

**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**  
**SECRETARIA DE AGRICULTURA, ABASTECIMENTO,**  
**AQUICULTURA E PESCA**

**Gerências de Obras de Pavimentação, Pontes e Calçamento Rural (GEOP), Gerência de Conservação e Manutenção de Estradas Rurais e Gerência de Estudos e Projetos (GEP) que estão estruturadas dentro da Subsecretaria de Infraestrutura Rural (SUBINF)**



GOVERNO DO ESTADO  
DO ESPÍRITO SANTO



**RDPA 145 – Relatório de Diagnóstico de Pavimento**

**Município:** Ecoporanga  
**Trecho:** Ramo 1  
**Extensão:** 1,0 km  
**Região:** 12 – Noroeste

Janeiro / 2023

**GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**  
**SECRETARIA DE AGRICULTURA, ABASTECIMENTO,**  
**AQUICULTURA E PESCA**

**Gerências de Obras de Pavimentação, Pontes e Calçamento Rural (GEOP), Gerência de Conservação e Manutenção de Estradas Rurais e Gerência de Estudos e Projetos (GEP) que estão estruturadas dentro da Subsecretaria de Infraestrutura Rural (SUBINF)**



GOVERNO DO ESTADO  
DO ESPÍRITO SANTO



**RDPA 145 – Relatório de Diagnóstico de Pavimento**

**Município:** Ecoporanga  
**Trecho:** Ramo 1  
**Extensão:** 1,0 km  
**Região:** 12 – Noroeste

**Elaboração:** Dynatest Engenharia Ltda.  
**Objeto:** Atividades técnicas, com destaque para os serviços de Supervisão das Obras e Projetos de Pavimentação, Conservação e Projetos das vias integrantes do Programa Caminhos do Campo (Programa de Pavimentação de Estradas Rurais) do Governo do Estado do Espírito Santo.  
**Contrato:** Contrato nº 849/2022  
**Concorrência:** Edital de Concorrência nº 001/2020

Janeiro / 2023



CONTROLE DE REVISÃO			
Revisão	Data	Descrição	Elaboração
0	11/01/2023	Emissão inicial	Leonardo Preussler



## SUMÁRIO

1	Apresentação.....	5
2	Mapa de situação .....	6
3	Introdução .....	7
4	METODOLOGIA UTILIZADA NAS AVALIAÇÕES DE CAMPO .....	8
4.1	Levantamento Deflectométrico (FWD).....	8
4.2	Levantamento Funcional - Cálculo do Índice de Gravidade Global .....	12
5	Diagnóstico .....	15
6	Recomendações de Intervenção .....	20
6.1	Estimativa da Vida Útil Remanescente .....	20
6.2	Matriz de Intervensões.....	23
6.3	Estimativas de Intervenção e Análise de Vida Remanescente .....	26
6.4	Estimativas Orçamentárias .....	27
6.5	Diagramas Unifilares - Resumo .....	29
7	Anexos.....	30
7.1	Anexo I - Levantamento Deflectométrico (FWD) .....	31
7.2	Anexo II - Levantamento Funcional .....	32
7.3	Anexo III - Inventário Fotográfico .....	33
8	Termo de Encerramento .....	34



## 1 APRESENTAÇÃO

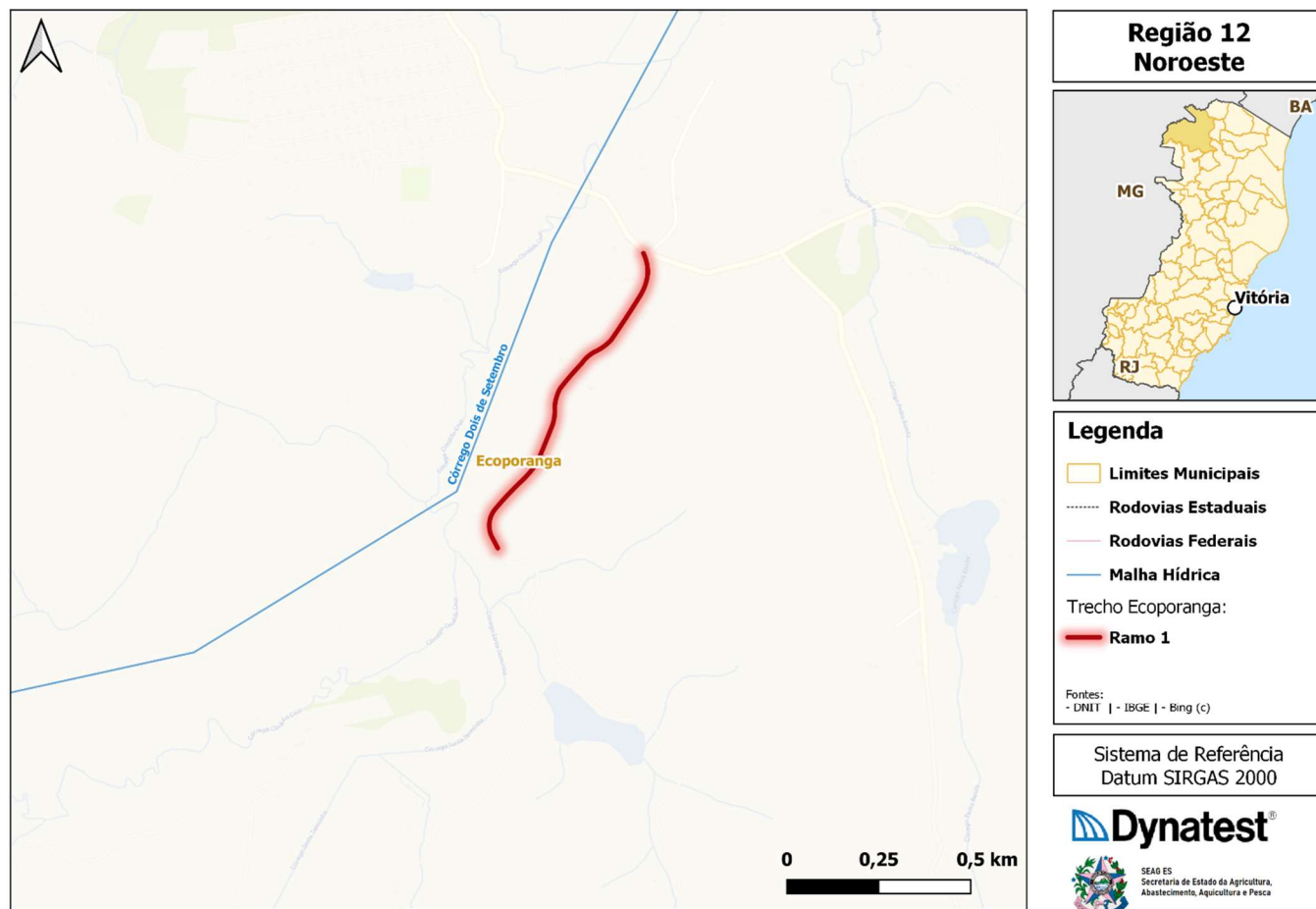
A Dynatest Engenharia Ltda. apresenta o **RDPA 145 – Relatório de Diagnóstico de Pavimento** em Volume Único, em conformidade com os termos do Contrato Nº 849/2022, firmado com a Secretaria de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca – SEAG-ES, referente à prestação de “empresa de Supervisão com o objetivo de apoio as Gerências de Obras de Pavimentação, Pontes e Calçamento Rural (GEOP), Gerência de Conservação e Manutenção de Estradas Rurais e Gerência de Estudos e Projetos (GEP) que estão estruturadas dentro da Subsecretaria de Infraestrutura Rural (SUBINF) da Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG) em todas as suas atividades técnicas, com destaque para os serviços de Supervisão das Obras e Projetos de Pavimentação, Conservação e Projetos das vias integrantes do Programa Caminhos do Campo (Programa de Pavimentação de Estradas Rurais) do Governo do Estado do Espírito Santo”.

