se que esse sistema de medição (Merlin + operador) apresentam boa repetibilidade e reprodutividade para segmentos com índices de irregularidade de baixo a médios, ou seja, para superfícies com características de condição de “Excelente a Regular”. Contudo, para segmentos com altos índices de irregularidade longitudinal, os dados obtidos são muito variáveis e esse sistema de medição não apresenta boa repetibilidade e reprodutibilidade.

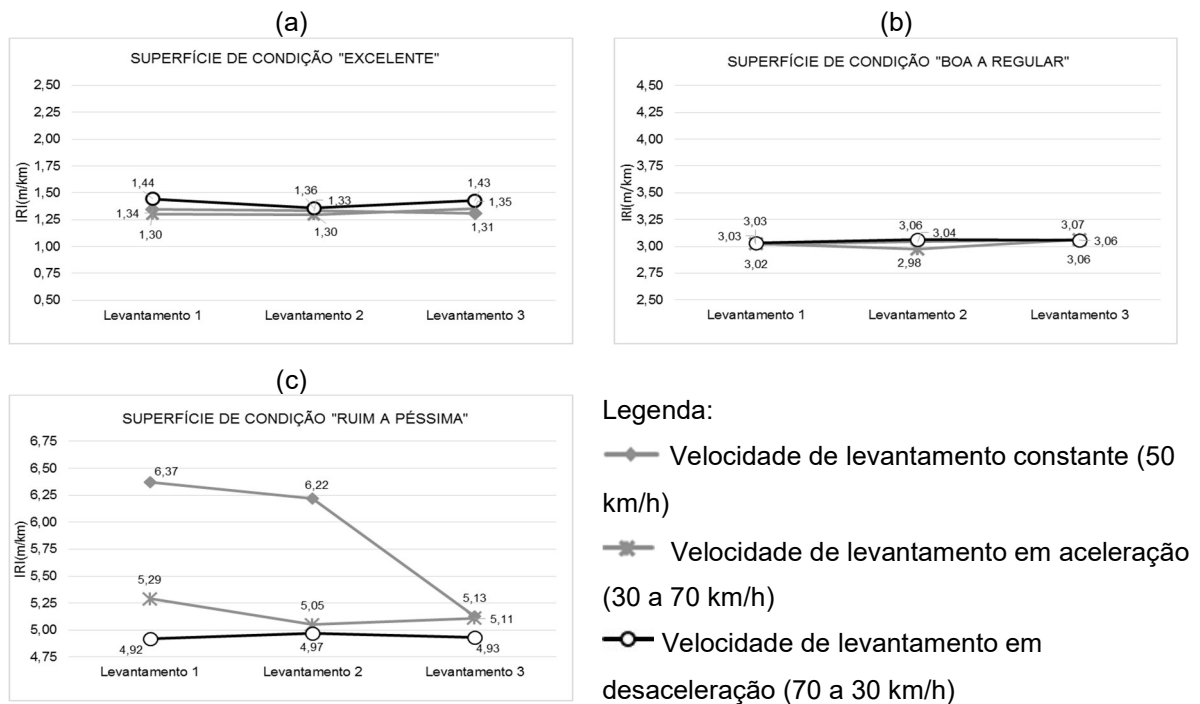
A utilização do equipamento Merlin é basicamente no controle tecnológico de implantação e restauração de pistas, nestas condições, o pavimento apresenta características de condições de rolamento de “Excelentes a Regulares”, logo, nas condições de maior utilização deste equipamento, verificou-se consistência nos dados gerados.

4.1.2 Avaliação da repetibilidade e da influência da velocidade do veículo nos dados do Perfilômetro

De acordo com a metodologia apresentada no item 3.4.2, foram realizados nove levantamentos com o perfilômetro para cada tipo de superfície – com diferentes velocidades, totalizando 27 ensaios. Os resultados obtidos nas diferentes velocidades (constante - 50 km/h, aceleração de 30 a 70 km/h e desaceleração de 70 a 30 km/h), nas distintas superfícies são apresentados na Figura 60.

Para superfícies com condição de rolamento de excelentes a regulares (Figura 60 (a) e (b)) esse sistema de medição apresentou baixa variação, independente da velocidade. A maior variação devido à velocidade encontrada é menor que 10% e a repetibilidade em torno de 5%. Pode-se concluir que, para tais superfícies, esse sistema de medição é robusto e apresenta resultados confiáveis, independente se o veículo está em velocidade constante, aceleração ou desaceleração.

Figura 60 – Avaliação de sistema de medição do equipamento Perfilômetro Inercial - Ciberlaser. Variáveis: Velocidade durante o levantamento e superfície de avaliação



Fonte: Acervo próprio.

Para a superfície com característica de rolamento de “ruim a péssima”, ou seja, com altos índices de irregularidade, o Perfilômetro apresentou alta variação devido à velocidade do levantamento e também na repetibilidade, em torno de 20%. Nos ensaios realizados em velocidade constante, ocorreu um grande acréscimo nos levantamentos 1 e 2, já no levantamento 3, o resultado está mais alinhado com os levantamentos realizados em outras condições de velocidade. Considerando apenas os ensaios em aceleração e desaceleração, a variação verificada ficou em níveis abaixo de 10%.

Cabe ressaltar que a variação verificada na velocidade constante talvez esteja relacionada à dificuldade executiva do levantamento em rodovias com más condições, já que o motorista, involuntariamente, pode realizar mudanças de direção para manter a integridade do veículo. Outra consideração pertinente é de que para superfícies consideradas “excelentes a regulares”, se o laser não passou exatamente no mesmo ponto, não trará reflexos tão expressivos nos resultados finais, pois trata-se de uma superfície homogênea – com pouca ou nenhuma variação na faixa de medição. Já para superfícies com defeitos, muitas vezes se o percurso do laser se deu a 1 cm de diferença, poderá captar ou não o defeito. Esses fatos podem justificar tal variação.

Com base no experimento realizado, pode-se afirmar que independente da velocidade de levantamento dos dados, o Perfilômetro apresenta repetibilidade para superfícies excelentes a regulares, sendo essas também as faixas recomendadas para a avaliação de repetibilidade dos resultados do equipamento sugerida por Barella (2008). Contudo, em superfícies irregulares (ruins a péssimas), existe uma variação maior, pois não é possível passar o laser exatamente na mesma posição. Recomenda-se para este tipo de superfície que o sistema seja reavaliado, não para afirmar que o mesmo apresenta ou não repetibilidade, apenas para confirmar que o índice irregularidade varia dentro da faixa ± 10 cm, considerando esse o percurso variável da passagem do laser.

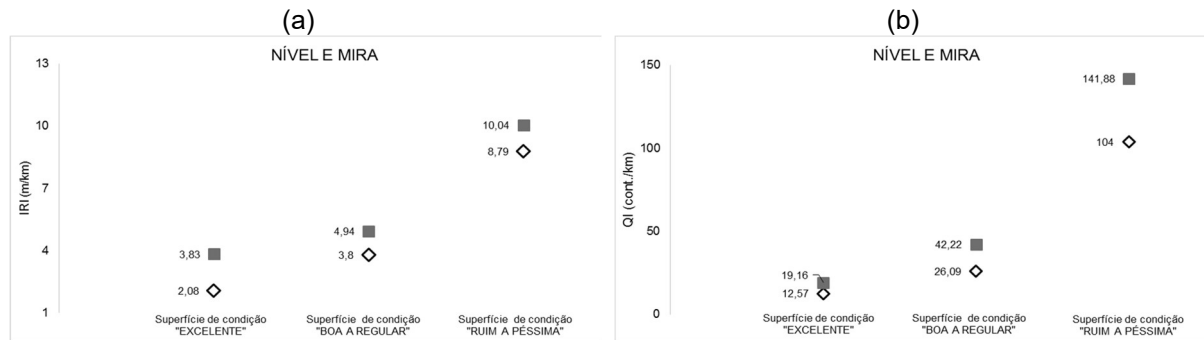
4.1.3 Avaliação do sistema de medição - Método Nível e Mira

O experimento com o sistema de medição Nível e Mira foi realizado conforme descrito no item 3.4.3. Apenas um levantamento para cada tipo de superfície foi realizado, totalizando três levantamentos de dados. Os resultados tanto para a escala de índice de irregularidade (IRI) quanto para a escala quociente de irregularidade (QI) são apresentados nas Figura 61 (a) e (b). O processamento dos dados ocorreu de duas formas, a cada 0,25 m e a cada 0,50 m. As planilhas com as memórias de cálculo são apresentadas nos Apêndices C ao L.

A partir dos dados processados e apresentados na Figura 61, fica evidente que quando é considerado um perfil mais espaçado, os índices de irregularidade encontrados são superiores aos encontrados quando considerando um perfil mais detalhado. Esse comportamento se repetiu para os três tipos de superfícies avaliadas, ou seja, quando considerados espaçamentos maiores, o levantamento ficou mais sensível a erros, pois quando diminui-se o espaçamento dos pontos de perfil, mais detalhado e real será o índice de irregularidade longitudinal obtido.

Esse fato corrobora com Sayers et al. (1986) que relata que a redução no espaçamento entre os pontos do perfil é benéfica para o cálculo do QI, na medida em que se reduz um erro aleatório que os espaçamentos maiores induzem no cálculo. O mesmo autor ainda contribui afirmando que, para grandes extensões, tal erro pode até passar despercebido, entretanto em segmentos menores é evidente. No caso, para o segmento de 100 m, ficou evidenciada tal influência.

Figura 61- Nível e mira - Comportamento da irregularidade (IRI e QI) nas diferentes superfícies. Variável: Forma de processamento dos dados levantados (0,25 e 0,50m)



Legenda:

- ◇ Dados processados a cada 0,25m.
- Dados processados a cada 0,50m.

Fonte: Acervo próprio.

Em termos práticos, a diminuição dos espaçamentos indica que sempre os dados gerados a partir do levantamento com perfilômetro os índices de irregularidade serão inferiores aos encontrados pelo Merlin e método Nível e Mira, considerando que o perfilômetro realiza medição do perfil a cada 1 cm aproximadamente, logo tem-se um perfil mais detalhado que possibilita o cálculo mais detalhado.

Observa-se também que para perfis com médios a baixos índices de irregularidade, maiores são as diferenças encontradas através das diferentes formas de processamento. Na Tabela 24 é possível verificar que o índice é superestimado em até 84%, no caso da superfície com "excelente" condição de rolamento.

Nesse experimento verificou-se que, para segmentos curtos, a utilização de perfis mais detalhados alcança valores mais representativos e menos variáveis, ou seja, mais próximos aos valores reais do segmento. Também constatou-se que as superfícies com baixos a médios índices de irregularidade são as que sofrem maior influência com a forma de processamento considerada. Logo, o experimento apresentou resultados semelhantes ao estudo de Barella (2008), quando afirmou que, com a diminuição do espaçamento dos pontos de perfil, se reduz a variabilidade dos dados e os dados encontrados são mais corretos e representativos.

Tabela 24 - Resumos dos índices de irregularidade encontrados para distintas condições de superfície nesta pesquisa. Variável: forma de processamento

Superfície	Forma de Processamento	IRI (m/km)	Variação (%)	QI (cont./km)	Variação (%)
Sup. Condição "Excelente"	A cada 0,25m	2,08	84,1%	12,57	52,4%
	A cada 0,50m	3,83		19,16	
Sup. Condição "Boa a Regular"	A cada 0,25m	3,79	30,3%	26,09	61,8%
	A cada 0,50m	4,94		42,22	
Sup. Condição "Ruim a Péssima"	A cada 0,25m	8,79	14,2%	104,00	36,4%
	A cada 0,50m	10,04		141,88	

Fonte: Acervo próprio.

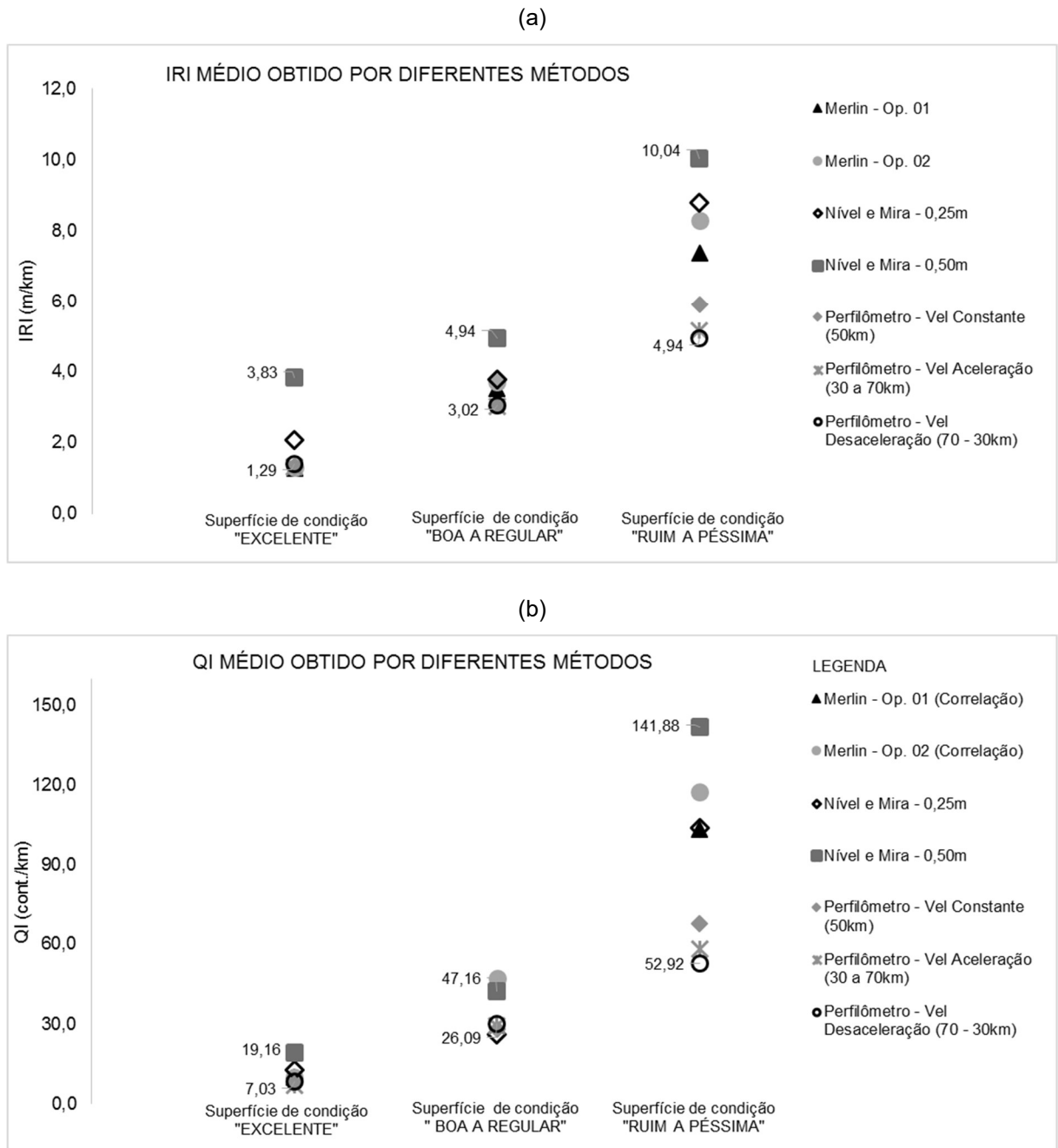
4.1.4 Avaliação da variação dos dados de irregularidade longitudinal por diferentes métodos

O objetivo dessa avaliação foi comparar os resultados obtidos pelos três sistemas de medições e verificar se os resultados são convergentes. Para facilitar o entendimento, os dados foram agrupados (médias das três medições) e separados para cada tipo de superfície, conforme apresentado na Figura 62 (a) para a escala IRI (m/km) e (b) para a escala QI (cont./km).

Para ambas as escalas (IRI e QI) são verificadas variações em função do método/equipamento utilizado. Nas diferentes condições de rolamento o método do Nível e Mira superestima os valores da irregularidade, se comparado com os demais sistemas. As maiores diferenças verificadas ocorreram entre o perfilômetro e o nível e mira (considerando o perfil mais espaçado a 0,50 m), principalmente em condições de superfície "ruim a péssima". Outra constatação que pode ser observada, agora na Tabela 25, é que nas superfícies de condições extremas (excelente e péssima) é que ocorrem as maiores variações – maior desvio padrão dos dados dependendo do método/equipamento utilizado.

Para a superfície com condição "excelente", os resultados obtidos com o perfilômetro foram muito similares aos obtidos com o equipamento Merlin. Os dados encontrados através do método do Nível e Mira apresentaram valores superiores e ainda com significativa variação, dependendo da forma do processamento (0,25 e 0,50 m). O Merlin, que é um equipamento simples e barato, garante a confiabilidade necessária.

Figura 62 - Resultados médios obtidos para irregularidade longitudinal (IRI e QI) através dos diferentes métodos



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 25 - Resultados médios obtidos para irregularidade longitudinal (IRI e QI) através dos diferentes métodos

Método / Média dos Levantamentos	Superfície Excelente (<1,9m/km)	Superfície Boa a Regular (2,7 a 3,5m/km)	Superfície Péssima (> 4,7m/km)
	IRI (m/Km)	IRI (m/Km)	IRI (m/Km)
Merlin - Op. 01	1,29	3,51	7,36
Merlin - Op. 02	1,30	3,71	8,28
Nível e Mira - 0,25m	2,08	3,79	8,79
Nível e Mira - 0,50m	3,83	4,94	10,04
Perfilômetro - Vel Constante (50km)	1,33	3,04	5,91
Perfilômetro - Vel Aceleração (30 a 70km)	1,32	3,02	5,15
Perfilômetro - Vel Desaceleração (70 - 30km)	1,41	3,05	4,94
Média	1,79	3,58	7,21
Desvio Padrão	0,94	0,68	1,95

Fonte: Acervo próprio.

Na superfície de condição de rolamento “boa a regular” ocorreram as menores variações entre todos os métodos (menor desvio padrão dos dados). O método do Nível e Mira com processamento a cada 0,5 m apresentou a maior variação entre os demais, sendo assim, o menos apropriado para tal tipo de superfície.

Para a superfície com altos índices de irregularidade (condição classificada entre “ruim a péssima”), foram encontradas as maiores variações, tanto variações entre os sistemas de medições, quanto entre os diferentes métodos do mesmo sistema. Contudo, apesar da variação, todos os resultados poderiam ser enquadrados na classificação da superfície de “Ruim a Péssima”. Nesse tipo de superfície, o sistema de medição Merlin apresentou resultados intermediários se comparados com o Perfilômetro e Nível e Mira. A variação encontrada entre o método Nível e Mira em relação ao Perfilômetro pode ser devido à resolução utilizada durante a medição. O Perfilômetro utilizado apresentava resolução de décimos de milímetros, enquanto o Nível e Mira a medição do perfil foi realizada em milímetros.

A partir dos dados obtidos através do perfilômetro, além da maior precisão, permite a localização exata de pontos críticos, por isso, deve-se levar em consideração o uso mais difuso de perfilômetros.

Correlacionando os três sistemas de medição avaliados, o método do Nível e Mira atendendo à recomendação da normatização nacional (leituras de perfil espaçadas a cada 0,5 m) para o cálculo do QI, foi o sistema que apresentou maiores variações. O Perfilômetro apresentou resultados coerentes em todos os tipos de superfície, sendo que, a partir desse sistema de medição, foram obtidos os menores índices de IRI, se comparado com os demais sistemas de medição. Os menores índices obtidos pelo Perfilômetro são justificados pelo levantamento do perfil mais detalhado (leituras a cada 1 cm aproximadamente) pois diminui, assim, o erro aleatório que os espaçamentos maiores induzem no cálculo do índice. Já o Merlin, apresentou algumas variações, principalmente ligadas à experiência dos operadores, no entanto, mostrou-se como uma boa alternativa para todos os tipos de superfície.

A partir destas avaliações, fica evidenciada a variação dos dados de irregularidade dependendo dos equipamentos utilizados no levantamento. Cabe ressaltar, então, o uso com cautela dos dados quando necessário comparar resultados de avaliações de irregularidade medidos com equipamentos distintos.

No presente trabalho foram utilizados os equipamentos Merlin e Perfilômetro em que se usou, principalmente para relacionar dados de maneira relativa, comparando-os em momentos distintos ou sobre camadas estruturais diferentes.

4.2 MONITORAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL NAS CAMADAS CONSTITUINTES DO PAVIMENTO – ACOMPANHAMENTO DE IMPLANTAÇÃO DE PISTA

Neste item são apresentados os processos construtivos acompanhados e as análises resultantes do monitoramento de irregularidade longitudinal durante as implantações de pistas. Os dados são apresentados e discutidos, camada por camada, e também serão correlacionados com os dados das camadas precedentes, afim de avaliar redução da irregularidade longitudinal e identificar fatores que possam ter influenciado nos resultados obtidos.

4.2.1 Discussão dos resultados obtidos no Trecho BR-287 – Implantação

4.2.1.1 Camada de sub-base - BGS

4.2.1.1.1 Processo Construtivo

A camada de sub-base, executada sobre a camada regularizada de terraplenagem, foi composta por 17 cm de brita graduada simples (BGS). O material caracterizado no item 3.1.1.1 foi transportado em caminhões basculantes até o segmento para posterior distribuição com a motoniveladora. Após o espalhamento foi realizado o umedecimento seguido de uma homogeneização com escarificador e posteriormente, a compactação com rolo liso.

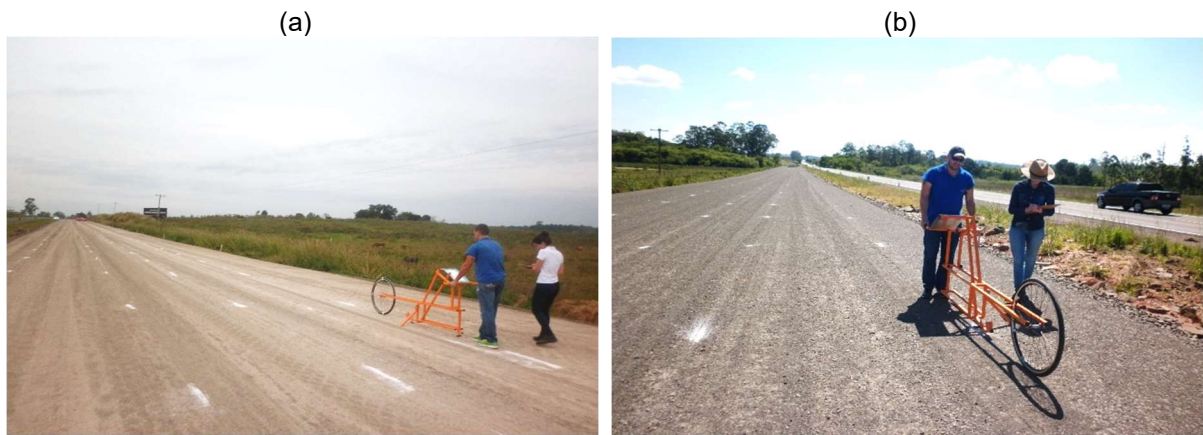
A equipe de topografia acompanhou a execução rotineiramente para possíveis necessidades de ajustes finais. Depois de concluída a camada foram realizados ensaios “*in situ*” para determinação do grau de compactação conforme procedimento DNER-ME 092/94 (Método do frasco de areia – Método de Ensaio) e determinada deflexão característica conforme DNER-ME 024/94 (Viga Benkelman – Método de Ensaio) nas trilhas de rodas externas da pista duplicada. Os resultados para o grau de compactação da camada foram maiores ou igual 100% e a deflexão característica para a borda esquerda foi de $55,78 \times 10^{-2}$ mm e para a borda direita de $60,86 \times 10^{-2}$ mm. O projeto executivo de pavimentação exige grau de compactação $GC \geq 100\%$ e deflexão característica $\leq 80 \times 10^{-2}$ mm, ou seja, as exigências de projeto foram atendidas.

4.2.1.1.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

Os levantamentos de irregularidade longitudinal na camada de sub-base foram realizados em duas etapas. A primeira etapa foi realizada logo após a conclusão e liberação da camada (Figura 63 (a)) em Junho/16. A segunda etapa, aproximadamente seis meses depois (Figura 63 (b)) em Dezembro/16. Nesse intervalo de seis meses, a camada de sub-base ficou exposta às condições climáticas e ao trânsito local da obra, sem qualquer tipo de proteção, e por esse fato, foram efetuados dois levantamentos. Para essa análise, os levantamentos foram realizados

nas quatro trilhas de rodas, apenas com o equipamento Merlin pois o Perfilômetro ainda não se encontrava disponível.

Figura 63 – (a) Levantamento realizado logo após conclusão e liberação da camada e (b) levantamento antes da execução da camada subsequente seis meses depois



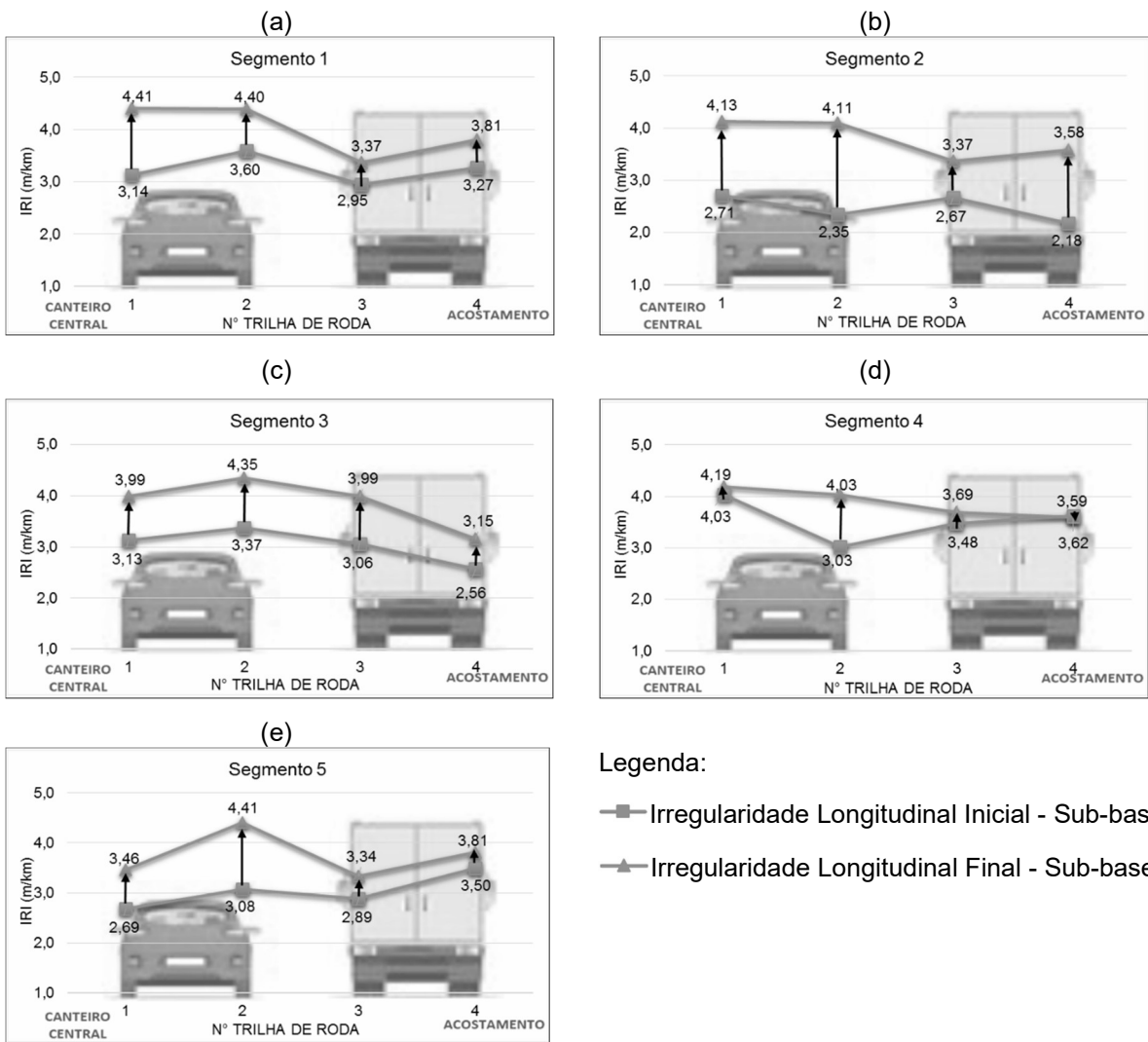
Fonte: Acervo próprio.

Conforme apresentado na metodologia, as leituras de perfil foram realizadas espaçadas 0,5 m uma da outra. A cada 100 m (segmento proposto), foram obtidas as 200 leituras de perfil necessárias para o processamento e determinação do parâmetro IRI.

Na Figura 64 são apresentados os valores de IRI (m/km) para cada segmento individual, nela estão relacionados os parâmetros obtidos do levantamento inicial com os obtidos no levantamento final.

Para os cinco segmentos apresentados na Figura 64, é possível observar que os parâmetros obtidos do levantamento inicial foram menores do que os obtidos no levantamento final. Houve um incremento médio no índice de irregularidade de 25,6%. Tal comportamento da superfície é justificado pelo período em que a camada ficou exposta ao clima e ao trânsito local da obra, sem qualquer tipo de proteção. Esse fato evidencia a importância de executar continuamente o pavimento, não deixando as camadas expostas às intempéries.

Figura 64 – Relação entre valores de IRI na camada de sub-base, condição inicial versus condição final. Análise transversal por segmento



Fonte: Acervo próprio.

Na Tabela 26 são apresentados os valores médios obtidos a partir dos pontos de medição de irregularidade longitudinal e, também os valores dos desvios padrões. O valor médio para a superfície na condição inicial era de 3,07 m/km aumentou para 3,86 m/km na condição final - devido à exposição da camada. Observa-se, também, que os maiores desvios estão localizados nas trilhas externas da plataforma, principalmente na condição inicial (maior desvio), indicando que, durante a execução dessas faixas mais externas da plataforma, a execução não foi realizada de maneira homogênea, podendo estar relacionada à dificuldade de realizar o tratamento da camada nas extremidades da plataforma construída em aterro.

Tabela 26 – IRI médio para a condição inicial e final da camada de sub-base no segmento da BR-287/RS desta pesquisa

Faixa de rolamento	Trilha de Roda (n°)	Média IRI INICIAL	Desvio Padrão IRI INICIAL (σ)	Média IRI FINAL	Desvio Padrão IRI FINAL (σ)
Interna	TR Externa (1)	3,14	0,54	4,03	0,35
	TR Interna (2)	3,09	0,47	4,26	0,17
Externa	TR Interna (3)	3,01	0,29	3,55	0,28
	TR Externa (4)	3,03	0,62	3,59	0,29
	Média	3,07	0,48	3,86	0,27

Fonte: Acervo próprio.

Pelo fato de a literatura não prever valores de referência para irregularidade longitudinal na camada de sub-base, os resultados foram comparados com os valores previstos para estradas não pavimentadas com manutenção. Segundo Sayers e Karamihas (1998), estradas não pavimentadas com manutenção apresentam valores de irregularidade longitudinal (IRI) na faixa de 3,5 a 10 m/km. Sendo assim, os dados levantados nessa camada podem ser equiparados com essa condição de via.

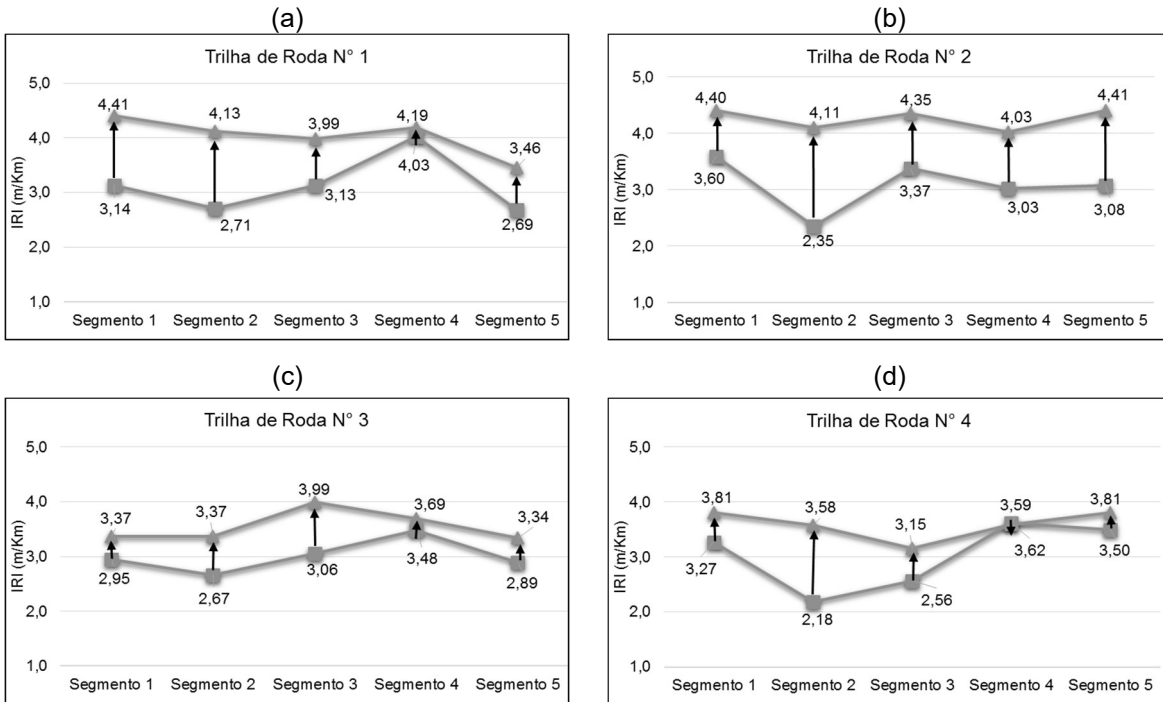
Na análise do comportamento individual de cada trilha de roda (análise longitudinal), conforme apresentado na Figura 65, fica evidenciado que a trilha de roda número 2 (b) foi a que apresentou um maior aumento no parâmetro. Essa trilha de roda, ao longo dos cinco segmentos, apresentou o parâmetro IRI na ordem de 4,0 m/km, sendo o maior índice obtido para a superfície na condição final.

As trilhas de rodas da faixa interna (n° 1 e 2), próximas ao canteiro central (Figura 65 (a) e (b)), foram as que apresentaram maior irregularidade longitudinal na condição final da superfície. O fato de a pista apresentar inclinação de 2% no sentido do canteiro central para o acostamento pode justificar esse incremento. É provável que a água das chuvas tenha carregado as partículas mais finas (de enchimento) para a faixa externa e as partículas mais finas da faixa externa para o talude/acostamento.

As leituras indicadas na escala do equipamento Merlin também foram analisadas. Se a leitura indicar valores entre 25 e 26 na escala, indica superfície “regular”. Se a leitura indicar valores entre 1 e 24, indica que o perfil apresenta um “abaulamento” em relação ao perfil ideal traçado pelos pontos de referência do equipamento. Se a leitura indicar valores entre 27 e 50, indica que o perfil apresenta um “afundamento” em relação ao perfil ideal traçado pelos pontos de referência do

equipamento. Partindo dessas premissas, foi possível quantificar o percentual de ocorrência de superfície regular, com abaulamentos e com afundamentos ao longo das quatro trilhas de rodas dos cinco segmentos, conforme apresentado na Figura 66.

Figura 65 – Relação IRI inicial e final nas quatro trilhas de rodas na camada de sub-base no segmento da BR-287 desta pesquisa– Análise longitudinal

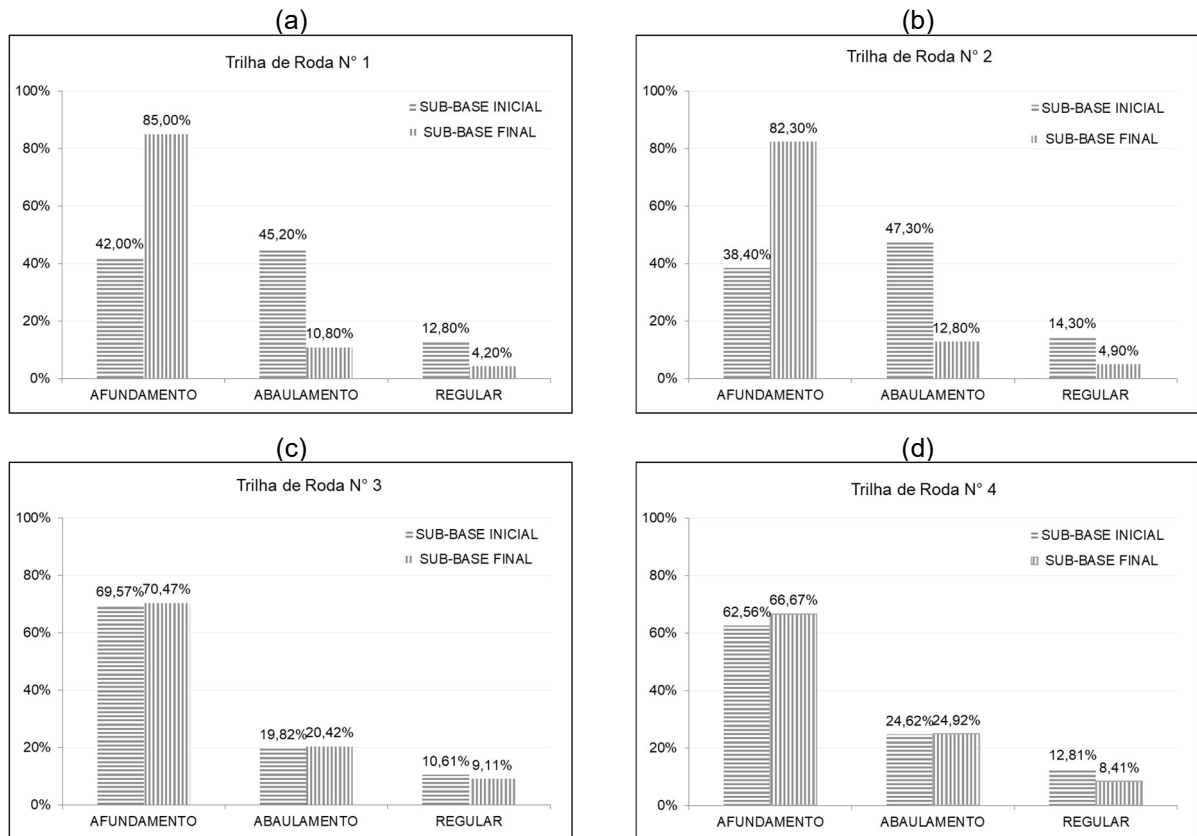


Legenda:

- Irregularidade Longitudinal Inicial -Sub-base
- ▲ Irregularidade Longitudinal Final - Sub-base

Fonte: Acervo próprio.

Figura 66 – Percentuais de ocorrência de “Afundamento”, “Abaulamento” e situação “Regular” em relação à superfície ideal projetada - Análise longitudinal das quatro trilhas de rodas no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Constatou-se que, nas trilhas de rodas n° 1 e 2 - faixa interna (Figura 66 (a) e (b)), a ocorrência de “afundamento” praticamente dobrou, se comparada com os resultados obtidos no levantamento inicial. Esse resultado indica que a faixa interna sofreu uma espécie de “lixiviação na superfície”, em que as partículas finas foram carreadas para a faixa externa e/ou acostamento.

Essa degradação deu-se devido ao somatório dos efeitos da chuva, trânsito local da obra e demais agentes climáticos que atuaram sobre a superfície sem proteção.

Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ao longo dos seis meses que a camada de sub-base ficou desprotegida, Santa Maria/RS registrou um total acumulado de chuva de aproximadamente 480 mm. É notável que a superfície sofreu degradação nesse período, conforme apresentado na Figura 67.

Figura 67 – (a) - Situação da superfície logo após conclusão da camada. (b) - Situação da superfície após 6 meses no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

4.2.1.2 Camada de base - BGS

4.2.1.2.1 Processo Construtivo

A camada de base foi executada sobre a camada de sub-base, também composta por 17 cm de brita graduada simples (BGS). O material caracterizado no item 3.1.1.2 passou pelo mesmo processo construtivo adotado na camada de sub-base. Análogo à camada anterior, depois de concluída a respectiva camada, foram realizados ensaios “*in situ*”.

Os resultados para o grau de compactação da camada foram maiores ou igual a 100% e a deflexão característica para a borda esquerda foi de $62,07 \times 10^{-2}$ mm e, para a borda direita, de $63,62 \times 10^{-2}$ mm. O projeto executivo de pavimentação exige grau de compactação maior ou igual a 100% e deflexão característica para a camada de base menor ou igual a 70×10^{-2} mm, e portanto as exigências foram atendidas.

Na sequência, a camada recebeu a aplicação de imprimação, que consiste na “aplicação de material asfáltico sobre a superfície de base concluída antes da execução do revestimento asfáltico. O objetivo é conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre essa e o revestimento a ser executado” (Norma DNIT 144/2014 – ES, 2014, p. 2). As características do material “Imprima” se encontram no item 3.1.1.3, e a aplicação do material foi realizada com caminhão espargidor, em que foi determinada taxa de aplicação conforme Norma DNIT 144/2014-ES, sendo os valores encontrados entre $0,88 \text{ l/m}^2$ a $1,02 \text{ l/m}^2$.

4.2.1.2.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

O processo de levantamento dos dados de irregularidade longitudinal na camada de base imprimada deu-se da mesma forma que os levantamentos da camada de sub-base. Distintamente da camada anterior, a camada de base não ficou exposta a intempéries. Por esse motivo, foi realizado apenas um único levantamento, após a sua execução/conclusão em Fevereiro/2017. O levantamento foi realizado somente com o equipamento Merlin (Perfilômetro ainda não encontrava-se disponível), também nas quatro trilhas de rodas, conforme Figura 68.

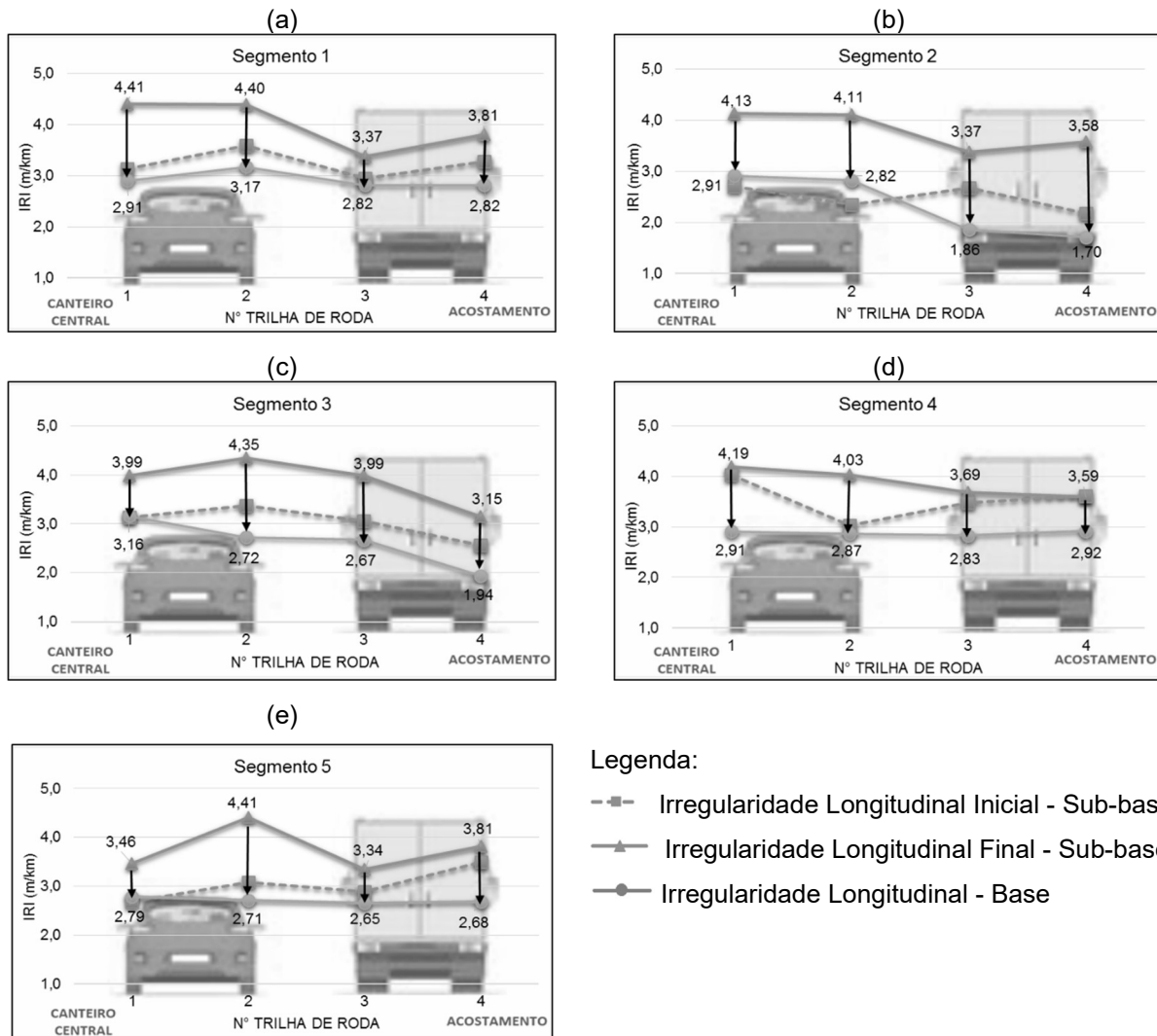
Figura 68 – Levantamento na camada de base imprimada com o equipamento Merlin no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Na Figura 69, são apresentados os valores de IRI (m/km) para cada segmento, relacionando os parâmetros obtidos na camada de base com os obtidos a partir do levantamento inicial e final da camada de sub-base.

Figura 69 – Comportamento da irregularidade longitudinal na camada de sub-base versus camada de base – Análise transversal por segmento no Trecho da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Conforme apresentado na Figura 69, os resultados obtidos para a camada de base foram bem similares aos obtidos no levantamento da camada de sub-base inicial. Tomando os valores médios, a redução do parâmetro IRI é praticamente insignificante, cerca de 4%. Este comportamento é justificado pelo fato de terem sido adotados os mesmos tipos de materiais (granulometria e jazida) e também o mesmo processo construtivo. No entanto, quando realizada a análise comparando com a condição final da camada de sub-base, a redução do parâmetro IRI ficou em torno de 30,31%.

Os valores médios para cada trilha de roda são apresentados na Tabela 27. Para a camada de base, observa-se que o desvio padrão aumenta no sentido da pista interna para o acostamento da faixa externa. Esse incremento no sentido transversal, indica que os valores de IRI próximo do acostamento (faixa externa) são mais variáveis, representando a não homogeneidade do tratamento dado à camada nesta faixa.

Os valores obtidos na camada de base variaram entre 1,70 a 3,17 m/km, sendo assim inferiores, se comparados com os previstos por Sayers e Karamihas (1998), que preveem para estradas não pavimentadas com manutenção valores de irregularidade longitudinal (IRI) na faixa de 3,5 a 10 m/km. Tal comparação foi realizada pelo fato de a literatura não prever valores de irregularidade longitudinal para camada de base.

Ainda, na Tabela 27, é possível observar a redução do IRI médio da superfície, que apresenta uma queda de aproximadamente 1,17 m/km, o que corresponde a uma redução de 30,31% no parâmetro IRI_m , sendo possível verificar, ainda, que as reduções chegaram na ordem de 32,86% para a trilha interna da faixa interna (2).

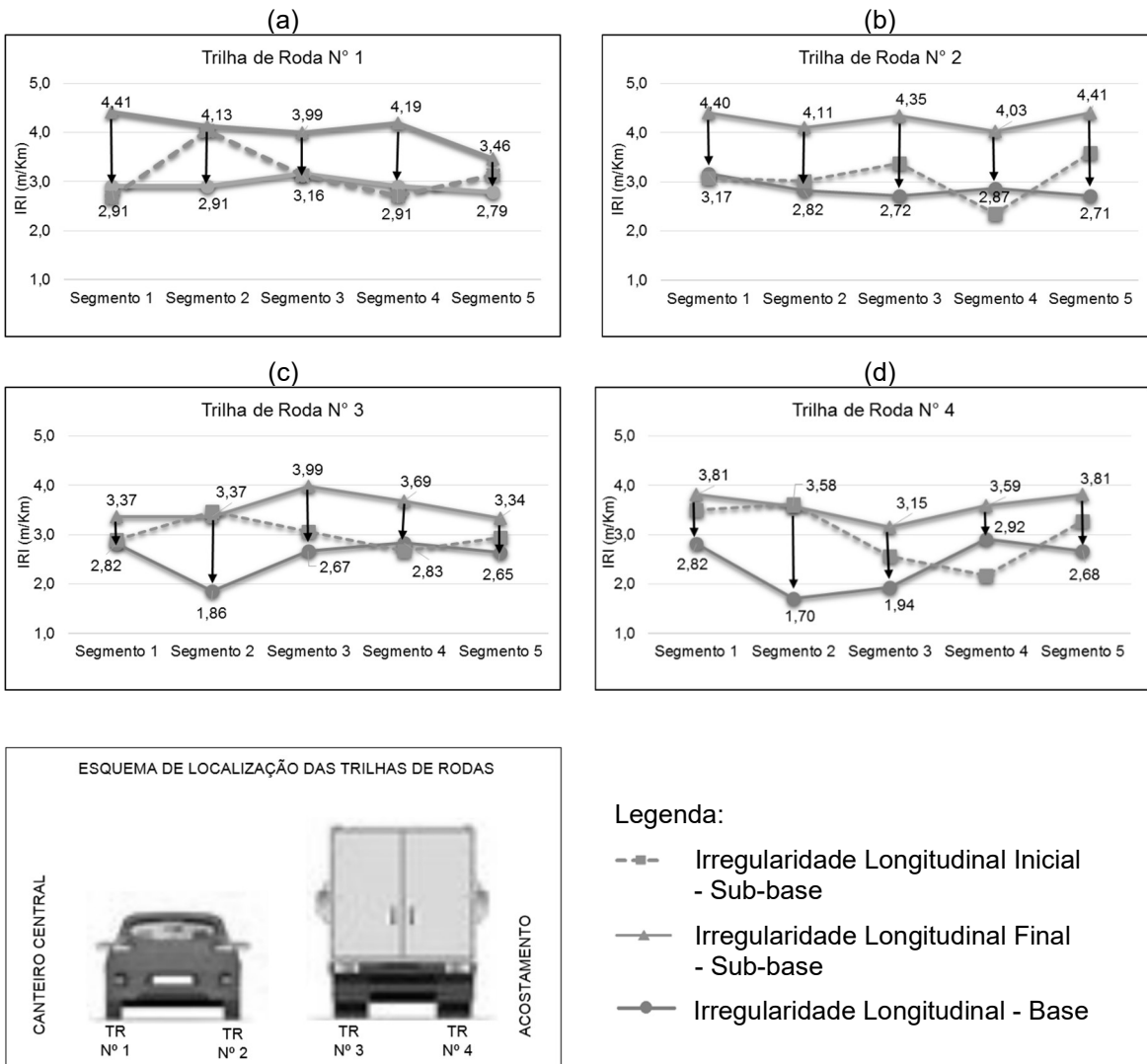
Tabela 27 – IRI médio da camada de sub-base (condição final) e da camada de base

Faixa de Rolamento	Trilha de Roda (nº)	IRI médio (Sub-base) FINAL	IRI médio (Base)	Desvio Padrão (Base) (σ)	Redução do IRI (%)
Interna	TR Externa (1)	4,03	2,94	0,13	-27,05%
	TR Interna (2)	4,26	2,86	0,19	-32,86%
Externa	TR Interna (3)	3,55	2,56	0,40	-27,88%
	TR Externa (4)	3,59	2,42	0,55	-32,59%
	Média	3,86	2,69	-	-30,31%

Fonte: Acervo próprio.

Na análise individual de cada trilha de roda apresentada na Figura 70, é possível constatar que nas trilhas nº 1 e 2 - faixa interna (Figura 70 (a) e (b)) os valores encontrados de irregularidade ao longo dos cinco segmentos são mais homogêneos, com variabilidade entre 2,71 a 3,17 m/km. Já nas trilhas de rodas nº 3 e 4 - faixa externa (Figura 70 (c) e (d)) a variabilidade é maior, com valores entre 1,70 a 2,82 m/km. Esse comportamento para a faixa externa pode estar relacionado a uma possível falha durante o processo construtivo tais como falta de homogeneização do material e falta de cuidados na realização do acabamento da camada.

Figura 70 – IRI inicial versus IRI final nas quatro trilhas de rodas na camada de sub-base comparando com resultados obtidos na camada de base – Análise longitudinal no segmento da BR-287/RS desta pesquisa

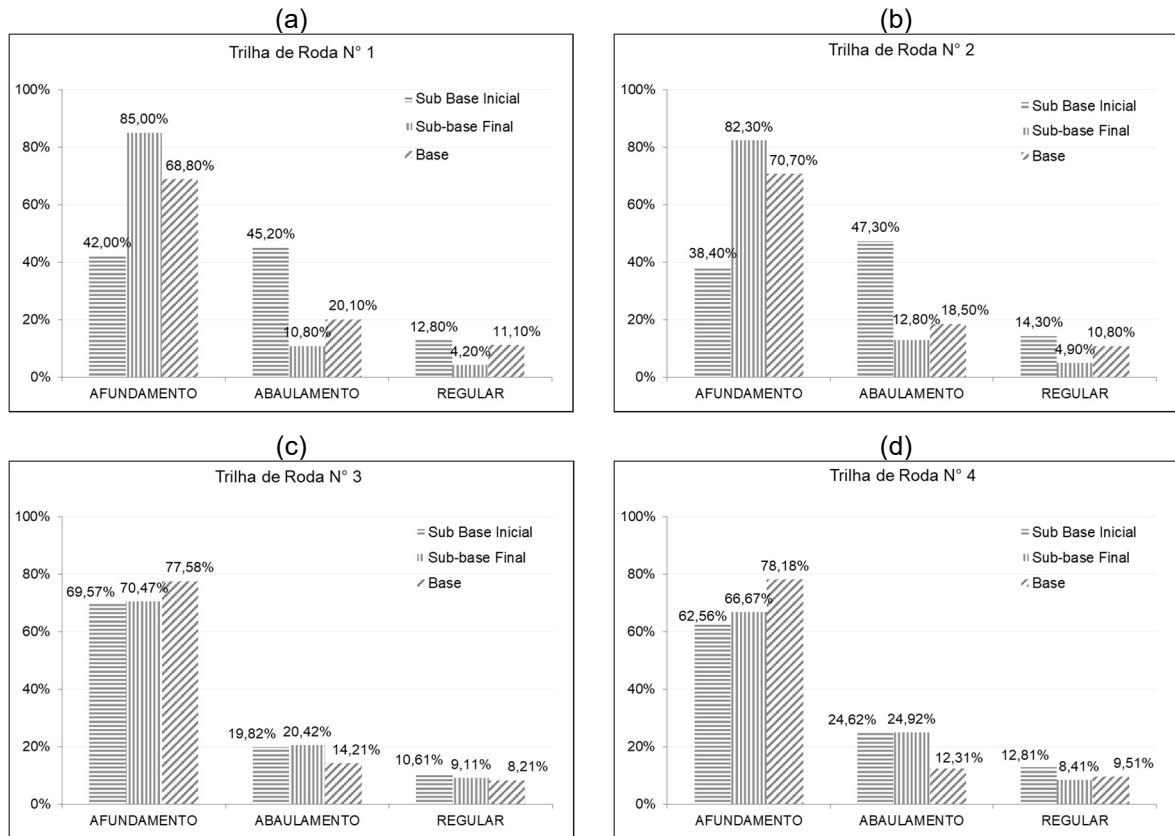


Fonte: Acervo próprio.

Conforme descrito no item 4.2.1, foram realizadas análises quanto ao comportamento das leituras de perfil (regular, abaulamento ou afundamento). Na Figura 71, são apresentadas essas relações para os três levantamentos realizados (sub-base inicial, sub-base final e base).

Conforme mostra a Figura 71, independente de qual seja a trilha de roda, é predominante a situação de “afundamento”. A partir dessa análise, voltou-se a campo a fim de se buscar uma resposta e identificar os locais que mostrassem evidências para tal comportamento.

Figura 71 – Percentuais de ocorrência na superfície de “Afundamento”, “Abaulamento” e situação “Regular” em relação à superfície ideal projetada - Análise longitudinal nas quatro trilhas de rodas das camadas de sub-base e base no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Foram realizadas avaliações visuais e constatado acúmulo de material empregado na imprimação da camada, marcas de pneus de veículos que transitaram sobre a camada e também uma possível segregação da BGS, originando alguns pontos com maior concentração de material graúdo, conforme mostram as fotografias da Figura 72.

Essa segregação de material provavelmente é advinda de uma falha do processo na fase de homogeneização do material, realizado com o escarificador. Outro fator que pode ter contribuído é a faixa de trabalho adotada para a mistura de BGS. Nesse caso, é a Faixa B, que de acordo com norma DNIT 141/2010 – ES, trata-se de uma mistura intermediária, com partículas variando de 25,4 mm (1 polegada) a 0,075 mm. Sendo assim, nem sempre as partículas mais finas preenchem por completo os vazios deixados pelas partículas maiores, justificando a presença mais frequente da situação de “afundamento”.

Figura 72 – (a) Superfície com marcas de imprimação e marcas de pneus de veículos e (b) Segregação do material empregado na camada (BGS) no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

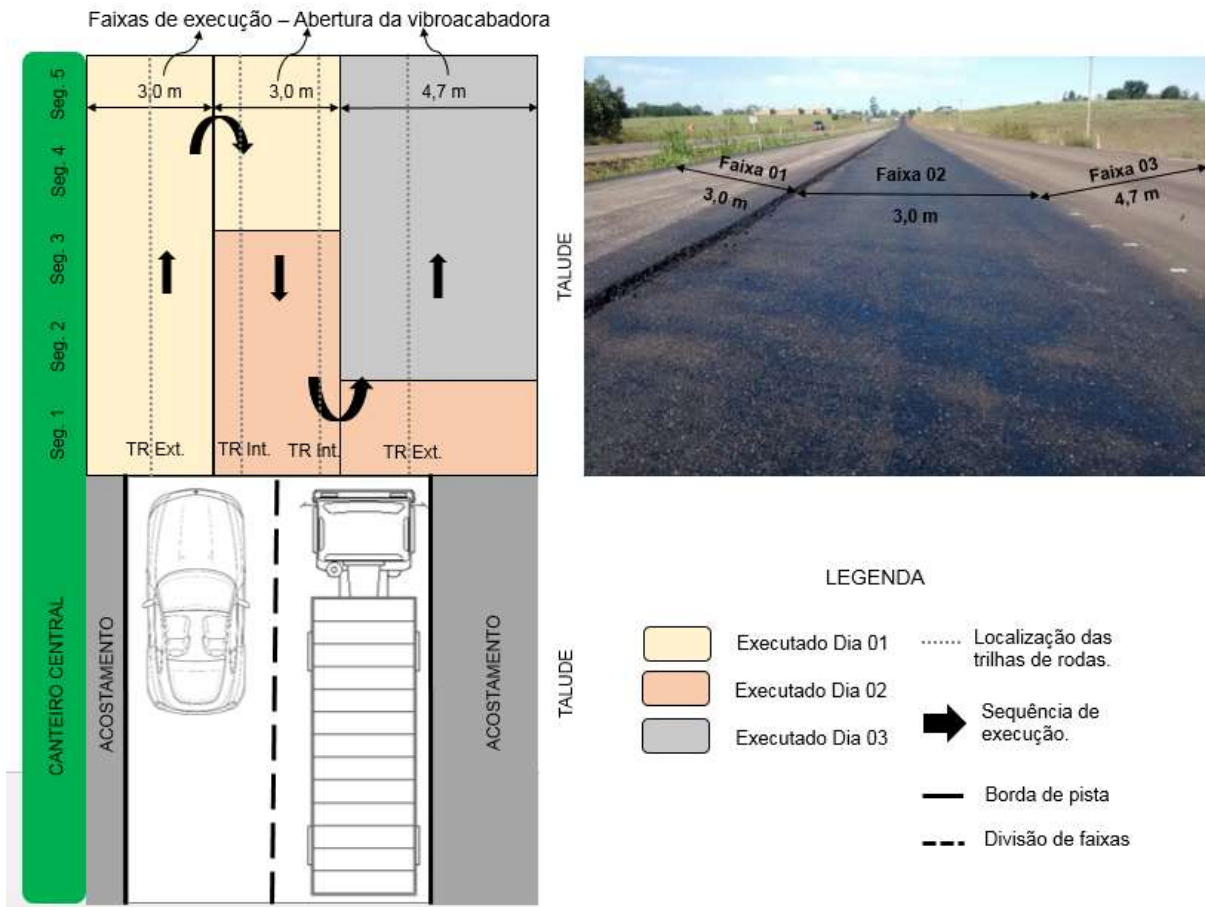
4.2.1.3 Primeira camada de concreto asfáltico

4.2.1.3.1 Processo Construtivo

A primeira camada de concreto asfáltico foi executada sobre a camada de base imprimada, sendo composta por 4 cm de concreto asfáltico convencional (compactado). O processo executivo dos 500 m monitorados teve duração de três dias, e a mistura betuminosa caracterizada no item 3.1.1.4 foi usinada a uma distância de aproximadamente 11 km do local da obra.

O processo construtivo adotado consistiu, inicialmente, em varrer a superfície imprimada com uma vassoura mecânica acoplada na concha de um bobcat. Após, os materiais soltos na superfície foram retirados com o auxílio de um soprador de ar. Foram, então, demarcadas pela equipe da topografia as faixas a serem executadas, ou seja, a abertura na qual a mesa da vibroacabadora realizaria a disposição do concreto asfáltico. A construtora aproveitou a marcação das trilhas de rodas da camada de base imprimada (demarcadas para o levantamento da irregularidade longitudinal), e determinou as faixas de execução a fim das juntas não coincidirem com as trilhas de rodas. Foram adotadas as seguintes dimensões a partir do canteiro central: faixa 1 de 3,0 m; faixa 2 de 3,0 m e faixa 3 de 4,7 m, conforme apresentado no esquema de execução da Figura 73.

Figura 73 – Sequência de execução da 1ª camada de concreto asfáltico do segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Realizadas as marcações das faixas de execução, foi aplicada a pintura de ligação - RR-1C com uma “caneta”. A superfície recebeu então, a camada composta de concreto asfáltico disposto na superfície com a vibroacabadora modelo Terex VDA600. A execução da camada em CA foi realizada no final do mês de Março de 2017.

A vibroacabadora, que tinha mesa extensível, foi ajustada conforme as demarcações da topografia. A altura do material a ser disposto pela vibroacabadora também foi ajustado. Esse modelo de equipamento apresenta controle eletrônico por sensor mecânico de nivelamento acompanhado de esqui lateral com ajuste de altura. Na presente execução, a altura regulada de material pré-compactado foi de 5,0 cm, para após a compactação ficar com 4 cm – espessura definida em projeto executivo de pavimentação para esta 1ª camada em concreto asfáltico.

Logo após a distribuição do material pré-compactado pela vibroacabadora, o rolo pneumático realizou a compactação inicial com uma média de 18 passadas por área. Para conclusão da camada, o rolo chapa deu o fechamento da superfície com uma média de cinco passadas por área. Nas juntas, o rolo chapa passa primeiro, vibrando em torno de quatro vezes. Posteriormente o pneumático realiza a compactação conforme descrito.

A temperatura ambiente ao longo dos três dias variou de 13°C a 28°C. A Norma DNIT 031/2006 – ES (Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço) recomenda temperatura ambiente superior a 10°C, portanto, o critério da norma foi atendido.

A pressão de inflação dos pneus no rolo pneumático usado foi ajustada a 8,22 kgf/cm² (117 PSI); a Norma DNIT 031/2006–ES, orienta que fique entre 2,5 kgf/cm² a 8,4 kgf/cm² (35,55 a 120 PSI). Durante os três dias de trabalho a pressão de inflação nos pneus foi a mesma (117 PSI).

Durante a jornada de trabalho, no primeiro e segundo dia, o abastecimento da vibroacabadora com CA foi praticamente contínuo – ininterrupto. No entanto, no terceiro dia, o fornecimento foi prejudicado. A usina intercalou as cargas de CA para duas obras, provocando um longo período entre uma carga e outra. Tal situação fez com que o CA que permaneceu na mesa da vibroacabadora até a chegada da próxima carga perdesse calor. A temperatura, que medida em condições normais de abastecimento, se encontrava na faixa de 140 a 150°C, passou a se encontrar entre 120 e 125°C. O projeto do concreto asfáltico orientou e definiu como temperaturas para compactação entre 141,5 a 146,5°C, logo, a compactação em parte da pista foi realizada com temperatura abaixo das recomendações.

A faixa 3, coincide com a faixa de maior abertura da mesa da vibroacabadora (4,7 m), logo, com o CA de uma carga, poucos metros em extensão eram possíveis de serem executados. Assim, as sucessivas interrupções no fornecimento de CA induziram muitas emendas transversais ao longo da faixa 3. No fim da jornada do terceiro dia (± 60 m finais), o abastecimento foi reestabelecido e o fornecimento de CA foi realizado de maneira contínua.

4.2.1.3.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

O levantamento dos dados de irregularidade longitudinal na 1ª camada de concreto asfáltico procedeu-se do mesmo modo como os realizados nas camadas de base e sub-base. Devido à camada ficar exposta por um longo período de tempo às intempéries e ao trânsito da obra, foi realizado um levantamento logo após a conclusão da camada com o equipamento Merlin (Março/17) e realizado um levantamento final (Julho/18), para fechamento do presente estudo. Para o levantamento final (Julho/18), foram utilizados o Merlin (Figura 74 (a)) e o Perfilômetro Inercial (Figura 74 (b)) já disponível.

Figura 74 – Primeira camada de concreto asfáltico, com marcação das quatro trilhas de rodas no segmento da BR-287/RS desta pesquisa

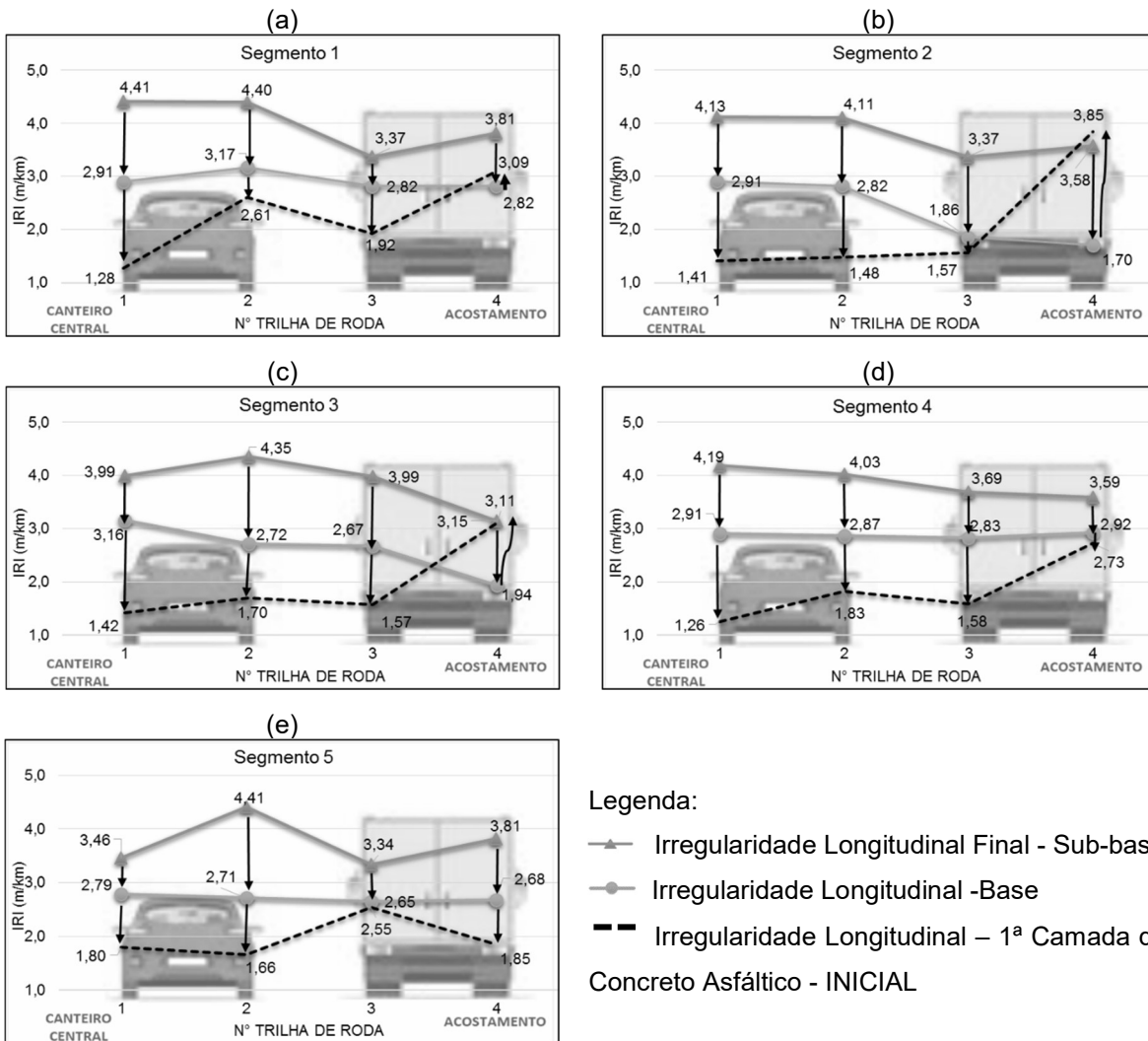


Fonte: Acervo próprio.

Na Figura 75, são apresentados os valores de IRI obtidos a partir do levantamento inicial da 1ª camada de concreto asfáltico. Os resultados são comparados com os parâmetros obtidos para as camadas de base e sub-base (condição final).

O comportamento da irregularidade longitudinal no Segmento 1 (Figura 75(a)) é semelhante ao comportamento nos Segmentos 2(b), 3(c) e 4(d), onde verificou-se uma redução do índice para as trilhas de rodas nº 1, 2 e 3. Esse comportamento de redução do parâmetro com a evolução da construção das camadas estruturais é o que se esperava para todas as trilhas de rodas. No entanto, para a trilha de roda nº 4 da faixa externa, esse comportamento não foi alcançado.

Figura 75 – Comportamento do IRI nas camadas de sub-base, base e revestimento (IRI inicial) - Análise transversal por segmento do Trecho da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Os elevados índices de irregularidade obtidos para a trilha de roda nº 4, estão relacionados à interrupção do fornecimento de CA (concreto asfáltico). Conforme apresentado anteriormente, durante a execução desta faixa, o fornecimento de CA foi descontínuo, provocando um longo período de espera entre uma carga e outra. Tal situação fez com que a mistura asfáltica que permaneceu na mesa da vibroacabadora perdesse muito calor até a chegada da próxima carga. A temperatura medida em condições normais de abastecimento se encontrava na faixa de 140 a 150°C e com a interrupção do fornecimento, caiu para próximo de 120 a 125°C. Com isso, o processo de compactação foi prejudicado.

É possível verificar na Tabela 12 do item 3.1.1.4, em que são apresentados os graus de compactação dos corpos de prova, que os valores menores obtidas encontram-se na borda direita, correspondendo justamente à trilha de roda nº4. Apesar dos graus de compactação inferiores aos demais (96,71 e 98,38%), ainda assim, se encontram próximos aos limites estabelecidos pela norma DNER 031/2006 (Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico - Especificação de Serviço) que define o grau de compactação maior que 97% e menor que 101%. No entanto, cabe ressaltar que ficou evidenciado que o processo de compactação foi prejudicado pela perda de calor da mistura asfáltica.

Outro fator que contribuiu foi a abertura da mesa da vibroacabadora, que na execução dessa faixa foi realizada com 4,7 m e assim, o volume de uma carga era suficiente para executar apenas cerca de 25 m. Aliado a isso, as interrupções de abastecimentos da vibroacabadora acabaram gerando muitas emendas transversais. Tais situações justificam a alta irregularidade dessa trilha de roda. Já para o segmento 5 (Figura 75 (e)), nota-se que o parâmetro IRI da trilha de roda nº 4 apresentou uma boa redução. Essa redução deu-se devido à regularização do fornecimento do CA.

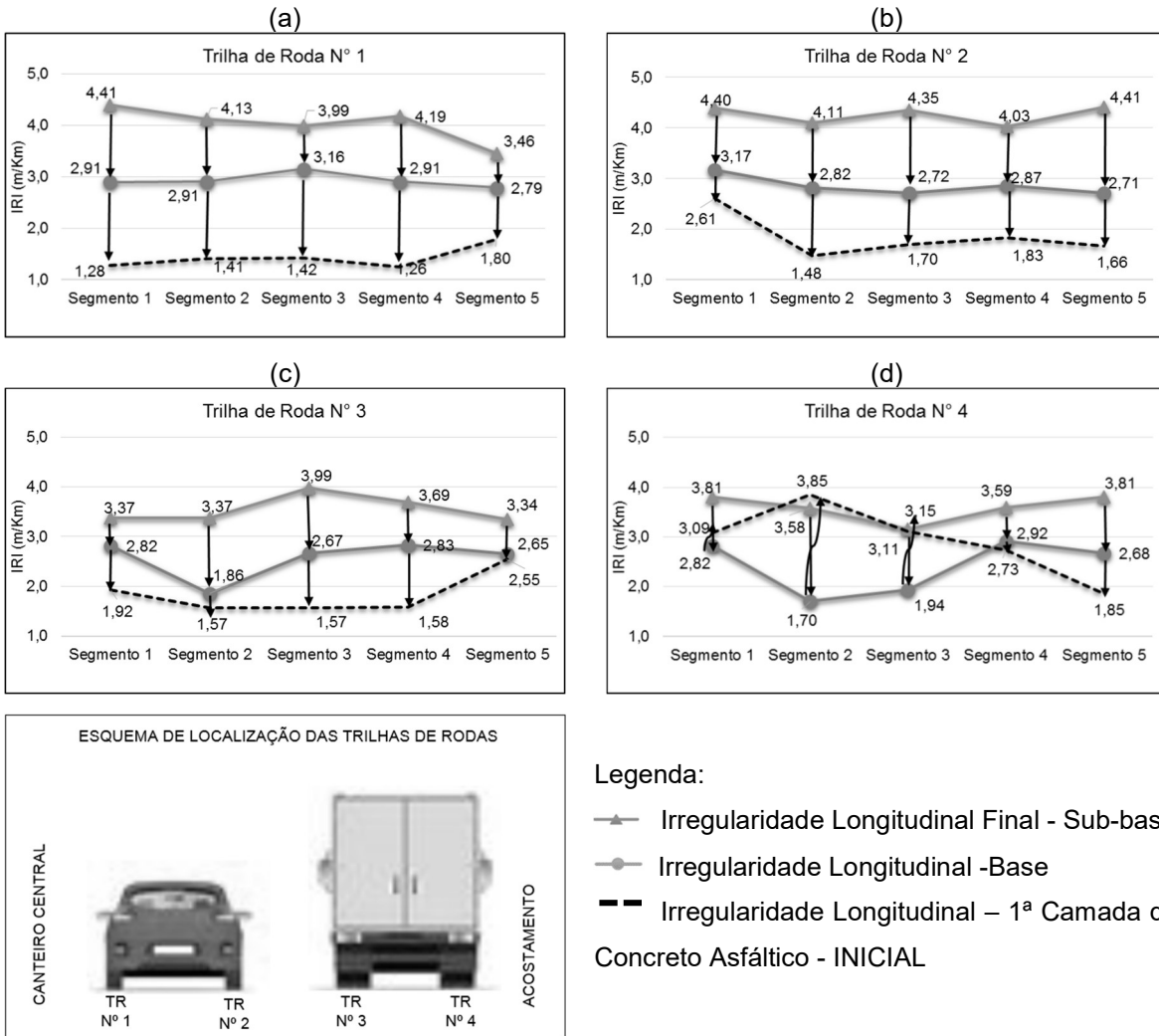
É apresentada na Figura 76, a análise do comportamento de cada trilha de roda individual, ao longo dos cinco segmentos monitorados. É possível observar que a irregularidade longitudinal sofreu redução ao longo da execução das camadas estruturais na trilha de roda nº 1 (a), na trilha de roda nº 2 (b) e na trilha de nº 3 (c), comportamento esperado e considerado normal.

Já a trilha de roda nº 4 (Figura 76 (d)), apresenta uma grande variabilidade de irregularidade. Os resultados encontrados chegam a superar os valores obtidos na camada de sub-base (segmento 2). Ao comparar com os parâmetros obtidos na camada de base, o parâmetro IRI é superior em três dos cinco segmentos analisados, motivados pelos fatores já apontados.

Os valores médios para cada trilha de roda ao longo dos cinco segmentos são apresentados na Tabela 28. Se considerados os valores médios, exceto a trilha de roda externa de faixa externa (nº 4), estes podem ser considerados relativamente baixos se comparados com o valor especificado na Norma DNIT-031/2006-ES, que estabelece 2,7 m/km para aceitação do serviço. E, conforme esperado, devido às interrupções de fornecimento do CA, para a trilha de roda nº 4, o valor médio ficou acima do previsto na Norma DNIT-031/2006-ES. A interrupção também provocou uma

grande variabilidade na irregularidade da trilha de roda nº 4, representada pelo alto valor do desvio padrão.

Figura 76 – Comportamento da irregularidade longitudinal nas quatro trilhas de roda nas camadas de sub-base, base e 1ª camada de concreto asfáltico– Análise longitudinal no segmento da BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 28 – IRI médio para as camadas de sub-base, base e 1ª camada de concreto asfáltico e classificação da condição da superfície

Faixa de rolamento	Trilha de Roda (nº)	IRI médio (Sub-base) FINAL	IRI médio (Base)	IRI MÉDIO 1ªCA INICIAL	Desvio Padrão 1ªCA (σ)	DNIT* (2006)
Interna	TR Ext. (1)	4,03	2,94	1,43	0,21	Excelente
	TR Int. (2)	4,26	2,86	1,86	0,44	Excelente
Externa	TR Int. (3)	3,55	2,56	1,84	0,42	Excelente
	TR Ext. (4)	3,59	2,42	2,93	0,73	Regular
	Média	3,86	2,69	2,03	-	Excelente a Regular

*Classificação da condição da superfície segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006).

Fonte: Acervo próprio.

Na avaliação da situação da superfície, as condições da camada variam de “Excelente” (faixa interna) à “Regular” (faixa externa). Esse acréscimo da irregularidade da superfície em direção ao acostamento está diretamente relacionado ao processo construtivo, que não segue o mesmo padrão na execução de toda a largura da pista.

Na Tabela 29, são apresentadas as relações de reduções da irregularidade longitudinal no decorrer da execução das camadas estruturais. Foi verificado que para as camadas de base e sub-base, onde é utilizado o mesmo material, a redução média do IRI foi de 30,3%.

Ao verificar a redução do parâmetro comparando os dados obtidos na 1ª camada de revestimento asfáltico com os parâmetros obtidos na camada de base, observa-se que a redução chega a ser da ordem de 51,36% (TR nº 1). Nessa 1ª camada de revestimento asfáltico é detectada que ao se avançar na direção do acostamento externo da pista, a irregularidade vai aumentando e chega ao ponto de receber um acréscimo ao invés de uma redução. Comprova-se, então, que o processo construtivo é de extrema importância para garantir uma rodovia com baixos índices de irregularidade, sendo possível verificar o quão sensível pode ser esse fator.

Desconsiderando a TR nº 4, na análise da 1ª camada de revestimento asfáltico com relação à camada de base, a redução média passaria de 24,54% para 38,15%, incremento na redução de 13,61%, ou seja, a interrupção no abastecimento da vibroacabadora é um problema de grande potencial no que diz respeito à irregularidade longitudinal.

Tabela 29 – Redução da irregularidade longitudinal com a evolução da execução das camadas estruturais do pavimento no Trecho BR-287/RS desta pesquisa

Faixa de rolamento	Trilha de Roda (Nº)	Redução IRI _M – Camada de Base em Relação a Camada de Sub-Base	Redução IRI _M – 1ª Concreto Asfáltico em Relação a Camada de Base	Redução IRI _M – 1ª Concreto Asfáltico em Relação a Camada de Sub-base
Interna	TR EXT. (1)	-27,05%	-51,36%	-64,52%
	TR INT. (2)	-32,86%	-34,97%	-56,34%
Externa	TR INT. (3)	-27,88%	-28,13%	-48,17%
	TR EXT. (4)	-32,59%	+21,07%	-18,38%
	MÉDIA	-30,31%	-24,54%	-47,41%

Fonte: Acervo próprio.

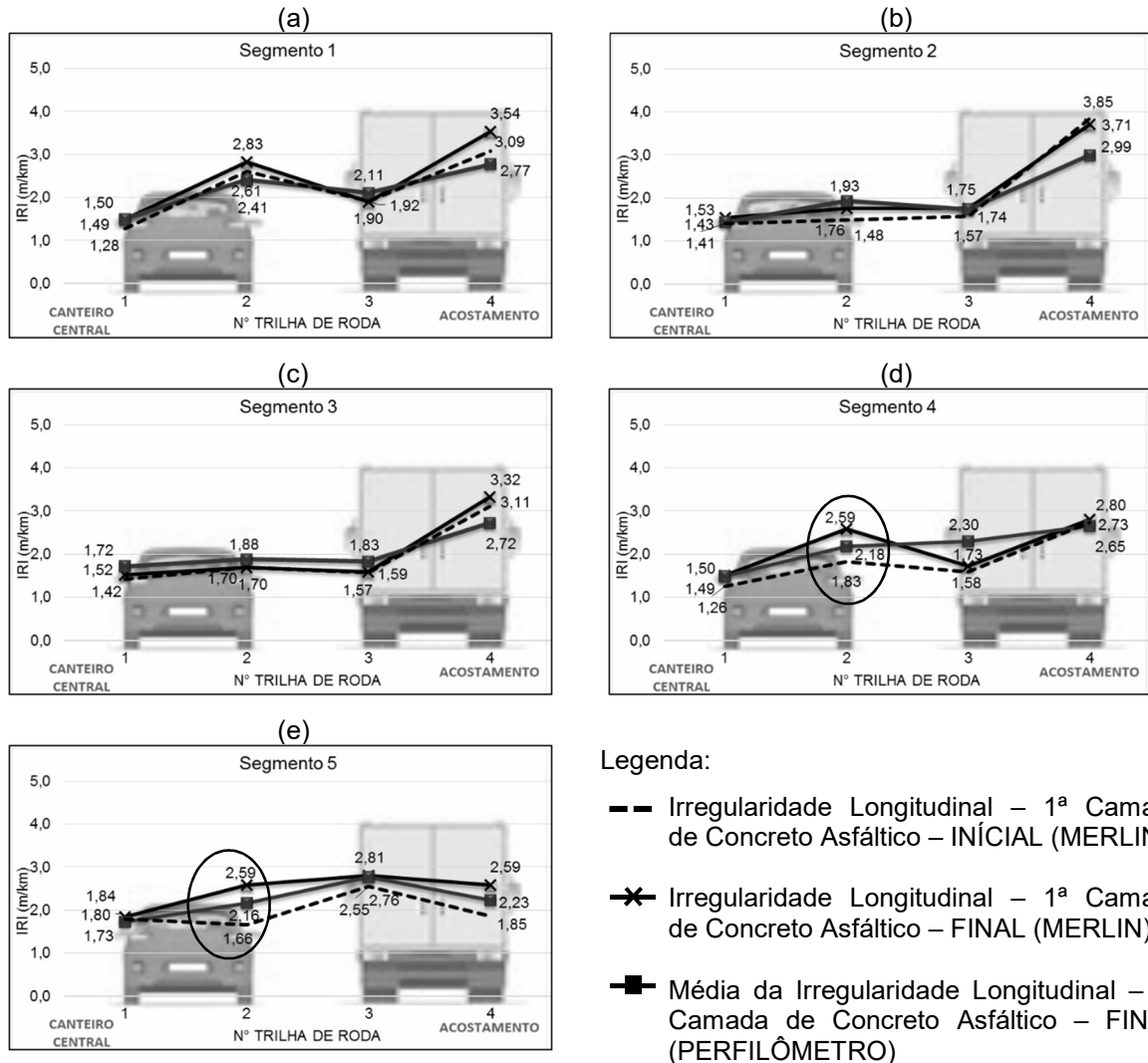
Devido à não execução das camadas subsequentes em tempo hábil para inserção dos dados na presente dissertação, deu-se o fechamento deste estudo com o levantamento inicial realizado com o Merlin e um levantamento final com o Merlin e Perfilômetro. Com estes dados será possível quantificar se ocorreu ou não aumento da irregularidade longitudinal devido à exposição da camada aos agentes climáticos e trânsito local da obra.

Os resultados do levantamento final com os equipamentos Merlin e Perfilômetro foram correlacionados com o levantamento inicial realizado com o Merlin e são apresentados na Figura 77. O levantamento final foi realizado aproximadamente 17 meses após o levantamento inicial.

Ao analisar o levantamento inicial (Março/17) *versus* o levantamento final (Julho/18) com o equipamento Merlin na Figura 77, é constatado um pequeno acréscimo no índice irregularidade longitudinal, em ambos os segmentos e em ambas trilhas de rodas. O acréscimo mais significativo é registrado na TR nº 2 dos segmentos 4 e 5 (Figura 77 (d) e (e)). Com base nisso, foi realizado uma inspeção visual em campo para identificar os motivos para tal acréscimo e verificou-se pequenos afundamentos na superfície, possivelmente devido ao impacto do descarregamento de peças pré-moldadas utilizadas na execução do canteiro central. As fotos são apresentadas na Figura 78.

Vale salientar que a camada não estava submetida ao trânsito, apenas aos agentes climáticos e ao trânsito local da obra, o que justifica o pequeno acréscimo durante os 17 meses que a camada ficou exposta.

Figura 77 – Comportamento do IRI na 1ª camada de concreto asfáltico – Inicial (Merlin) versus Final (Merlin e Perfilômetro) – Análise transversal por segmento do Trecho BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 78 – Superfície com marcas de impacto devido à descarga de peças pré-moldadas. (a) TR 02 – Segmento 4 e (b) TR 02 – Segmento 5 – Trecho BR-287/RS desta pesquisa. Fotografias registradas em Julho/18



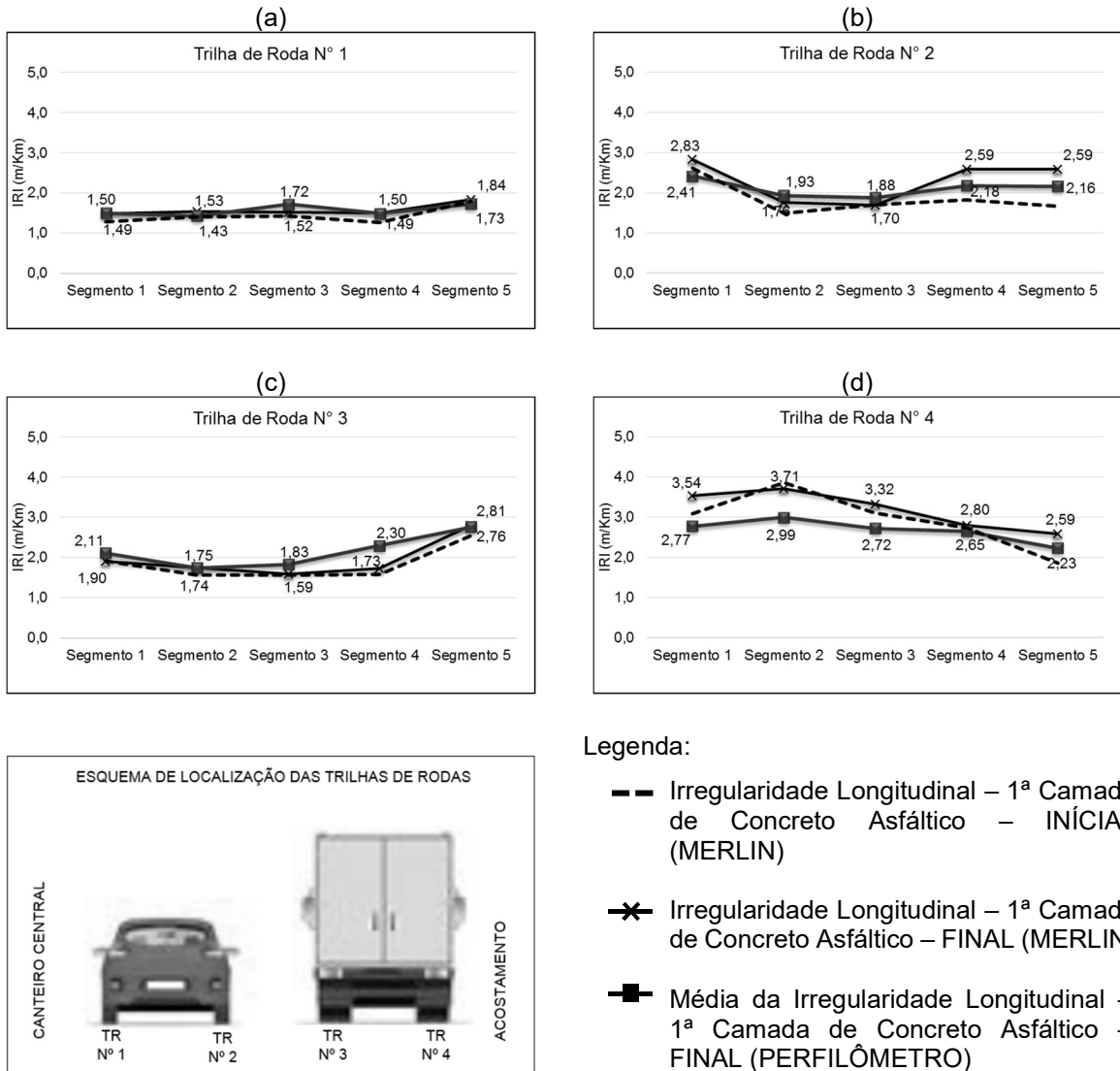
Fonte: Acervo próprio.

Ainda na Figura 77 é possível analisar o comportamento dos dados obtidos através do equipamento Merlin em relação aos obtidos pelo Perfilômetro. Existe uma boa relação entre ambos, porém ocorrem variações tanto para mais quanto para menos. Na Figura 79, em que é apresentada a análise longitudinal dos dados, verifica-se que quanto maior o índice de irregularidade (TR nº 4 Figura 79 d) a tendência dos dados obtidos pelo equipamento Merlin é superestimar a irregularidade. Já quando se trata de baixos índices de irregularidade, na maioria das vezes, os dados obtidos pelo Merlin subestimam a irregularidade, porém com uma variação menor. Este mesmo comportamento já havia sido verificado durante a avaliação dos equipamentos abordado no item 4.1.4.

Os dados levantados com equipamento Merlin apresentam a mesma tendência que os dados obtidos com Perfilômetro inercial, podendo, assim, classificar o equipamento Merlin como um bom equipamento de controle da qualidade da superfície durante a fase de implantação, sempre atentando para essa variabilidade. Ressalta-se, também, que o equipamento demanda de segmentos mínimos para a determinação da irregularidade longitudinal, o que impossibilita a localização exata de onde a superfície apresenta picos de irregularidade. Quanto ao Perfilômetro, este apresenta dados minuciosos que permite a localização dos pontos exatos da superfície com altos índices de irregularidade. Para melhor visualização, foram traçados gráficos (Figura 80) com os dados de IRI obtidos pelo Perfilômetro (de 10 em

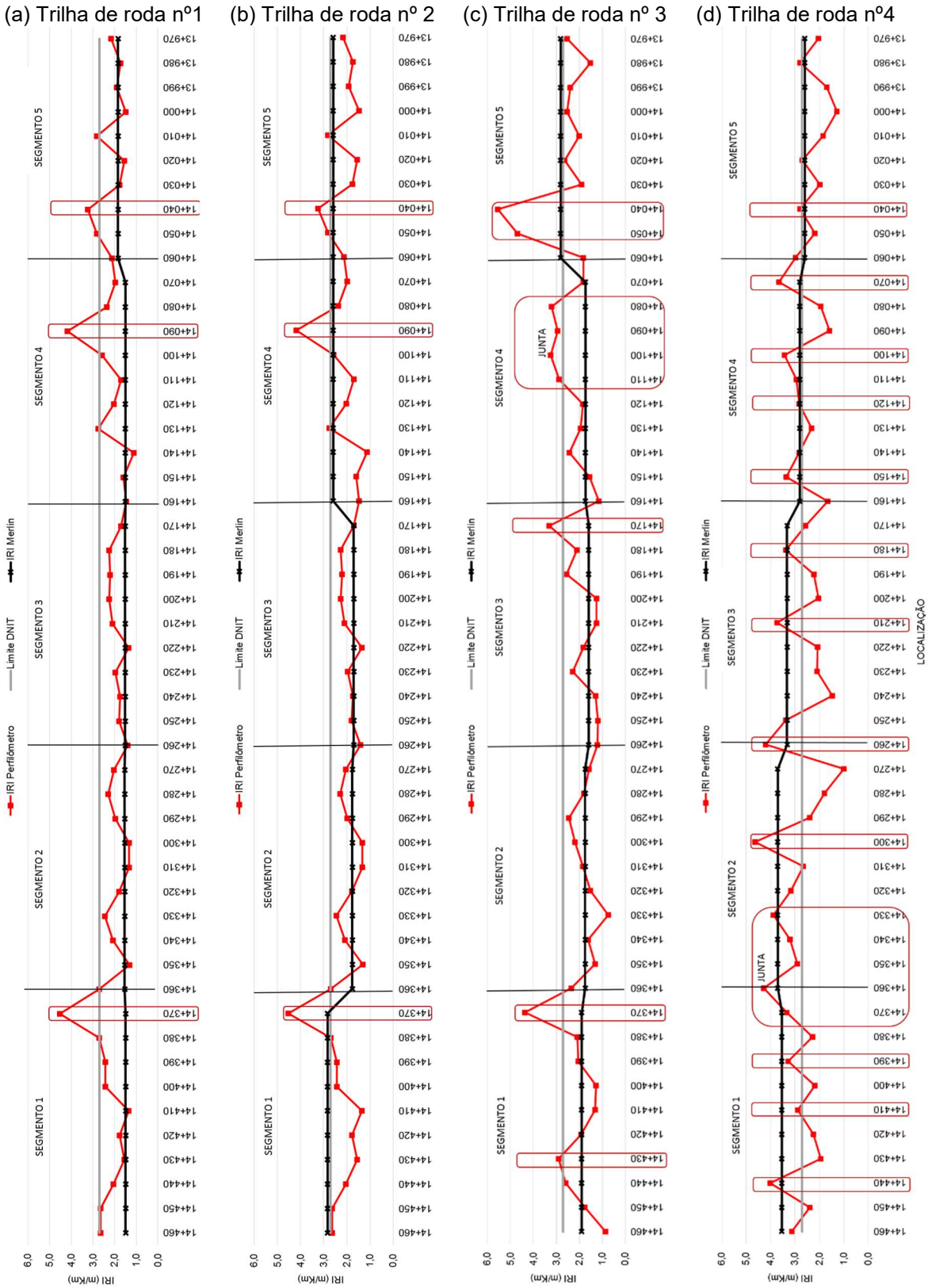
10 m) e esses, estão relacionados com o índice de irregularidade por segmento obtido através do equipamento Merlin.

Figura 79 – Comportamento do IRI na 1ª camada de concreto asfáltico – Inicial (Merlin) versus Final (Merlin e Perfilômetro) – Análise longitudinal do Trecho BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 80 - Irregularidade longitudinal ao longo dos cinco segmentos com Perfilômetro e o indicativo (constante) por segmento fornecidos pelo equipamento Merlin- Trecho BR-287/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Enquanto o Merlin apenas fornece um indicativo (valor constante) de irregularidade para os segmentos, os dados do Perfilômetro permitem a localização exata de onde ocorreram neste caso as emendas executivas de um dia para outro. Também é possível identificar na trilha de roda 4 (Figura 80 (d)) – onde ocorreram as trocas de caminhão durante a execução, que ocasionaram uma emenda transversal/ou junta construtiva. Observa-se, na Figura 80 (d), que os picos de irregularidade estão localizados a aproximadamente 30 m uns dos outros, que corresponde a extensão executada com uma carga de um caminhão. Essas emendas transversais ao longo da trilha de roda nº 4 foram provocadas pela compactação da massa de concreto asfáltico com temperatura inferior à recomendada.

Quando da realização de levantamentos de IRI com perfilômetro em uma rodovia em operação, é possível identificar os segmentos mais críticos e direcionar os investimentos disponíveis da forma mais eficaz e incisiva, atuando nos pontos de maior irregularidade.

4.2.2 Discussão dos resultados obtidos no Trecho ERS-509 – Implantação

4.2.2.1 Camada de sub-base (MS) e base (BGS)

4.2.2.1.1 Processo Construtivo

A camada de sub-base foi executada sobre o aterro de areia da obra de contenção das alças de acesso ao viaduto, e foi composta por aproximadamente 18 cm de macadame seco. O material, caracterizado no item 3.1.2.1, foi transportado em caminhões basculantes até o trecho onde foi espalhado com o auxílio de uma escavadeira conforme processo construtivo demonstrado na sequência de imagens da Figura 81. Após o espalhamento, o material foi compactado com rolo liso, e, para finalizar a camada, foi disposta uma camada de material de enchimento (fino), que foi aplicado de maneira não uniforme, recebeu a compactação e a finalização. A camada foi concluída em setembro de 2018.

A camada de base, executada sobre a camada de sub-base, foi composta por aproximadamente 15 cm de brita graduada simples (“Faixa A”). O material caracterizado no item 3.1.2.2 foi transportado em caminhões basculantes e depositado sobre a camada de sub-base. O espalhamento se deu com o auxílio de

uma motoniveladora, seguido de umidificação, escarificação e a compactação foi realizada com rolo liso. Após realizada a compactação, a camada recebeu a aplicação da imprimação que foi realizada com uma caneta, conforme foto da Figura 82. A camada de base foi concluída em outubro de 2018.

Figura 81- Sequência executiva da camada de sub-base em macadame (a) espalhamento com escavadeira (b) compactação com rolo liso (c) material de enchimento e finalização da camada do Trecho da ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 82 - Camada de base finalizada recebendo a aplicação de imprimação do Trecho da ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

4.2.2.1.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

Os levantamentos de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base e base foram realizados unicamente com o Perfilômetro inercial em função da disponibilidade e da produtividade possibilitada pelo equipamento. Para a camada de sub-base o levantamento não pode ser realizado de forma completa para todos os segmentos em função do posicionamento de maquinário e fôrmas das barreiras de concreto que impossibilitaram o levantamento. Devido a urgência para a conclusão da obra, foram realizados apenas os levantamentos que não impactassem no andamento das atividades da construtora.

Nas Figuras 83 a 86 são apresentados os resultados para as nove linhas de medição em cada segmento. Nestes gráficos estão traçados os valores de irregularidade longitudinal da camada de sub-base correlacionados com os valores obtidos da camada de base.

Os dados processados conforme item 3.2.1.2 foram realizados com o mesmo padrão de levantamento e mesma configuração no processamento. O software empregado no processamento de dados (CiberShell), não permite acesso a configurações de filtros que descarte as irregularidades devido ao formato dos agregados. Estes formatos dos agregados principalmente na camada de sub-base, composta por macadame seco, podem ter impactado nos resultados finais da irregularidade da superfície.

Para facilitar a visualização, os dados estão apresentados no sentido de borda externa da faixa externa para borda externa da faixa interna, conforme numeração dada às linhas de medição adotada no item 3.2.

Para os segmentos 1 (Figura 83), 2 (Figura 84) e 4 (Figura 86) - parcial, em que foi possível o levantamento dos dados de irregularidade para a camada de sub-base, é possível verificar que os valores são sempre superiores aos valores obtidos na camada de base. Na média geral dos quatro segmentos para a camada de sub-base em macadame seco, a irregularidade média foi de 7,8 m/km, enquanto na camada de base em BGS a média de irregularidade foi de 3,8 m/km. Outra constatação na camada de sub-base é a alta variabilidade dos dados; foram obtidos valores de irregularidade longitudinal compreendidos entre 3,62 a 16,55 m/km, ou seja, não houve uniformidade (conformidade) da condição da superfície.

O processo construtivo adotado para a execução da camada de sub-base não foi realizado de forma que ocorresse um controle de distribuição uniforme do material. O macadame seco (material constituinte da camada), estava depositado em montes e foi espalhado com o auxílio de uma escavadeira que realizou o espalhamento e a pré-compactação com a concha. Esse procedimento construtivo aliado à granulometria do material com diâmetro, oscilando entre 7,62 cm e 2,54 cm, impossibilitou a execução de uma camada regular.

Outra constatação realizada a partir do monitoramento do processo construtivo foi a falta de material de enchimento que, segundo normas nacionais, deve ser composto de no mínimo 3 cm, fato não observado *in loco*. O material de enchimento foi adicionado apenas em faixas/pontos isolados, também não sendo disposto de forma uniforme, observado principalmente nos caminhos de serviço.

Como abordado anteriormente, não há na literatura valores de referência para camada de sub-base, apenas Sayers e Karamihas (1998) prevê que, para estradas não pavimentadas com manutenção, os valores de irregularidades ficam compreendidos entre 3,5 e 10 m/km, enquanto para estradas não pavimentadas e sem manutenção, os valores para irregularidade normalmente são maiores que 8 m/km. Correlacionando os valores médios obtidos com os referenciados por Sayers e Karamihas (1998), conclui-se que os valores de IRI médios obtidos para a camada de sub-base são elevados, na média geral dos quatro segmentos compreendidos entre 6,07 e 11,8 m/km.

Figura 83 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



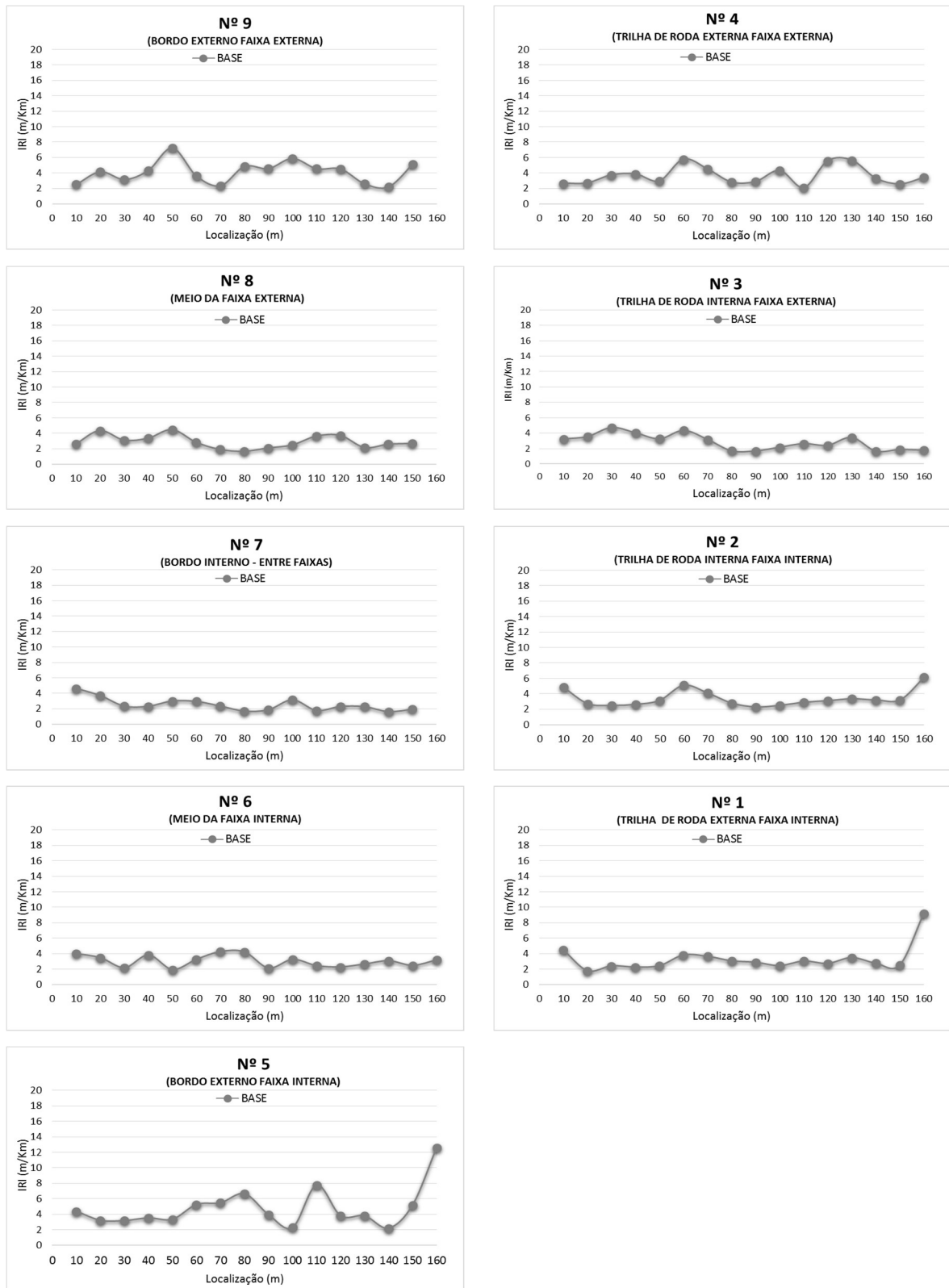
Fonte: Acervo próprio.

Figura 84 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



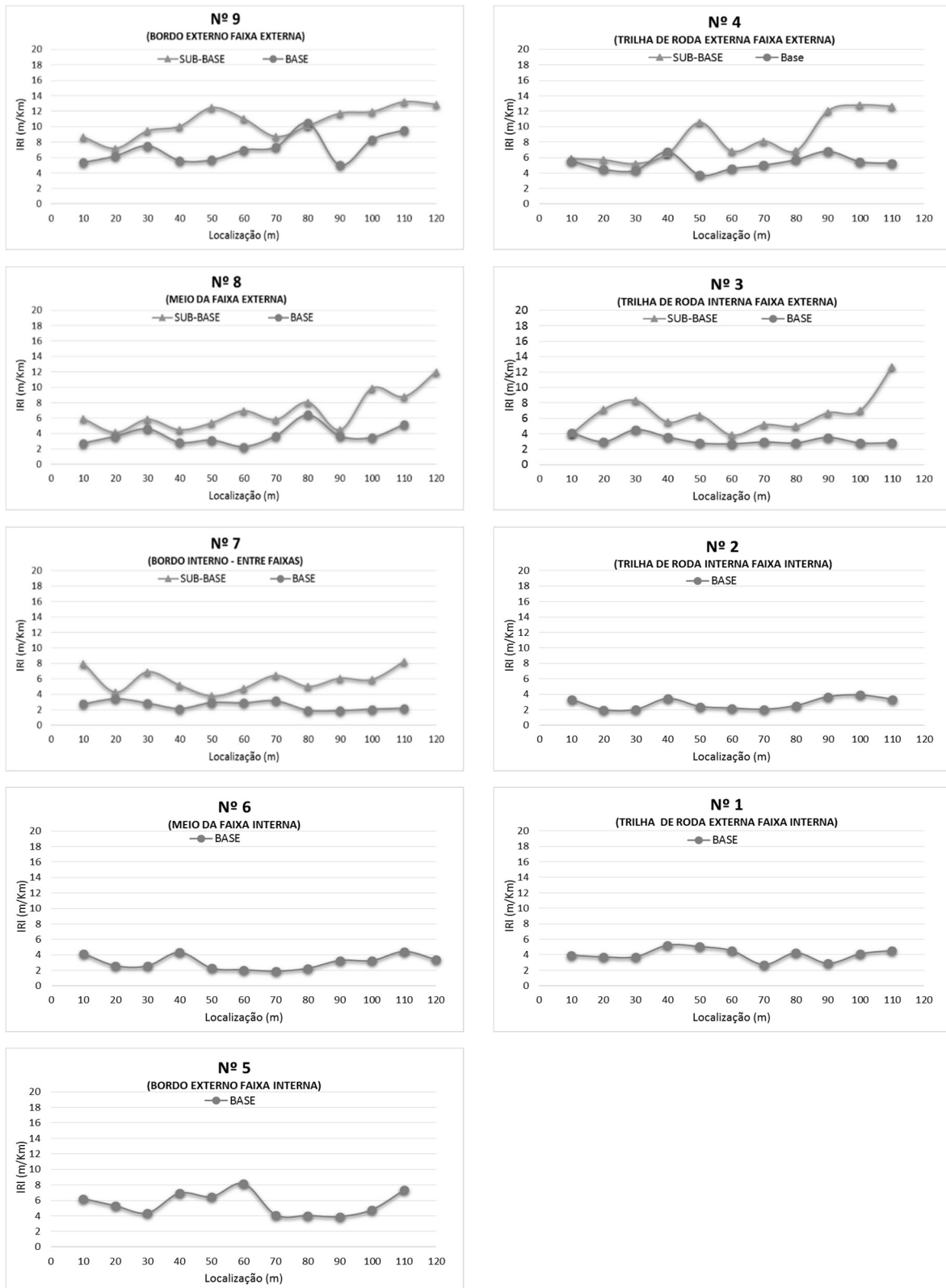
Fonte: Acervo próprio.

Figura 85 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 86 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS) e base (BGS) - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Na Tabela 30 pode-se observar as médias dos valores de acordo com as linhas de medição de irregularidade longitudinal. Independente do ponto de medição e apesar de estarem compreendidos no intervalo sugerido por Sayers e Karamihas (1998), os dados obtidos podem ser considerados bem elevados para a camada (média geral de IRI= 7,8 m/km), sendo esses justificados pelo método construtivo adotado e a granulometria do material constituinte da camada de sub-base (agregado graúdo, sem partículas menores que impossibilitou assim a interação das partículas entre si).

Tabela 30 Valores médios de irregularidade longitudinal - camada de sub-base em macadame seco- linhas de medição por segmento do Trecho ERS-509 desta pesquisa

IRI_m (m/Km)	Nº 9	Nº 4	Nº 8	Nº 3	Nº 7	Nº 2	Nº 6	Nº 1	Nº 5	Média
Seg. 1	11,80	6,95	7,50	7,69	5,90	8,56	8,74	7,80	6,53	7,94
Seg. 2	7,20	6,24	6,07	6,86	6,93	10,39	10,94	7,42	8,32	7,82
Seg. 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Seg. 4	10,61	8,46	6,82	6,53	5,86					7,65
Média	9,87	7,21	6,79	7,03	6,23	9,47	9,84	7,61	7,42	7,80

Fonte: Acervo próprio.

Correlacionando os valores médios obtidos na camada de sub-base composta por macadame seco (Trecho ERS-509) com os valores médios da camada de sub-base composta por uma BGS – “Faixa B” (Trecho BR-287/RS), ocorrem grandes variações. Enquanto na camada composta por BGS os valores encontrados apresentaram baixa variabilidade e ficaram compreendidos no intervalo de 2,18 a 4,03 m/km, para a camada composta de macadame seco os dados apresentam alta variabilidade e os valores são mais elevados, oscilando entre 3,62 a 16,55 m/km.

Tratando agora de valores médios dos Trecho BR-287/RS e Trecho ERS-509/RS, a média geral para a camada de sub-base composta por BGS é de 3,07 m/km, já a média para a superfície da camada de sub-base composta de macadame seco ficou em IRI=7,8 m/km, ou seja, uma diferença significativa, correspondente ao aumento de 4,73 m/km no índice IRI que representa 60,64% de acréscimo no parâmetro. Essa variabilidade nos índices de IRI são justificadas pelo emprego de materiais com distintas granulometrias e diferentes métodos construtivos adotados.

Ainda nas Figuras 83 a 86, estão apresentados os valores obtidos da irregularidade longitudinal na camada de base. Observa-se uma significativa redução no parâmetro para os quatro segmentos, nas diferentes linhas de medição se comparados aos valores obtidos na camada precedente. Apesar da significativa redução, observa-se ainda a alta variabilidade dos dados, sendo os valores compreendidos entre 1,63 a 12,59 m/km. Os valores médios da camada de base em BGS - "Faixa A" são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 - Valores médios de irregularidade longitudinal - camada de base em brita graduada - linhas de medição por segmento do Trecho ERS-509 desta pesquisa

IRI_m (m/Km)	Nº 9	Nº 4	Nº 8	Nº 3	Nº 7	Nº 2	Nº 6	Nº 1	Nº 5	Média
Seg. 1	6,48	5,07	4,12	3,42	2,96	3,01	3,11	3,32	4,43	3,99
Seg. 2	4,49	3,92	3,82	3,44	3,41	3,13	2,99	3,40	4,16	3,64
Seg. 3	4,12	3,68	2,91	2,86	2,53	3,39	3,03	3,30	4,78	3,40
Seg. 4	7,11	5,25	3,79	3,23	2,56	2,81	3,05	4,07	5,62	4,17
Média	5,55	4,48	3,66	3,24	2,86	3,09	3,04	3,52	4,75	3,80

Fonte: Acervo próprio.

Analisando os valores médios, pode-se correlacionar os respectivos valores aos previstos por Sayers e Karamihas (1998) para estradas não pavimentadas com manutenção, ou seja, compreendidos no intervalo de 3,5 e 10 m/km.

Outra constatação pertinente que pode ser observada na Tabela 31, é que na medida que se afasta das bordas (linhas de medição nº 9 e nº 5), os valores de irregularidade são reduzidos. Observa-se que quanto mais próximo dos extremos da plataforma os valores de irregularidade são maiores, concluindo assim que o processo construtivo não foi realizado de maneira homogênea. Nas extremidades é observado que a superfície não recebeu o mesmo acabamento que no meio das faixas em todos os segmentos.

Além da diferenciação do tratamento durante a execução da camada de base, outro fator que pode ter influenciado os valores obtidos de irregularidade longitudinal é a faixa granulométrica do material empregado para compor a camada. Trata-se de uma brita graduada simples – "Faixa A" – de acordo com norma DNIT 141/2010 – ES, considerada uma mistura aberta, com partículas compreendidas entre 25,4 mm (1

polegada) e 0,075 mm – com maior quantidade de material graúdo. Por se tratar de uma mistura aberta, o volume de partículas menores é insuficiente para preencher o vazio deixado pelas partículas maiores, impossibilitando o travamento da camada e dificultando também o acabamento.

Comparando os resultados obtidos entre os dois trechos de acompanhamento de execução da camada de base, os valores de IRI para a camada composta por BGS “Faixa A” são mais variáveis e são um pouco superiores, se comparados com a camada de base composta por BGS “Faixa B”. Na média geral, a camada de base em BGS - “Faixa A” apresentou o índice de irregularidade de 3,8 m/km, enquanto na camada de base de BGS “Faixa B” o índice obtido foi de 2,69 m/km, diferença no índice de 1,11m/km. Pelo fato da “Faixa B” ser considerada uma faixa de trabalho intermediária, com maior número de partículas menores, proporcionou o melhor acabamento e interação das partículas superficiais da camada do que na camada composta por BGS “Faixa A”, considerada uma mistura mais aberta.

Em relação à redução do parâmetro da camada de sub-base para a base, foram analisadas as médias dos valores obtidos pelas linhas de medição por segmento. A partir de tal análise, foi verificada uma redução média de 51,28%, oscilando entre 27% a 73%, sendo as maiores reduções observadas nas proximidades das extremidades, indicando assim, que apesar de elevados os valores das bordas externas na camada de base, esta ainda foi “melhor executada” que a camada precedente, considerando também a diferença dos materiais constituintes das duas camadas.

Definindo valores para o parâmetro IRI – para camadas de base e sub-base, de acordo com tipo de material empregado e fundamentados no levantamento realizado, pode-se concluir que: camadas compostas por macadame seco, o valor médio de irregularidades foi de 7,8 m/km com desvio padrão de 2,33 m/km – tendo relação direta com o processo construtivo adotado; camadas compostas por brita graduada simples – “Faixa A” do DNIT, valor médio obtido foi de 3,8 m/km, com desvio padrão de 1,16 m/km, também estritamente relacionado ao método construtivo adotado na execução da camada.

4.2.2.2 *Primeira camada de CA convencional*

4.2.2.2.1 Processo Construtivo

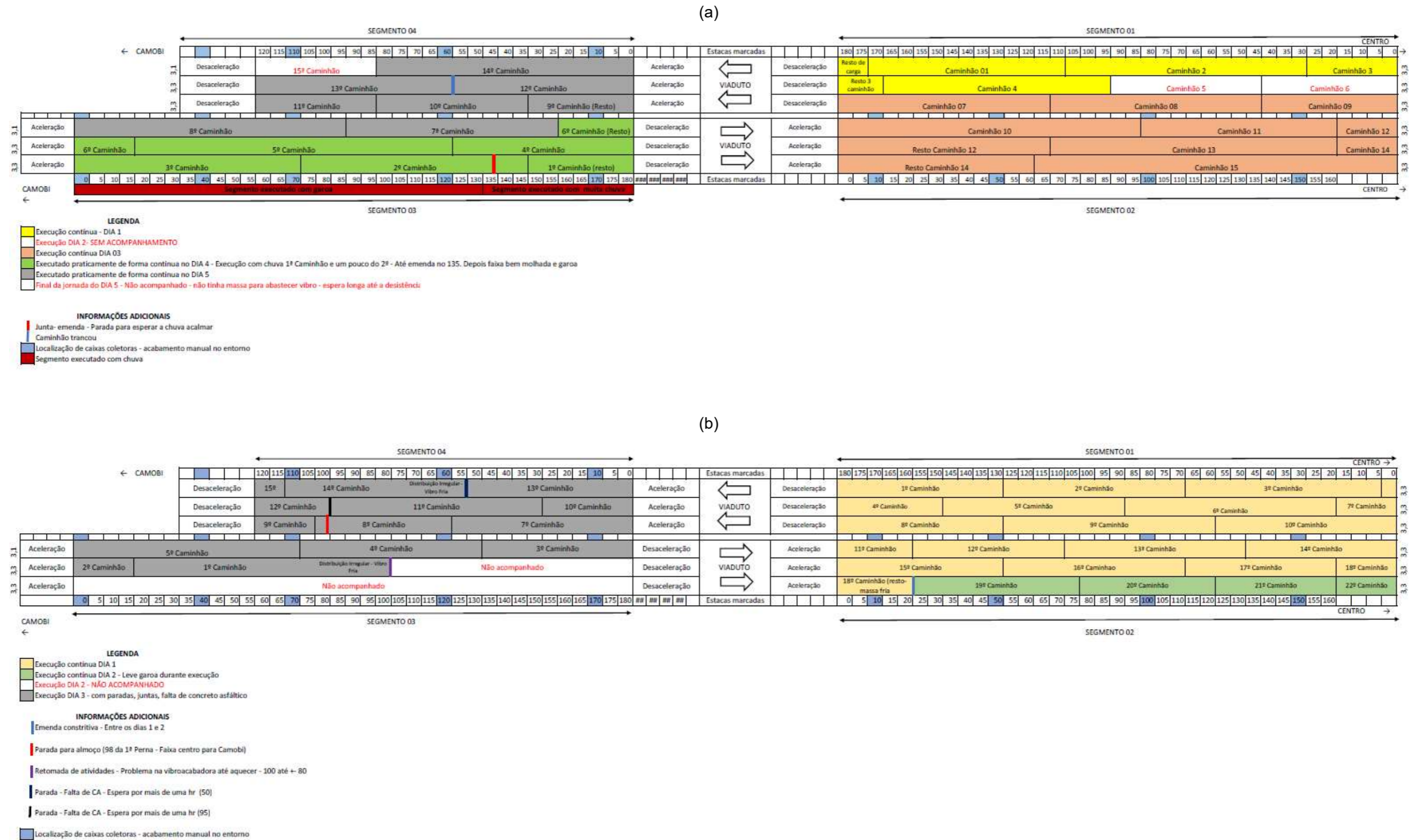
Executada sobre a camada de base imprimada, a primeira camada de concreto asfáltico foi composta por 5 cm de concreto asfáltico convencional (CAP 50-70). O processo executivo do trecho monitorado teve duração de cinco dias, e a mistura betuminosa caracterizada no item 3.1.2.3 foi usinada a uma distância de aproximadamente 19 km do local da obra. A camada foi executada na primeira quinzena do mês de outubro de 2018.

Contrariamente ao preparo da superfície realizado no Trecho BR-287/RS, o Trecho ERS-509 não recebeu qualquer preparo para o recebimento do concreto asfáltico. Apenas foi definida a abertura da vibroacabadora de 3,3 m e a distribuição do material que começou a ser realizada sobre a camada de base imprimada. A pintura de ligação só foi aplicada nas juntas longitudinais devido ao pouco tempo decorrido da aplicação da imprimação da camada de base.

O concreto asfáltico pré-compactado pela vibroacabadora foi disposto com espessura de 5,4 cm, e recebeu compactação inicialmente com o rolo chapa – liso (Modelo Hamm HD 90) que passou em média cinco vezes por área, seguido do rolo pneumático (Modelo Dynapac CP 274), que passou aproximadamente dez vezes sobre uma mesma área. Após a compactação com o rolo pneumático, o rolo chapa retornava e realizava o fechamento da compactação com uma média de quatro passadas com a vibração ativada. Nos locais de juntas longitudinais ou transversais, o rolo chapa realizou o início da compactação já com o sistema de vibração ativado. A sequência executiva e observações pertinentes se encontram no esquema da Figura 87 (a). Todo o processo construtivo foi acompanhado pela autora, sendo realizadas anotações pertinentes.

O controle da temperatura do concreto asfáltico foi realizado com uma câmera infravermelha, diferentemente do que ocorreu no trecho BR-287/RS e da percepção empírica da grande influência deste fator sob a irregularidade longitudinal.

Figura 87 - Sequência executiva adotada na (a) execução de 1ª Camada de concreto asfáltico convencional e (b) execução da Camada final de concreto asfáltico com borracha

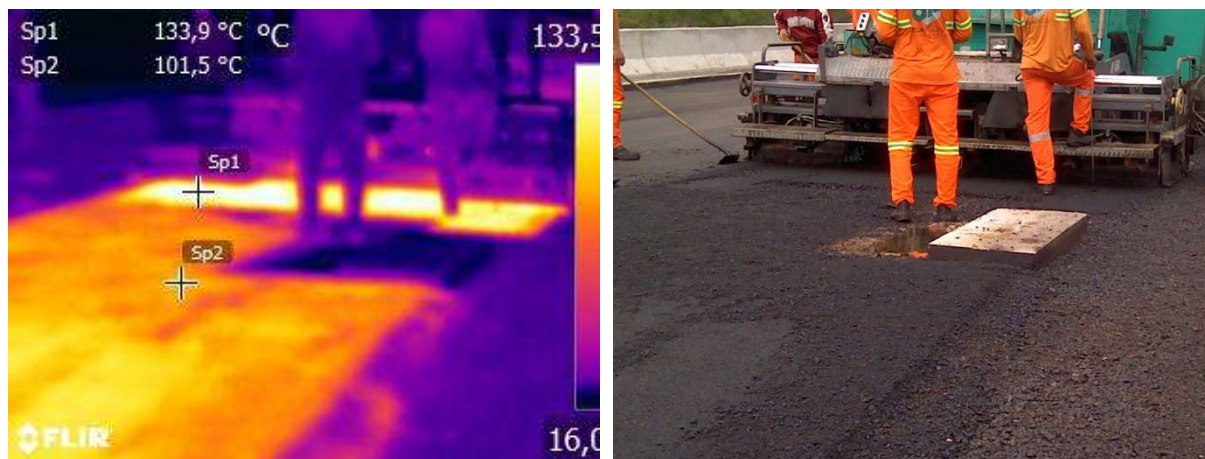


Fonte: Acervo próprio.

Ao longo da execução da 1ª camada de concreto asfáltico, foram observadas algumas situações que pudessem vir a influenciar nos índices de irregularidade longitudinal inicial, relatadas na sequência:

- I. Nas proximidades das barreiras de concreto e das caixas coletoras, o acabamento e disposição de material foi realizado de forma manual, ou seja, não foi realizado com equipamento apropriado (vibroacabadora), conforme pode ser observado nas imagens da Figura 88. As caixas coletoras estão presentes nos quatro segmentos acompanhados, pois trata-se de rampas de acesso ao viaduto, sendo necessários dispositivos de drenagem da pista;

Figura 88 - Disposição de concreto asfáltico e acabamento realizado de forma manual nas proximidades das caixas coletoras, também observados diferenciais de temperatura no pano de $\approx 35^\circ\text{C}$. Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

- II. Durante a execução da camada, a temperatura ambiente ao longo dos cinco dias de execução variou entre 15 a 25°C , ou seja, temperatura adequada para execução. No entanto, mesmo com temperatura ambiente adequada observou-se grande variação de temperatura nos panos de execução, conforme pode ser observado na Figura 88 (b);
- III. O abastecimento da vibroacabadora não foi constante, ou seja, o caminhão abastecia a mesa, afastava-se e voltava a abastecer novamente após esta se encontrar praticamente vazia. Sendo assim, em diversas situações ocorreu falta de material na camada disposta, demandando de complementação a material com carrinho de mão e espalhamento com rastelo – de forma manual.

Observou-se diversas situações em que o operador da vibroacabadora fechou a mesa, para recolher e aproveitar todo o material;

- IV. A pressão de inflação dos pneus no rolo pneumático usado foi ajustada para iniciar a compactação em 80 PSI, aumentando até 120 PSI; a Norma DNIT 031/2006–ES, orienta que fique entre 2,5 Kgf/cm² a 8,4 Kgf/cm² (35,55 a 120 PSI). Durante os cinco dias de trabalho a pressão de inflação nos pneus foi a mesma (de 80 a 120 PSI).
- V. Sempre que iniciados os trabalhos com a vibroacabadora (início de jornada ou execução de juntas devido às paradas), essa foi aquecida, mas não o suficiente para o bom funcionamento/distribuição de material. Os primeiros 20, 30 m de distribuição foram marcados por distribuição irregular de CA, que, por vezes, necessitava de complemento de material e, por vezes, só apresentava a superfície mais rugosa (com aparência “chapiscada”) devido aos efeitos de utilização da massa asfáltica na vibroacabadora fria;
- VI. A execução do *Segmento 1* foi realizada em dois dias de trabalho. Os problemas observados nesse segmento consistiram em: disposição de CA de forma manual nas proximidades das caixas coletoras e da barreira de concreto; diferenciais de temperatura no pano de execução e execução de junta construtiva entre os dois dias de trabalho. A junta encontra-se nas proximidades do ponto 95 da segunda perna de execução, conforme pode ser observada no esquema da sequência executiva da Figura 87 (a);
- VII. Durante a execução do *Segmento 2*, os problemas observados no Segmento 1 se repetiram. No entanto, nesse segmento não foram observadas longas esperas entre uma carga e outra de CA e/ou execução de juntas transversais devido à parada e retomada das atividades;
- VIII. Já durante a execução do *Segmento 3*, foram iniciados os serviços com uma garoa fina que evoluiu para uma chuva intensa forçando a paralisação dos serviços por cerca de 40 minutos até a chuva acalmar. O trecho executado com chuva consiste na primeira perna – próxima à barreira de concreto, identificado no esquema da Figura 87 (a). A junta construtiva está localizada entre os pontos 135 e 140. Após a retomada das atividades, a pista apresentava poças de água na superfície imprimada e a massa que aguardara nos caminhões, mesmo que cobertos, perdeu calor. Pode ser observada a sequência crítica da execução nas fotos da Figura 89;

- IX. Ainda no *Segmento 3*, foi realizada uma junta construtiva na terceira perna, próximo ao ponto 160, como pode ser observado no esquema da sequência executiva da Figura 87 (a). Devido à essa junta, a retomada dos serviços foi realizada ainda com o maquinário frio, que proporcionou uma distribuição irregular, demandando complemento e acabamento de forma manual;
- X. Durante a execução do *Segmento 4*, além dos problemas já relatados para os segmentos anteriores, ocorreram duas situações diferentes: a tampa móvel da caçamba colou na caçamba, não permitindo o abastecimento adequado da vibroacabadora, fazendo com que os operários adentrassem na caçamba e retirassem o material quente com auxílio de pás. Esse episódio gerou praticamente uma junta construtiva, sem contar que a temperatura da mistura caiu com tal movimentação, ocasionando também distribuição irregular da vibroacabadora que demandou complemento de material de forma manual. O problema ocorreu na segunda perna nas proximidades do ponto 60, conforme observado no esquema da sequência executiva da Figura 87 (a);
- XI. Ainda no *Segmento 4*, ocorreu uma falha no abastecimento do material asfáltico, o que provocou uma longa espera de material. Foram esperados no local por cerca de 2 horas, e como o material não chegou, inviabilizou a continuidade do acompanhamento de tal trecho que finalizaria o *Segmento 4*. A localização da junta construtiva em função da falta de material está localizada na terceira perna de execução nas proximidades do ponto 55, conforme apresentado no esquema executivo da Figura 87 (a).

Figura 89- Segmento executado com chuva (a) paralização dos serviços devido à forte chuva - junta transversal. (b) retomada dos serviços com massa fria – (116°C) inferior a recomendação de projeto. (c) diferenciais de temperatura e temperatura inferior a recomendação de projeto. Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

4.2.2.2.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

Os levantamentos de irregularidade longitudinal na 1ª camada de concreto asfáltico convencional foram realizados somente com o Perfilômetro inercial. Nas Figuras 83 a 86 são apresentados os resultados processados para as nove linhas de medição de cada segmento. Nestes gráficos estão traçados os valores de irregularidade longitudinal da camada de sub-base, base e 1ª CA, correlacionando os valores obtidos com o propósito de analisar a evolução da irregularidade longitudinal com o decorrer da execução das camadas.

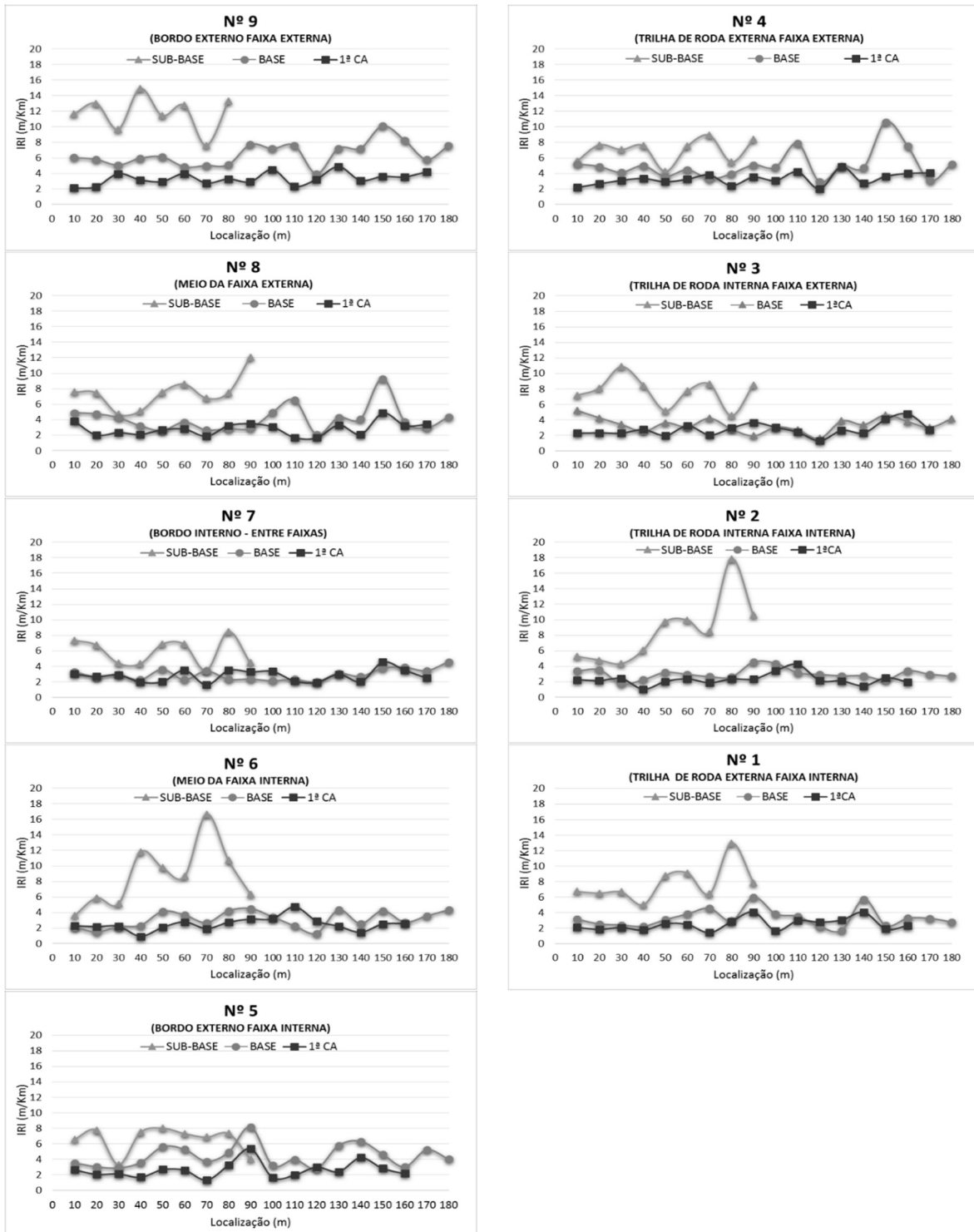
Os dados processados conforme item 3.2.1.2, receberam o mesmo tratamento, ou seja, mesmo padrão de levantamento e mesma configuração no processamento.

A partir de análise visual da Figura 90 (Segmento 1), Figura 91 (Segmento 2), Figura 92 (Segmento 3) e Figura 93 (Segmento 4) observa-se que os valores de IRI obtidos para a 1ª camada de concreto asfáltico são inferiores aos obtidos na camada de base, especialmente para as linhas de medição nº 8, 3, 7, 2, 6 e 1. Estas linhas de medição estão localizadas afastadas das bordas externas dos segmentos. Já para as linhas nº 9, 4 e 5, que estão próximas às extremidades laterais da plataforma, ocorre uma redução mais significativa e de fácil visualização nas figuras mencionadas.

A redução da irregularidade da base para a 1ª camada de CA na média geral dos quatro segmentos acompanhados foi de aproximadamente 35%. Redução similar à encontrada no Trecho BR-287/RS (desconsiderando a faixa executada com problemas de interrupção de CA), que apresentou redução média de 38,15%.

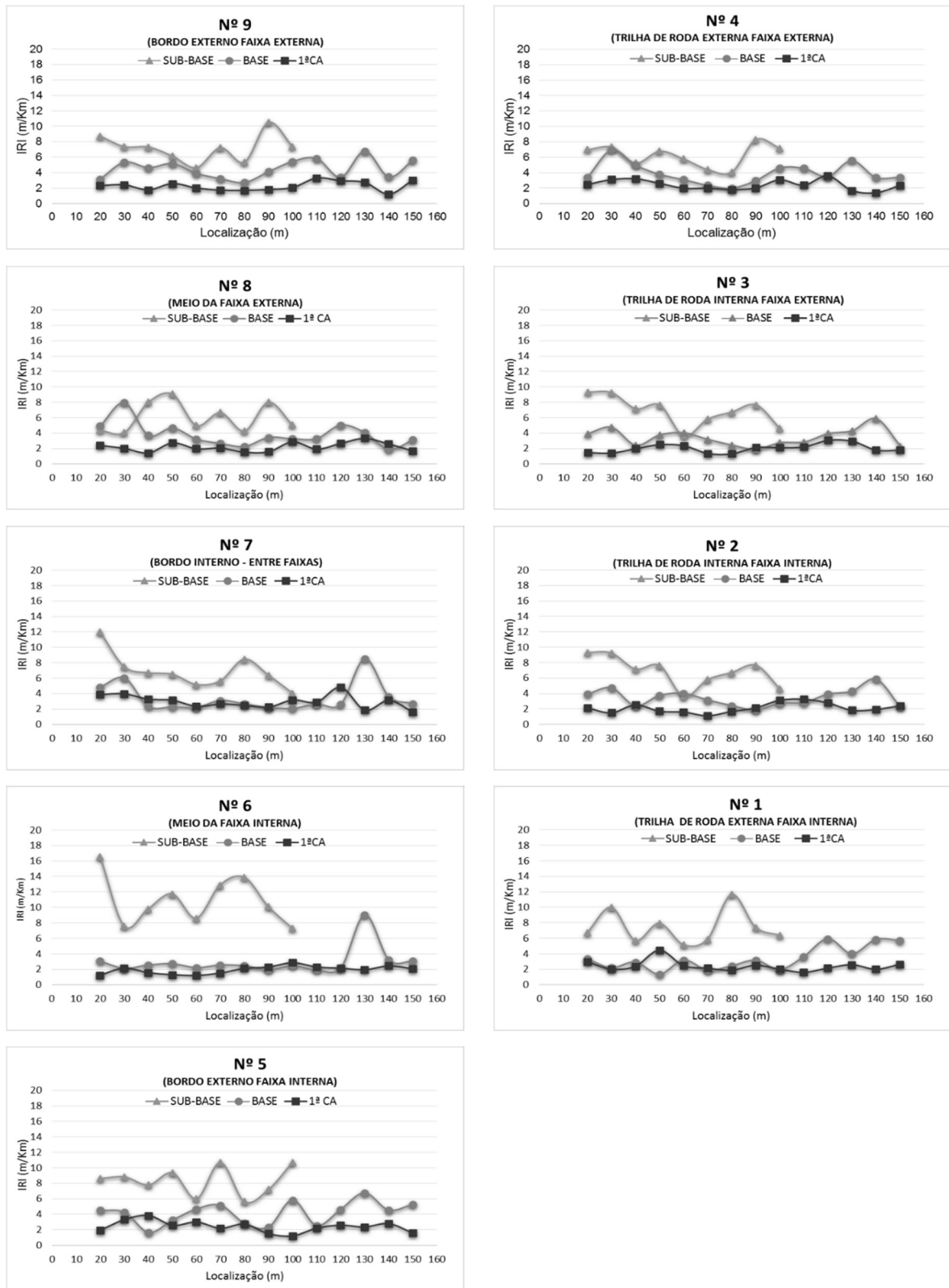
Para as linhas de medição internas dos segmentos, as reduções observadas variaram entre 6% a 45%, dependendo da localização. Já para as linhas de medição 9, 4 e 5 – bordas externas – as reduções do parâmetro são mais significativas, no geral são maiores que 45% (valores encontrados entre 40 a 66%). No entanto, apesar da redução ser mais significativa nas bordas da plataforma, os valores obtidos para a 1ª camada de CA, no geral, são considerados elevados, se comparados com valores de referência. Ressalta-se as dificuldades construtivas do trecho, por tratar-se de um segmento em rampa (de acesso ao viaduto), com barreiras de concreto nas extremidades, caixas coletoras no eixo e bordas e, inclusive falhas na logística do material asfáltico são os principais contribuintes para os valores elevados obtidos de irregularidade longitudinal na respectiva camada.

Figura 90 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



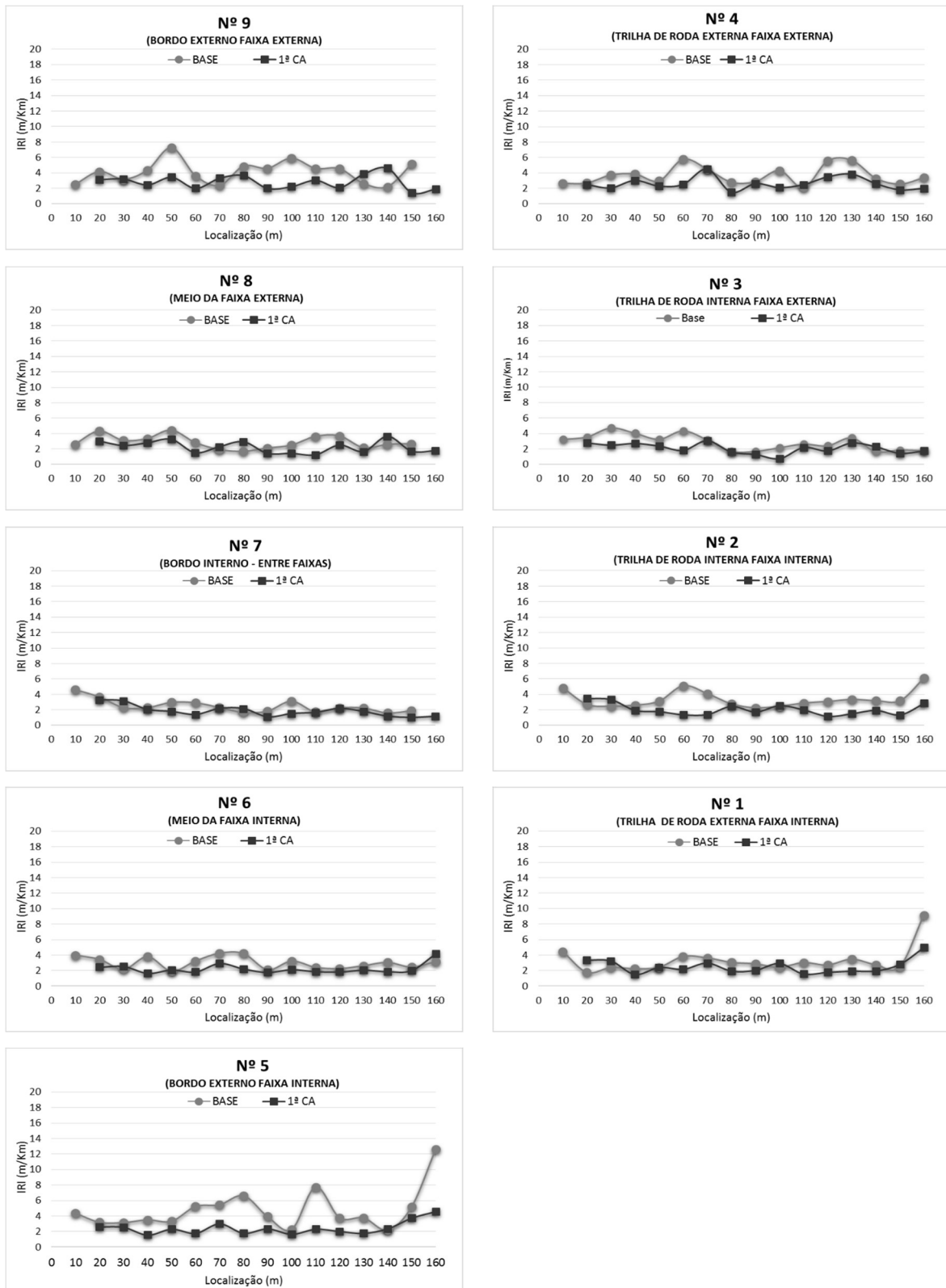
Fonte: Acervo próprio.

Figura 91 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



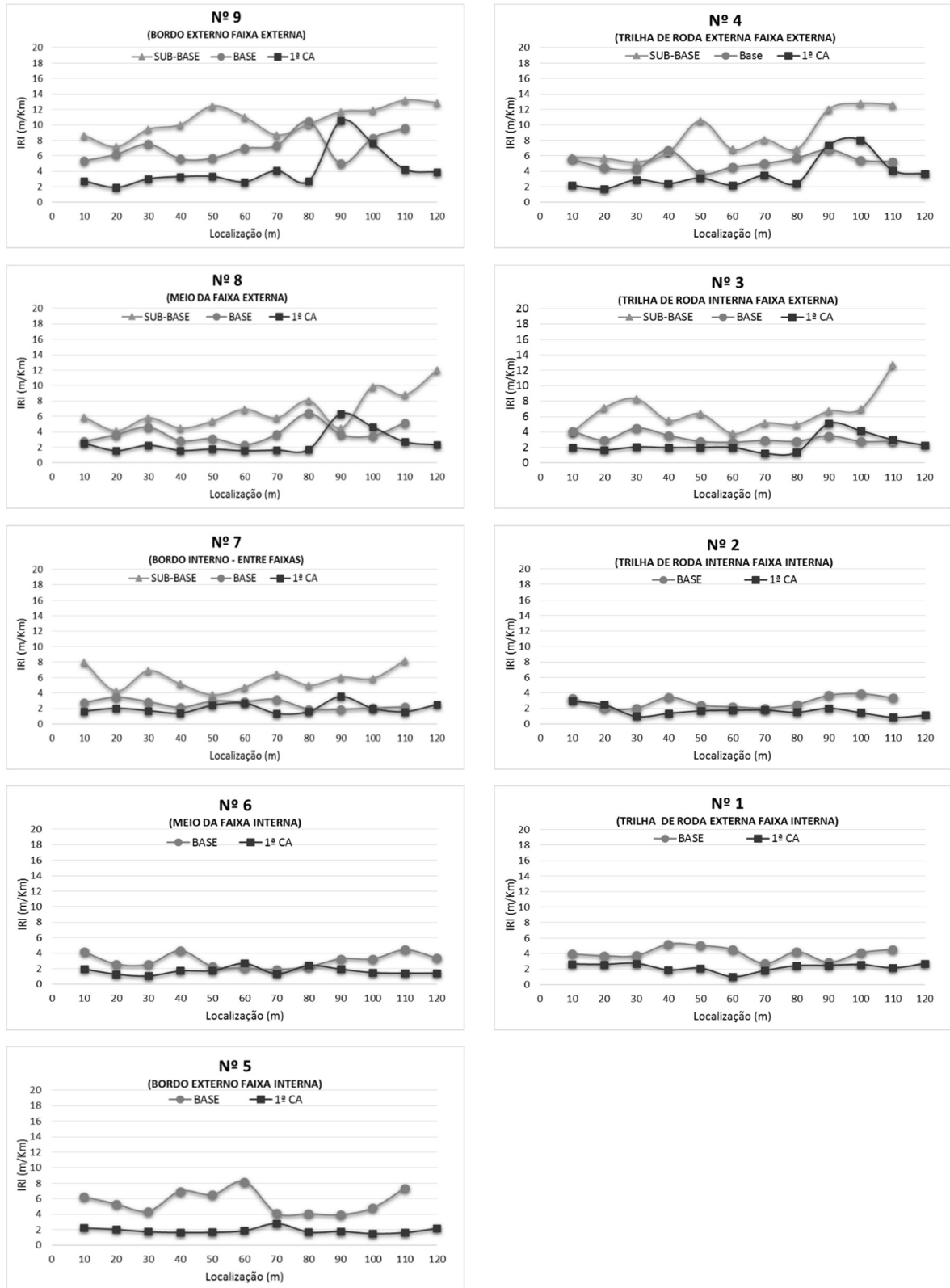
Fonte: Acervo próprio.

Figura 92 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

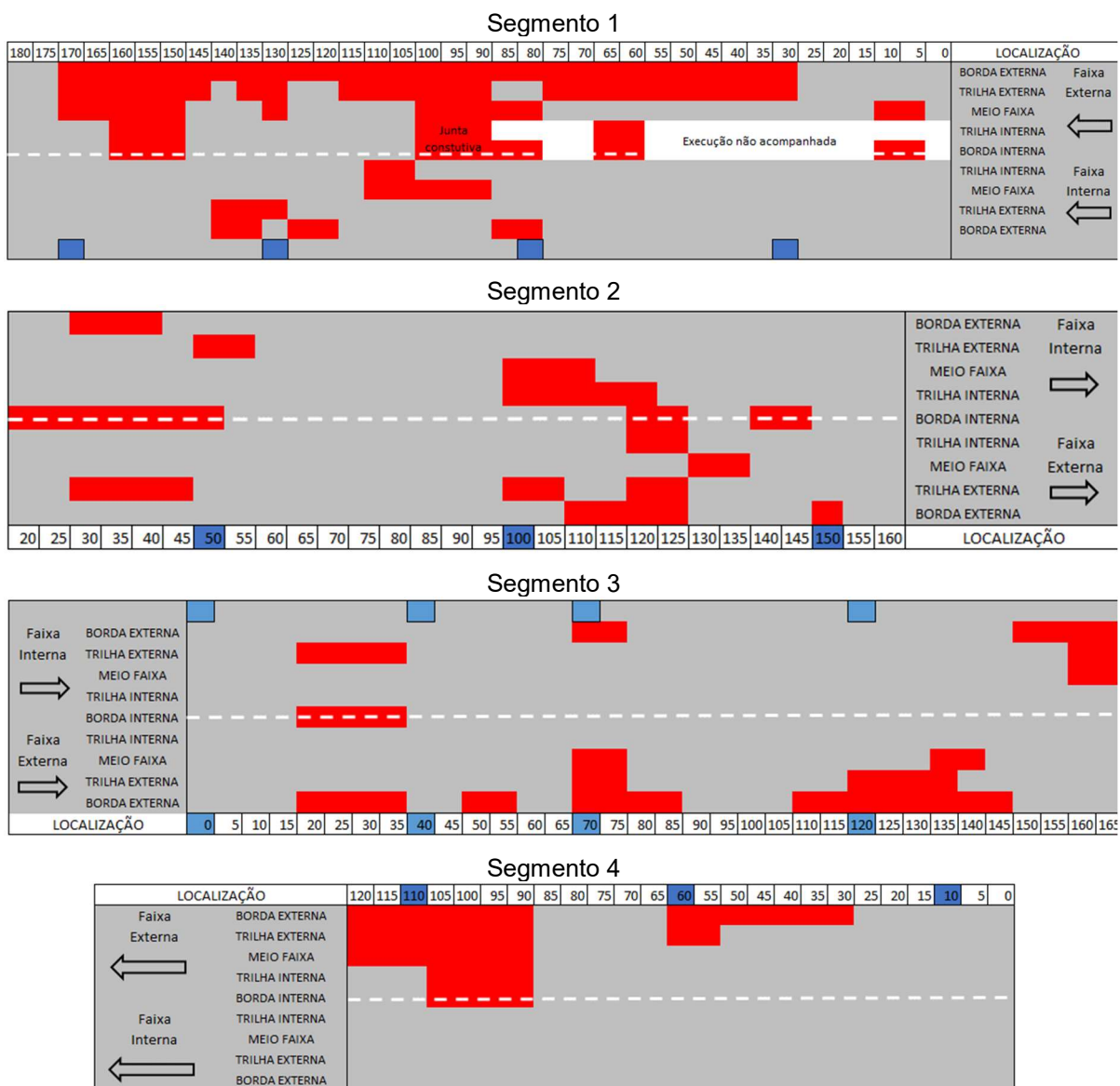
Figura 93 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS) e 1ª CA - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Com o intuito de identificar os pontos com elevados índices de IRI na 1ª camada de CA, foram construídos diagramas de superfície para cada segmento. Nestes diagramas são apresentados, em destaque, os pontos da superfície que apresentam IRI maior que 2,7 m/km, sendo este valor o limite admissível para aceitação da camada final de acordo com normatização do DNIT. Na Figura 94 é apresentado o diagrama de superfície para cada segmento.

Figura 94 - Diagrama de superfície. Localização dos pontos com IRI>2,7m/Km – 1ª CA do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Nesta primeira camada de CA, o Segmento 1 é o segmento que apresenta maior área acumulada com índices de IRI maior que 2,7 m/km, correspondendo a 36% de sua área total. O Segmento 2 vem na sequência, apresentando 25% área acumulada, os segmentos 3 e 4 apresentam área de 18% e 19% respectivamente, situações observadas nos diagramas de superfície apresentados na Figura 94.

O início dos trabalhos deu-se no Segmento 1, por tratar-se de um segmento que possui barreiras de concreto nas extremidades, e a equipe desenvolveu uma técnica nada eficaz para o acabamento da camada nas proximidades da barreira de concreto. A vibroacabadora foi ajustada, não abrangendo completamente a borda da faixa, demandando complementação e distribuição de material com carrinho de mão, sendo o acabamento realizado totalmente de forma manual. A partir dos dados levantados, conclui-se que a técnica não é recomendada, pois gera uma superfície com elevados índices de irregularidade. Ou seja, a distribuição uniforme do material realizada pela vibroacabadora tem total influência na obtenção de uma superfície com baixos índices de irregularidade longitudinal inicial.

Observa-se em praticamente toda a extensão (170 a 30) do Segmento 1, que as linhas de medição correspondente à borda externa e à trilha de roda externa da faixa externa, apresenta irregularidade longitudinal superior a 2,7 m/km. Ainda no Segmento 1, verifica-se que nas proximidades de duas das quatro caixas coletoras, a distribuição e acabamento da camada realizada também de forma manual resultou em uma superfície com altos índices de irregularidade longitudinal. Nas imagens da Figura 95 é possível observar o tratamento nas proximidades da barreira de concreto e das caixas coletoras, além dos diferenciais de temperatura no pano de execução.

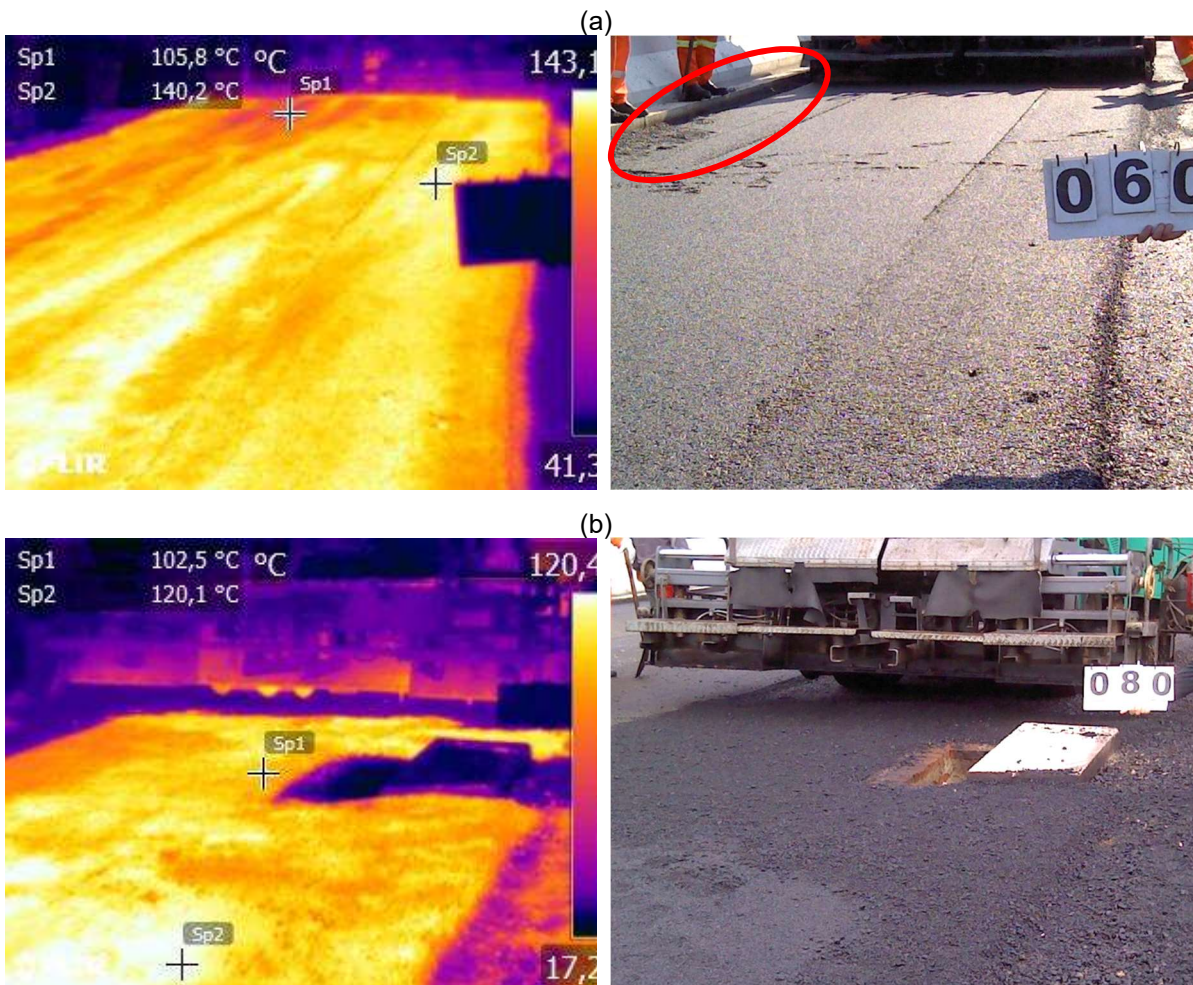
No Segmento 1, outro ponto detectado com elevados índices de irregularidade longitudinal encontra-se localizado nas proximidades do ponto 100, da segunda perna de execução. Nessa região foi executada uma junta construtiva, onde a finalização dos trabalhos ocorreu com a temperatura da mistura asfáltica abaixo das recomendações do projeto conforme pode ser observado na Figura 96 (a): temperatura no pano de execução entre 113 a 97°C. Na Figura 96 (b), é apresentada a localização da junta executiva, que recebeu o acabamento também com temperatura inferior às recomendações.

Ao longo do Segmento 2, alguns pontos, mais isolados que no caso anterior, apresentaram elevados índices de irregularidade longitudinal. Pode-se elencar e relacionar estes pontos com o processo construtivo: observa-se na linha

correspondente à borda interna, ou seja, entre as faixas de rolamento, grandes extensões com altos índices de irregularidade (trechos 20 ao 50, 120 ao 130 e 140 ao 150). Estes altos índices são justificados por essa linha de medição coincidir com a localização da junta construtiva longitudinal, que foi executada com o acabamento manual, conforme pode ser observado nas imagens da Figura 97.

Ainda no Segmento 2, outro ponto identificado com elevado IRI situa-se nas proximidades do trecho 110 ao 125, próximo à barreira de concreto. Neste ponto, além do acabamento manual na borda externa (próximo à barreira de concreto), a vibroacabadora apresentou problema na distribuição do material, deixando um “vazio” de massa, conforme Figura 98. Neste ponto foi necessária a complementação de material de forma manual, com carrinho de mão e acabamento com rastelo.

Figura 95 - (a) Acabamento manual nas proximidades da barreira de concreto e (b) nas proximidades das caixas coletoras – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 96 - (a) final de jornada de trabalho com massa asfáltica fria e (b) localização de junta construtiva – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 97 - Execução de junta longitudinal, acabamento manual – Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 98 - (a) Acabamento manual da junta longitudinal e nas proximidades da barreira de concreto e (b) distribuição irregular da vibroacabadora – Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Diversas foram as situações em que a vibroacabadora distribuiu a mistura asfáltica de forma irregular, podendo ser destacadas as seguintes situações: no início de jornada de trabalho até a vibroacabadora aquecer devidamente e quando ocorreram falta de material nos silos da vibro. Esta falta de material nos silos foi ocasionada pelo método construtivo adotado, em que a caçamba do caminhão não se encontrava acoplada na vibroacabadora. Quando o operador da vibroacabadora fecha as alas dos silos/mesa para recolher todo o material e assim aproveitá-lo completamente, o caminhão se reaproxima e realiza o abastecimento dos silos.

Durante toda a execução, observou-se que, no mínimo, um operário ficava com uma pá “arrumando” o material para abastecimento das correias da vibroacabadora.

Este problema poderia ter sido resolvido com o abastecimento contínuo, ou seja, com o caminhão basculante com material acoplado na vibroacabadora.

O início da execução do Segmento 3 foi realizado com garoa, que evoluiu para uma chuva intensa, forçando a paralisação dos trabalhos ainda nas primeiras cargas. O segmento executado com chuva apresentou elevados índices de irregularidade longitudinal. No diagrama da Figura 94, pode ser visualizado o segmento na faixa externa, entre o trecho 120 ao 145, sendo que no ponto 135 ocorreu a paralisação dos trabalhos e como consequência a execução de uma junta transversal, conforme pode ser observado nas imagens da Figura 99.

Após a chuva parar, as atividades foram retomadas, sendo que a superfície de base imprimada apresentava grande quantidade de água empoçada, que aos poucos foi sendo dissipada. Ainda no diagrama de superfície, observa-se que os elevados índices de irregularidade ocorreram até o ponto 120, ou seja, 15 m após a execução da junta. Estes elevados índices após a execução da junta podem ser atribuído à vibroacabadora ter esfriado. Até aquecer devidamente, o material foi disposto de forma irregular, sendo possível também verificar que a temperatura da mistura asfáltica encontrava-se abaixo das recomendações do projeto.

Ainda no Segmento 3, foram observadas repetições dos problemas já relatados nos segmentos anteriores. Nas proximidades do ponto 70, onde foram registrados elevados índices de IRI, além do acabamento manual e diferenciais de temperatura no pano de execução, a superfície foi “salgada”, conforme pode-se observar nas imagens termográficas da Figura 100. Essa prática de “salgar” a superfície foi observada inúmeras vezes durante o acompanhamento deste trecho ERS-509.

Outro local com elevado IRI encontra-se nas proximidades do ponto 160 da terceira perna de execução, justificados pelas junta construtiva realizada. Observa-se nas imagens da Figura 101 que a finalização dos serviços foi realizada com a massa com temperatura inferior à recomendação. Ainda, a retomada dos serviços ocorreu com a vibroacabadora fria, que como consequência, distribuiu material de forma não uniforme.

No Segmento 4, observa-se que os elevados índices de IRI foram registrados nas proximidades da barreira do concreto e após a execução de uma junta transversal “forçada”, devido à falta de material. Após a falta de CA e espera por mais de duas horas, inviabilizando a continuidade do acompanhamento, no entanto, após a

execução dos serviços e volta ao local, a sua localização foi de fácil visualização, conforme pode ser observado nas imagens da Figura 102.

A partir das observações realizadas durante a execução da 1ª camada em concreto asfáltico, dos quatro segmentos, pode-se elencar os principais fatores que implicaram em elevados índices de irregularidade longitudinal:

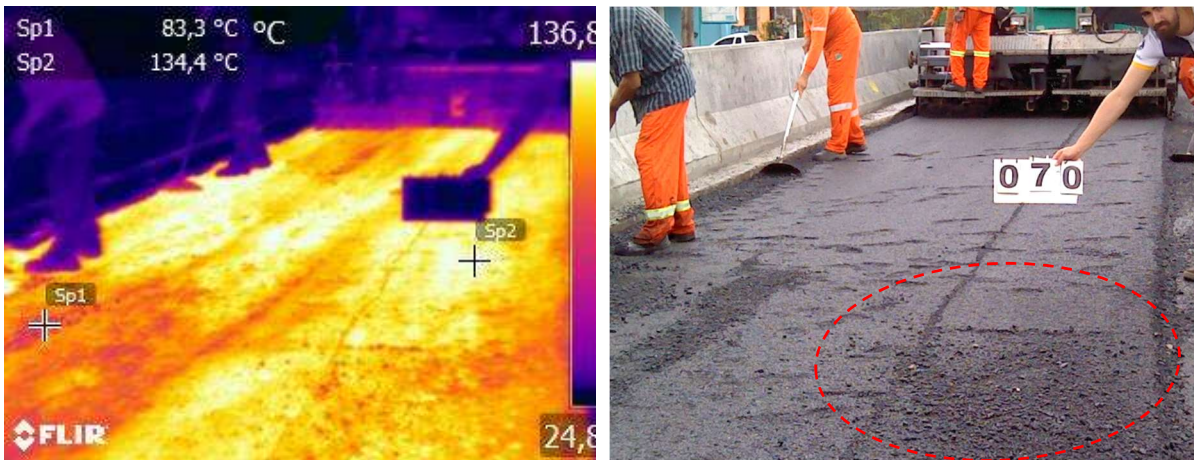
- a) Distribuição irregular da vibroacadora;
- b) Acabamento manual da superfície aliado à técnica de “salgar” a superfície;
- c) Complementação de material de forma manual;
- d) Execução de juntas longitudinais e principalmente transversais sem o cuidado com o acabamento;
- e) Execução em dias chuva – A Norma DNIT-031/2006-ES (Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço) informa que: “não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação em dias de chuva” (DNIT-031/2006-ES p.3). No presente acompanhamento, verificou-se que a chuva provocou resfriamento da massa além da presença de água durante a compactação, fato que comprometeu o procedimento, acarretando em elevados índices de irregularidade longitudinal inicial;
- f) Diferenciais de temperatura no pano de execução: em diferentes situações foi constatado diferenciais de temperatura e também massa “fria” - com temperatura inferior à recomendação do projeto. No entanto, pelo fato desta situação estar sempre acompanhada de outro fator, dentre os elencados nos itens anteriores, não se pode inferir acerca do grau de impacto que a mesma apresenta nos elevados índices de IRI, apenas sobre a existência de relação entre ambos fatores.

Figura 99 - Segmento executado com chuva (a) pano de execução com massa fria e localização de junta transversal, (b) execução de junta fria – retomada das atividades com água empoçadas da superfície e (c) segmento executado com vibroacabadora e massa fria – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 100 - Acabamentos manuais e superfície "salgada" com material – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 101 - Execução de junta (a) finalização de um dia de trabalho e (b) retomada das atividades do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 102 - Localização de junta transversal após conclusão do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Esse somatório de problemas executivos teve como resultado uma superfície com índices de irregularidade acima dos esperados para uma camada em concreto asfáltico, conforme pode ser observado nos valores médios dos quatro segmentos, que são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 - Valores médios de IRI na 1ª camada de CA do Trecho ERS-509 desta pesquisa

IRI _m (m/km)	Nº 9	Nº 4	Nº 8	Nº 3	Nº 7	Nº 2	Nº 6	Nº 1	Nº 5	Média
Seg. 1	3,34	3,29	2,81	2,76	2,78	2,28	2,49	2,50	2,63	2,76
Seg. 2	2,26	2,39	2,20	2,03	2,96	2,13	1,94	2,41	2,40	2,30
Seg. 3	2,83	2,62	2,22	2,06	1,84	2,03	2,23	2,50	2,43	2,31
Seg. 4	4,16	3,62	2,55	2,40	2,03	1,67	1,73	2,24	1,91	2,48
Média	3,15	2,98	2,45	2,32	2,40	2,03	2,10	2,41	2,34	2,46

Fonte: Acervo próprio.

Observa-se na Tabela 32 que 86,11% dos índices médios de IRI ficaram acima de 2 m/km, sendo o Segmento 1, o segmento com maiores problemas de irregularidade. Neste segmento é verificado que nas linhas de medição 9, 4, 8, 3 e 7 os índices ficaram acima dos dados de referência para a classificação de uma superfície com “boas” condições de trafegabilidade ($IRI \leq 2,7$ m/km). De acordo com os valores obtidos, o segmento é classificado com condição “boa a regular” de rolamento ($1,9 \leq IRI \leq 3,5$ m/km), isso se tratando de condições iniciais, que tendem a

se agravar de forma mais incisiva com o tempo e a ação do tráfego. No entanto, como se trata de uma camada intermediária do pavimento, é de comum entendimento no meio técnico que estes problemas tendem a serem sanados com a execução da camada conseguinte e possivelmente não terão impacto significativo na funcionalidade da estrutura como um todo, sendo objeto do presente trabalho avaliar tal comportamento.

4.2.2.3 *Camada final de CA com borracha*

4.2.2.3.1 Processo Construtivo

A camada final em concreto asfáltico com borracha foi executada sobre a 1ª camada de concreto asfáltico, sendo composta por aproximadamente 5 cm de concreto asfáltico com borracha. O processo executivo teve duração de três dias, onde a mistura asfáltica caracterizada no item 3.1.2.4 foi usinada também a uma distância de aproximadamente 19 km do local da obra. O trecho ERS-509 foi executado na segunda quinzena do mês de outubro de 2019. A superfície recebeu a aplicação da pintura de ligação, sendo está aplicada com “caneta” e, logo após, iniciou-se a disposição do concreto asfáltico com a vibroacabadora. A abertura da vibroacabadora foi ajustada com a mesma largura definida para a 1ª camada de CA (3,3m), coincidindo as juntas longitudinais.

O concreto asfáltico, pré-compactado pela vibroacabadora foi disposto com espessura de 6,5 cm, quando recebeu praticamente o mesmo tratamento de compactação da 1ª camada de CA, sendo esse composto inicialmente pela passada do rolo chapa (aproximadamente cinco vezes por área), seguido do rolo pneumático (aproximadamente dez vezes sobre uma mesma área). Posteriormente, o rolo chapa realizou o acabamento final com uma média de quatro passadas, com a vibração ativada. Nos locais de juntas longitudinais ou transversais, o rolo chapa realizou a primeira compactação já com o sistema de vibração ativado. A sequência executiva e observações pertinentes encontram-se no esquema da Figura 87 (b) do item 4.2.2.2.

Análogo à camada anterior, a camada final também foi acompanhada pela autora desta dissertação, sendo realizadas anotações do processo construtivo, e o controle de temperatura também foi monitorado com o auxílio da câmera termográfica.

Durante o acompanhamento da execução da camada final do revestimento, observou-se maior cuidado com os acabamentos por parte da equipe, no entanto, cabem alguns relatos de situações que podem influenciar na irregularidade longitudinal inicial:

- a) Os equipamentos usados para a execução da camada final foram os mesmos usados na execução da 1ª camada de concreto asfáltico. A pressão de inflação dos pneus do rolo pneumático também foi a mesma, ou seja, foi iniciada a compactação com 80 PSI, aumentando até 120 PSI;
- b) Os diferenciais de temperatura no pano de execução foram frequentes e puderam ser observados em quase todas as fotos termográficas registradas. O diferencial térmico chegou a ser da ordem de 52°C, conforme pode ser observado na imagem da Figura 103;
- c) Nas proximidades das caixas de passagem e das barreiras de concreto, a disposição do material e o acabamento também foi realizado de forma manual, tal como fora executado na primeira camada de CA;
- d) O abastecimento da mesa da vibroacabadora continuava sendo inconstante, provocando distribuição irregular da vibroacabadora por falta de material. Nesses casos, era necessária a complementação de material com carrinho de mão e acabamento com rastelo;
- e) Sempre quando iniciados e/ou retomados os serviços, a distribuição realizada pela vibroacabadora era irregular pois o equipamento ainda encontrava-se desaquecido. Normalmente o problema da distribuição irregular era sanado após uma extensão média de 50 m, e a distribuição irregular do material pode ser verificada nas imagens da Figura 104;
- f) Durante os três dias de execução da camada final, a temperatura ambiente variou entre 18 a 25°C, adequada para a execução do serviço de pavimentação;
- g) A execução do *Segmento 1* foi realizada em um único dia de trabalho, os problemas observados nesse segmento consistem em disposição de CA de forma manual nas proximidades das caixas coletoras e da barreira de concreto e diferenciais de temperatura no pano de execução. A ordem seguida durante a execução pode ser observada no esquema da sequência executiva da Figura 87 (b);

- h) A execução do *Segmento 2* teve duração de dois dias, os problemas observados são os mesmos já relatados anteriormente, tendo ainda a situação de execução de junta construtiva entre os dois dias de trabalho. A junta encontra-se nas proximidades do ponto 20 da terceira e última “perna” de execução do segmento, conforme pode ser observada também no esquema da sequência executiva da Figura 87 (b);
- i) Durante a execução do *Segmento 3*, foram acompanhados apenas a execução de metade do trecho, conforme demonstrado no esquema da Figura 87 (b). Ocorreu falha na comunicação entre a construtora e a mestranda. Este segmento foi executado em dois dias de trabalho, tendo, portanto, a localização de uma junta construtiva entre os dias de construção. A junta está localizada na segunda perna do segmento, nas proximidades do ponto 105.
- j) Já durante a execução do *Segmento 4*, ocorreram várias paradas e retomadas de atividades, mesmo esse segmento tendo sido executado durante apenas um dia. A primeira parada de atividades, deveu-se ao almoço da equipe, sendo a junta nas proximidades do ponto 98 da primeira perna de execução – conforme pode ser observado no esquema da Figura 87 (b) e Figura 105 (a). A segunda parada foi devido à falta de concreto asfáltico, ocasionando uma junta transversal que se localiza na segunda perna de execução, nas proximidades do ponto 98, também encontra-se identificada no esquema de execução e na Figura 105 (b). A terceira parada ocorreu devido à falta de planejamento da equipe, pois até a usina já havia encerrado as atividades, logo, a espera foi longa até a chegada de material para a finalização da camada. Isso ocasionou uma junta construtiva nas proximidades do ponto 50 da terceira perna demonstrada na Figura 105 (c).