Neste relatório denominado **RDPA 145 – Relatório de Diagnóstico de Pavimento**, está apresentada o diagnóstico de pavimento do trecho **Ramo 1, com extensão de 1,0 km, no município de Ecoporanga, Região 12 – Metropolitana, em pavimento flexível do tipo tratamento superficial simples.**

O relatório em questão tem por objetivo apresentar os resultados das atividades de estudos e diagnóstico do pavimento do trecho em análise, a partir da caracterização funcional e estrutural da malha, sendo estruturado nas referidas etapas:

1. Apresentação;
2. Mapa de Situação;
3. Introdução;
4. Levantamentos de Campo;
5. Diagnóstico;
6. Recomendações de Intervenções;
7. Anexos.

## 2 MAPA DE SITUAÇÃO



**Figura 1 – Mapa de Situação**

O trecho em estudo possui 1,0 km de extensão, cujo município de referência é Ecoporanga, localizada a aproximadamente 220 km da Capital (Vitória), com a seguintes coordenadas de início e fim:

**Tabela 1 – Características e Coordenadas do Trecho**

ID.	Segmentação Homogênea									Pista (PS/PD)	Observação
	Hodômetro		Extensão	Posição			Geometria				
				Coordenada Inicial (SAD 69)			Coordenada Final (SAD 69)				
km inicial	km final	(km)	ZONA	Latitude	Longitude	ZONA	Latitude	Longitude			
1	0,000	0,550	0,550	24 K	311956	7961095	24 K	311705	7960652	PS	LARGURA DA PISTA
2	0,550	0,590	0,040	24 K	311705	7960652	24 K	311700	7960610	PS	LARGURA DA PISTA
3	0,590	0,940	0,360	24 K	311700	7960610	24 K	311536	7960291	PS	LARGURA DA PISTA



### 3 INTRODUÇÃO

O Relatório de Diagnóstico do Pavimento possui uma elevada importância para fins de análise e planejamento das intervenções da malha viária da SEAG. É a etapa inicial e primordial para a proposição de serviços e investimentos para a manutenção dos pavimentos.

Os projetos de pavimento são estruturados em algumas etapas, a saber: estudos de tráfego, diagnóstico funcional e estrutural da malha, dimensionamento das intervenções. Desta forma, tal relatório cumpre a etapa de diagnóstico funcional e estrutural da malha, identificando a gravidade e a amplitude de defeitos, determinando de maneira preliminar quais ações devem ser tomadas para a manutenção de estruturas, estimando a vida funcional do pavimento de forma a evitar acentuadas deteriorações, antecipando eventuais problemas estruturais e dimensionar demandas para restaurações futuras. Ressalta-se que as indicações deste relatório têm caráter de diagnóstico, ou seja, caráter preliminar, não possuindo caráter de projeto (que deve ser realizado em fase posterior).

Para o diagnóstico do pavimento é necessária a avaliação em termos da qualidade funcional e em termos da qualidade estrutural. Tais enfoques são imprescindíveis para a realização de um diagnóstico completo. As avaliações funcionais foram realizadas sob a forma de vistoria de campo, enquanto as avaliações estruturais foram realizadas com base nos resultados obtidos nos levantamentos deflectométricos realizados no trecho em questão.

Durante o processo de coleta e avaliação das informações, devem ser obtidas informações de caráter funcional e estrutural (defeitos funcionais, severidades, informações deflectométricas) adequadas para possibilitar o estudo detalhado de possíveis problemas, tendo em vista que proposições futuras de restauração/manutenção do pavimento dependem das condições existentes.

Os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período. Durante cada um destes períodos ou “ciclos de vida”, o pavimento inicia numa condição ótima até alcançar uma condição ruim. O decréscimo da condição ou da serventia do pavimento ao longo do tempo é conhecida como deterioração do pavimento.

O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento. O objetivo da avaliação funcional é a identificação de problemas superficiais. Ou seja, consiste em determinar a serventia que um pavimento proporciona ao usuário.

Já o diagnóstico estrutural avalia a capacidade de desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural. A avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento (deflectometria).

Por fim, são propostos neste relatório recomendações de intervenção no pavimento da malha, baseando-se no diagnóstico funcional e estrutural. As recomendações apresentam caráter indicativo, devendo ser validadas posteriormente pelos responsáveis pela elaboração de projetos executivos de manutenção/restauração do pavimento. No entanto, tais recomendações já são um indicativo de possíveis problemas atuais e futuros que o pavimento da malha pode sofrer, possibilitando inclusive a estimativa de investimentos na malha para recuperação das patologias.

## 4 METODOLOGIA UTILIZADA NAS AVALIAÇÕES DE CAMPO

Este item apresenta o detalhamento dos levantamentos/avaliações de campo dos pavimentos em estudo, no que tange às condições funcionais e estruturais do trecho em questão, com base nos dados obtidos nos estudos de campo.

Por meio da análise deflectométrica, com base no normativo DNER-PRO 273/96, realizada através do Equipamento *Falling Weight Deflectometer*, é possível verificar as condições estruturais dos pavimentos, através das medidas de deflexões recuperáveis do pavimento quando submetido a uma carga simulada de 4,1 tf.

Com relação à condição de superfície do pavimento, com base no normativo DNIT 008/2003-PRO, foram realizados os levantamentos visuais detalhados, onde foi possível verificar as principais ocorrências dos defeitos encontrados na camada de rolamento.

Na sequência são apresentados os detalhamentos das avaliações de campo realizadas e seus resultados.

### 4.1 Levantamento Deflectométrico (FWD)

A deflexão de um pavimento caracteriza a resposta das camadas estruturais e do subleito à aplicação do carregamento. Quando uma carga é aplicada em um ponto (ou uma área) da superfície do pavimento, todas as camadas fletem devido às tensões e as deformações geradas pelo carregamento.

Para o presente estudo, foi empregado o *Falling Weight Deflectometer* Dynatest 8000 (FWD), que é um deflectômetro de impacto que tem como finalidade conhecer a bacia de deflexão de pavimentos rígidos e flexíveis, simulando o impacto de uma roda em movimento, utilizando uma carga de 4,1 toneladas força, que é o semieixo padrão utilizado para fins de projeto.



**Figura 2 – Vista do Falling Weight Deflectometer Dynatest 8000.**

O equipamento funciona como um deflectômetro de impacto, a partir de um conjunto de massas e uma altura preestabelecida, com um sistema de amortecedores de borracha, que auxiliam na transmissão das forças aplicadas para uma placa circular, que fica apoiada no pavimento.

O sistema é construído sob um sistema de reboque (trailer), que é acoplado a um automóvel com média capacidade de carga e é comandado automaticamente por meio de um computador instalado no veículo. A deflexão recuperável que é formada na superfície do pavimento (bacia de deflexões), é conhecida devido a 7 geofones (transdutores de velocidade) instalados na placa de carga e ao longo de uma barra metálica.

As distâncias dos geofones ao centro da placa de carga são fixadas visando maximizar a acurácia em função da estrutura do pavimento ensaiado, procurando-se posicioná-los de forma que as

deflexões neles registradas reflitam a contribuição das diversas camadas na deformabilidade total do pavimento e defina completamente a geometria da bacia.

Neste estudo foram empregados os seguintes espaçamentos para os geofones: 0, 20, 30, 45, 60, 90, 120 cm. Tem-se então que o primeiro geofone mede a deflexão sob a ação da carga (Df1), o segundo geofone mede a deformação do pavimento a 20 cm do ponto de aplicação da carga (Df2) e assim sucessivamente.

A maior vantagem do FWD é a sua capacidade de simular, as características de uma carga de tráfego transiente em termos de magnitude e frequência, o que não ocorre em ensaios estáticos. A carga empregada no presente estudo simula a passagem do semieixo padrão rodoviário brasileiro – eixo simples de roda dupla carregado com 4.100 kgf.

Os levantamentos foram realizados em todas as faixas de tráfego (sentido crescente e decrescente), no espaçamento de 120 e 120 metros na mesma faixa, ou 60 metros alternados.

Considerando-se a característica rural do trecho, cuja característica é de composição de tráfego rural, com baixo volume, a Dynatest indica, com base na sua experiência, intervalos de níveis deflectométricos que podem refletir a qualidade estrutural do pavimento, sendo o limite de  $90 \times 10^{-2}$  mm a deflexão correspondente à deflexão admissível pelo método PRO-011/79, conforme proposição indicada na tabela a seguir.

**Tabela 2 – Relação Deflexão x Conceito de Qualidade Estrutural**

Intervalo de Deflexão (D)	Conceito
$D \leq 60 \times 10^{-2} \text{ mm}$	ÓTIMO
$60 \times 10^{-2} \text{ mm} < D \leq 90 \times 10^{-2} \text{ mm}$	BOM
$90 \times 10^{-2} \text{ mm} < D \leq 120 \times 10^{-2} \text{ mm}$	REGULAR
$120 \times 10^{-2} \text{ mm} < D \leq 140 \times 10^{-2} \text{ mm}$	RUIM
$D > 140 \times 10^{-2} \text{ mm}$	PÉSSIMO

Os resultados dos levantamentos deflectométricos realizados com o *Falling Weight Deflectometer* são apresentados em gráficos a seguir, onde a abcissa corresponde a posição quilométrica do local inventariado, as ordenadas correspondem aos valores deflectométricos obtidos e a linha horizontal vermelha corresponde ao ponto a partir do qual o pavimento pode apresentar algum comprometimento estrutural para esse nível de solicitação de tráfego (deflexão admissível de  $90 \times 10^{-2}$  mm pelo método do PRO-011/79). Os resultados pontuais são apresentados no **Anexo I**.