Figura 103 – Exemplo de diferenciais de temperatura no pano de execução do Trecho ERS-509 desta pesquisa



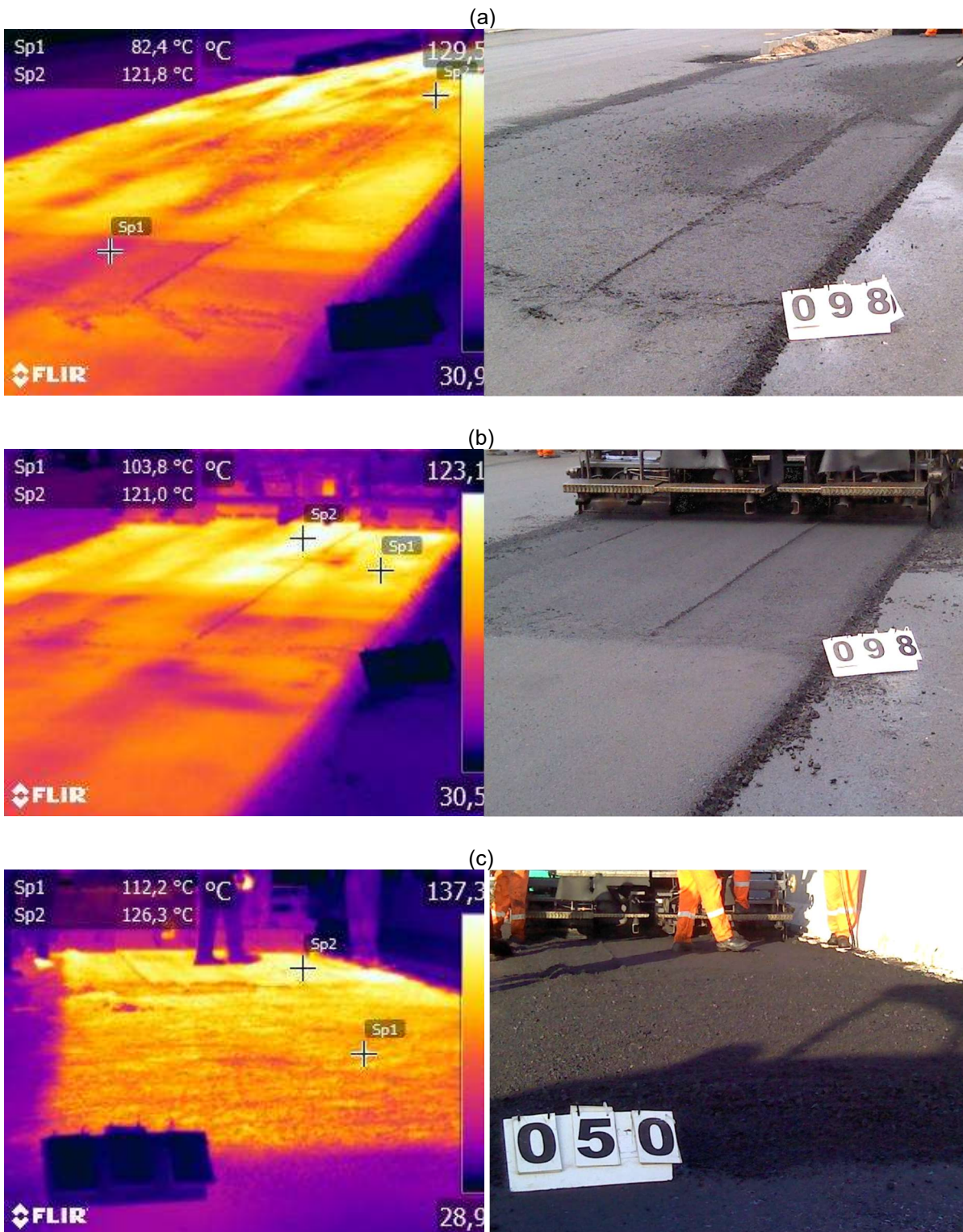
Fonte: Acervo próprio.

Figura 104 - Após execução de junta transversal, distribuição irregular de CA pela vibroacabadora do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 105- Localização das juntas no Segmento 4 (a) Proximidades do ponto 98 – 1ª perna, (b) também nas proximidades do ponto 98 da 2ª perna de execução e (c) proximidades do ponto 50 da 3ª perna de execução – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

4.2.2.3.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

Assim como nas demais camadas, o levantamento de irregularidade longitudinal na camada final de concreto asfáltico com borracha foi realizado somente com o Perfilômetro inercial. Nas Figuras 106 a 109, são apresentados os resultados para as nove linhas de medição em cada segmento. Nestes gráficos estão traçados os valores de irregularidade longitudinal da camada de sub-base, base, 1ª CA e camada asfáltica final. O propósito é demonstrar a evolução da irregularidade longitudinal com o decorrer da execução das camadas constituintes do pavimento monitorado.

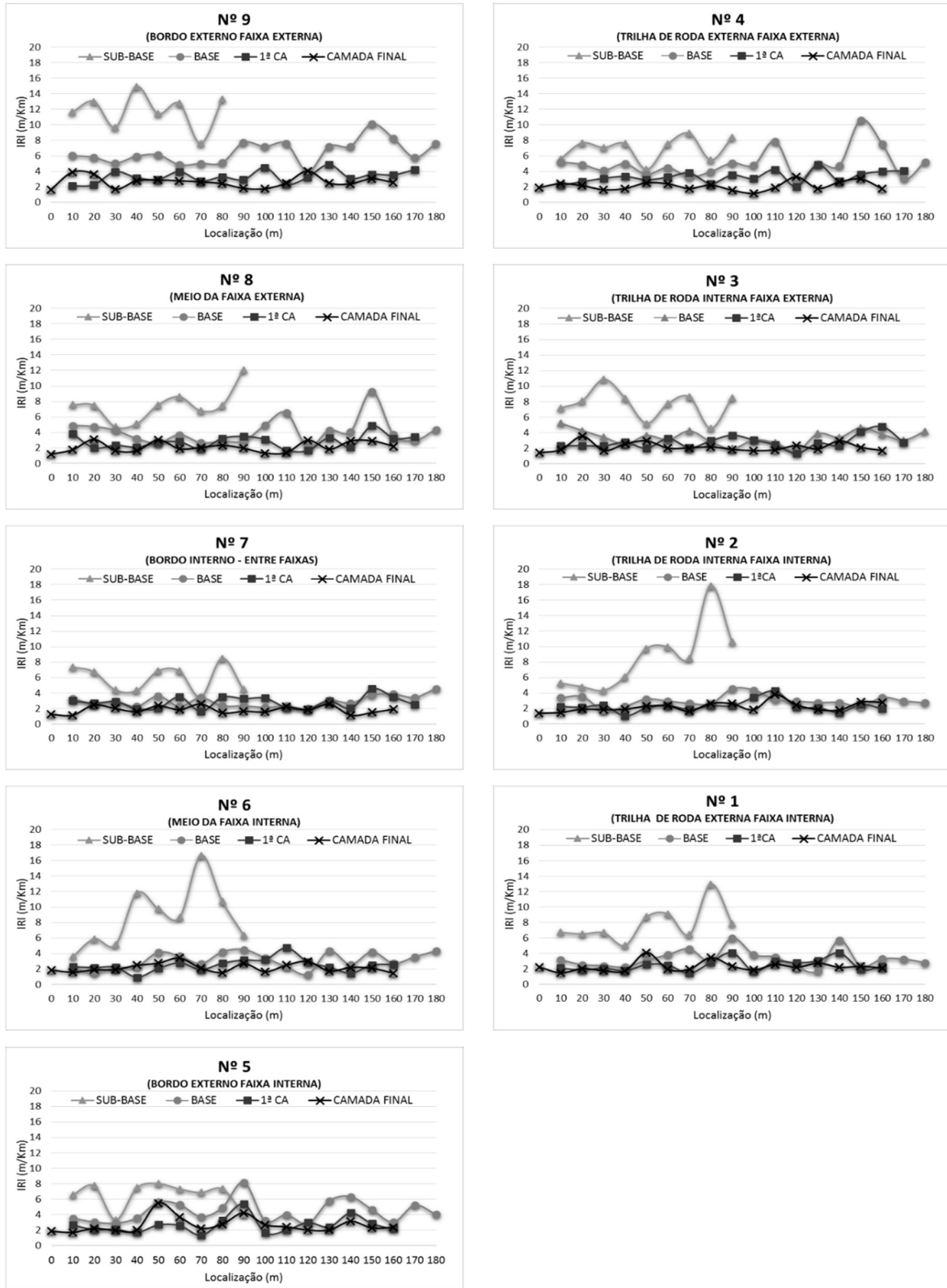
É possível verificar nas Figura 106 a Figura 109 que, independente do segmento, os valores obtidos para a irregularidade longitudinal na camada final são, em sua maioria, inferiores aos obtidos na primeira camada de concreto asfáltico. Na análise, verificou-se que os pontos onde a irregularidade longitudinal era elevada na 1ª camada de CA, sofreram uma redução mais significativa, ou seja, ocorreu a correção da irregularidade.

Outra constatação pertinente é a homogeneidade dos valores apresentados na camada final, visto que as variações registradas não têm uma grande amplitude, entendendo-se que a execução desta camada ocorreu de forma mais uniforme, ou seja, seguiu o mesmo padrão durante a execução de toda a plataforma. Esse comportamento pode estar relacionado aos cuidados tomados pela equipe durante a execução, com maior cuidado nos acabamentos desta camada.

As reduções dos valores médios de irregularidade longitudinal são variáveis, chegando a ser da ordem de 38%, sendo as reduções mais significativas localizadas nas linhas de medições próximas às bordas externas, comprovando que durante a execução da camada final teve-se maior cuidado durante a execução, que culminaram em uma superfície mais regular.

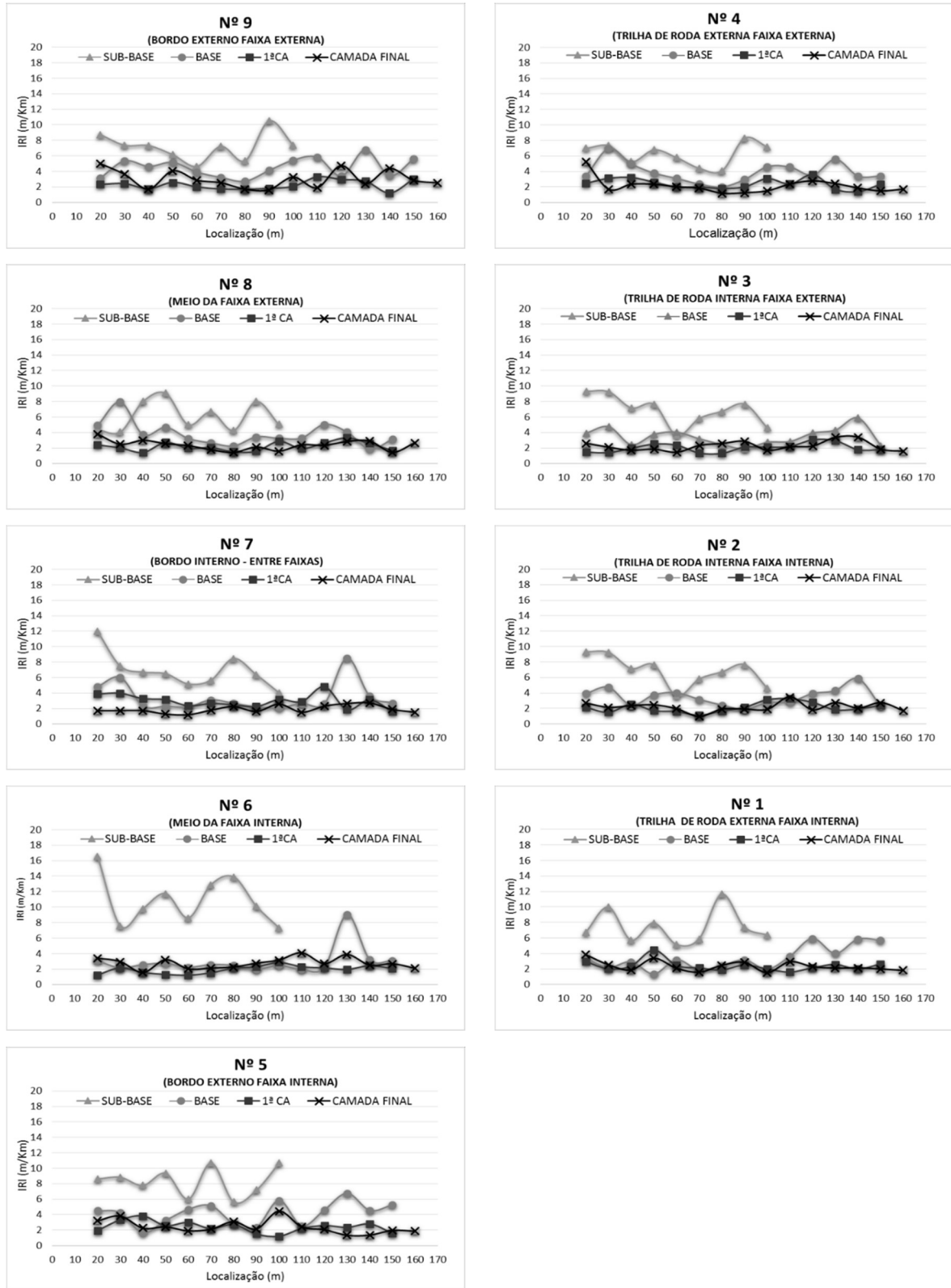
Assim como na 1ª camada de CA, foram esquematizados diagramas da superfície para cada segmento. Nestes diagramas são apresentados em destaque os pontos da superfície que apresentam IRI maior que 2,7 m/km, sendo este valor o limite admissível para aceitação da camada final de acordo com normatização DNIT. Na Figura 110, é apresentado o diagrama de superfície para cada segmento.

Figura 106 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



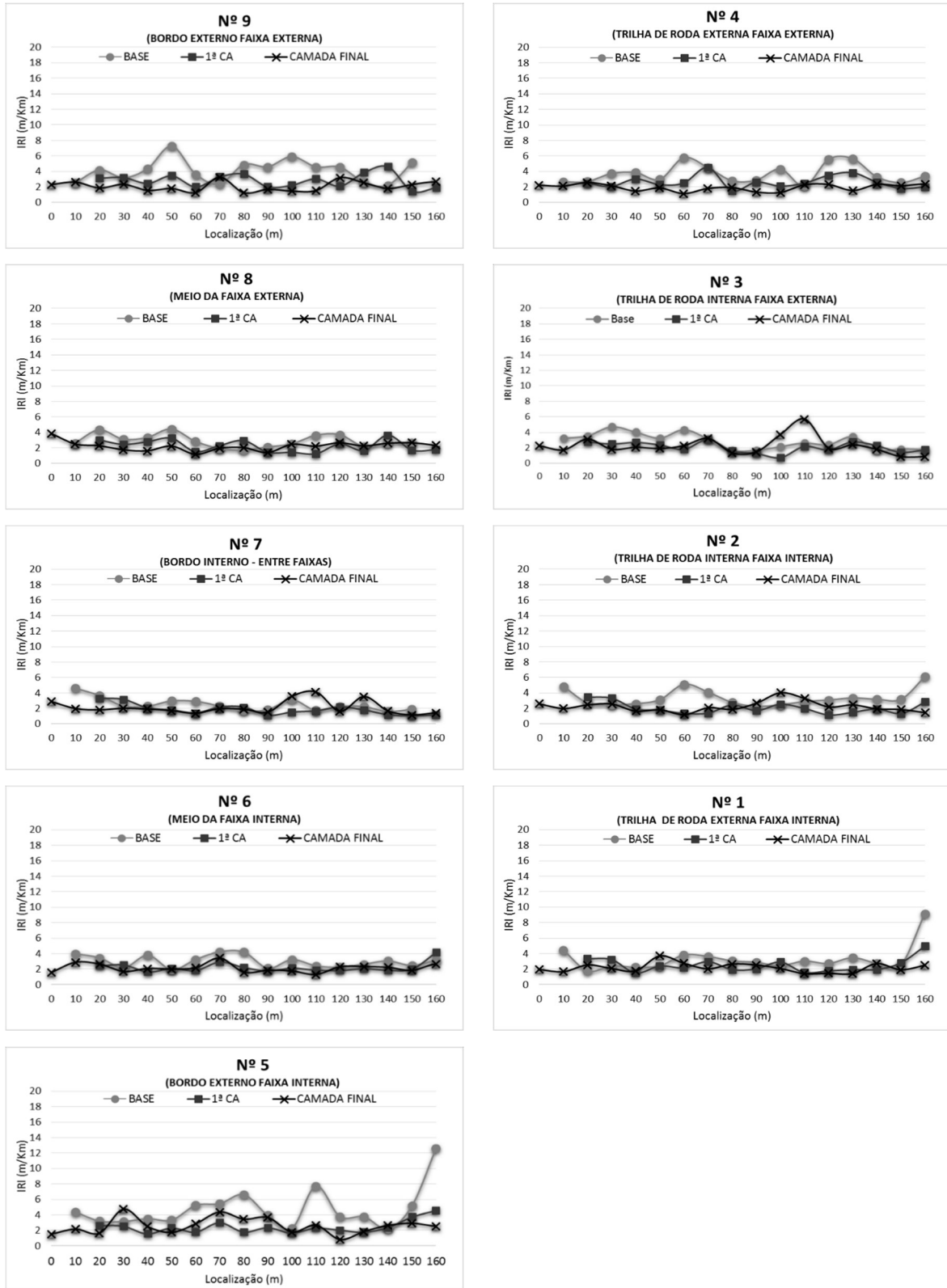
Fonte: Acervo próprio.

Figura 107- Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



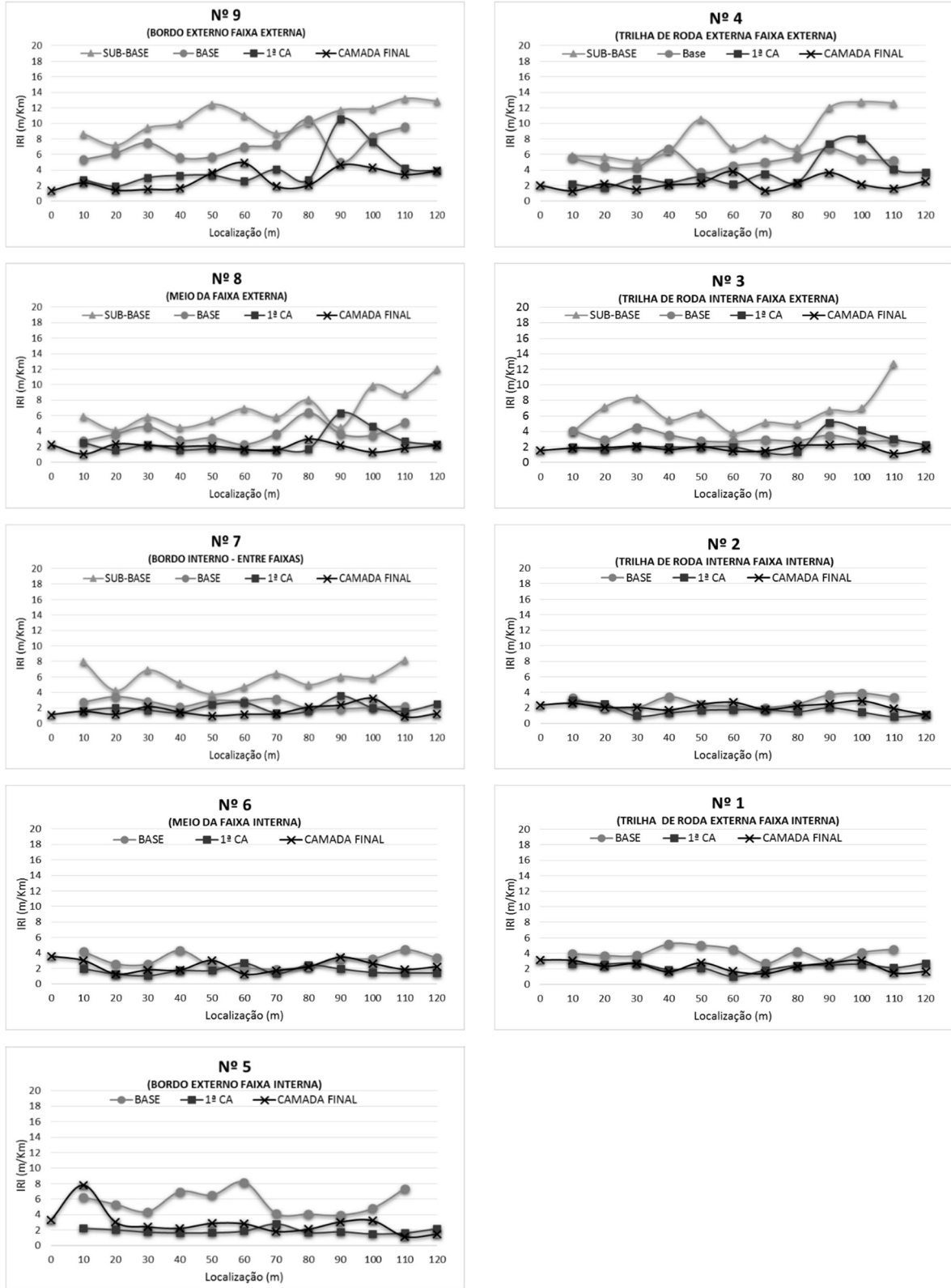
Fonte: Acervo próprio.

Figura 108 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



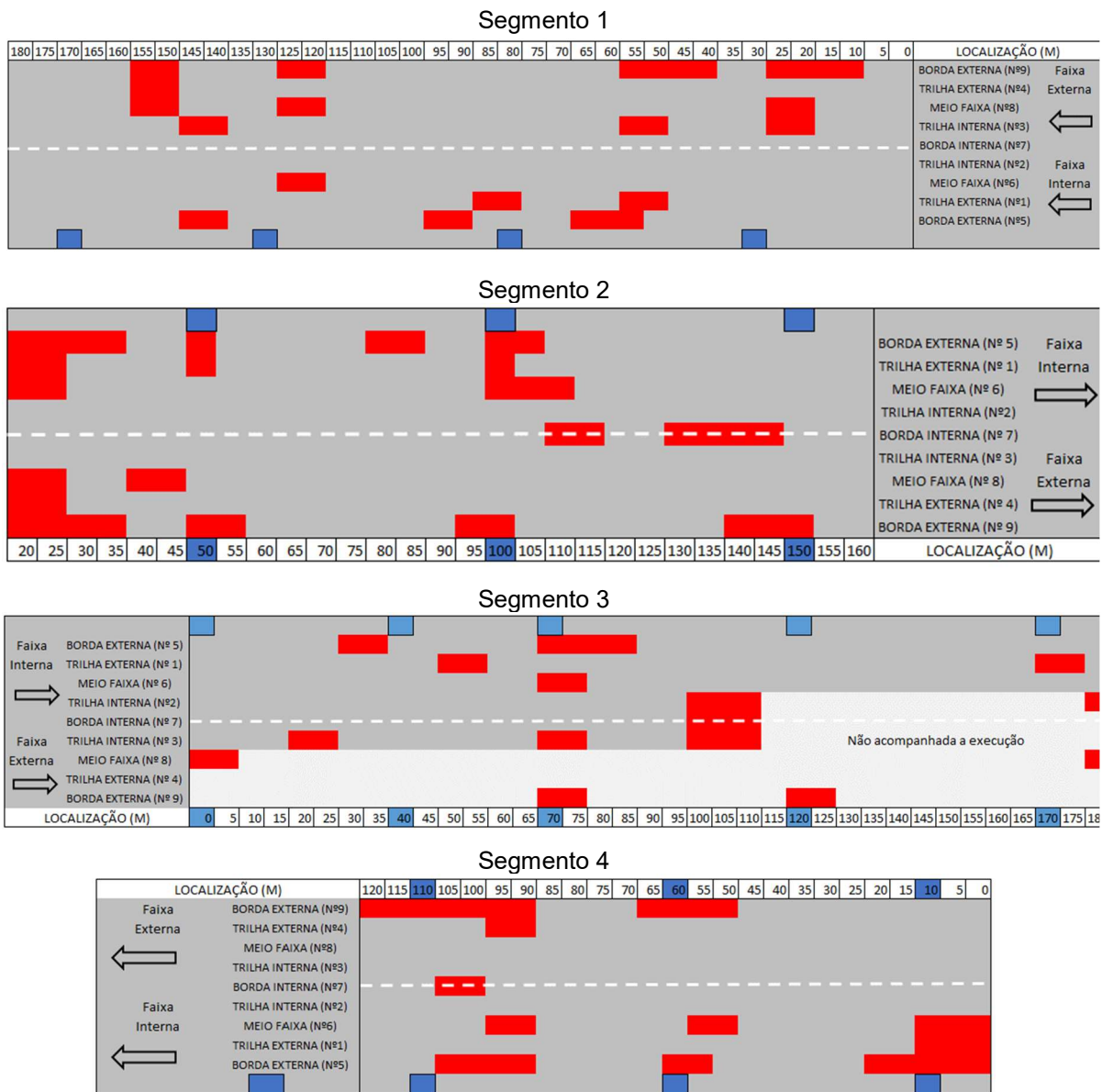
Fonte: Acervo próprio.

Figura 109 - Dados de irregularidade longitudinal nas camadas de sub-base (MS), base (BGS), 1ª CA convencional e camada final em CA com borracha - Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 110 - Diagrama de superfície. Localização dos pontos com IRI>2,7m/Km – Camada Final do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Legenda:

■ IRI>2,7m/km
 IRI<2,7m/km
 Caixas coletoras
 Localização das barreiras de concreto

Fonte: Acervo próprio.

Analisando de maneira geral as superfícies dos segmentos, representadas na Figura 110, observa-se que apesar de uma redução expressiva de áreas com IRI maior que 2,7 m/km se comparados com a 1ª camada de CA esboçados na Figura 94, ainda assim, por se tratar de uma camada final de um pavimento novo, são diversos pontos com IRI maior que o admissível.

Para o segmento 1 a área total com IRI maior que 2,7 m/km reduziu de 36% para 13%, no Segmento 2 a redução de área irregular foi de 25% para 17%, o Segmento 3 de 18% caiu para 11,7% da área e no Segmento 4 a redução não foi tão significativa, sendo reduzida a área de 19% para 17%.

Buscou-se correlacionar esses locais da superfície com índices de IRI maior 2,7 m/km com observações do processo construtivo e registros fotográficos, podendo assim justificar algumas situações mais representativas que são descritas a seguir por segmento.

No Segmento 1, conforme relatado anteriormente, foi maior a redução de área com relação à irregularidade (de 36% para 13% após a execução da camada final). Ainda com essa redução significativa, verifica-se grande extensão com IRI elevado principalmente nas proximidades da barreira de concreto, ou seja, onde o acabamento foi realizado de forma manual. Mesmo com a percepção de que a execução foi realizada com maior cuidado por parte dos executores, o método construtivo adotado ainda não permitiu índices melhores de irregularidade.

Outro ponto que apresenta altos índices de IRI no Segmento 1, fica nas proximidades do ponto 150 e, analisando as imagens nas proximidades deste ponto, verificou-se que devido à necessidade de complementação de material nas proximidades da barreira de concreto, ocorreu uma movimentação intensa de pessoas e carrinho de mão no pano de execução (por parte dos executores), gerando inúmeras marcas de pés sobre a superfície, conforme pode ser observado nas imagens da Figura 111. Ainda nas imagens da Figura 111 (b), é possível verificar o diferencial térmico provocado apenas pela passagem do rolo chapa. Neste caso, a temperatura da massa reduziu aproximadamente 30°C.

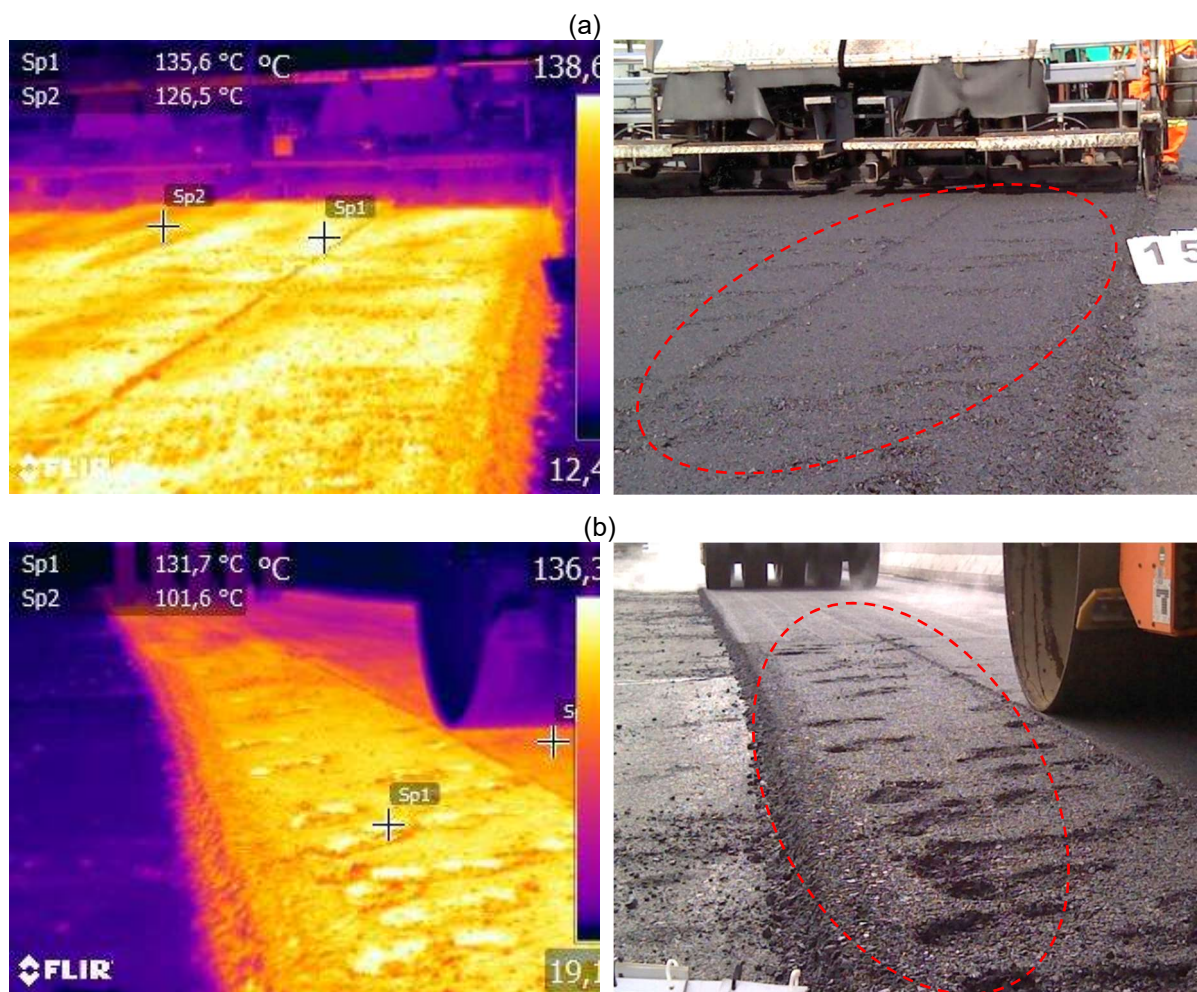
Ainda no Segmento 1, nas proximidades do ponto 50, os elevados índices de irregularidade longitudinal estão relacionados à técnica de “salgar” a superfície, sendo essa técnica um hábito observado durante todo o acompanhamento, frequentemente um colaborador realizava, com uma pá, este procedimento. Tal situação foi registrada pela câmera termográfica e é apresentada nas imagens da Figura 112. Nesta imagem também é possível verificar os diferenciais de temperatura no pano de execução, tendo alguns pontos de massa fria (temperatura do CA abaixo das recomendações para serviço de compactação que é de 130°C a 150°C), podendo este fator também ter contribuição nos elevados índices de irregularidade inicial.

Analisando as áreas com elevados índices de IRI no Segmento 2, constata-se a repetição dos problemas relatados durante a execução da 1ª camada de CA. Percebe-se no diagrama de superfície da Figura 110, que nas proximidades de cinco das seis caixas coletoras do segmento, os índices de irregularidade são elevados.

Outra situação, observada reiteradamente, versa sobre a irregularidade na distribuição de material da vibroacabadora. Nas proximidades do ponto 50 da primeira perna de execução por exemplo, a distribuição irregular foi registrada e é apresentada nas imagens da Figura 113. Além da distribuição irregular da vibroacabadora, ocorre também diferenciais de temperatura expressivos no pano de execução. Os diferenciais de temperatura estão sempre aliados a outro problema, ficando difícil precisar qual é seu grau de impacto efetivo nos elevados índices de IRI.

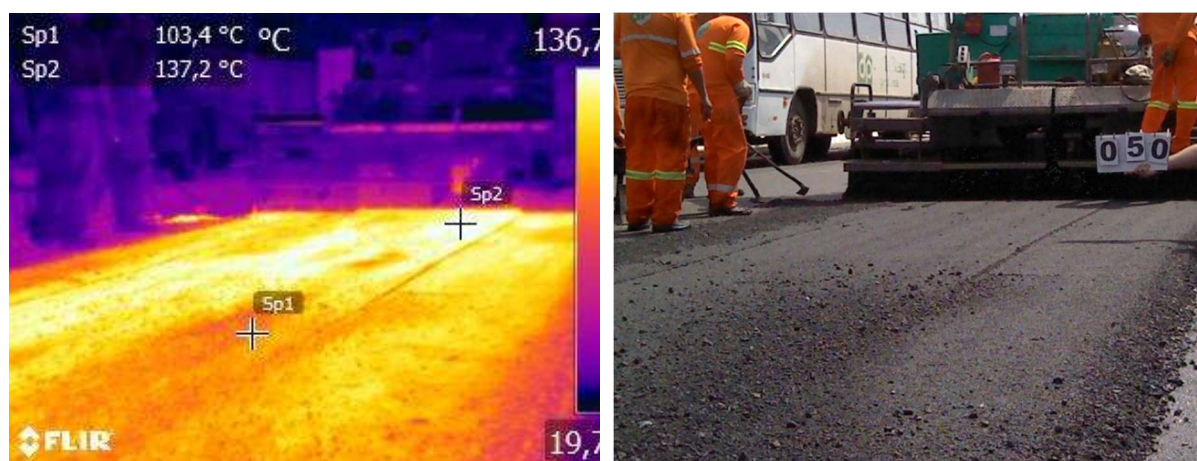
Conforme já relatado, o Segmento 2 foi executado em dois dias, originando uma junta transversal localizada nas proximidades do ponto 20 da faixa externa. A área nas proximidades da junta encontra-se em destaque no diagrama da Figura 110 por apresentar elevados índices de irregularidade, sendo esses uma consequência da sequência executiva acompanhada. Trata-se de uma série de fatores problemáticos, tais como: no final da primeira jornada de trabalho a massa asfáltica utilizada nos últimos metros já se encontrava com temperatura abaixo das recomendações; o acabamento dado na ligação dos panos de execução foi realizado de forma manual; com a retomada da jornada de trabalho, a vibroacabadora encontrava-se desaquecida, provocando distribuição irregular de material e diferenciais de temperatura no pano de execução. Essa sequência de fatores se repetiu durante praticamente todas as juntas transversais construtivas executadas no Trecho 2.

Figura 111 – (a) Segmento com intensidade de marcação de pés - proximidades do ponto 150 e (b) foto de outro ângulo e visualização de queda de temperatura devido a passagem do rolo chapa – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



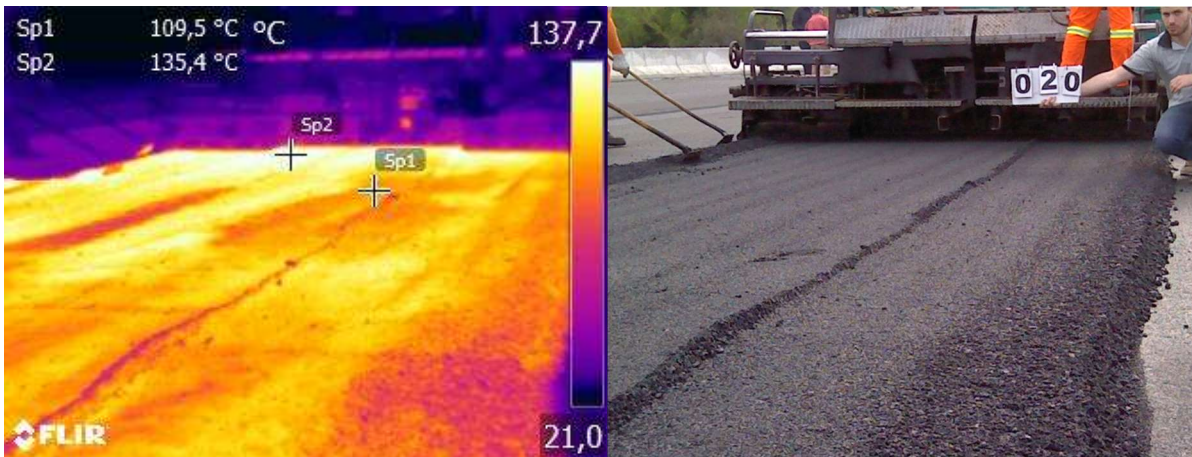
Fonte: Acervo próprio.

Figura 112 - Diferenciais de temperatura no pano de execução e constatação de superfície “salgada” – Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 113 - Distribuição irregular da vibroacabadora e diferenciais de temperatura no pano de execução do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

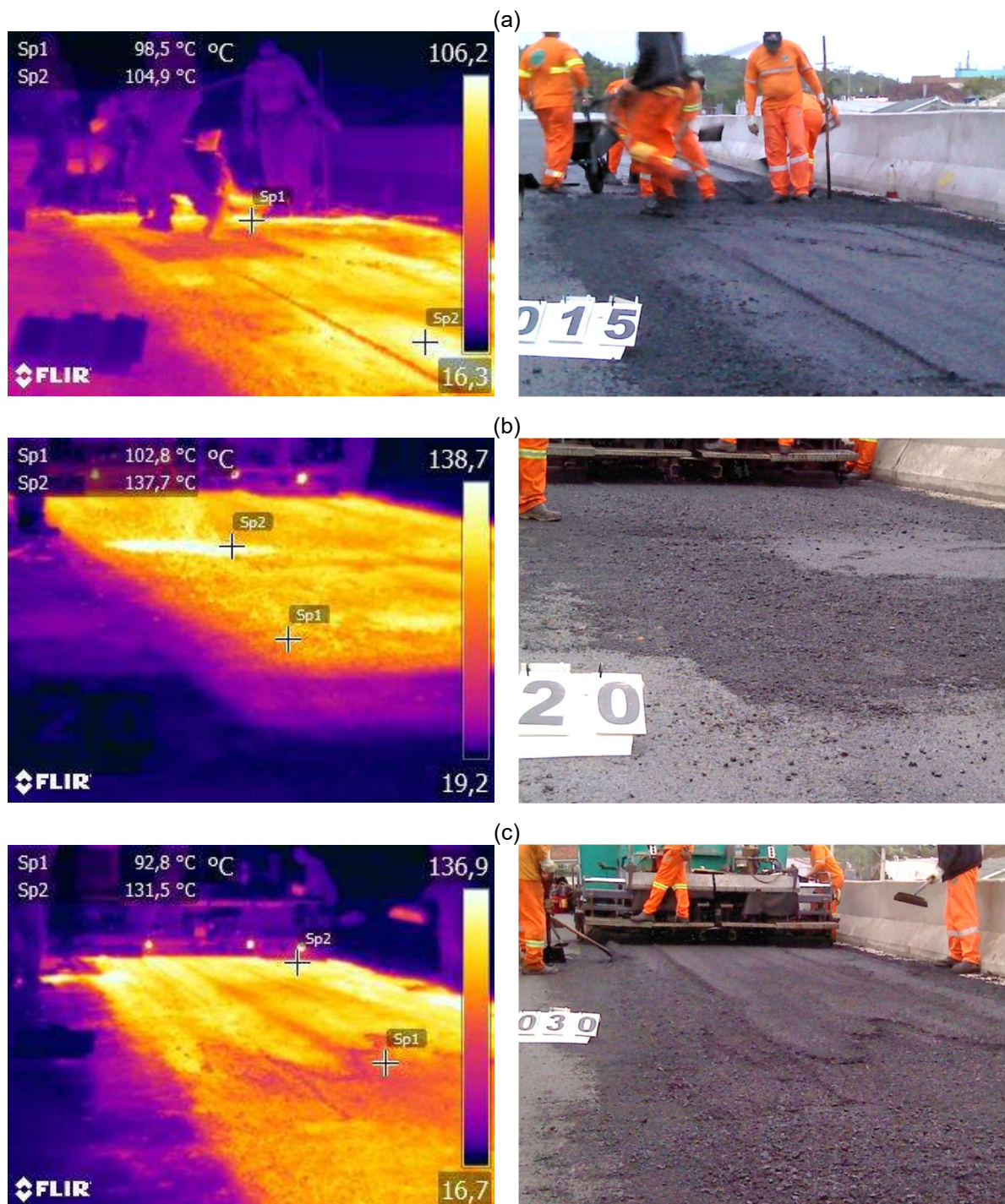
A sequência da junta transversal do Segmento 2 é apresentada nas imagens da Figura 114, onde em (a) é apresentado o final da jornada de trabalho do dia 1, ficando evidente que a massa final estava fria. Em (b) é apresentado o acabamento dado na retomada dos serviços no dia 2, podendo ser observado diferenciais de temperatura, além do acabamento manual realizado. Já em (c), verifica-se a distribuição irregular da vibroacabadora devido a esta encontrar-se desaquecida no início dos trabalhos. Em (c) também é observado diferenciais de temperatura no pano de execução. Esse somatório de fatores são as justificativas para os elevados índices de irregularidade nas proximidades das áreas de juntas transversais.

O acompanhamento executivo do Segmento 3 não foi total, conforme apresentado no esquema de execução e no diagrama de superfície da Figura 110 (c). No entanto, no trecho acompanhado, verificou-se a repetição dos problemas identificados durante a execução da 1ª camada de CA e nos Segmentos 1 e 2 desta camada final. Visualiza-se no diagrama de superfície da Figura 110 (c) que as áreas com altos índices de irregularidade coincidem com a área de junta transversal entre dois dias de trabalho (2ª perna de execução, aproximadamente no ponto 100) e nas proximidades de caixas coletoras. Conforme já explicado, nessas situações os elevados índices de IRI são resultado do somatório de problemas executivos.

No Segmento 4, os problemas verificados são os mesmos. Conforme diagrama de superfície, exposto na Figura 110 (d), no início da execução (segmento 0 ao 20 da faixa interna), os altos índices de IRI estão relacionados à distribuição irregular da

vibroacabadora somados ao acabamento manual nas proximidades da caixa coletora localizada no ponto 10, tendo ainda como agravante os diferenciais de temperatura no pano de execução. A sequência dos fatos relatados é apresentada nas imagens da Figura 115.

Figura 114 – Sequência executiva de junta transversal - Proximidades do ponto 20 da faixa externa - Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

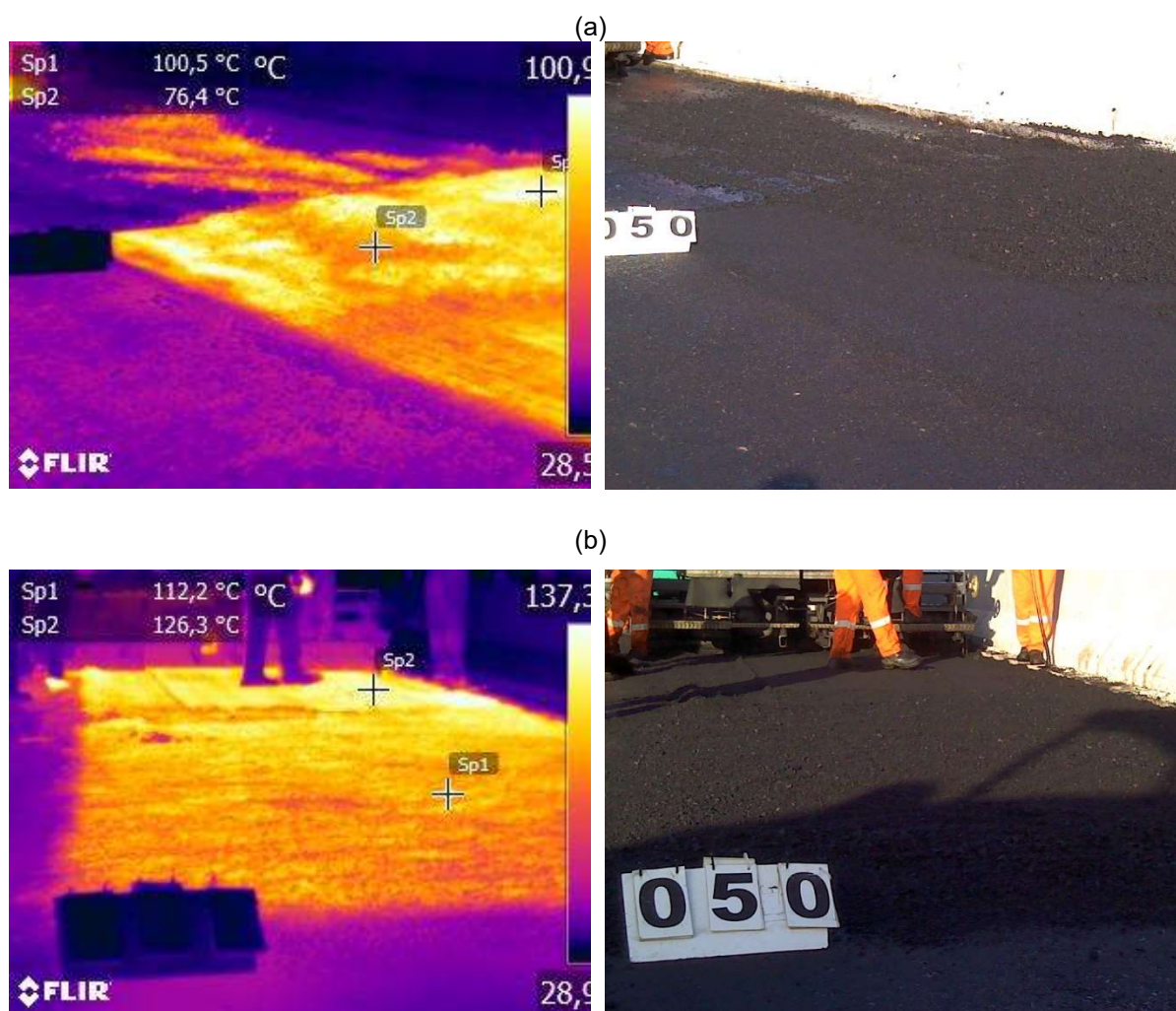
Figura 115 – (a) Distribuição irregular da vibroacabadora e (b) acabamento manual na caixa coletora e na junta longitudinal – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Nas proximidades da barreira de concreto (faixa externa do Segmento 4), mais precisamente no ponto 50, devido à falta de material, foi necessária a execução de uma junta transversal. Juntas transversais têm provocado, no geral, elevados índices de irregularidade não só no ponto de junta, mas também nas proximidades. A sequência executiva da junta transversal no ponto 50 é apresentada nas imagens da Figura 116, em que é possível visualizar, além do acabamento manual, os diferenciais de temperatura e a distribuição irregular após a execução da junta devido à vibroacabadora encontrar-se desaquecida.

Figura 116 - Junta transversal devido à falta de material aliado aos diferenciais de temperatura – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Outra situação repetitiva é dada nas proximidades do ponto 110, paralela à barreira de concreto. Devido à necessidade de complementação de material na borda externa, próximo à caixa coletora, os colaboradores transitaram excessivamente sobre o pano de execução, provocando inúmeras marcas de botinas/pés e pneus dos carrinhos de mãos. Tal situação é a justificativa para os elevados índices de irregularidade neste ponto, também tendo o agravante dos diferenciais de temperatura no pano de execução. Nas imagens da Figura 117 é possível verificar as situações citadas.

Figura 117 - Acabamento manual e marcação de pés/botinas no pano de execução – Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Os fatores identificados que geram elevados índices de irregularidade longitudinal inicial são praticamente os mesmos já elencados na camada precedente. Além da distribuição irregular da vibroacadora; do acabamento manual da superfície; a técnica de “salgar” a superfície; a execução de juntas longitudinais e principalmente transversais sem o devido cuidado com o acabamento; os diferenciais de temperatura no pano de execução; pode-se adicionar mais um fator identificado durante à execução desta camada final: as marcações de pés/botinas devido ao trânsito excessivo dos executores no pano de execução.

Apesar dos inúmeros problemas executivos relatados, os valores médios de irregularidade ficaram, de modo geral, abaixo do valor máximo admissível para a

aceitação do serviço, que é de 2,7 m/km. Na Tabela 33 são apresentados os valores médios de acordo com as linhas de medição por segmento.

Tabela 33 - Valores médios de IRI na camada final em concreto asfáltico do Trecho ERS-509 desta pesquisa

IRI médio (m/Km)	Nº 9	Nº 4	Nº 8	Nº 3	Nº 7	Nº 2	Nº 6	Nº 1	Nº 5	Média
Seg. 1	2,66	2,13	2,13	2,14	1,85	2,2	2,18	2,31	2,64	2,25
Seg. 2	3,01	2,14	2,37	2,24	1,89	2,17	2,75	2,37	2,43	2,37
Seg. 3	2,12	1,96	2,26	2,18	2,11	2,26	2,15	2,26	2,56	2,21
Seg. 4	2,99	2,24	1,95	1,86	1,63	2,16	2,19	2,24	2,83	2,23
Média	2,69	2,12	2,18	2,11	1,87	2,2	2,32	2,29	2,62	2,27

Fonte: Acervo próprio.

Na Tabela 33, pode-se verificar que as médias que apresentaram valores acima dos admitidos (valores destacados em vermelho) encontram-se nas bordas externas das faixas. Nestes locais (bordas externas), a execução teve como agravante a presença da barreira de concreto somada à presença de algumas caixas coletoras que dificultaram o acabamento com a vibroacabadora, sendo necessário o acabamento e a complementação de material manualmente.

Fundamentado no monitoramento executivo realizado conclui-se que, apesar de todos os problemas acompanhados durante esta implantação de pista, os valores médios obtidos na superfície atendem aos requisitos da normatização do DNIT. Sabe-se que quanto menores os índices de irregularidade longitudinal inicial, maior será a vida útil do pavimento, menores serão os investimentos necessários à manutenção, menores serão os índices de acidentes e menores serão os gastos com manutenção dos veículos. Diante disso, por que não estipular valores inferiores ao existente para restringir a ocorrência destas situações “problemáticas”?

A normatização nacional estipula o valor de 2,7 m/km como critério para aceitação do serviço de pavimentação. Já a AASHTO (2008) e a ANTT propõem que este mesmo valor de 2,7 m/km seja o critério final admissível para que ocorra uma intervenção.

Estudos no sentido de desenvolver um critério de pagamento no Brasil foram realizados por LEITE e MOTTA (2019). A proposta sugere o ajuste no fator de pagamento de obras rodoviárias (FAB), levando em consideração a irregularidade

longitudinal (devido à elevada percepção por parte do usuário) e parâmetros volumétricos (teor de ligante, volume de vazios, granulometria e espessura – que incidem diretamente na durabilidade, resistência à deformação e à fadiga). Estes critérios sugeridos (IRI e parâmetros volumétricos) são de comum entendimento por inúmeras referências e recomendados pelos países dos Estados Unidos, Portugal, África do Sul, que já adotam bonificação ou penalização no pagamento de obras rodoviárias.

Visto que rodovias com baixos índices de irregularidade longitudinal inicial são de interesse tanto dos usuários como dos gestores, sugere-se então, incentivar a construção de pavimentos com baixos índices de irregularidade longitudinal inicial, tal como as Agências de Transportes dos EUA e a Secretaria de Transportes do México, que especificam bonificação (incentivo financeiro) para empresas que constroem rodovias com baixos índices de IRI inicial.

4.2.2.4 Avaliação da irregularidade longitudinal na camada final de CA ao longo dos primeiros 180 dias

Os levantamentos de irregularidade longitudinal no Trecho ERS-509 foram realizados ao longo dos primeiros 180 dias após a liberação do trânsito, sendo estes realizados aos 7, 30, 90 e 180 dias. As medições foram realizadas nas mesmas nove linhas de medição de cada segmento.

Na Tabela 34, são apresentados os valores médios para cada linha de medição por segmento, sendo apresentados os valores médios de IRI inicial, aos 7, 30, 90 e 180 dias após a liberação. A partir da análise dos dados, verifica-se que não ocorreu aumento na irregularidade ao longo dos primeiros 180 dias. Observa-se que, a média geral que inicialmente era de 2,27 m/km se manteve, sendo registrada aos 180 dias média geral de 2,22 m/km. O desvio padrão dos dados também não apresentou variação no geral, ficando em aproximadamente 0,73 m/km.

Os dados de irregularidade longitudinal do Segmento 1 são apresentados na Figura 118, na qual é possível observar que não ocorreu mudança no comportamento dos valores de IRI obtidos inicialmente (antes da liberação do trânsito). Os picos de irregularidade identificados na situação inicial permanecem sem acréscimos devido ao trânsito dos 180 dias. Nas análises, foram adicionadas a linha com o valor

estipulado para a aceitação do serviço pela Norma DNIT 031/2006-ES, que é de 2,7m/km.

No Segmento 2, após 180 dias (Figura 119) também não é observado acréscimo significativo nos dados de irregularidade registrados inicialmente. Observa-se na borda externa, que os valores de irregularidade foram suavizados com o tráfego recebido dos primeiros dias.

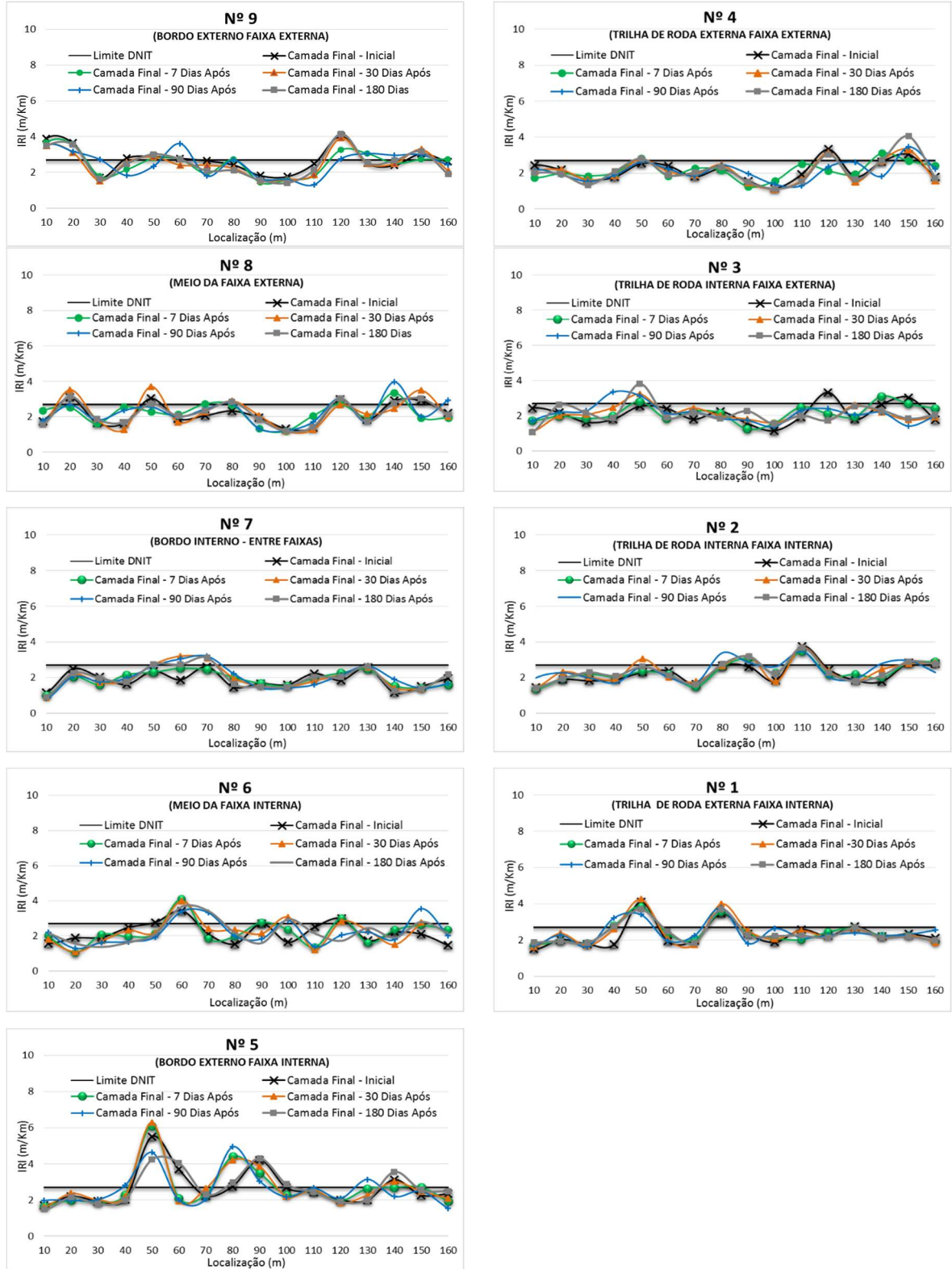
Voltou-se a campo a fim de analisar e registrar os pontos com picos de irregularidade (circundados nos gráficos da Figura 119) e verificar se houve uma piora na condição da superfície, mesmo que não tenha acrescido nos dados médios de IRI.

Tabela 34 - Valores médios por linha de medição inicial, 7, 30, 90 e 180 dias do Trecho ERS-509 desta pesquisa

Seg.	Linha de medição	IRI Inicial (m/km)	Desvio IRI Inicial	IRI 7 dias (m/km)	Desvio IRI 7 dias	IRI 30 dias (m/km)	Desvio IRI 30 dias	IRI 90 dias (m/km)	Desvio IRI 90 dias	IRI 180 dias (m/km)	Desvio IRI 180 dias
SEG 01	Nº 9	2,66	0,72	2,47	0,71	2,45	0,71	2,46	0,74	2,52	0,76
	Nº 4	2,13	0,56	2,12	0,46	2,05	0,63	2,03	0,59	2,06	0,73
	Nº 8	2,13	0,65	2,17	0,58	2,21	0,82	2,22	0,72	2,17	0,65
	Nº 3	2,14	0,57	2,02	0,57	2,01	0,52	2,06	0,62	2,04	0,65
	Nº 7	1,85	0,48	1,87	0,45	1,94	0,65	1,95	0,65	1,92	0,62
	Nº 2	2,20	0,61	2,24	0,61	2,32	0,65	2,33	0,64	2,30	0,63
	Nº 6	2,18	0,56	2,22	0,70	2,28	0,73	2,28	0,77	2,24	0,67
	Nº 1	2,31	0,64	2,34	0,59	2,38	0,72	2,36	0,62	2,33	0,58
Nº 5	2,64	0,99	2,60	1,13	2,65	1,17	2,53	0,97	2,67	0,87	
SEG 02	Nº 9	3,01	1,14	2,34	1,08	2,43	1,17	2,41	1,06	2,32	1,04
	Nº 4	2,14	0,98	2,19	0,99	2,16	0,93	2,15	0,83	2,31	1,18
	Nº 8	2,37	0,64	2,67	0,98	2,64	0,95	2,58	0,85	2,69	0,95
	Nº 3	2,24	0,62	2,25	0,70	2,13	0,67	2,25	0,63	2,40	0,62
	Nº 7	1,89	0,48	1,90	0,60	2,00	0,56	1,98	0,58	1,91	0,52
	Nº 2	2,17	0,59	2,12	0,56	2,30	0,61	2,28	0,63	2,01	0,55
	Nº 6	2,75	0,70	2,50	0,70	2,48	0,70	2,57	0,75	2,53	0,85
	Nº 1	2,37	0,65	2,48	0,83	2,37	0,77	2,27	0,70	2,38	0,71
Nº 5	2,43	0,86	2,29	0,80	2,44	0,93	2,40	0,87	2,34	0,88	
SEG 03	Nº 9	2,99	1,30	2,53	1,06	2,46	1,06	2,45	0,96	2,46	1,09
	Nº 4	2,24	0,82	2,08	0,59	2,18	0,77	2,15	0,71	2,04	0,75
	Nº 8	1,95	0,51	2,05	0,40	1,95	0,51	1,93	0,51	1,99	0,53
	Nº 3	1,86	0,36	1,92	0,52	1,83	0,40	1,96	0,41	1,86	0,48
	Nº 7	1,63	0,70	1,65	0,62	1,59	0,57	1,64	0,53	1,59	0,55
	Nº 2	2,16	0,50	2,30	0,77	2,32	0,57	2,15	0,72	2,28	0,58
	Nº 6	2,19	0,71	2,18	0,65	2,09	0,63	2,13	0,81	2,28	0,83
	Nº 1	2,24	0,63	2,23	0,67	2,25	0,61	2,12	0,60	2,27	0,65
Nº 5	2,83	1,70	3,38	1,81	3,22	1,45	3,19	1,96	2,83	1,41	
SEG 04	Nº 9	2,12	0,60	1,99	0,57	1,97	0,55	2,13	0,50	1,87	0,54
	Nº 4	1,96	0,45	1,95	0,49	2,00	0,55	2,07	0,64	1,97	0,46
	Nº 8	2,26	0,62	1,94	0,53	2,10	0,48	2,18	0,46	1,97	0,46
	Nº 3	2,18	1,14	2,17	0,99	2,17	1,04	2,15	1,26	2,19	1,34
	Nº 7	2,11	0,85	2,11	0,96	2,08	1,01	2,06	1,05	2,06	1,06
	Nº 2	2,26	0,74	2,32	0,71	2,34	0,66	2,4	0,84	2,35	0,7
	Nº 6	2,15	0,53	2,12	0,57	2,14	0,58	2,18	0,87	2,08	0,61
	Nº 1	2,26	0,64	2,34	0,62	2,27	0,63	2,3	0,53	2,33	0,63
Nº 5	2,56	0,98	2,48	0,84	2,44	0,79	2,46	0,76	2,40	0,7	
Média dos 4 Segmentos (m/km)		2,27	0,73	2,24	0,73	2,24	0,74	2,24	0,76	2,22	0,75

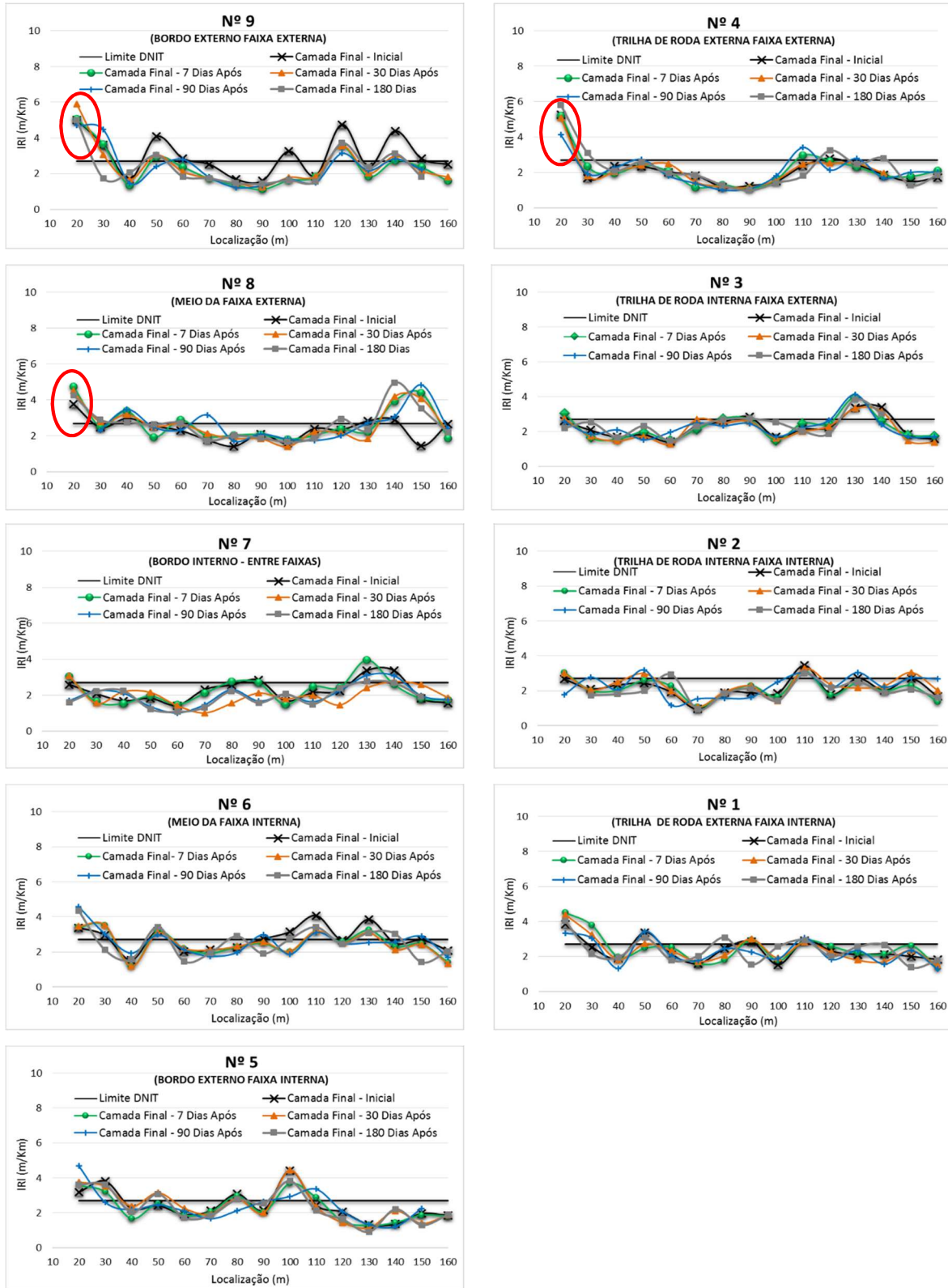
Fonte: Acervo próprio.

Figura 118 - Dados de irregularidade longitudinal na camada final em CA ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 1 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 119- Dados de irregularidade longitudinal na camada final em CA ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 2 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

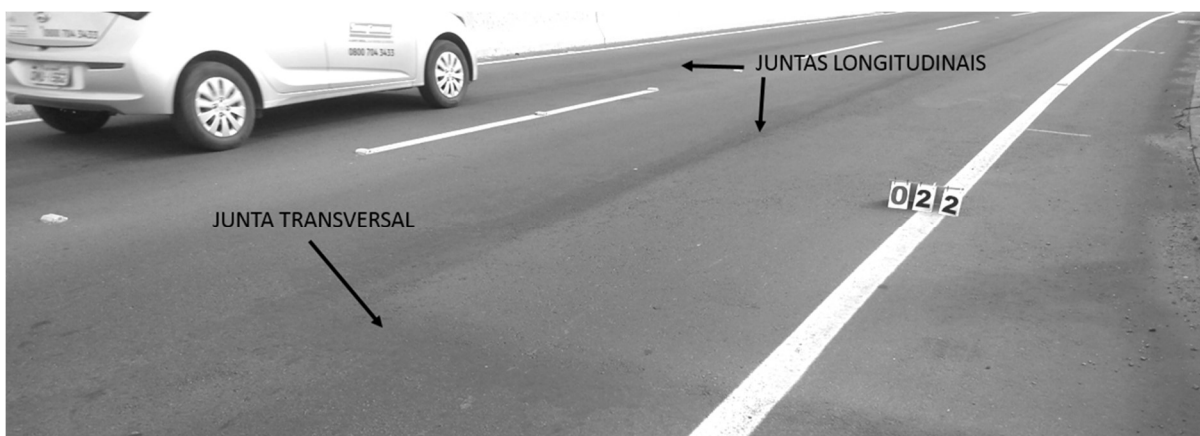
Nas proximidades do ponto 20 da faixa externa, circundado nos gráficos da Figura 119 onde ocorreu um pico de irregularidade, coincide com a localização da junta transversal. A superfície aos 180 dias conforme imagem da Figura 120, não apresentou uma piora se comparada com as condições iniciais, apenas permanece visível a localização da junta transversal.

Ainda na Figura 120, é possível verificar o que parece ser o início de exsudação do material asfáltico, nas proximidades da junta transversal e também na junta longitudinal. Estes pontos foram analisados com mais cuidado e chegou-se à conclusão de que a cor mais escura nas proximidades das juntas não se trata de exsudação, e sim da presença do material aplicado como pintura de ligação (RR-1C), que foi aplicada mais concentrada nestes pontos. Tal situação não provocou acréscimos nos dados de irregularidade registrados aos 180 dias.

Os demais pontos do Segmento 2, com picos de irregularidade, coincidem com a localização das caixas coletoras, nas quais o acabamento foi realizado de maneira manual. Estes pontos foram analisados individualmente e foi constatado que a superfície não apresentou piora/ degradação nestes primeiros dias após a liberação do trânsito.

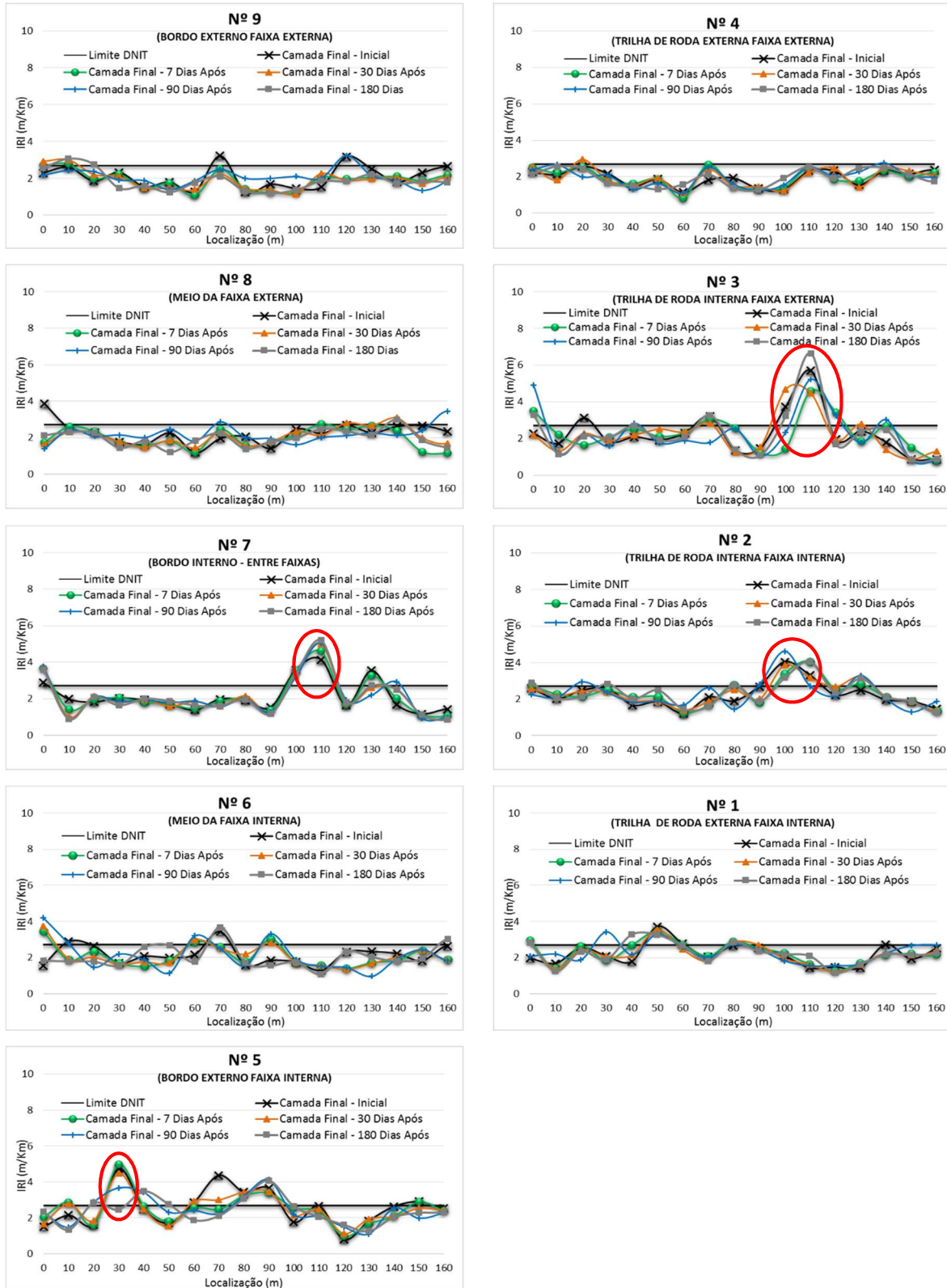
Para o Segmento 3, foi realizado o mesmo procedimento de análise. Os dados de irregularidade longitudinal ao longo do tempo são apresentados nos gráficos da Figura 121, com o qual também se conclui que os primeiros 180 dias de trânsito não provocaram degradação ou piora na condição da superfície registrada inicialmente.

Figura 120 - Ponto 20 da faixa externa - Segmento 2 - Junta transversal – Situação aos 180 dias após liberação de trânsito do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio

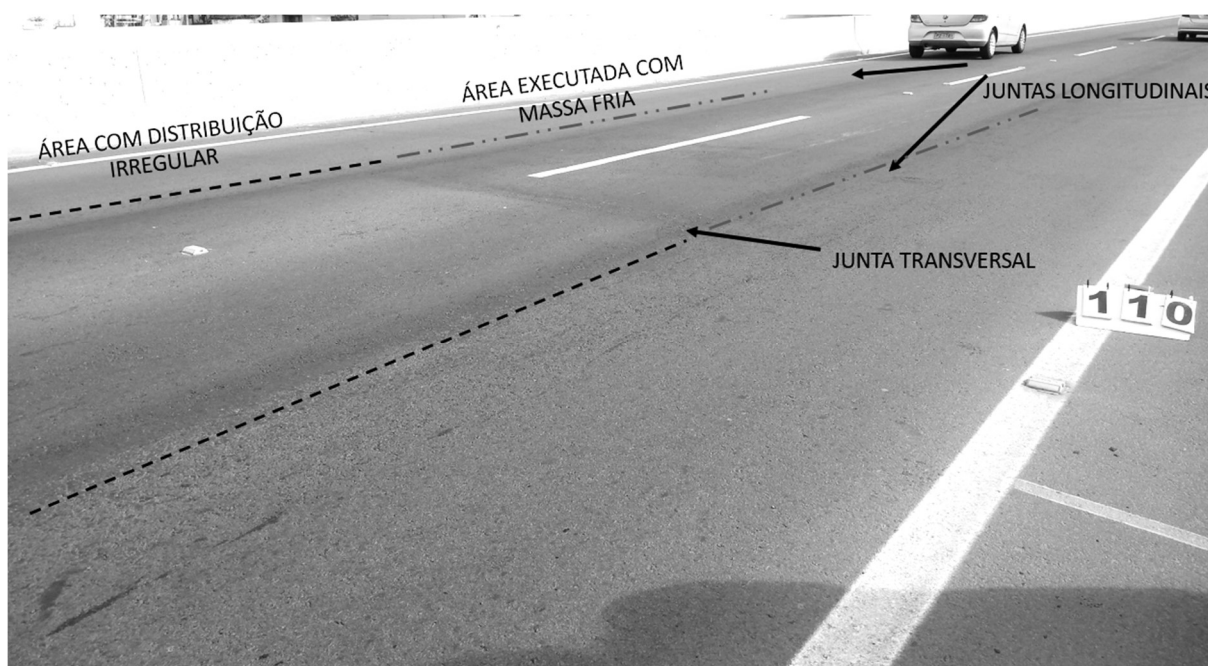
Figura 121- Dados de irregularidade longitudinal na camada final ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Os pontos circundados na Figura 121, coincidem com a junta transversal executada. Na imagem da Figura 122, é possível verificar a situação da superfície aos 180 dias, sem danos ou deteriorações visíveis, sendo apenas os elevados índices de irregularidade longitudinal relacionados ao acabamento dado nas proximidades destes pontos, que gerou uma superfície irregular.

Figura 122 – Junta transversal nas proximidades do ponto 110 – Segmento 3 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Já o pico de irregularidade registrado nas proximidades do ponto 30 da borda externa da faixa interna, circundado na Figura 121, está relacionado ao acabamento dado nas proximidades da caixa coletora. A situação da superfície aos 180 dias é apresentada na Figura 123, em que fica visível uma segregação de material nas proximidades da caixa devido ao acabamento manual. Observa-se também que foi realizado um acabamento com argamassa após o encaixe da grelha da caixa coletora. Não foi constatada uma piora na condição da superfície asfáltica se comparada com a condição inicial após 180 dias de abertura ao tráfego.

Figura 123 - Proximidades do ponto 30 - bordo externo da faixa interna. Acabamento dado nas proximidades da caixa coletora do Trecho ERS-509 desta pesquisa



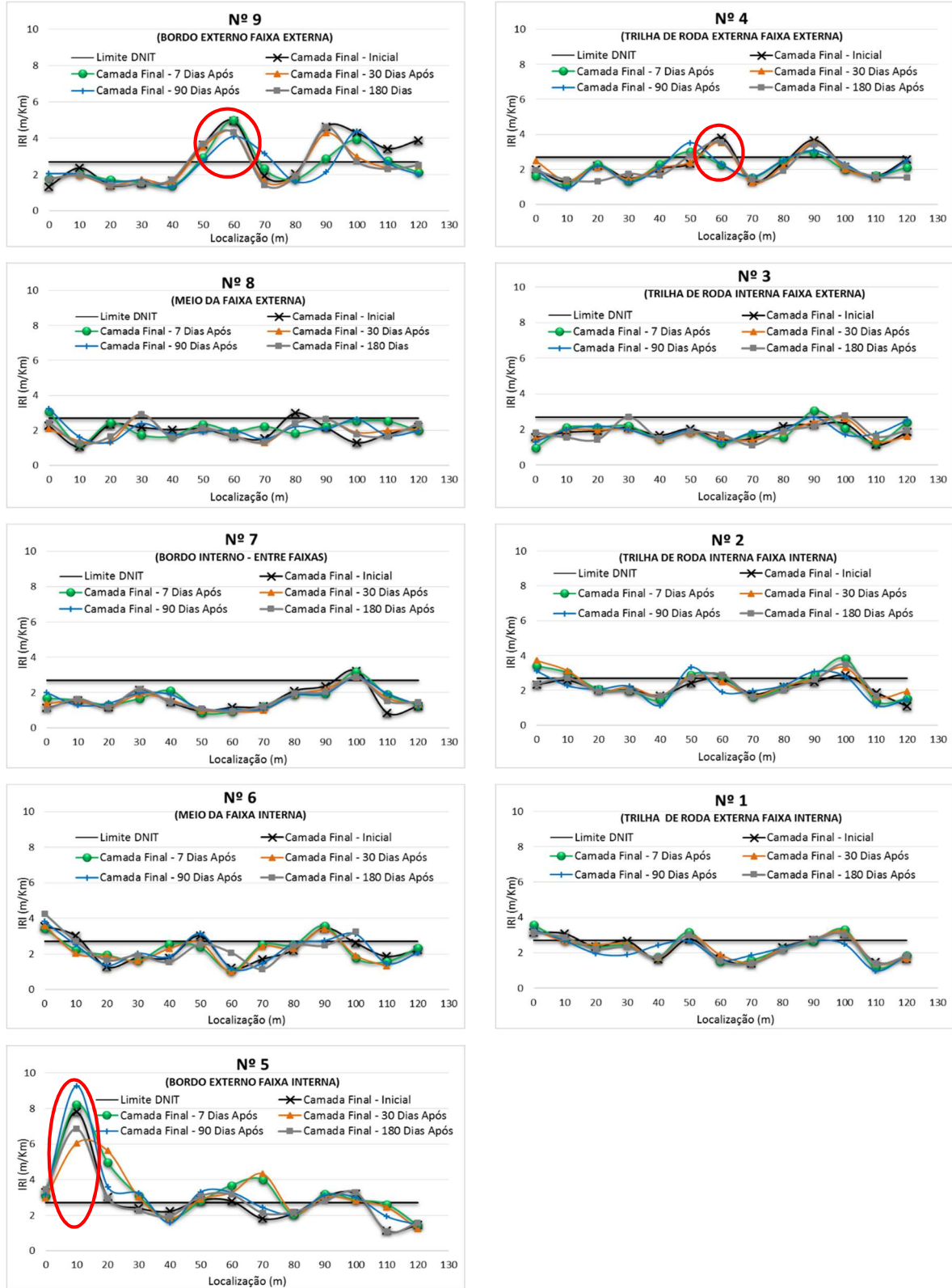
Fonte: Acervo próprio.

Para o Segmento 4, foi observado o mesmo comportamento já relatado para os demais segmentos, ou seja, não ocorreram aumentos significativos nos valores de irregularidade longitudinal aos 180 dias em relação aos registrados inicialmente. As situações com os picos de irregularidade longitudinal também estão localizadas nas proximidades de juntas transversais e nas proximidades de caixas coletoras, conforme picos circundados nos gráficos da Figura 124.

Os picos de IRI nas proximidades do ponto 50/60 da faixa externa, circundado na Figura 124, coincidem com junta transversal construtiva. Já nas proximidades do ponto 10 da faixa interna o pico de irregularidade está relacionado ao acabamento dado nas proximidades da caixa coletora. Ambos sem visível degradação/piora na condição superficial após 180 dias

A estrutura implantada correspondente ao Trecho ERS-509 foi dimensionada para uma vida útil de 10 anos, sendo assim, 180 dias correspondem a apenas 4,93% da vida útil. Nesse curto período de acompanhamento nos quatro segmentos, não foi visualizado uma evolução nos problemas que a superfície já apresentava inicialmente. O trecho continuará sendo acompanhado por Bordin (2019), possibilitando maiores interpretações ao longo da vida útil.

Figura 124- Dados de irregularidade longitudinal na camada final ao longo dos primeiros 180 dias após abertura do tráfego. Segmento 4 do Trecho ERS-509 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

4.3 ACOMPANHAMENTO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL ANTES E APÓS INTERVENÇÃO COM FRESAGEM E RECAPEAMENTO NA BR-392/RS

Neste item são apresentadas as análises resultantes do monitoramento de irregularidade longitudinal antes da realização de uma intervenção, imediatamente após a restauração ($IRI_{INICIAL}$), aos 7, 15, 28, 90, 180 e aos 360 dias após a reconstrução da camada superficial do pavimento.