LOCAL ECOPORANGA	TRECHO RAMO 01	SENTIDO CRESCENTE	PISTA SIMPLES	FAIXA 1	REVESTIMENTO Pavimentado
INÍCIO km 0,000	FIM km 0,960	EQUIPAMENTO Falling Weight Deflectometer			RAIO DE APLICAÇÃO 15 cm

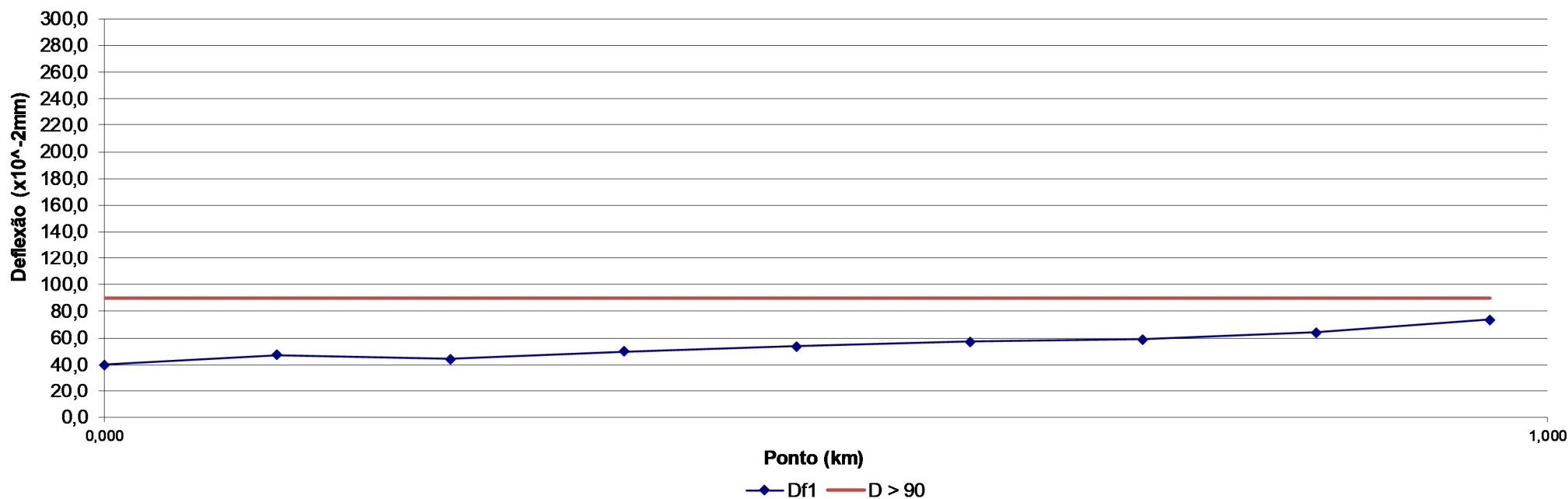


Figura 3 – Gráfico da Condição Deflectométrica (Df0) – Sentido Crescente.



## CONDIÇÃO DEFLECTOMÉTRICA - FWD



LOCAL ECOPORANGA	TRECHO RAMO 01	SENTIDO DECRESCENTE	PISTA SIMPLES	FAIXA 1	REVESTIMENTO Pavimentado
INÍCIO km 0,900	FIM km 0,060	EQUIPAMENTO Falling Weight Deflectometer			RAIO DE APLICAÇÃO 15 cm

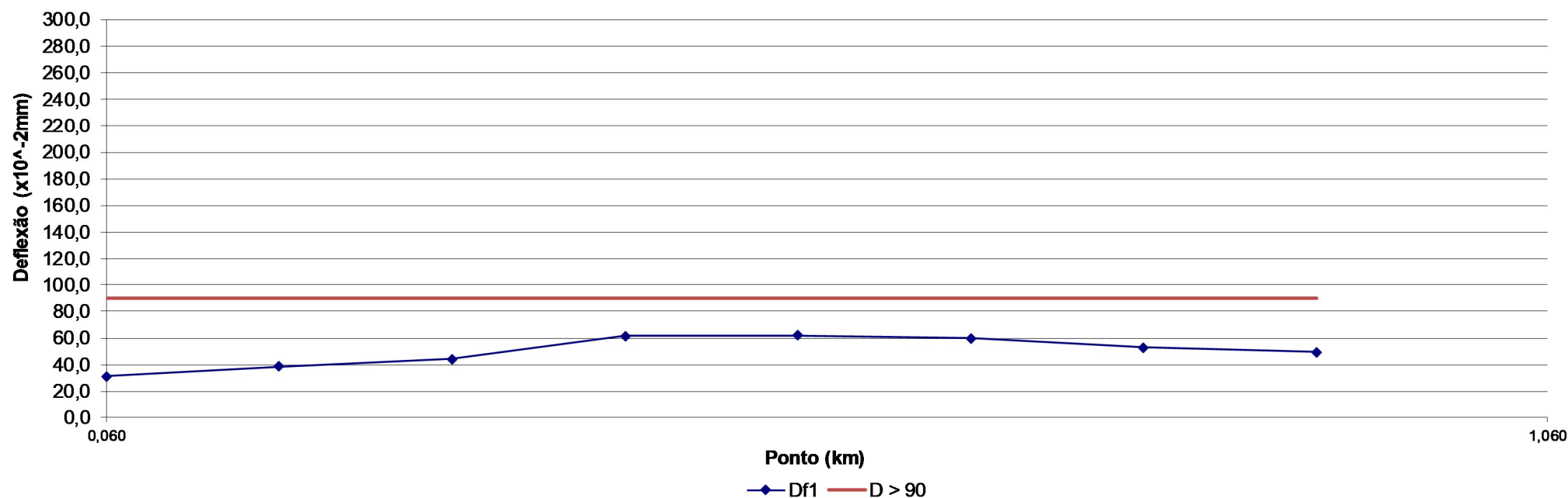


Figura 4 – Gráfico da Condição Deflectométrica (Df0) – Sentido Decrescente.

## 4.2 Levantamento Funcional - Cálculo do Índice de Gravidade Global

Foi realizado o levantamento funcional com o objetivo de analisar a condição de superfície dos pavimentos, determinando as áreas com presença de defeitos e cadastrando-se as áreas em que há necessidade de intervenção, de forma a subsidiar a definição de soluções de restauração/recuperação.

Através dos dados obtidos no levantamento, pôde-se determinar o Índice de Gravidade Global (IGG), referente à norma DNIT 008/2003-PRO que é calculado em função de pesos dados a defeitos existentes no pavimento e de sua frequência relativa em cada segmento.

Foram verificadas as ocorrências listadas a seguir, de acordo com a codificação da terminologia "Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi Rígidos".

- Tipo 1: Trincas classe 1 (FC-1);
- Tipo 2: Trincas classe 2 (FC-2);
- Tipo 3: Trincas classe 3 (FC-3);
- Tipo 4: Afundamento Plástico (AP);
- Tipo 5: Ondulação e Panela (O e P).

O cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) pode ser descrito através da seguinte fórmula:

$$IGG = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr)$$

Onde:

Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;

Foap, Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;

Fpr, Ppr = Frequência (quantidade por km) e peso do conjunto de painéis e remendos.

**Tabela 3 – Frequência considerada por defeitos**

Painéis (P) e Remendos (P)		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	> 5
M	Média	2 – 5
B	Baixa	< 2
Demais Defeitos		
Código	Frequência	Quant./km
A	Alta	> 50
M	Média	10 – 50
B	Baixa	< 10

Por meio da inspeção visual do trecho pelo avaliador é obtido o ICPF - Índice da Condição do Pavimento Flexíveis e Semirrígidos, sendo possível classificar a superfície do segmento segundo os conceitos descritos na tabela a seguir, tendo em vista a aplicabilidade das medidas de manutenção determinadas pelo profissional avaliador.

**Tabela 4 – Conceitos do ICPF**

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira	5 – 4
Bom	APLICAÇÃO DE LAMA ASFÁLTICA – desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas.	4 – 3
Regular	CORREÇÃO DE PONTOS LOCALIZADOS OU RECAPEAMENTO – pavimento trincado, com “painelas” e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal.	3 – 2
Ruim	RECAPEAMENTO COM CORREÇÕES PRÉVIAS – defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendos superficiais ou profundos.	2 – 1
Péssimo	RECONSTRUÇÃO – defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão. Degradação do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base.	1 – 0

O estado da superfície do Pavimento pode ser caracterizado pelo Índice do Estado da Superfície do Pavimento (IES), onde os valores de ICPF e IGGE são classificados em intervalos e a partir disto os valores de IES são determinados e compreendidos dentro do intervalo de 0 a 10.

Os valores do IES (Índice do Estado da Superfície do Pavimento) juntamente com o Código e o Conceito atribuídos ao estado da superfície do pavimento são determinados de maneira visual pelo profissional avaliador durante o levantamento de campo, de acordo com a tabela abaixo.

**Tabela 5 – Relação IES x Conceito do Estado da Superfície do Pavimento.**

Descrição	IES	Código	Conceito
IGGE < 20 e ICPF > 3,5	0	A	ÓTIMO
IGGE < 20 e ICPF < 3,5	1	B	BOM
20 < IGGE < 40 e ICPF > 3,5	2		
20 < IGGE < 40 e ICPF < 3,5	3	C	REGULAR
40 < IGGE < 60 e ICPF > 2,5	4		
40 < IGGE < 60 e ICPF < 2,5	5	D	RUIM
60 < IGGE < 90 e ICPF > 2,5	7		
60 < IGGE < 90 e ICPF < 2,5	8	E	PÉSSIMO
IGGE > 90	10		



Os defeitos e valores obtidos neste levantamento são apresentados nas fichas de levantamento de campo no **Anexo II** e fotográfico no **Anexo III**.

## 5 DIAGNÓSTICO

A análise das condições de um pavimento desempenha um papel vital em sua gestão, fornecendo informações importantes sobre seu desempenho e necessidades de manutenções. Para assegurar uma análise apropriada, é essencial que os dados de avaliação sejam coletados de modo preciso, eficiente e seguro.

O presente Relatório traz o resumo das condições funcionais e estruturais do pavimento, que são: Índice de Gravidade Global do Pavimento (IGG) e deflexões medidas por meio do equipamento *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

Para a estruturação das coletas e organização dos trechos foram utilizadas subdivisões de forma bem detalhada em segmentos de aproximadamente 200 metros, conforme apresentado no unifilar adiante, Tabela 7 – Unifilar de Diagnóstico do Trecho.

Para este estudo foram realizados levantamentos de acordo com as normas e os manuais de procedimentos disponibilizados pelo DNIT, descritos a seguir:

- Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia (DNIT 005/2003-TER); Levantamento visual contínuo para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos- Procedimento (DNIT 008/2003-PRO), executado em toda a extensão da rodovia;
- Levantamento deflectométrico com FWD.

Os gráficos e tabelas consolidados e apresentados na sequência (Figura 5 – Gráfico de Pizza – Avaliação Funcional e Tabela 6 – Frequência de Cada Defeito em Relação à Extensão do Trecho) foram elaborados tendo em vista os parâmetros e/ou defeitos observados no inventário funcional e os parâmetros e/ou deflexões estruturais, com diagnóstico conforme a característica da via, composição de tráfego, bem como, a experiência da projetista.