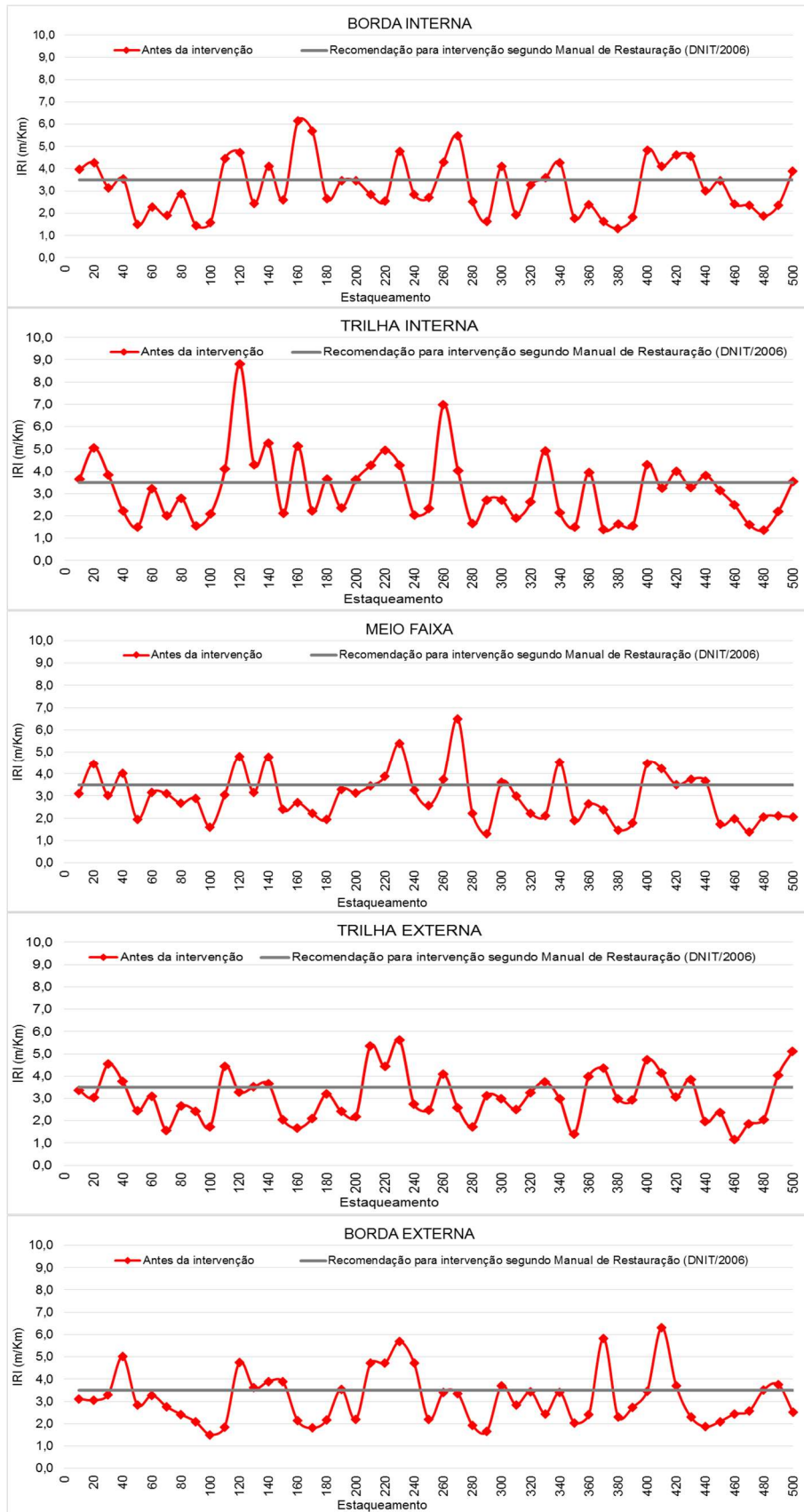
4.3.1 Irregularidade longitudinal antes da restauração

Conforme abordado no item 3.1.3, os levantamentos de irregularidade longitudinal com o Perfilômetro foram realizados ao longo de 500 m em cinco pontos da faixa de rolamento, sendo estes: borda interna, trilha de roda interna, meio da faixa, trilha externa e borda externa. Na Figura 125 são apresentados os dados de irregularidade longitudinal do levantamento realizado um dia antes da realização da fresagem, no dia 06 de Junho de 2018.

Nos gráficos da Figura 125 foi adicionada uma linha de valores de irregularidade longitudinal que determina o limite recomendado pelo Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006) para intervenções (3,5m/Km). De acordo com o manual, quando um pavimento se aproxima de tal limite ($IRI \cong 3,5/4,0m/km$), embora ainda seja possível desfrutar do pavimento, este passa a operar em sua condição limite permissível, na qual o processo de deterioração tenderá a crescer de forma acelerada, vindo a tornar-se antieconômica quando considerada a otimização do custo total de transporte e de operação da rodovia. Portanto, é recomendado que, a partir de tal estágio, seja projetada e executada a restauração do mesmo.

É possível verificar nos dados da Figura 125 que, independente do ponto de medição ao longo dos 500m, os valores de irregularidade longitudinal encontrava-se, muito próximo e até acima do limite recomendado pelo manual para que ocorra uma intervenção. Observa-se também que, em alguns pontos, a irregularidade é muito superior ao limite, como pode ser observado na borda externa entre os pontos 210 e 240 e na trilha interna entre os pontos 110 e 140.

Figura 125 - Irregularidade longitudinal antes da intervenção da BR-392/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Ainda na Figura 125, é possível constatar que não há grandes extensões contínuas com IRI menor que 3,5 m/km em toda a largura da pista, situação que proporcionaria um rolamento adequado. O maior segmento visualizado é entre os pontos 50 e 100 – Segmento que apresenta IRI menor que 3,5 m/km na borda interna, na trilha interna, no meio da faixa, na trilha externa e na borda externa.

No Brasil a norma que regulamenta o procedimento que ser adotado nos projetos de restauração de pavimentos flexíveis é a DNER-PRO 159/85, onde são apresentadas alternativas de restauração em concreto asfáltico, tratamento superficial e lama asfáltica, sendo a solução dada em função das condições da superfície, para que ocorra a correção dos problemas apresentados.

No presente trecho da BR-392, foi adotada a fresagem e posterior reconstrução/recapeamento de todo o segmento com 3 cm em concreto asfáltico. Assim, evitou-se os remendos intercalados que também induziriam irregularidade na superfície devido ao início e fim dos remendos, execução de juntas frias e, como consequência, degraus na faixa de rolamento. Não foi realizada a verificação se a solução adotada atende as recomendações da DNER-PRO 159/85 (não é objetivo do presente trabalho avaliar), apenas verificou-se que foi adotada a espessura mínima recomendada para restauração em concreto asfáltico, que é de 3 cm.

4.3.2 Irregularidade longitudinal inicial – após intervenção com fresagem e restauração no Trecho da BR-392/RS

4.3.2.1 Processo Construtivo

A restauração foi iniciada com a fresagem (corte) da camada superficial em aproximadamente 2,5 cm. Após a fresagem, a superfície foi varrida com uma vassoura basculante acoplada ao bobcat. A superfície varrida recebeu então a pintura de ligação, que foi realizada com caneta. Após o recebimento da pintura de ligação, a camada de concreto asfáltico começou a ser executada. A execução foi realizada nos dias 07 e 08 de junho de 2018.

A distribuição do concreto asfáltico deu-se com o auxílio de uma vibroacabadora modelo Ciber AF 5500. Por se tratar de uma faixa de rolamento simples, de 3,6 m de largura, a abertura da vibroacabadora foi ajustada para realizar toda a cobertura da faixa. O material foi disposto com uma espessura de 4,0 cm

(controlada por operador) para que, após o processo de compactação, a camada final restaurada apresentasse espessura de 3,0cm.

A execução dos 500 m monitorados ocorreu em dois dias. No primeiro dia foram executados 218 m, localizados no segmento 500 ao 282 (marcação do trecho), onde foram empregadas quatro cargas de concreto asfáltico. A temperatura ambiente esteve em aproximadamente 18°C.

No segundo dia, foram executados os 282 m restantes (282 ao 00). A temperatura ambiente variou, durante a execução, de 15°C a 21°C. Nesse dia, foram empregadas também quatro cargas de concreto asfáltico

O processo de compactação realizado em ambos os dias foi o mesmo. Inicialmente foi realizada a passagem do rolo chapa (Modelo Dynapac CC 424HF), passando em média seis vezes sobre a superfície. Após, o rolo pneumático (Modelo Dynapac CP 274) realizava a compactação final com uma média de 12 passadas por área. A pressão de inflação adotada foi de 120 PSI. A sequência executiva pode ser observada nas imagens da Figura 126.

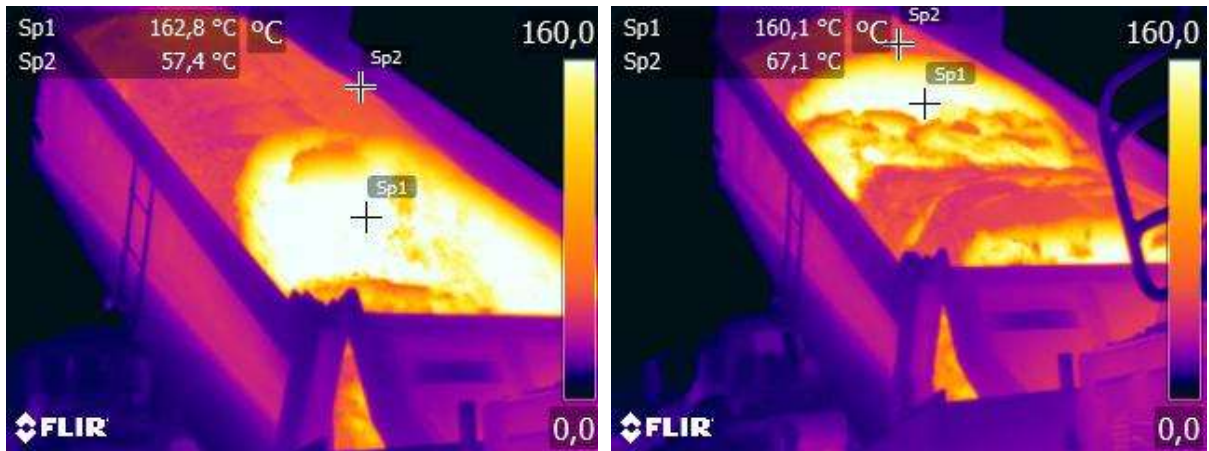
Figura 126 - Sequência executiva (a) aplicação de pintura de ligação, (b) distribuição de CA pela vibroacabadora e (c) compactação inicial pelo rolo chapa seguido do rolo pneumático no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

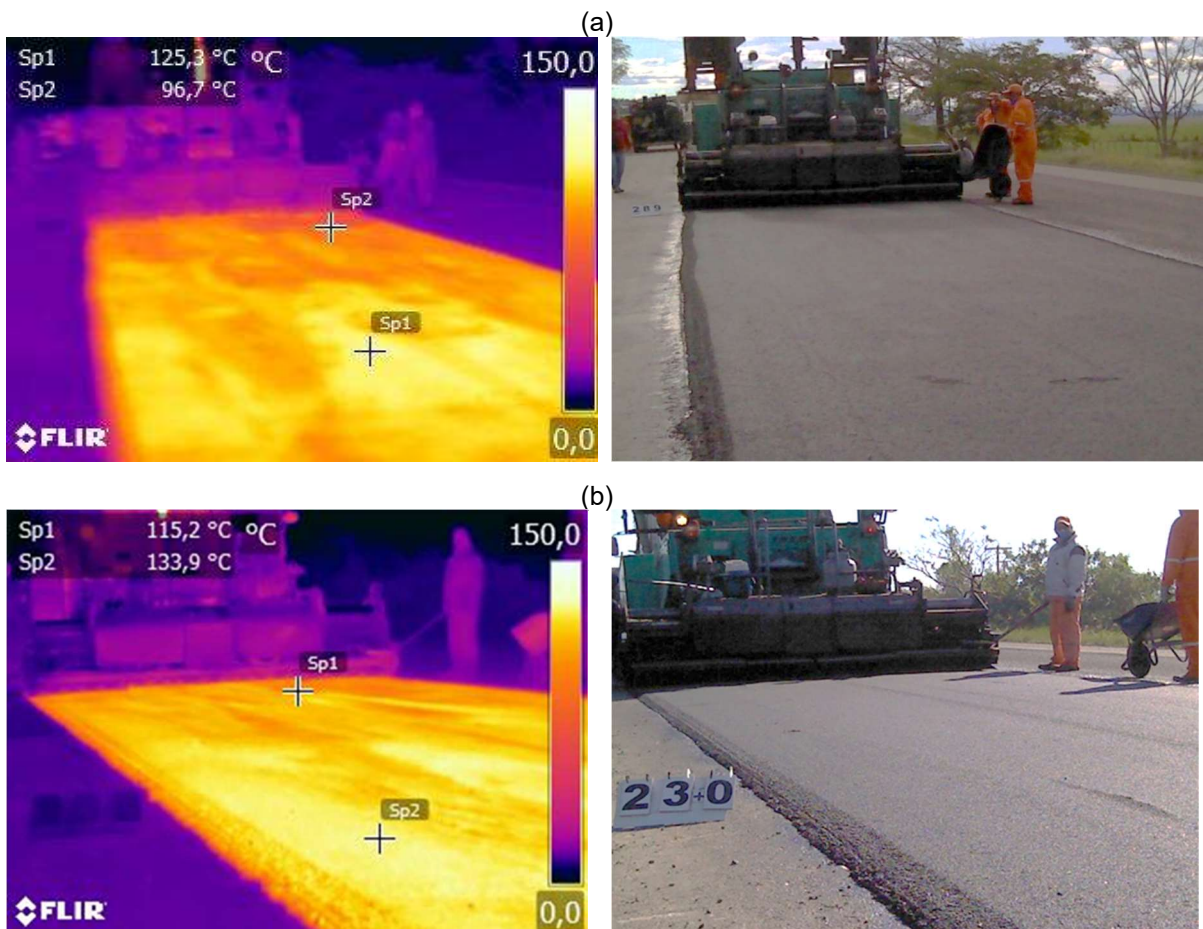
- a) Diferenciais de temperatura no pano de execução. Isso ocorre devido à vibroacabadora não conseguir homogeneizar os diferenciais de temperatura advindos das cargas, conforme já descrito. Nos casos mais críticos, os diferenciais de temperatura no pano de execução ficaram em torno de 30°C, conforme mostram as imagens da
- b) Figura 128.
- c) Execução de emenda construtiva com massa fria, conforme Figura 129. No início do segundo dia de trabalho, além da superfície executada no dia anterior estar fria, a massa da vibroacabadora também estava com temperatura inferior à recomendada pelo projeto de compactação (134 a 140°C), colaborando para um mau acabamento da superfície, como pode-se observar na Figura 130.
- d) Distribuição irregular da vibroacabadora. No segundo dia de trabalho, a vibroacabadora encontrava-se fria e até a mesma aquecer, apresentou problemas na distribuição do concreto asfáltico, sendo necessário o complemento de material com carrinho e conformação da superfície com rastelo, conforme mostram as imagens da Figura 131. Também é possível observar os diferenciais de temperatura da massa (inferior ao recomendado pelo projeto). A vibroacabadora normalizou a distribuição após a execução de aproximadamente 30 m, ou seja, o segmento em que a acabadora apresentou problemas ficou entre os pontos 282 ao 252, aproximadamente.
- e) Queda brusca de temperatura com a passagem do rolo chapa. Foi constatado que, passando inicialmente o rolo chapa, a temperatura da massa cai em torno de 20°C, conforme apresentado nas imagens termográficas da Figura 132.

Figura 127 - Diferenciais de temperatura na caçamba no momento da descarga no Trecho da BR-392/RS desta pesquisa



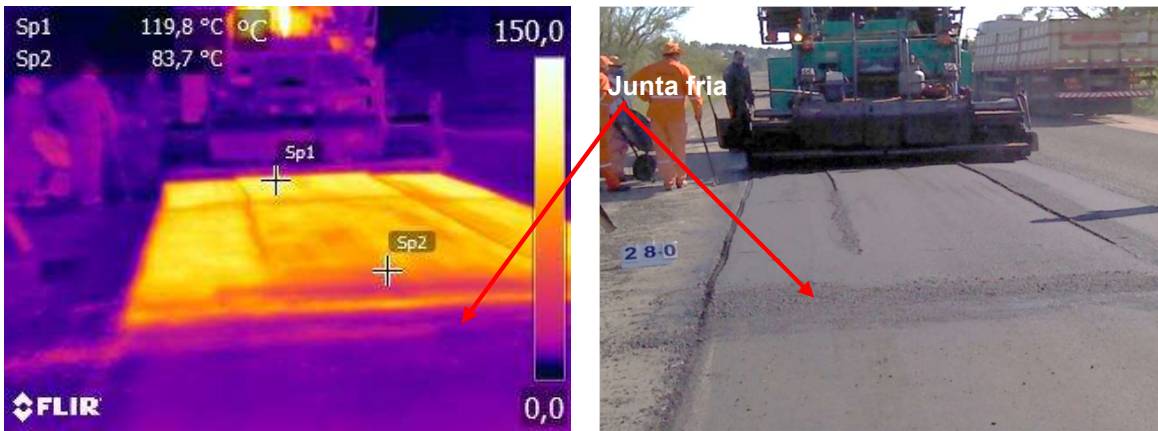
Fonte: Acervo próprio.

Figura 128 - Pontos com elevados diferenciais de temperatura (a) Massa fria na saída da vibroacabadora – Fim do primeiro dia de trabalho – Localização: 289 ao 282 e (b) Diferenciais de temperatura no pano, saída do CA com temperatura de 115°C nas proximidades do ponto 230 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 129 - Execução de junta fria. Localização 282 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



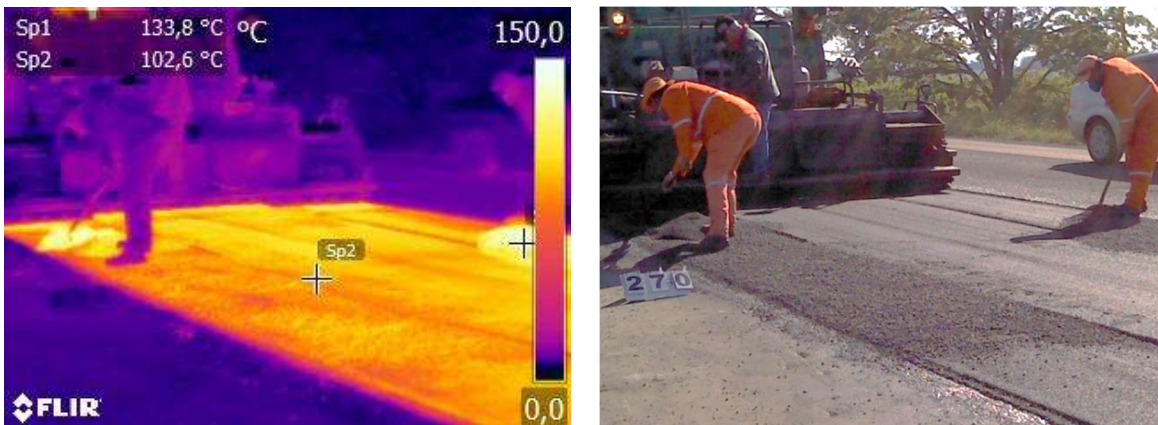
Fonte: Acervo próprio.

Figura 130 - Junta finalizada sem o devido acabamento – Localização 282 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



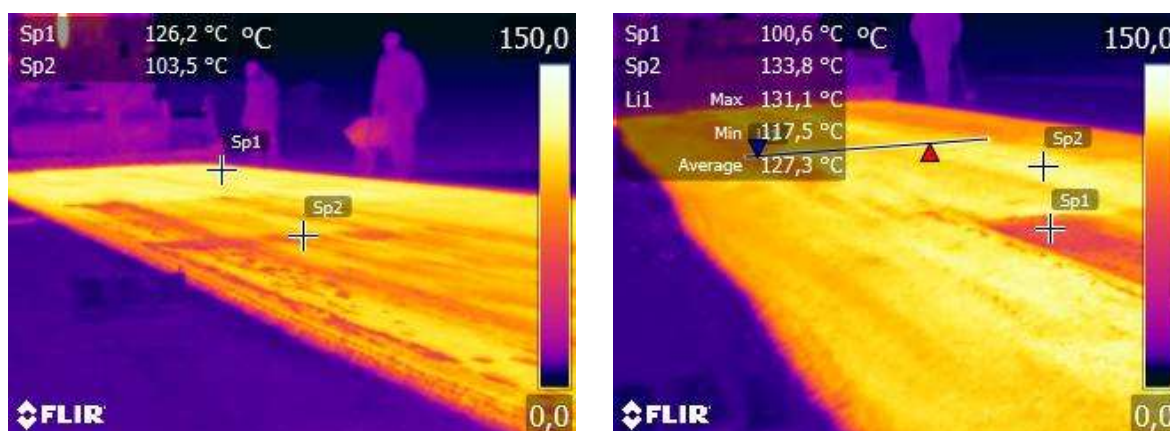
Fonte: Acervo próprio.

Figura 131 - Vibroacabadora com problema, disposição irregular de material entre os pontos 282 ao 252 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 132 – Perda de temperatura superficial da massa devido a passagem inicial do rola chapa no Trecho da BR-392 desta pesquisa



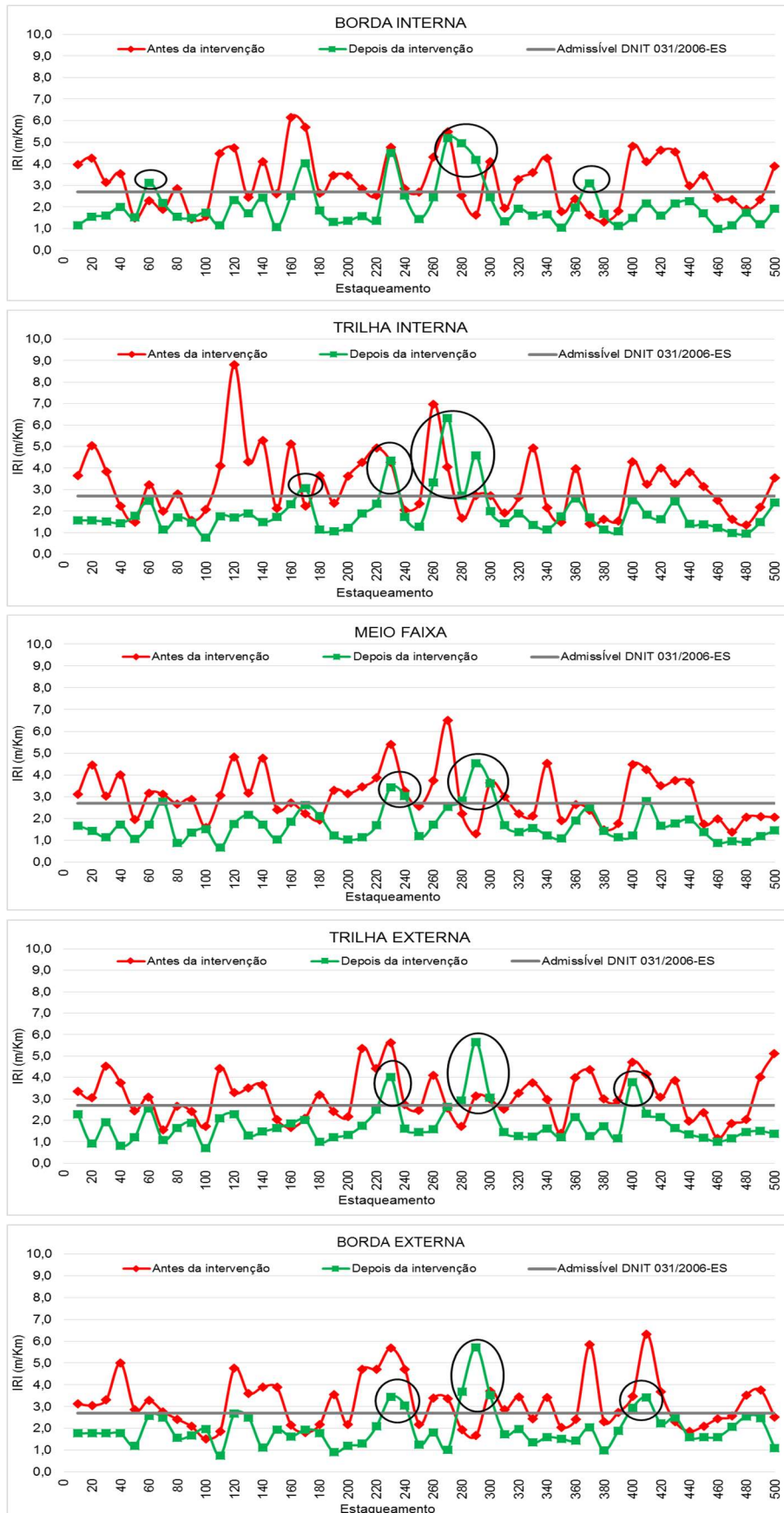
Fonte: Acervo próprio.

4.3.2.2 Avaliação da Irregularidade Longitudinal

Imediatamente após a conclusão da camada de restauração de 3 cm, executada após fresagem de 2,5 cm de CA antigo, um novo levantamento de irregularidade longitudinal foi realizado a fim de quantificar a irregularidade longitudinal inicial. Os levantamentos foram realizados nos mesmos pontos analisados antes da intervenção para se ter um indicativo de redução de IRI ao longo dos 500 m. Os resultados do levantamento depois da intervenção ($IRI_{inicial}$) correlacionados com o levantamento realizado antes da restauração são apresentados nos gráficos da Figura 133.

Nos gráficos da Figura 133 foi adicionada uma linha de valores de irregularidade longitudinal igual a 2,7 m/km. Este valor representa a recomendação da norma DNIT-031/2006 – ES Pavimentos Flexíveis, para a aceitação do serviço tanto de implantação como de restauração.

Figura 133 - Irregularidade longitudinal antes e após execução de restauração



Fonte: Acervo próprio.

Observa-se, nos dados da Figura 133, que nas diferentes linhas de medição a intervenção realizada conseguiu corrigir a maioria dos altos índices de irregularidade apresentados antes da intervenção. Agrupando em segmentos de 100 m, na média, as reduções foram bem significativas, conforme apresentados na Tabela 35. No segmento entre os pontos 100 ao 200 é observada a redução mais significativa no parâmetro, que é de até 58% na trilha de roda interna. Na média geral, a redução é de aproximadamente 39%.

Tabela 35 - Reduções médias de irregularidade longitudinal após intervenção – Segmentos de 100m no Trecho da BR-392 desta pesquisa

Localização	Segmentos	IRI _M	Desvio	IRI _M	Desvio	Redução Efetiva (m/km)	Redução Efetiva (%)
		ANTES (m/km)	Médio ANTES	DEPOIS (m/km)	Médio DEPOIS		
Borda Interna	0-100	2,65	1,06	1,79	0,55	0,86	32%
	100-200	3,98	1,29	1,97	0,90	2,01	51%
	200-300	3,37	1,22	3,06	1,49	0,31	9%
	300-400	2,68	1,22	1,69	0,58	0,99	37%
	400-500	3,26	1,00	1,69	0,45	1,57	48%
Trilha Interna	0-100	2,79	1,14	1,54	0,44	1,25	45%
	100-200	4,16	1,99	1,74	0,60	2,42	58%
	200-300	3,66	1,62	3,05	1,60	0,61	17%
	300-400	2,59	1,31	1,66	0,54	0,93	36%
	400-500	2,87	0,91	1,57	0,52	1,3	45%
Meio Faixa	0-100	3,00	0,84	1,53	0,53	1,47	49%
	100-200	3,15	0,97	1,62	0,61	1,53	49%
	200-300	3,60	1,49	2,57	1,13	1,03	29%
	300-400	2,65	1,06	1,51	0,44	1,14	43%
	400-500	2,65	1,02	1,5	0,59	1,15	43%
Trilha Externa	0-100	2,86	0,90	1,5	0,64	1,36	48%
	100-200	2,85	0,89	1,62	0,43	1,23	43%
	200-300	3,52	1,30	2,72	1,31	0,8	23%
	300-400	3,29	0,97	1,69	0,80	1,6	49%
	400-500	2,96	1,27	1,51	0,42	1,45	49%
Borda Externa	0-100	2,94	0,92	1,86	0,41	1,08	37%
	100-200	2,98	1,06	1,65	0,65	1,33	45%
	200-300	3,61	1,36	2,69	1,47	0,92	25%
	300-400	3,10	1,09	1,75	0,53	1,35	44%
	400-500	3,11	1,31	2,11	0,67	1,00	32%
	Média	3,13	1,17	1,90	0,73	1,23	39%

Lerch (2002) e Nakahara (2005) desenvolveram modelos para previsão da redução de irregularidade longitudinal após a aplicação de uma camada de reforço no pavimento. Para desenvolvimento do modelo, Lerch (2002) usou dados obtidos de monitoramento de rodovias do estado do Rio Grande do Sul. Já o modelo de Nakahara (2005) é fruto de estudo experimental realizado na Avenida Bandeirantes/SP. Os modelos consideram a espessura da camada restaurada e a irregularidade anterior à intervenção, sendo descrito pela Equação 23 o modelo de Lerch e Equação 24 o modelo de Nakahara.

$$\Delta IRI = 0,31 \times ESP + 0,87 \times IRI_{antes} - 3,17 \quad (23)$$

$$R^2 = 0,97$$

$$\Delta IRI = -2,383 + 0,102 \times ESP + 0,862 \times IRI_{antes} \quad (24)$$

$$R^2 = 0,90$$

Onde:

$\Delta IRI = IRI_{antes} - IRI_{após}$ (m/km);

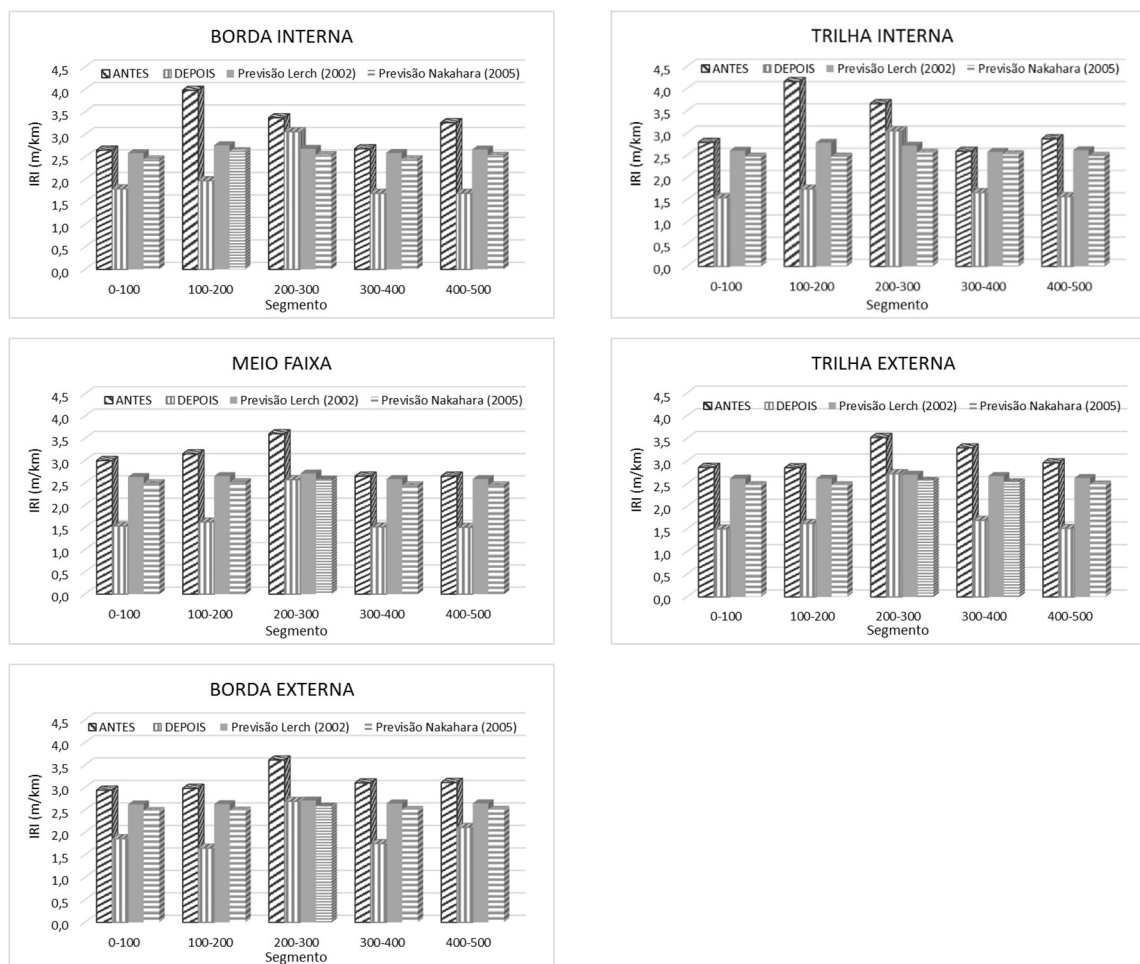
ESP: espessura da camada de reforço (cm);

IRI_{antes} : irregularidade longitudinal antes da aplicação da camada de reforço (m/km).

De posse dos dados de irregularidade longitudinal anterior à intervenção e da espessura da camada de reforço aplicada, os modelos foram aplicados para verificar o comportamento destes, ou seja, se os resultados são coerentes com os valores levantados. Na Figura 134 são apresentados os resultados do levantamento realizado antes e após a intervenção; e também os dados previstos pelo modelo Lerch (2002) e Nakahara (2005), agrupados em segmentos de 100 m.

Analisando os dados da Figura 134, observa-se que os modelos de previsão de Lerch (2002) e Nakahara (2005) não apresentaram resultados consistentes, sendo previstas pequenas reduções (máximo 33% (LERCH) e máximo de 36% (NAKAHARA)), enquanto, na prática, pode-se observar uma redução mais significativa (até 58%). No entanto, quando da ocorrência de elevados índices de irregularidade longitudinal devido a falhas/ falta de cuidados durante o processo construtivo, os modelos apresentaram valores muito próximos aos obtidos pós reconstrução.

Figura 134 - Irregularidade efetivas (levantadas) versus irregularidades previstas pelos modelos de desempenho de Lerch (2002) e de Nakahara, (2005) aplicadas no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Os modelos de Lerch (2002) e Nakahara (2005), portanto, conduzem à resultados demasiadamente conservadores, na medida que prevê uma pior situação em campo após intervenção. Sabe-se que os modelos de previsão devem prever as situações de maior frequência, considerando que estes problemas não “devem” ser comuns, conclui-se que ambos modelos não apresentam satisfatória capacidade de predição, demandando ajustes e calibrações para que os dados possam ser mais representativos.

No levantamento inicial imediatamente após a restauração, observa-se que ocorrem alguns picos de irregularidade longitudinal inicial ao longo dos 500m. Estes pontos apresentam valores de IRI acima do limite estabelecido pela normatização nacional para aceitação do serviço, estando estes circulos na Figura 133. Para

melhor visualização, foram traçados diagramas da superfície, sendo um diagrama antes da intervenção e outro diagrama da superfície imediatamente após a restauração. Nos diagramas estão em destaque (vermelho) os segmentos com IRI maior que 2,7m/Km, conforme apresentados na Figura 135 (a) e (b).

Devido aos elevados índices de IRI _{após} (grifados nos gráficos da Figura 133 e destacados no diagrama de superfície apresentado na Figura 135(b)), buscou-se identificar e correlacionar tais problemas (IRI elevado) com as falhas observadas durante o acompanhamento do processo construtivo, conforme descritas anteriormente. Foi possível constatar inúmeras relações entre as falhas identificadas e os elevados índices de IRI _{após}.

No segmento 260 ao 300, verificou-se incremento na irregularidade após restauração e, toda largura da pista apresenta elevado índice de irregularidade longitudinal inicial. São 40 m onde um somatório de fatores fez com que os índices após restauração, fossem maiores que o IRI antes da intervenção.

Nas imagens da Figura 136, é possível verificar os diferentes fatores que influenciaram nos elevados índices de irregularidade longitudinal. A Figura 136 (a), apresenta as proximidades do ponto 290 em que ocorreu o fim da jornada de trabalho do primeiro dia de execução. Neste ponto, a massa de concreto asfáltico apresentou um elevado diferencial de temperatura no pano de execução e, mesmo nos pontos de maior temperatura da massa, ainda era inferior à temperatura recomendada pelo projeto (134 a 140°C).

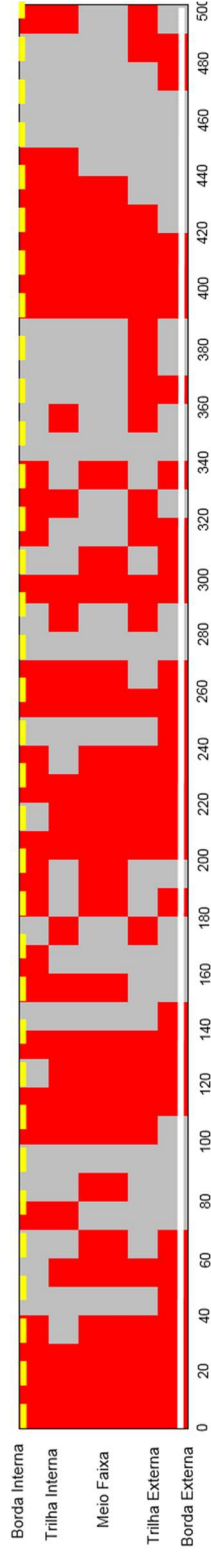
Na retomada dos trabalhos no dia seguinte, foi executada a junta construtiva (fria) nas proximidades do ponto 280, conforme apresentado na Figura 136 (b). Observa-se que a temperatura da massa que saiu da vibroacabadora (119,8°C) também era inferior à recomendada pelo projeto.

Além da execução de junta fria com massa fria, verificou-se que a vibroacabadora, por estar desaquecida, apresentou problemas na distribuição do concreto asfáltico. A distribuição deu-se de maneira irregular, conforme pode ser observada nas imagens da Figura 136 (c). Com isso, houve a necessidade de complementação de material manualmente.

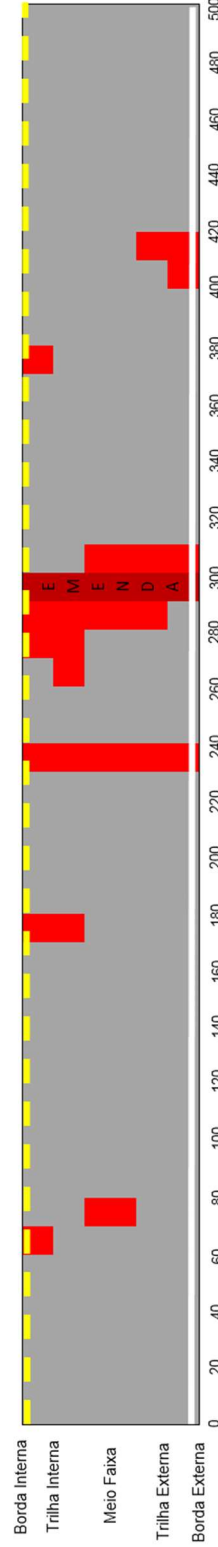
A distribuição de forma irregular ocorreu até nas proximidades do ponto 260, conforme pode ser verificada nas imagens da Figura 136 (d). A partir desse ponto, a distribuição começou a normalizar-se, no entanto, a massa ainda se encontrava em temperatura inferior à recomendação do projeto.

Figura 135 - Comportamento da irregularidade longitudinal antes e após restauração no Trecho da BR-392 desta pesquisa

(a) Irregularidade antes da intervenção



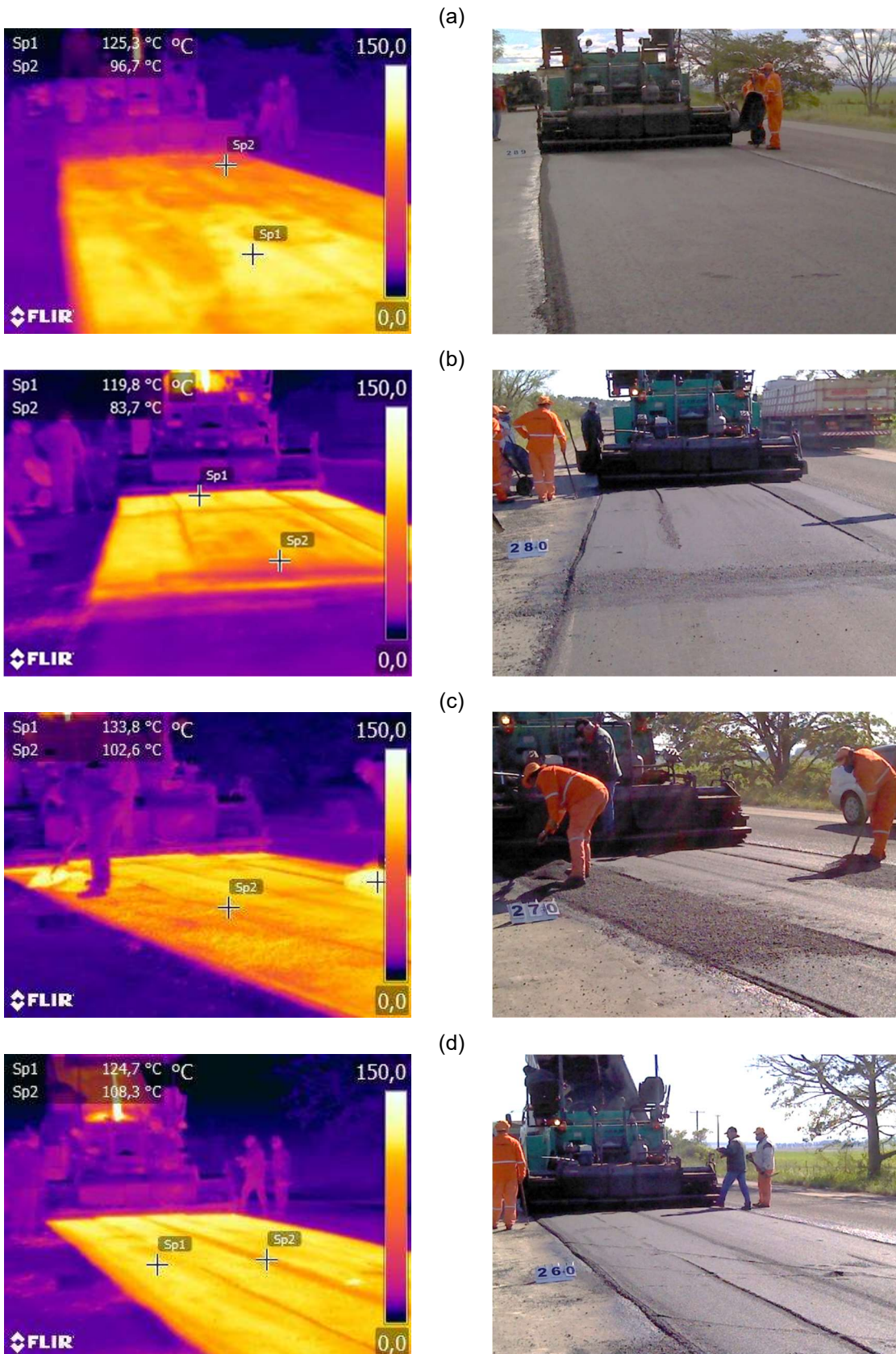
(b) Irregularidade inicial –imediatamente após a intervenção



Legenda: ■ IRI > 2,7 m/Km ■ IRI < 2,7 m/Km

Fonte: Acervo próprio.

Figura 136 - Somatório de fatores que contribuíram na irregularidade longitudinal inicial elevada entre o segmento 300 ao 260 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Os problemas citados resultaram em uma superfície com valores médios de irregularidade longitudinal da ordem de 3,4 m/km, ou seja, acima do limite estabelecido para aceitação do serviço pela normatização nacional e superior ao valor de irregularidade antes da intervenção, que era na média de 3,28 m/km.

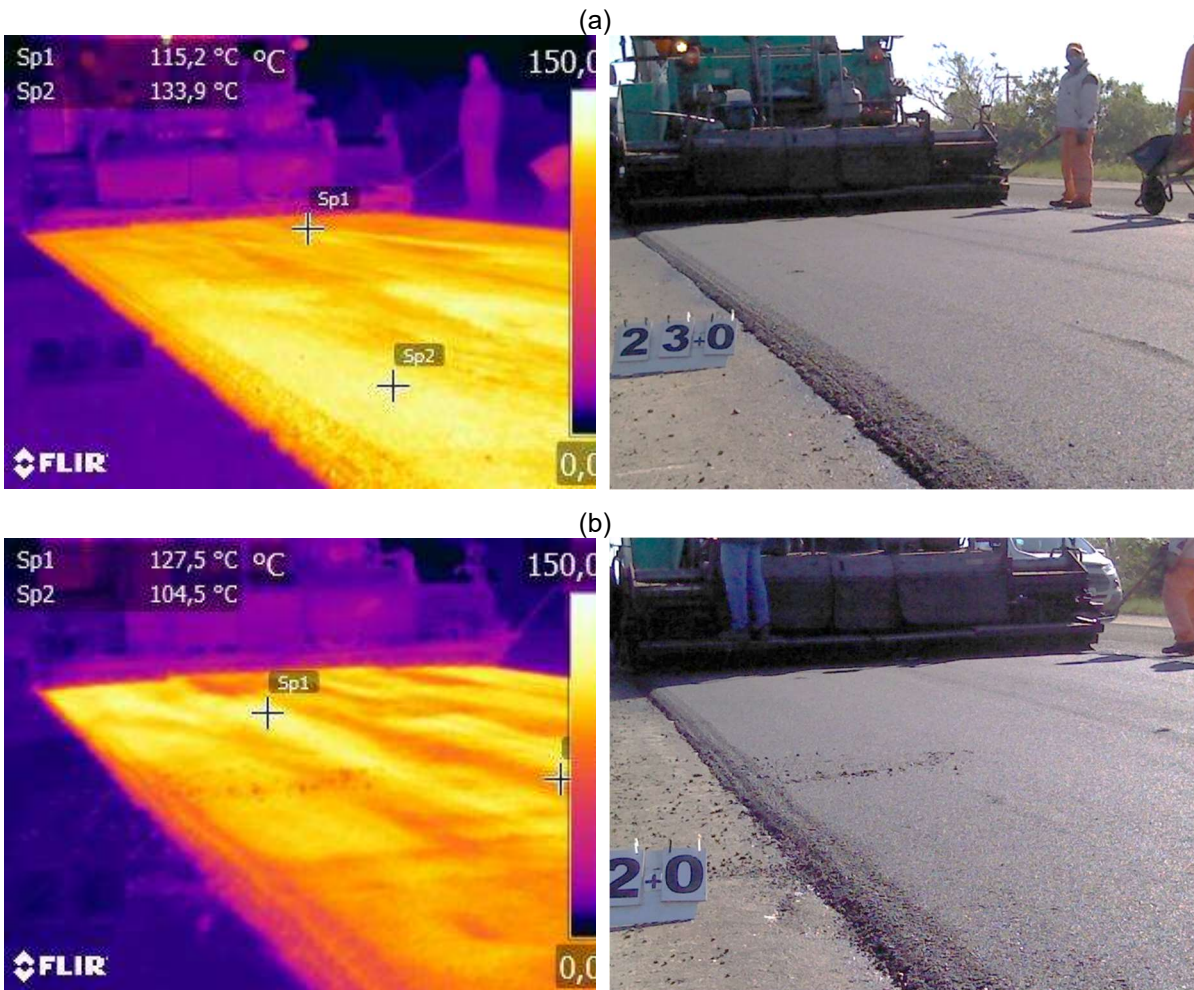
Nas proximidades do ponto 230 ao longo de toda a largura da pista é verificado que a irregularidade média após intervenção é igual a 3,95 m/km. Observa-se, nas imagens da Figura 137 (a), que a temperatura da massa que está saindo da vibroacabadora é 15°C abaixo da recomendação de projeto. O problema de massa asfáltica com temperatura inferior ao projeto foi reiteradamente identificado, sendo agravado quando da fração final das descargas de CA dos caminhões, conforme ilustrado no caso em discussão.

Analisando as imagens (b) da Figura 137, verifica-se os diferenciais de temperatura no pano de execução. Todo o pano encontrava-se com temperatura inferior à recomendação. A baixa temperatura do CA interferiu no processo de compactação, sendo uma consequência do endurecimento do ligante asfáltico que modificou a viscosidade em consequência dificultou a acomodação dos agregados, Este fato implica na dificuldade da densificação. Diferenciais térmicos condicionam densificações distintas na massa asfáltica, induzindo ondulações na superfície do concreto asfáltico, justificando o IRI elevado inicial para tal segmento.

Nas proximidades do ponto 60, os altos índices de irregularidade no borda interna e trilha de roda interna também estão correlacionados com a temperatura da massa de concreto asfáltico. Observa-se na Figura 138 que a temperatura nas proximidades da borda interna é muito inferior a 134°C. Neste ponto, foi possível comprovar a relação de massa fria com elevados índices de irregularidade, visto que observa-se IRI alto apenas nas linhas de medição da trilha interna e da borda interna, que justamente coincidem com a área de massa fria.

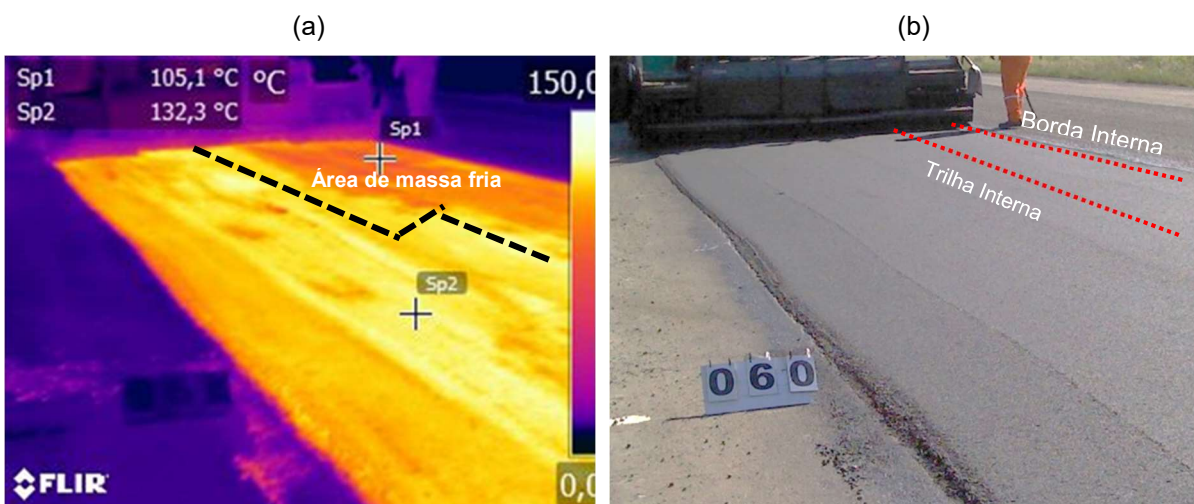
A partir da análise ponto a ponto de onde ocorreram elevados índices de irregularidade longitudinal após a restauração, sendo esses correlacionados com imagens termográficas e anotações do processo construtivo, pode-se verificar a existência de relação entre elevados índices de IRI com diferenciais de temperatura no pano de execução; juntas/emendas construtivas (frias); distribuição irregular da vibroacabadora; massa fria; e novamente com a falta de cuidados no acabamento durante a execução. Logo, fica evidenciado o quão sensível o parâmetro é frente às técnicas construtivas e falhas recorrentes durante a execução.

Figura 137- Diferencial de temperatura no pano de execução nas proximidades do ponto 220 ao 230 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 138- Massa fria na trilha interna e borda interna - proximidades do ponto 60 no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Verificada tal sensibilidade do parâmetro, reforça-se a importância da mensuração da irregularidade longitudinal, não apenas para auxílio na gerência dos pavimentos com o tempo, mas também como um indicativo da qualidade de execução do serviço visto que este relaciona-se diretamente com problemas/falhas executivas.

4.3.3 Monitoramento da irregularidade longitudinal nos primeiros 360 dias após restauração do Trecho da BR-392

O monitoramento deste segmento ocorreu ao longo do primeiro ano após a restauração. Foram realizados levantamentos aos 7, 15, 28, 90, 180 e 360 dias, e os mesmos são apresentados na Figura 139. Estes levantamentos estão correlacionados com o levantamento inicial (imediatamente após a restauração).

Nos dados da Figura 139, é possível verificar que, independente do ponto de medição na faixa de rolamento, a irregularidade se mantém sem muitos acréscimos ao longo dos primeiros 360 dias, ou seja, os elevados índices de irregularidade longitudinais registrados logo após a restauração permanecem sem aumento significativo. Tal situação também pode ser visualizada na Tabela 36, em que se observa que a média geral sofreu acréscimo de apenas 8,16%, e o desvio padrão dos dados também não apresentou variação significativa.

Apesar de os dados de irregularidade não terem sofrido alterações significativas ao longo dos primeiros 360 dias, verificou-se que as áreas que apresentavam IRI elevado logo após a restauração foram ampliadas (nas proximidades), fato que pode ser visualizado nos diagramas da Figura 140.

Devido a estes pontos ampliados nas medições de 180 e 360 dias, voltou-se a campo para realização de inspeção visual "*in loco*" e verificação da situação da superfície, averiguando se houve evolução nos problemas já registrados logo após a restauração. Foi observada uma degradação da condição da superfície e constatados alguns defeitos em fase inicial.

Foi realizada uma avaliação objetiva da superfície do pavimento aos 360 dias, em que foi possível identificar algumas patologias, tal como fissuras, trincas isoladas, início de exsudação e uma leve degradação em praticamente toda a extensão monitorada. Foi determinado o IGG da superfície conforme Norma DNIT 006/2003-PRO em que obteve-se IGG igual a 52,2 classificando assim, a superfície com condição "Regular" ($40 < IGG \leq 80$).

Para o segmento mais crítico dos 500 m monitorados (300 ao 260), aos 360 dias foi observado uma piora da condição da superfície. Nas imagens da Figura 141 e Figura 142, podem ser observados desagregação (arrancamento de partículas superficiais) e aparentemente uma evolução na segregação da camada em concreto asfáltico. A superfície parece mais “aberta” na área onde a distribuição com a vibroacabadora ocorreu de forma irregular e demandou a complementação de material manualmente.

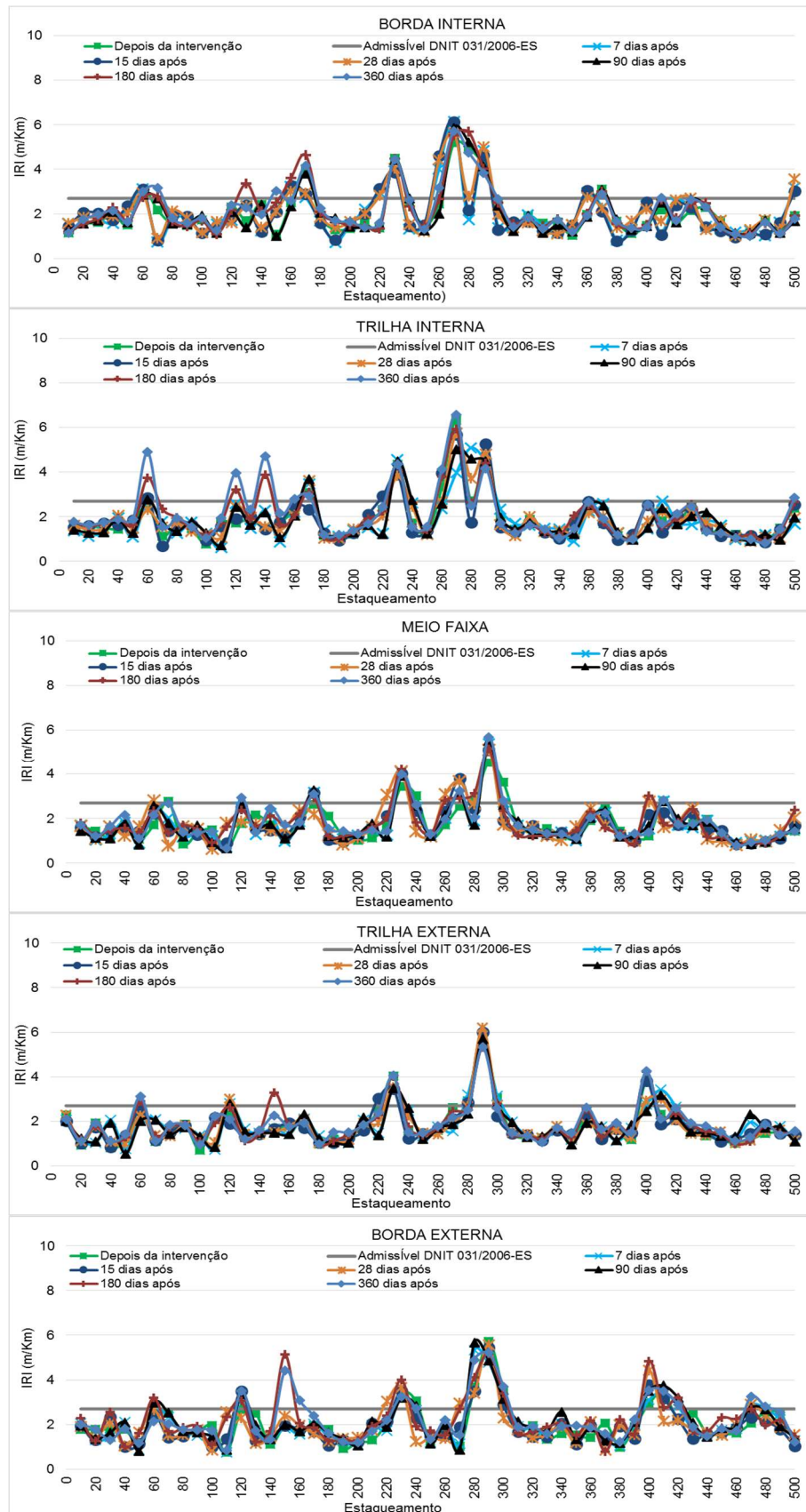
Tabela 36 - Valores médios de IRI após restauração, aos 7, 15, 28, 90, 180 e 360 dias no Trecho da BR-392 desta pesquisa

Linha de Medição	IRI após intervenção (m/km)	Desvio IRI após	IRI 7 dias (m/km)	Desvio IRI 7	IRI 15 dias (m/km)	Desvio IRI 15	IRI 28 dias (m/km)	Desvio IRI 28
Borda Interna	2,04	0,99	2,02	1,05	2,03	1,08	2,12	1,00
Trilha Interna	1,91	1,00	1,87	0,98	1,90	1,01	1,89	0,97
Meio Faixa	1,75	0,79	1,75	0,86	1,76	0,84	1,79	0,88
Trilha Externa	1,80	0,89	1,83	0,83	1,78	0,86	1,79	0,87
Borda Externa	2,01	0,88	2,03	0,91	1,93	0,86	1,99	0,88
Média (m/km)	1,90	0,91	1,90	0,93	1,88	0,93	1,91	0,92

Linha de Medição	IRI 90 dias (m/km)	Desvio IRI 90	IRI 180 dias (m/km)	Desvio IRI 180	IRI 360 dias (m/km)	Desvio IRI 360
Borda Interna	2,06	1,05	2,20	1,09	2,18	1,02
Trilha Interna	1,91	1,00	2,06	1,04	2,15	1,20
Meio Faixa	1,75	0,87	1,83	0,84	1,84	0,88
Trilha Externa	1,80	0,82	1,90	0,87	1,91	0,84
Borda Externa	2,12	0,97	2,23	1,01	2,21	0,97
Média (m/km)	1,93	0,94	2,04	0,97	2,06	0,98

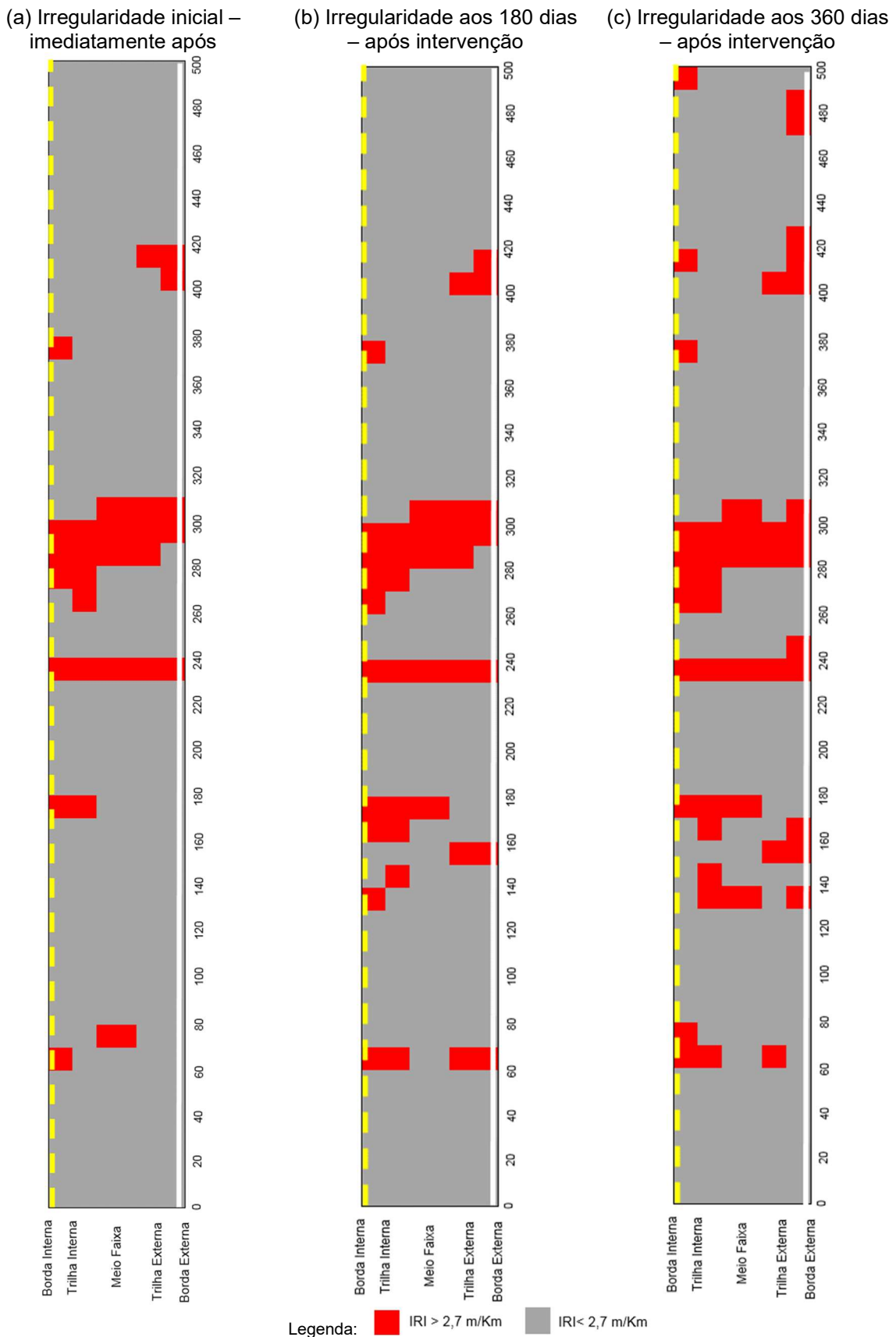
Fonte: Acervo próprio.

Figura 139 - Comportamento da irregularidade longitudinal nos primeiros 360 dias após restauração no Trecho da BR-392 desta pesquisa



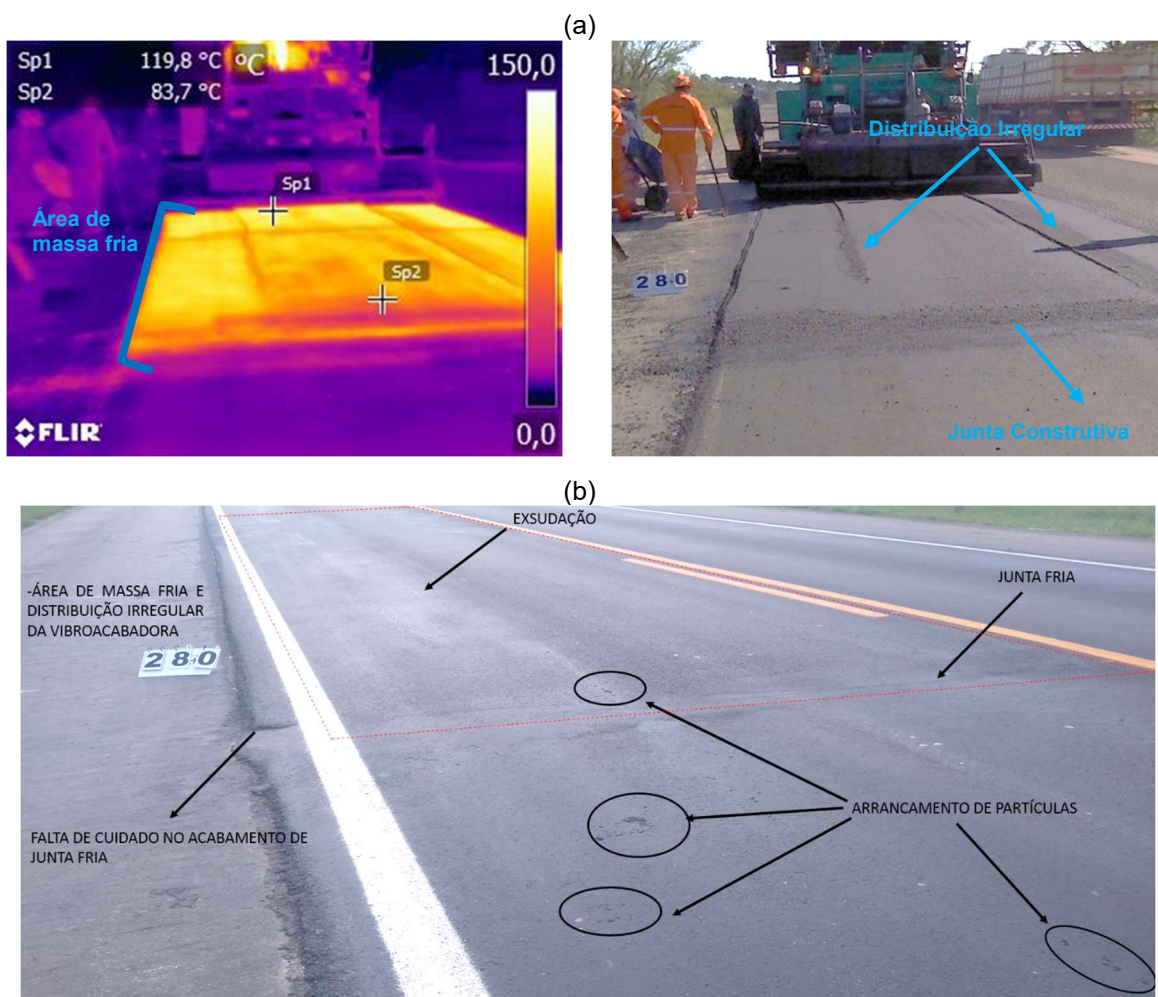
Fonte: Acervo próprio.

Figura 140 - Comportamento da irregularidade longitudinal com o tempo no Trecho da BR-392 desta pesquisa



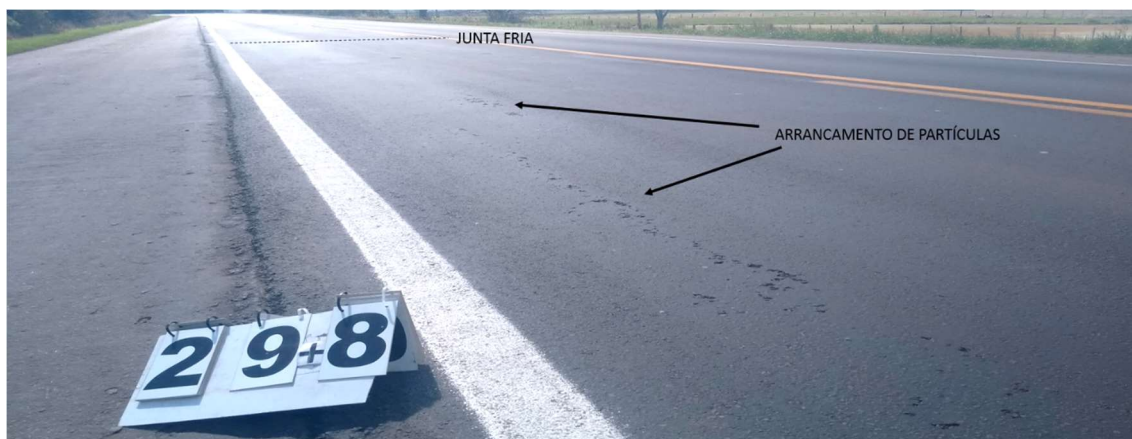
Fonte: Acervo próprio.

Figura 141 – (a) Problemas identificados na execução e (b) defeitos em fase inicial aos 360 dias no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 142 - Defeitos superficiais em fase inicial - coincidentes com área de massa fria durante a execução no Trecho da BR-392 desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Nas imagens da Figura 141 (b) foi demarcada a área onde ocorreu o problema na vibroacabadora e acarretou na segregação do material. Nas proximidades da junta fria, observou-se, além da segregação de material, alguns arrancamentos de partículas devido à ação do tráfego e da água. Este segmento coincide com os elevados diferenciais de temperatura no pano de execução e com massa do concreto asfáltico fria (muito inferior à recomendação do projeto) conforme pode ser observada na Figura 141 (a). A massa de CA fria impossibilitou a compactação adequada da camada que, como consequência, deixou um volume de vazios maior que o esperado, fazendo com que a ação do tráfego e os agentes climáticos provocassem o arrancamento das partículas superficiais que não se encontravam totalmente envolvidos pelo ligante asfáltico. Na Tabela 23 é possível verificar os graus de compactação, nas proximidades dessa região, verifica-se que o GC atingido foi de aproximadamente 98,5%.

Na foto da Figura 142 também é possível verificar o arrancamento das partículas superficiais. Essa região coincide com o término do 1º dia de trabalho em que a mistura do concreto asfáltico encontrava-se com temperatura muito inferior às recomendações de projeto (97° C, enquanto recomendação de projeto é de 134 a 140,5°C).

Além dessa degradação da condição da superfície que foi relatada e apresentada anteriormente, também foram observados diversos segmentos com microfissuras transversais – perpendiculares ao eixo da rodovia. Os segmentos onde é possível visualizar essas microfissuras são do 340 ao 380 e 460 ao 480 sendo que, nesses segmentos, ainda não foi possível correlacionar tais defeitos com a irregularidade longitudinal do pavimento.

Já entre o segmento 400 e 430 para a trilha externa e borda externa, foi observado um aumento da área com IRI maior que 2,7 m/km. Em campo foi possível observar, conforme Figura 143, microfissuras na superfície com abertura maior que nos segmentos onde ainda não apresentaram acréscimos na irregularidade.

Figura 143 - Defeitos em fase inicial – microfissuras no Trecho BR-392/RS desta pesquisa



Fonte: Acervo próprio.

Como não foi realizado levantamento fotográfico/visual antes da restauração, não se sabe se a superfície do pavimento já apresentava este tipo de patologia, logo, a presença dessas microfissuras de forma precoce podem ser uma reflexão das já existentes antes da restauração, ou se tratar de um defeito precoce oriundo do processo construtivo adotado. Uma situação observada que pode ter contribuição é a compactação inicial com o rolo chapa, que encontrava-se umedecido com água e provocou brusca queda na temperatura da massa asfáltica superficialmente. Estudos acerca do problema, apontam que trincas transversais isoladas, em sua maioria, são oriundas devido à reflexão de trincas subjacentes ou devido à retração do revestimento asfáltico (BERNUCCI et al. 2006).

Observou-se no trecho restaurado que os problemas apresentados logo após a intervenção sofreram evolução ao longo do primeiro ano (360 dias). A tendência é de que as patologias observadas aumentem severamente com o tráfego e as intempéries, permitindo assim a entrada da água na estrutura, provocando a desintegração do revestimento e afetando a estrutura como um todo.

4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Nesse item, estão descritos, de forma sintetizada, os resultados acerca da avaliação dos equipamentos de medição de irregularidade, do acompanhamento de implantação de pista e do acompanhamento de restauração de pista.

4.4.1 Síntese dos resultados da avaliação dos equipamentos Merlin, Perfilômetro e Método Nível e Mira

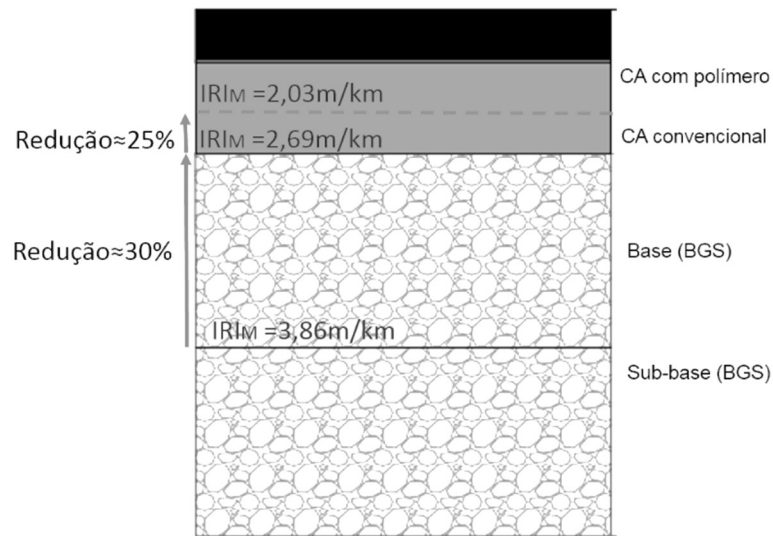
- a) O Merlin apresentou resultados satisfatórios quanto à repetibilidade e reprodutibilidade. Por se tratar de instrumentação de baixo custo, pode ser classificado como um bom equipamento para controle de qualidade da execução, visto que o mesmo gera resultados representativos, se comparado com os outros dois métodos. A experiência do operador pode influenciar nos resultados, principalmente em superfícies com elevados índices de irregularidade;
- b) O Perfilômetro inercial apresentou resultados satisfatórios independente de velocidade de operação. Quanto à repetibilidade, os resultados foram consistentes, no entanto, devido à dificuldade de passar com o laser exatamente no mesmo percurso, apresentou maiores variações de repetibilidade quanto maiores as irregularidades na pista;
- c) O método nível e mira tende a superestimar os dados IRI, especialmente quando o espaçamento entre as cotas levantadas foram de 0,5m (recomendado pela norma). Dos sistemas de medição estudados, esse foi o que apresentou os maiores índices de irregularidade. Verificou-se que quanto menor o espaçamento entre as cotas levantadas, mais representativos são os índices de irregularidade;
- d) Foi constatada variação dependendo do método/equipamento utilizado para mensuração da irregularidade longitudinal. Recomenda-se cautela ao trabalhar e realizar comparações com dados de irregularidade longitudinal, especialmente quando esses forem realizados com equipamentos distintos.

4.4.2 Síntese dos resultados do acompanhamento de implantação de pista

4.4.2.1 Trecho BR-287/RS

- a) Camadas granulares expostas aos agentes climáticos mesmo sem ação do tráfego, tendem a aumentar a irregularidade longitudinal significativamente. No presente estudo foi observado um acréscimo de 25,6% no parâmetro devido à exposição por 6 meses da camada;
- b) Camadas granulares, independente de posicionamento na estrutura (sub-base ou base), se constituídas do mesmo tipo de material (faixa granulométrica) e submetidas ao mesmo processo construtivo, tendem a apresentar valores de irregularidade longitudinal similares;
- c) Camadas de sub-base e base compostas de BGS faixa granulométrica de trabalho “Faixa B” do DNIT apresentaram valores médios compreendidos na faixa de 2,0 a 4,5 m/km. No entanto, se ocorrer exposição da camada por um período de tempo razoável e sem proteção, tenderam a apresentar acréscimo devido à “lavação da superfície” e o carregamento das partículas mais finas, de enchimento, deixando a superfície mais aberta e, conseqüentemente, elevando os índices de irregularidade longitudinal;
- d) Quando da alteração de material – de BGS para concreto asfáltico – foram verificadas reduções do parâmetro IRI da ordem de 51,36%. No entanto, se a camada em CA não for executada com controle de temperatura, controle de execução e de forma homogênea, tenderá, em casos extremos, a apresentar acréscimos na irregularidade, se comparada com camadas em BGS;
- e) As reduções médias de IRI da estrutura implantada no Trecho BR-287/RS são apresentadas na Figura 144;

Figura 144- Resumo das reduções médias de IRI com a evolução da construção da estrutura - pavimento implantado na BR-287/RS



Fonte: Acervo próprio.

- f) Durante o acompanhamento da execução da camada de concreto asfáltico, foi possível observar a importância do funcionamento ininterrupto da vibroacabadora. Como foi mencionado, durante a execução da faixa externa, foi possível observar elevados índices de irregularidade longitudinal devido às emendas/juntas transversais provocadas pelo fornecimento descontínuo do CA. Isso fez com que a massa presente na vibroacabadora perdesse calor provocando diversas emendas transversais ao longo da faixa monitorada, fato esse que corrobora com Lavaud (2011, p. 31), que enfatiza que durante a execução da camada em concreto asfáltico, a acabadora deve funcionar continuamente: “90% de todos os problemas se eliminam se a acabadora funciona com uma velocidade constante”;
- g) Analisando os dados de levantamento realizado com perfilômetro inercial, é possível localizar com precisão as emendas transversais provocadas pela espera de material para o abastecimento da vibroacabadora, ou seja, o Perfilômetro permite a localização de pontos exatos em que a superfície apresenta-se irregular;
- h) Durante o acompanhamento da execução da camada em concreto asfáltico do Trecho BR-287/RS, o controle de temperatura da mistura foi realizado apenas com termômetro bimetálico. Esse fornece apenas

medidas de um número limitado de pontos, mas, mesmo assim, foi possível observar o diferencial de temperatura da ordem de 25°C entre o término de uma carga e chegada da carga de CA conseguinte;

- i) Com o monitoramento de irregularidade longitudinal nas diferentes camadas da estrutura, foi verificado que é imprescindível mensurar o parâmetro IRI ainda na fase executiva pois esse é um indicativo de qualidade do serviço executado. Foi constatado o quão sensível é o parâmetro frente às falhas recorrentes e decorrentes da execução.

4.4.2.2 Trecho ERS-509

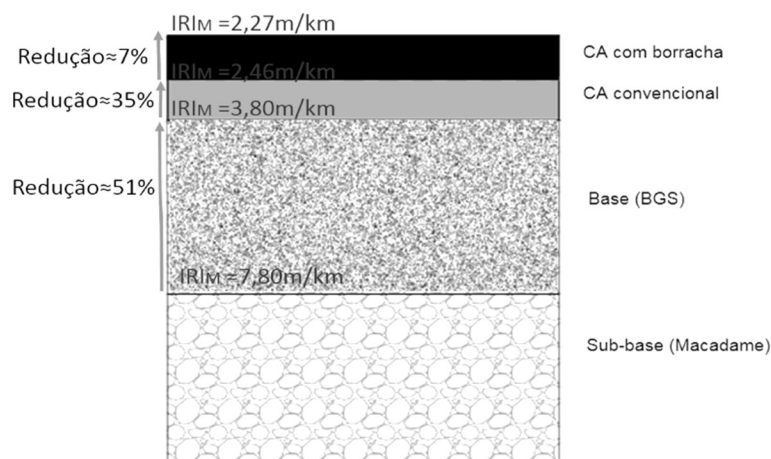
- a) A irregularidade longitudinal para a camada de sub-base composta por macadame seco – granulometria entre 2,54 a 7,62 cm – quando submetidas ao processo construtivo sem controle de distribuição uniforme de material, tendeu a apresentar IRI elevados e muito variáveis. A irregularidade encontrada oscilou entre 3,5 a 16,55 m/km;
- b) O valor médio de IRI dos quatro segmentos monitorados da camada de sub-base composta por macadame seco foi de 7,8 m/km com desvio de 2,33 m/km;
- c) Valores de irregularidade longitudinal da camada base por BGS – “Faixa A” (partículas compreendidas entre 381 e 75 mm) apresentaram valores variáveis dependendo da localização na plataforma, sendo os maiores índices localizados nas bordas externas. Os índices obtidos encontram-se no intervalo de 1,63 a 12,59 m/km;
- d) O valor médio de IRI dos quatro segmentos monitorados da camada de base composta por BGS “Faixa A” foi de 3,8m/km com desvio de 1,16 m/km;
- e) Comparando os resultados obtidos entre os dois trechos de acompanhamento de execução da camada de base, os valores de IRI para a camada composta por BGS “Faixa A” são mais variáveis e um pouco superiores se comparados com a camada de base composta por BGS “Faixa B”;
- f) Na média geral, na camada de base em BGS - “Faixa A” o índice de irregularidade foi de 3,8 m/km, enquanto na camada de base de BGS - “Faixa B” o índice obtido foi de 2,69 m/km, diferença no índice de 1,11 m/km.

Pelo fato da “Faixa B” ser considerada uma faixa de trabalho intermediária, com maior número de partículas menores, proporcionou o melhor acabamento e interação das partículas superficiais da camada do que na camada composta por BGS Faixa “A”, considerada uma mistura granulométrica mais aberta;

- g) Quando da alteração do material de macadame seco (sub-base) para BGS – “Faixa A” (base) foram observadas reduções significativas no parâmetro IRI, entre 27 a 73% de redução. As reduções mais significativas ocorrem nas bordas da plataforma, sendo esse um indicativo de que durante a execução da camada de base o procedimento executivo foi realizado de maneira mais homogênea para toda a largura da plataforma;
- h) A redução média da alteração do material de macadame seco para BGS “Faixa A” encontrada foi de aproximadamente 51%;
- i) A 1ª camada de concreto asfáltico convencional – com faixa granulométrica definida como “Faixa B” (partículas compreendidas entre 12,7 a 0,075 mm) apresentou índices de irregularidade longitudinal inicial entre 1,22 a 8,06 m/km. Os altos valores de irregularidade localizados nas proximidades da barreira de concreto (bordas da plataforma), nas proximidades de caixas coletoras, nos pontos de juntas longitudinais e, principalmente, nas juntas transversais. Nas situações elencadas ocorreu acabamento e muitas vezes a distribuição de material manualmente;
- j) Quando da alteração de material de BGS – “Faixa A” (base) - para Concreto Asfáltico – “Faixa B” (1ª camada de revestimento) - ocorreram reduções significativas, salvo nos pontos mencionados no item anterior, que tratam de situações isoladas. Foram verificadas reduções no parâmetro IRI de até 66%;
- k) A redução média da irregularidade da base para a 1ª camada de CA, na média geral dos quatro segmentos acompanhados, foi de aproximadamente 35%. Redução similar a encontrada no Trecho BR-287/RS (desconsiderando a faixa executada com problemas de interrupção de CA), que apresentou redução média de 38,15%;
- l) O valor médio de IRI dos quatro segmentos monitorados na 1ª camada de CA convencional foi de 2,46 m/km com desvio de 0,82 m/km;

- m) A camada final de concreto asfáltico com borracha – com faixa granulométrica “Faixa B” apresentou valores de irregularidade longitudinal inicial entre 0,86 a 7,82 m/km. Os elevados índices de IRI estão localizados nas situações já elencadas no item i;
- n) O valor médio de IRI dos quatro segmentos monitorados da camada final de CA com borracha foi de 2,27 m/km com desvio de 0,73 m/km;
- o) Com a execução da camada final sobre a 1ª camada, já composta também por concreto asfáltico, são verificadas reduções de até 38% em pontos isolados; na média, as reduções são de 7%. As reduções mais expressivas ocorreram quando da não sobreposição de situações problemáticas já elencadas no item “i”, ou seja, a execução da camada sobreposta consegue corrigir a irregularidade da camada precedente;
- p) O resumo das reduções médias de irregularidade longitudinal do pavimento implantado na ERS-509 é apresentado na Figura 145;

Figura 145 - Resumo das reduções médias de IRI com a evolução da construção da estrutura - pavimento implantado na ERS-509



Fonte: Acervo próprio.

- q) Como o controle de temperatura da mistura asfáltica foi realizado com câmera termográfica, foi possível verificar diferenciais de temperatura expressivos no pano de execução, tal situação pode ser visualizada em todas as fotos termográficas registradas. Essa situação vai ao encontro da colocação de Lavaud (2011), que relata que de acordo com os atuais métodos de construção os diferenciais de temperatura são muitas vezes

- maiores que 14°C, fato esse que implica diretamente em pavimentos com falhas prematuras, com o conseqüente aumento da irregularidade;
- r) Com o acompanhamento executivo das camadas compostas de concreto asfáltico ficaram evidenciados os seguintes fatores que implicaram em elevados índices de irregularidade longitudinal inicial: distribuição irregular de material pela vibroacadora; acabamento manual da superfície aliado à técnica de “salgar”; complementação/distribuição de material de forma manual; execução de juntas longitudinais e principalmente transversais sem o devido cuidado com acabamento; execução em dias de chuva que provoca resfriamento da massa além de comprometer o processo de compactação; Diferenciais de temperatura no pano de execução, sempre aliados a outro agravante; e marcas de botinas/pés no pano de execução devido ao trânsito excessivo de pessoas durante as atividades executivas;
 - s) A irregularidade longitudinal foi extremamente sensível à problemas construtivos corriqueiros e recorrentes durante a execução da pavimentação;
 - t) Ao longo dos primeiros 180 dias (4,93% da vida útil) não foi visualizada uma piora nos problemas apresentados na fase inicial do pavimento implantado.