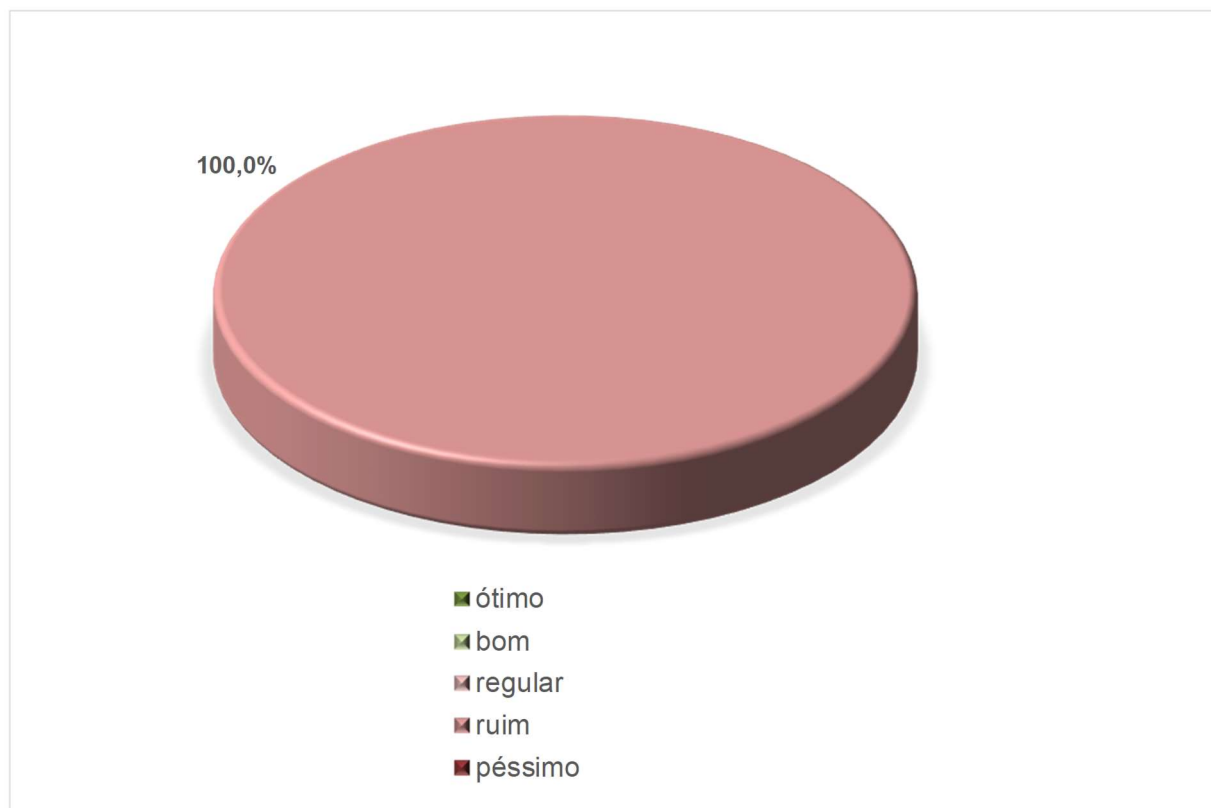
### **Diagnóstico Funcional**

As vistorias realizadas no trecho Ramo 1 demonstram que o revestimento existente se encontra em tratamento superficial simples (TSS).

Os levantamentos realizados indicam uma condição funcional ruim em 100% da extensão do pavimento (Figura 5 – Gráfico de Pizza – Avaliação Funcional).

Na Tabela 6 – Frequência de Cada Defeito” apresentada, cujo o objetivo é compilar todas as informações coletadas em campo nos levantamentos funcionais de forma a verificar a incidência de defeitos em relação à extensão total do trecho, verifica-se que em aproximadamente 80% do trecho há a presença de pelo menos uma trinca de classe 2 por segmento, em termos de ondulação, 100% do trecho possui ondulações de severidade alta.

CONDIÇÃO FUNCIONAL



**Figura 5 – Gráfico de Pizza – Avaliação Funcional**

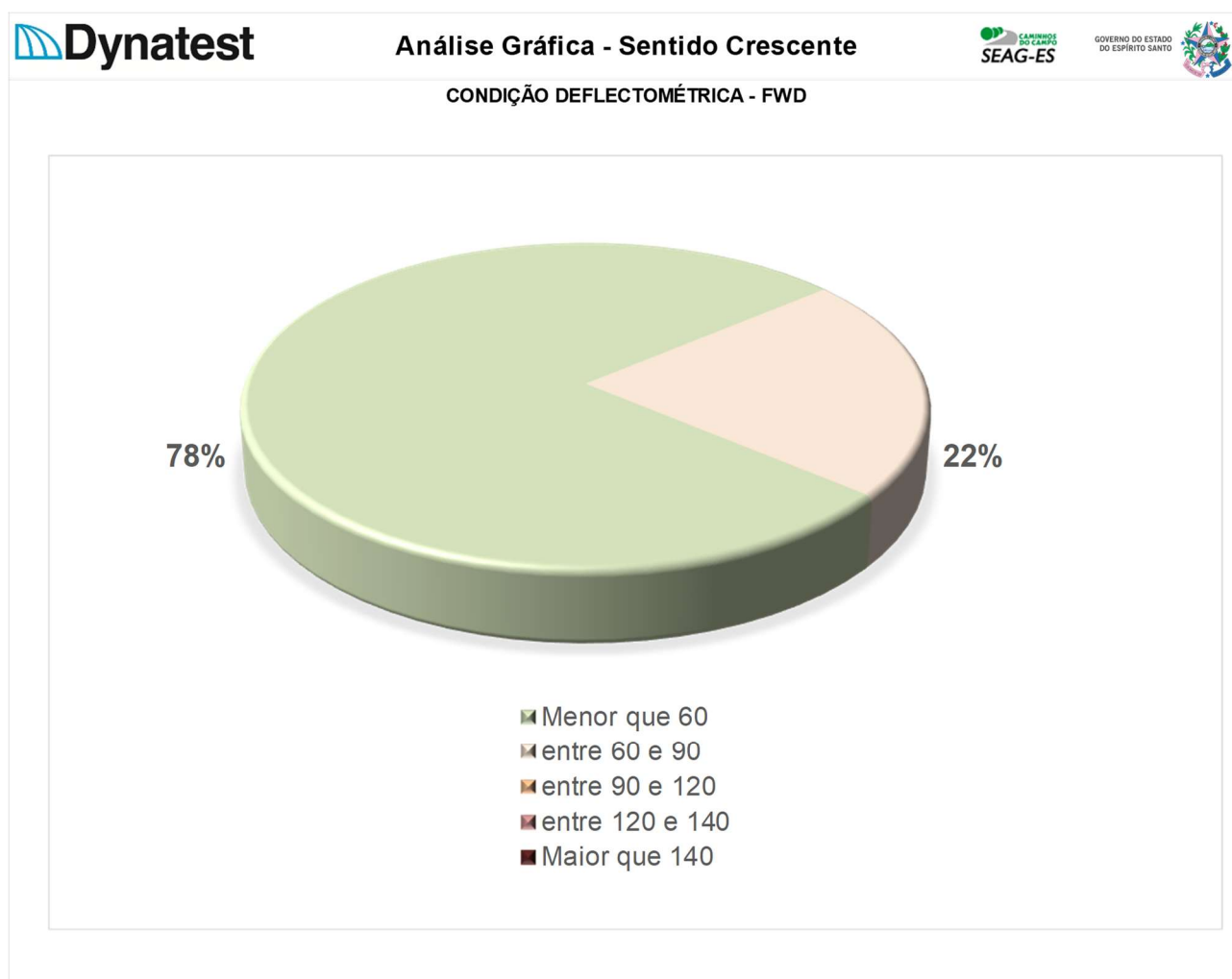
**Tabela 6 – Frequência de Cada Defeito em Relação à Extensão do Trecho**

Severidade	Panela	FC 2	FC 3	Remendo	Afundamento	Ondulação
<b>A</b>	0%	0%	0%	0%	0%	100%
<b>M</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>B</b>	0%	80%	0%	0%	0%	0%
<b>Sem Defeito</b>	100%	20%	100%	100%	100%	0%

## **Diagnóstico Estrutural**

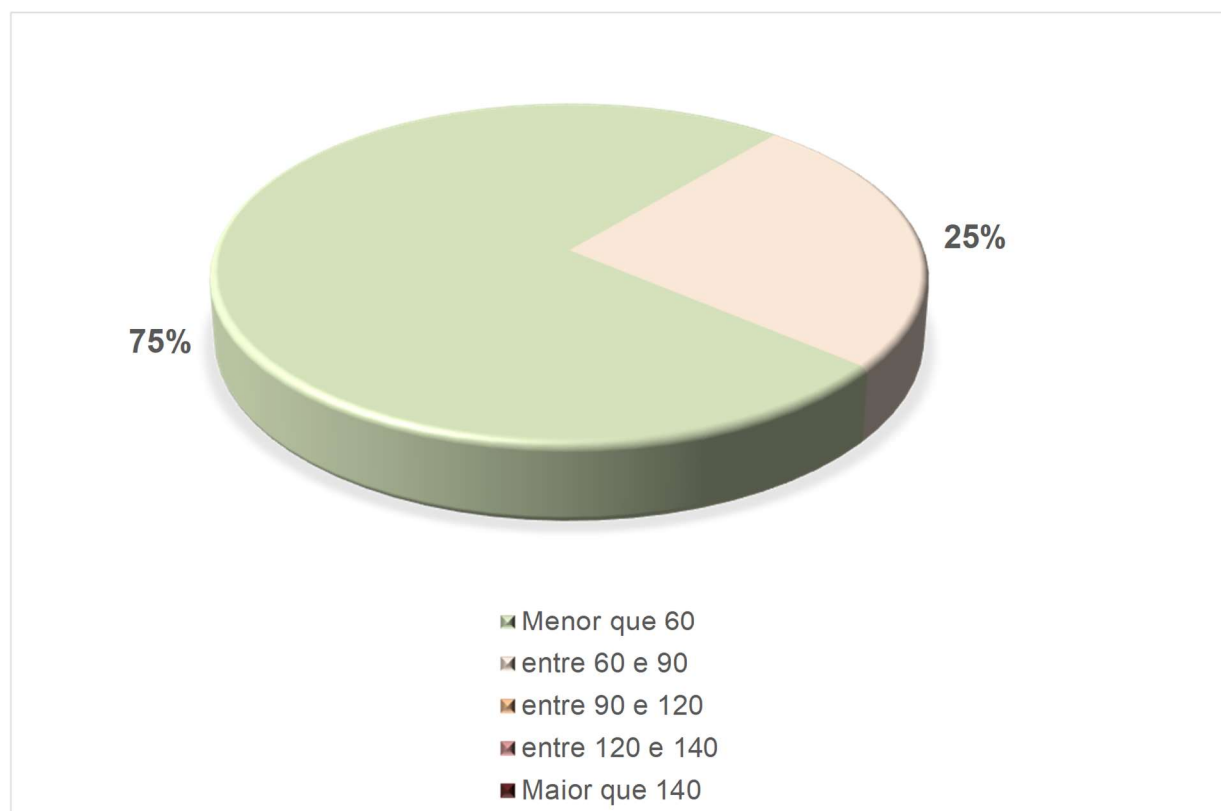
Em termos estruturais, avaliando-se os dados levantados no sentido crescente e decrescente, aproximadamente 78% da via encontra-se em condições boas e por volta de 22% em situações regulares.