4.4.3 Síntese dos resultados do acompanhamento de restauração de pista na BR-392/RS

- a) A técnica de restauração com fresagem (2,5 cm) e recomposição (3,0 cm) de concreto asfáltico apresentou reduções significativas na irregularidade longitudinal do segmento monitorado, com reduções de até 58%;
- b) Quando da existência de elevados índices de irregularidade longitudinal antes da intervenção, as reduções foram mais significativas;
- c) Os modelos de previsão de Lerch (2002) e Nakahara (2005) são modelos conservadores. No presente estudo, os modelos previram pequenas reduções - até 33% (LERCH) e até 36% (NAKAHARA) - enquanto, na prática, foi medida uma redução mais representativa (até 58%);
- d) Tanto o modelo de Lerch (2002) como o de Nakahara (2005) se mostram representativos quando da ocorrência de elevados índices de

- irregularidade longitudinal pós-recapeamento, devido a falhas/falta de cuidados durante o processo construtivo. Nessas situações, os modelos apresentaram valores muito próximos aos obtidos pós-reconstrução;
- e) Os modelos de Lerch (2002) e Nakahara (2005), por não apresentarem satisfatória capacidade de predição, demandam ajustes e calibrações;
 - f) O monitoramento da restauração com câmera infravermelha possibilitou identificar os elevados diferenciais de temperatura (ΔT) tanto na caçamba de abastecimento da vibroacabadora, como no pano de execução – antes da compactação. No presente acompanhamento, foram observados diferenciais superficiais na caçamba da ordem de 100°C e no pano de execução da ordem de 30°C ;
 - g) As áreas no pano de execução identificadas pela câmera infravermelha como áreas frias (temperatura do concreto asfáltico inferior à recomendação do projeto), coincidem com as áreas de elevados índices de irregularidade longitudinal inicial, justificadas pela dificuldade de compactação da camada;
 - h) As áreas frias também coincidiram com as áreas que apresentaram defeitos aos 360 dias do acompanhamento. Devido à dificuldade de compactação dessas áreas, a densidade obtida é menor, tendo como consequência maior volume de vazios, possibilitando a entrada de água na estrutura reduzindo, assim, a vida útil do pavimento;
 - i) A distribuição uniforme do concreto asfáltico pela vibroacabadora é fundamental para a execução de segmentos com baixos índices de irregularidade longitudinal inicial. No presente estudo, foi presenciado problema na distribuição de CA pela vibroacabadora, fazendo-se necessária a complementação de material e a realização de acabamento manualmente. Esses procedimentos provocaram índices de irregularidade longitudinal superiores aos observados antes da intervenção, ou seja, neste trecho a restauração não desempenhou o seu papel de correção funcional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo, são apresentadas as conclusões da presente pesquisa e sugestões de novos estudos para complementação do conhecimento acerca do tema.

5.1 CONCLUSÕES

A partir do acompanhamento executivo de implantação e restauração de trechos rodoviários executados por três empresas distintas, foi possível ter uma visão das técnicas construtivas adotadas na região central do estado do Rio Grande do Sul. Por meio desses acompanhamentos, detectou-se que as falhas executivas são corriqueiras. Foi verificada também a repetição das situações “problemáticas” que tiveram como consequência elevados índices de irregularidade longitudinal pelas três empresas construtoras.

Conseguiu-se correlacionar práticas do processo construtivo com a irregularidade no pavimento, tal como a distribuição irregular de material pela vibroacabadora, o acabamento manual da superfície aliado à técnica de “salgar”, a complementação/distribuição de material de forma manual e a execução de juntas longitudinais e, principalmente, transversais sem o devido cuidado com o acabamento. Além destes fatores, também pode ser adicionada a execução em dias de chuva e os diferenciais de temperatura no pano de execução. Com tais constatações, fica evidenciado que a irregularidade longitudinal é extremamente sensível aos problemas construtivos corriqueiros e recorrentes na execução da pavimentação na região pesquisada.

Fundamentado nas avaliações de irregularidade longitudinal e as observações em campo, verificou-se que com pequenos ajustes que não demandam de onerosos investimentos financeiros, podem-se reduzir significativamente os problemas da superfície do pavimento.

Nos trechos de acompanhamento de implantação de pista, analisaram-se os dados dos levantamentos de IRI, camada por camada, e concluiu-se que os valores médios para camadas subjacentes (sub-base e base) dependem diretamente do material empregado e da técnica construtiva adotada. Para a camada de sub-base composta em macadame seco, sem distribuição uniforme do material, os valores de IRI encontrados foram considerados elevados e variáveis: na média geral, o IRI foi de

7,8 m/km com desvio de 2,33 m/km. Camadas compostas em BGS, no geral apresentaram valores significativamente inferiores aos encontrados no macadame seco, no entanto, também variam dependendo da faixa granulométrica de trabalho adotada. A camada de base composta por BGS “Faixa A”, apresentou valores médios de 3,8 m/km, com desvio de 1,33 m/km. Já nas camadas compostas por BSG “Faixa B”, independente se posicionada como sub-base ou base, os valores para irregularidade foram ainda menores, na média de 2,9 m/km com desvio de 0,5 m/km.

Observou-se que, com o avanço da construção das camadas estruturais do pavimento, o índice de irregularidade longitudinal diminuiu significativamente. No trecho ERS-509, por exemplo, verificou-se na camada de sub-base em macadame seco o IRI médio de 7,8 m/km, que caiu para 2,27 m/km na camada final, ou seja, com redução média de 70,89%. No trecho da BR-287, em que a estrutura não foi concluída, foram verificadas reduções da ordem de 64,52% da camada de sub-base (BGS - “Faixa B”) em relação a 1ª camada de concreto asfáltico. No trecho em que foi acompanhada a restauração, foram observadas reduções de até 58% se comparada com a superfície antes da intervenção, na média as reduções, após a restauração, ficaram da ordem de 39%.

Avaliando o comportamento da irregularidade longitudinal, após abertura do tráfego e o surgimento de defeitos nas superfícies monitoradas, no Trecho ERS-509 foi verificado que ao longo dos primeiros seis meses não foi observada degradação na superfície nem incremento no índice de irregularidade longitudinal. O IRI médio registrado inicialmente de 2,27 m/km foi mantido. Já no trecho em que foi acompanhada a restauração da pista (BR-392/RS), durante o monitoramento do primeiro ano após a intervenção, foi observada um pequeno aumento nos valores de irregularidade longitudinal e uma degradação em estágio inicial da superfície em pontos isolados. As áreas com esses defeitos em fase inicial, são coincidentes com as áreas onde foram observadas situações problemáticas durante a execução.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Monitorar a irregularidade longitudinal em vários segmentos de implantação de pista com camadas subjacentes compostas por diferentes materiais e diferentes faixas granulométricas, a fim de se ter valores de referência para diferentes tipos de materiais;

- b) Acompanhar a irregularidade longitudinal em camadas de concreto asfáltico compostas pelas diferentes faixas granulométricas avaliando assim, se a faixa de trabalho adotada também influencia na irregularidade longitudinal inicial;
- c) Avaliar o uso de câmera infravermelha durante execução de camada em concreto asfáltico como um instrumento de controle de temperatura da massa e como consequência controle de qualidade do serviço executado;
- d) Acompanhar tanto implantação quanto restauração em diferentes épocas do ano, com diferentes temperaturas ambientes e avaliar o comportamento da irregularidade longitudinal, se sofre ou não influencia;
- e) Avaliar a influência da espessura do recapeamento na redução da irregularidade longitudinal;
- f) Acompanhar diferentes métodos construtivos e correlacionar com os dados de irregularidade longitudinal após conclusão do serviço com o objetivo de avaliar a forma mais eficaz de execução para obtenção de pavimentos com baixos índices de irregularidade longitudinal inicial;
- g) Avaliar a execução das camadas de sub-base e base em BGS com distribuição pela vibroacabadora.
- h) Realizar levantamentos mais detalhados com o nível e mira, ou seja, com espaçamento das leituras de perfil inferior a 0,25 m e confrontar com dados resultantes do processamento a cada 0,25 e 0,50 m;

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO PP 49-03**: Standard Practice for Certification of Inertial Profiling Systems. Estados Unidos, 2003c.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS. **ASTM E 1364-95**: Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method. Estados Unidos, 1996.

_____. **ASTM E 950-98**: Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Establishes Inertial Profiling Reference. Estados Unidos, 1999.

APS, M. **Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos**. 2006. 179p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BARELLA, R. M. **Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais**. 2008. 362p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BARELLA, R. M. et al. **A Avaliação de Irregularidade com Perfilômetros Inerciais de Sensores Laser: Resultados Comparativos e Vantagens Técnicas**. 35ª Reunião Anual De Pavimentação – 35ª RAPv, 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2004. Não paginado.

BARELLA, R. M. et al. **Irregularidade Longitudinal de Pavimentos: Sensibilidade de Perfis, Comparação de Equipamentos e Correlação entre QI e IRI**. XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – XIX Anpet, 2005, Recife. **Anais...** Recife, 2005. Não paginado.

BALBO, J. T. **Estudo das propriedades mecânicas das misturas de brita e cimento e sua aplicação aos pavimentos semi-rígidos**. 1993. 196p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

_____. **Contribuição à análise estrutural de reforços com camadas ultradelgadas de concreto de cimento Portland sobre pavimentos asfálticos (Whitetopping Ultradelgado)**. 1999. 195p. Tese (Livre Docente) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

_____. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997.

BENEVIDES, S. A. S. **Modelos de Desempenho de Pavimentos Asfálticos para um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará**. 2006. 357p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BENEVIDES, S. A. S.; SILVA, B. T. A.; OLIVEIRA, F. H. L.; LOIOLA, P. R. R. **Análise Comparativa dos Valores do Índice Internacional de Irregularidade e do Levantamento Visual Contínuo em Rodovia Estadual do Ceará**. 39ª Reunião Anual De Pavimentação, 2008, Recife. **Anais...** Recife, 2008. Não paginado.

BESTER, C. J. **The effect of Road Roughness on Safety**. Transportation Research Board, 82 Annual Meeting, 2003, Washington. **Anais...** Washington, 2003. Não paginado. Disponível em: <http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-000774.pdf>. Acesso em: 26 mai. 2017.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2008.

BUDNY, Jaelson. **Notas de aula de “Estruturas viárias e mecânica dos pavimentos”**. AL0130, 2016/2. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Alegrete, 2016. Disponível em: <<https://moodle.unipampa.edu.br/moodle/enrol/index.php?id=6607>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

BISCONSINI, D. R. **Avaliação da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos com Dados Coletados por Smartphones**. 2016. 176p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

BUENO, L. D. **Contribuição para a previsão empírico-mecanicista da irregularidade longitudinal e seus desdobramentos econômicos em pavimentos asfálticos**. 370p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

CAICEDO, B.; MURILLO C. A.; TRISTANCHO J. A. **Medida perfil longitudinal de un pavimento mediante Navegación inercial**. XIV SIMPÓSIO Colombiano sobre Ingenieria de Pavimentos, 2003, Popayán, Colômbia. **Anais...** Popayán, 2003. Não paginado. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228761480_Medida_perfil_longitudinal_de_un_pavimento_mediante_Navegacion_inercial>. Acesso em: 6 mai. 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES (CNT). **Pesquisa CNT de rodovias 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Boletins_Detalhes.aspx?b=3>. Acesso em: 23 jan. 2018.

CIBERMÉTRICA. **Manual de Instalação e Operação do Perfilômetro Laser para Pavimentos**. Ciberlaser. Revisão 03. São Paulo, 2017.

CUNDILL, M. A. **MERLIN**. A Low Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries. Transportation Research Record 1291. Crowthorne, 1990.

_____. **The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine**. Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport. Crowthorne: TRL Research Report 301, 1991.

_____. **The MERLIN Road Roughness Machine: User Guide**. London: TRL Report 229, 1996.

DEL AGUILA, R. P. **Manual del Usuario Merliner**. Merlín Equipo Para Rugosidad Lima, 2002. Disponível em: <<https://docgo.org/merlin-NnWlvzl>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

DEL AGUILA, P. M. Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión. X Congresso Ibero-Latino-americano de Asfalto, 1999, Sevilla. **Anais...** Sevilla, 1999.11p. Disponível em: <<https://docgo.org/merlin-NnWlvzl>>. Acesso em 23 jan. 2017.

_____. Desarrollo de la Ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro MERLIN. X Congresso Ibero-Latino-americano de Asfalto, 1999, Sevilla. **Anais...** Sevilla, 1999. Não paginado. Disponível em: <<https://docgo.org/merlin-NnWlvzl>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-PRO 164/94: Calibração e Controle de Sistemas Medidores de Irregularidade de Superfície de Pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter)**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1994a.

_____. **DNER-PRO 229/94: Manutenção de Sistemas Medidores de Irregularidade de Superfície de Pavimento – Integrador IPR/USP e Maysmeter**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1994b.

_____. **DNER-PRO 182/94: Medição da Irregularidade de Superfície de Pavimento com Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1994c.

_____. **DNER-ES 173/86: Método de Nível e Mira para Calibração de Sistemas Medidores de Irregularidade Tipo Resposta**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1986.

_____. **DNER-ES 159/85: Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos**. Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 1985.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Projeto executivo da Travessia Urbana de Santa Maria**. Santa Maria, 2013.

_____. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Publicação IPR – 720. Ministério dos Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Manual de Gerência de Pavimentos**. Publicação IPR – 745. Ministério dos Transportes. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **DNIT- PRO 006/2003: Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos - Procedimento– PRO.** Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **DNIT-ES 049/2009: Execução de Pavimento Rígido com Equipamento de Fôrma-Deslizante.** Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **DNIT-ES 031/2006: Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico.** Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2006.

DOMINGUES, F. A. A. **Notas de aula da disciplina: Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos - TR-5008.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Curso de pós-graduação em engenharia de transportes. São Paulo, 2004.

ECHEVERRIA, J. A. S. **Avaliação do efeito de restaurações com fresagem e recapeamento nas condições funcional e estrutural de pavimentos com volume de tráfego médio.** 2011. 155p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FACCIN, C.; SPECHT L. P.; LIMA, R. C. A.; TOMBEZI, V.M.; TANSKI, M. C.; JUST, M. L. **Utilização de câmera infravermelha no controle executivo de misturas asfálticas a quente.** Revista Estradas. Porto Alegre, p.34-41 em 16 de set. Porto Alegre, 2015.

FARIAS, M. M.; SOUZA, R. O. **Irregularidade Longitudinal e sua influência na Avaliação Funcional de Pavimentos.** Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – VI ENACOR. Brasília, 2002.

GILLESPIE, T. D. **Everything You Always Wanted to Know about the IRI, but Were Afraid to Ask!** Lincoln: Road Profiler User Group Meeting, 1992.

GILLESPIE, T. D., SAYERS, M. W., SEGEL, L. **Calibration of Response-Type Road Roughness Measuring Systems.** NCHRP Report nº 228 Washington. Washington: Transportation Research Board, 1980.

GILLESPIE, T. D.; PATERSON, W. D. O.; SAYERS, M. W. **Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements.** World Bank Technical Paper Number 46. Lincoln, Nebraska, 1986.

HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. **Modern pavement management.** Malabar: Krieger Publishing Company, 1994.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. História natural de Santa Maria: O clima de Santa Maria. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 38, p. 43-58, 2009.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE SANTA MARIA (IPLAN). **Diretoria de Planejamento. Setor de Geoprocessamento.** 2017. Disponível em: <<http://iplan.santamaria.rs.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

LAVAUD, P. **Como Construir Pavimentos Asfálticos Duráveis Com Menores Custos De Manutenção**. Congresso brasileiro de Rodovias e Concessões CBR&C e 7ª Exposição Internacional de Produtos para Rodovias – BRASVIAS, 2011, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2011. Não paginado. Disponível em: <<http://cbrcrbrasvias.com.br/palestras/arquivos/Pal%2021a%20-%20Paul%20Lavaud.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

LEITE, L. F. M.; MOTTA, L. M. G. **Fator de ajuste de pagamentos em obras rodoviárias: vantagens e desvantagens e utilização no Brasil**. 9º Congresso Rodoviário Português. Lisboa, 2019.

LERCH, R. L. **Previsão de irregularidade pós-recape em rodovias do RS: ajuste do modelo HDM-4**. 2002. 108p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

MARCON, A. F. **Contribuição ao Desempenho de um Sistema de Gerência de Pavimentos para a Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. 1996. 398p. Tese (Doutorado) – Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 1996.

NAKAHARA, S. M. **Estudo do desempenho de reforços de pavimentos asfálticos em vias sujeitas a tráfego comercial pesado**. 2005. 306p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PATERSON, W. D. O. **Road Deterioration and Maintenance Effects**. The Highway Design and Maintenance Standards Series. Michigan: World Bank. 1987.

PATERSON, W. D. O. **International Roughness Index: Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality**. Transportation Research Record. N.1084. Washington: World Bank, 1986.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: Copiarte, 2002.

PONTES, C. A. M. **Análise da Evolução de Defeitos de Superfície em Trechos da Malha Rodoviária do Estado do Ceará**. 2012. 125p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SAYERS, M. et al. **The International Road Roughness Experiment: establishing correlations and a calibration standard for measurements**. Bank Technical Paper Nº 45. Washington: Copyright, 1986.

SAYERS, M. W.; KARAMIHAS, S. M. **The little book of profiling**. Ann Arbor: Transportation Research Institute, University of Michigan, USA, 1998. Disponível em: <<http://www.umtri.umich.edu/content/LittleBook98R>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

SESTINI, V. M. **Correlação entre o custo operacional e o índice de irregularidade internacional (IRI), uma aplicação do modelo HDM III**. Simpósio Internacional de Manutenção e Restauração de Pavimentos e Controle Tecnológico, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000. Não paginado.

SEVERO, L. E. P. et al. **Utilização De Perfilômetro Laser para a Medida De Irregularidade Longitudinal e do Afundamento em Trilhas De Roda.** 9º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – 9º Enacor, 2004, Natal. **Anais...** Natal, 2004. Não paginado.

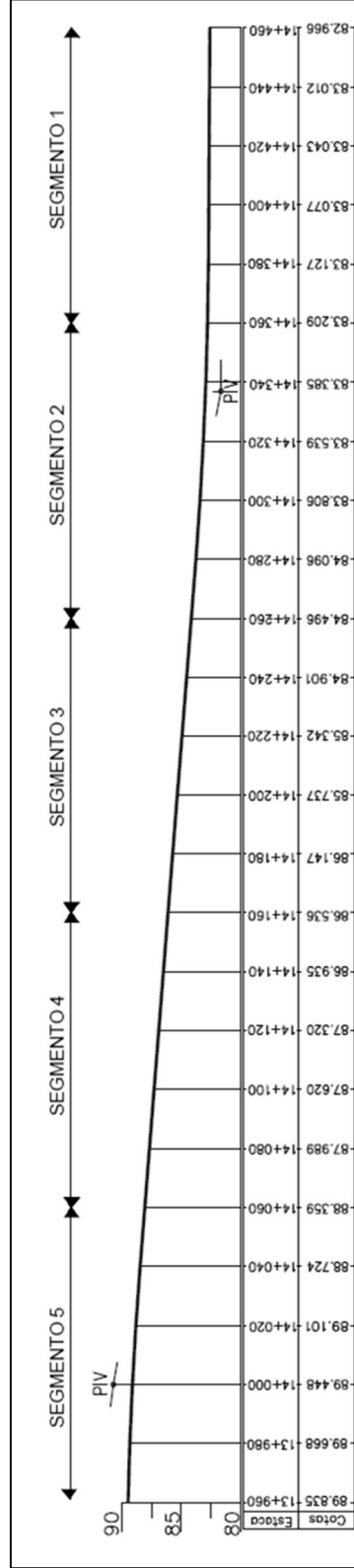
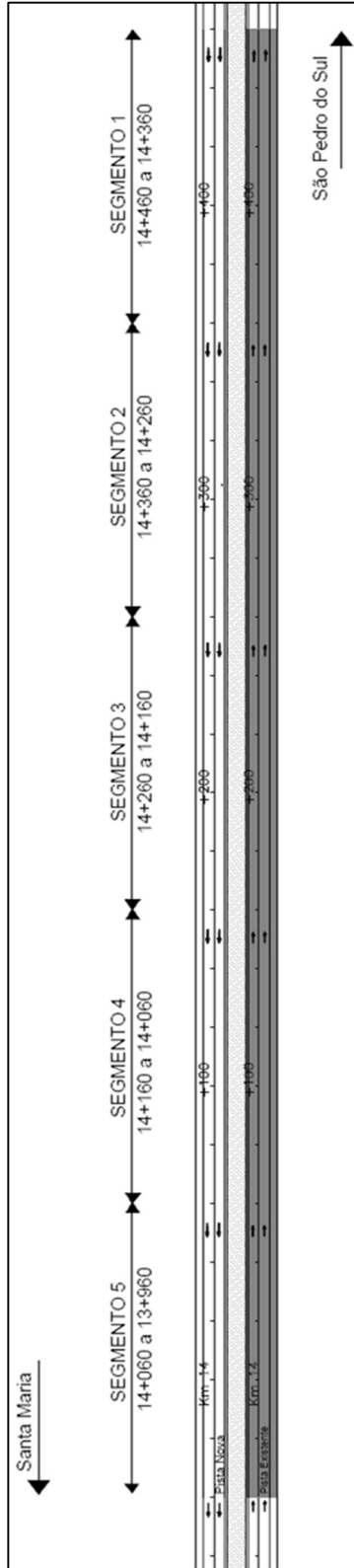
SOUZA, R. O.; FARIAS, M. M.; SHIMOISHI, J. M. **Análise comparativa entre os índices de irregularidade longitudinal do pavimento.** XVI CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, ANPET. Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, 2002, Natal. **Anais...** v. 1, Natal, 2002. p. 81-92.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WATANATADA, T. et al. **The Highway Design and Maintenance Standards Model.** The Highway Design and Maintenance Standards Series. v. 1. Description of the HDM-III Model. Washington: The World Bank, 1987.

WILLOUGHBY, A.K. et al. **Construction-Related Asphalt Concrete Pavement Temperature Differentials And The Corresponding Density Differentials.** Washington: Washington State Transportation Center, 2001. Disponível em: <<http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/476.1.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

APÊNDICE A – PROJETO GEOMÉTRICO E PERFIL DE SEGMENTO MONITORADO, IDENTIFICANDO OS CINCO SEGMENTOS- SEM ESCALA



Fonte: Adaptado de DNIT (2013).

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS SEGMENTOS E DETALHES DA FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO COM BASE NAS SEÇÕES TRANSVERSAIS DE TOPOGRAFIA

Segmento	Localização		Ative	Corte	Aterro	Características da fundação do pavimento.
	Estaca Inicial	Estaca Final				
Segmento 01	14+460	14+360	0,24%	Decapagem do terreno ($\pm 0,6m$) e remoção de solos inadequados (espessura variável)	Aterro em material pétreo e areia	A fundação do pavimento constituiu-se de aterro, este composto por areia comercial e material pétreo (cascalho). Ocorreu remoção de solos inadequados (argila mole) ao longo dos 100m. A média de rebaixamento é de 1,5 m de profundidade. A remoção do solo constituído de argila mole se deu devido à baixa capacidade de suporte ISC = 1,6% e elevada expansão $\pm 4,5\%$. O material retirado foi substituído por areia comercial de granulometria média a grossa. A espessura da respectiva camada é variável ao longo dos 100m (0,7 a 1,5m). Após a camada de areia disposta foram depositadas e compactadas camadas sucessivas de material pétreo com espessuras não superiores a 0,60m. Altura do aterro final em material pétreo varia de 1,5 a 2,5m.
Segmento 02	14+360	14+260	0,88 a 1,39%	Decapagem do terreno ($\pm 0,6m$) e remoção de solos inadequados (espessura variável)	Aterro em material pétreo e areia	A fundação do pavimento constituiu-se de aterro, este composto por areia comercial e material pétreo (cascalho). Ocorreu remoção de solos inadequados (argila mole) ao longo dos 100m. A média de rebaixamento é de 1,8 m de profundidade. A remoção do solo constituído de argila mole se deu devido à baixa capacidade de suporte ISC = 1,9% e elevada expansão $\pm 4,5\%$. O material retirado foi substituído por areia comercial de granulometria média a grossa. A espessura da respectiva camada é variável ao longo dos 100m (0,7 a 1,5m). Após a camada de areia disposta foram depositadas e compactadas camadas sucessivas de material pétreo com espessuras não superiores a 0,60m. Altura do aterro final em material pétreo varia de 1,5 a 2,0m.
Segmento 03	14+260	14+160	2,04%	Decapagem do terreno ($\pm 0,6m$) e remoção de solos inadequados (espessura variável)	Aterro em material pétreo e areia	A fundação do pavimento constituiu-se de aterro, este composto por areia comercial e material pétreo (cascalho). Ocorreu remoção de solos inadequados (argila mole) ao longo dos 100m. A média de rebaixamento é de 1,8 m de profundidade. A remoção do solo constituído de argila mole se deu devido à baixa capacidade de suporte ISC = 1,9% e elevada expansão $\pm 4,5\%$. O material retirado foi substituído por areia comercial de granulometria média a grossa. A espessura da respectiva camada é variável ao longo dos 100m (0,7 a 1,2m). Após a camada de areia disposta foram depositadas e compactadas camadas sucessivas de material pétreo com espessuras não superiores a 0,60m. Altura do aterro final em material pétreo varia de 1,0 a 3,0m.

Segmento	Localização		Active	Corte	Aterro	Características da fundação do pavimento.
	Estaca Inicial	Estaca Final				
Segmento 04	14+160	14+060	1,82%	Decapagem do terreno ($\pm 0,6m$) e remoção de solos inadequados (espessura variável)	Aterro em material pétreo, areia e argila	A fundação do pavimento constituiu-se de aterro, este é composto por areia comercial, material pétreo (cascalho) e argila. Para este segmento a fundação do pavimento apresenta características distintas. Para o trecho entre as estacas 14+160 ao 14+120 o aterro é composto por areia comercial de granulometria média a grossa e material pétreo (cascalho). A média de rebaixamento é de 1,0 m de profundidade. A remoção do solo constituído de argila mole se deu devido à baixa capacidade de suporte que o mesmo apresenta. O material retirado foi substituído por areia comercial. Após a camada de areia disposta foram depositadas e compactadas camadas sucessivas de material pétreo com espessuras não superiores a 0,60m. Já o trecho entre as estacas 14+120 ao 14+060 o aterro é composto por argila. Para esse trecho ocorreu apenas a remoção da camada vegetal, com média de remoção de 0,6 a 0,9 m. Após a remoção foram executadas camadas sucessivas de argila (com espessuras não superiores a 0,3 m) cada camada recebeu tratamento e após o tratamento foram realizados ensaios "in situ" para determinação de grau de compactação da camada para a então liberação para o recebimento da camada subsequente. Camada liberada quando o $GC \geq 100\%$. A argila empregada é uma argila arenosa vermelha com ISC variando entre 20 a 30% e expansão entre 0,2 a 0,5%.
Segmento 05	14+060	13+960	0,97 a 1,82%	Decapagem do terreno ($\pm 0,6m$) – Remoção de camada vegetal	Aterro em argila	A fundação do pavimento constituiu-se de aterro, este composto por argila. Distintamente dos segmentos anteriores, essa extensão teve apenas a remoção de camada vegetal ao longo dos 100m, com média de remoção de 0,6 m. Após a remoção foram executadas camadas sucessivas de argila (com espessuras não superiores a 0,3 m) cada camada recebeu tratamento e após o tratamento foram realizados ensaios "in situ" para determinação de grau de compactação da camada para a então liberação para o recebimento da camada subsequente. Camada liberada quando o $GC \geq 100\%$. A argila é quem compõe o corpo do aterro no segmento 5. Altura do aterro final em material argiloso varia de 0,7 a 1,2m. A argila empregada é uma argila arenosa vermelha com ISC variando entre 20 a 30% e expansão entre 0,2 a 0,5%.

Fonte: Adaptado de seções transversais de topografia.

APÊNDICE C – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “EXCELENTE” UNIDADE QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	83238				
2	83240	-2,00E+00	4,00E+00		
3	83241	0,00E+00	0,00E+00		
4	83241	-1,00E+00	1,00E+00		
5	83242	0,00E+00	0,00E+00		
6	83242	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
7	83242	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
8	83243	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
9	83243	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
10	83244	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
11	83245	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
12	83247	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
13	83249	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
14	83250	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
15	83251	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
16	83252	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
17	83253	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
18	83253	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
19	83254	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
20	83254	5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
21	83254	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
22	83256	-4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
23	83259	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
24	83260	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
25	83260	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
26	83262	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
27	83263	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
28	83263	4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
29	83264	0,00E+00	0,00E+00	1,12	1,25E+00
30	83267	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
31	83269	-1,46E-11	2,12E-22	0,32	1,02E-01
32	83271	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
33	83273	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
34	83275	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
35	83277	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
36	83278	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
37	83279	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
38	83281	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
39	83283	1,00E+00	1,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
40	83284	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
41	83285	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
42	83288	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
43	83290	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
44	83291	1,00E+00	1,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
45	83292	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
46	83293	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
47	83295	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
48	83297	2,91E-11	8,47E-22	0,64	4,10E-01
49	83299	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
50	83301	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
51	83303	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
52	83306	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
53	83308	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
54	83310	-3,00E+00	9,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
55	83313	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
56	83314	4,00E+00	1,60E+01	-0,16	2,56E-02
57	83315	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
58	83317	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
59	83321	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
60	83322	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
61	83324	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
62	83326	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
63	83328	4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
64	83330	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
65	83333	-5,00E+00	2,50E+01	0,32	1,02E-01
66	83338	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
67	83340	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
68	83341	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
69	83343	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
70	83346	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
71	83348	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
72	83351	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
73	83354	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
74	83358	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
75	83362	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
76	83364	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
77	83367	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
78	83370	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
79	83373	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
80	83377	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
81	83379	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
82	83381	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
83	83384	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
84	83388	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
85	83391	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
86	83394	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
87	83396	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
88	83399	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
89	83402	-1,46E-11	2,12E-22	-0,16	2,56E-02
90	83404	4,00E+00	1,60E+01	-0,16	2,56E-02
91	83405	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
92	83409	-3,00E+00	9,00E+00	4,66E-12	2,17E-23
93	83412	-1,00E+00	1,00E+00	4,66E-12	2,17E-23
94	83415	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
95	83416	-1,46E-11	2,12E-22	0,32	1,02E-01
96	83420	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
97	83422	-1,46E-11	2,12E-22	-2,3E-12	5,42E-24
98	83425	2,91E-11	8,47E-22	-0,16	2,56E-02
99	83427	2,91E-11	8,47E-22	2,33E-12	5,42E-24
100	83430	-1,46E-11	2,12E-22	-0,32	1,02E-01
101	83432	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
102	83435	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
103	83437	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
104	83439	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
105	83442	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
106	83444	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
107	83447	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
108	83451	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
109	83454	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
110	83456	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
111	83458	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
112	83460	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
113	83464	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
114	83467	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
115	83469	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
116	83472	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
117	83474	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
118	83478	-4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
119	83481	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
120	83483	6,00E+00	3,60E+01	0,16	2,56E-02
121	83484	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
122	83489	-4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
123	83493	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
124	83496	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
125	83498	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
126	83501	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
127	83504	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
128	83507	-4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
129	83511	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
130	83513	4,00E+00	1,60E+01	-2,3E-12	5,42E-24
131	83514	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
132	83518	-1,46E-11	2,12E-22	0	0,00E+00
133	83521	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
134	83524	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
135	83528	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
136	83530	-1,46E-11	2,12E-22	-0,48	2,30E-01
137	83532	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
138	83534	3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
139	83536	-1,46E-11	2,12E-22	0,16	2,56E-02
140	83539	-4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
141	83543	-1,46E-11	2,12E-22	4,66E-12	2,17E-23
142	83544	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
143	83546	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
144	83549	-2,00E+00	4,00E+00	4,66E-12	2,17E-23
145	83552	-4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
146	83556	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
147	83556	4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
148	83559	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
149	83562	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
150	83566	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
151	83570	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
152	83574	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
153	83577	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
154	83579	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
155	83582	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
156	83586	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
157	83589	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
158	83592	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
159	83594	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
160	83598	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
161	83600	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
162	83604	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
163	83607	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
164	83609	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
165	83612	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
166	83615	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
167	83618	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
168	83620	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
169	83623	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
170	83627	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
171	83630	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
172	83631	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
173	83634	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
174	83637	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
175	83641	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
176	83644	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
177	83646	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
178	83649	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
179	83652	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
180	83656	-2,00E+00	4,00E+00	2,33E-12	5,42E-24
181	83658	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
182	83660	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
183	83662	3,00E+00	9,00E+00	1,44	2,07E+00
184	83666	0,00E+00	0,00E+00	1,28	1,64E+00
185	83671	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
186	83675	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
187	83680	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
188	83684	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
189	83688	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
190	83691	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
191	83695	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
192	83699	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
193	83702	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
194	83706	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
195	83708	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
196	83712	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
197	83715	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
198	83720	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
199	83724	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
200	83728	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
201	83733	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
202	83736	3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
203	83739	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
204	83743	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
205	83748	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
206	83751	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
207	83754	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
208	83758	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
209	83761	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
210	83764	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
211	83767	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
212	83770	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
213	83774	2,91E-11	8,47E-22	0,48	2,30E-01
214	83778	-4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
215	83783	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
216	83786	4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
217	83788	2,91E-11	8,47E-22	0,16	2,56E-02

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
218	83793	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
219	83797	-1,46E-11	2,12E-22	-2,3E-12	5,42E-24
220	83800	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
221	83803	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
222	83807	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
223	83811	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
224	83816	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
225	83819	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
226	83824	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
227	83828	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
228	83832	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
229	83836	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
230	83840	3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
231	83842	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
232	83846	-5,00E+00	2,50E+01	0	0,00E+00
233	83851	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
234	83853	5,00E+00	2,50E+01	0,16	2,56E-02
235	83855	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
236	83860	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
237	83864	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
238	83867	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
239	83871	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
240	83875	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
241	83879	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
242	83883	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
243	83885	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
244	83889	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
245	83893	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
246	83896	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
247	83898	3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
248	83901	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
249	83905	2,91E-11	8,47E-22	0,32	1,02E-01
250	83909	-1,46E-11	2,12E-22	4,66E-12	2,17E-23
251	83913	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
252	83917	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
253	83921	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
254	83923	5,00E+00	2,50E+01	0,16	2,56E-02
255	83925	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
256	83929	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
257	83934	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
258	83938	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
259	83942	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
260	83946	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
261	83948	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
262	83953	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
263	83956	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
264	83960	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
265	83963	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
266	83967	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
267	83972	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
268	83975	4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
269	83978	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
270	83983	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
271	83988	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
272	83993	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
273	83995	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
274	84001	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
275	84005	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
276	84010	-1,46E-11	2,12E-22	0,48	2,30E-01
277	84015	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
278	84020	2,91E-11	8,47E-22	0	0,00E+00
279	84025	-1,46E-11	2,12E-22	0,16	2,56E-02
280	84030	-1,46E-11	2,12E-22	-0,16	2,56E-02
281	84035	2,91E-11	8,47E-22	-0,16	2,56E-02
282	84040	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
283	84045	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
284	84050	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
285	84054	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
286	84059	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
287	84064	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
288	84069	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
289	84072	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
290	84079	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
291	84082	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
292	84087	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
293	84092	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
294	84098	-3,00E+00	9,00E+00	-1,44	2,07E+00
295	84102	1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01
296	84105	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
297	84109	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
298	84113	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
299	84115	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
300	84119	-1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
301	84125	-3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
302	84130	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
303	84134	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
304	84138	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
305	84143	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
306	84148	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
307	84153	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
308	84157	1,00E+00	1,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
309	84162	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
310	84166	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
311	84172	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
312	84177	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
313	84180	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
314	84185	1,00E+00	1,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
315	84189	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
316	84194	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
317	84199	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
318	84204	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
319	84208	3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
320	84210	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
321	84215	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
322	84219	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
323	84224	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
324	84230	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
325	84235	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
326	84238	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
327	84243	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
328	84248	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
329	84253	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
330	84257	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
331	84263	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
332	84269	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
333	84273	1,46E-11	2,12E-22	0	0,00E+00
334	84278	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
335	84282	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
336	84287	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
337	84292	-5,00E+00	2,50E+01	-0,32	1,02E-01
338	84298	0,00E+00	0,00E+00	-1,12	1,25E+00
339	84300	3,00E+00	9,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
340	84304	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
341	84308	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
342	84313	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
343	84316	1,00E+00	1,00E+00	1,44	2,07E+00
344	84322	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
345	84326	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
346	84332	-4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
347	84338	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
348	84343	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
349	84346	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
350	84351	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
351	84356	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
352	84360	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
353	84366	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
354	84372	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
355	84376	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
356	84381	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
357	84385	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
358	84391	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
359	84394	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
360	84400	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
361	84404	-1,46E-11	2,12E-22	0,8	6,40E-01
362	84411	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
363	84416	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
364	84422	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
365	84426	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
366	84432	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
367	84437	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
368	84444	1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
369	84447	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
370	84453	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
371	84458	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
372	84463	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
373	84467	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
374	84473	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
375	84477	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
376	84483	-3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
377	84488	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
378	84493	7,00E+00	4,90E+01	0,16	2,56E-02
379	84496	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
380	84504	-6,00E+00	3,60E+01	0,16	2,56E-02
381	84511	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
382	84515	3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
383	84520	2,91E-11	8,47E-22	-0,48	2,30E-01
384	84525	-6,00E+00	3,60E+01	-0,96	9,22E-01
385	84532	-1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
386	84535	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
387	84538	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
388	84544	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
389	84548	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
390	84554	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
391	84559	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
392	84564	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
393	84568	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
394	84573	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
395	84579	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
396	84585	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
397	84590	-1,00E+00	1,00E+00		
398	84595	1,00E+00	1,00E+00		
399	84599				
400	84604				
401	84609				
		$\sum Sbi^2$	1,66E+03	$\sum Sbi^2$	7,23E+01

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE D – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “EXCELENTE” UNIDADE QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	83238				
2	83241	-3,00E+00	9,00E+00		
3	83242	2,00E+00	4,00E+00		
4	83242	5,00E+00	2,50E+01		
5	83243	3,00E+00	9,00E+00		
6	83245	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
7	83249	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
8	83251	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
9	83253	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
10	83254	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
11	83254	-1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
12	83259	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
13	83260	2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
14	83263	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
15	83264	2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
16	83269	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
17	83273	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
18	83277	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
19	83279	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
20	83283	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
21	83285	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
22	83290	-1,46E-11	2,12E-22	0,16	2,56E-02
23	83292	3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
24	83295	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
25	83299	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
26	83303	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
27	83308	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
28	83313	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
29	83315	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
30	83321	0,00E+00	0,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
31	83324	5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
32	83328	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
33	83333	-4,00E+00	1,60E+01	1,44	2,07E+00
34	83340	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
35	83343	6,00E+00	3,60E+01	1,28	1,64E+00
36	83348	2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
37	83354	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
38	83362	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
39	83367	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
40	83373	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
41	83379	1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
42	83384	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
43	83391	-3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
44	83396	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
45	83402	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
46	83405	2,91E-11	8,47E-22	0,16	2,56E-02
47	83412	-1,46E-11	2,12E-22	-0,48	2,30E-01
48	83416	-1,46E-11	2,12E-22	0,16	2,56E-02
49	83422	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
50	83427	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
51	83432	-1,46E-11	2,12E-22	-0,16	2,56E-02
52	83437	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
53	83442	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
54	83447	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
55	83454	0,00E+00	0,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
56	83458	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
57	83464	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
58	83469	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
59	83474	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
60	83481	4,00E+00	1,60E+01	0,48	2,30E-01
61	83484	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
62	83493	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
63	83498	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
64	83504	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
65	83511	4,00E+00	1,60E+01	-0,8	6,40E-01
66	83514	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
67	83521	-6,00E+00	3,60E+01	-0,48	2,30E-01
68	83528	-1,46E-11	2,12E-22	-0,96	9,22E-01
69	83532	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
70	83536	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
71	83543	2,91E-11	8,47E-22	-0,32	1,02E-01
72	83546	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
73	83552	4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
74	83556	5,00E+00	2,50E+01	1,44	2,07E+00
75	83562	-2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
76	83570	-3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
77	83577	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
78	83582	-1,00E+00	1,00E+00	-2,3E-12	5,42E-24
79	83589	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
80	83594	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
81	83600	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
82	83607	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
83	83612	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
84	83618	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
85	83623	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
86	83630	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
87	83634	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
88	83641	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
89	83646	-1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
90	83652	1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
91	83658	8,00E+00	6,40E+01	1,44	2,07E+00
92	83662	4,00E+00	1,60E+01	1,92	3,69E+00
93	83671	-3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
94	83680	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
95	83688	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
96	83695	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
97	83702	3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
98	83708	5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
99	83715	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
100	83724	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
101	83733	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
102	83739	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
103	83748	-2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
104	83754	0,00E+00	0,00E+00	-0,8	6,40E-01
105	83761	3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
106	83767	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
107	83774	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
108	83783	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
109	83788	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
110	83797	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
111	83803	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
112	83811	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
113	83819	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
114	83828	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
115	83836	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
116	83842	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
117	83851	3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
118	83855	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
119	83864	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
120	83871	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
121	83879	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
122	83885	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
123	83893	2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
124	83898	4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
125	83905	-3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
126	83913	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
127	83921	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
128	83925	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
129	83934	-3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
130	83942	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
131	83948	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
132	83956	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
133	83963	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
134	83972	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
135	83978	1,00E+00	1,00E+00	1,76	3,10E+00
136	83988	3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
137	83995	3,00E+00	9,00E+00	1,76	3,10E+00
138	84005	0,00E+00	0,00E+00	1,12	1,25E+00
139	84015	2,91E-11	8,47E-22	0,96	9,22E-01
140	84025	-1,00E+00	1,00E+00	4,66E-12	2,17E-23
141	84035	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
142	84045	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
143	84054	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
144	84064	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
145	84072	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
146	84082	-3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
147	84092	-7,00E+00	4,90E+01	-0,8	6,40E-01
148	84102	-1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00
149	84109	6,00E+00	3,60E+01	-0,16	2,56E-02
150	84115	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
151	84125	-1,46E-11	2,12E-22	0,64	4,10E-01
152	84134	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
153	84143	2,91E-11	8,47E-22	0,8	6,40E-01
154	84153	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
155	84162	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
156	84172	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
157	84180	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
158	84189	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
159	84199	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
160	84208	4,00E+00	1,60E+01	-0,16	2,56E-02
161	84215	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
162	84224	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
163	84235	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
164	84243	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
165	84253	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
166	84263	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
167	84273	-1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01
168	84282	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
169	84292	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
170	84300	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
171	84308	6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
172	84316	2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
173	84326	-4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
174	84338	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
175	84346	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
176	84356	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
177	84366	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
178	84376	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
179	84385	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
180	84394	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
181	84404	-1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
182	84416	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
183	84426	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
184	84437	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
185	84447	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
186	84458	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
187	84467	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
188	84477	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
189	84488	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
190	84496	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
191	84511	-6,00E+00	3,60E+01	-0,8	6,40E-01
192	84520	-5,00E+00	2,50E+01	-0,8	6,40E-01
193	84532	3,00E+00	9,00E+00	-1,28	1,64E+00
194	84538	4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
195	84548	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
196	84559	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
197	84568	0,00E+00	0,00E+00		
198	84579	-3,00E+00	9,00E+00		
199	84590				
200	84599				
201	84609				
		$\sum Sbi^2$	1,21E+03	$\sum Sbi^2$	7,83E+01

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE E – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “EXCELENTE” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m

	0,996607	1,09E-02	-2,08E-03	3,19E-04
$S_{0,25} =$	-0,5563	0,943877	-0,83247	5,06E-02
	2,15E-02	2,13E-03	0,750871	8,22E-03
	3,335013	0,337647	-39,1276	0,434756

	5,48E-03
$P_{0,25} =$	1,388776
	0,227597
	35,79262

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
0,00	83238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,25	83240	4,91	0,00	4,91	0,00	8,00	4,93	4,29	5,61	110,63	0,69	0,69
0,50	83241	4,93	4,29	5,61	110,63	4,00	5,00	7,80	6,15	-10,46	1,83	0,92
0,75	83241	5,00	7,80	6,15	-10,46	0,00	5,05	-1,07	4,66	-225,85	2,23	0,74
1,00	83242	5,05	-1,07	4,66	-225,85	4,00	4,96	-13,58	2,66	-120,70	4,54	1,14
1,25	83242	4,96	-13,58	2,66	-120,70	0,00	4,76	-23,91	1,08	-144,42	8,22	1,64
1,50	83242	4,76	-23,91	1,08	-144,42	0,00	4,43	-33,42	-0,32	-97,25	12,97	2,16
1,75	83243	4,43	-33,42	-0,32	-97,25	4,00	4,04	-33,11	-0,11	117,10	17,12	2,45
2,00	83243	4,04	-33,11	-0,11	117,10	0,00	3,70	-27,48	0,90	57,47	19,93	2,49
2,25	83244	3,70	-27,48	0,90	57,47	4,00	3,43	-20,28	2,08	136,11	21,28	2,36
2,50	83245	3,43	-20,28	2,08	136,11	4,00	3,26	-10,33	3,62	125,62	21,65	2,16
2,75	83247	3,26	-10,33	3,62	125,62	8,00	3,21	2,89	5,62	206,67	24,05	2,19
3,00	83249	3,21	2,89	5,62	206,67	8,00	3,33	17,84	7,82	167,96	28,54	2,38
3,25	83250	3,33	17,84	7,82	167,96	4,00	3,57	22,54	8,27	-72,48	33,24	2,56
3,50	83251	3,57	22,54	8,27	-72,48	4,00	3,79	14,29	6,65	-192,38	36,10	2,58
3,75	83252	3,79	14,29	6,65	-192,38	4,00	3,88	1,66	4,43	-183,15	36,65	2,44
4,00	83253	3,88	1,66	4,43	-183,15	4,00	3,84	-8,00	2,82	-96,41	37,67	2,35
4,25	83253	3,84	-8,00	2,82	-96,41	0,00	3,70	-16,92	1,39	-142,16	39,98	2,35
4,50	83254	3,70	-16,92	1,39	-142,16	4,00	3,48	-20,83	0,83	33,59	42,63	2,37
4,75	83254	3,48	-20,83	0,83	33,59	0,00	3,25	-20,58	0,93	-13,28	44,94	2,37
5,00	83254	3,25	-20,58	0,93	-13,28	0,00	3,00	-22,68	0,61	-38,26	47,33	2,37
5,25	83256	3,00	-22,68	0,61	-38,26	8,00	2,78	-14,42	1,98	248,01	48,13	2,29
5,50	83259	2,78	-14,42	1,98	248,01	12,00	2,75	12,42	6,29	464,09	51,66	2,35
5,75	83260	2,75	12,42	6,29	464,09	4,00	3,03	34,02	9,53	112,22	58,17	2,53
6,00	83260	3,03	34,02	9,53	112,22	0,00	3,41	28,17	8,22	-302,66	62,97	2,62
6,25	83262	3,41	28,17	8,22	-302,66	8,00	3,64	13,63	5,64	-145,96	64,97	2,60
6,50	83263	3,64	13,63	5,64	-145,96	4,00	3,74	4,31	4,05	-124,13	65,29	2,51
6,75	83263	3,74	4,31	4,05	-124,13	0,00	3,72	-7,67	2,11	-198,54	66,90	2,48
7,00	83264	3,72	-7,67	2,11	-198,54	4,00	3,58	-15,57	0,93	-15,89	69,55	2,48
7,25	83267	3,58	-15,57	0,93	-15,89	12,00	3,46	-1,60	3,34	393,03	69,67	2,40
7,50	83269	3,46	-1,60	3,34	393,03	8,00	3,59	24,80	7,63	337,51	73,71	2,46
7,75	83271	3,59	24,80	7,63	337,51	8,00	3,98	43,27	10,46	154,83	80,18	2,59
8,00	83273	3,98	43,27	10,46	154,83	8,00	4,52	48,87	11,12	-27,57	86,79	2,71
8,25	83275	4,52	48,87	11,12	-27,57	8,00	5,04	44,07	10,15	-129,29	91,89	2,78
8,50	83277	5,04	44,07	10,15	-129,29	8,00	5,49	34,90	8,58	-135,19	94,98	2,79
8,75	83278	5,49	34,90	8,58	-135,19	4,00	5,81	21,46	6,43	-221,19	95,60	2,73
9,00	83279	5,81	21,46	6,43	-221,19	4,00	5,97	6,02	4,09	-178,08	97,48	2,71

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
9,25	83281	5,97	6,02	4,09	-178,08	8,00	5,99	1,04	3,57	70,70	99,89	2,70
9,50	83283	5,99	1,04	3,57	70,70	8,00	6,04	9,37	5,21	197,67	100,72	2,65
9,75	83284	6,04	9,37	5,21	197,67	4,00	6,20	16,71	6,60	48,37	101,12	2,59
10,00	83285	6,20	16,71	6,60	48,37	4,00	6,38	14,83	6,43	-67,78	101,18	2,53
10,25	83288	6,38	14,83	6,43	-67,78	12,00	6,55	18,33	7,17	174,59	101,80	2,48
10,50	83290	6,55	18,33	7,17	174,59	8,00	6,81	27,64	8,82	109,60	103,81	2,47
10,75	83291	6,81	27,64	8,82	109,60	4,00	7,13	26,06	8,64	-122,34	105,32	2,45
11,00	83292	7,13	26,06	8,64	-122,34	4,00	7,36	12,79	6,60	-215,57	106,07	2,41
11,25	83293	7,36	12,79	6,60	-215,57	4,00	7,41	-2,88	4,28	-180,03	109,20	2,43
11,50	83295	7,41	-2,88	4,28	-180,03	8,00	7,33	-8,41	3,71	64,30	112,82	2,45
11,75	83297	7,33	-8,41	3,71	64,30	8,00	7,27	-0,74	5,27	190,80	114,82	2,44
12,00	83299	7,27	-0,74	5,27	190,80	8,00	7,33	11,64	7,50	186,93	114,99	2,40
12,25	83301	7,33	11,64	7,50	186,93	8,00	7,52	21,24	9,18	102,35	116,65	2,38
12,50	83303	7,52	21,24	9,18	102,35	8,00	7,79	24,52	9,76	4,09	118,62	2,37
12,75	83306	7,79	24,52	9,76	4,09	12,00	8,07	27,56	10,31	83,69	120,86	2,37
13,00	83308	8,07	27,56	10,31	83,69	8,00	8,40	28,29	10,48	-44,54	122,95	2,36
13,25	83310	8,40	28,29	10,48	-44,54	8,00	8,68	22,15	9,57	-105,70	123,83	2,34
13,50	83313	8,68	22,15	9,57	-105,70	12,00	8,91	19,43	9,28	45,62	124,20	2,30
13,75	83314	8,91	19,43	9,28	45,62	4,00	9,11	13,52	8,49	-163,85	124,82	2,27
14,00	83315	9,11	13,52	8,49	-163,85	4,00	9,18	-2,11	6,16	-225,21	127,84	2,28
14,25	83317	9,18	-2,11	6,16	-225,21	8,00	9,08	-12,52	4,79	-22,74	132,13	2,32
14,50	83321	9,08	-12,52	4,79	-22,74	16,00	8,98	0,21	7,22	401,50	133,90	2,31
14,75	83322	8,98	0,21	7,22	401,50	4,00	9,09	15,08	9,83	65,30	134,63	2,28
15,00	83324	9,09	15,08	9,83	65,30	8,00	9,27	15,42	9,96	-34,32	135,33	2,26
15,25	83326	9,27	15,42	9,96	-34,32	8,00	9,42	10,47	9,25	-82,31	135,49	2,22
15,50	83328	9,42	10,47	9,25	-82,31	8,00	9,50	3,88	8,32	-76,52	136,67	2,20
15,75	83330	9,50	3,88	8,32	-76,52	8,00	9,51	-1,31	7,65	-39,33	138,54	2,20
16,00	83333	9,51	-1,31	7,65	-39,33	12,00	9,50	1,78	8,35	144,40	139,68	2,18
16,25	83338	9,50	1,78	8,35	144,40	20,00	9,63	24,53	12,22	484,08	142,28	2,19
16,50	83340	9,63	24,53	12,22	484,08	8,00	10,03	43,26	15,24	59,06	147,48	2,23
16,75	83341	10,03	43,26	15,24	59,06	4,00	10,48	31,11	13,14	-379,22	150,14	2,24
17,00	83343	10,48	31,11	13,14	-379,22	8,00	10,68	4,49	8,86	-347,36	151,96	2,23
17,25	83346	10,68	4,49	8,86	-347,36	12,00	10,63	-10,01	6,77	-31,21	155,82	2,26
17,50	83348	10,63	-10,01	6,77	-31,21	8,00	10,50	-11,47	6,86	39,93	159,47	2,28
17,75	83351	10,50	-11,47	6,86	39,93	12,00	10,41	-3,69	8,41	209,79	161,46	2,27
18,00	83354	10,41	-3,69	8,41	209,79	12,00	10,45	11,02	10,99	225,16	162,00	2,25
18,25	83358	10,45	11,02	10,99	225,16	16,00	10,67	29,07	13,99	279,27	165,33	2,26
18,50	83362	10,67	29,07	13,99	279,27	16,00	11,10	46,22	16,73	192,08	170,96	2,31
18,75	83364	11,10	46,22	16,73	192,08	8,00	11,63	44,36	16,30	-232,31	175,63	2,34
19,00	83367	11,63	44,36	16,30	-232,31	12,00	12,04	26,73	13,41	-255,59	177,00	2,33
19,25	83370	12,04	26,73	13,41	-255,59	12,00	12,24	11,09	11,01	-157,03	178,23	2,31
19,50	83373	12,24	11,09	11,01	-157,03	12,00	12,32	3,20	10,00	-25,08	180,55	2,31
19,75	83377	12,32	3,20	10,00	-25,08	16,00	12,37	8,80	11,21	212,79	181,71	2,30
20,00	83379	12,37	8,80	11,21	212,79	8,00	12,51	13,98	12,28	-15,68	181,94	2,27
20,25	83381	12,51	13,98	12,28	-15,68	8,00	12,63	6,33	11,21	-154,33	183,37	2,26
20,50	83384	12,63	6,33	11,21	-154,33	12,00	12,65	-1,54	10,16	-31,86	185,86	2,27
20,75	83388	12,65	-1,54	10,16	-31,86	16,00	12,65	3,66	11,28	202,84	187,23	2,26
21,00	83391	12,65	3,66	11,28	202,84	12,00	12,75	13,96	13,15	119,75	187,62	2,23
21,25	83394	12,75	13,96	13,15	119,75	12,00	12,94	17,87	13,89	14,33	188,58	2,22
21,50	83396	12,94	17,87	13,89	14,33	8,00	13,11	9,94	12,69	-201,85	189,00	2,20
21,75	83399	13,11	9,94	12,69	-201,85	12,00	13,15	-2,03	10,90	-107,59	191,25	2,20
22,00	83402	13,15	-2,03	10,90	-107,59	12,00	13,09	-7,09	10,31	-0,65	194,03	2,20
22,25	83404	13,09	-7,09	10,31	-0,65	8,00	12,99	-11,48	9,82	-76,12	197,19	2,22
22,50	83405	12,99	-11,48	9,82	-76,12	4,00	12,80	-24,55	7,92	-234,88	202,07	2,25
22,75	83409	12,80	-24,55	7,92	-234,88	16,00	12,48	-26,55	7,88	195,20	206,68	2,27
23,00	83412	12,48	-26,55	7,88	195,20	12,00	12,26	-12,02	10,46	238,79	208,48	2,27
23,25	83415	12,26	-12,02	10,46	238,79	12,00	12,21	1,89	12,79	160,74	209,06	2,25

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
23,50	83416	12,21	1,89	12,79	160,74	4,00	12,24	-1,96	12,10	-246,03	209,19	2,23
23,75	83420	12,24	-1,96	12,10	-246,03	16,00	12,16	-8,98	10,97	32,32	210,38	2,21
24,00	83422	12,16	-8,98	10,97	32,32	8,00	12,05	-11,62	10,56	-91,15	211,87	2,21
24,25	83425	12,05	-11,62	10,56	-91,15	12,00	11,90	-14,41	10,15	12,85	213,62	2,20
24,50	83427	11,90	-14,41	10,15	12,85	8,00	11,73	-16,91	9,77	-70,33	215,57	2,20
24,75	83430	11,73	-16,91	9,77	-70,33	12,00	11,52	-17,51	9,71	49,99	217,39	2,20
25,00	83432	11,52	-17,51	9,71	49,99	8,00	11,33	-17,38	9,73	-39,21	218,99	2,19
25,25	83435	11,33	-17,38	9,73	-39,21	12,00	11,14	-16,13	9,92	63,64	220,21	2,18
25,50	83437	11,14	-16,13	9,92	63,64	8,00	10,97	-15,35	10,00	-42,55	221,17	2,17
25,75	83439	10,97	-15,35	10,00	-42,55	8,00	10,77	-19,96	9,18	-92,05	222,76	2,16
26,00	83442	10,77	-19,96	9,18	-92,05	12,00	10,53	-20,47	9,06	59,36	224,24	2,16
26,25	83444	10,53	-20,47	9,06	59,36	8,00	10,32	-18,61	9,29	-14,10	225,26	2,15
26,50	83447	10,32	-18,61	9,29	-14,10	12,00	10,12	-15,09	9,78	87,84	225,61	2,13
26,75	83451	10,12	-15,09	9,78	87,84	16,00	10,02	-1,34	11,89	256,99	227,48	2,13
27,00	83454	10,02	-1,34	11,89	256,99	12,00	10,09	12,94	13,99	108,94	231,37	2,14
27,25	83456	10,09	12,94	13,99	108,94	8,00	10,25	11,58	13,46	-175,48	234,58	2,15
27,50	83458	10,25	11,58	13,46	-175,48	8,00	10,30	-3,75	10,73	-278,62	235,01	2,14
27,75	83460	10,30	-3,75	10,73	-278,62	8,00	10,16	-21,21	7,80	-221,62	237,37	2,14
28,00	83464	10,16	-21,21	7,80	-221,62	16,00	9,89	-21,17	7,85	197,77	239,41	2,14
28,25	83467	9,89	-21,17	7,85	197,77	12,00	9,74	-5,34	10,42	234,13	240,09	2,12
28,50	83469	9,74	-5,34	10,42	234,13	8,00	9,75	3,84	11,77	11,08	242,11	2,12
28,75	83472	9,75	3,84	11,77	11,08	12,00	9,80	5,63	11,88	7,65	244,19	2,12
29,00	83474	9,80	5,63	11,88	7,65	8,00	9,85	1,47	11,02	-140,47	245,37	2,12
29,25	83478	9,85	1,47	11,02	-140,47	16,00	9,85	1,84	10,98	113,58	246,49	2,11
29,50	83481	9,85	1,84	10,98	113,58	12,00	9,92	9,53	12,13	82,75	248,70	2,11
29,75	83483	9,92	9,53	12,13	82,75	8,00	10,03	8,69	11,84	-115,84	250,51	2,11
30,00	83484	10,03	8,69	11,84	-115,84	4,00	10,05	-7,55	9,08	-334,06	251,48	2,10
30,25	83489	10,05	-7,55	9,08	-334,06	20,00	9,92	-9,43	8,83	246,22	252,58	2,09
30,50	83493	9,92	-9,43	8,83	246,22	16,00	9,93	12,93	12,49	364,31	255,13	2,09
30,75	83496	9,93	12,93	12,49	364,31	12,00	10,20	31,40	15,34	136,82	260,28	2,12
31,00	83498	10,20	31,40	15,34	136,82	8,00	10,56	29,23	14,75	-209,92	264,47	2,13
31,25	83501	10,56	29,23	14,75	-209,92	12,00	10,81	15,47	12,37	-193,92	266,03	2,13
31,50	83504	10,81	15,47	12,37	-193,92	12,00	10,92	5,13	10,69	-97,62	266,26	2,11
31,75	83507	10,92	5,13	10,69	-97,62	12,00	10,95	1,59	10,20	6,85	267,01	2,10
32,00	83511	10,95	1,59	10,20	6,85	16,00	11,00	9,48	11,60	213,49	267,61	2,09
32,25	83513	11,00	9,48	11,60	213,49	8,00	11,15	15,09	12,54	-34,77	268,99	2,09
32,50	83514	11,15	15,09	12,54	-34,77	4,00	11,27	1,39	10,31	-320,39	269,95	2,08
32,75	83518	11,27	1,39	10,31	-320,39	16,00	11,21	-7,54	9,00	67,86	272,16	2,08
33,00	83521	11,21	-7,54	9,00	67,86	12,00	11,16	-0,74	10,27	141,79	273,04	2,07
33,25	83524	11,16	-0,74	10,27	141,79	12,00	11,20	8,39	11,85	126,25	273,69	2,06
33,50	83528	11,20	8,39	11,85	126,25	16,00	11,36	20,44	13,83	204,20	276,17	2,06
33,75	83530	11,36	20,44	13,83	204,20	8,00	11,62	22,91	14,18	-121,42	278,72	2,06
34,00	83532	11,62	22,91	14,18	-121,42	8,00	11,81	8,32	11,77	-274,61	278,76	2,05
34,25	83534	11,81	8,32	11,77	-274,61	8,00	11,79	-11,31	8,67	-251,21	281,89	2,06
34,50	83536	11,79	-11,31	8,67	-251,21	8,00	11,57	-26,06	6,49	-126,58	286,96	2,08
34,75	83539	11,57	-26,06	6,49	-126,58	12,00	11,26	-26,19	6,76	150,15	291,46	2,10
35,00	83543	11,26	-26,19	6,76	150,15	16,00	11,06	-6,78	10,14	402,14	292,38	2,09
35,25	83544	11,06	-6,78	10,14	402,14	4,00	11,07	4,93	12,05	-44,14	293,36	2,08
35,50	83546	11,07	4,93	12,05	-44,14	8,00	11,10	-2,67	10,76	-165,88	293,70	2,07
35,75	83549	11,10	-2,67	10,76	-165,88	12,00	11,02	-9,38	9,68	-27,42	295,04	2,06
36,00	83552	11,02	-9,38	9,68	-27,42	12,00	10,92	-7,77	9,99	72,49	295,96	2,06
36,25	83556	10,92	-7,77	9,99	72,49	16,00	10,88	4,17	11,96	247,10	297,04	2,05
36,50	83556	10,88	4,17	11,96	247,10	0,00	10,95	0,44	11,25	-322,73	297,34	2,04
36,75	83559	10,95	0,44	11,25	-322,73	12,00	10,85	-14,72	8,76	-114,45	299,43	2,04
37,00	83562	10,85	-14,72	8,76	-114,45	12,00	10,67	-16,36	8,57	68,06	301,53	2,04
37,25	83566	10,67	-16,36	8,57	68,06	16,00	10,54	-2,84	10,83	296,87	301,82	2,03
37,50	83570	10,54	-2,84	10,83	296,87	16,00	10,64	19,69	14,44	312,07	305,62	2,04

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
37,75	83574	10,64	19,69	14,44	312,07	16,00	10,97	38,67	17,32	185,55	311,96	2,07
38,00	83577	10,97	38,67	17,32	185,55	12,00	11,45	42,04	17,58	-117,83	318,10	2,09
38,25	83579	11,45	42,04	17,58	-117,83	8,00	11,84	23,82	14,39	-400,37	320,65	2,10
38,50	83582	11,84	23,82	14,39	-400,37	12,00	11,96	0,31	10,55	-260,01	322,06	2,09
38,75	83586	11,96	0,31	10,55	-260,01	16,00	11,91	-6,09	9,68	86,91	324,29	2,09
39,00	83589	11,91	-6,09	9,68	86,91	12,00	11,88	0,63	10,96	126,10	325,21	2,08
39,25	83592	11,88	0,63	10,96	126,10	12,00	11,93	7,92	12,25	95,33	325,54	2,07
39,50	83594	11,93	7,92	12,25	95,33	8,00	12,02	6,58	12,08	-109,25	325,60	2,06
39,75	83598	12,02	6,58	12,08	-109,25	16,00	12,08	6,15	12,09	94,85	325,60	2,05
40,00	83600	12,08	6,15	12,09	94,85	8,00	12,15	4,94	11,95	-102,97	325,81	2,04
40,25	83604	12,15	4,94	11,95	-102,97	16,00	12,20	4,96	12,04	102,58	325,96	2,02
40,50	83607	12,20	4,96	12,04	102,58	12,00	12,28	9,74	12,89	45,39	326,57	2,02
40,75	83609	12,28	9,74	12,89	45,39	8,00	12,38	5,04	12,16	-153,94	326,79	2,00
41,00	83612	12,38	5,04	12,16	-153,94	12,00	12,38	-3,38	10,87	-70,07	328,30	2,00
41,25	83615	12,38	-3,38	10,87	-70,07	12,00	12,32	-6,02	10,58	13,87	330,05	2,00
41,50	83618	12,32	-6,02	10,58	13,87	12,00	12,27	-3,97	11,04	60,77	331,28	2,00
41,75	83620	12,27	-3,97	11,04	60,77	8,00	12,22	-5,57	10,87	-79,63	332,63	1,99
42,00	83623	12,22	-5,57	10,87	-79,63	12,00	12,14	-8,47	10,49	8,63	334,28	1,99
42,25	83627	12,14	-8,47	10,49	8,63	16,00	12,07	-0,82	11,83	203,75	334,52	1,98
42,50	83630	12,07	-0,82	11,83	203,75	12,00	12,13	9,65	13,55	95,21	335,94	1,98
42,75	83631	12,13	9,65	13,55	95,21	4,00	12,22	1,46	12,15	-301,80	336,01	1,96
43,00	83634	12,22	1,46	12,15	-301,80	12,00	12,13	-14,15	9,64	-135,75	338,51	1,97
43,25	83637	12,13	-14,15	9,64	-135,75	12,00	11,94	-18,34	9,08	29,12	341,37	1,97
43,50	83641	11,94	-18,34	9,08	29,12	16,00	11,78	-7,82	10,92	263,61	342,23	1,97
43,75	83644	11,78	-7,82	10,92	263,61	12,00	11,78	7,00	13,33	153,54	343,78	1,96
44,00	83646	11,78	7,00	13,33	153,54	8,00	11,88	7,84	13,36	-126,99	345,26	1,96
44,25	83649	11,88	7,84	13,36	-126,99	12,00	11,92	-0,10	11,99	-106,32	345,33	1,95
44,50	83652	11,92	-0,10	11,99	-106,32	12,00	11,89	-5,43	11,12	-46,28	346,10	1,94
44,75	83656	11,89	-5,43	11,12	-46,28	16,00	11,84	-1,12	11,85	155,30	346,12	1,93
45,00	83658	11,84	-1,12	11,85	155,30	8,00	11,86	1,46	12,25	-70,89	346,52	1,93
45,25	83660	11,86	1,46	12,25	-70,89	8,00	11,83	-7,90	10,70	-183,82	347,65	1,92
45,50	83662	11,83	-7,90	10,70	-183,82	8,00	11,66	-21,13	8,58	-175,30	350,73	1,93
45,75	83666	11,66	-21,13	8,58	-175,30	16,00	11,41	-20,24	8,85	192,58	353,29	1,93
46,00	83671	11,41	-20,24	8,85	192,58	20,00	11,30	4,72	12,98	484,60	354,97	1,93
46,25	83675	11,30	4,72	12,98	484,60	16,00	11,53	34,12	17,63	314,71	361,07	1,95
46,50	83680	11,53	34,12	17,63	314,71	20,00	12,03	54,84	20,70	212,96	369,73	1,99
46,75	83684	12,03	54,84	20,70	212,96	16,00	12,70	60,84	21,31	-85,85	378,34	2,02
47,00	83688	12,70	60,84	21,31	-85,85	16,00	13,34	50,49	19,34	-235,45	384,33	2,04
47,25	83691	13,34	50,49	19,34	-235,45	12,00	13,80	28,88	15,71	-367,97	386,24	2,04
47,50	83695	13,80	28,88	15,71	-367,97	16,00	14,00	10,09	12,77	-146,24	387,48	2,04
47,75	83699	14,00	10,09	12,77	-146,24	16,00	14,08	5,92	12,35	59,51	389,21	2,04
48,00	83702	14,08	5,92	12,35	59,51	12,00	14,16	7,15	12,81	21,05	390,55	2,03
48,25	83706	14,16	7,15	12,81	21,05	16,00	14,25	11,49	13,75	130,20	391,05	2,03
48,50	83708	14,25	11,49	13,75	130,20	8,00	14,39	9,17	13,55	-143,79	391,89	2,02
48,75	83712	14,39	9,17	13,55	-143,79	16,00	14,45	4,31	12,96	31,07	393,38	2,02
49,00	83715	14,45	4,31	12,96	31,07	12,00	14,50	3,48	13,04	-14,53	394,84	2,01
49,25	83720	14,50	3,48	13,04	-14,53	20,00	14,57	11,40	14,54	248,82	394,86	2,00
49,50	83724	14,57	11,40	14,54	248,82	16,00	14,78	25,37	16,95	164,22	397,03	2,01
49,75	83728	14,78	25,37	16,95	164,22	16,00	15,11	32,16	18,09	38,88	400,01	2,01
50,00	83733	15,11	32,16	18,09	38,88	20,00	15,49	36,64	18,85	86,27	403,36	2,02
50,25	83736	15,49	36,64	18,85	86,27	12,00	15,89	31,31	18,00	-206,39	405,47	2,02
50,50	83739	15,89	31,31	18,00	-206,39	12,00	16,14	11,93	14,96	-301,08	406,65	2,01
50,75	83743	16,14	11,93	14,96	-301,08	16,00	16,18	-3,20	12,77	-85,75	410,06	2,02
51,00	83748	16,18	-3,20	12,77	-85,75	20,00	16,15	0,78	13,78	231,66	412,43	2,02
51,25	83751	16,15	0,78	13,78	231,66	12,00	16,21	8,68	15,33	45,18	413,31	2,02
51,50	83754	16,21	8,68	15,33	45,18	12,00	16,30	5,36	14,98	-93,75	414,62	2,01
51,75	83758	16,30	5,36	14,98	-93,75	16,00	16,33	0,99	14,48	1,86	416,47	2,01

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
52,00	83761	16,33	0,99	14,48	1,86	12,00	16,32	-3,44	13,97	-81,57	418,81	2,01
52,25	83764	16,32	-3,44	13,97	-81,57	12,00	16,24	-11,43	12,90	-99,49	422,15	2,02
52,50	83767	16,24	-11,43	12,90	-99,49	12,00	16,06	-18,93	11,92	-68,12	426,29	2,03
52,75	83770	16,06	-18,93	11,92	-68,12	12,00	15,82	-23,51	11,43	-19,44	430,69	2,04
53,00	83774	15,82	-23,51	11,43	-19,44	16,00	15,57	-19,28	12,35	161,85	433,90	2,05
53,25	83778	15,57	-19,28	12,35	161,85	16,00	15,42	-6,72	14,54	205,06	434,78	2,04
53,50	83783	15,42	-6,72	14,54	205,06	20,00	15,44	11,13	17,48	285,12	436,81	2,04
53,75	83786	15,44	11,13	17,48	285,12	12,00	15,63	18,47	18,55	-75,06	439,74	2,05
54,00	83788	15,63	18,47	18,55	-75,06	8,00	15,76	0,61	15,51	-413,89	439,99	2,04
54,25	83793	15,76	0,61	15,51	-413,89	20,00	15,66	-14,29	13,14	-18,23	442,51	2,04
54,50	83797	15,66	-14,29	13,14	-18,23	16,00	15,50	-11,84	13,66	98,16	444,35	2,04
54,75	83800	15,50	-11,84	13,66	98,16	12,00	15,39	-9,53	14,11	-14,67	445,63	2,03
55,00	83803	15,39	-9,53	14,11	-14,67	12,00	15,26	-13,38	13,51	-80,67	447,38	2,03
55,25	83807	15,26	-13,38	13,51	-80,67	16,00	15,10	-14,23	13,42	55,27	449,06	2,03
55,50	83811	15,10	-14,23	13,42	55,27	16,00	14,97	-7,99	14,47	116,98	449,56	2,03
55,75	83816	14,97	-7,99	14,47	116,98	20,00	14,95	5,78	16,69	247,71	451,29	2,02
56,00	83819	14,95	5,78	16,69	247,71	12,00	15,07	12,46	17,63	-63,83	453,85	2,03
56,25	83824	15,07	12,46	17,63	-63,83	20,00	15,21	13,24	17,62	52,74	456,26	2,03
56,50	83828	15,21	13,24	17,62	52,74	16,00	15,37	14,27	17,66	-38,48	458,55	2,03
56,75	83832	15,37	14,27	17,66	-38,48	16,00	15,51	10,49	16,95	-78,90	459,98	2,03
57,00	83836	15,51	10,49	16,95	-78,90	16,00	15,60	5,39	16,07	-69,39	460,45	2,02
57,25	83840	15,60	5,39	16,07	-69,39	16,00	15,64	1,73	15,49	-32,54	460,61	2,01
57,50	83842	15,64	1,73	15,49	-32,54	8,00	15,61	-10,50	13,52	-281,04	462,69	2,01
57,75	83846	15,61	-10,50	13,52	-281,04	16,00	15,41	-21,86	11,80	-30,11	466,30	2,02
58,00	83851	15,41	-21,86	11,80	-30,11	20,00	15,19	-12,78	13,45	285,13	468,04	2,02
58,25	83853	15,19	-12,78	13,45	285,13	8,00	15,11	-6,15	14,56	-69,56	468,59	2,01
58,50	83855	15,11	-6,15	14,56	-69,56	8,00	14,98	-18,75	12,50	-265,41	471,07	2,01
58,75	83860	14,98	-18,75	12,50	-265,41	20,00	14,72	-22,10	12,04	155,15	473,76	2,02
59,00	83864	14,72	-22,10	12,04	155,15	16,00	14,55	-8,99	14,22	210,86	474,08	2,01
59,25	83867	14,55	-8,99	14,22	210,86	12,00	14,50	-1,08	15,44	10,09	475,02	2,00
59,50	83871	14,50	-1,08	15,44	10,09	16,00	14,50	0,80	15,63	20,96	476,15	2,00
59,75	83875	14,50	0,80	15,63	20,96	16,00	14,52	2,96	15,86	18,95	477,49	2,00
60,00	83879	14,52	2,96	15,86	18,95	16,00	14,56	4,69	16,03	9,70	478,95	2,00
60,25	83883	14,56	4,69	16,03	9,70	16,00	14,62	5,69	16,08	-0,03	480,41	1,99
60,50	83885	14,62	5,69	16,08	-0,03	8,00	14,65	-5,04	14,22	-292,11	480,83	1,99
60,75	83889	14,65	-5,04	14,22	-292,11	16,00	14,51	-17,31	12,22	-63,59	483,12	1,99
61,00	83893	14,51	-17,31	12,22	-63,59	16,00	14,31	-15,59	12,57	109,34	484,86	1,99
61,25	83896	14,31	-15,59	12,57	109,34	12,00	14,17	-10,93	13,34	27,61	485,68	1,98
61,50	83898	14,17	-10,93	13,34	27,61	8,00	14,02	-16,80	12,35	-180,26	487,35	1,98
61,75	83901	14,02	-16,80	12,35	-180,26	12,00	13,77	-26,40	10,79	-90,98	490,33	1,99
62,00	83905	13,77	-26,40	10,79	-90,98	16,00	13,48	-23,95	11,23	148,03	492,58	1,99
62,25	83909	13,48	-23,95	11,23	148,03	16,00	13,28	-9,74	13,53	234,31	492,83	1,98
62,50	83913	13,28	-9,74	13,53	234,31	16,00	13,26	6,24	16,00	186,01	495,56	1,98
62,75	83917	13,26	6,24	16,00	186,01	16,00	13,40	16,84	17,48	74,03	499,64	1,99
63,00	83921	13,40	16,84	17,48	74,03	16,00	13,61	19,86	17,70	-28,71	503,73	2,00
63,25	83923	13,61	19,86	17,70	-28,71	8,00	13,78	6,09	15,21	-366,59	505,16	2,00
63,50	83925	13,78	6,09	15,21	-366,59	8,00	13,70	-22,04	10,54	-420,17	508,32	2,00
63,75	83929	13,70	-22,04	10,54	-420,17	16,00	13,34	-36,25	8,35	15,94	513,31	2,01
64,00	83934	13,34	-36,25	8,35	15,94	20,00	13,00	-20,00	11,16	428,43	515,15	2,01
64,25	83938	13,00	-20,00	11,16	428,43	16,00	12,93	8,52	15,78	358,84	517,99	2,02
64,50	83942	12,93	8,52	15,78	358,84	16,00	13,15	28,10	18,74	157,20	523,58	2,03
64,75	83946	13,15	28,10	18,74	157,20	16,00	13,51	33,79	19,35	-38,81	529,41	2,04
65,00	83948	13,51	33,79	19,35	-38,81	8,00	13,83	17,41	16,39	-431,07	531,98	2,05
65,25	83953	13,83	17,41	16,39	-431,07	20,00	13,91	1,04	13,65	-60,93	532,23	2,04
65,50	83956	13,91	1,04	13,65	-60,93	12,00	13,89	-4,54	12,78	-84,36	533,34	2,04
65,75	83960	13,89	-4,54	12,78	-84,36	16,00	13,83	-4,70	12,83	80,68	534,34	2,03
66,00	83963	13,83	-4,70	12,83	80,68	12,00	13,80	-2,07	13,32	6,92	534,81	2,03

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
66,25	83967	13,80	-2,07	13,32	6,92	16,00	13,79	1,86	13,99	99,83	535,02	2,02
66,50	83972	13,79	1,86	13,99	99,83	20,00	13,87	15,27	16,18	258,38	537,32	2,02
66,75	83975	13,87	15,27	16,18	258,38	12,00	14,11	22,97	17,34	-39,82	540,55	2,02
67,00	83978	14,11	22,97	17,34	-39,82	12,00	14,33	14,05	15,77	-211,31	542,00	2,02
67,25	83983	14,33	14,05	15,77	-211,31	20,00	14,44	9,24	15,00	59,34	542,55	2,02
67,50	83988	14,44	9,24	15,00	59,34	20,00	14,59	18,98	16,63	206,14	544,59	2,02
67,75	83993	14,59	18,98	16,63	206,14	20,00	14,89	34,17	19,09	209,81	548,80	2,03
68,00	83995	14,89	34,17	19,09	209,81	8,00	15,28	29,82	18,27	-308,16	551,79	2,03
68,25	84001	15,28	29,82	18,27	-308,16	24,00	15,55	22,15	17,04	71,12	553,28	2,03
68,50	84005	15,55	22,15	17,04	71,12	16,00	15,81	23,89	17,40	-3,85	554,87	2,03
68,75	84010	15,81	23,89	17,40	-3,85	20,00	16,09	26,85	17,98	94,01	556,75	2,02
69,00	84015	16,09	26,85	17,98	94,01	20,00	16,43	33,96	19,23	115,95	559,55	2,03
69,25	84020	16,43	33,96	19,23	115,95	20,00	16,86	40,55	20,37	80,15	563,06	2,03
69,50	84025	16,86	40,55	20,37	80,15	20,00	17,33	43,77	20,96	23,58	566,68	2,04
69,75	84030	17,33	43,77	20,96	23,58	20,00	17,83	43,20	20,95	-21,24	569,80	2,04
70,00	84035	17,83	43,20	20,95	-21,24	20,00	18,30	40,12	20,58	-38,94	572,09	2,04
70,25	84040	18,30	40,12	20,58	-38,94	20,00	18,73	36,36	20,16	-31,81	573,53	2,04
70,50	84045	18,73	36,36	20,16	-31,81	20,00	19,12	33,28	19,91	-12,26	574,32	2,04
70,75	84050	19,12	33,28	19,91	-12,26	20,00	19,48	31,35	19,89	6,40	574,73	2,03
71,00	84054	19,48	31,35	19,89	6,40	16,00	19,80	24,75	19,11	-127,04	575,42	2,03
71,25	84059	19,80	24,75	19,11	-127,04	20,00	20,04	17,77	18,34	-12,76	577,12	2,02
71,50	84064	20,04	17,77	18,34	-12,76	20,00	20,23	17,50	18,68	65,66	578,66	2,02
71,75	84069	20,23	17,50	18,68	65,66	20,00	20,44	20,81	19,59	86,68	579,51	2,02
72,00	84072	20,44	20,81	19,59	86,68	12,00	20,65	13,01	18,64	-224,28	581,53	2,02
72,25	84079	20,65	13,01	18,64	-224,28	28,00	20,77	12,80	19,00	248,58	583,30	2,02
72,50	84082	20,77	12,80	19,00	248,58	12,00	20,94	13,97	19,51	-132,19	584,72	2,02
72,75	84087	20,94	13,97	19,51	-132,19	20,00	21,05	6,37	18,60	-30,61	587,18	2,02
73,00	84092	21,05	6,37	18,60	-30,61	20,00	21,11	5,04	18,73	47,18	589,55	2,02
73,25	84098	21,11	5,04	18,73	47,18	24,00	21,20	13,14	20,38	218,69	590,37	2,01
73,50	84102	21,20	13,14	20,38	218,69	16,00	21,39	16,94	21,23	-54,56	590,53	2,01
73,75	84105	21,39	16,94	21,23	-54,56	12,00	21,50	0,32	18,72	-347,74	593,32	2,01
74,00	84109	21,50	0,32	18,72	-347,74	16,00	21,37	-22,63	15,30	-239,08	599,39	2,02
74,25	84113	21,37	-22,63	15,30	-239,08	16,00	21,03	-35,88	13,58	-66,32	606,85	2,04
74,50	84115	21,03	-35,88	13,58	-66,32	8,00	20,56	-49,12	11,85	-215,71	615,56	2,07
74,75	84119	20,56	-49,12	11,85	-215,71	16,00	19,95	-56,37	11,10	67,37	624,41	2,09
75,00	84125	19,95	-56,37	11,10	67,37	24,00	19,40	-36,80	14,66	501,44	629,15	2,10
75,25	84130	19,40	-36,80	14,66	501,44	20,00	19,17	-4,56	20,02	412,44	630,00	2,09
75,50	84134	19,17	-4,56	20,02	412,44	16,00	19,23	11,47	22,47	30,92	633,24	2,10
75,75	84138	19,23	11,47	22,47	30,92	16,00	19,34	5,21	21,21	-225,08	635,10	2,10
76,00	84143	19,34	5,21	21,21	-225,08	20,00	19,33	-7,12	19,05	-145,50	635,38	2,09
76,25	84148	19,33	-7,12	19,05	-145,50	20,00	19,21	-12,93	18,06	-30,83	636,52	2,09
76,50	84153	19,21	-12,93	18,06	-30,83	20,00	19,06	-11,71	18,25	55,39	637,34	2,08
76,75	84157	19,06	-11,71	18,25	55,39	16,00	18,94	-11,82	18,18	-57,58	638,10	2,08
77,00	84162	18,94	-11,82	18,18	-57,58	20,00	18,80	-11,97	18,11	38,49	638,78	2,07
77,25	84166	18,80	-11,97	18,11	38,49	16,00	18,67	-12,67	17,94	-60,73	639,51	2,07
77,50	84172	18,67	-12,67	17,94	-60,73	24,00	18,54	-7,02	18,81	188,67	639,78	2,06
77,75	84177	18,54	-7,02	18,81	188,67	20,00	18,53	4,73	20,61	121,42	641,85	2,06
78,00	84180	18,53	4,73	20,61	121,42	12,00	18,58	-0,18	19,61	-260,72	642,89	2,06
78,25	84185	18,58	-0,18	19,61	-260,72	20,00	18,50	-12,27	17,54	-103,04	643,85	2,06
78,50	84189	18,50	-12,27	17,54	-103,04	16,00	18,32	-19,47	16,33	-100,68	645,84	2,06
78,75	84194	18,32	-19,47	16,33	-100,68	20,00	18,09	-19,49	16,34	87,52	647,59	2,06
79,00	84199	18,09	-19,49	16,34	87,52	20,00	17,92	-9,85	17,89	168,25	647,62	2,05
79,25	84204	17,92	-9,85	17,89	168,25	20,00	17,88	2,13	19,73	145,44	649,48	2,05
79,50	84208	17,88	2,13	19,73	145,44	16,00	17,93	5,23	20,04	-75,86	651,59	2,05
79,75	84210	17,93	5,23	20,04	-75,86	8,00	17,91	-14,46	16,64	-469,34	652,85	2,05
80,00	84215	17,91	-14,46	16,64	-469,34	20,00	17,61	-33,46	13,55	-84,63	656,92	2,05
80,25	84219	17,61	-33,46	13,55	-84,63	16,00	17,22	-34,73	13,43	53,31	660,72	2,06

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
80,50	84224	17,22	-34,73	13,43	53,31	20,00	16,88	-23,06	15,37	259,45	662,23	2,06
80,75	84230	16,88	-23,06	15,37	259,45	24,00	16,76	2,52	19,45	419,03	664,92	2,06
81,00	84235	16,76	2,52	19,45	419,03	20,00	16,93	25,87	22,97	193,76	670,96	2,07
81,25	84238	16,93	25,87	22,97	193,76	12,00	17,23	22,36	21,99	-319,71	675,72	2,08
81,50	84243	17,23	22,36	21,99	-319,71	20,00	17,38	4,79	18,85	-218,50	677,19	2,08
81,75	84248	17,38	4,79	18,85	-218,50	20,00	17,37	-4,13	17,30	-57,23	677,27	2,07
82,00	84253	17,37	-4,13	17,30	-57,23	20,00	17,33	-3,09	17,43	70,77	677,38	2,07
82,25	84257	17,33	-3,09	17,43	70,77	16,00	17,31	-1,26	17,68	-21,95	677,75	2,06
82,50	84263	17,31	-1,26	17,68	-21,95	24,00	17,32	6,68	18,93	214,98	679,35	2,06
82,75	84269	17,32	6,68	18,93	214,98	24,00	17,50	25,13	21,83	271,92	683,69	2,07
83,00	84273	17,50	25,13	21,83	271,92	16,00	17,84	31,81	22,70	-96,38	688,54	2,07
83,25	84278	17,84	31,81	22,70	-96,38	20,00	18,16	24,10	21,25	-143,94	691,64	2,08
83,50	84282	18,16	24,10	21,25	-143,94	16,00	18,36	9,88	18,86	-252,85	692,14	2,07
83,75	84287	18,36	9,88	18,86	-252,85	20,00	18,39	-1,62	17,05	-67,46	693,48	2,07
84,00	84292	18,39	-1,62	17,05	-67,46	20,00	18,37	-1,60	17,19	80,16	694,66	2,07
84,25	84298	18,37	-1,60	17,19	80,16	24,00	18,41	11,35	19,42	281,87	695,67	2,06
84,50	84300	18,41	11,35	19,42	281,87	8,00	18,56	9,69	19,14	-285,87	696,25	2,06
84,75	84304	18,56	9,69	19,14	-285,87	16,00	18,56	-9,37	16,09	-235,44	698,73	2,06
85,00	84308	18,56	-9,37	16,09	-235,44	16,00	18,37	-22,26	14,16	-100,32	702,94	2,07
85,25	84313	18,37	-22,26	14,16	-100,32	20,00	18,12	-20,33	14,71	171,81	706,35	2,07
85,50	84316	18,12	-20,33	14,71	171,81	12,00	17,92	-16,15	15,54	-17,82	708,73	2,07
85,75	84322	17,92	-16,15	15,54	-17,82	24,00	17,78	-5,72	17,33	297,70	709,18	2,07
86,00	84326	17,78	-5,72	17,33	297,70	16,00	17,80	7,58	19,47	81,27	710,85	2,07
86,25	84332	17,80	7,58	19,47	81,27	24,00	17,94	18,48	21,15	194,29	714,06	2,07
86,50	84338	17,94	18,48	21,15	194,29	24,00	18,23	33,03	23,37	181,90	719,20	2,08
86,75	84343	18,23	33,03	23,37	181,90	20,00	18,65	38,56	24,06	-47,47	724,60	2,09
87,00	84346	18,65	38,56	24,06	-47,47	12,00	19,01	20,26	20,89	-457,20	726,48	2,09
87,25	84351	19,01	20,26	20,89	-457,20	20,00	19,09	-4,22	16,93	-230,00	728,64	2,09
87,50	84356	19,09	-4,22	16,93	-230,00	20,00	18,98	-12,57	15,77	15,67	731,84	2,09
87,75	84360	18,98	-12,57	15,77	15,67	16,00	18,83	-12,54	16,00	21,30	734,68	2,09
88,00	84366	18,83	-12,54	16,00	21,30	24,00	18,74	-1,22	18,03	300,93	735,39	2,09
88,25	84372	18,74	-1,22	18,03	300,93	24,00	18,85	21,99	21,87	346,54	738,41	2,09
88,50	84376	18,85	21,99	21,87	346,54	16,00	19,18	31,83	23,37	-62,25	742,60	2,10
88,75	84381	19,18	31,83	23,37	-62,25	20,00	19,50	24,54	22,07	-150,84	745,16	2,10
89,00	84385	19,50	24,54	22,07	-150,84	16,00	19,70	8,53	19,44	-283,00	745,42	2,09
89,25	84391	19,70	8,53	19,44	-283,00	24,00	19,72	-0,10	18,18	43,79	746,97	2,09
89,50	84394	19,72	-0,10	18,18	43,79	12,00	19,70	-7,32	17,16	-196,92	749,50	2,09
89,75	84400	19,70	-7,32	17,16	-196,92	24,00	19,58	-8,80	17,14	165,03	751,95	2,09
90,00	84404	19,58	-8,80	17,14	165,03	16,00	19,53	-2,89	18,27	36,13	753,20	2,09
90,25	84411	19,53	-2,89	18,27	36,13	28,00	19,56	11,92	20,80	367,13	754,45	2,09
90,50	84416	19,56	11,92	20,80	367,13	20,00	19,80	29,42	23,64	130,72	758,28	2,09
90,75	84422	19,80	29,42	23,64	130,72	24,00	20,18	37,03	24,77	66,94	762,88	2,10
91,00	84426	20,18	37,03	24,77	66,94	16,00	20,57	28,71	23,31	-287,79	765,61	2,10
91,25	84432	20,57	28,71	23,31	-287,79	24,00	20,81	15,00	21,10	-99,77	765,90	2,10
91,50	84437	20,81	15,00	21,10	-99,77	20,00	20,94	7,74	20,06	-78,71	766,78	2,10
91,75	84444	20,94	7,74	20,06	-78,71	28,00	21,04	13,86	21,25	255,66	767,00	2,09
92,00	84447	21,04	13,86	21,25	255,66	12,00	21,22	13,30	21,27	-216,06	767,06	2,08
92,25	84453	21,22	13,30	21,27	-216,06	24,00	21,31	5,43	20,14	7,97	768,22	2,08
92,50	84458	21,31	5,43	20,14	7,97	20,00	21,37	4,68	20,21	4,01	769,37	2,08
92,75	84463	21,37	4,68	20,21	4,01	20,00	21,41	3,68	20,23	-0,49	770,55	2,08
93,00	84467	21,41	3,68	20,23	-0,49	16,00	21,43	-3,08	19,30	-146,54	772,68	2,08
93,25	84473	21,43	-3,08	19,30	-146,54	24,00	21,37	-4,99	19,20	110,62	774,84	2,08
93,50	84477	21,37	-4,99	19,20	110,62	16,00	21,32	-4,76	19,42	-61,03	776,75	2,08
93,75	84483	21,32	-4,76	19,42	-61,03	24,00	21,27	-2,28	19,99	142,14	778,02	2,07
94,00	84488	21,27	-2,28	19,99	142,14	20,00	21,28	4,35	21,18	65,61	778,12	2,07
94,25	84493	21,28	4,35	21,18	65,61	20,00	21,35	5,73	21,47	-12,07	778,24	2,06
94,50	84496	21,35	5,73	21,47	-12,07	12,00	21,35	-8,28	19,22	-342,51	780,37	2,06

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
94,75	84504	21,35	-8,28	19,22	-342,51	32,00	21,22	-8,60	19,34	312,77	782,25	2,06
95,00	84511	21,22	-8,60	19,34	312,77	28,00	21,26	18,70	23,91	449,21	784,89	2,07
95,25	84515	21,26	18,70	23,91	449,21	16,00	21,58	30,89	25,78	-90,19	789,10	2,07
95,50	84520	21,58	30,89	25,78	-90,19	20,00	21,87	18,90	23,70	-249,80	790,93	2,07
95,75	84525	21,87	18,90	23,70	-249,80	20,00	21,98	1,07	20,81	-240,78	792,11	2,07
96,00	84532	21,98	1,07	20,81	-240,78	28,00	21,95	-1,85	20,49	157,12	793,57	2,07
96,25	84535	21,95	-1,85	20,49	157,12	12,00	21,93	-6,39	19,88	-231,35	795,62	2,07
96,50	84538	21,93	-6,39	19,88	-231,35	12,00	21,74	-29,83	16,21	-377,85	801,14	2,08
96,75	84544	21,74	-29,83	16,21	-377,85	24,00	21,31	-39,55	14,93	122,79	807,52	2,09
97,00	84548	21,31	-39,55	14,93	122,79	16,00	20,90	-33,18	16,24	99,45	812,18	2,09
97,25	84554	20,90	-33,18	16,24	99,45	24,00	20,60	-18,10	18,85	325,36	813,93	2,09
97,50	84559	20,60	-18,10	18,85	325,36	20,00	20,51	0,02	21,79	182,21	815,21	2,09
97,75	84564	20,51	0,02	21,79	182,21	20,00	20,56	7,47	22,85	10,94	817,50	2,09
98,00	84568	20,56	7,47	22,85	10,94	16,00	20,62	-0,63	21,35	-245,62	818,24	2,09
98,25	84573	20,62	-0,63	21,35	-245,62	20,00	20,53	-14,50	19,01	-157,73	819,76	2,09
98,50	84579	20,53	-14,50	19,01	-157,73	24,00	20,34	-15,59	18,85	110,37	821,25	2,08
98,75	84585	20,34	-15,59	18,85	110,37	24,00	20,23	-2,80	20,93	232,13	821,95	2,08
99,00	84590	20,23	-2,80	20,93	232,13	20,00	20,27	8,22	22,60	64,49	824,28	2,08
99,25	84595	20,27	8,22	22,60	64,49	20,00	20,37	8,71	22,51	-70,15	826,42	2,08
99,50	84599	20,37	8,71	22,51	-70,15	16,00	20,42	-3,18	20,42	-267,62	826,43	2,08
99,75	84604	20,42	-3,18	20,42	-267,62	20,00	20,29	-17,14	18,12	-132,57	828,60	2,08
100,00	84609	20,29	-17,14	18,12	-132,57	20,00	20,07	-21,49	17,47	11,15	831,20	2,08

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE F – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “EXCELENTE” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m

	0,988173	2,13E-02	2,52E-02	9,92E-04
$S_{0,50} =$	-0,92852	0,900162	-3,39137	6,28E-02
	6,39E-02	6,62E-03	0,240289	9,86E-03
	3,743294	0,418678	-46,6788	-0,11453

	3,70E-02
$P_{0,50} =$	4,319885
	0,695847
	42,93555

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
0,00	83238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,50	83241	4,91	0,00	4,91	0,00	6,00	5,20	4,71	5,67	46,84	0,47	0,47
1,00	83242	5,20	4,71	5,67	46,84	2,00	5,50	-8,23	3,58	-162,65	2,39	1,20
1,50	83242	5,50	-8,23	3,58	-162,65	0,00	5,19	-34,86	-0,45	-131,28	8,03	2,68
2,00	83243	5,19	-34,86	-0,45	-131,28	2,00	4,32	-34,29	0,09	126,62	12,25	3,06
2,50	83245	4,32	-34,29	0,09	126,62	4,00	3,81	-9,95	4,10	154,84	12,54	2,51
3,00	83249	3,81	-9,95	4,10	154,84	8,00	4,11	17,88	8,26	144,35	16,69	2,78
3,50	83251	4,11	17,88	8,26	144,35	4,00	4,94	10,62	6,57	-207,37	18,32	2,62
4,00	83253	4,94	10,62	6,57	-207,37	4,00	5,22	-13,06	2,70	-88,34	20,84	2,60
4,50	83254	5,22	-13,06	2,70	-88,34	2,00	4,93	-22,68	1,42	-16,13	24,35	2,71
5,00	83254	4,93	-22,68	1,42	-16,13	0,00	4,41	-30,81	0,35	-55,32	28,42	2,84
5,50	83259	4,41	-30,81	0,35	-55,32	10,00	4,03	6,72	6,57	423,14	30,96	2,81
6,00	83260	4,03	6,72	6,57	423,14	2,00	4,78	15,23	7,45	-251,57	33,63	2,80
6,50	83263	4,78	15,23	7,45	-251,57	6,00	5,21	-5,86	3,89	-36,88	34,95	2,69
7,00	83264	5,21	-5,86	3,89	-36,88	2,00	5,16	-16,98	2,26	-74,41	37,85	2,70
7,50	83269	5,16	-16,98	2,26	-74,41	10,00	5,09	10,80	6,98	344,75	39,74	2,65
8,00	83273	5,09	10,80	6,98	344,75	8,00	6,07	37,52	11,04	1,57	44,71	2,79
8,50	83277	6,07	37,52	11,04	1,57	8,00	7,38	25,35	8,87	-133,66	46,21	2,72
9,00	83279	7,38	25,35	8,87	-133,66	4,00	8,07	-5,23	4,24	-188,84	50,04	2,78
9,50	83283	8,07	-5,23	4,24	-188,84	8,00	8,08	-3,87	5,20	195,40	52,91	2,78
10,00	83285	8,08	-3,87	5,20	195,40	4,00	8,37	0,93	6,45	-64,88	54,84	2,74
10,50	83290	8,37	0,93	6,45	-64,88	10,00	8,76	10,31	8,41	167,39	55,19	2,63
11,00	83292	8,76	10,31	8,41	167,39	4,00	9,40	0,41	7,08	-202,86	57,51	2,61
11,50	83295	9,40	0,41	7,08	-202,86	6,00	9,50	-19,20	4,48	-14,39	62,53	2,72
12,00	83299	9,50	-19,20	4,48	-14,39	8,00	9,37	-7,64	6,98	163,56	64,92	2,71
12,50	83303	9,37	-7,64	6,98	163,56	8,00	9,74	5,57	9,41	30,78	65,25	2,61
13,00	83308	9,74	5,57	9,41	30,78	10,00	10,38	9,21	10,18	25,57	65,45	2,52
13,50	83313	10,38	9,21	10,18	25,57	10,00	11,10	8,93	10,38	-6,10	66,17	2,45
14,00	83315	11,10	8,93	10,38	-6,10	4,00	11,57	-20,57	5,99	-266,81	71,75	2,56
14,50	83321	11,57	-20,57	5,99	-266,81	12,00	11,32	-14,48	7,76	301,05	75,31	2,60
15,00	83324	11,32	-14,48	7,76	301,05	6,00	11,60	-5,03	9,64	-102,75	77,27	2,58
15,50	83328	11,60	-5,03	9,64	-102,75	8,00	11,79	-19,87	7,58	-53,25	81,49	2,63
16,00	83333	11,79	-19,87	7,58	-53,25	10,00	11,74	-14,67	8,88	117,62	84,35	2,64
16,50	83340	11,74	-14,67	8,88	117,62	14,00	12,14	13,66	13,69	211,13	85,89	2,60
17,00	83343	12,14	13,66	13,69	211,13	6,00	13,07	-6,21	10,41	-354,28	88,55	2,60
17,50	83348	13,07	-6,21	10,41	-354,28	10,00	13,06	-32,09	6,76	30,22	94,85	2,71
18,00	83354	13,06	-32,09	6,76	30,22	12,00	12,87	-10,20	10,89	231,69	96,82	2,69

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
18,50	83362	12,87	-10,20	10,89	231,69	16,00	13,60	25,59	16,79	195,80	100,02	2,70
19,00	83367	13,60	25,59	16,79	195,80	10,00	14,97	8,96	13,96	-315,23	101,02	2,66
19,50	83373	14,97	8,96	13,96	-315,23	12,00	15,47	-21,14	9,61	-40,61	106,88	2,74
20,00	83379	15,47	-21,14	9,61	-40,61	12,00	15,48	-16,70	11,11	120,28	111,25	2,78
20,50	83384	15,48	-16,70	11,11	120,28	10,00	15,71	-16,32	11,69	-51,93	115,27	2,81
21,00	83391	15,71	-16,32	11,69	-51,93	14,00	15,94	-11,71	12,93	113,27	118,27	2,82
21,50	83396	15,94	-11,71	12,93	113,27	10,00	16,31	-18,89	12,12	-132,62	122,46	2,85
22,00	83402	16,31	-18,89	12,12	-132,62	12,00	16,33	-29,76	10,87	17,62	127,92	2,91
22,50	83405	16,33	-29,76	10,87	17,62	6,00	16,02	-51,80	7,81	-203,22	136,13	3,03
23,00	83412	16,02	-51,80	7,81	-203,22	14,00	15,24	-40,27	10,29	298,21	141,08	3,07
23,50	83416	15,24	-40,27	10,29	298,21	8,00	15,06	-32,02	11,69	-130,99	144,45	3,07
24,00	83422	15,06	-32,02	11,69	-130,99	12,00	14,81	-38,83	10,62	27,58	148,64	3,10
24,50	83427	14,81	-38,83	10,62	27,58	10,00	14,47	-39,78	10,47	-30,21	152,64	3,12
25,00	83432	14,47	-39,78	10,47	-30,21	10,00	14,06	-43,45	9,84	-18,41	156,86	3,14
25,50	83437	14,06	-43,45	9,84	-18,41	10,00	13,57	-43,48	9,75	6,69	160,68	3,15
26,00	83442	13,57	-43,48	9,75	6,69	10,00	13,10	-41,19	9,95	6,00	163,83	3,15
26,50	83447	13,10	-41,19	9,95	6,00	10,00	12,70	-39,40	9,97	-3,81	166,56	3,14
27,00	83454	12,70	-39,40	9,97	-3,81	14,00	12,48	-20,83	12,65	167,09	166,73	3,09
27,50	83458	12,48	-20,83	12,65	167,09	8,00	12,67	-28,19	10,91	-228,20	168,49	3,06
28,00	83464	12,67	-28,19	10,91	-228,20	12,00	12,41	-36,64	9,34	67,54	171,55	3,06
28,50	83469	12,41	-36,64	9,34	67,54	10,00	12,16	-28,75	10,42	16,55	173,28	3,04
29,00	83474	12,16	-28,75	10,42	16,55	10,00	12,05	-28,27	10,21	-25,47	175,12	3,02
29,50	83481	12,05	-28,27	10,21	-25,47	14,00	12,06	-12,39	12,53	160,62	175,59	2,98
30,00	83484	12,06	-12,39	12,53	160,62	6,00	12,35	-28,82	9,46	-305,58	178,48	2,97
30,50	83493	12,35	-28,82	9,46	-305,58	18,00	12,19	-10,91	12,38	400,53	178,68	2,93
31,00	83498	12,19	-10,91	12,38	400,53	10,00	12,89	5,22	14,59	-153,42	180,37	2,91
31,50	83504	12,89	5,22	14,59	-153,42	12,00	13,51	-14,55	11,20	-97,81	182,68	2,90
32,00	83511	13,51	-14,55	11,20	-97,81	14,00	13,75	-9,29	12,24	133,94	184,19	2,88
32,50	83514	13,75	-9,29	12,24	133,94	6,00	14,05	-28,29	9,25	-281,29	188,99	2,91
33,00	83521	14,05	-28,29	9,25	-281,29	14,00	13,75	-27,08	9,90	242,16	192,84	2,92
33,50	83528	13,75	-27,08	9,90	242,16	14,00	14,02	4,97	15,21	151,35	194,03	2,90
34,00	83532	14,02	4,97	15,21	151,35	8,00	14,79	-16,06	11,64	-329,19	197,18	2,90
34,50	83536	14,79	-16,06	11,64	-329,19	8,00	14,54	-53,79	5,96	-113,62	205,76	2,98
35,00	83543	14,54	-53,79	5,96	-113,62	14,00	13,78	-28,78	10,63	367,99	208,91	2,98
35,50	83546	13,78	-28,78	10,63	367,99	6,00	13,86	-25,70	11,05	-240,97	211,72	2,98
36,00	83552	13,86	-25,70	11,05	-240,97	12,00	13,63	-36,76	9,34	68,27	216,01	3,00
36,50	83556	13,63	-36,76	9,34	68,27	8,00	13,29	-38,59	9,11	-64,82	220,19	3,02
37,00	83562	13,29	-38,59	9,11	-64,82	12,00	12,92	-30,21	10,49	130,87	222,61	3,01
37,50	83570	12,92	-30,21	10,49	130,87	16,00	13,11	2,56	15,57	217,86	225,07	3,00
38,00	83577	13,11	2,56	15,57	217,86	14,00	14,14	11,49	16,49	-100,54	227,42	2,99
38,50	83582	14,14	11,49	16,49	-100,54	10,00	14,90	-21,81	10,91	-270,96	231,41	3,01
39,00	83589	14,90	-21,81	10,91	-270,96	14,00	14,78	-26,99	10,50	169,64	235,70	3,02
39,50	83594	14,78	-26,99	10,50	169,64	10,00	14,84	-19,77	11,92	-36,05	238,62	3,02
40,00	83600	14,84	-19,77	11,92	-36,05	12,00	14,95	-22,43	11,68	10,22	241,89	3,02
40,50	83607	14,95	-22,43	11,68	10,22	14,00	15,12	-12,54	13,45	101,50	243,56	3,01
41,00	83612	15,12	-12,54	13,45	101,50	10,00	15,48	-21,39	12,08	-158,97	246,97	3,01
41,50	83618	15,48	-21,39	12,08	-158,97	12,00	15,44	-32,72	10,53	18,79	251,87	3,03
42,00	83623	15,44	-32,72	10,53	18,79	10,00	15,21	-35,13	10,44	-20,30	256,64	3,06
42,50	83630	15,21	-35,13	10,44	-20,30	14,00	15,05	-21,96	12,79	158,16	258,89	3,05
43,00	83634	15,05	-21,96	12,79	158,16	8,00	15,18	-32,62	11,02	-224,54	263,06	3,06
43,50	83641	15,18	-32,62	11,02	-224,54	14,00	14,88	-34,44	10,93	155,77	267,00	3,07
44,00	83646	14,88	-34,44	10,93	155,77	10,00	14,77	-28,89	11,84	-57,31	269,93	3,07
44,50	83652	14,77	-28,89	11,84	-57,31	12,00	14,66	-31,64	11,38	12,17	273,21	3,07
45,00	83658	14,66	-31,64	11,38	12,17	12,00	14,56	-28,10	11,93	24,15	275,84	3,06
45,50	83662	14,56	-28,10	11,93	24,15	8,00	14,41	-43,20	9,42	-173,53	280,83	3,09
46,00	83671	14,41	-43,20	9,42	-173,53	18,00	14,05	-17,35	13,71	389,03	281,17	3,06
46,50	83680	14,05	-17,35	13,71	389,03	18,00	14,92	27,03	20,44	133,62	286,70	3,08

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
47,00	83688	14,92	27,03	20,44	133,62	16,00	16,56	18,67	18,49	-215,27	288,64	3,07
47,50	83695	16,56	18,67	18,49	-215,27	14,00	17,53	-14,33	13,24	-167,75	292,92	3,08
48,00	83702	17,53	-14,33	13,24	-167,75	14,00	17,70	-24,14	12,29	61,73	298,33	3,11
48,50	83708	17,70	-24,14	12,29	61,73	12,00	17,79	-24,15	12,88	-9,57	303,24	3,13
49,00	83715	17,79	-24,15	12,88	-9,57	14,00	17,90	-22,07	13,72	57,28	307,42	3,14
49,50	83724	17,90	-22,07	13,72	57,28	18,00	18,29	-1,67	17,38	183,62	308,33	3,11
50,00	83733	18,29	-1,67	17,38	183,62	18,00	19,33	11,85	19,67	8,10	308,67	3,09
50,50	83739	19,33	11,85	19,67	8,10	12,00	20,30	-21,64	14,47	-326,60	314,50	3,11
51,00	83748	20,30	-21,64	14,47	-326,60	18,00	20,31	-30,16	13,93	201,75	320,88	3,15
51,50	83754	20,31	-30,16	13,93	201,75	12,00	20,42	-28,75	14,79	-94,92	326,51	3,17
52,00	83761	20,42	-28,75	14,79	-94,92	14,00	20,36	-40,46	13,47	-13,80	333,40	3,21
52,50	83767	20,36	-40,46	13,47	-13,80	12,00	20,03	-50,05	12,48	-52,78	340,95	3,25
53,00	83774	20,03	-50,05	12,48	-52,78	14,00	19,51	-48,82	13,17	78,43	347,29	3,28
53,50	83783	19,51	-48,82	13,17	78,43	18,00	19,32	-24,04	17,39	201,72	349,22	3,26
54,00	83788	19,32	-24,04	17,39	201,72	10,00	19,59	-42,67	14,20	-343,07	354,60	3,28
54,50	83797	19,59	-42,67	14,20	-343,07	18,00	19,13	-48,55	13,52	204,72	360,21	3,30
55,00	83803	19,13	-48,55	13,52	204,72	12,00	18,86	-42,62	14,52	-88,14	364,55	3,31
55,50	83811	18,86	-42,62	14,52	-88,14	16,00	18,60	-41,54	14,68	72,08	368,47	3,32
56,00	83819	18,60	-41,54	14,68	72,08	16,00	18,53	-30,78	16,28	45,92	370,72	3,31
56,50	83828	18,53	-30,78	16,28	45,92	18,00	18,78	-19,50	17,87	63,94	371,63	3,29
57,00	83836	18,78	-19,50	17,87	63,94	16,00	19,25	-22,46	17,13	-92,41	373,75	3,28
57,50	83842	19,25	-22,46	17,13	-92,41	12,00	19,33	-50,14	12,64	-211,09	380,44	3,31
58,00	83851	19,33	-50,14	12,64	-211,09	18,00	18,81	-41,43	14,38	258,57	384,86	3,32
58,50	83855	18,81	-41,43	14,38	258,57	8,00	18,62	-52,73	12,50	-304,41	390,98	3,34
59,00	83864	18,62	-52,73	12,50	-304,41	18,00	17,95	-48,51	13,37	271,84	395,57	3,35
59,50	83871	17,95	-48,51	13,37	271,84	14,00	17,83	-28,11	16,46	-7,07	396,94	3,34
60,00	83879	17,83	-28,11	16,46	-7,07	16,00	18,03	-29,02	15,97	-25,59	398,99	3,32
60,50	83885	18,03	-29,02	15,97	-25,59	12,00	18,02	-46,79	12,89	-172,07	404,12	3,34
61,00	83893	18,02	-46,79	12,89	-172,07	16,00	17,55	-44,27	13,38	152,61	408,30	3,35
61,50	83898	17,55	-44,27	13,38	152,61	10,00	17,26	-48,73	12,51	-165,32	413,05	3,36
62,00	83905	17,26	-48,73	12,51	-165,32	14,00	16,69	-52,21	11,90	80,49	417,85	3,37
62,50	83913	16,69	-52,21	11,90	80,49	16,00	16,36	-28,67	15,51	163,06	418,70	3,35
63,00	83921	16,36	-28,67	15,51	163,06	16,00	16,70	-14,23	17,32	-6,32	419,32	3,33
63,50	83925	16,70	-14,23	17,32	-6,32	8,00	16,92	-52,89	10,64	-407,85	425,61	3,35
64,00	83934	16,92	-52,89	10,64	-407,85	18,00	16,13	-47,27	11,79	364,13	429,95	3,36
64,50	83942	16,13	-47,27	11,79	364,13	16,00	16,18	-5,52	18,28	135,50	432,04	3,35
65,00	83948	16,18	-5,52	18,28	135,50	12,00	16,91	-21,62	15,07	-295,09	433,88	3,34
65,50	83956	16,91	-21,62	15,07	-295,09	16,00	16,93	-35,71	12,78	71,35	438,03	3,34
66,00	83963	16,93	-35,71	12,78	71,35	14,00	16,88	-26,26	14,36	44,69	440,55	3,34
66,50	83972	16,88	-26,26	14,36	44,69	18,00	17,20	-7,46	17,32	149,52	440,67	3,31
67,00	83978	17,20	-7,46	17,32	149,52	12,00	17,87	-20,20	15,04	-249,19	443,50	3,31
67,50	83988	17,87	-20,20	15,04	-249,19	20,00	18,10	-15,01	16,08	243,81	445,52	3,30
68,00	83995	18,10	-15,01	16,08	243,81	14,00	18,73	-9,06	17,07	-115,94	447,18	3,29
68,50	84005	18,73	-9,06	17,07	-115,94	20,00	19,37	-4,31	18,01	141,66	448,54	3,27
69,00	84015	19,37	-4,31	18,01	141,66	20,00	20,39	12,35	20,85	72,48	449,01	3,25
69,50	84025	20,39	12,35	20,85	72,48	20,00	21,75	12,43	21,03	-41,38	449,73	3,24
70,00	84035	21,75	12,43	21,03	-41,38	20,00	22,98	3,49	20,03	-31,40	452,68	3,23
70,50	84045	22,98	3,49	20,03	-31,40	20,00	24,00	-1,71	19,91	14,73	456,77	3,24
71,00	84054	24,00	-1,71	19,91	14,73	18,00	24,86	-12,67	18,98	-69,18	462,65	3,26
71,50	84064	24,86	-12,67	18,98	-69,18	20,00	25,45	-16,79	19,30	68,60	468,80	3,28
72,00	84072	25,45	-16,79	19,30	68,60	16,00	25,94	-30,77	17,96	-133,49	476,78	3,31
72,50	84082	25,94	-30,77	17,96	-133,49	20,00	26,04	-34,68	18,37	119,79	484,45	3,34
73,00	84092	26,04	-34,68	18,37	119,79	20,00	26,31	-23,77	20,95	70,48	489,82	3,35
73,50	84102	26,31	-23,77	20,95	70,48	20,00	26,84	-26,04	21,17	-38,53	495,48	3,37
74,00	84109	26,84	-26,04	21,17	-38,53	14,00	26,98	-62,09	15,99	-293,05	506,47	3,42
74,50	84115	26,98	-62,09	15,99	-293,05	12,00	25,89	-101,73	10,61	-122,61	521,75	3,50
75,00	84125	25,89	-101,73	10,61	-122,61	20,00	24,31	-72,92	16,24	431,63	529,82	3,53

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iRI
75,50	84134	24,31	-72,92	16,24	431,63	18,00	23,97	-38,42	21,75	25,86	532,04	3,52
76,00	84143	23,97	-38,42	21,75	25,86	18,00	24,11	-51,24	19,28	-171,93	536,87	3,53
76,50	84153	24,11	-51,24	19,28	-171,93	20,00	23,79	-58,31	18,06	47,03	542,61	3,55
77,00	84162	23,79	-58,31	18,06	47,03	18,00	23,44	-55,11	18,46	-10,73	547,59	3,56
77,50	84172	23,44	-55,11	18,46	-10,73	20,00	23,19	-48,26	19,38	62,84	551,39	3,56
78,00	84180	23,19	-48,26	19,38	62,84	16,00	23,03	-57,62	17,57	-158,26	556,85	3,57
78,50	84189	23,03	-57,62	17,57	-158,26	18,00	22,48	-65,03	16,28	32,82	563,06	3,59
79,00	84199	22,48	-65,03	16,28	32,82	20,00	22,02	-46,15	19,16	152,14	565,91	3,58
79,50	84208	22,02	-46,15	19,16	152,14	18,00	22,07	-39,64	19,73	-75,73	568,26	3,57
80,00	84215	22,07	-39,64	19,73	-75,73	14,00	21,91	-67,36	14,88	-245,16	575,28	3,60
80,50	84224	21,91	-67,36	14,88	-245,16	18,00	21,01	-69,09	14,64	159,99	581,66	3,61
81,00	84235	21,01	-69,09	14,64	159,99	22,00	20,64	-26,26	21,29	292,75	582,31	3,59
81,50	84243	20,64	-26,26	21,29	292,75	16,00	21,25	-27,50	20,28	-274,03	583,28	3,58
82,00	84253	21,25	-27,50	20,28	-274,03	20,00	21,40	-44,08	17,26	11,47	587,42	3,58
82,50	84263	21,40	-44,08	17,26	11,47	20,00	21,39	-30,97	19,25	113,23	589,56	3,57
83,00	84273	21,39	-30,97	19,25	113,23	20,00	21,82	-19,53	20,82	14,15	590,56	3,56
83,50	84282	21,82	-19,53	20,82	14,15	18,00	22,35	-29,81	18,93	-127,20	593,98	3,56
84,00	84292	22,35	-29,81	18,93	-127,20	20,00	22,55	-33,39	18,44	60,73	598,08	3,56
84,50	84300	22,55	-33,39	18,44	60,73	16,00	22,69	-40,60	17,38	-110,42	603,39	3,57
85,00	84308	22,69	-40,60	17,38	-110,42	16,00	22,47	-54,38	15,40	-43,88	610,46	3,59
85,50	84316	22,47	-54,38	15,40	-43,88	16,00	21,99	-55,69	15,48	34,42	616,97	3,61
86,00	84326	21,99	-55,69	15,48	34,42	20,00	21,71	-34,47	19,01	191,30	619,67	3,60
86,50	84338	21,71	-34,47	19,01	191,30	24,00	22,28	0,03	24,31	187,94	621,71	3,59
87,00	84346	22,28	0,03	24,31	187,94	16,00	23,41	-22,19	20,25	-386,09	624,86	3,59
87,50	84356	23,41	-22,19	20,25	-386,09	20,00	23,52	-48,24	16,32	35,89	632,06	3,61
88,00	84366	23,52	-48,24	16,32	35,89	20,00	23,41	-31,97	19,38	160,50	636,09	3,61
88,50	84376	23,41	-31,97	19,38	160,50	20,00	23,84	-19,75	21,44	10,09	638,49	3,61
89,00	84385	23,84	-19,75	21,44	10,09	18,00	24,35	-34,23	19,17	-148,11	643,67	3,62
89,50	84394	24,35	-34,23	19,17	-148,11	18,00	24,34	-49,97	17,00	-28,11	651,01	3,64
90,00	84404	24,34	-49,97	17,00	-28,11	20,00	24,13	-40,60	18,95	138,61	656,19	3,65
90,50	84416	24,13	-40,60	18,95	138,61	24,00	24,48	-10,83	23,89	203,42	656,79	3,63
91,00	84426	24,48	-10,83	23,89	203,42	20,00	25,51	-14,34	23,16	-192,76	659,14	3,62
91,50	84437	25,51	-14,34	23,16	-192,76	22,00	26,11	-32,19	20,51	-24,77	664,74	3,63
92,00	84447	26,11	-32,19	20,51	-24,77	20,00	26,35	-37,92	20,05	-11,39	671,03	3,65
92,50	84458	26,35	-37,92	20,05	-11,39	22,00	26,54	-32,29	21,45	92,52	676,13	3,65
93,00	84467	26,54	-32,29	21,45	92,52	18,00	26,84	-42,87	20,07	-153,05	682,89	3,67
93,50	84477	26,84	-42,87	20,07	-153,05	20,00	26,70	-54,80	18,66	21,79	690,93	3,69
94,00	84488	26,70	-54,80	18,66	21,79	22,00	26,53	-41,00	21,35	148,03	696,11	3,70
94,50	84496	26,53	-41,00	21,35	148,03	16,00	26,62	-55,53	19,15	-244,46	703,58	3,72
95,00	84511	26,62	-55,53	19,15	-244,46	30,00	26,47	-25,39	24,40	498,71	705,65	3,71
95,50	84520	26,47	-25,39	24,40	498,71	18,00	27,39	-21,10	24,83	-334,67	708,22	3,71
96,00	84532	27,39	-21,10	24,83	-334,67	24,00	27,80	-45,97	20,98	3,51	715,04	3,72
96,50	84538	27,80	-45,97	20,98	3,51	12,00	27,47	-86,28	14,90	-379,46	727,62	3,77
97,00	84548	27,47	-86,28	14,90	-379,46	20,00	26,05	-91,13	14,94	273,54	738,74	3,81
97,50	84559	26,05	-91,13	14,94	273,54	22,00	25,27	-44,66	22,66	275,35	741,35	3,80
98,00	84568	25,27	-44,66	22,66	275,35	18,00	25,53	-45,45	22,00	-240,40	744,87	3,80
98,50	84579	25,53	-45,45	22,00	-240,40	22,00	25,39	-59,30	19,55	21,56	750,71	3,81
99,00	84590	25,39	-59,30	19,55	21,56	22,00	25,16	-46,88	21,45	99,55	754,42	3,81
99,50	84599	25,16	-46,88	21,45	99,55	18,00	25,17	-54,29	19,96	-165,24	759,63	3,82
100,00	84609	25,17	-54,29	19,96	-165,24	20,00	24,80	-63,90	18,33	17,52	766,09	3,83

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE G – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “BOA A REGULAR” UNIDADE QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	83130				
2	83131	-3,00E+00	9,00E+00		
3	83131	1,00E+00	1,00E+00		
4	83129	0,00E+00	0,00E+00		
5	83129	0,00E+00	0,00E+00		
6	83128	4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
7	83127	4,00E+00	1,60E+01	1,44	2,07E+00
8	83127	-1,00E+00	1,00E+00	2,08	4,33E+00
9	83129	-1,00E+00	1,00E+00	1,28	1,64E+00
10	83130	5,00E+00	2,50E+01	1,28	1,64E+00
11	83130	3,00E+00	9,00E+00	1,92	3,69E+00
12	83132	-3,00E+00	9,00E+00	1,76	3,10E+00
13	83136	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
14	83137	6,00E+00	3,60E+01	1,28	1,64E+00
15	83139	0,00E+00	0,00E+00	1,12	1,25E+00
16	83144	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
17	83148	-3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
18	83151	-2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
19	83153	-1,46E-11	2,12E-22	-0,8	6,40E-01
20	83155	2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
21	83156	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
22	83159	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
23	83161	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
24	83164	-3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
25	83166	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
26	83167	2,91E-11	8,47E-22	-0,16	2,56E-02
27	83168	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
28	83169	5,00E+00	2,50E+01	-2,33E-12	5,42E-24
29	83170	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
30	83174	-7,00E+00	4,90E+01	-0,48	2,30E-01
31	83177	-2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
32	83177	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
33	83177	2,00E+00	4,00E+00	4,657E-12	2,17E-23
34	83178	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
35	83179	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
36	83181	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
37	83183	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
38	83185	-4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
39	83188	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
40	83188	7,00E+00	4,90E+01	0,32	1,02E-01
41	83189	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
42	83193	-6,00E+00	3,60E+01	0,64	4,10E-01
43	83197	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
44	83198	6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
45	83199	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
46	83203	-4,00E+00	1,60E+01	-0,48	2,30E-01
47	83207	-4,00E+00	1,60E+01	-0,8	6,40E-01
48	83210	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
49	83211	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
50	83213	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
51	83214	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
52	83216	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
53	83218	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
54	83221	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
55	83223	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
56	83225	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
57	83228	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
58	83230	-2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
59	83232	0,00E+00	0,00E+00	-0,8	6,40E-01
60	83233	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
61	83234	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
62	83236	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
63	83237	3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
64	83238	6,00E+00	3,60E+01	0,8	6,40E-01
65	83239	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
66	83243	-6,00E+00	3,60E+01	0,16	2,56E-02
67	83247	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
68	83248	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
69	83249	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
70	83251	4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
71	83253	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
72	83257	-5,00E+00	2,50E+01	0,64	4,10E-01
73	83261	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
74	83262	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
75	83264	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
76	83268	-3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
77	83271	-4,00E+00	1,60E+01	-0,96	9,22E-01
78	83274	-2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
79	83275	1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
80	83276	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
81	83277	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
82	83279	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
83	83281	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
84	83283	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
85	83284	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
86	83287	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
87	83289	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
88	83291	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
89	83293	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
90	83294	3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
91	83294	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
92	83296	-2,00E+00	4,00E+00	4,657E-12	2,17E-23
93	83298	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
94	83299	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
95	83300	-1,46E-11	2,12E-22	0	0,00E+00
96	83301	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
97	83303	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
98	83303	3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
99	83304	2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
100	83306	2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
101	83308	2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
102	83311	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
103	83314	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
104	83318	-2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
105	83320	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
106	83322	-1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01
107	83324	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
108	83325	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
109	83327	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
110	83329	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
111	83330	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
112	83333	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
113	83335	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
114	83336	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
115	83338	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
116	83339	5,00E+00	2,50E+01	-0,32	1,02E-01
117	83341	-2,00E+00	4,00E+00	1,6	2,56E+00
118	83347	-1,10E+01	1,21E+02	0,48	2,30E-01
119	83349	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
120	83353	1,90E+01	3,61E+02	0,16	2,56E-02
121	83346	1,00E+00	1,00E+00	3,04	9,24E+00
122	83359	-9,00E+00	8,10E+01	-0,32	1,02E-01
123	83362	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
124	83366	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
125	83369	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
126	83372	0,00E+00	0,00E+00	-1,92	3,69E+00
127	83375	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
128	83379	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
129	83381	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
130	83384	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
131	83386	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
132	83389	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
133	83393	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
134	83397	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
135	83399	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
136	83403	-3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
137	83407	-6,00E+00	3,60E+01	-1,28	1,64E+00
138	83411	-3,00E+00	9,00E+00	-1,6	2,56E+00
139	83412	2,00E+00	4,00E+00	-1,44	2,07E+00
140	83413	3,00E+00	9,00E+00	-1,6	2,56E+00
141	83414	-3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
142	83417	-7,00E+00	4,90E+01	-0,96	9,22E-01
143	83419	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
144	83418	6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
145	83417	2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
146	83420	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
147	83421	2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
148	83424	-1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
149	83427	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
150	83430	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
151	83432	-1,46E-11	2,12E-22	-0,64	4,10E-01
152	83434	1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01
153	83435	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
154	83438	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
155	83439	3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
156	83440	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
157	83441	-5,00E+00	2,50E+01	0,64	4,10E-01
158	83445	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
159	83446	7,00E+00	4,90E+01	0,8	6,40E-01
160	83445	4,00E+00	1,60E+01	1,6	2,56E+00
161	83449	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
162	83452	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
163	83456	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
164	83459	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
165	83461	4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
166	83463	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
167	83468	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
168	83471	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
169	83473	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
170	83478	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
171	83481	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
172	83486	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
173	83489	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
174	83493	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
175	83495	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
176	83498	4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
177	83500	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
178	83505	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
179	83509	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
180	83514	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
181	83516	0,00E+00	0,00E+00	-2,33E-12	5,42E-24
182	83520	3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
183	83522	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
184	83526	-3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
185	83531	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
186	83534	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
187	83537	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
188	83541	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
189	83544	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
190	83547	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
191	83550	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
192	83556	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
193	83560	-2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
194	83564	-4,00E+00	1,60E+01	-0,96	9,22E-01
195	83568	-2,00E+00	4,00E+00	-1,6	2,56E+00
196	83570	2,00E+00	4,00E+00	-1,44	2,07E+00
197	83572	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
198	83574	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
199	83578	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
200	83579	4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
201	83581	3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
202	83584	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
203	83588	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
204	83592	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
205	83594	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
206	83598	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
207	83600	3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
208	83604	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
209	83609	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
210	83613	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
211	83616	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
212	83620	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
213	83624	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
214	83627	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
215	83629	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
216	83633	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
217	83637	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
218	83641	-6,00E+00	3,60E+01	0,16	2,56E-02
219	83648	-2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
220	83650	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
221	83653	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
222	83657	3,00E+00	9,00E+00	-2,33E-12	5,42E-24
223	83659	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
224	83663	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
225	83668	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
226	83672	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
227	83677	2,91E-11	8,47E-22	-0,32	1,02E-01
228	83680	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
229	83684	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
230	83688	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
231	83690	2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
232	83695	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
233	83699	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
234	83704	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
235	83710	-7,00E+00	4,90E+01	-0,48	2,30E-01
236	83716	-4,00E+00	1,60E+01	-1,44	2,07E+00
237	83719	3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
238	83721	4,00E+00	1,60E+01	-0,16	2,56E-02
239	83724	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
240	83729	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
241	83733	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
242	83738	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
243	83742	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
244	83747	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
245	83750	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
246	83754	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
247	83759	-5,00E+00	2,50E+01	-0,32	1,02E-01
248	83765	-6,00E+00	3,60E+01	-0,8	6,40E-01
249	83769	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
250	83771	6,00E+00	3,60E+01	0,64	4,10E-01
251	83773	4,00E+00	1,60E+01	1,76	3,10E+00
252	83778	3,00E+00	9,00E+00	1,76	3,10E+00
253	83783	3,00E+00	9,00E+00	1,6	2,56E+00
254	83789	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
255	83796	-6,00E+00	3,60E+01	-0,32	1,02E-01
256	83803	-7,00E+00	4,90E+01	-1,44	2,07E+00
257	83808	0,00E+00	0,00E+00	-1,44	2,07E+00
258	83811	6,00E+00	3,60E+01	-1,12	1,25E+00
259	83813	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
260	83819	-3,00E+00	9,00E+00	-2,33E-12	5,42E-24
261	83824	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
262	83829	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
263	83832	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
264	83838	-1,00E+00	1,00E+00	-0,96	9,22E-01
265	83842	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
266	83847	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
267	83851	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
268	83854	6,00E+00	3,60E+01	0,8	6,40E-01
269	83857	4,00E+00	1,60E+01	1,6	2,56E+00
270	83863	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
271	83869	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
272	83876	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
273	83881	-5,00E+00	2,50E+01	-1,28	1,64E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
274	83886	0,00E+00	0,00E+00	-1,44	2,07E+00
275	83889	4,00E+00	1,60E+01	-0,96	9,22E-01
276	83891	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
277	83897	-1,46E-11	2,12E-22	-2,33E-12	5,42E-24
278	83900	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
279	83906	1,46E-11	2,12E-22	0	0,00E+00
280	83909	0,00E+00	0,00E+00	4,657E-12	2,17E-23
281	83913	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
282	83918	2,00E+00	4,00E+00	4,657E-12	2,17E-23
283	83920	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
284	83926	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
285	83929	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
286	83935	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
287	83939	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
288	83945	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
289	83950	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
290	83955	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
291	83959	-5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
292	83966	-1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00
293	83969	4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
294	83972	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
295	83978	-3,00E+00	9,00E+00	-1,12	1,25E+00
296	83982	-4,00E+00	1,60E+01	-1,12	1,25E+00
297	83986	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
298	83989	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
299	83990	4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
300	83994	3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
301	83998	2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
302	84003	-3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
303	84009	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
304	84014	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
305	84017	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
306	84023	-1,00E+00	1,00E+00	-1,28	1,64E+00
307	84027	-3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
308	84032	-5,00E+00	2,50E+01	-0,96	9,22E-01
309	84036	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
310	84038	5,00E+00	2,50E+01	1,28	1,64E+00
311	84040	7,00E+00	4,90E+01	1,76	3,10E+00
312	84045	9,00E+00	8,10E+01	0,96	9,22E-01
313	84049	-5,00E+00	2,50E+01	1,28	1,64E+00
314	84059	-1,60E+01	2,56E+02	-0,8	6,40E-01
315	84067	-3,00E+00	9,00E+00	-2,4	5,76E+00
316	84068	6,00E+00	3,60E+01	-1,76	3,10E+00
317	84069	1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00
318	84074	0,00E+00	0,00E+00	-1,44	2,07E+00
319	84077	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
320	84081	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
321	84085	5,00E+00	2,50E+01	0,32	1,02E-01
322	84086	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
323	84090	-2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
324	84096	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
325	84099	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
326	84104	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
327	84108	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
328	84113	-3,00E+00	9,00E+00	-1,12	1,25E+00
329	84117	-3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
330	84121	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
331	84123	5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
332	84126	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
333	84129	-1,00E+00	1,00E+00	1,28	1,64E+00
334	84136	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
335	84139	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
336	84145	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
337	84149	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
338	84153	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
339	84157	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
340	84162	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
341	84168	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
342	84173	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
343	84178	1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
344	84182	1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00
345	84187	-4,00E+00	1,60E+01	-1,44	2,07E+00
346	84192	-7,00E+00	4,90E+01	-0,96	9,22E-01
347	84197	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
348	84198	7,00E+00	4,90E+01	0,32	1,02E-01
349	84200	8,00E+00	6,40E+01	1,12	1,25E+00
350	84203	0,00E+00	0,00E+00	1,76	3,10E+00
351	84210	-4,00E+00	1,60E+01	1,12	1,25E+00
352	84216	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
353	84220	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
354	84225	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
355	84230	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
356	84235	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
357	84239	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
358	84244	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
359	84249	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
360	84255	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
361	84259	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
362	84264	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
363	84269	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
364	84273	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
365	84279	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
366	84284	-5,00E+00	2,50E+01	0	0,00E+00
367	84291	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
368	84294	4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
369	84298	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
370	84303	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
371	84309	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
372	84314	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
373	84320	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
374	84325	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
375	84329	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
376	84334	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
377	84339	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
378	84344	4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
379	84349	7,00E+00	4,90E+01	1,12	1,25E+00
380	84353	-3,00E+00	9,00E+00	1,6	2,56E+00
381	84363	-5,00E+00	2,50E+01	0	0,00E+00
382	84369	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
383	84374	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
384	84380	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
385	84387	-1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
386	84392	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
387	84398	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
388	84403	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
389	84409	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
390	84414	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
391	84418	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
392	84423	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
393	84429	-2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
394	84435	2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
395	84439	7,00E+00	4,90E+01	1,44	2,07E+00
396	84445	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
397	84451	-6,00E+00	3,60E+01		
398	84462	-7,00E+00	4,90E+01		
399	84468				
400	84473				
401	84478				
		∑ Sbi²	4,00E+03	∑ Sbi²	2,26E+02

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE H – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “BOA A REGULAR” UNIDADE QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	83130				
2	83131	1,00E+00	1,00E+00		
3	83129	7,00E+00	4,90E+01		
4	83127	7,00E+00	4,90E+01		
5	83129	6,00E+00	3,60E+01		
6	83130	5,00E+00	2,50E+01	4,16	1,73E+01
7	83136	5,00E+00	2,50E+01	3,2	1,02E+01
8	83139	-4,00E+00	1,60E+01	2,72	7,40E+00
9	83148	-6,00E+00	3,60E+01	-0,16	2,56E-02
10	83153	2,00E+00	4,00E+00	-1,12	1,25E+00
11	83156	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
12	83161	-6,00E+00	3,60E+01	-1,44	2,07E+00
13	83166	2,00E+00	4,00E+00	-2,24	5,02E+00
14	83168	3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
15	83170	-7,00E+00	4,90E+01	0,16	2,56E-02
16	83177	-1,00E+00	1,00E+00	-1,44	2,07E+00
17	83177	7,00E+00	4,90E+01	0,64	4,10E-01
18	83179	-1,46E-11	2,12E-22	1,12	1,25E+00
19	83183	0,00E+00	0,00E+00	1,44	2,07E+00
20	83188	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
21	83189	1,00E+00	1,00E+00	2,08	4,33E+00
22	83197	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
23	83199	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
24	83207	-5,00E+00	2,50E+01	-0,48	2,30E-01
25	83211	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
26	83214	3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
27	83218	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
28	83223	-4,00E+00	1,60E+01	-1,28	1,64E+00
29	83228	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
30	83232	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
31	83234	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
32	83237	5,00E+00	2,50E+01	0,8	6,40E-01
33	83239	-4,00E+00	1,60E+01	1,44	2,07E+00
34	83247	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
35	83249	5,00E+00	2,50E+01	1,44	2,07E+00
36	83253	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
37	83261	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
38	83264	-4,00E+00	1,60E+01	-0,8	6,40E-01
39	83271	-5,00E+00	2,50E+01	-0,96	9,22E-01
40	83275	1,00E+00	1,00E+00	-1,28	1,64E+00
41	83277	2,00E+00	4,00E+00	-1,12	1,25E+00
42	83281	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
43	83284	-3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
44	83289	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
45	83293	1,00E+00	1,00E+00	-1,12	1,25E+00
46	83294	-1,46E-11	2,12E-22	-0,48	2,30E-01
47	83298	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
48	83300	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
49	83303	6,00E+00	3,60E+01	1,12	1,25E+00

50	83304	7,00E+00	4,90E+01	1,92	3,69E+00
51	83308	0,00E+00	0,00E+00	1,28	1,64E+00
52	83314	-5,00E+00	2,50E+01	0,8	6,40E-01
53	83320	-4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
54	83324	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
55	83327	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
56	83330	-2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
57	83335	3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
58	83338	-1,00E+00	1,00E+00	2,08	4,33E+00
59	83341	2,00E+00	4,00E+00	2,72	7,40E+00
60	83349	1,80E+01	3,24E+02	1,6	2,56E+00
61	83346	0,00E+00	0,00E+00	3,84	1,47E+01
62	83362	-1,10E+01	1,21E+02	0,64	4,10E-01
63	83369	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
64	83375	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
65	83381	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
66	83386	2,00E+00	4,00E+00	-1,92	3,69E+00
67	83393	0,00E+00	0,00E+00	-0,8	6,40E-01
68	83399	-7,00E+00	4,90E+01	-1,92	3,69E+00
69	83407	-6,00E+00	3,60E+01	-2,88	8,29E+00
70	83412	-4,00E+00	1,60E+01	-2,56	6,55E+00
71	83414	-5,00E+00	2,50E+01	-1,6	2,56E+00
72	83419	7,00E+00	4,90E+01	-1,6	2,56E+00
73	83417	9,00E+00	8,10E+01	0,64	4,10E-01
74	83421	-2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
75	83427	-4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
76	83432	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
77	83435	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
78	83439	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
79	83441	3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
80	83446	4,00E+00	1,60E+01	1,28	1,64E+00
81	83449	2,00E+00	4,00E+00	2,4	5,76E+00
82	83456	0,00E+00	0,00E+00	1,92	3,69E+00
83	83461	1,00E+00	1,00E+00	1,92	3,69E+00
84	83468	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
85	83473	1,00E+00	1,00E+00	1,44	2,07E+00
86	83481	-5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
87	83489	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
88	83495	5,00E+00	2,50E+01	0,32	1,02E-01
89	83500	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
90	83509	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
91	83516	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
92	83522	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
93	83531	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
94	83537	3,00E+00	9,00E+00	-0,32	1,02E-01
95	83544	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
96	83550	-4,00E+00	1,60E+01	-0,48	2,30E-01
97	83560	-8,00E+00	6,40E+01	-1,6	2,56E+00
98	83568	-3,00E+00	9,00E+00	-1,76	3,10E+00
99	83572	0,00E+00	0,00E+00	-1,12	1,25E+00
100	83578	4,00E+00	1,60E+01	-0,48	2,30E-01
101	83581	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
102	83588	2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
103	83594	4,00E+00	1,60E+01	1,44	2,07E+00
104	83600	0,00E+00	0,00E+00	1,44	2,07E+00
105	83609	-3,00E+00	9,00E+00	1,28	1,64E+00
106	83616	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
107	83624	6,00E+00	3,60E+01	-0,16	2,56E-02

108	83629	3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
109	83637	-8,00E+00	6,40E+01	0,48	2,30E-01
110	83648	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
111	83653	7,00E+00	4,90E+01	0	0,00E+00
112	83659	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
113	83668	-5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
114	83677	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
115	83684	7,00E+00	4,90E+01	0,64	4,10E-01
116	83690	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
117	83699	-6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
118	83710	-6,00E+00	3,60E+01	-0,32	1,02E-01
119	83719	4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
120	83724	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
121	83733	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
122	83742	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
123	83750	-3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
124	83759	-5,00E+00	2,50E+01	1,44	2,07E+00
125	83769	9,00E+00	8,10E+01	-0,16	2,56E-02
126	83773	1,10E+01	1,21E+02	1,76	3,10E+00
127	83783	-6,00E+00	3,60E+01	1,28	1,64E+00
128	83796	-9,00E+00	8,10E+01	4,657E-12	2,17E-23
129	83808	2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
130	83813	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
131	83824	0,00E+00	0,00E+00	-0,96	9,22E-01
132	83832	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
133	83842	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
134	83851	9,00E+00	8,10E+01	0,48	2,30E-01
135	83857	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
136	83869	-8,00E+00	6,40E+01	-0,16	2,56E-02
137	83881	-3,00E+00	9,00E+00	-1,6	2,56E+00
138	83889	0,00E+00	0,00E+00	-1,12	1,25E+00
139	83897	-3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
140	83906	0,00E+00	0,00E+00	-0,8	6,40E-01
141	83913	5,00E+00	2,50E+01	0,32	1,02E-01
142	83920	5,00E+00	2,50E+01	1,6	2,56E+00
143	83929	1,00E+00	1,00E+00	1,44	2,07E+00
144	83939	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
145	83950	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
146	83959	-2,00E+00	4,00E+00	-1,12	1,25E+00
147	83969	-7,00E+00	4,90E+01	-1,44	2,07E+00
148	83978	-5,00E+00	2,50E+01	-1,6	2,56E+00
149	83986	7,00E+00	4,90E+01	-0,96	9,22E-01
150	83990	7,00E+00	4,90E+01	0,96	9,22E-01
151	83998	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
152	84009	0,00E+00	0,00E+00	-2,33E-12	5,42E-24
153	84017	-5,00E+00	2,50E+01	1,76	3,10E+00
154	84027	-6,00E+00	3,60E+01	0,16	2,56E-02
155	84036	1,40E+01	1,96E+02	-0,8	6,40E-01
156	84040	7,00E+00	4,90E+01	0,48	2,30E-01
157	84049	-1,70E+01	2,89E+02	0,16	2,56E-02
158	84067	-4,00E+00	1,60E+01	-2,88	8,29E+00
159	84069	3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
160	84077	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
161	84085	5,00E+00	2,50E+01	-1,12	1,25E+00
162	84090	4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
163	84099	-3,00E+00	9,00E+00	1,28	1,64E+00
164	84108	-6,00E+00	3,60E+01	0,32	1,02E-01
165	84117	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00

166	84123	8,00E+00	6,40E+01	1,12	1,25E+00
167	84129	2,00E+00	4,00E+00	1,6	2,56E+00
168	84139	-1,00E+00	1,00E+00	1,28	1,64E+00
169	84149	3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
170	84157	2,91E-11	8,47E-22	0,48	2,30E-01
171	84168	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
172	84178	-6,00E+00	3,60E+01	-1,12	1,25E+00
173	84187	-6,00E+00	3,60E+01	-0,8	6,40E-01
174	84197	7,00E+00	4,90E+01	-0,96	9,22E-01
175	84200	7,00E+00	4,90E+01	0,96	9,22E-01
176	84210	-1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
177	84220	-1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
178	84230	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
179	84239	1,00E+00	1,00E+00	1,6	2,56E+00
180	84249	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
181	84259	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
182	84269	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
183	84279	-4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
184	84291	3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
185	84298	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
186	84309	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
187	84320	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
188	84329	5,00E+00	2,50E+01	1,28	1,64E+00
189	84339	5,00E+00	2,50E+01	1,76	3,10E+00
190	84349	0,00E+00	0,00E+00	1,44	2,07E+00
191	84363	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
192	84374	-2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
193	84387	-4,00E+00	1,60E+01	-0,96	9,22E-01
194	84398	-2,00E+00	4,00E+00	-0,96	9,22E-01
195	84409	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
196	84418	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
197	84429	8,00E+00	6,40E+01		
198	84439	5,00E+00	2,50E+01		
199	84451				
200	84468				
201	84478				
		$\sum S_{bi}^2$	4,16E+03	$\sum S_{bi}^2$	2,55E+02

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE I – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “BOA A REGULAR” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m

	0,996607	1,09E-02	-2,08E-03	3,19E-04
$S_{0,25} =$	-0,5563	0,943877	-0,83247	5,06E-02
	2,15E-02	2,13E-03	0,750871	8,22E-03
	3,335013	0,337647	-39,1276	0,434756
	5,48E-03			
$P_{0,25} =$	1,388776			
	0,227597			
	35,79262			

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
0,00	83130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,25	83131	6,27	0,00	6,27	0,00	4,00	6,26	-3,16	5,76	-81,35	0,50	0,50
0,50	83131	6,26	-3,16	5,76	-81,35	0,00	6,17	-15,37	3,78	-240,75	2,89	1,45
0,75	83129	6,17	-15,37	3,78	-240,75	-8,00	5,85	-44,39	-0,86	-523,57	9,60	3,20
1,00	83129	5,85	-44,39	-0,86	-523,57	0,00	5,18	-70,95	-4,92	-189,41	19,70	4,93
1,25	83128	5,18	-70,95	-4,92	-189,41	-4,00	4,32	-80,91	-6,20	-39,70	30,22	6,04
1,50	83127	4,32	-80,91	-6,20	-39,70	-4,00	3,40	-81,17	-5,97	69,28	39,59	6,60
1,75	83127	3,40	-81,17	-5,97	69,28	0,00	2,53	-70,02	-4,01	247,72	46,13	6,59
2,00	83129	2,53	-70,02	-4,01	247,72	8,00	1,89	-40,50	0,75	535,91	47,28	5,91
2,25	83130	1,89	-40,50	0,75	535,91	4,00	1,63	-7,21	5,83	339,49	51,48	5,72
2,50	83130	1,63	-7,21	5,83	339,49	0,00	1,65	4,62	7,19	-77,64	57,02	5,70
2,75	83132	1,65	4,62	7,19	-77,64	8,00	1,70	4,64	6,63	-21,74	61,95	5,63
3,00	83136	1,70	4,64	6,63	-21,74	16,00	1,81	19,04	8,49	311,13	68,63	5,72
3,25	83137	1,81	19,04	8,49	311,13	4,00	2,11	31,21	9,92	-41,13	76,44	5,88
3,50	83139	2,11	31,21	9,92	-41,13	8,00	2,46	29,06	9,04	-102,08	83,03	5,93
3,75	83144	2,46	29,06	9,04	-102,08	20,00	2,82	41,14	10,62	335,65	90,82	6,05
4,00	83148	2,82	41,14	10,62	335,65	16,00	3,43	67,64	14,52	326,49	101,91	6,37
4,25	83151	3,43	67,64	14,52	326,49	12,00	4,30	83,05	16,54	37,55	114,14	6,71
4,50	83153	4,30	83,05	16,54	37,55	8,00	5,21	75,24	14,82	-302,01	123,75	6,87
4,75	83155	5,21	75,24	14,82	-302,01	8,00	5,93	51,59	10,73	-381,89	128,55	6,77
5,00	83156	5,93	51,59	10,73	-381,89	4,00	6,35	22,67	6,07	-405,68	128,83	6,44
5,25	83159	6,35	22,67	6,07	-405,68	12,00	6,50	8,93	4,14	44,54	131,20	6,25
5,50	83161	6,50	8,93	4,14	44,54	8,00	6,63	14,74	5,45	168,52	132,38	6,02
5,75	83164	6,63	14,74	5,45	168,52	12,00	6,88	30,88	8,39	316,51	133,89	5,82
6,00	83166	6,88	30,88	8,39	316,51	8,00	7,32	45,48	10,93	129,21	137,50	5,73
6,25	83167	7,32	45,48	10,93	129,21	4,00	7,83	41,86	10,44	-188,68	140,11	5,60
6,50	83168	7,83	41,86	10,44	-188,68	4,00	8,20	22,46	7,45	-306,96	140,86	5,42
6,75	83169	8,20	22,46	7,45	-306,96	4,00	8,33	0,45	4,21	-246,97	144,97	5,37
7,00	83170	8,33	0,45	4,21	-246,97	4,00	8,24	-14,67	2,22	-100,90	150,99	5,39
7,25	83174	8,24	-14,67	2,22	-100,90	16,00	8,10	-3,16	4,62	464,50	154,46	5,33
7,50	83177	8,10	-3,16	4,62	464,50	12,00	8,24	28,85	10,19	476,46	156,41	5,21
7,75	83177	8,24	28,85	10,19	476,46	0,00	8,66	38,30	11,81	-154,35	159,56	5,15
8,00	83177	8,66	38,30	11,81	-154,35	0,00	8,97	13,68	7,86	-487,30	160,67	5,02
8,25	83178	8,97	13,68	7,86	-487,30	4,00	8,94	-17,75	3,03	-341,88	166,58	5,05
8,50	83179	8,94	-17,75	3,03	-341,88	4,00	8,63	-36,01	0,53	-100,26	174,68	5,14
8,75	83181	8,63	-36,01	0,53	-100,26	8,00	8,21	-33,20	1,50	238,59	181,39	5,18
9,00	83183	8,21	-33,20	1,50	238,59	8,00	7,94	-13,96	5,02	347,40	184,31	5,12
9,25	83185	7,94	-13,96	5,02	347,40	8,00	7,90	6,93	8,59	262,79	184,99	5,00
9,50	83188	7,90	6,93	8,59	262,79	12,00	8,09	24,97	11,52	236,51	188,43	4,96
9,75	83188	8,09	24,97	11,52	236,51	0,00	8,38	21,46	10,82	-312,69	190,87	4,89
10,00	83189	8,38	21,46	10,82	-312,69	4,00	8,49	-3,70	6,69	-381,12	192,66	4,82
10,25	83193	8,49	-3,70	6,69	-381,12	16,00	8,37	-10,87	5,71	172,14	195,33	4,76
10,50	83197	8,37	-10,87	5,71	172,14	16,00	8,35	11,27	9,50	448,39	196,47	4,68
10,75	83198	8,35	11,27	9,50	448,39	4,00	8,59	26,35	11,93	-1,96	199,81	4,65
11,00	83199	8,59	26,35	11,93	-1,96	4,00	8,85	15,61	10,10	-287,10	201,06	4,57

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
11,25	83203	8,85	15,61	10,10	-287,10	16,00	8,96	9,08	9,09	87,59	201,18	4,47
11,50	83207	8,96	9,08	9,09	87,59	16,00	9,13	22,68	11,40	288,21	203,45	4,42
11,75	83210	9,13	22,68	11,40	288,21	12,00	9,48	38,10	13,90	147,00	207,87	4,42
12,00	83211	9,48	38,10	13,90	147,00	4,00	9,90	32,12	12,84	-292,43	210,81	4,39
12,25	83213	9,90	32,12	12,84	-292,43	8,00	10,14	10,41	9,34	-299,45	211,62	4,32
12,50	83214	10,14	10,41	9,34	-299,45	4,00	10,13	-13,20	5,70	-315,19	216,04	4,32
12,75	83216	10,13	-13,20	5,70	-315,19	8,00	9,88	-27,70	3,70	-44,52	222,22	4,36
13,00	83218	9,88	-27,70	3,70	-44,52	8,00	9,57	-25,87	4,39	145,75	227,41	4,37
13,25	83221	9,57	-25,87	4,39	145,75	12,00	9,36	-9,35	7,38	344,36	229,39	4,33
13,50	83223	9,36	-9,35	7,38	344,36	8,00	9,36	8,38	10,37	175,52	230,40	4,27
13,75	83225	9,36	8,38	10,37	175,52	8,00	9,50	14,07	11,27	-9,12	232,17	4,22
14,00	83228	9,50	14,07	11,27	-9,12	12,00	9,66	14,82	11,35	20,97	233,86	4,18
14,25	83230	9,66	14,82	11,35	20,97	8,00	9,82	11,33	10,76	-111,57	234,80	4,12
14,50	83232	9,82	11,33	10,76	-111,57	8,00	9,89	1,74	9,22	-146,53	235,48	4,06
14,75	83233	9,89	1,74	9,22	-146,53	4,00	9,83	-13,40	6,84	-247,59	238,47	4,04
15,00	83234	9,83	-13,40	6,84	-247,59	4,00	9,58	-30,80	4,20	-203,95	243,86	4,06
15,25	83236	9,58	-30,80	4,20	-203,95	8,00	9,18	-37,11	3,44	55,05	249,61	4,09
15,50	83237	9,18	-37,11	3,44	55,05	4,00	8,78	-34,66	4,06	50,78	254,32	4,10
15,75	83238	8,78	-34,66	4,06	50,78	4,00	8,40	-32,85	4,49	23,91	258,23	4,10
16,00	83239	8,40	-32,85	4,49	23,91	4,00	8,03	-32,66	4,59	-5,30	261,68	4,09
16,25	83243	8,03	-32,66	4,59	-5,30	16,00	7,73	-17,16	7,15	406,49	262,25	4,03
16,50	83247	7,73	-17,16	7,15	406,49	16,00	7,72	16,36	12,48	489,65	267,02	4,05
16,75	83248	7,72	16,36	12,48	489,65	4,00	8,02	31,11	14,51	-101,07	273,51	4,08
17,00	83249	8,02	31,11	14,51	-101,07	4,00	8,29	13,26	11,21	-431,23	276,43	4,07
17,25	83251	8,29	13,26	11,21	-431,23	8,00	8,29	-12,16	6,90	-307,74	277,82	4,03
17,50	83253	8,29	-12,16	6,90	-307,74	8,00	8,06	-26,31	4,63	-93,94	281,26	4,02
17,75	83257	8,06	-26,31	4,63	-93,94	16,00	7,80	-15,71	6,46	368,87	282,59	3,98
18,00	83261	7,80	-15,71	6,46	368,87	16,00	7,79	16,36	11,66	500,99	286,46	3,98
18,25	83262	7,79	16,36	11,66	500,99	4,00	8,10	32,33	13,99	-63,72	292,35	4,00
18,50	83264	8,10	32,33	13,99	-63,72	8,00	8,42	22,25	12,04	-250,70	295,97	4,00
18,75	83268	8,42	22,25	12,04	-250,70	16,00	8,62	15,82	10,85	28,10	298,21	3,98
19,00	83271	8,62	15,82	10,85	28,10	12,00	8,81	19,19	11,33	51,23	300,72	3,96
19,25	83274	8,81	19,19	11,33	51,23	12,00	9,05	23,04	11,89	44,37	303,56	3,94
19,50	83275	9,05	23,04	11,89	44,37	4,00	9,28	14,62	10,45	-264,79	304,73	3,91
19,75	83276	9,28	14,62	10,45	-264,79	4,00	9,33	-7,92	6,81	-344,81	307,25	3,89
20,00	83277	9,33	-7,92	6,81	-344,81	4,00	9,11	-30,24	3,37	-244,70	312,98	3,91
20,25	83279	9,11	-30,24	3,37	-244,70	8,00	8,70	-37,70	2,47	68,19	319,21	3,94
20,50	83281	8,70	-37,70	2,47	68,19	8,00	8,32	-27,92	4,34	235,55	323,19	3,94
20,75	83283	8,32	-27,92	4,34	235,55	8,00	8,10	-11,56	7,14	237,07	324,15	3,91
21,00	83284	8,10	-11,56	7,14	237,07	4,00	8,03	-3,79	8,37	-10,01	324,49	3,86
21,25	83287	8,03	-3,79	8,37	-10,01	12,00	8,00	1,14	9,10	123,14	325,58	3,83
21,50	83289	8,00	1,14	9,10	123,14	8,00	8,05	6,40	9,84	10,94	327,37	3,81
21,75	83291	8,05	6,40	9,84	10,94	8,00	8,12	5,03	9,49	-64,89	328,73	3,78
22,00	83293	8,12	5,03	9,49	-64,89	8,00	8,15	0,16	8,60	-84,26	329,17	3,74
22,25	83294	8,15	0,16	8,60	-84,26	4,00	8,11	-10,26	6,85	-202,55	330,43	3,71
22,50	83294	8,11	-10,26	6,85	-202,55	0,00	7,89	-30,15	3,63	-332,43	334,69	3,72
22,75	83296	7,89	-30,15	3,63	-332,43	8,00	7,46	-41,59	1,92	15,93	340,23	3,74
23,00	83298	7,46	-41,59	1,92	15,93	8,00	7,03	-33,09	3,46	229,05	343,79	3,74
23,25	83299	7,03	-33,09	3,46	229,05	4,00	6,73	-20,87	5,48	119,46	345,05	3,71
23,50	83300	6,73	-20,87	5,48	119,46	4,00	6,53	-16,39	6,10	-3,75	345,47	3,68
23,75	83301	6,53	-16,39	6,10	-3,75	4,00	6,33	-18,82	5,57	-81,09	346,24	3,64
24,00	83303	6,33	-18,82	5,57	-81,09	8,00	6,11	-18,92	5,43	47,95	346,92	3,61
24,25	83303	6,11	-18,92	5,43	47,95	0,00	5,89	-23,36	4,56	-177,70	348,24	3,59
24,50	83304	5,89	-23,36	4,56	-177,70	4,00	5,57	-32,57	2,95	-100,92	350,86	3,58
24,75	83306	5,57	-32,57	2,95	-100,92	8,00	5,20	-30,30	3,26	134,47	352,80	3,56
25,00	83308	5,20	-30,30	3,26	134,47	8,00	4,93	-16,28	5,42	224,38	353,29	3,53
25,25	83311	4,93	-16,28	5,42	224,38	12,00	4,87	5,40	8,72	325,89	357,15	3,54
25,50	83314	4,87	5,40	8,72	325,89	12,00	5,06	28,30	12,07	248,11	364,16	3,57
25,75	83318	5,06	28,30	12,07	248,11	16,00	5,49	48,64	14,92	234,58	373,58	3,63
26,00	83320	5,49	48,64	14,92	234,58	8,00	6,09	53,42	15,17	-160,56	382,66	3,68
26,25	83322	6,09	53,42	15,17	-160,56	8,00	6,62	37,39	12,14	-338,72	388,18	3,70
26,50	83324	6,62	37,39	12,14	-338,72	8,00	6,91	15,46	8,37	-301,13	389,64	3,68
26,75	83325	6,91	15,46	8,37	-301,13	4,00	6,97	-5,92	4,90	-287,02	391,71	3,66
27,00	83327	6,97	-5,92	4,90	-287,02	8,00	6,82	-16,97	3,28	-9,01	395,25	3,66
27,25	83329	6,82	-16,97	3,28	-9,01	8,00	6,65	-11,89	4,32	171,13	397,57	3,65
27,50	83330	6,65	-11,89	4,32	171,13	4,00	6,56	-4,29	5,68	66,71	398,45	3,62
27,75	83333	6,56	-4,29	5,68	66,71	12,00	6,57	7,62	7,68	256,75	399,56	3,60
28,00	83335	6,57	7,62	7,68	256,75	8,00	6,74	21,26	9,85	122,10	402,68	3,60
28,25	83336	6,74	21,26	9,85	122,10	4,00	6,99	19,86	9,50	-159,61	405,19	3,59
28,50	83338	6,99	19,86	9,50	-159,61	8,00	7,15	9,97	7,84	-124,87	405,88	3,56

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
28,75	83339	7,15	9,97	7,84	-124,87	4,00	7,20	-1,86	5,94	-190,52	407,14	3,54
29,00	83341	7,20	-1,86	5,94	-190,52	8,00	7,13	-9,25	4,87	-5,63	409,40	3,53
29,25	83347	7,13	-9,25	4,87	-5,63	24,00	7,12	16,30	9,21	686,75	411,48	3,52
29,50	83349	7,12	16,30	9,21	686,75	8,00	7,52	49,65	14,57	254,00	418,53	3,55
29,75	83353	7,52	49,65	14,57	254,00	16,00	8,18	65,64	16,94	154,98	427,29	3,59
30,00	83346	8,18	65,64	16,94	154,98	-28,00	8,73	12,27	7,93	-1548,03	428,08	3,57
30,25	83359	8,73	12,27	7,93	-1548,03	52,00	8,60	-6,06	5,28	911,03	431,40	3,57
30,50	83362	8,60	-6,06	5,28	911,03	12,00	8,85	47,90	14,36	645,71	436,91	3,58
30,75	83366	8,85	47,90	14,36	645,71	16,00	9,61	83,26	20,02	337,35	447,32	3,64
31,00	83369	9,61	83,26	20,02	337,35	12,00	10,62	90,32	20,92	-147,13	457,63	3,69
31,25	83372	10,62	90,32	20,92	-147,13	12,00	11,54	71,14	17,65	-387,24	463,74	3,71
31,50	83375	11,54	71,14	17,65	-387,24	12,00	12,19	43,08	13,20	-367,06	464,75	3,69
31,75	83379	12,19	43,08	13,20	-367,06	16,00	12,56	26,53	10,89	-48,29	466,42	3,67
32,00	83381	12,56	26,53	10,89	-48,29	8,00	12,81	17,65	9,93	-109,96	469,30	3,67
32,25	83384	12,81	17,65	9,93	-109,96	12,00	12,97	12,36	9,60	41,92	472,68	3,66
32,50	83386	12,97	12,36	9,60	41,92	8,00	13,10	9,70	9,68	-23,45	476,10	3,66
32,75	83389	13,10	9,70	9,68	-23,45	12,00	13,20	9,29	10,11	87,68	479,19	3,66
33,00	83393	13,20	9,29	10,11	87,68	16,00	13,35	19,68	12,25	262,52	480,28	3,64
33,25	83397	13,35	19,68	12,25	262,52	16,00	13,66	36,46	15,33	258,47	481,95	3,62
33,50	83399	13,66	36,46	15,33	258,47	8,00	14,11	38,25	15,83	-143,28	483,67	3,61
33,75	83403	14,11	38,25	15,83	-143,28	16,00	14,49	30,04	14,73	-49,00	483,92	3,58
34,00	83407	14,49	30,04	14,73	-49,00	16,00	14,81	27,77	14,68	33,32	484,05	3,56
34,25	83411	14,81	27,77	14,68	33,32	16,00	15,13	29,66	15,31	71,61	484,23	3,53
34,50	83412	15,13	29,66	15,31	71,61	4,00	15,41	16,01	13,39	-364,46	486,26	3,52
34,75	83413	15,41	16,01	13,39	-364,46	4,00	15,41	-17,51	8,33	-482,29	493,34	3,55
35,00	83414	15,41	-17,51	8,33	-482,29	4,00	15,02	-50,91	3,50	-347,02	504,87	3,61
35,25	83417	15,02	-50,91	3,50	-347,02	12,00	14,36	-60,23	2,72	174,76	516,51	3,66
35,50	83419	14,36	-60,23	2,72	174,76	8,00	13,75	-47,14	5,48	283,53	524,78	3,70
35,75	83418	13,75	-47,14	5,48	283,53	-4,00	13,25	-47,90	5,73	-204,38	532,30	3,72
36,00	83417	13,25	-47,90	5,73	-204,38	-4,00	12,58	-73,26	1,90	-428,27	542,98	3,77
36,25	83420	12,58	-73,26	1,90	-428,27	12,00	11,66	-82,75	0,75	186,35	553,89	3,82
36,50	83421	11,66	-82,75	0,75	186,35	4,00	10,80	-70,22	3,08	205,85	561,61	3,85
36,75	83424	10,80	-70,22	3,08	205,85	12,00	10,12	-47,76	6,82	410,80	564,92	3,84
37,00	83427	10,12	-47,76	6,82	410,80	12,00	9,75	-18,92	11,35	358,91	566,51	3,83
37,25	83430	9,75	-18,92	11,35	358,91	12,00	9,67	2,12	14,37	167,75	571,22	3,83
37,50	83432	9,67	2,12	14,37	167,75	8,00	9,72	4,27	14,20	-170,08	575,70	3,84
37,75	83434	9,72	4,27	14,20	-170,08	8,00	9,70	-10,71	11,31	-309,47	577,31	3,82
38,00	83435	9,70	-10,71	11,31	-309,47	4,00	9,45	-35,03	7,04	-405,02	579,71	3,81
38,25	83438	9,45	-35,03	7,04	-405,02	12,00	8,95	-48,03	4,82	-2,40	583,85	3,82
38,50	83439	8,95	-48,03	4,82	-2,40	4,00	8,41	-48,89	4,60	-32,70	587,66	3,82
38,75	83440	8,41	-48,89	4,60	-32,70	4,00	7,85	-50,76	4,17	-39,43	591,34	3,82
39,00	83441	7,85	-50,76	4,17	-39,43	4,00	7,27	-52,19	3,78	-28,14	594,83	3,81
39,25	83445	7,27	-52,19	3,78	-28,14	16,00	6,75	-35,65	6,29	419,19	595,28	3,79
39,50	83446	6,75	-35,65	6,29	419,19	4,00	6,48	-15,86	9,15	89,63	597,96	3,78
39,75	83445	6,48	-15,86	9,15	89,63	-4,00	6,27	-27,21	6,80	-446,06	598,49	3,76
40,00	83449	6,27	-27,21	6,80	-446,06	16,00	5,88	-35,20	5,16	124,24	599,22	3,75
40,25	83452	5,88	-35,20	5,16	124,24	12,00	5,57	-17,84	7,68	289,35	601,32	3,73
40,50	83456	5,57	-17,84	7,68	289,35	16,00	5,52	10,55	11,87	410,57	607,67	3,75
40,75	83459	5,52	10,55	11,87	410,57	12,00	5,79	34,46	15,16	165,60	617,04	3,79
41,00	83461	5,79	34,46	15,16	165,60	8,00	6,21	36,18	14,76	-203,89	625,59	3,81
41,25	83463	6,21	36,18	14,76	-203,89	8,00	6,53	19,19	11,44	-347,03	630,49	3,82
41,50	83468	6,53	19,19	11,44	-347,03	20,00	6,70	15,15	10,47	145,61	634,27	3,82
41,75	83471	6,70	15,15	10,47	145,61	12,00	6,93	25,90	11,97	110,57	639,30	3,83
42,00	83473	6,93	25,90	11,97	110,57	8,00	7,24	27,34	11,92	-101,97	643,98	3,83
42,25	83478	7,24	27,34	11,92	-101,97	20,00	7,57	34,46	12,88	238,52	649,29	3,84
42,50	83481	7,57	34,46	12,88	238,52	12,00	8,03	46,34	14,60	66,21	655,85	3,86
42,75	83486	8,03	46,34	14,60	66,21	20,00	8,61	58,25	16,33	215,89	663,57	3,88
43,00	83489	8,61	58,25	16,33	215,89	12,00	9,32	64,19	17,08	-67,16	671,33	3,90
43,25	83493	9,32	64,19	17,08	-67,16	16,00	10,02	60,01	16,25	-71,92	677,55	3,92
43,50	83495	10,02	60,01	16,25	-71,92	8,00	10,63	45,01	13,77	-327,03	680,70	3,91
43,75	83498	10,63	45,01	13,77	-327,03	12,00	11,02	25,21	10,71	-200,96	681,01	3,89
44,00	83500	11,02	25,21	10,71	-200,96	8,00	11,21	9,68	8,50	-174,80	683,72	3,88
44,25	83505	11,21	9,68	8,50	-174,80	20,00	11,31	14,75	9,76	347,91	685,27	3,87
44,50	83509	11,31	14,75	9,76	347,91	16,00	11,62	39,34	14,11	384,78	687,76	3,86
44,75	83514	11,62	39,34	14,11	384,78	20,00	12,21	66,19	18,64	383,26	694,19	3,88
45,00	83516	12,21	66,19	18,64	383,26	8,00	13,02	70,69	19,37	-213,33	700,55	3,89
45,25	83520	13,02	70,69	19,37	-213,33	16,00	13,72	54,77	16,86	-210,77	703,69	3,89
45,50	83522	13,72	54,77	16,86	-210,77	8,00	14,22	30,46	13,16	-400,89	704,74	3,87
45,75	83526	14,22	30,46	13,16	-400,89	16,00	14,43	11,80	10,60	-58,94	708,58	3,87
46,00	83531	14,43	11,80	10,60	-58,94	20,00	14,58	19,07	12,36	327,60	710,80	3,86

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
46,25	83534	14,58	19,07	12,36	327,60	12,00	14,88	32,86	15,06	143,30	710,97	3,84
46,50	83537	14,88	32,86	15,06	143,30	12,00	15,27	34,12	15,61	-36,78	711,31	3,82
46,75	83541	15,27	34,12	15,61	-36,78	16,00	15,64	31,07	15,46	8,40	711,48	3,80
47,00	83544	15,64	31,07	15,46	8,40	12,00	15,96	24,85	14,81	-109,15	712,63	3,79
47,25	83547	15,96	24,85	14,81	-109,15	12,00	16,18	13,38	13,35	-135,89	715,45	3,79
47,50	83550	16,18	13,38	13,35	-135,89	12,00	16,26	2,30	12,02	-93,55	719,70	3,79
47,75	83556	16,26	2,30	12,02	-93,55	24,00	16,31	11,71	14,07	403,19	721,94	3,78
48,00	83560	16,31	11,71	14,07	403,19	16,00	16,57	32,91	17,90	255,75	723,27	3,77
48,25	83564	16,57	32,91	17,90	255,75	16,00	17,00	42,12	19,61	49,92	725,88	3,76
48,50	83568	17,00	42,12	19,61	49,92	16,00	17,47	38,72	19,23	-101,99	727,64	3,75
48,75	83570	17,47	38,72	19,23	-101,99	8,00	17,80	16,77	15,88	-439,19	729,56	3,74
49,00	83572	17,80	16,77	15,88	-439,19	8,00	17,80	-18,43	10,55	-460,99	736,80	3,76
49,25	83574	17,80	-18,43	10,55	-460,99	8,00	17,41	-48,32	6,30	-273,90	747,91	3,80
49,50	83578	17,41	-48,32	6,30	-273,90	16,00	16,81	-52,19	6,39	248,87	758,33	3,83
49,75	83579	16,81	-52,19	6,39	248,87	4,00	16,27	-45,77	8,01	39,72	766,59	3,85
50,00	83581	16,27	-45,77	8,01	39,72	8,00	15,76	-45,80	8,41	29,13	773,93	3,87
50,25	83584	15,76	-45,80	8,41	29,13	12,00	15,26	-40,85	9,53	150,10	779,66	3,88
50,50	83588	15,26	-40,85	9,53	150,10	16,00	14,88	-25,16	12,27	302,19	782,27	3,87
50,75	83592	14,88	-25,16	12,27	302,19	16,00	14,71	-4,72	15,61	264,99	783,17	3,86
51,00	83594	14,71	-4,72	15,61	264,99	8,00	14,70	-1,10	16,03	-161,69	784,49	3,85
51,25	83598	14,70	-1,10	16,03	-161,69	16,00	14,65	-8,53	14,66	-75,99	784,50	3,83
51,50	83600	14,65	-8,53	14,66	-75,99	8,00	14,49	-21,14	12,50	-274,33	786,49	3,82
51,75	83604	14,49	-21,14	12,50	-274,33	16,00	14,19	-30,09	11,04	5,48	789,64	3,81
52,00	83609	14,19	-30,09	11,04	5,48	20,00	13,90	-17,43	13,13	323,43	790,41	3,80
52,25	83613	13,90	-17,43	13,13	323,43	16,00	13,82	3,49	16,42	240,10	793,01	3,79
52,50	83616	13,82	3,49	16,42	240,10	12,00	13,92	10,76	17,34	-61,31	796,42	3,79
52,75	83620	13,92	10,76	17,34	-61,31	16,00	14,03	7,09	16,48	-82,37	798,88	3,79
53,00	83624	14,03	7,09	16,48	-82,37	16,00	14,08	3,22	15,66	-58,79	800,45	3,78
53,25	83627	14,08	3,22	15,66	-58,79	12,00	14,08	-4,14	14,31	-160,57	800,68	3,76
53,50	83629	14,08	-4,14	14,31	-160,57	8,00	13,95	-20,68	11,54	-297,95	803,09	3,75
53,75	83633	13,95	-20,68	11,54	-297,95	16,00	13,65	-29,76	10,12	31,07	806,63	3,75
54,00	83637	13,65	-29,76	10,12	31,07	16,00	13,35	-20,31	11,72	225,87	808,26	3,74
54,25	83641	13,35	-20,31	11,72	225,87	16,00	13,22	-2,70	14,55	249,87	809,58	3,73
54,50	83648	13,22	-2,70	14,55	249,87	28,00	13,35	29,53	19,63	584,89	815,86	3,74
54,75	83650	13,35	29,53	19,63	584,89	8,00	13,82	44,84	21,72	-172,87	823,76	3,76
55,00	83653	13,82	44,84	21,72	-172,87	12,00	14,23	24,47	18,01	-434,19	827,54	3,76
55,25	83657	14,23	24,47	18,01	-434,19	16,00	14,36	0,42	13,95	-265,07	827,94	3,75
55,50	83659	14,36	0,42	13,95	-265,07	8,00	14,24	-21,52	10,43	-326,84	831,76	3,75
55,75	83663	14,24	-21,52	10,43	-326,84	16,00	13,92	-31,25	9,05	62,77	836,63	3,75
56,00	83668	13,92	-31,25	9,05	62,77	20,00	13,64	-13,82	12,09	425,08	838,18	3,74
56,25	83672	13,64	-13,82	12,09	425,08	16,00	13,64	13,05	16,48	325,14	841,02	3,74
56,50	83677	13,64	13,05	16,48	325,14	20,00	13,92	35,25	19,92	262,23	847,02	3,75
56,75	83680	13,92	35,25	19,92	262,23	12,00	14,36	38,89	20,22	-177,67	852,88	3,76
57,00	83684	14,36	38,89	20,22	-177,67	16,00	14,73	25,11	17,76	-234,72	855,91	3,75
57,25	83688	14,73	25,11	17,76	-234,72	16,00	14,93	11,06	15,41	-166,52	856,39	3,74
57,50	83690	14,93	11,06	15,41	-166,52	8,00	14,96	-8,03	12,37	-335,68	858,98	3,73
57,75	83695	14,96	-8,03	12,37	-335,68	20,00	14,80	-15,42	11,39	133,03	862,39	3,73
58,00	83699	14,80	-15,42	11,39	133,03	16,00	14,68	-3,31	13,57	229,14	863,50	3,72
58,25	83704	14,68	-3,31	13,57	229,14	20,00	14,75	16,80	16,93	332,34	865,68	3,72
58,50	83710	14,75	16,80	16,93	332,34	24,00	15,09	43,71	21,26	395,76	871,86	3,73
58,75	83716	15,09	43,71	21,26	395,76	24,00	15,73	68,54	25,10	264,14	881,24	3,75
59,00	83719	15,73	68,54	25,10	264,14	12,00	16,52	65,09	24,23	-362,19	888,95	3,77
59,25	83721	16,52	65,09	24,23	-362,19	8,00	17,05	24,84	17,53	-742,30	889,44	3,75
59,50	83724	17,05	24,84	17,53	-742,30	12,00	17,06	-21,57	10,21	-514,02	896,28	3,77
59,75	83729	17,06	-21,57	10,21	-514,02	20,00	16,69	-36,60	8,32	142,33	904,65	3,79
60,00	83733	16,69	-36,60	8,32	142,33	16,00	16,35	-21,33	11,34	352,45	909,66	3,79
60,25	83738	16,35	-21,33	11,34	352,45	20,00	16,26	6,96	16,27	472,78	909,67	3,77
60,50	83742	16,26	6,96	16,27	472,78	16,00	16,48	30,15	20,11	198,20	913,30	3,77
60,75	83747	16,48	30,15	20,11	198,20	20,00	16,89	40,36	21,70	80,32	918,11	3,78
61,00	83750	16,89	40,36	21,70	80,32	12,00	17,32	31,37	20,14	-314,72	920,93	3,77
61,25	83754	17,32	31,37	20,14	-314,72	16,00	17,54	9,50	16,61	-283,65	921,86	3,76
61,50	83759	17,54	9,50	16,61	-283,65	20,00	17,57	-1,22	15,09	4,24	924,35	3,76
61,75	83765	17,57	-1,22	15,09	4,24	24,00	17,60	10,06	17,20	328,56	924,74	3,74
62,00	83769	17,60	10,06	17,20	328,56	16,00	17,81	24,24	19,66	104,44	926,60	3,74
62,25	83771	17,81	24,24	19,66	104,44	8,00	18,05	13,00	17,88	-370,01	926,77	3,72
62,50	83773	18,05	13,00	17,88	-370,01	8,00	18,02	-20,28	12,62	-509,47	932,17	3,73
62,75	83778	18,02	-20,28	12,62	-509,47	20,00	17,66	-37,70	10,18	53,85	939,64	3,74
63,00	83783	17,66	-37,70	10,18	53,85	20,00	17,29	-23,38	12,94	386,97	943,99	3,75
63,25	83789	17,29	-23,38	12,94	386,97	24,00	17,20	10,47	18,68	570,68	945,47	3,74
63,50	83796	17,20	10,47	18,68	570,68	28,00	17,56	52,55	25,49	580,17	953,40	3,75

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
63,75	83803	17,56	52,55	25,49	580,17	28,00	18,36	86,89	30,77	333,50	965,81	3,79
64,00	83808	18,36	86,89	30,77	333,50	20,00	19,39	90,85	30,98	-252,55	977,39	3,82
64,25	83811	19,39	90,85	30,98	-252,55	12,00	20,24	53,05	24,53	-797,02	981,68	3,82
64,50	83813	20,24	53,05	24,53	-797,02	8,00	20,49	-10,86	14,23	-934,40	987,94	3,83
64,75	83819	20,49	-10,86	14,23	-934,40	24,00	20,10	-47,49	8,88	-39,43	999,16	3,86
65,00	83824	20,10	-47,49	8,88	-39,43	20,00	19,60	-37,63	11,23	402,10	1007,52	3,88
65,25	83829	19,60	-37,63	11,23	402,10	20,00	19,33	-7,63	16,63	503,88	1010,22	3,87
65,50	83832	19,33	-7,63	16,63	503,88	12,00	19,38	10,38	19,76	59,68	1010,61	3,86
65,75	83838	19,38	10,38	19,76	59,68	24,00	19,53	18,92	21,23	179,81	1012,31	3,85
66,00	83842	19,53	18,92	21,23	179,81	16,00	19,77	20,65	21,52	-108,36	1014,06	3,84
66,25	83847	19,77	20,65	21,52	-108,36	20,00	19,96	12,86	20,29	-100,49	1014,39	3,83
66,50	83851	19,96	12,86	20,29	-100,49	16,00	20,05	1,27	18,51	-194,06	1015,93	3,82
66,75	83854	20,05	1,27	18,51	-194,06	12,00	19,96	-18,53	15,47	-311,78	1020,42	3,82
67,00	83857	19,96	-18,53	15,47	-311,78	12,00	19,62	-40,59	12,17	-250,95	1027,87	3,84
67,25	83863	19,62	-40,59	12,17	-250,95	24,00	19,14	-38,75	12,88	325,38	1034,13	3,84
67,50	83869	19,14	-38,75	12,88	325,38	24,00	18,86	-8,13	18,13	547,46	1034,86	3,83
67,75	83876	18,86	-8,13	18,13	547,46	28,00	19,00	33,35	24,88	590,78	1040,74	3,84
68,00	83881	19,00	33,35	24,88	590,78	20,00	19,54	57,90	28,57	73,84	1049,77	3,86
68,25	83886	19,54	57,90	28,57	73,84	20,00	20,18	51,51	27,16	-285,22	1056,74	3,87
68,50	83889	20,18	51,51	27,16	-285,22	12,00	20,60	17,00	21,32	-672,33	1057,47	3,86
68,75	83891	20,60	17,00	21,32	-672,33	8,00	20,50	-36,10	12,78	-765,77	1065,18	3,87
69,00	83897	20,50	-36,10	12,78	-765,77	24,00	19,89	-61,57	9,13	82,15	1075,95	3,90
69,25	83900	19,89	-61,57	9,13	82,15	12,00	19,23	-55,96	10,56	153,61	1084,61	3,92
69,50	83906	19,23	-55,96	10,56	153,61	24,00	18,71	-31,19	14,95	557,92	1088,37	3,92
69,75	83909	18,71	-31,19	14,95	557,92	12,00	18,52	-7,37	18,88	139,05	1088,74	3,90
70,00	83913	18,52	-7,37	18,88	139,05	16,00	18,47	-3,71	19,34	-46,28	1089,61	3,89
70,25	83918	18,47	-3,71	19,34	-46,28	20,00	18,42	-4,44	19,09	-0,80	1090,28	3,88
70,50	83920	18,42	-4,44	19,09	-0,80	8,00	18,31	-19,26	16,53	-400,86	1092,06	3,87
70,75	83926	18,31	-19,26	16,53	-400,86	24,00	18,01	-29,10	14,93	92,45	1095,13	3,87
71,00	83929	18,01	-29,10	14,93	92,45	12,00	17,69	-28,57	15,03	-64,37	1097,80	3,87
71,25	83935	17,69	-28,57	15,03	-64,37	24,00	17,40	-19,25	16,54	292,30	1098,66	3,85
71,50	83939	17,40	-19,25	16,54	292,30	16,00	17,28	-4,59	18,80	104,16	1100,18	3,85
71,75	83945	17,28	-4,59	18,80	104,16	24,00	17,29	9,01	20,80	224,89	1103,68	3,85
72,00	83950	17,29	9,01	20,80	224,89	20,00	17,47	20,74	22,41	60,68	1108,61	3,85
72,25	83955	17,47	20,74	22,41	60,68	20,00	17,72	22,05	22,30	-69,23	1113,19	3,85
72,50	83959	17,72	22,05	22,30	-69,23	16,00	17,92	11,11	20,24	-263,26	1115,51	3,85
72,75	83966	17,92	11,11	20,24	-263,26	28,00	18,01	9,22	19,82	159,23	1117,32	3,84
73,00	83969	18,01	9,22	19,82	159,23	12,00	18,12	6,91	19,33	-213,48	1118,52	3,83
73,25	83972	18,12	6,91	19,33	-213,48	12,00	18,09	-13,79	15,89	-356,77	1120,72	3,82
73,50	83978	18,09	-13,79	15,89	-356,77	24,00	17,87	-21,06	14,82	137,73	1123,77	3,82
73,75	83982	17,87	-21,06	14,82	137,73	16,00	17,68	-12,96	16,24	105,04	1125,20	3,81
74,00	83986	17,68	-12,96	16,24	105,04	16,00	17,56	-8,05	17,06	37,33	1125,71	3,80
74,25	83989	17,56	-8,05	17,06	37,33	12,00	17,46	-13,01	16,21	-165,74	1126,96	3,79
74,50	83990	17,46	-13,01	16,21	-165,74	4,00	17,19	-38,32	12,06	-509,15	1132,09	3,80
74,75	83994	17,19	-38,32	12,06	-509,15	16,00	16,62	-59,34	8,80	-76,32	1139,90	3,81
75,00	83998	16,62	-59,34	8,80	-76,32	16,00	15,96	-54,23	9,86	230,44	1146,00	3,82
75,25	84003	15,96	-54,23	9,86	230,44	20,00	15,47	-28,82	14,07	465,33	1147,40	3,81
75,50	84009	15,47	-28,82	14,07	465,33	24,00	15,36	9,37	20,13	552,48	1152,17	3,82
75,75	84014	15,36	9,37	20,13	552,48	20,00	15,65	39,30	24,56	222,84	1161,08	3,83
76,00	84017	15,65	39,30	24,56	222,84	12,00	16,11	35,90	23,42	-369,07	1168,39	3,84
76,25	84023	16,11	35,90	23,42	-369,07	24,00	16,41	20,06	20,44	-152,12	1172,42	3,84
76,50	84027	16,41	20,06	20,44	-152,12	16,00	16,57	7,30	18,13	-231,71	1173,98	3,84
76,75	84032	16,57	7,30	18,13	-231,71	20,00	16,60	-1,39	16,64	-36,71	1174,02	3,82
77,00	84036	16,60	-1,39	16,64	-36,71	16,00	16,56	-4,03	16,19	-39,33	1174,40	3,81
77,25	84038	16,56	-4,03	16,19	-39,33	8,00	16,46	-17,37	14,00	-310,18	1176,86	3,81
77,50	84040	16,46	-17,37	14,00	-310,18	8,00	16,13	-41,81	10,10	-347,22	1182,90	3,82
77,75	84045	16,13	-41,81	10,10	-347,22	20,00	15,60	-46,65	9,54	209,42	1188,96	3,82
78,00	84049	15,60	-46,65	9,54	209,42	16,00	15,17	-27,83	12,76	326,76	1191,36	3,82
78,25	84059	15,17	-27,83	12,76	326,76	40,00	15,11	26,77	21,64	1115,60	1197,89	3,83
78,50	84067	15,11	26,77	21,64	1115,60	32,00	15,84	99,79	33,09	843,06	1215,14	3,87
78,75	84068	15,84	99,79	33,09	843,06	4,00	17,10	106,09	33,24	-698,42	1231,28	3,91
79,00	84069	17,10	106,09	33,24	-698,42	4,00	17,93	33,13	20,72	-1368,22	1234,08	3,91
79,25	84074	17,93	33,13	20,72	-1368,22	20,00	17,86	-37,47	9,32	-618,76	1242,62	3,92
79,50	84077	17,86	-37,47	9,32	-618,76	12,00	17,24	-67,73	4,94	-157,17	1254,91	3,95
79,75	84081	17,24	-67,73	4,94	-157,17	16,00	16,47	-63,38	6,29	345,49	1265,09	3,97
80,00	84085	16,47	-63,38	6,29	345,49	16,00	15,90	-34,50	11,42	510,31	1269,56	3,97
80,25	84086	15,90	-34,50	11,42	510,31	4,00	15,63	-19,52	13,95	-40,59	1271,25	3,96
80,50	84090	15,63	-19,52	13,95	-40,59	16,00	15,41	-18,57	14,08	54,62	1272,58	3,95
80,75	84096	15,41	-18,57	14,08	54,62	24,00	15,28	-1,73	16,78	376,98	1274,08	3,94
81,00	84099	15,28	-1,73	16,78	376,98	12,00	15,36	11,66	18,75	-12,64	1277,47	3,94

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
81,25	84104	15,36	11,66	18,75	-12,64	20,00	15,50	13,99	18,88	31,77	1280,86	3,94
81,50	84108	15,50	13,99	18,88	31,77	16,00	15,66	12,69	18,45	-95,99	1283,64	3,94
81,75	84113	15,66	12,69	18,45	-95,99	20,00	15,78	10,82	17,98	8,88	1285,84	3,93
82,00	84117	15,78	10,82	17,98	8,88	16,00	15,90	9,14	17,58	-70,57	1287,51	3,93
82,25	84121	15,90	9,14	17,58	-70,57	16,00	15,98	3,80	16,62	-89,59	1288,15	3,92
82,50	84123	15,98	3,80	16,62	-89,59	8,00	15,94	-12,57	13,92	-348,37	1290,18	3,91
82,75	84126	15,94	-12,57	13,92	-348,37	12,00	15,68	-33,30	10,63	-217,52	1295,23	3,91
83,00	84129	15,68	-33,30	10,63	-217,52	12,00	15,24	-43,35	9,19	-40,04	1301,27	3,92
83,25	84136	15,24	-43,35	9,19	-40,04	28,00	14,83	-20,19	13,18	661,25	1302,92	3,91
83,50	84139	14,83	-20,19	13,18	661,25	12,00	14,81	11,87	18,34	243,85	1306,45	3,91
83,75	84145	14,81	11,87	18,34	243,85	24,00	15,06	33,38	21,58	300,74	1312,98	3,92
84,00	84149	15,06	33,38	21,58	300,74	16,00	15,51	42,61	22,72	-79,61	1320,18	3,93
84,25	84153	15,51	42,61	22,72	-79,61	16,00	15,94	30,87	20,47	-284,65	1324,71	3,93
84,50	84157	15,94	30,87	20,47	-284,65	16,00	16,18	11,03	17,08	-288,38	1325,61	3,92
84,75	84162	16,18	11,03	17,08	-288,38	20,00	16,22	0,36	15,38	-20,13	1326,46	3,91
85,00	84168	16,22	0,36	15,38	-20,13	24,00	16,27	10,83	17,19	302,83	1327,38	3,90
85,25	84173	16,27	10,83	17,19	302,83	20,00	16,50	29,97	20,32	232,68	1331,21	3,90
85,50	84178	16,50	29,97	20,32	232,68	20,00	16,91	41,75	22,15	86,89	1336,44	3,91
85,75	84182	16,91	41,75	22,15	86,89	16,00	17,38	38,18	21,44	-185,54	1340,50	3,91
86,00	84187	17,38	38,18	21,44	-185,54	20,00	17,74	26,90	19,58	-132,75	1342,33	3,90
86,25	84192	17,74	26,90	19,58	-132,75	20,00	18,00	20,28	18,60	-39,66	1342,93	3,89
86,50	84197	18,00	20,28	18,60	-39,66	20,00	18,22	19,41	18,62	37,69	1343,33	3,88
86,75	84198	18,22	19,41	18,62	37,69	4,00	18,37	0,14	15,64	-501,81	1346,06	3,88
87,00	84200	18,37	0,14	15,64	-501,81	8,00	18,16	-37,41	9,83	-482,39	1354,39	3,89
87,25	84203	18,16	-37,41	9,83	-482,39	12,00	17,58	-61,36	6,46	-117,01	1365,51	3,91
87,50	84210	17,58	-61,36	6,46	-117,01	28,00	16,95	-40,11	10,51	736,49	1371,95	3,92
87,75	84216	16,95	-40,11	10,51	736,49	24,00	16,80	14,59	19,69	811,02	1374,84	3,92
88,00	84220	16,80	14,59	19,69	811,02	16,00	17,21	51,33	25,49	215,88	1383,11	3,93
88,25	84225	17,21	51,33	25,49	215,88	20,00	17,84	56,37	25,94	-112,76	1391,22	3,94
88,50	84230	17,84	56,37	25,94	-112,76	20,00	18,41	43,75	23,61	-269,75	1396,42	3,94
88,75	84235	18,41	43,75	23,61	-269,75	20,00	18,80	25,51	20,55	-249,00	1398,17	3,94
89,00	84239	18,80	25,51	20,55	-249,00	16,00	18,98	6,13	17,48	-268,36	1399,66	3,93
89,25	84244	18,98	6,13	17,48	-268,36	20,00	18,97	-5,15	15,90	-19,57	1402,74	3,93
89,50	84249	18,97	-5,15	15,90	-19,57	20,00	18,92	-1,86	16,72	146,91	1404,93	3,92
89,75	84255	18,92	-1,86	16,72	146,91	24,00	18,98	14,57	19,63	330,99	1405,59	3,92
90,00	84259	18,98	14,57	19,63	330,99	16,00	19,22	25,84	21,54	16,67	1407,90	3,91
90,25	84264	19,22	25,84	21,54	16,67	20,00	19,51	24,38	21,33	-46,99	1409,73	3,91
90,50	84269	19,51	24,38	21,33	-46,99	20,00	19,76	19,79	20,66	-66,02	1410,62	3,90
90,75	84273	19,76	19,79	20,66	-66,02	16,00	19,93	9,37	19,08	-191,68	1411,48	3,89
91,00	84279	19,93	9,37	19,08	-191,68	24,00	20,00	5,49	18,66	98,90	1412,82	3,88
91,25	84284	20,00	5,49	18,66	98,90	20,00	20,09	11,31	19,82	97,29	1413,09	3,87
91,50	84291	20,09	11,31	19,82	97,29	28,00	20,29	26,81	22,51	339,87	1415,31	3,87
91,75	84294	20,29	26,81	22,51	339,87	12,00	20,64	29,16	22,92	-226,78	1417,59	3,86
92,00	84298	20,64	29,16	22,92	-226,78	16,00	20,86	7,69	19,49	-344,11	1418,96	3,86
92,25	84303	20,86	7,69	19,49	-344,11	20,00	20,83	-10,23	16,83	-124,38	1422,96	3,86
92,50	84309	20,83	-10,23	16,83	-124,38	24,00	20,71	-8,22	17,50	212,59	1426,16	3,85
92,75	84314	20,71	-8,22	17,50	212,59	20,00	20,69	4,70	19,87	189,79	1426,98	3,85
93,00	84320	20,69	4,70	19,87	189,79	24,00	20,82	19,33	22,40	234,68	1428,56	3,84
93,25	84325	20,82	19,33	22,40	234,68	20,00	21,10	27,68	23,79	17,48	1431,25	3,84
93,50	84329	21,10	27,68	23,79	17,48	16,00	21,37	17,69	22,16	-270,79	1432,04	3,83
93,75	84334	21,37	17,69	22,16	-270,79	20,00	21,47	0,42	19,46	-191,71	1434,05	3,82
94,00	84339	21,47	0,42	19,46	-191,71	20,00	21,41	-9,68	18,05	-57,29	1437,40	3,82
94,25	84344	21,41	-9,68	18,05	-57,29	20,00	21,28	-11,20	18,08	52,70	1440,61	3,82
94,50	84349	21,28	-11,20	18,08	52,70	20,00	21,18	-7,01	18,99	98,67	1442,79	3,82
94,75	84353	21,18	-7,01	18,99	98,67	16,00	21,11	-6,99	19,16	-59,31	1444,75	3,81
95,00	84363	21,11	-6,99	19,16	-59,31	40,00	21,12	18,26	23,44	724,46	1447,06	3,81
95,25	84369	21,12	18,26	23,44	724,46	24,00	21,56	55,99	29,51	333,48	1455,01	3,82
95,50	84374	21,56	55,99	29,51	333,48	20,00	22,25	60,95	30,04	-203,08	1462,80	3,83
95,75	84380	22,25	60,95	30,04	-203,08	24,00	22,85	43,19	26,96	-309,74	1466,90	3,83
96,00	84387	22,85	43,19	26,96	-309,74	28,00	23,24	28,82	24,65	-96,38	1468,31	3,82
96,25	84392	23,24	28,82	24,65	-96,38	20,00	23,50	16,64	22,83	-203,30	1468,99	3,82
96,50	84398	23,50	16,64	22,83	-203,30	24,00	23,62	6,66	21,47	-38,64	1471,14	3,81
96,75	84403	23,62	6,66	21,47	-38,64	20,00	23,67	1,09	20,88	-60,17	1473,92	3,81
97,00	84409	23,67	1,09	20,88	-60,17	24,00	23,67	0,76	21,16	95,12	1476,44	3,81
97,25	84414	23,67	0,76	21,16	95,12	20,00	23,69	2,53	21,73	8,49	1478,40	3,80
97,50	84418	23,69	2,53	21,73	8,49	16,00	23,69	-6,24	20,55	-194,12	1481,54	3,80
97,75	84423	23,69	-6,24	20,55	-194,12	20,00	23,54	-18,22	18,88	-95,56	1486,20	3,80
98,00	84429	23,54	-18,22	18,88	-95,56	24,00	23,33	-17,52	19,32	151,12	1490,20	3,80
98,25	84435	23,33	-17,52	19,32	151,12	24,00	23,19	-4,61	21,68	240,61	1491,72	3,80
98,50	84439	23,19	-4,61	21,68	240,61	16,00	23,18	-0,90	22,39	-95,11	1492,52	3,79

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
98,75	84445	23,18	-0,90	22,39	-95,11	24,00	23,15	-3,87	21,99	18,77	1493,68	3,78
99,00	84451	23,15	-3,87	21,99	18,77	24,00	23,12	-0,55	22,62	82,79	1494,18	3,77
99,25	84462	23,12	-0,55	22,62	82,79	44,00	23,26	33,09	28,17	802,87	1499,10	3,78
99,50	84468	23,26	33,09	28,17	802,87	24,00	23,87	68,83	33,79	194,45	1509,02	3,79
99,75	84473	23,87	68,83	33,79	194,45	20,00	24,64	61,19	32,18	-418,86	1516,57	3,80
100,00	84478	24,64	61,19	32,18	-418,86	20,00	25,13	23,82	25,93	-622,63	1517,37	3,79

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE J – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “BOA A REGULAR” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m

	0,988173	2,13E-02	2,52E-02	9,92E-04
$S_{0,50} =$	-0,92852	0,900162	-3,39137	6,28E-02
	6,39E-02	6,62E-03	0,240289	9,86E-03
	3,743294	0,418678	-46,6788	-0,11453

	3,70E-02
$P_{0,50} =$	4,319885
	0,695847
	42,93555

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	IRI
0,00	83130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,50	83131	6,27	0,00	6,27	0,00	2,00	6,43	-18,46	3,30	-183,45	3,13	3,13
1,00	83129	6,43	-18,46	3,30	-183,45	-4,00	5,71	-62,58	-3,51	-288,41	12,36	6,18
1,50	83127	5,71	-62,58	-3,51	-288,41	-4,00	3,79	-85,12	-6,52	20,38	22,67	7,56
2,00	83129	3,79	-85,12	-6,52	20,38	4,00	1,94	-39,47	1,10	452,34	23,51	5,88
2,50	83130	1,94	-39,47	1,10	452,34	2,00	1,63	-4,00	5,98	-26,39	27,87	5,57
3,00	83136	1,63	-4,00	5,98	-26,39	12,00	2,09	24,79	9,60	243,56	35,38	5,90
3,50	83139	2,09	24,79	9,60	243,56	6,00	3,30	29,02	9,18	-200,38	41,26	5,89
4,00	83148	3,30	29,02	9,18	-200,38	18,00	4,58	57,09	13,16	391,66	49,84	6,23
4,50	83153	4,58	57,09	13,16	391,66	10,00	6,83	70,31	14,65	-188,67	57,66	6,41
5,00	83156	6,83	70,31	14,65	-188,67	6,00	8,65	21,32	6,74	-349,77	59,57	5,96
5,50	83161	8,65	21,32	6,74	-349,77	10,00	9,20	9,55	5,82	196,26	62,95	5,72
6,00	83166	9,20	9,55	5,82	196,26	10,00	10,00	35,84	10,94	173,57	63,89	5,32
6,50	83168	10,00	35,84	10,94	173,57	4,00	11,24	14,04	8,00	-306,51	67,13	5,16
7,00	83170	11,24	14,04	8,00	-306,51	4,00	11,45	-26,90	2,49	-118,65	76,09	5,44
7,50	83177	11,45	-26,90	2,49	-118,65	14,00	11,21	9,72	9,72	529,90	77,58	5,17
8,00	83177	11,21	9,72	9,72	529,90	0,00	12,05	-1,36	8,34	-468,58	81,29	5,08
8,50	83179	12,05	-1,36	8,34	-468,58	4,00	11,78	-52,86	0,93	-119,48	92,14	5,42
9,00	83183	11,78	-52,86	0,93	-119,48	8,00	10,71	-34,61	5,01	335,82	97,84	5,44
9,50	83188	10,71	-34,61	5,01	335,82	10,00	10,68	6,19	11,93	182,48	99,09	5,22
10,00	83189	10,68	6,19	11,93	182,48	2,00	11,24	-24,71	6,78	-449,36	103,55	5,18
10,50	83197	11,24	-24,71	6,78	-449,36	16,00	10,90	-14,78	8,89	453,63	105,56	5,03
11,00	83199	10,90	-14,78	8,89	453,63	4,00	11,28	-7,79	9,99	-260,36	106,85	4,86
11,50	83207	11,28	-7,79	9,99	-260,36	16,00	11,57	1,40	11,64	289,38	106,92	4,65
12,00	83211	11,57	1,40	11,64	289,38	8,00	12,34	3,79	11,96	-188,89	107,29	4,47
12,50	83214	12,34	3,79	11,96	-188,89	6,00	12,61	-34,56	6,00	-231,48	113,90	4,56
13,00	83218	12,61	-34,56	6,00	-231,48	8,00	11,94	-43,14	5,30	122,65	120,54	4,64
13,50	83223	11,94	-43,14	5,30	122,65	10,00	11,51	-17,00	9,92	194,45	122,12	4,52
14,00	83228	11,51	-17,00	9,92	194,45	10,00	11,82	-4,21	11,88	-19,98	122,18	4,36
14,50	83232	11,82	-4,21	11,88	-19,98	8,00	12,17	-21,76	8,95	-166,39	125,40	4,32
15,00	83234	12,17	-21,76	8,95	-166,39	4,00	11,77	-54,42	3,93	-190,63	133,24	4,44
15,50	83237	11,77	-54,42	3,93	-190,63	6,00	10,60	-59,28	3,63	117,43	140,22	4,52
16,00	83239	10,60	-59,28	3,63	117,43	4,00	9,57	-50,87	5,10	3,72	144,69	4,52
16,50	83247	9,57	-50,87	5,10	3,72	16,00	9,10	-2,62	12,67	463,07	148,26	4,49
17,00	83249	9,10	-2,62	12,67	463,07	4,00	9,87	-7,42	10,96	-439,75	149,35	4,39
17,50	83253	9,87	-7,42	10,96	-439,75	8,00	9,73	-46,06	4,44	-83,88	154,64	4,42
18,00	83261	9,73	-46,06	4,44	-83,88	16,00	9,25	-1,72	11,69	506,26	157,07	4,36
18,50	83264	9,25	-1,72	11,69	506,26	6,00	10,13	7,93	12,56	-312,15	159,50	4,31
19,00	83271	10,13	7,93	12,56	-312,15	14,00	10,70	-3,98	10,38	91,93	159,83	4,21
19,50	83275	10,70	-3,98	10,38	91,93	8,00	11,14	-8,38	9,62	-113,16	161,34	4,14
20,00	83277	11,14	-8,38	9,62	-113,16	4,00	11,11	-40,36	4,64	-226,38	167,81	4,20
20,50	83281	11,11	-40,36	4,64	-226,38	8,00	10,31	-42,02	4,89	177,69	173,23	4,23
21,00	83284	10,31	-42,02	4,89	177,69	6,00	9,81	-26,90	7,48	29,97	175,56	4,18
21,50	83289	9,81	-26,90	7,48	29,97	10,00	9,71	-13,62	9,50	102,09	175,77	4,09
22,00	83293	9,71	-13,62	9,50	102,09	8,00	9,94	-12,53	9,39	-81,04	176,32	4,01

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	IRI
22,50	83294	9,94	-12,53	9,39	-81,04	2,00	9,79	-48,80	3,40	-311,03	182,71	4,06
23,00	83298	9,79	-48,80	3,40	-311,03	8,00	8,71	-49,52	3,62	236,61	187,80	4,08
23,50	83300	8,71	-49,52	3,62	236,61	4,00	8,03	-32,79	6,22	-12,40	189,61	4,03
24,00	83303	8,03	-32,79	6,22	-12,40	6,00	7,60	-32,91	5,84	-14,77	191,37	3,99
24,50	83304	7,60	-32,91	5,84	-14,77	2,00	7,02	-48,78	2,92	-170,46	195,47	3,99
25,00	83308	7,02	-48,78	2,92	-170,46	8,00	6,10	-36,46	4,71	232,66	196,85	3,94
25,50	83314	6,10	-36,46	4,71	232,66	12,00	6,04	11,99	11,93	276,18	202,74	3,98
26,00	83320	6,04	11,99	11,93	276,18	12,00	7,24	33,92	14,40	-45,42	209,90	4,04
26,50	83324	7,24	33,92	14,40	-45,42	8,00	8,49	6,66	9,27	-282,39	210,67	3,97
27,00	83327	8,49	6,66	9,27	-282,39	6,00	8,71	-25,13	4,20	-108,04	215,18	3,98
27,50	83330	8,71	-25,13	4,20	-108,04	6,00	8,29	-25,83	4,51	95,87	218,96	3,98
28,00	83335	8,29	-25,83	4,51	95,87	10,00	8,23	2,97	9,35	228,10	220,08	3,93
28,50	83338	8,23	2,97	9,35	228,10	6,00	8,88	3,58	9,22	-172,76	220,42	3,87
29,00	83341	8,88	3,58	9,22	-172,76	6,00	9,13	-21,20	5,28	-118,05	224,28	3,87
29,50	83349	9,13	-21,20	5,28	-118,05	16,00	9,18	16,25	11,68	479,50	226,78	3,84
30,00	83346	9,18	16,25	11,68	479,50	-6,00	9,97	-29,31	4,05	-816,57	232,69	3,88
30,50	83362	9,97	-29,31	4,05	-816,57	32,00	9,70	37,56	15,63	1303,23	238,62	3,91
31,00	83369	9,70	37,56	15,63	1303,23	14,00	12,59	114,12	27,22	-225,72	253,25	4,08
31,50	83375	12,59	114,12	27,22	-225,72	12,00	15,78	36,39	14,22	-634,56	254,80	4,04
32,00	83381	15,78	36,39	14,22	-634,56	12,00	16,54	-18,14	6,76	-1,74	264,58	4,13
32,50	83386	16,54	-18,14	6,76	-1,74	10,00	16,50	-11,52	9,50	168,42	271,58	4,18
33,00	83393	16,50	-11,52	9,50	168,42	14,00	16,98	13,15	14,66	195,23	273,89	4,15
33,50	83399	16,98	13,15	14,66	195,23	12,00	18,07	10,44	14,97	-122,53	276,99	4,13
34,00	83407	18,07	10,44	14,97	-122,53	16,00	18,92	3,27	14,75	74,20	281,17	4,13
34,50	83412	18,92	3,27	14,75	74,20	10,00	19,59	-16,77	12,46	-195,22	288,29	4,18
35,00	83414	19,59	-16,77	12,46	-195,22	4,00	19,27	-70,53	4,99	-321,39	302,57	4,32
35,50	83419	19,27	-70,53	4,99	-321,39	10,00	17,71	-75,30	5,75	275,70	314,53	4,43
36,00	83417	17,71	-75,30	5,75	275,70	-4,00	16,17	-103,70	1,95	-437,04	328,75	4,57
36,50	83421	16,17	-103,70	1,95	-437,04	8,00	13,69	-107,87	2,07	319,58	340,37	4,66
37,00	83427	13,69	-107,87	2,07	319,58	12,00	12,04	-44,93	12,16	387,97	340,48	4,60
37,50	83432	12,04	-44,93	12,16	387,97	10,00	12,01	-25,30	14,18	-156,45	342,66	4,57
38,00	83435	12,01	-25,30	14,18	-156,45	6,00	11,75	-65,91	6,64	-351,97	347,77	4,58
38,50	83439	11,75	-65,91	6,64	-351,97	8,00	10,32	-80,30	4,00	90,30	354,09	4,60
39,00	83441	10,32	-80,30	4,00	90,30	4,00	8,83	-72,50	4,76	-20,52	358,15	4,59
39,50	83446	8,83	-72,50	4,76	-20,52	10,00	7,65	-47,71	7,99	212,01	358,48	4,54
40,00	83449	7,65	-47,71	7,99	212,01	6,00	7,18	-37,89	8,36	-130,73	359,66	4,50
40,50	83456	7,18	-37,89	8,36	-130,73	14,00	6,89	-16,86	10,67	236,94	363,44	4,49
41,00	83461	6,89	-16,86	10,67	236,94	10,00	7,32	0,33	12,19	-77,05	368,31	4,49
41,50	83468	7,32	0,33	12,19	-77,05	14,00	7,99	7,81	12,38	68,58	372,70	4,49
42,00	83473	7,99	7,81	12,38	68,58	10,00	8,81	5,13	11,17	-123,21	375,05	4,46
42,50	83481	8,81	5,13	11,17	-123,21	16,00	9,57	19,92	13,20	214,74	378,68	4,46
43,00	83489	9,57	19,92	13,20	214,74	16,00	11,02	46,89	17,17	90,40	384,83	4,47
43,50	83495	11,02	46,89	17,17	90,40	12,00	12,85	31,27	14,38	-235,54	386,35	4,44
44,00	83500	12,85	31,27	14,38	-235,54	10,00	13,87	-4,15	9,12	-153,73	391,10	4,44
44,50	83509	13,87	-4,15	9,12	-153,73	18,00	14,36	20,57	14,06	414,97	391,40	4,40
45,00	83516	14,36	20,57	14,06	414,97	14,00	15,91	44,04	18,27	-40,30	393,76	4,38
45,50	83522	15,91	44,04	18,27	-40,30	12,00	17,53	12,23	13,65	-254,78	397,63	4,37
46,00	83531	17,53	12,23	13,65	-254,78	18,00	18,34	10,21	14,49	235,61	401,48	4,36
46,50	83537	18,34	10,21	14,49	235,61	12,00	19,38	9,65	15,39	-115,33	405,46	4,36
47,00	83544	19,38	9,65	15,39	-115,33	14,00	20,15	-8,29	13,61	-27,72	412,01	4,38
47,50	83550	20,15	-8,29	13,61	-27,72	12,00	20,49	-22,21	12,58	-44,72	419,92	4,42
48,00	83560	20,49	-22,21	12,58	-44,72	20,00	20,79	1,91	17,66	344,13	423,06	4,41
48,50	83568	20,79	1,91	17,66	344,13	16,00	21,97	13,25	20,11	-98,17	424,91	4,38
49,00	83572	21,97	13,25	20,11	-98,17	8,00	22,69	-48,28	10,92	-496,29	436,68	4,46
49,50	83578	22,69	-48,28	10,92	-496,29	12,00	21,63	-80,90	7,21	126,99	451,10	4,56
50,00	83581	21,63	-80,90	7,21	126,99	6,00	20,18	-83,46	8,01	-46,39	463,27	4,63
50,50	83588	20,18	-83,46	8,01	-46,39	14,00	18,84	-63,45	11,94	273,30	470,17	4,66
51,00	83594	18,84	-63,45	11,94	273,30	12,00	18,28	-46,11	14,70	-29,68	473,75	4,64
51,50	83600	18,28	-46,11	14,70	-29,68	12,00	17,87	-58,36	12,45	-118,38	479,17	4,65
52,00	83609	17,87	-58,36	12,45	-118,38	18,00	17,28	-41,03	15,10	247,61	481,34	4,63
52,50	83616	17,28	-41,03	15,10	247,61	14,00	17,35	-28,17	16,65	-84,84	482,04	4,59
53,00	83624	17,35	-28,17	16,65	-84,84	16,00	17,47	-34,13	15,22	-27,18	484,29	4,57
53,50	83629	17,47	-34,13	15,22	-27,18	10,00	17,26	-57,06	11,24	-226,79	490,32	4,58
54,00	83637	17,26	-57,06	11,24	-226,79	16,00	16,50	-50,63	12,32	229,14	494,49	4,58
54,50	83648	16,50	-50,63	12,32	229,14	22,00	16,58	6,75	21,25	383,71	499,16	4,58
55,00	83653	16,58	6,75	21,25	383,71	10,00	17,81	-14,08	16,95	-541,55	500,02	4,55
55,50	83659	17,81	-14,08	16,95	-541,55	12,00	17,63	-68,87	8,13	-153,27	509,53	4,59
56,00	83668	17,63	-68,87	8,13	-153,27	18,00	16,68	-37,80	13,64	448,22	512,57	4,58
56,50	83677	16,68	-37,80	13,64	448,22	18,00	17,13	10,15	21,04	131,56	516,48	4,57
57,00	83684	17,13	10,15	21,04	131,56	14,00	18,33	-9,38	17,26	-327,61	517,55	4,54

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	IRI
57,50	83690	18,33	-9,38	17,26	-327,61	12,00	18,46	-52,71	10,37	-188,07	525,64	4,57
58,00	83699	18,46	-52,71	10,37	-188,07	18,00	17,86	-33,83	13,99	357,19	529,51	4,56
58,50	83710	17,86	-33,83	13,99	357,19	22,00	18,46	22,97	23,11	303,18	534,16	4,57
59,00	83719	18,46	22,97	23,11	303,18	18,00	20,28	21,96	22,40	-261,98	536,29	4,54
59,50	83724	20,28	21,96	22,40	-261,98	10,00	21,18	-48,28	11,20	-501,12	546,27	4,59
60,00	83733	21,18	-48,28	11,20	-501,12	18,00	20,35	-54,81	11,31	366,63	555,31	4,63
60,50	83742	20,35	-54,81	11,31	366,63	18,00	20,26	-5,80	19,80	256,31	555,78	4,59
61,00	83750	20,26	-5,80	19,80	256,31	16,00	21,24	-5,95	19,67	-192,99	557,35	4,57
61,50	83759	21,24	-5,95	19,67	-192,99	18,00	21,84	-26,16	16,67	-46,37	562,52	4,57
62,00	83769	21,84	-26,16	16,67	-46,37	20,00	22,14	-16,86	18,69	156,83	565,97	4,56
62,50	83773	22,14	-16,86	18,69	156,83	8,00	22,44	-54,70	12,91	-470,91	575,51	4,60
63,00	83783	22,44	-54,70	12,91	-470,91	20,00	21,61	-57,02	13,44	371,31	583,67	4,63
63,50	83796	21,61	-57,02	13,44	371,31	26,00	21,81	18,65	25,99	503,23	587,85	4,63
64,00	83808	21,81	18,65	25,99	503,23	24,00	23,99	43,69	29,42	-150,80	593,28	4,63
64,50	83813	23,99	43,69	29,42	-150,80	10,00	25,60	-49,01	14,36	-818,76	604,52	4,69
65,00	83824	25,60	-49,01	14,36	-818,76	22,00	24,62	-72,98	12,00	443,23	617,14	4,75
65,50	83832	24,62	-72,98	12,00	443,23	16,00	24,11	-32,28	19,48	137,88	621,77	4,75
66,00	83842	24,11	-32,28	19,48	137,88	20,00	24,51	-22,44	21,28	10,50	625,00	4,73
66,50	83851	24,51	-22,44	21,28	10,50	18,00	24,95	-36,71	19,16	-139,49	630,79	4,74
67,00	83857	24,95	-36,71	19,16	-139,49	12,00	24,66	-78,12	12,93	-285,11	642,52	4,79
67,50	83869	24,66	-78,12	12,93	-285,11	24,00	23,64	-51,29	18,05	519,22	648,11	4,80
68,00	83881	23,64	-51,29	18,05	519,22	24,00	24,13	6,94	27,33	195,30	651,31	4,79
68,50	83889	24,13	6,94	27,33	195,30	16,00	25,47	-27,46	21,21	-517,89	655,57	4,79
69,00	83897	25,47	-27,46	21,21	-517,89	16,00	25,20	-83,72	12,57	-160,12	668,19	4,84
69,50	83906	25,20	-83,72	12,57	-160,12	18,00	23,94	-73,67	15,02	263,78	677,11	4,87
70,00	83913	23,94	-73,67	15,02	263,78	14,00	23,25	-62,45	16,99	-71,52	683,37	4,88
70,50	83920	23,25	-62,45	16,99	-71,52	14,00	22,52	-79,44	14,19	-123,11	691,69	4,91
71,00	83929	22,52	-79,44	14,19	-123,11	18,00	21,46	-70,52	15,63	175,53	697,52	4,91
71,50	83939	21,46	-70,52	15,63	175,53	20,00	21,02	-39,01	20,31	159,66	698,23	4,88
72,00	83950	21,02	-39,01	20,31	159,66	22,00	21,42	-18,44	22,85	40,64	699,66	4,86
72,50	83959	21,42	-18,44	22,85	40,64	18,00	22,06	-33,67	19,66	-225,84	702,06	4,84
73,00	83969	22,06	-33,67	19,66	-225,84	20,00	22,10	-45,26	17,60	35,24	706,55	4,84
73,50	83978	22,10	-45,26	17,60	35,24	18,00	22,02	-40,98	18,21	11,00	710,36	4,83
74,00	83986	22,02	-40,98	18,21	11,00	16,00	21,95	-49,29	16,75	-99,23	715,55	4,83
74,50	83990	21,95	-49,29	16,75	-99,23	8,00	21,26	-93,24	9,69	-365,67	727,12	4,88
75,00	83998	21,26	-93,24	9,69	-365,67	16,00	19,50	-90,38	10,60	317,10	736,02	4,91
75,50	84009	19,50	-90,38	10,60	317,10	22,00	18,74	-20,44	21,63	448,79	738,91	4,89
76,00	84017	18,74	-20,44	21,63	448,79	16,00	19,67	-11,85	21,82	-312,48	741,06	4,88
76,50	84027	19,67	-11,85	21,82	-312,48	20,00	20,16	-36,15	17,26	-55,32	743,97	4,86
77,00	84036	20,16	-36,15	17,26	-55,32	18,00	20,20	-35,50	17,17	34,05	746,99	4,85
77,50	84040	20,20	-35,50	17,17	34,05	8,00	19,97	-72,26	11,08	-401,34	755,88	4,88
78,00	84049	19,97	-72,26	11,08	-401,34	18,00	18,74	-68,62	12,03	345,88	762,59	4,89
78,50	84067	18,74	-68,62	12,03	345,88	36,00	19,04	57,27	32,10	986,05	775,65	4,94
79,00	84069	19,04	57,27	32,10	986,05	4,00	21,97	4,23	21,82	-1344,09	775,80	4,91
79,50	84077	21,97	4,23	21,82	-1344,09	16,00	21,61	-105,87	4,55	-93,41	792,86	4,99
80,00	84085	21,61	-105,87	4,55	-93,41	16,00	19,71	-67,54	11,99	521,83	800,59	5,00
80,50	84090	19,71	-67,54	11,99	521,83	10,00	19,23	-43,78	15,80	-144,35	804,03	4,99
81,00	84099	19,23	-43,78	15,80	-144,35	18,00	19,00	-42,15	15,84	105,64	807,19	4,98
81,50	84108	19,00	-42,15	15,84	105,64	18,00	19,05	-24,89	18,31	74,99	807,93	4,96
82,00	84117	19,05	-24,89	18,31	74,99	18,00	19,49	-19,71	18,72	-29,42	808,71	4,93
82,50	84123	19,49	-19,71	18,72	-29,42	12,00	19,73	-49,32	13,67	-290,30	814,77	4,94
83,00	84129	19,73	-49,32	13,67	-290,30	12,00	18,95	-75,48	9,71	-36,50	824,01	4,96
83,50	84139	18,95	-75,48	9,71	-36,50	20,00	18,07	-34,35	16,60	449,16	825,47	4,94
84,00	84149	18,07	-34,35	16,60	449,16	20,00	18,73	10,62	23,26	85,65	830,01	4,94
84,50	84157	18,73	10,62	23,26	85,65	16,00	20,00	-12,23	18,83	-334,15	831,17	4,92
85,00	84168	20,00	-12,23	18,83	-334,15	22,00	20,46	-19,39	17,73	173,42	833,89	4,91
85,50	84178	20,46	-19,39	17,73	173,42	20,00	21,16	0,69	21,07	79,47	833,99	4,88
86,00	84187	21,16	0,69	21,07	79,47	18,00	22,20	-7,72	19,73	-140,14	836,46	4,86
86,50	84197	22,20	-7,72	19,73	-140,14	20,00	22,88	-16,87	18,64	33,79	840,70	4,86
87,00	84200	22,88	-16,87	18,64	33,79	6,00	22,97	-71,61	10,34	-537,88	853,33	4,90
87,50	84210	22,97	-71,61	10,34	-537,88	20,00	21,64	-68,23	12,09	493,79	862,88	4,93
88,00	84220	21,64	-68,23	12,09	493,79	20,00	21,47	-5,10	22,62	290,30	864,04	4,91
88,50	84230	21,47	-5,10	22,62	290,30	20,00	22,71	3,38	23,55	-152,31	864,88	4,89
89,00	84239	22,71	3,38	23,55	-152,31	18,00	23,62	-29,73	18,16	-222,75	870,35	4,89
89,50	84249	23,62	-29,73	18,16	-222,75	20,00	23,68	-37,85	17,39	112,73	876,64	4,90
90,00	84259	23,68	-37,85	17,39	112,73	20,00	23,89	-21,58	20,47	106,67	880,06	4,89
90,50	84269	23,89	-21,58	20,47	106,67	20,00	24,51	-17,93	21,27	-28,65	883,30	4,88
91,00	84279	24,51	-17,93	21,27	-28,65	20,00	25,09	-26,44	20,19	-46,66	888,19	4,88
91,50	84291	25,09	-26,44	20,19	-46,66	24,00	25,58	-14,83	22,52	176,09	891,25	4,87
92,00	84298	25,58	-14,83	22,52	176,09	14,00	26,22	-41,93	18,43	-380,70	899,05	4,89

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	IRI
92,50	84309	26,22	-41,93	18,43	-380,70	22,00	25,92	-53,45	17,38	208,71	907,60	4,91
93,00	84320	25,92	-53,45	17,38	208,71	22,00	25,94	-22,98	22,84	184,12	910,69	4,90
93,50	84329	25,94	-22,98	22,84	184,12	18,00	26,57	-32,92	21,33	-227,15	915,92	4,90
94,00	84339	26,57	-32,92	21,33	-227,15	20,00	26,61	-54,52	18,28	-25,50	924,24	4,92
94,50	84349	26,61	-54,52	18,28	-25,50	20,00	26,31	-50,99	19,40	85,01	931,15	4,93
95,00	84363	26,31	-50,99	19,40	85,01	28,00	26,52	-9,81	26,33	364,16	931,35	4,90
95,50	84374	26,52	-9,81	26,33	364,16	22,00	27,84	-4,83	26,85	-230,81	932,33	4,88
96,00	84387	27,84	-4,83	26,85	-230,81	26,00	28,82	-23,45	24,01	-8,61	937,13	4,88
96,50	84398	28,82	-23,45	24,01	-8,61	22,00	29,39	-34,81	22,68	-77,34	943,84	4,89
97,00	84409	29,39	-34,81	22,68	-77,34	22,00	29,61	-45,35	21,64	-9,77	951,81	4,91
97,50	84418	29,61	-45,35	21,64	-9,77	18,00	29,50	-64,57	19,22	-144,41	962,08	4,93
98,00	84429	29,50	-64,57	19,22	-144,41	22,00	28,93	-64,73	19,96	147,33	971,05	4,95
98,50	84439	28,93	-64,73	19,96	147,33	20,00	28,60	-57,17	21,59	-8,65	978,07	4,96
99,00	84451	28,60	-57,17	21,59	-8,65	24,00	28,47	-48,08	23,25	106,99	983,29	4,97
99,50	84468	28,47	-48,08	23,25	106,99	34,00	29,06	5,03	31,80	448,71	986,03	4,95
100,00	84478	29,06	5,03	31,80	448,71	20,00	30,81	-15,73	27,87	-566,21	988,97	4,94

Fonte: Acervo próprio.

**APÊNDICE K – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA
SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “RUIM A PÉSSIMA” UNIDADE
QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m**

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	82785				
2	82785	-2,00E+00	4,00E+00		
3	82784	0,00E+00	0,00E+00		
4	82783	6,00E+00	3,60E+01		
5	82781	5,00E+00	2,50E+01		
6	82781	-2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
7	82784	-2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
8	82784	-5,00E+00	2,50E+01	-0,64	4,10E-01
9	82785	-5,00E+00	2,50E+01	-0,96	9,22E-01
10	82785	3,00E+00	9,00E+00	-1,28	1,64E+00
11	82781	4,00E+00	1,60E+01	-3,2	1,02E+01
12	82781	2,00E+00	4,00E+00	-2,72	7,40E+00
13	82780	-2,00E+01	4,00E+02	-0,16	2,56E-02
14	82781	-2,10E+01	4,41E+02	-0,96	9,22E-01
15	82781	3,40E+01	1,16E+03	-1,6	2,56E+00
16	82761	3,00E+01	9,00E+02	1,12	1,25E+00
17	82761	-2,20E+01	4,84E+02	1,6	2,56E+00
18	82775	-3,30E+01	1,09E+03	-6,88	4,73E+01
19	82771	-8,00E+00	6,40E+01	-3,2	1,02E+01
20	82767	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
21	82748	6,00E+00	3,60E+01	5,12	2,62E+01
22	82751	4,90E+01	2,40E+03	4,48	2,01E+01
23	82727	3,60E+01	1,30E+03	12,16	1,48E+02
24	82741	-1,40E+01	1,96E+02	10,56	1,12E+02
25	82755	-3,80E+01	1,44E+03	0,64	4,10E-01
26	82767	-6,00E+00	3,60E+01	-6,08	3,70E+01
27	82769	4,00E+00	1,60E+01	-1,76	3,10E+00
28	82755	-3,70E+01	1,37E+03	-0,8	6,40E-01
29	82777	3,70E+01	1,37E+03	-5,12	2,62E+01
30	82747	5,90E+01	3,48E+03	6,72	4,52E+01
31	82748	-2,40E+01	5,76E+02	8,32	6,92E+01
32	82776	-2,70E+01	7,29E+02	-0,32	1,02E-01
33	82778	-5,00E+00	2,50E+01	-3,2	1,02E+01
34	82781	-3,00E+00	9,00E+00	-5,12	2,62E+01
35	82781	0,00E+00	0,00E+00	-9,12	8,32E+01
36	82781	-2,80E+01	7,84E+02	-5,28	2,79E+01
37	82781	-2,30E+01	5,29E+02	-1,44	2,07E+00
38	82781	5,60E+01	3,14E+03	-1,28	1,64E+00
39	82753	4,20E+01	1,76E+03	8,32	6,92E+01
40	82758	-3,30E+01	1,09E+03	7,36	5,42E+01
41	82781	-1,90E+01	3,61E+02	1,6	2,56E+00
42	82777	1,00E+01	1,00E+02	2,4	5,76E+00
43	82776	1,40E+01	1,96E+02	3,68	1,35E+01
44	82777	2,00E+00	4,00E+00	-1,12	1,25E+00
45	82781	-1,10E+01	1,21E+02	-1,28	1,64E+00
46	82791	-1,00E+00	1,00E+00	-0,8	6,40E-01
47	82788	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
48	82794	-4,00E+00	1,60E+01	-2,56	6,55E+00
49	82794	-2,00E+00	4,00E+00	-2,56	6,55E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
50	82796	-2,00E+00	4,00E+00	-4,16	1,73E+01
51	82796	-1,00E+00	1,00E+00	-2,24	5,02E+00
52	82796	-1,10E+01	1,21E+02	-3,04	9,24E+00
53	82796	-7,00E+00	4,90E+01	-1,76	3,10E+00
54	82795	1,10E+01	1,21E+02	-1,44	2,07E+00
55	82785	8,00E+00	6,40E+01	1,76	3,10E+00
56	82787	2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
57	82785	-2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
58	82787	-5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
59	82787	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
60	82785	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
61	82784	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
62	82783	9,00E+00	8,10E+01	0,64	4,10E-01
63	82781	2,00E+00	4,00E+00	1,6	2,56E+00
64	82781	-8,00E+00	6,40E+01	2,56	6,55E+00
65	82787	4,00E+00	1,60E+01	-0,48	2,30E-01
66	82781	8,00E+00	6,40E+01	2,56	6,55E+00
67	82785	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
68	82785	-3,00E+00	9,00E+00	-0,64	4,10E-01
69	82791	-1,00E+00	1,00E+00	-3,04	9,24E+00
70	82786	-1,20E+01	1,44E+02	0,32	1,02E-01
71	82794	-4,00E+00	1,60E+01	-2,72	7,40E+00
72	82786	1,10E+01	1,21E+02	-0,16	2,56E-02
73	82785	1,20E+01	1,44E+02	-1,12	1,25E+00
74	82782	-3,00E+00	9,00E+00	0,96	9,22E-01
75	82787	-2,00E+01	4,00E+02	-0,48	2,30E-01
76	82790	-6,00E+00	3,60E+01	-2,4	5,76E+00
77	82786	1,90E+01	3,61E+02	-1,44	2,07E+00
78	82778	-1,00E+00	1,00E+00	2,4	5,76E+00
79	82779	-1,50E+01	2,25E+02	-0,16	2,56E-02
80	82785	2,30E+01	5,29E+02	-1,28	1,64E+00
81	82771	6,00E+00	3,60E+01	3,68	1,35E+01
82	82777	-2,60E+01	6,76E+02	1,28	1,64E+00
83	82786	2,00E+00	4,00E+00	-3,36	1,13E+01
84	82775	1,20E+01	1,44E+02	0,48	2,30E-01
85	82775	-2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
86	82775	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
87	82776	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
88	82773	4,00E+00	1,60E+01	2,4	5,76E+00
89	82774	7,00E+00	4,90E+01	-4,96	2,46E+01
90	82771	-3,00E+00	9,00E+00	-0,48	2,30E-01
91	82776	-3,90E+01	1,52E+03	-1,6	2,56E+00
92	82776	-1,00E+01	1,00E+02	-4,96	2,46E+01
93	82775	5,90E+01	3,48E+03	-0,8	6,40E-01
94	82742	-8,00E+00	6,40E+01	10,24	1,05E+02
95	82764	-2,00E+01	4,00E+02	1,12	1,25E+00
96	82767	4,80E+01	2,30E+03	2,4	5,76E+00
97	82745	-1,30E+01	1,69E+02	9,76	9,53E+01
98	82772	-3,00E+01	9,00E+02	0,48	2,30E-01
99	82774	1,90E+01	3,61E+02	-4,96	2,46E+01
100	82764	0,00E+00	0,00E+00	1,76	3,10E+00
101	82773	-1,10E+01	1,21E+02	-0,48	2,30E-01
102	82775	4,00E+00	1,60E+01	-4,64	2,15E+01
103	82772	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
104	82775	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
105	82775	0,00E+00	0,00E+00	-1,12	1,25E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
106	82776	1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
107	82776	1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
108	82777	1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
109	82778	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
110	82779	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
111	82781	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
112	82782	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
113	82783	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
114	82784	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
115	82785	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
116	82786	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
117	82787	0,00E+00	0,00E+00	-0,48	2,30E-01
118	82787	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
119	82788	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
120	82788	-2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
121	82790	8,00E+00	6,40E+01	1,44	2,07E+00
122	82789	9,00E+00	8,10E+01	1,92	3,69E+00
123	82790	-4,00E+00	1,60E+01	1,6	2,56E+00
124	82798	-5,00E+00	2,50E+01	-1,6	2,56E+00
125	82799	-5,00E+00	2,50E+01	-1,12	1,25E+00
126	82803	-9,00E+00	8,10E+01	-1,44	2,07E+00
127	82803	0,00E+00	0,00E+00	-2,24	5,02E+00
128	82803	1,40E+01	1,96E+02	-1,92	3,69E+00
129	82798	0,00E+00	0,00E+00	1,28	1,64E+00
130	82803	-1,20E+01	1,44E+02	-0,48	2,30E-01
131	82807	3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
132	82803	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
133	82804	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
134	82806	4,00E+00	1,60E+01	-0,96	9,22E-01
135	82804	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
136	82806	-4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
137	82808	4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
138	82805	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
139	82808	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
140	82808	-3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
141	82811	-3,00E+00	9,00E+00	-1,28	1,64E+00
142	82811	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
143	82811	-3,00E+00	9,00E+00	-1,44	2,07E+00
144	82811	-1,00E+00	1,00E+00	-1,28	1,64E+00
145	82811	3,00E+00	9,00E+00	-1,6	2,56E+00
146	82808	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
147	82810	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
148	82808	3,00E+00	9,00E+00	-0,96	9,22E-01
149	82806	5,00E+00	2,50E+01	0,16	2,56E-02
150	82804	-5,00E+00	2,50E+01	0,16	2,56E-02
151	82805	-4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
152	82805	5,00E+00	2,50E+01	0,16	2,56E-02
153	82799	5,00E+00	2,50E+01	1,6	2,56E+00
154	82802	4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
155	82798	-6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
156	82804	-4,00E+00	1,60E+01	-1,44	2,07E+00
157	82801	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
158	82800	-5,00E+00	2,50E+01	-1,12	1,25E+00
159	82800	5,00E+00	2,50E+01	-0,16	2,56E-02
160	82795	6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
161	82794	2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
162	82795	1,00E+00	1,00E+00	1,28	1,64E+00
163	82794	-8,00E+00	6,40E+01	1,12	1,25E+00
164	82797	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
165	82795	1,00E+01	1,00E+02	-0,32	1,02E-01
166	82791	-7,00E+00	4,90E+01	0	0,00E+00
167	82797	-6,00E+00	3,60E+01	-2,24	5,02E+00
168	82795	1,00E+00	1,00E+00	-1,76	3,10E+00
169	82792	-6,00E+00	3,60E+01	-0,32	1,02E-01
170	82793	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
171	82788	8,00E+00	6,40E+01	-0,48	2,30E-01
172	82785	5,00E+00	2,50E+01	1,92	3,69E+00
173	82785	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
174	82785	-4,00E+00	1,60E+01	0,32	1,02E-01
175	82787	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
176	82782	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
177	82785	5,00E+00	2,50E+01	-0,8	6,40E-01
178	82779	5,00E+00	2,50E+01	0,96	9,22E-01
179	82780	-3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
180	82781	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
181	82780	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
182	82780	-7,00E+00	4,90E+01	-1,92	3,69E+00
183	82779	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
184	82778	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
185	82771	-2,00E+00	4,00E+00	2,88	8,29E+00
186	82778	2,10E+01	4,41E+02	0,48	2,30E-01
187	82763	5,00E+00	2,50E+01	4,8	2,30E+01
188	82776	-1,00E+01	1,00E+02	0,64	4,10E-01
189	82776	-6,00E+00	3,60E+01	0,64	4,10E-01
190	82779	-5,00E+00	2,50E+01	-1,6	2,56E+00
191	82779	5,00E+00	2,50E+01	-0,48	2,30E-01
192	82776	2,00E+00	4,00E+00	-1,76	3,10E+00
193	82777	-3,00E+00	9,00E+00	1,12	1,25E+00
194	82778	1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
195	82777	9,00E+00	8,10E+01	3,68	1,35E+01
196	82777	8,00E+00	6,40E+01	3,68	1,35E+01
197	82778	5,00E+00	2,50E+01	2,72	7,40E+00
198	82785	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
199	82787	-1,40E+01	1,96E+02	0,16	2,56E-02
200	82798	-1,20E+01	1,44E+02	-3,52	1,24E+01
201	82798	1,00E+00	1,00E+00	-3,52	1,24E+01
202	82797	1,00E+00	1,00E+00	-3,04	9,24E+00
203	82797	0,00E+00	0,00E+00	-1,92	3,69E+00
204	82797	0,00E+00	0,00E+00	-1,6	2,56E+00
205	82797	0,00E+00	0,00E+00	0	0,00E+00
206	82797	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
207	82797	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
208	82797	-2,00E+00	4,00E+00	-2,72	7,40E+00
209	82797	-1,00E+00	1,00E+00	-2,72	7,40E+00
210	82796	-1,30E+01	1,69E+02	-2,24	5,02E+00
211	82795	-1,20E+01	1,44E+02	-1,92	3,69E+00
212	82794	1,60E+01	2,56E+02	-1,76	3,10E+00
213	82780	1,50E+01	2,25E+02	2,72	7,40E+00
214	82780	-2,00E+00	4,00E+00	3,04	9,24E+00
215	82781	-2,00E+00	4,00E+00	2,72	7,40E+00
216	82781	3,00E+00	9,00E+00	2,24	5,02E+00
217	82780	4,00E+00	1,60E+01	2,56	6,55E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
218	82780	-3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
219	82782	-4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
220	82783	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
221	82781	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
222	82782	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
223	82784	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
224	82784	0,00E+00	0,00E+00	0,32	1,02E-01
225	82785	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
226	82786	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
227	82786	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
228	82787	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
229	82788	2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02
230	82787	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
231	82789	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
232	82789	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
233	82790	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
234	82791	-2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
235	82792	2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
236	82793	5,00E+00	2,50E+01	0,48	2,30E-01
237	82792	-4,00E+00	1,60E+01	0,96	9,22E-01
238	82797	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
239	82797	4,00E+00	1,60E+01	-0,32	1,02E-01
240	82797	-2,00E+00	4,00E+00	0	0,00E+00
241	82800	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
242	82801	0,00E+00	0,00E+00	-1,12	1,25E+00
243	82801	2,00E+00	4,00E+00	0,16	2,56E-02
244	82801	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
245	82802	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
246	82803	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
247	82803	-4,00E+00	1,60E+01	-0,8	6,40E-01
248	82806	-7,00E+00	4,90E+01	-1,6	2,56E+00
249	82806	-4,00E+00	1,60E+01	-1,6	2,56E+00
250	82805	3,00E+00	9,00E+00	-0,16	2,56E-02
251	82802	6,00E+00	3,60E+01	-0,48	2,30E-01
252	82800	7,00E+00	4,90E+01	1,6	2,56E+00
253	82801	-4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
254	82801	-6,00E+00	3,60E+01	0,32	1,02E-01
255	82807	2,00E+00	4,00E+00	-1,92	3,69E+00
256	82798	-9,00E+00	8,10E+01	0,48	2,30E-01
257	82807	1,00E+00	1,00E+00	-2,56	6,55E+00
258	82797	8,00E+00	6,40E+01	0,96	9,22E-01
259	82798	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
260	82797	3,00E+00	9,00E+00	1,92	3,69E+00
261	82797	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
262	82798	-2,00E+00	4,00E+00	1,44	2,07E+00
263	82799	-1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
264	82799	-1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
265	82799	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
266	82799	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
267	82798	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01
268	82799	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
269	82799	-5,00E+00	2,50E+01	0	0,00E+00
270	82802	0,00E+00	0,00E+00	-0,96	9,22E-01
271	82799	1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
272	82800	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
273	82799	1,00E+00	1,00E+00	1,44	2,07E+00

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
274	82799	1,00E+00	1,00E+00	1,92	3,69E+00
275	82799	9,00E+00	8,10E+01	2,24	5,02E+00
276	82799	1,00E+01	1,00E+02	1,44	2,07E+00
277	82800	-7,00E+00	4,90E+01	1,12	1,25E+00
278	82808	-1,40E+01	1,96E+02	-2,88	8,29E+00
279	82811	-5,00E+00	2,50E+01	-3,36	1,13E+01
280	82810	-6,00E+00	3,60E+01	-2,24	5,02E+00
281	82808	-2,00E+00	4,00E+00	-2,56	6,55E+00
282	82807	1,70E+01	2,89E+02	-0,96	9,22E-01
283	82799	4,00E+00	1,60E+01	2,88	8,29E+00
284	82802	-7,00E+00	4,90E+01	2,24	5,02E+00
285	82807	8,00E+00	6,40E+01	-0,48	2,30E-01
286	82801	-2,00E+00	4,00E+00	2,24	5,02E+00
287	82808	-1,40E+01	1,96E+02	-0,16	2,56E-02
288	82808	2,00E+00	4,00E+00	-2,24	5,02E+00
289	82807	1,40E+01	1,96E+02	-1,76	3,10E+00
290	82801	-6,00E+00	3,60E+01	0,8	6,40E-01
291	82808	-1,40E+01	1,96E+02	-2,56	6,55E+00
292	82808	2,00E+00	4,00E+00	-1,12	1,25E+00
293	82803	5,00E+00	2,50E+01	0,32	1,02E-01
294	82801	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
295	82800	3,00E+00	9,00E+00	0,48	2,30E-01
296	82799	-2,00E+00	4,00E+00	2,08	4,33E+00
297	82801	1,00E+00	1,00E+00	1,28	1,64E+00
298	82800	4,00E+00	1,60E+01	0,8	6,40E-01
299	82800	-2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
300	82802	-4,00E+00	1,60E+01	0,48	2,30E-01
301	82803	3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
302	82802	6,00E+00	3,60E+01	1,6	2,56E+00
303	82802	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
304	82805	1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
305	82807	-2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
306	82807	-2,00E+00	4,00E+00	0,96	9,22E-01
307	82813	1,00E+01	1,00E+02	-1,12	1,25E+00
308	82807	-4,00E+00	1,60E+01	-0,16	2,56E-02
309	82817	-1,00E+01	1,00E+02	-1,92	3,69E+00
310	82817	-6,00E+00	3,60E+01	-1,28	1,64E+00
311	82817	0,00E+00	0,00E+00	-2,24	5,02E+00
312	82817	1,40E+01	1,96E+02	-0,64	4,10E-01
313	82811	-4,00E+00	1,60E+01	0,16	2,56E-02
314	82817	-1,00E+01	1,00E+02	1,12	1,25E+00
315	82819	7,00E+00	4,90E+01	0,64	4,10E-01
316	82813	9,00E+00	8,10E+01	2,72	7,40E+00
317	82817	6,00E+00	3,60E+01	1,76	3,10E+00
318	82816	-5,00E+00	2,50E+01	1,12	1,25E+00
319	82824	-6,00E+00	3,60E+01	-0,32	1,02E-01
320	82825	0,00E+00	0,00E+00	0,16	2,56E-02
321	82826	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
322	82828	2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
323	82828	5,00E+00	2,50E+01	-0,8	6,40E-01
324	82829	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
325	82832	-6,00E+00	3,60E+01	-0,48	2,30E-01
326	82835	-7,00E+00	4,90E+01	-1,12	1,25E+00
327	82835	1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
328	82835	1,00E+01	1,00E+02	-2,08	4,33E+00
329	82831	1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
330	82836	-1,40E+01	1,96E+02	0	0,00E+00
331	82837	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
332	82838	1,90E+01	3,61E+02	0,464	2,15E-01
333	82829	1,00E+00	1,00E+00	3,52	1,24E+01
334	82839	-7,10E+00	5,04E+01	-0,32	1,02E-01
335	82840	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
336	82841	-2,80E+00	7,84E+00	0,16	2,56E-02
337	82843,9	-3,00E+00	9,00E+00	-0,608	3,70E-01
338	82845	-1,00E-01	1,00E-02	-2,24	5,02E+00
339	82845	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
340	82846	0,00E+00	0,00E+00	-0,64	4,10E-01
341	82846	1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
342	82846	0,00E+00	0,00E+00	0,144	2,07E-02
343	82847	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
344	82847	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
345	82848	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
346	82848	2,00E+00	4,00E+00	0,48	2,30E-01
347	82849	2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
348	82848	-2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
349	82852	2,00E+00	4,00E+00	-0,32	1,02E-01
350	82850	-8,00E+00	6,40E+01	-0,96	9,22E-01
351	82853	-3,00E+00	9,00E+00	-1,6	2,56E+00
352	82854	7,00E+00	4,90E+01	-1,92	3,69E+00
353	82846	-8,00E+00	6,40E+01	0,48	2,30E-01
354	82855	1,00E+00	1,00E+00	-0,32	1,02E-01
355	82846	6,00E+00	3,60E+01	2,24	5,02E+00
356	82848	8,00E+00	6,40E+01	2,08	4,33E+00
357	82847	1,00E+01	1,00E+02	2,88	8,29E+00
358	82847	-9,00E+00	8,10E+01	1,6	2,56E+00
359	82856	-7,00E+00	4,90E+01	-0,32	1,02E-01
360	82856	2,00E+00	4,00E+00	-2,88	8,29E+00
361	82856	-5,00E+00	2,50E+01	-2,4	5,76E+00
362	82858	-1,20E+01	1,44E+02	-3,36	1,13E+01
363	82858	-3,00E+00	9,00E+00	-1,76	3,10E+00
364	82855	1,00E+01	1,00E+02	0,48	2,30E-01
365	82848	1,50E+01	2,25E+02	3,84	1,47E+01
366	82849	9,00E+00	8,10E+01	3,04	9,24E+00
367	82848	-3,00E+00	9,00E+00	3,04	9,24E+00
368	82858	-5,00E+00	2,50E+01	-1,12	1,25E+00
369	82857	-1,30E+01	1,69E+02	-1,44	2,07E+00
370	82864	-1,40E+01	1,96E+02	-5,12	2,62E+01
371	82861	0,00E+00	0,00E+00	-3,52	1,24E+01
372	82857	7,00E+00	4,90E+01	-2,4	5,76E+00
373	82851	8,00E+00	6,40E+01	1,12	1,25E+00
374	82850	6,00E+00	3,60E+01	1,28	1,64E+00
375	82848	-1,00E+00	1,00E+00	3,04	9,24E+00
376	82851	-3,00E+00	9,00E+00	1,44	2,07E+00
377	82851	0,00E+00	0,00E+00	0,96	9,22E-01
378	82851	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
379	82851	0,00E+00	0,00E+00	-0,16	2,56E-02
380	82851	2,00E+00	4,00E+00	-0,48	2,30E-01
381	82850	0,00E+00	0,00E+00	0,8	6,40E-01
382	82851	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
383	82851	3,00E+00	9,00E+00	0,64	4,10E-01
384	82851	3,00E+00	9,00E+00	0,8	6,40E-01
385	82851	-2,00E+00	4,00E+00	-0,16	2,56E-02

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
386	82854	-1,00E+00	1,00E+00	-1,44	2,07E+00
387	82854	-6,00E+00	3,60E+01	-0,16	2,56E-02
388	82855	-9,00E+00	8,10E+01	-1,28	1,64E+00
389	82856	1,10E+01	1,21E+02	-1,28	1,64E+00
390	82850	9,00E+00	8,10E+01	1,76	3,10E+00
391	82849	-9,00E+00	8,10E+01	1,28	1,64E+00
392	82856	7,00E+00	4,90E+01	-1,12	1,25E+00
393	82851	2,00E+00	4,00E+00	0,64	4,10E-01
394	82853	-1,80E+01	3,24E+02	0,16	2,56E-02
395	82860	0,00E+00	0,00E+00	-2,72	7,40E+00
396	82852	9,00E+00	8,10E+01	-0,32	1,02E-01
397	82851	3,00E+00	9,00E+00		
398	82851	2,00E+00	4,00E+00		
399	82851				
400	82853				
401	82853				
		$\sum Sbi^2$	4,89E+04	$\sum Sbi^2$	1,94E+03

Fonte: Acervo próprio.

**APÊNDICE L – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA
SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “RUIM A PÉSSIMA” UNIDADE
QI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m**

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1,0 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
1	82785				
2	82784	8,00E+00	6,40E+01		
3	82781	-3,00E+00	9,00E+00		
4	82784	-9,00E+00	8,10E+01		
5	82785	3,00E+00	9,00E+00		
6	82781	-1,40E+01	1,96E+02	-4,64	2,15E+01
7	82780	-1,00E+01	1,00E+02	-7,84	6,15E+01
8	82781	6,00E+00	3,60E+01	-4,16	1,73E+01
9	82761	-3,40E+01	1,16E+03	4,96	2,46E+01
10	82771	2,00E+01	4,00E+02	3,2	1,02E+01
11	82748	8,60E+01	7,40E+03	5,28	2,79E+01
12	82727	1,50E+01	2,25E+02	16,64	2,77E+02
13	82755	-6,30E+01	3,97E+03	8,32	6,92E+01
14	82769	-2,10E+01	4,41E+02	0,64	4,10E-01
15	82777	5,40E+01	2,92E+03	-4,8	2,30E+01
16	82748	2,00E+00	4,00E+00	5,28	2,79E+01
17	82778	-6,10E+01	3,72E+03	-8,48	7,19E+01
18	82781	-3,00E+00	9,00E+00	-4,16	1,73E+01
19	82781	5,10E+01	2,60E+03	-0,8	6,40E-01
20	82753	0,00E+00	0,00E+00	10,4	1,08E+02
21	82781	-1,10E+01	1,21E+02	-2,88	8,29E+00
22	82776	1,30E+01	1,69E+02	3,52	1,24E+01
23	82781	-4,00E+00	1,60E+01	0,64	4,10E-01
24	82788	-1,10E+01	1,21E+02	-1,6	2,56E+00
25	82794	-1,90E+01	3,61E+02	-7,68	5,90E+01
26	82796	-1,30E+01	1,69E+02	-4,32	1,87E+01
27	82796	1,30E+01	1,69E+02	-5,6	3,14E+01
28	82785	1,00E+01	1,00E+02	-0,32	1,02E-01
29	82785	-8,00E+00	6,40E+01	0,48	2,30E-01
30	82787	4,00E+00	1,60E+01	1,76	3,10E+00
31	82784	1,00E+01	1,00E+02	3,52	1,24E+01
32	82781	1,00E+00	1,00E+00	3,04	9,24E+00
33	82787	5,00E+00	2,50E+01	-0,32	1,02E-01
34	82785	-1,00E+01	1,00E+02	0,16	2,56E-02
35	82791	-1,60E+01	2,56E+02	-2,56	6,55E+00
36	82794	7,00E+00	4,90E+01	-5,28	2,79E+01
37	82785	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
38	82787	-1,60E+01	2,56E+02	-1,92	3,69E+00
39	82786	1,50E+01	2,25E+02	-1,76	3,10E+00
40	82779	1,90E+01	3,61E+02	1,12	1,25E+00
41	82771	-1,70E+01	2,89E+02	4,48	2,01E+01
42	82786	-5,00E+00	2,50E+01	-1,92	3,69E+00
43	82775	1,00E+01	1,00E+02	0,16	2,56E-02
44	82776	2,00E+00	4,00E+00	-3,36	1,13E+01
45	82774	-1,20E+01	1,44E+02	0,8	6,40E-01
46	82776	-3,10E+01	9,61E+02	-1,28	1,64E+00
47	82775	2,20E+01	4,84E+02	1,28	1,64E+00
48	82764	5,80E+01	3,36E+03	3,52	1,24E+01
49	82745	-1,20E+01	1,44E+02	9,92	9,84E+01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1,0 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
50	82774	-2,60E+01	6,76E+02	0,64	4,10E-01
51	82773	6,00E+00	3,60E+01	1,76	3,10E+00
52	82772	1,00E+00	1,00E+00	2,24	5,02E+00
53	82775	1,00E+00	1,00E+00	-0,16	2,56E-02
54	82776	2,00E+00	4,00E+00	-3,2	1,02E+01
55	82778	-1,00E+00	1,00E+00	0,96	9,22E-01
56	82781	-1,00E+00	1,00E+00	0,16	2,56E-02
57	82783	-1,00E+00	1,00E+00	-0,64	4,10E-01
58	82785	-1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
59	82787	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
60	82788	6,00E+00	3,60E+01	0	0,00E+00
61	82790	1,10E+01	1,21E+02	1,28	1,64E+00
62	82790	-1,00E+01	1,00E+02	1,12	1,25E+00
63	82799	-9,00E+00	8,10E+01	-1,44	2,07E+00
64	82803	7,00E+00	4,90E+01	-1,76	3,10E+00
65	82798	-7,00E+00	4,90E+01	0	0,00E+00
66	82807	-2,00E+00	4,00E+00	-2,08	4,33E+00
67	82804	7,00E+00	4,90E+01	-1,12	1,25E+00
68	82804	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
69	82808	-1,00E+00	1,00E+00	-0,48	2,30E-01
70	82808	-3,00E+00	9,00E+00	-1,92	3,69E+00
71	82811	-4,00E+00	1,60E+01	-1,6	2,56E+00
72	82811	-5,00E+00	2,50E+01	-3,04	9,24E+00
73	82811	-4,00E+00	1,60E+01	-3,2	1,02E+01
74	82810	-2,00E+00	4,00E+00	-1,76	3,10E+00
75	82806	-2,00E+00	4,00E+00	-0,64	4,10E-01
76	82805	9,00E+00	8,10E+01	-0,8	6,40E-01
77	82799	9,00E+00	8,10E+01	1,12	1,25E+00
78	82798	-9,00E+00	8,10E+01	1,6	2,56E+00
79	82801	-8,00E+00	6,40E+01	0,8	6,40E-01
80	82800	8,00E+00	6,40E+01	-0,32	1,02E-01
81	82794	9,00E+00	8,10E+01	0,8	6,40E-01
82	82794	-4,00E+00	1,60E+01	-0,64	4,10E-01
83	82795	-1,20E+01	1,44E+02	-0,8	6,40E-01
84	82797	-4,00E+00	1,60E+01	-1,28	1,64E+00
85	82792	8,00E+00	6,40E+01	-0,64	4,10E-01
86	82788	7,00E+00	4,90E+01	-0,32	1,02E-01
87	82785	-6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
88	82787	-5,00E+00	2,50E+01	-1,28	1,64E+00
89	82785	6,00E+00	3,60E+01	-1,6	2,56E+00
90	82780	-4,00E+00	1,60E+01	1,28	1,64E+00
91	82780	-1,50E+01	2,25E+02	1,12	1,25E+00
92	82779	1,40E+01	1,96E+02	0,64	4,10E-01
93	82771	3,20E+01	1,02E+03	3,52	1,24E+01
94	82763	-4,00E+00	1,60E+01	5,92	3,50E+01
95	82776	-1,80E+01	3,24E+02	2,4	5,76E+00
96	82779	0,00E+00	0,00E+00	3,2	1,02E+01
97	82777	1,20E+01	1,44E+02	3,52	1,24E+01
98	82777	1,90E+01	3,61E+02	2,24	5,02E+00
99	82778	0,00E+00	0,00E+00	0,64	4,10E-01
100	82787	-2,10E+01	4,41E+02	-0,16	2,56E-02
101	82798	-1,00E+01	1,00E+02	-3,52	1,24E+01
102	82797	1,00E+00	1,00E+00	-5,92	3,50E+01
103	82797	-2,00E+00	4,00E+00	-5,76	3,32E+01
104	82797	-1,70E+01	2,89E+02	-5,76	3,32E+01
105	82797	-1,20E+01	1,44E+02	-4	1,60E+01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1,0 - Sbi²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi²
106	82795	1,70E+01	2,89E+02	-1,76	3,10E+00
107	82780	1,50E+01	2,25E+02	3,36	1,13E+01
108	82781	1,00E+00	1,00E+00	3,2	1,02E+01
109	82780	1,00E+00	1,00E+00	3,68	1,35E+01
110	82782	3,00E+00	9,00E+00	3,36	1,13E+01
111	82781	0,00E+00	0,00E+00	3,52	1,24E+01
112	82784	-1,00E+00	1,00E+00	0,32	1,02E-01
113	82785	1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
114	82786	-1,00E+00	1,00E+00	0	0,00E+00
115	82788	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
116	82789	0,00E+00	0,00E+00	0,48	2,30E-01
117	82790	2,00E+00	4,00E+00	0,8	6,40E-01
118	82792	6,00E+00	3,60E+01	0,48	2,30E-01
119	82792	-1,00E+00	1,00E+00	0,8	6,40E-01
120	82797	-6,00E+00	3,60E+01	0	0,00E+00
121	82800	-2,00E+00	4,00E+00	-1,44	2,07E+00
122	82801	2,00E+00	4,00E+00	-1,76	3,10E+00
123	82802	-3,00E+00	9,00E+00	-0,8	6,40E-01
124	82803	-9,00E+00	8,10E+01	-1,12	1,25E+00
125	82806	6,00E+00	3,60E+01	-2,72	7,40E+00
126	82802	1,10E+01	1,21E+02	-1,12	1,25E+00
127	82801	-1,40E+01	1,96E+02	-0,32	1,02E-01
128	82807	-1,60E+01	2,56E+02	-2,08	4,33E+00
129	82807	1,00E+01	1,00E+02	-2,08	4,33E+00
130	82798	1,20E+01	1,44E+02	1,44	2,07E+00
131	82797	-2,00E+00	4,00E+00	1,12	1,25E+00
132	82799	-2,00E+00	4,00E+00	0,32	1,02E-01
133	82799	2,00E+00	4,00E+00	1,28	1,64E+00
134	82798	0,00E+00	0,00E+00	1,76	3,10E+00
135	82799	-1,00E+00	1,00E+00	1,76	3,10E+00
136	82799	1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
137	82799	1,20E+01	1,44E+02	0	0,00E+00
138	82799	7,00E+00	4,90E+01	1,28	1,64E+00
139	82800	-2,40E+01	5,76E+02	0,96	9,22E-01
140	82811	-9,00E+00	8,10E+01	-2,56	6,55E+00
141	82808	2,10E+01	4,41E+02	-1,44	2,07E+00
142	82799	1,00E+00	1,00E+00	0,64	4,10E-01
143	82807	-9,00E+00	8,10E+01	-2,4	5,76E+00
144	82808	-4,00E+00	1,60E+01	-2,4	5,76E+00
145	82807	-8,00E+00	6,40E+01	-0,48	2,30E-01
146	82808	2,00E+00	4,00E+00	-0,8	6,40E-01
147	82803	8,00E+00	6,40E+01	-0,8	6,40E-01
148	82800	4,00E+00	1,60E+01	2,24	5,02E+00
149	82801	2,00E+00	4,00E+00	3,04	9,24E+00
150	82800	2,00E+00	4,00E+00	3,84	1,47E+01
151	82803	9,00E+00	8,10E+01	3,04	9,24E+00
152	82802	6,00E+00	3,60E+01	1,6	2,56E+00
153	82807	-7,00E+00	4,90E+01	0,8	6,40E-01
154	82813	-1,60E+01	2,56E+02	-1,28	1,64E+00
155	82817	-2,00E+00	4,00E+00	-1,6	2,56E+00
156	82817	1,20E+01	1,44E+02	-0,8	6,40E-01
157	82811	3,00E+00	9,00E+00	1,28	1,64E+00
158	82819	3,00E+00	9,00E+00	0,16	2,56E-02
159	82817	-1,00E+00	1,00E+00	2,24	5,02E+00
160	82824	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
161	82826	3,00E+00	9,00E+00	0,32	1,02E-01

Nº ordem da Leitura	y (mm)	Va 1,0 - Sbi	Va 1,0 - Sbi ²	Va 2,5 - Sbi	Va 2,5 - Sbi ²
162	82828	-7,00E+00	4,90E+01	-2,56	6,55E+00
163	82832	-5,00E+00	2,50E+01	-0,8	6,40E-01
164	82835	-1,00E+00	1,00E+00	-1,456	2,12E+00
165	82831	1,00E+00	1,00E+00	1,12	1,25E+00
166	82837	1,69E+01	2,86E+02	-0,32	1,02E-01
167	82829	2,00E+00	4,00E+00	2,72	7,40E+00
168	82840	-1,28E+01	1,64E+02	0	0,00E+00
169	82843,9	-3,00E+00	9,00E+00	-0,608	3,70E-01
170	82845	-1,00E-01	1,00E-02	-1,12	1,25E+00
171	82846	0,00E+00	0,00E+00	-0,32	1,02E-01
172	82847	2,00E+00	4,00E+00	-3,04	9,24E+00
173	82848	2,00E+00	4,00E+00	-1,6	2,56E+00
174	82849	-1,00E+01	1,00E+02	-1,136	1,29E+00
175	82852	-1,10E+01	1,21E+02	-0,48	2,30E-01
176	82853	7,00E+00	4,90E+01	-0,64	4,10E-01
177	82846	1,70E+01	2,89E+02	2,08	4,33E+00
178	82846	8,00E+00	6,40E+01	0,64	4,10E-01
179	82847	-8,00E+00	6,40E+01	0,48	2,30E-01
180	82856	-1,70E+01	2,89E+02	-0,48	2,30E-01
181	82856	-1,20E+01	1,44E+02	0,32	1,02E-01
182	82858	1,70E+01	2,89E+02	-3,04	9,24E+00
183	82848	2,30E+01	5,29E+02	-0,32	1,02E-01
184	82848	-1,50E+01	2,25E+02	0,32	1,02E-01
185	82857	-2,60E+01	6,76E+02	-1,12	1,25E+00
186	82861	6,00E+00	3,60E+01	-2,56	6,55E+00
187	82851	1,60E+01	2,56E+02	1,12	1,25E+00
188	82848	-1,00E+00	1,00E+00	0,48	2,30E-01
189	82851	-3,00E+00	9,00E+00	0	0,00E+00
190	82851	2,00E+00	4,00E+00	1,76	3,10E+00
191	82850	3,00E+00	9,00E+00	1,6	2,56E+00
192	82851	4,00E+00	1,60E+01	0	0,00E+00
193	82851	-8,00E+00	6,40E+01	0,96	9,22E-01
194	82854	-1,00E+01	1,00E+02	-0,96	9,22E-01
195	82856	1,60E+01	2,56E+02	-1,6	2,56E+00
196	82849	5,00E+00	2,50E+01	0,8	6,40E-01
197	82851	-2,00E+01	4,00E+02		
198	82860	2,00E+00	4,00E+00		
199	82851				
200	82851				
201	82853				
		$\sum Sbi^2$	4,52E+04	$\sum Sbi^2$	1,65E+03

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE M – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFICIE COM CONDIÇÃO “RUIM A PÉSSIMA” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,25m

$S_{0,25} =$	0,996607	1,09E-02	-2,08E-03	3,19E-04
	-0,5563	0,943877	-0,83247	5,06E-02
	2,15E-02	2,13E-03	0,750871	8,22E-03
	3,335013	0,337647	-39,1276	0,434756

$P_{0,25} =$	5,48E-03
	1,388776
	0,227597
	35,79262

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
0,00	82785	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,25	82785	-0,36	0,00	-0,36	0,00	0,00	-0,36	0,51	-0,28	13,02	0,08	0,08
0,50	82784	-0,36	0,51	-0,28	13,02	-4,00	-0,37	-3,98	-1,02	-127,56	0,73	0,36
0,75	82783	-0,37	-3,98	-1,02	-127,56	-4,00	-0,47	-14,72	-2,74	-161,26	3,00	1,00
1,00	82781	-0,47	-14,72	-2,74	-161,26	-8,00	-0,72	-30,62	-5,25	-255,71	7,52	1,88
1,25	82781	-0,72	-30,62	-5,25	-255,71	0,00	-1,13	-37,09	-6,12	81,39	12,52	2,50
1,50	82784	-1,13	-37,09	-6,12	81,39	12,00	-1,42	-8,49	-1,30	688,20	12,64	2,11
1,75	82784	-1,42	-8,49	-1,30	688,20	0,00	-1,29	28,71	4,63	342,47	18,56	2,65
2,00	82785	-1,29	28,71	4,63	342,47	4,00	-0,85	46,86	7,24	116,18	26,65	3,33
2,25	82785	-0,85	46,86	7,24	116,18	0,00	-0,31	44,56	6,47	-219,72	33,43	3,71
2,50	82781	-0,31	44,56	6,47	-219,72	-16,00	0,00	3,50	-0,50	-907,43	33,94	3,39
2,75	82781	0,00	3,50	-0,50	-907,43	0,00	-0,25	-42,24	-7,83	-373,73	41,52	3,77
3,00	82780	-0,25	-42,24	-7,83	-373,73	-4,00	-0,83	-57,70	-9,96	-14,40	50,65	4,22
3,25	82781	-0,83	-57,70	-9,96	-14,40	4,00	-1,42	-40,88	-6,82	504,25	56,05	4,31
3,50	82781	-1,42	-40,88	-6,82	504,25	0,00	-1,69	-6,58	-1,10	467,73	56,64	4,05
3,75	82761	-1,69	-6,58	-1,10	467,73	-80,00	-2,04	-91,77	-15,24	-2625,01	69,84	4,66
4,00	82761	-2,04	-91,77	-15,24	-2625,01	0,00	-3,84	-205,75	-33,26	-582,89	99,26	6,20
4,25	82775	-3,84	-205,75	-33,26	-582,89	56,00	-5,88	-116,13	-17,54	2970,14	110,92	6,52
4,50	82771	-5,88	-116,13	-17,54	2970,14	-16,00	-6,23	36,47	7,23	1346,18	124,39	6,91
4,75	82767	-6,23	36,47	7,23	1346,18	-16,00	-5,49	77,83	12,80	-278,90	142,67	7,51
5,00	82748	-5,49	77,83	12,80	-278,90	-76,00	-5,15	-53,81	-9,93	-3334,38	147,45	7,37
5,25	82751	-5,15	-53,81	-9,93	-3334,38	12,00	-6,70	-191,87	-32,37	-666,89	173,12	8,24
5,50	82727	-6,70	-191,87	-32,37	-666,89	-96,00	-9,44	-317,53	-52,19	-2546,74	215,87	9,81
5,75	82741	-9,44	-317,53	-52,19	-2546,74	56,00	-13,27	-302,23	-48,26	2800,45	250,85	10,91
6,00	82755	-13,27	-302,23	-48,26	2800,45	56,00	-15,23	-18,10	-1,39	4963,83	264,69	11,03
6,25	82767	-15,23	-18,10	-1,39	4963,83	48,00	-13,52	310,61	50,32	3873,75	328,53	13,14
6,50	82769	-13,52	310,61	50,32	3873,75	8,00	-8,91	466,11	71,83	61,21	409,27	15,74
6,75	82755	-8,91	466,11	71,83	61,21	-56,00	-4,23	310,44	42,49	-4660,51	455,99	16,89
7,00	82777	-4,23	310,44	42,49	-4660,51	88,00	-1,92	146,17	14,18	-448,24	472,09	16,86
7,25	82747	-1,92	146,17	14,18	-448,24	-120,00	-1,15	-62,12	-20,08	-5002,02	491,02	16,93
7,50	82748	-1,15	-62,12	-20,08	-5002,02	4,00	-3,35	-289,07	-55,45	-1270,72	543,12	18,10
7,75	82776	-3,35	-289,07	-55,45	-1270,72	112,00	-6,17	-133,63	-27,28	5517,08	564,22	18,20
8,00	82778	-6,17	-133,63	-27,28	5517,08	8,00	-5,75	190,54	26,28	3686,54	596,25	18,63
8,25	82781	-5,75	190,54	26,28	3686,54	12,00	-2,47	364,55	53,06	1049,06	651,77	19,75
8,50	82781	-2,47	364,55	53,06	1049,06	0,00	1,75	354,42	49,19	-1505,05	699,22	20,57
8,75	82781	1,75	354,42	49,19	-1505,05	0,00	5,03	216,39	25,35	-2453,40	719,54	20,56
9,00	82781	5,03	216,39	25,35	-2453,40	0,00	6,54	56,09	-0,57	-1968,68	726,64	20,18
9,25	82781	6,54	56,09	-0,57	-1968,68	0,00	6,50	-49,93	-16,35	-792,92	749,50	20,26
9,50	82753	6,50	-49,93	-16,35	-792,92	-112,00	5,10	-232,83	-44,26	-3708,82	798,85	21,02
9,75	82758	5,10	-232,83	-44,26	-3708,82	20,00	1,56	-345,83	-59,56	773,43	859,97	22,05
10,00	82781	1,56	-345,83	-59,56	773,43	92,00	-1,35	-110,77	-18,12	5847,94	876,74	21,92
10,25	82777	-1,35	-110,77	-18,12	5847,94	-16,00	-0,73	185,25	30,57	2637,00	908,05	22,15
10,50	82776	-0,73	185,25	30,57	2637,00	-4,00	2,05	277,81	44,10	-132,61	950,10	22,62
10,75	82777	2,05	277,81	44,10	-132,61	4,00	4,96	223,21	33,57	-1539,40	978,71	22,76
11,00	82781	4,96	223,21	33,57	-1539,40	16,00	6,90	124,23	16,77	-1318,14	988,58	22,47
11,25	82791	6,90	124,23	16,77	-1318,14	40,00	8,00	88,25	11,27	267,36	991,85	22,04
11,50	82788	8,00	88,25	11,27	267,36	-12,00	8,93	66,34	8,29	-697,87	992,49	21,58
11,75	82794	8,93	66,34	8,29	-697,87	24,00	9,52	48,73	6,28	283,39	995,73	21,19
12,00	82794	9,52	48,73	6,28	283,39	0,00	10,10	49,82	7,36	-74,47	998,46	20,80
12,25	82796	10,10	49,82	7,36	-74,47	8,00	10,61	42,62	7,06	16,60	1002,02	20,45
12,50	82796	10,61	42,62	7,06	16,60	0,00	11,03	29,30	5,75	-219,09	1007,29	20,15

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
12,75	82796	11,03	29,30	5,75	-219,09	0,00	11,23	5,63	2,82	-273,70	1015,71	19,92
13,00	82796	11,23	5,63	2,82	-273,70	0,00	11,16	-17,14	0,12	-189,93	1026,75	19,75
13,25	82795	11,16	-17,14	0,12	-189,93	-4,00	10,85	-37,66	-2,18	-199,00	1039,78	19,62
13,50	82785	10,85	-37,66	-2,18	-199,00	-40,00	10,13	-105,40	-12,22	-1409,52	1062,12	19,67
13,75	82787	10,13	-105,40	-12,22	-1409,52	8,00	8,56	-155,22	-18,95	149,94	1089,64	19,81
14,00	82785	8,56	-155,22	-18,95	149,94	-8,00	6,88	-139,02	-14,96	496,51	1111,48	19,85
14,25	82787	6,88	-139,02	-14,96	496,51	8,00	5,57	-86,33	-5,48	1063,71	1122,54	19,69
14,50	82787	5,57	-86,33	-5,48	1063,71	0,00	4,96	-26,15	4,57	666,33	1122,93	19,36
14,75	82785	4,96	-26,15	4,57	666,33	-8,00	4,82	-8,61	7,14	-167,62	1125,25	19,07
15,00	82784	4,82	-8,61	7,14	-167,62	-4,00	4,62	-30,79	3,16	-482,18	1126,71	18,78
15,25	82783	4,62	-30,79	3,16	-482,18	-4,00	4,09	-64,24	-2,47	-471,31	1133,27	18,58
15,50	82781	4,09	-64,24	-2,47	-471,31	-8,00	3,18	-95,83	-7,60	-402,65	1144,05	18,45
15,75	82781	3,18	-95,83	-7,60	-402,65	0,00	2,01	-106,29	-9,15	100,55	1155,22	18,34
16,00	82787	2,01	-106,29	-9,15	100,55	24,00	1,03	-55,40	-0,77	1231,66	1157,01	18,08
16,25	82781	1,03	-55,40	-0,77	1231,66	-24,00	0,68	-23,18	3,99	-308,87	1160,32	17,85
16,50	82785	0,68	-23,18	3,99	-308,87	16,00	0,41	-19,00	4,07	276,59	1163,98	17,64
16,75	82785	0,41	-19,00	4,07	276,59	0,00	0,28	-7,54	5,30	-43,90	1168,99	17,45
17,00	82791	0,28	-7,54	5,30	-43,90	24,00	0,30	19,43	9,07	631,12	1177,76	17,32
17,25	82786	0,30	19,43	9,07	631,12	-20,00	0,59	14,81	7,49	-788,70	1184,67	17,17
17,50	82794	0,59	14,81	7,49	-788,70	32,00	0,65	11,91	6,47	516,22	1190,48	17,01
17,75	82786	0,65	11,91	6,47	516,22	-32,00	0,76	-12,81	1,86	-1167,86	1191,58	16,78
18,00	82785	0,76	-12,81	1,86	-1167,86	-4,00	0,22	-78,76	-9,13	-725,41	1200,93	16,68
18,25	82782	0,22	-78,76	-9,13	-725,41	-12,00	-0,92	-120,27	-15,71	-413,60	1215,72	16,65
18,50	82787	-0,92	-120,27	-15,71	-413,60	20,00	-2,22	-93,10	-10,92	1107,14	1224,42	16,55
18,75	82790	-2,22	-93,10	-10,92	1107,14	12,00	-2,79	-4,80	3,39	1299,36	1230,59	16,41
19,00	82786	-2,79	-4,80	3,39	1299,36	-16,00	-2,51	37,78	9,51	-151,22	1242,62	16,35
19,25	82778	-2,51	37,78	9,51	-151,22	-32,00	-2,33	-22,96	-1,36	-1579,01	1243,60	16,15
19,50	82779	-2,33	-22,96	-1,36	-1579,01	4,00	-3,05	-93,66	-13,19	-505,80	1253,73	16,07
19,75	82785	-3,05	-93,66	-13,19	-505,80	24,00	-4,07	-68,01	-8,86	1113,37	1258,53	15,93
20,00	82771	-4,07	-68,01	-8,86	1113,37	-56,00	-4,73	-75,93	-10,48	-1210,02	1264,28	15,80
20,25	82777	-4,73	-75,93	-10,48	-1210,02	24,00	-5,78	-88,27	-12,62	701,59	1271,12	15,69
20,50	82786	-5,78	-88,27	-12,62	701,59	36,00	-6,27	15,93	4,17	2038,23	1281,57	15,63
20,75	82775	-6,27	15,93	4,17	2038,23	-44,00	-5,68	57,18	9,78	-867,63	1297,02	15,63
21,00	82775	-5,68	57,18	9,78	-867,63	0,00	-5,33	5,04	0,21	-759,40	1302,56	15,51
21,25	82775	-5,33	5,04	0,21	-759,40	0,00	-5,50	-30,91	-6,19	-354,34	1303,25	15,33
21,50	82776	-5,50	-30,91	-6,19	-354,34	4,00	-5,90	-33,35	-6,84	202,62	1304,19	15,16
21,75	82773	-5,90	-33,35	-6,84	202,62	-12,00	-6,23	-28,91	-6,40	-104,85	1304,36	14,99
22,00	82774	-6,23	-28,91	-6,40	-104,85	4,00	-6,52	-18,25	-4,95	317,34	1305,93	14,84
22,25	82771	-6,52	-18,25	-4,95	317,34	-12,00	-6,65	-10,07	-4,02	-125,77	1308,56	14,70
22,50	82776	-6,65	-10,07	-4,02	-125,77	20,00	-6,66	18,94	0,34	792,82	1315,56	14,62
22,75	82776	-6,66	18,94	0,34	792,82	0,00	-6,18	61,46	6,67	315,71	1328,41	14,60
23,00	82775	-6,18	61,46	6,67	315,71	-4,00	-5,42	66,33	6,69	-266,66	1340,52	14,57
23,25	82742	-5,42	66,33	6,69	-266,66	-132,00	-5,50	-136,76	-27,19	-5097,99	1362,21	14,65
23,50	82764	-5,50	-136,76	-27,19	-5097,99	88,00	-8,06	-239,38	-42,71	1932,64	1396,85	14,86
23,75	82767	-8,06	-239,38	-42,71	1932,64	12,00	-9,88	-71,36	-14,13	2833,18	1401,10	14,75
24,00	82745	-9,88	-71,36	-14,13	2833,18	-88,00	-10,17	-28,81	-7,71	-1422,10	1403,57	14,62
24,25	82772	-10,17	-28,81	-7,71	-1422,10	108,00	-10,30	62,85	6,82	3505,36	1420,68	14,65
24,50	82774	-10,30	62,85	6,82	3505,36	8,00	-8,43	248,02	35,67	1530,40	1464,79	14,95
24,75	82764	-8,43	248,02	35,67	1530,40	-40,00	-5,50	231,05	30,61	-2106,53	1500,90	15,16
25,00	82773	-5,50	231,05	30,61	-2106,53	36,00	-3,50	138,97	14,23	-765,35	1518,63	15,19
25,25	82775	-3,50	138,97	14,23	-765,35	8,00	-2,20	93,61	6,43	-567,99	1527,26	15,12
25,50	82772	-2,20	93,61	6,43	-567,99	-12,00	-1,43	38,79	-2,42	-903,94	1528,25	14,98
25,75	82775	-1,43	38,79	-2,42	-903,94	12,00	-1,22	10,31	-6,46	139,45	1533,49	14,89
26,00	82775	-1,22	10,31	-6,46	139,45	0,00	-1,04	22,85	-3,71	312,99	1536,16	14,77
26,25	82776	-1,04	22,85	-3,71	312,99	4,00	-0,66	46,65	0,72	428,72	1537,55	14,64
26,50	82776	-0,66	46,65	0,72	428,72	0,00	-0,02	65,51	4,15	171,65	1541,72	14,54
26,75	82777	-0,02	65,51	4,15	171,65	4,00	0,77	72,64	5,58	77,39	1546,53	14,45
27,00	82778	0,77	72,64	5,58	77,39	4,00	1,59	72,96	5,91	-14,38	1550,84	14,36
27,25	82779	1,59	72,96	5,91	-14,38	4,00	2,39	67,89	5,42	-64,24	1553,87	14,26
27,50	82781	2,39	67,89	5,42	-64,24	8,00	3,13	66,10	5,56	77,36	1556,29	14,15
27,75	82782	3,13	66,10	5,56	77,36	4,00	3,88	65,50	5,93	-7,81	1558,34	14,04
28,00	82783	3,88	65,50	5,93	-7,81	4,00	4,59	59,89	5,52	-57,04	1559,27	13,92
28,25	82784	4,59	59,89	5,52	-57,04	4,00	5,22	52,05	4,81	-62,04	1559,67	13,80
28,50	82785	5,22	52,05	4,81	-62,04	4,00	5,76	44,63	4,24	-37,08	1561,20	13,69
28,75	82786	5,76	44,63	4,24	-37,08	4,00	6,23	39,07	4,01	-4,42	1563,42	13,59
29,00	82787	6,23	39,07	4,01	-4,42	4,00	6,65	35,41	4,10	18,50	1565,97	13,50
29,25	82787	6,65	35,41	4,10	18,50	0,00	7,01	27,25	3,45	-118,20	1569,53	13,41
29,50	82788	7,01	27,25	3,45	-118,20	4,00	7,26	18,52	2,74	-10,56	1574,06	13,34
29,75	82788	7,26	18,52	2,74	-10,56	0,00	7,43	10,63	2,16	-81,20	1579,32	13,27
30,00	82790	7,43	10,63	2,16	-81,20	8,00	7,53	11,10	2,96	194,74	1583,89	13,20
30,25	82789	7,53	11,10	2,96	194,74	-4,00	7,66	8,13	3,10	-145,47	1588,45	13,13
30,50	82790	7,66	8,13	3,10	-145,47	4,00	7,69	-0,98	2,22	-13,05	1593,92	13,06
30,75	82798	7,69	-0,98	2,22	-13,05	32,00	7,82	36,72	9,01	1078,01	1595,11	12,97
31,00	82799	7,82	36,72	9,01	1078,01	4,00	8,54	82,96	16,78	297,82	1603,35	12,93
31,25	82803	8,54	82,96	16,78	297,82	16,00	9,57	96,88	19,05	101,91	1612,84	12,90
31,50	82803	9,57	96,88	19,05	101,91	0,00	10,59	75,42	15,56	-636,60	1617,81	12,84
31,75	82803	10,59	75,42	15,56	-636,60	0,00	11,14	20,11	6,84	-824,71	1622,11	12,77
32,00	82798	11,14	20,11	6,84	-824,71	-20,00	10,93	-62,45	-5,92	-1297,92	1638,96	12,80
32,25	82803	10,93	-62,45	-5,92	-1297,92	20,00	9,92	-98,06	-10,46	398,48	1659,34	12,86

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
32,50	82807	9,92	-98,06	-10,46	398,48	16,00	9,05	-46,97	-0,93	1155,18	1669,33	12,84
32,75	82803	9,05	-46,97	-0,93	1155,18	-16,00	8,79	-12,31	5,25	-19,69	1672,87	12,77
33,00	82804	8,79	-12,31	5,25	-19,69	4,00	8,63	-16,33	4,86	-45,71	1676,65	12,70
33,25	82806	8,63	-16,33	4,86	-45,71	8,00	8,45	-15,46	5,24	99,77	1679,85	12,63
33,50	82804	8,45	-15,46	5,24	99,77	-8,00	8,23	-29,71	3,08	-425,11	1684,99	12,57
33,75	82806	8,23	-29,71	3,08	-425,11	8,00	7,78	-45,61	0,76	-1,77	1692,01	12,53
34,00	82808	7,78	-45,61	0,76	-1,77	8,00	7,29	-36,98	2,44	266,54	1696,86	12,48
34,25	82805	7,29	-36,98	2,44	266,54	-12,00	6,88	-44,16	1,37	-397,42	1702,37	12,43
34,50	82808	6,88	-44,16	1,37	-397,42	12,00	6,31	-50,12	0,55	211,01	1708,13	12,38
34,75	82808	6,31	-50,12	0,55	211,01	0,00	5,81	-40,59	2,18	74,36	1711,76	12,31
35,00	82811	5,81	-40,59	2,18	74,36	12,00	5,43	-22,92	5,02	382,34	1712,17	12,23
35,25	82811	5,43	-22,92	5,02	382,34	0,00	5,27	-9,46	6,98	-19,66	1713,88	12,16
35,50	82811	5,27	-9,46	6,98	-19,66	0,00	5,13	-18,67	5,17	-267,18	1713,92	12,07
35,75	82811	5,13	-18,67	5,17	-267,18	0,00	4,81	-38,31	1,76	-307,69	1716,97	12,01
36,00	82811	4,81	-38,31	1,76	-307,69	0,00	4,28	-55,89	-1,19	-199,40	1722,44	11,96
36,25	82808	4,28	-55,89	-1,19	-199,40	-12,00	3,53	-80,90	-5,29	-474,31	1731,25	11,94
36,50	82810	3,53	-80,90	-5,29	-474,31	8,00	2,53	-86,83	-6,15	271,55	1739,93	11,92
36,75	82808	2,53	-86,83	-6,15	271,55	-8,00	1,63	-75,61	-4,33	51,36	1745,90	11,88
37,00	82806	1,63	-75,61	-4,33	51,36	-8,00	0,78	-77,17	-4,78	-114,52	1751,46	11,83
37,25	82804	0,78	-77,17	-4,78	-114,52	-8,00	-0,13	-86,21	-6,50	-172,61	1757,83	11,80
37,50	82805	-0,13	-86,21	-6,50	-172,61	4,00	-1,09	-79,08	-5,57	292,81	1762,31	11,75
37,75	82805	-1,09	-79,08	-5,57	292,81	0,00	-1,85	-54,56	-1,97	315,05	1762,43	11,67
38,00	82799	-1,85	-54,56	-1,97	315,05	-24,00	-2,46	-66,21	-4,51	-669,58	1764,48	11,61
38,25	82802	-2,46	-66,21	-4,51	-669,58	12,00	-3,32	-74,62	-6,35	284,17	1767,51	11,55
38,50	82798	-3,32	-74,62	-6,35	284,17	-16,00	-4,10	-71,13	-6,30	-236,86	1769,72	11,49
38,75	82804	-4,10	-71,13	-6,30	-236,86	24,00	-4,80	-38,27	-1,46	965,03	1773,05	11,44
39,00	82801	-4,80	-38,27	-1,46	965,03	-12,00	-4,95	-0,03	3,92	18,20	1781,93	11,42
39,25	82800	-4,95	-0,03	3,92	18,20	-4,00	-4,96	-5,17	2,08	-305,30	1788,97	11,39
39,50	82800	-4,96	-5,17	2,08	-305,30	0,00	-5,10	-19,32	-1,07	-232,34	1793,00	11,35
39,75	82795	-5,10	-19,32	-1,07	-232,34	-20,00	-5,48	-54,05	-7,41	-798,64	1794,94	11,29
40,00	82794	-5,48	-54,05	-7,41	-798,64	-4,00	-6,31	-87,80	-13,28	-236,79	1801,91	11,26
40,25	82795	-6,31	-87,80	-13,28	-236,79	4,00	-7,27	-74,75	-11,33	509,04	1805,96	11,22
40,50	82794	-7,27	-74,75	-11,33	509,04	-4,00	-7,90	-36,85	-5,55	471,89	1808,32	11,16
40,75	82797	-7,90	-36,85	-5,55	471,89	12,00	-8,05	14,79	2,20	812,92	1818,56	11,16
41,00	82795	-8,05	14,79	2,20	812,92	-8,00	-7,65	46,67	6,37	-40,75	1832,58	11,17
41,25	82791	-7,65	46,67	6,37	-40,75	-16,00	-7,22	18,72	0,74	-849,44	1840,55	11,15
41,50	82797	-7,22	18,72	0,74	-849,44	24,00	-7,14	11,38	-1,08	442,91	1846,60	11,12
41,75	82795	-7,14	11,38	-1,08	442,91	-8,00	-6,89	26,93	0,88	-71,48	1854,37	11,10
42,00	82792	-6,89	26,93	0,88	-71,48	-12,00	-6,66	8,23	-2,75	-508,91	1858,28	11,06
42,25	82793	-6,66	8,23	-2,75	-508,91	4,00	-6,68	-6,45	-5,46	10,04	1859,51	11,00
42,50	82788	-6,68	-6,45	-5,46	10,04	-20,00	-6,83	-25,09	-8,73	-522,17	1861,41	10,95
42,75	82785	-6,83	-25,09	-8,73	-522,17	-12,00	-7,29	-55,73	-13,78	-346,20	1867,90	10,92
43,00	82785	-7,29	-55,73	-13,78	-346,20	0,00	-7,96	-54,61	-13,47	345,52	1873,41	10,89
43,25	82785	-7,96	-54,61	-13,47	345,52	0,00	-8,39	-18,40	-7,56	632,24	1874,24	10,83
43,50	82787	-8,39	-18,40	-7,56	632,24	8,00	-8,30	36,72	1,12	822,82	1883,66	10,83
43,75	82782	-8,30	36,72	1,12	822,82	-20,00	-7,72	52,24	2,96	-417,33	1894,33	10,82
44,00	82785	-7,72	52,24	2,96	-417,33	12,00	-7,20	46,67	1,46	124,32	1902,99	10,81
44,25	82779	-7,20	46,67	1,46	124,32	-24,00	-6,76	19,80	-3,40	-870,50	1906,35	10,77
44,50	82780	-6,76	19,80	-3,40	-870,50	4,00	-6,77	-13,26	-8,90	-118,24	1908,49	10,72
44,75	82781	-6,77	-13,26	-8,90	-118,24	4,00	-6,89	-1,77	-6,92	412,98	1908,52	10,66
45,00	82780	-6,89	-1,77	-6,92	412,98	-4,00	-6,76	23,28	-2,86	283,53	1912,42	10,62
45,25	82780	-6,76	23,28	-2,86	283,53	0,00	-6,38	42,47	0,09	220,58	1918,89	10,60
45,50	82779	-6,38	42,47	0,09	220,58	-4,00	-5,85	49,19	0,92	-57,59	1925,66	10,58
45,75	82778	-5,85	49,19	0,92	-57,59	-4,00	-5,34	40,44	-0,71	-207,14	1930,28	10,55
46,00	82771	-5,34	40,44	-0,71	-207,14	-28,00	-5,09	-7,64	-8,64	-1068,45	1933,83	10,51
46,25	82778	-5,09	-7,64	-8,64	-1068,45	28,00	-5,33	-12,41	-9,03	856,20	1937,52	10,47
46,50	82763	-5,33	-12,41	-9,03	856,20	-60,00	-5,48	-41,20	-13,53	-1444,12	1945,57	10,46
46,75	82776	-5,48	-41,20	-13,53	-1444,12	52,00	-6,06	-25,49	-10,41	1730,76	1949,92	10,43
47,00	82776	-6,06	-25,49	-10,41	1730,76	0,00	-5,75	75,63	6,23	1130,83	1961,89	10,44
47,25	82779	-5,75	75,63	6,23	1130,83	12,00	-4,49	143,34	16,74	683,71	1983,13	10,49
47,50	82779	-4,49	143,34	16,74	683,71	0,00	-2,73	158,48	18,40	-324,50	2004,26	10,55
47,75	82776	-2,73	158,48	18,40	-324,50	-12,00	-1,19	102,68	8,70	-1246,22	2014,15	10,55
48,00	82777	-1,19	102,68	8,70	-1246,22	4,00	-0,46	32,78	-2,61	-708,24	2016,30	10,50
48,25	82778	-0,46	32,78	-2,61	-708,24	4,00	-0,30	3,06	-6,81	-52,99	2022,81	10,48
48,50	82777	-0,30	3,06	-6,81	-52,99	-4,00	-0,29	0,49	-6,46	100,46	2028,98	10,46
48,75	82777	-0,29	0,49	-6,46	100,46	0,00	-0,24	11,09	-4,03	295,75	2032,77	10,42
49,00	82778	-0,24	11,09	-4,03	295,75	4,00	0,01	34,49	0,33	432,46	2033,10	10,37
49,25	82785	0,01	34,49	0,33	432,46	28,00	0,67	93,07	10,25	1188,86	2042,68	10,37
49,50	82787	0,67	93,07	10,25	1188,86	8,00	2,09	150,26	19,51	435,75	2060,09	10,40
49,75	82798	2,09	150,26	19,51	435,75	44,00	4,06	207,60	28,61	1058,81	2084,64	10,48
50,00	82798	4,06	207,60	28,61	1058,81	0,00	6,59	223,50	30,71	-575,39	2108,77	10,54
50,25	82797	6,59	223,50	30,71	-575,39	-4,00	8,74	147,02	18,04	-1497,68	2118,07	10,54
50,50	82797	8,74	147,02	18,04	-1497,68	0,00	9,80	43,04	1,73	-1278,17	2126,13	10,53
50,75	82797	9,80	43,04	1,73	-1278,17	0,00	9,82	-31,00	-8,91	-576,26	2144,86	10,57
51,00	82797	9,82	-31,00	-8,91	-576,26	0,00	9,29	-56,50	-11,28	120,23	2165,43	10,61
51,25	82797	9,29	-56,50	-11,28	120,23	0,00	8,70	-43,02	-7,40	505,50	2181,53	10,64
51,50	82797	8,70	-43,02	-7,40	505,50	0,00	8,38	-13,68	-1,31	523,85	2191,21	10,64
51,75	82797	8,38	-13,68	-1,31	523,85	0,00	8,37	10,05	3,48	302,14	2196,10	10,61
52,00	82797	8,37	10,05	3,48	302,14	0,00	8,54	17,23	5,30	26,57	2199,35	10,57

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
52,25	82796	8,54	17,23	5,30	26,57	-4,00	8,68	2,90	3,51	-304,60	2204,52	10,55
52,50	82795	8,68	2,90	3,51	-304,60	-4,00	8,55	-25,99	-0,59	-382,88	2213,66	10,54
52,75	82794	8,55	-25,99	-0,59	-382,88	-4,00	8,10	-53,75	-4,37	-266,84	2226,12	10,55
53,00	82780	8,10	-53,75	-4,37	-266,84	-56,00	7,10	-142,88	-18,16	-1940,49	2251,38	10,62
53,25	82780	7,10	-142,88	-18,16	-1940,49	0,00	4,93	-221,97	-29,74	-157,57	2286,06	10,73
53,50	82781	4,93	-221,97	-29,74	-157,57	4,00	2,53	-189,92	-23,08	1179,94	2311,67	10,80
53,75	82781	2,53	-189,92	-23,08	1179,94	0,00	0,87	-101,69	-7,98	1360,51	2320,52	10,79
54,00	82780	0,87	-101,69	-7,98	1360,51	-4,00	0,19	-26,48	4,09	729,18	2324,42	10,76
54,25	82780	0,19	-26,48	4,09	729,18	0,00	0,12	8,44	9,01	148,86	2333,31	10,75
54,50	82782	0,12	8,44	9,01	148,86	8,00	0,29	19,04	9,83	1,76	2342,86	10,75
54,75	82783	0,29	19,04	9,83	1,76	4,00	0,49	15,28	8,35	-233,34	2350,72	10,73
55,00	82781	0,49	15,28	8,35	-233,34	-8,00	0,52	-15,74	2,58	-707,82	2352,77	10,69
55,25	82782	0,52	-15,74	2,58	-707,82	4,00	0,14	-47,58	-3,00	-268,92	2355,91	10,66
55,50	82784	0,14	-47,58	-3,00	-268,92	8,00	-0,42	-45,01	-2,74	271,10	2358,23	10,62
55,75	82784	-0,42	-45,01	-2,74	271,10	0,00	-0,81	-26,24	0,07	208,45	2359,11	10,58
56,00	82785	-0,81	-26,24	0,07	208,45	4,00	-1,01	-8,26	2,60	219,58	2362,72	10,55
56,25	82786	-1,01	-8,26	2,60	219,58	4,00	-1,01	7,28	4,63	130,68	2368,36	10,53
56,50	82786	-1,01	7,28	4,63	130,68	0,00	-0,89	10,19	4,54	-125,26	2373,80	10,50
56,75	82787	-0,89	10,19	4,54	-125,26	4,00	-0,81	5,55	3,30	-88,65	2377,90	10,48
57,00	82788	-0,81	5,55	3,30	-88,65	4,00	-0,76	4,01	2,65	-25,13	2381,31	10,44
57,25	82787	-0,76	4,01	2,65	-25,13	-4,00	-0,75	-4,83	0,87	-258,98	2382,92	10,41
57,50	82789	-0,75	-4,83	0,87	-258,98	8,00	-0,84	-6,87	0,31	135,77	2384,07	10,37
57,75	82789	-0,84	-6,87	0,31	135,77	0,00	-0,87	0,59	1,32	41,59	2386,26	10,33
58,00	82790	-0,87	0,59	1,32	41,59	4,00	-0,82	7,60	2,23	106,91	2389,31	10,30
58,25	82791	-0,82	7,60	2,23	106,91	4,00	-0,69	16,75	3,46	102,36	2393,45	10,27
58,50	82792	-0,69	16,75	3,46	102,36	4,00	-0,45	24,05	4,37	55,68	2398,28	10,25
58,75	82793	-0,45	24,05	4,37	55,68	4,00	-0,16	27,69	4,69	2,98	2403,13	10,23
59,00	82792	-0,16	27,69	4,69	2,98	-4,00	0,11	16,92	2,69	-316,61	2405,71	10,19
59,25	82797	0,11	16,92	2,69	-316,61	20,00	0,30	25,41	4,01	478,96	2409,42	10,17
59,50	82797	0,30	25,41	4,01	478,96	0,00	0,72	44,73	7,01	60,96	2415,71	10,15
59,75	82797	0,72	44,73	7,01	60,96	0,00	1,21	39,08	5,87	-230,21	2420,37	10,13
60,00	82800	1,21	39,08	5,87	-230,21	12,00	1,61	36,33	5,36	116,81	2424,11	10,10
60,25	82801	1,61	36,33	5,36	116,81	4,00	2,05	40,40	6,01	1,94	2428,07	10,07
60,50	82801	2,05	40,40	6,01	1,94	0,00	2,47	32,09	4,66	-213,68	2430,25	10,04
60,75	82801	2,47	32,09	4,66	-213,68	0,00	2,74	14,21	1,86	-255,99	2431,13	10,00
61,00	82802	2,74	14,21	1,86	-255,99	4,00	2,82	2,93	0,29	-27,00	2433,66	9,97
61,25	82803	2,82	2,93	0,29	-27,00	4,00	2,86	5,14	0,97	130,40	2435,54	9,94
61,50	82803	2,86	5,14	0,97	130,40	0,00	2,94	9,06	1,88	29,82	2436,60	9,90
61,75	82806	2,94	9,06	1,88	29,82	12,00	3,10	23,53	4,47	381,92	2437,97	9,87
62,00	82806	3,10	23,53	4,47	381,92	0,00	3,46	36,11	6,61	9,52	2441,12	9,84
62,25	82805	3,46	36,11	6,61	9,52	-4,00	3,81	21,58	4,28	-374,00	2441,59	9,81
62,50	82802	3,81	21,58	4,28	-374,00	-12,00	3,84	-20,93	-2,46	-739,73	2447,89	9,79
62,75	82800	3,84	-20,93	-2,46	-739,73	-8,00	3,32	-68,41	-9,71	-505,89	2460,93	9,80
63,00	82801	3,32	-68,41	-9,71	-505,89	4,00	2,45	-78,40	-10,62	291,26	2473,99	9,82
63,25	82801	2,45	-78,40	-10,62	291,26	0,00	1,70	-51,78	-5,69	523,70	2481,38	9,81
63,50	82807	1,70	-51,78	-5,69	523,70	24,00	1,44	14,78	5,42	1297,54	2485,36	9,78
63,75	82798	1,44	14,78	5,42	1297,54	-36,00	1,80	24,36	6,61	-926,77	2490,17	9,77
64,00	82807	1,80	24,36	6,61	-926,77	36,00	1,95	19,55	5,63	641,28	2493,85	9,74
64,25	82797	1,95	19,55	5,63	641,28	-40,00	2,13	-10,39	0,48	-1359,95	2495,50	9,71
64,50	82798	2,13	-10,39	0,48	-1359,95	4,00	1,59	-74,71	-9,89	-463,14	2506,99	9,72
64,75	82797	1,59	-74,71	-9,89	-463,14	-4,00	0,62	-92,18	-12,27	22,52	2519,88	9,73
65,00	82797	0,62	-92,18	-12,27	22,52	0,00	-0,35	-76,00	-9,21	460,78	2528,73	9,73
65,25	82798	-0,35	-76,00	-9,21	460,78	4,00	-0,99	-34,98	-2,39	677,01	2530,13	9,69
65,50	82799	-0,99	-34,98	-2,39	677,01	4,00	-1,13	9,37	4,59	515,73	2535,85	9,68
65,75	82799	-1,13	9,37	4,59	515,73	0,00	-0,87	31,77	7,68	44,03	2544,39	9,67
66,00	82799	-0,87	31,77	7,68	44,03	0,00	-0,52	26,30	6,18	-273,61	2551,09	9,66
66,25	82799	-0,52	26,30	6,18	-273,61	0,00	-0,33	6,12	2,43	-353,58	2553,86	9,64
66,50	82798	-0,33	6,12	2,43	-353,58	-4,00	-0,40	-19,53	-1,98	-391,21	2555,44	9,61
66,75	82799	-0,40	-19,53	-1,98	-391,21	4,00	-0,71	-30,82	-3,85	42,75	2558,57	9,58
67,00	82799	-0,71	-30,82	-3,85	42,75	0,00	-1,03	-23,33	-2,62	156,26	2560,16	9,55
67,25	82802	-1,03	-23,33	-2,62	156,26	12,00	-1,16	5,31	1,98	588,54	2563,30	9,53
67,50	82799	-1,16	5,31	1,98	588,54	-12,00	-0,98	17,15	3,58	-253,15	2567,86	9,51
67,75	82800	-0,98	17,15	3,58	-253,15	4,00	-0,85	6,48	1,53	-104,44	2570,24	9,48
68,00	82799	-0,85	6,48	1,53	-104,44	-4,00	-0,84	-5,53	-0,62	-249,21	2570,45	9,45
68,25	82799	-0,84	-5,53	-0,62	-249,21	0,00	-0,97	-16,85	-2,55	-88,64	2572,03	9,42
68,50	82799	-0,97	-16,85	-2,55	-88,64	0,00	-1,18	-17,74	-2,70	52,16	2573,55	9,39
68,75	82799	-1,18	-17,74	-2,70	52,16	0,00	-1,34	-11,20	-1,66	118,31	2573,87	9,36
69,00	82800	-1,34	-11,20	-1,66	118,31	4,00	-1,40	3,11	0,58	251,28	2575,85	9,33
69,25	82808	-1,40	3,11	0,58	251,28	32,00	-1,11	60,39	9,76	1228,14	2586,72	9,34
69,50	82811	-1,11	60,39	9,76	1228,14	12,00	-0,01	128,35	20,27	598,10	2606,99	9,38
69,75	82810	-0,01	128,35	20,27	598,10	-4,00	1,52	129,02	19,50	-632,75	2624,96	9,41
70,00	82808	1,52	129,02	19,50	-632,75	-8,00	2,64	61,54	7,92	-1275,64	2630,25	9,39
70,25	82807	2,64	61,54	7,92	-1275,64	-4,00	2,86	-20,14	-5,26	-978,21	2638,36	9,39
70,50	82799	2,86	-20,14	-5,26	-978,21	-32,00	2,15	-110,20	-19,26	-1362,05	2659,77	9,43
70,75	82802	2,15	-110,20	-19,26	-1362,05	12,00	0,61	-141,50	-23,12	560,83	2683,50	9,48
71,00	82807	0,61	-141,50	-23,12	560,83	20,00	-0,60	-58,47	-8,48	1818,40	2691,38	9,48
71,25	82801	-0,60	-58,47	-8,48	1818,40	-24,00	-0,77	10,97	2,98	241,67	2695,13	9,46
71,50	82808	-0,77	10,97	2,98	241,67	28,00	-0,42	59,42	10,61	991,70	2706,16	9,46
71,75	82808	-0,42	59,42	10,61	991,70	0,00	0,52	97,72	16,23	34,82	2721,87	9,48

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
72,00	82807	0,52	97,72	16,23	34,82	-4,00	1,54	74,64	11,79	-728,52	2732,11	9,49
72,25	82801	1,54	74,64	11,79	-728,52	-24,00	1,96	-10,45	-2,41	-1606,53	2736,49	9,47
72,50	82808	1,96	-10,45	-2,41	-1606,53	28,00	1,49	-51,43	-8,63	401,10	2746,61	9,47
72,75	82808	1,49	-51,43	-8,63	401,10	0,00	1,07	-21,88	-3,26	499,51	2750,93	9,45
73,00	82803	1,07	-21,88	-3,26	499,51	-20,00	0,88	-21,01	-2,91	-375,08	2754,73	9,43
73,25	82801	0,88	-21,01	-2,91	-375,08	-8,00	0,49	-48,00	-7,12	-339,55	2762,34	9,43
73,50	82800	0,49	-48,00	-7,12	-339,55	-4,00	-0,15	-62,41	-9,14	-26,83	2771,33	9,43
73,75	82799	-0,15	-62,41	-9,14	-26,83	-4,00	-0,84	-58,13	-8,13	181,17	2778,62	9,42
74,00	82801	-0,84	-58,13	-8,13	181,17	8,00	-1,35	-27,35	-2,94	660,73	2780,20	9,39
74,25	82800	-1,35	-27,35	-2,94	660,73	-4,00	-1,45	5,29	2,23	245,18	2783,89	9,37
74,50	82800	-1,45	5,29	2,23	245,18	0,00	-1,32	16,36	3,67	16,25	2788,87	9,36
74,75	82802	-1,32	16,36	3,67	16,25	8,00	-1,09	25,05	4,72	150,90	2794,68	9,35
75,00	82803	-1,09	25,05	4,72	150,90	4,00	-0,75	33,52	5,72	29,02	2801,16	9,34
75,25	82802	-0,75	33,52	5,72	29,02	-4,00	-0,41	23,21	3,68	-345,67	2805,25	9,32
75,50	82802	-0,41	23,21	3,68	-345,67	0,00	-0,27	1,57	-0,04	-287,82	2805,48	9,29
75,75	82805	-0,27	1,57	-0,04	-287,82	12,00	-0,28	3,75	0,33	305,48	2806,10	9,26
76,00	82807	-0,28	3,75	0,33	305,48	8,00	-0,10	30,00	4,58	406,43	2810,78	9,25
76,25	82807	-0,10	30,00	4,58	406,43	0,00	0,35	45,14	6,85	7,10	2817,28	9,24
76,50	82813	0,35	45,14	6,85	7,10	24,00	0,96	70,40	10,76	610,65	2827,08	9,24
76,75	82807	0,96	70,40	10,76	610,65	-24,00	1,77	54,55	7,81	-987,76	2833,13	9,23
77,00	82817	1,77	54,55	7,81	-987,76	40,00	2,24	49,53	7,00	720,93	2837,88	9,21
77,25	82817	2,24	49,53	7,00	720,93	0,00	2,99	76,19	11,34	63,65	2846,23	9,21
77,50	82817	2,99	76,19	11,34	63,65	0,00	3,81	64,03	9,26	-380,29	2851,69	9,20
77,75	82817	3,81	64,03	9,26	-380,29	0,00	4,36	31,34	4,05	-493,48	2851,99	9,17
78,00	82811	4,36	31,34	4,05	-493,48	-24,00	4,39	-34,53	-6,32	-1206,82	2862,70	9,18
78,25	82817	4,39	-34,53	-6,32	-1206,82	24,00	3,75	-57,56	-9,18	584,60	2875,64	9,19
78,50	82819	3,75	-57,56	-9,18	584,60	8,00	3,36	-8,06	-0,31	892,95	2879,31	9,17
78,75	82813	3,36	-8,06	-0,31	892,95	-24,00	3,42	2,68	1,70	-450,16	2881,02	9,15
79,00	82817	3,42	2,68	1,70	-450,16	16,00	3,37	-1,37	1,30	322,70	2883,10	9,12
79,25	82816	3,37	-1,37	1,30	322,70	-4,00	3,43	6,54	2,79	-42,84	2883,74	9,10
79,50	82824	3,43	6,54	2,79	-42,84	32,00	3,64	44,22	9,11	1031,34	2889,21	9,09
79,75	82825	3,64	44,22	9,11	1031,34	4,00	4,44	89,92	16,40	262,14	2901,17	9,09
80,00	82826	4,44	89,92	16,40	262,14	4,00	5,48	87,57	15,67	-339,51	2911,36	9,10
80,25	82828	5,48	87,57	15,67	-339,51	8,00	6,32	60,48	11,10	-426,53	2916,13	9,08
80,50	82828	6,32	60,48	11,10	-426,53	0,00	6,80	22,73	5,09	-578,23	2917,84	9,06
80,75	82829	6,80	22,73	5,09	-578,23	4,00	6,85	-10,30	0,17	-277,10	2924,52	9,05
81,00	82832	6,85	-10,30	0,17	-277,10	12,00	6,69	-11,05	0,71	321,58	2930,51	9,04
81,25	82835	6,69	-11,05	0,71	321,58	12,00	6,72	18,21	6,03	560,15	2931,20	9,02
81,50	82835	6,72	18,21	6,03	560,15	0,00	7,06	36,80	9,32	36,19	2933,45	9,00
81,75	82835	7,06	36,80	9,32	36,19	0,00	7,43	24,88	7,52	-312,79	2933,55	8,97
82,00	82831	7,43	24,88	7,52	-312,79	-16,00	7,47	-24,97	-0,35	-969,83	2941,37	8,97
82,25	82836	7,47	-24,97	-0,35	-969,83	20,00	6,98	-48,78	-3,58	324,47	2951,93	8,97
82,50	82837	6,98	-48,78	-3,58	324,47	4,00	6,55	-24,95	0,94	431,04	2957,54	8,96
82,75	82838	6,55	-24,95	0,94	431,04	4,00	6,42	-0,59	5,25	307,30	2958,71	8,94
83,00	82829	6,42	-0,59	5,25	307,30	-36,00	6,28	-42,93	-1,59	-1339,02	2966,58	8,94
83,25	82839	6,28	-42,93	-1,59	-1339,02	40,00	5,58	-54,96	-3,06	918,23	2975,22	8,93
83,50	82840	5,58	-54,96	-3,06	918,23	4,00	5,29	-0,37	6,17	662,01	2976,10	8,91
83,75	82841	5,29	-0,37	6,17	662,01	4,00	5,48	30,66	11,10	207,11	2981,72	8,90
84,00	82843,9	5,48	30,66	11,10	207,11	11,60	5,91	43,25	12,86	99,63	2988,67	8,89
84,25	82845	5,91	43,25	12,86	99,63	4,40	6,39	37,98	11,70	-268,07	2993,98	8,88
84,50	82845	6,39	37,98	11,70	-268,07	0,00	6,67	8,99	6,80	-540,04	2994,10	8,86
84,75	82846	6,67	8,99	6,80	-540,04	4,00	6,58	-22,68	1,74	-332,26	2998,95	8,85
85,00	82846	6,58	-22,68	1,74	-332,26	0,00	6,20	-43,34	-1,33	-198,09	3006,49	8,84
85,25	82846	6,20	-43,34	-1,33	-198,09	0,00	5,65	-53,28	-2,59	-27,85	3014,72	8,84
85,50	82847	5,65	-53,28	-2,59	-27,85	4,00	5,06	-47,13	-1,25	233,23	3021,04	8,83
85,75	82847	5,06	-47,13	-1,25	233,23	0,00	4,61	-34,45	0,98	151,47	3024,67	8,82
86,00	82848	4,61	-34,45	0,98	151,47	4,00	4,29	-22,67	2,92	174,25	3026,03	8,80
86,25	82848	4,29	-22,67	2,92	174,25	0,00	4,07	-17,39	3,67	-31,89	3026,44	8,77
86,50	82849	4,07	-17,39	3,67	-31,89	4,00	3,87	-17,80	3,45	-6,57	3026,86	8,75
86,75	82848	3,87	-17,80	3,45	-6,57	-4,00	3,64	-27,72	1,68	-274,29	3028,82	8,73
87,00	82852	3,64	-27,72	1,68	-274,29	16,00	3,32	-21,25	2,66	390,66	3029,47	8,71
87,25	82850	3,32	-21,25	2,66	390,66	-8,00	3,15	-15,45	3,42	-216,83	3029,74	8,68
87,50	82853	3,15	-15,45	3,42	-216,83	12,00	2,96	-13,49	3,55	206,82	3030,33	8,66
87,75	82854	2,96	-13,49	3,55	206,82	4,00	2,88	-1,31	5,31	99,52	3032,76	8,64
88,00	82846	2,88	-1,31	5,31	99,52	-32,00	2,70	-46,66	-2,42	-1300,73	3037,88	8,63
88,25	82855	2,70	-46,66	-2,42	-1300,73	36,00	1,97	-59,41	-4,36	810,90	3044,21	8,62
88,50	82846	1,97	-59,41	-4,36	810,90	-36,00	1,39	-62,48	-4,88	-778,98	3050,48	8,62
88,75	82848	1,39	-62,48	-4,88	-778,98	8,00	0,51	-84,02	-8,35	122,23	3059,34	8,62
89,00	82847	0,51	-84,02	-8,35	122,23	-4,00	-0,38	-72,00	-6,34	210,11	3065,31	8,61
89,25	82847	-0,38	-72,00	-6,34	210,11	0,00	-1,08	-51,83	-3,20	314,04	3067,43	8,59
89,50	82856	-1,08	-51,83	-3,20	314,04	36,00	-1,34	20,25	8,24	1529,09	3077,01	8,59
89,75	82856	-1,34	20,25	8,24	1529,09	0,00	-0,64	90,44	18,77	344,71	3096,42	8,63
90,00	82856	-0,64	90,44	18,77	344,71	0,00	0,42	87,55	17,11	-556,32	3113,12	8,65
90,25	82858	0,42	87,55	17,11	-556,32	8,00	1,20	51,10	10,29	-594,03	3122,20	8,65
90,50	82858	1,20	51,10	10,29	-594,03	0,00	1,54	8,91	2,98	-639,58	3123,63	8,63
90,75	82855	1,54	8,91	2,98	-639,58	-12,00	1,36	-43,99	-5,70	-815,87	3130,70	8,62
91,00	82848	1,36	-43,99	-5,70	-815,87	-28,00	0,47	-117,73	-17,43	-1144,07	3148,60	8,65
91,25	82849	0,47	-117,73	-17,43	-1144,07	4,00	-1,12	-149,27	-21,82	289,48	3169,30	8,68
91,50	82848	-1,12	-149,27	-21,82	289,48	-4,00	-2,63	-113,00	-15,26	782,38	3181,93	8,69

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
91,75	82858	-2,63	-113,00	-15,26	782,38	40,00	-3,35	2,68	3,78	2321,90	3189,07	8,69
92,00	82857	-3,35	2,68	3,78	2321,90	-4,00	-2,60	113,29	20,95	707,98	3212,62	8,73
92,25	82864	-2,60	113,29	20,95	707,98	28,00	-1,02	165,68	28,11	519,67	3241,75	8,79
92,50	82861	-1,02	165,68	28,11	519,67	-12,00	0,83	143,20	22,98	-1251,02	3263,90	8,82
92,75	82857	0,83	143,20	22,98	-1251,02	-16,00	1,86	29,99	3,65	-1964,63	3265,69	8,80
93,00	82851	1,86	29,99	3,65	-1964,63	-24,00	1,41	-108,60	-18,77	-1839,68	3285,88	8,83
93,25	82850	1,41	-108,60	-18,77	-1839,68	-4,00	-0,35	-186,40	-30,33	-240,51	3315,86	8,89
93,50	82848	-0,35	-186,40	-30,33	-240,51	-8,00	-2,44	-173,79	-26,98	731,77	3340,40	8,93
93,75	82851	-2,44	-173,79	-26,98	731,77	12,00	-3,97	-86,49	-11,93	1736,37	3348,36	8,93
94,00	82851	-3,97	-86,49	-11,93	1736,37	0,00	-4,32	18,44	5,05	1179,26	3357,73	8,93
94,25	82851	-4,32	18,44	5,05	1179,26	0,00	-3,74	75,33	13,43	306,96	3374,91	8,95
94,50	82851	-3,74	75,33	13,43	306,96	0,00	-2,84	77,55	12,69	-379,18	3390,43	8,97
94,75	82851	-2,84	77,55	12,69	-379,18	0,00	-2,13	45,01	6,51	-644,64	3399,07	8,97
95,00	82850	-2,13	45,01	6,51	-644,64	-4,00	-1,87	0,04	-1,27	-670,23	3399,67	8,95
95,25	82851	-1,87	0,04	-1,27	-670,23	4,00	-2,05	-26,26	-5,59	-104,79	3403,22	8,93
95,50	82851	-2,05	-26,26	-5,59	-104,79	0,00	-2,35	-24,30	-5,16	157,58	3406,02	8,92
95,75	82851	-2,35	-24,30	-5,16	157,58	0,00	-2,55	-9,35	-2,68	254,41	3406,16	8,89
96,00	82851	-2,55	-9,35	-2,68	254,41	0,00	-2,56	7,72	0,00	203,90	3408,72	8,88
96,25	82854	-2,56	7,72	0,00	203,90	12,00	-2,33	35,69	4,37	512,12	3415,42	8,87
96,50	82854	-2,33	35,69	4,37	512,12	0,00	-1,78	57,29	7,52	55,89	3424,72	8,87
96,75	82855	-1,78	57,29	7,52	55,89	4,00	-1,13	57,19	7,10	-113,31	3432,94	8,87
97,00	82856	-1,13	57,19	7,10	-113,31	4,00	-0,53	48,51	5,41	-168,29	3438,87	8,86
97,25	82850	-0,53	48,51	5,41	-168,29	-24,00	-0,19	-0,27	-2,69	-1129,11	3441,38	8,85
97,50	82849	-0,19	-0,27	-2,69	-1129,11	-4,00	-0,57	-60,65	-12,22	-529,35	3453,03	8,85
97,75	82856	-0,57	-60,65	-12,22	-529,35	28,00	-1,22	-34,68	-7,30	1227,88	3459,11	8,85
98,00	82851	-1,22	-34,68	-7,30	1227,88	-20,00	-1,30	8,43	-0,04	87,75	3460,37	8,83
98,25	82853	-1,30	8,43	-0,04	87,75	8,00	-1,13	24,27	2,51	324,43	3464,00	8,81
98,50	82860	-1,13	24,27	2,51	324,43	28,00	-0,61	76,76	10,95	1049,65	3475,56	8,82
98,75	82852	-0,61	76,76	10,95	1049,65	-32,00	0,37	72,40	9,72	-1093,52	3484,91	8,82
99,00	82851	0,37	72,40	9,72	-1093,52	-4,00	0,77	-0,89	-2,44	-973,15	3488,12	8,81
99,25	82851	0,77	-0,89	-2,44	-973,15	0,00	0,45	-48,53	-9,82	-325,27	3498,39	8,81
99,50	82851	0,45	-48,53	-9,82	-325,27	0,00	-0,17	-54,35	-10,14	227,95	3508,36	8,81
99,75	82853	-0,17	-54,35	-10,14	227,95	8,00	-0,62	-20,11	-4,04	763,36	3511,78	8,80
100,00	82853	-0,62	-20,11	-4,04	763,36	0,00	-0,59	23,39	3,19	481,06	3515,55	8,79

Fonte: Acervo próprio.

APÊNDICE N – RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL PELO MÉTODO NÍVEL E MIRA PARA SUPERFÍCIE COM CONDIÇÃO “RUIM A PÉSSIMA” UNIDADE IRI - PROCESSAMENTO A CADA 0,50m

	0,988173	2,13E-02	2,52E-02	9,92E-04
$S_{0,50} =$	-0,92852	0,900162	-3,39137	6,28E-02
	6,39E-02	6,62E-03	0,240289	9,86E-03
	3,743294	0,418678	-46,6788	-0,11453

	3,70E-02
$P_{0,50} =$	4,319885
	0,695847
	42,93555

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
0,00	82785	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-
0,50	82784	-0,36	0,00	-0,36	0,00	-2,00	-0,44	-7,07	-1,50	-70,26	1,06	1,06
1,00	82781	-0,44	-7,07	-1,50	-70,26	-6,00	-0,92	-31,19	-5,30	-184,06	5,45	2,72
1,50	82784	-0,92	-31,19	-5,30	-184,06	6,00	-1,66	5,12	0,82	509,79	7,93	2,64
2,00	82785	-1,66	5,12	0,82	509,79	2,00	-0,94	44,03	6,54	-14,89	15,41	3,85
2,50	82781	-0,94	44,03	6,54	-14,89	-8,00	-0,13	-17,18	-3,91	-632,32	19,19	3,84
3,00	82780	-0,13	-17,18	-3,91	-632,32	-2,00	-1,30	-50,44	-8,69	161,35	26,58	4,43
3,50	82781	-1,30	-50,44	-8,69	161,35	2,00	-2,34	4,05	0,48	447,05	29,40	4,20
4,00	82761	-2,34	4,05	0,48	447,05	-40,00	-3,25	-140,53	-23,43	-1798,02	49,58	6,20
4,50	82771	-3,25	-140,53	-23,43	-1798,02	20,00	-7,84	-70,53	-10,58	2087,42	52,32	5,81
5,00	82748	-7,84	-70,53	-10,58	2087,42	-46,00	-9,15	-87,94	-14,93	-1778,91	58,11	5,81
5,50	82727	-9,15	-87,94	-14,93	-1778,91	-42,00	-14,61	-313,18	-51,52	-973,61	95,03	8,64
6,00	82755	-14,61	-313,18	-51,52	-973,61	56,00	-21,29	87,16	13,98	4735,19	130,30	10,86
6,50	82769	-21,29	87,16	13,98	4735,19	28,00	-13,10	469,15	68,76	-35,86	212,15	16,32
7,00	82777	-13,10	469,15	68,76	-35,86	16,00	-0,67	268,14	29,57	-2371,22	242,39	17,31
7,50	82748	-0,67	268,14	29,57	-2371,22	-58,00	1,29	-257,76	-54,91	-3489,21	298,59	19,91
8,00	82778	1,29	-257,76	-54,91	-3489,21	60,00	-6,83	-6,95	-7,48	5435,75	299,24	18,70
8,50	82781	-6,83	-6,95	-7,48	5435,75	6,00	-1,47	392,75	55,51	-44,30	356,22	20,95
9,00	82781	-1,47	392,75	55,51	-44,30	0,00	8,26	163,88	15,41	-2426,99	363,36	20,19
9,50	82753	8,26	163,88	15,41	-2426,99	-56,00	7,56	-306,73	-57,59	-2745,99	428,51	22,55
10,00	82781	7,56	-306,73	-57,59	-2745,99	56,00	-1,16	-18,35	-3,50	5307,01	430,85	21,54
10,50	82776	-1,16	-18,35	-3,50	5307,01	-10,00	3,27	286,52	44,35	-885,79	471,92	22,47
11,00	82781	3,27	286,52	44,35	-885,79	10,00	9,94	92,06	10,98	-1407,03	472,97	21,50
11,50	82788	9,94	92,06	10,98	-1407,03	14,00	11,18	8,51	-0,25	325,34	484,40	21,06
12,00	82794	11,18	8,51	-0,25	325,34	12,00	11,99	70,41	12,27	535,17	484,68	20,20
12,50	82796	11,99	70,41	12,27	535,17	4,00	14,33	61,53	12,24	-387,86	486,77	19,47
13,00	82796	14,33	61,53	12,24	-387,86	0,00	15,40	-23,79	0,44	-447,56	501,73	19,30
13,50	82785	15,40	-23,79	0,44	-447,56	-22,00	13,46	-160,34	-18,79	-866,11	533,98	19,78
14,00	82785	13,46	-160,34	-18,79	-866,11	0,00	8,55	-147,49	-13,26	959,61	555,80	19,85
14,50	82787	8,55	-147,49	-13,26	959,61	4,00	6,08	-18,20	8,63	651,02	558,35	19,25
15,00	82784	6,08	-18,20	8,63	651,02	-6,00	6,26	-36,34	4,59	-719,98	560,02	18,67
15,50	82781	6,26	-36,34	4,59	-719,98	-6,00	4,59	-125,22	-10,01	-381,09	574,63	18,54
16,00	82787	4,59	-125,22	-10,01	-381,09	12,00	1,69	-55,12	1,65	991,09	574,67	17,96
16,50	82785	1,69	-55,12	1,65	991,09	-4,00	1,37	-11,82	7,13	-379,04	580,43	17,59
17,00	82791	1,37	-11,82	7,13	-379,04	12,00	1,35	-8,06	6,33	225,95	585,41	17,22
17,50	82794	1,35	-8,06	6,33	225,95	6,00	1,77	10,11	7,96	-62,28	591,60	16,90
18,00	82785	1,77	10,11	7,96	-62,28	-18,00	1,44	-101,20	-11,05	-1126,35	604,08	16,78
18,50	82787	1,44	-101,20	-11,05	-1126,35	4,00	-1,98	-108,42	-11,56	779,41	613,66	16,59

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
19,00	82786	-1,98	-108,42	-11,56	779,41	-2,00	-3,86	-16,25	2,67	311,55	620,19	16,32
19,50	82779	-3,86	-16,25	2,67	311,55	-14,00	-4,30	-61,03	-6,38	-782,86	622,27	15,96
20,00	82771	-4,30	-61,03	-6,38	-782,86	-16,00	-7,08	-147,59	-21,07	-341,13	636,26	15,91
20,50	82786	-7,08	-147,59	-21,07	-341,13	30,00	-9,89	53,33	11,02	2222,19	657,17	16,03
21,00	82775	-9,89	53,33	11,02	2222,19	-22,00	-6,97	64,34	8,98	-1728,21	673,13	16,03
21,50	82776	-6,97	64,34	8,98	-1728,21	2,00	-6,94	-65,95	-13,52	-134,42	679,70	15,81
22,00	82774	-6,94	-65,95	-13,52	-134,42	-4,00	-8,88	-32,81	-8,24	420,97	680,35	15,46
22,50	82776	-8,88	-32,81	-8,24	420,97	4,00	-9,12	50,36	4,17	461,00	693,64	15,41
23,00	82775	-9,12	50,36	4,17	461,00	-2,00	-7,45	59,96	3,91	-346,45	704,99	15,33
23,50	82764	-7,45	59,96	3,91	-346,45	-22,00	-7,14	-69,16	-17,87	-1090,12	715,71	15,23
24,00	82745	-7,14	-69,16	-17,87	-1090,12	-38,00	-11,47	-227,65	-42,40	-728,46	746,64	15,56
24,50	82774	-11,47	-227,65	-42,40	-728,46	58,00	-15,82	154,33	20,75	4414,64	783,22	15,98
25,00	82773	-15,82	154,33	20,75	4414,64	-2,00	-7,52	351,86	47,14	-1554,55	837,88	16,76
25,50	82772	-7,52	351,86	47,14	-1554,55	-2,00	-0,37	57,56	-3,55	-1989,32	841,06	16,49
26,00	82775	-0,37	57,56	-3,55	-1989,32	6,00	-0,98	-34,82	-15,94	673,77	856,01	16,46
26,50	82776	-0,98	-34,82	-15,94	673,77	2,00	-1,37	74,58	3,91	734,53	861,30	16,25
27,00	82778	-1,37	74,58	3,91	734,53	4,00	1,21	118,55	11,37	-68,96	871,47	16,14
27,50	82781	1,21	118,55	11,37	-68,96	6,00	4,16	88,61	7,09	-211,26	874,40	15,90
28,00	82783	4,16	88,61	7,09	-211,26	4,00	6,11	55,87	3,25	-82,33	877,26	15,67
28,50	82785	6,11	55,87	3,25	-82,33	4,00	7,38	45,69	3,51	75,50	881,12	15,46
29,00	82787	7,38	45,69	3,51	75,50	4,00	8,57	44,39	5,15	45,83	884,54	15,25
29,50	82788	8,57	44,39	5,15	45,83	2,00	9,66	26,06	3,92	-108,89	890,29	15,09
30,00	82790	9,66	26,06	3,92	-108,89	4,00	10,24	11,63	3,44	48,26	897,09	14,95
30,50	82790	10,24	11,63	3,44	48,26	0,00	10,51	-7,68	2,03	-122,95	905,56	14,85
31,00	82799	10,51	-7,68	2,03	-122,95	18,00	10,81	46,47	12,42	728,08	907,17	14,63
31,50	82803	10,81	46,47	12,42	728,08	8,00	13,01	69,95	16,73	-259,79	910,89	14,46
32,00	82798	13,01	69,95	16,73	-259,79	-10,00	14,14	-65,37	-4,21	-1102,58	929,24	14,52
32,50	82807	14,14	-65,37	-4,21	-1102,58	18,00	12,04	-49,18	1,11	1121,04	940,17	14,46
33,00	82804	12,04	-49,18	1,11	1121,04	-6,00	11,77	-14,74	7,59	-413,33	944,35	14,31
33,50	82804	11,77	-14,74	7,59	-413,33	0,00	11,10	-75,90	-1,60	-269,15	957,05	14,28
34,00	82808	11,10	-75,90	-1,60	-269,15	8,00	9,34	-55,55	2,74	458,68	963,66	14,17
34,50	82808	9,34	-55,55	2,74	458,68	0,00	8,57	-39,15	5,41	-168,49	966,82	14,01
35,00	82811	8,57	-39,15	5,41	-168,49	6,00	7,83	-46,21	4,10	40,07	970,55	13,86
35,50	82811	7,83	-46,21	4,10	40,07	0,00	6,90	-60,26	1,58	-186,10	975,87	13,74
36,00	82811	6,90	-60,26	1,58	-186,10	0,00	5,39	-77,68	-1,42	-51,63	982,67	13,65
36,50	82810	5,39	-77,68	-1,42	-51,63	-2,00	3,51	-82,01	-2,41	-26,26	988,59	13,54
37,00	82806	3,51	-82,01	-2,41	-26,26	-8,00	1,34	-105,12	-6,72	-249,14	996,66	13,47
37,50	82805	1,34	-105,12	-6,72	-249,14	-2,00	-1,40	-97,35	-6,07	217,51	1001,33	13,35
38,00	82799	-1,40	-97,35	-6,07	217,51	-12,00	-3,84	-103,91	-8,40	-302,61	1005,89	13,24
38,50	82798	-3,84	-103,91	-8,40	-302,61	-2,00	-6,59	-89,13	-7,33	282,92	1006,62	13,07
39,00	82801	-6,59	-89,13	-7,33	282,92	6,00	-8,09	-5,57	4,19	505,23	1018,91	13,06
39,50	82800	-8,09	-5,57	4,19	505,23	-2,00	-7,58	11,36	4,05	-372,14	1030,54	13,04
40,00	82794	-7,58	11,36	4,05	-372,14	-12,00	-7,96	-71,66	-11,46	-685,06	1034,03	12,93
40,50	82794	-7,96	-71,66	-11,46	-685,06	0,00	-10,36	-61,27	-10,49	553,47	1034,16	12,77
41,00	82795	-10,36	-61,27	-10,49	553,47	2,00	-11,19	33,45	3,26	447,81	1048,61	12,79
41,50	82797	-11,19	33,45	3,26	447,81	4,00	-9,67	74,84	7,49	-59,68	1065,77	12,84
42,00	82792	-9,67	74,84	7,49	-59,68	-10,00	-8,20	3,99	-5,87	-777,03	1068,10	12,72
42,50	82788	-8,20	3,99	-5,87	-777,03	-8,00	-9,23	-52,25	-15,14	-9,54	1074,00	12,64
43,00	82785	-9,23	-52,25	-15,14	-9,54	-6,00	-10,85	-13,63	-8,84	393,67	1076,01	12,51
43,50	82787	-10,85	-13,63	-8,84	393,67	4,00	-10,70	69,79	3,76	493,07	1090,46	12,53
44,00	82785	-10,70	69,79	3,76	493,07	-4,00	-8,65	73,70	2,76	-414,46	1101,87	12,52
44,50	82780	-8,65	73,70	2,76	-414,46	-10,00	-7,69	-4,22	-10,45	-512,30	1104,63	12,41
45,00	82780	-7,69	-4,22	-10,45	-512,30	0,00	-8,46	6,60	-8,08	515,79	1105,01	12,28
45,50	82779	-8,46	6,60	-8,08	515,79	-2,00	-7,99	64,96	1,26	203,41	1114,25	12,24
46,00	82771	-7,99	64,96	1,26	203,41	-16,00	-6,87	5,28	-8,91	-771,62	1116,29	12,13
46,50	82763	-6,87	5,28	-8,91	-771,62	-16,00	-8,26	-76,24	-21,29	-206,39	1129,32	12,14
47,00	82776	-8,26	-76,24	-21,29	-206,39	26,00	-9,56	110,58	9,91	2070,80	1148,79	12,22

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
47,50	82779	-9,56	110,58	9,91	2070,80	6,00	-4,57	230,78	27,10	-431,60	1180,46	12,43
48,00	82777	-4,57	230,78	27,10	-431,60	-4,00	0,51	75,69	0,71	-1307,82	1180,66	12,30
48,50	82777	0,51	75,69	0,71	-1307,82	0,00	0,83	-16,87	-12,20	150,36	1193,69	12,31
49,00	82778	0,83	-16,87	-12,20	150,36	2,00	0,38	43,49	-0,11	633,98	1194,18	12,19
49,50	82787	0,38	43,49	-0,11	633,98	18,00	2,59	156,76	19,06	725,19	1210,65	12,23
50,00	82798	2,59	156,76	19,06	725,19	22,00	7,91	214,63	28,24	47,05	1230,98	12,31
50,50	82797	7,91	214,63	28,24	47,05	-2,00	13,07	84,39	7,78	-1290,18	1236,27	12,24
51,00	82797	13,07	84,39	7,78	-1290,18	0,00	13,63	-43,60	-9,46	-131,34	1259,36	12,35
51,50	82797	13,63	-43,60	-9,46	-131,34	0,00	12,17	-28,06	-2,99	489,44	1274,52	12,37
52,00	82797	12,17	-28,06	-2,99	489,44	0,00	11,84	4,30	4,70	117,18	1281,66	12,32
52,50	82795	11,84	4,30	4,70	117,18	-4,00	11,88	-32,98	0,29	-358,48	1293,25	12,32
53,00	82780	11,88	-32,98	0,29	-358,48	-30,00	9,58	-193,80	-23,80	-1229,73	1326,62	12,52
53,50	82781	9,58	-193,80	-23,80	-1229,73	2,00	3,59	-171,21	-17,13	1292,45	1347,34	12,59
54,00	82780	3,59	-171,21	-17,13	1292,45	-2,00	0,68	-26,84	6,34	507,32	1353,00	12,53
54,50	82782	0,68	-26,84	6,34	507,32	4,00	0,91	2,85	9,18	-190,84	1361,26	12,49
55,00	82781	0,91	2,85	9,18	-190,84	-2,00	0,93	-50,02	-0,99	-487,70	1363,18	12,39
55,50	82784	0,93	-50,02	-0,99	-487,70	6,00	-0,43	-47,24	-1,14	342,31	1363,90	12,29
56,00	82785	-0,43	-47,24	-1,14	342,31	2,00	-1,05	-8,10	4,15	78,71	1369,10	12,22
56,50	82786	-1,05	-8,10	4,15	78,71	2,00	-0,95	-6,82	3,05	-124,30	1373,09	12,15
57,00	82788	-0,95	-6,82	3,05	-124,30	4,00	-0,98	-6,12	2,18	37,41	1376,26	12,07
57,50	82789	-0,98	-6,12	2,18	37,41	2,00	-0,93	-1,01	2,18	-26,57	1379,37	11,99
58,00	82790	-0,93	-1,01	2,18	-26,57	2,00	-0,84	-0,47	1,59	-16,87	1381,80	11,91
58,50	82792	-0,84	-0,47	1,59	-16,87	4,00	-0,67	11,19	2,94	96,22	1385,41	11,84
59,00	82792	-0,67	11,19	2,94	96,22	0,00	-0,25	6,77	1,69	-146,16	1387,36	11,76
59,50	82797	-0,25	6,77	1,69	-146,16	10,00	0,16	34,62	5,95	369,22	1393,15	11,71
60,00	82800	0,16	34,62	5,95	369,22	6,00	1,63	59,94	9,49	-47,35	1401,00	11,67
60,50	82801	1,63	59,94	9,49	-47,35	2,00	3,16	25,94	3,70	-320,28	1401,55	11,58
61,00	82802	3,16	25,94	3,70	-320,28	2,00	3,52	-3,62	-0,50	-27,71	1405,57	11,52
61,50	82803	3,52	-3,62	-0,50	-27,71	2,00	3,44	2,08	1,20	124,22	1407,81	11,45
62,00	82806	3,44	2,08	1,20	124,22	6,00	3,82	28,34	5,92	201,19	1409,92	11,37
62,50	82802	3,82	28,34	5,92	201,19	-8,00	4,43	-20,04	-1,73	-616,78	1416,07	11,33
63,00	82801	4,43	-20,04	-1,73	-616,78	-2,00	3,22	-63,66	-7,74	73,63	1427,03	11,33
63,50	82807	3,22	-63,66	-7,74	73,63	12,00	2,15	22,42	7,00	853,48	1431,88	11,27
64,00	82807	2,15	22,42	7,00	853,48	0,00	3,62	48,04	10,39	-407,11	1438,64	11,24
64,50	82798	3,62	48,04	10,39	-407,11	-18,00	3,79	-98,66	-13,50	-1177,31	1455,93	11,29
65,00	82797	3,79	-98,66	-13,50	-1177,31	-2,00	0,07	-129,14	-16,66	651,82	1472,66	11,33
65,50	82799	0,07	-129,14	-16,66	651,82	4,00	-2,31	-1,60	4,36	820,78	1479,32	11,29
66,00	82799	-2,31	-1,60	4,36	820,78	0,00	-1,39	37,46	8,98	-306,81	1489,70	11,29
66,50	82798	-1,39	37,46	8,98	-306,81	-2,00	-0,73	-23,37	-2,10	-459,65	1491,07	11,21
67,00	82799	-0,73	-23,37	-2,10	-459,65	2,00	-1,65	-33,46	-3,85	224,02	1493,26	11,14
67,50	82799	-1,65	-33,46	-3,85	224,02	0,00	-2,22	-1,47	0,96	133,74	1496,44	11,08
68,00	82799	-2,22	-1,47	0,96	133,74	0,00	-2,07	5,89	1,40	-68,96	1499,91	11,03
68,50	82799	-2,07	5,89	1,40	-68,96	0,00	-1,95	-1,85	-0,44	-62,62	1501,42	10,96
69,00	82800	-1,95	-1,85	-0,44	-62,62	2,00	-1,97	6,34	0,53	105,38	1503,92	10,90
69,50	82811	-1,97	6,34	0,53	105,38	22,00	-0,88	107,38	16,39	902,97	1521,19	10,94
70,00	82808	-0,88	107,38	16,39	902,97	-6,00	2,51	72,67	9,32	-1084,51	1528,01	10,91
70,50	82799	2,51	72,67	9,32	-1084,51	-18,00	2,52	-114,40	-20,34	-1044,05	1550,86	11,00
71,00	82807	2,52	-114,40	-20,34	-1044,05	16,00	-0,90	-32,78	-4,65	1717,52	1554,61	10,95
71,50	82808	-0,90	-32,78	-4,65	1717,52	2,00	0,07	103,59	16,94	88,99	1571,48	10,99
72,00	82807	0,07	103,59	16,94	88,99	-2,00	2,71	32,69	4,25	-843,15	1573,01	10,92
72,50	82808	2,71	32,69	4,25	-843,15	2,00	2,72	-31,81	-5,51	8,08	1581,25	10,91
73,00	82803	2,72	-31,81	-5,51	8,08	-10,00	1,51	-55,15	-8,24	-176,01	1591,00	10,90
73,50	82800	1,51	-55,15	-8,24	-176,01	-6,00	-0,28	-60,08	-8,16	129,76	1598,87	10,88
74,00	82801	-0,28	-60,08	-8,16	129,76	2,00	-1,56	-9,35	0,30	425,66	1600,73	10,82
74,50	82800	-1,56	-9,35	0,30	425,66	-2,00	-1,39	10,12	2,72	-158,17	1604,83	10,77
75,00	82803	-1,39	10,12	2,72	-158,17	6,00	-1,02	17,17	3,25	148,00	1609,10	10,73
75,50	82802	-1,02	17,17	3,25	148,00	-2,00	-0,49	6,05	0,90	-250,98	1610,49	10,67

Desloc. (m)	Altura (mm)	z1p	z2p	z3p	z4p	yp	z1	z2	z3	z4	soma	iri
76,00	82807	-0,49	6,05	0,90	-250,98	10,00	-0,21	30,30	4,71	416,96	1615,41	10,63
76,50	82813	-0,21	30,30	4,71	416,96	12,00	1,41	89,53	13,78	259,64	1627,77	10,64
77,00	82817	1,41	89,53	13,78	259,64	8,00	4,20	83,41	12,12	-286,74	1635,69	10,62
77,50	82817	4,20	83,41	12,12	-286,74	0,00	5,95	12,06	0,90	-482,32	1640,74	10,59
78,00	82811	5,95	12,06	0,90	-482,32	-12,00	5,24	-79,86	-12,43	-474,90	1658,40	10,63
78,50	82819	5,24	-79,86	-12,43	-474,90	16,00	3,28	4,70	3,27	1307,73	1658,42	10,56
79,00	82817	3,28	4,70	3,27	1307,73	-4,00	4,58	54,94	11,14	-459,85	1664,98	10,54
79,50	82824	4,58	54,94	11,14	-459,85	14,00	6,03	39,02	8,54	173,86	1667,49	10,49
80,00	82826	6,03	39,02	8,54	173,86	4,00	7,33	28,76	7,19	-207,84	1667,62	10,42
80,50	82828	7,33	28,76	7,19	-207,84	4,00	7,98	-1,08	3,12	-100,76	1672,48	10,39
81,00	82832	7,98	-1,08	3,12	-100,76	8,00	8,14	9,27	5,83	238,78	1674,79	10,34
81,50	82835	8,14	9,27	5,83	238,78	6,00	8,84	21,95	8,51	-7,31	1675,12	10,28
82,00	82831	8,84	21,95	8,51	-7,31	-8,00	9,12	-52,34	-2,88	-697,63	1687,12	10,29
82,50	82837	9,12	-52,34	-2,88	-697,63	12,00	7,57	-37,77	1,01	741,95	1693,68	10,26
83,00	82829	7,57	-37,77	1,01	741,95	-16,00	6,85	-66,99	-3,34	-806,67	1703,87	10,26
83,50	82840	6,85	-66,99	-3,34	-806,67	22,00	5,27	-10,96	6,54	1190,41	1705,14	10,21
84,00	82843,9	5,27	-10,96	6,54	1190,41	7,80	6,61	71,50	19,01	-91,78	1717,54	10,22
84,50	82845	6,61	71,50	19,01	-91,78	2,20	8,53	-2,49	6,09	-727,48	1719,97	10,18
85,00	82846	8,53	-2,49	6,09	-727,48	2,00	7,88	-67,85	-3,79	-84,11	1731,64	10,19
85,50	82847	7,88	-67,85	-3,79	-84,11	2,00	6,24	-52,17	-0,29	273,61	1738,17	10,16
86,00	82848	6,24	-52,17	-0,29	273,61	2,00	5,39	-25,93	4,07	69,80	1739,49	10,11
86,50	82849	5,39	-25,93	4,07	69,80	2,00	5,02	-29,13	3,23	-102,90	1741,28	10,07
87,00	82852	5,02	-29,13	3,23	-102,90	6,00	4,54	-22,39	4,06	125,16	1741,75	10,01
87,50	82853	4,54	-22,39	4,06	125,16	2,00	4,31	-21,65	3,74	-110,56	1742,32	9,96
88,00	82846	4,31	-21,65	3,74	-110,56	-14,00	3,27	-103,62	-9,80	-756,16	1755,39	9,97
88,50	82846	3,27	-103,62	-9,80	-756,16	0,00	0,02	-110,56	-10,29	512,91	1765,70	9,98
89,00	82847	0,02	-110,56	-10,29	512,91	2,00	-2,00	-23,79	3,25	461,24	1770,96	9,95
89,50	82856	-2,00	-23,79	3,25	461,24	18,00	-1,28	76,15	17,57	550,93	1789,81	10,00
90,00	82856	-1,28	76,15	17,57	550,93	0,00	1,34	44,75	10,08	-856,13	1798,54	9,99
90,50	82858	1,34	44,75	10,08	-856,13	4,00	1,83	-31,62	-2,86	-176,84	1803,23	9,96
91,00	82848	1,83	-31,62	-2,86	-176,84	-20,00	0,15	-117,98	-16,44	-711,48	1819,82	10,00
91,50	82848	0,15	-117,98	-16,44	-711,48	0,00	-3,48	-95,27	-11,74	800,03	1828,08	9,99
92,00	82857	-3,48	-95,27	-11,74	800,03	18,00	-4,30	85,28	16,74	1176,22	1849,12	10,05
92,50	82861	-4,30	85,28	16,74	1176,22	8,00	-0,55	132,41	21,48	-553,15	1871,16	10,11
93,00	82851	-0,55	132,41	21,48	-553,15	-20,00	1,52	-74,28	-13,37	-1744,64	1886,05	10,14
93,50	82848	1,52	-74,28	-13,37	-1744,64	-6,00	-2,37	-158,42	-24,99	540,92	1908,67	10,21
94,00	82851	-2,37	-158,42	-24,99	540,92	6,00	-5,58	4,23	2,31	1286,93	1916,56	10,19
94,50	82851	-5,58	4,23	2,31	1286,93	0,00	-4,09	81,99	12,92	-274,16	1933,57	10,23
95,00	82850	-4,09	81,99	12,92	-274,16	-2,00	-2,32	7,93	-0,71	-638,47	1935,17	10,19
95,50	82851	-2,32	7,93	-0,71	-638,47	2,00	-2,70	-19,76	-5,17	186,80	1937,65	10,14
96,00	82851	-2,70	-19,76	-5,17	186,80	0,00	-3,03	13,99	0,30	201,63	1940,98	10,11
96,50	82854	-3,03	13,99	0,30	201,63	6,00	-2,27	52,98	6,13	215,18	1949,38	10,10
97,00	82856	-2,27	52,98	6,13	215,18	4,00	-0,60	59,79	6,59	-125,54	1956,56	10,09
97,50	82849	-0,60	59,79	6,59	-125,54	-14,00	0,21	-36,32	-9,04	-871,32	1965,81	10,08
98,00	82851	0,21	-36,32	-9,04	-871,32	4,00	-1,51	-39,67	-8,21	679,08	1972,50	10,06
98,50	82860	-1,51	-39,67	-8,21	679,08	18,00	-1,21	113,95	16,89	1056,00	1990,60	10,10
99,00	82851	-1,21	113,95	16,89	1056,00	-18,00	2,04	34,97	2,63	-1639,04	1991,18	10,06
99,50	82851	2,04	34,97	2,63	-1639,04	0,00	1,20	-82,25	-15,17	87,44	2007,56	10,09
100,00	82853	1,20	-82,25	-15,17	87,44	4,00	-0,71	-0,93	-0,47	840,04	2007,80	10,04

Fonte: Acervo próprio.