A seguir são apresentados os gráficos estatísticos das condições estruturais dos pavimentos realizada em ambos os sentidos de tráfego (sentido crescente, ou crescente da quilometragem e sentido decrescente, ou decrescente da quilometragem) considerando-se o intervalo de nível deflectométrico que podem refletir a qualidade estrutural do pavimento conforme proposição indicada na Tabela 2 – Relação Deflexão x Conceito de Qualidade Estrutural.



**Figura 6 – Gráfico de Pizza – Levantamento Deflectométrico - Sentido Crescente**

CONDIÇÃO DEFLECTOMÉTRICA - FWD



**Figura 7 – Gráfico de Pizza – Levantamento Deflectométrico - Sentido Decrescente**

### Unifilar de Diagnóstico

Por fim, no unifilar apresentado a seguir é possível verificar para cada segmento de 200 metros qual a condição funcional e estrutural levantada. No caso da situação estrutural, apresentam-se as informações obtidas no sentido mais crítico de levantamento (ou o crescente ou decrescente).



**Tabela 7 – Unifilar de Diagnóstico do Trecho**

Diagnóstico do Pavimento						
Local:		ECOPORANGA				
Trecho:		RAMO 01				
Segmentos						
Hodômetro (km)			Funcional		Estrutural	
Início	Fim	Extensão (km)	IGGE	Conceito	Dmédia (10-2 mm)	Conceito
0,0	0,2	0,2	75	RUIM	43,60	ÓTIMO
0,2	0,4	0,2	78	RUIM	47,20	ÓTIMO
0,4	0,6	0,2	78	RUIM	61,80	BOM
0,6	0,8	0,2	78	RUIM	58,05	ÓTIMO
0,8	1,0	0,2	78	RUIM	64,10	BOM

## 6 RECOMENDAÇÕES DE INTERVENÇÃO

Tendo em vista que o trecho em estudo se trata de via do Programa Caminhos do Campo, cuja característica é de composição de tráfego rural, com baixo volume, a Dynatest recomenda indicações prévias de intervenção de cunho funcional, a serem validadas, na fase de projeto, buscando-se estimar de forma preliminar os principais serviços a serem executados para a manutenção do trecho. Ressalta-se que a solução final a ser executada deve ser indicada com base nos dados de tráfego e em relatório específico para definição dos projetos executivos de pavimento.

No entanto, de maneira preliminar, para fins de estimativa de intervenções e estimativas de investimentos, a Dynatest propõe a elaboração de uma matriz de intervenções, bem como, a avaliação da vida remanescente estrutural do pavimento, baseando-se no tráfego estimado de  $N = 10^6$  veículos padrão.

Nos itens a seguir são detalhadas as análises supracitadas.

### 6.1 Estimativa da Vida Útil Remanescente

Para a estimativa da vida útil estrutural utilizou-se o método DNER-PRO 011/79, que se baseia no critério de deformabilidade dos pavimentos flexíveis, que são expressos na prática pela medida de deflexões recuperáveis, onde a experiência tem demonstrado que existe uma correlação entre a magnitude das deflexões (e do raio de curvatura correspondente) e o aparecimento de falhas nos pavimentos flexíveis.

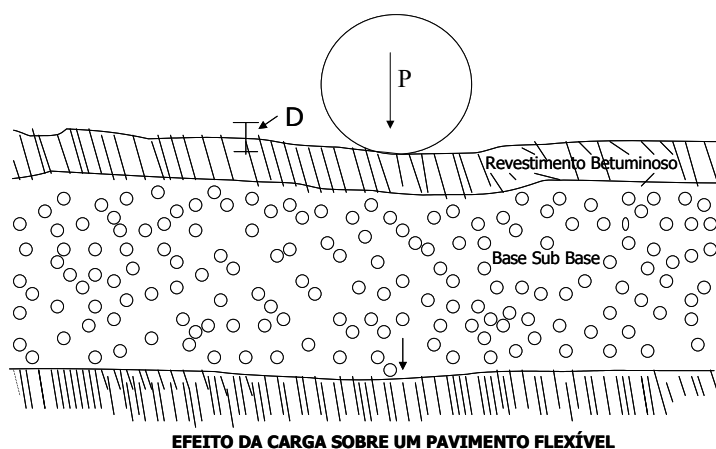
A norma supracitada considera o comportamento de um pavimento bem construído, que ao longo de seu período de vida é solicitado não só pelo tráfego, que o submete a esforços diversos de compressão, cisalhamento e flexão, como também pelos fatores de clima, como precipitações pluviométricas e mudanças de temperatura, causando a fadiga de toda a estrutura do mesmo. Podem se distinguir, com respeito à deflexão, as seguintes fases da vida do pavimento:

- Fase de Consolidação: fase que sucede imediatamente à construção, sendo caracterizada por um decréscimo desacelerado do valor da deflexão, decorrente da consolidação adicional pelo tráfego nas diversas camadas do pavimento. O valor da deflexão tende a se estabilizar ao fim desta primeira fase.
- Fase Elástica: fase que sucede à de consolidação, e ao longo da qual o valor da deflexão do pavimento, a menos das variações sazonais, que se mantém aproximadamente constante ou cresce ligeiramente. Essa fase define a vida útil do pavimento, tendendo a se alongar na proporção da diferença verificada entre a deflexão admissível e a deflexão suportada pelo pavimento.
- Fase de Fadiga: fase que sucede à elástica, caracterizando-se por um crescimento acelerado do valor de deflexão do pavimento, na medida em que a estrutura começa a exteriorizar os efeitos da fadiga, representada por fissuras, trincas e acúmulo de deformações permanentes sob cargas repetidas.

Evidentemente, um pavimento flexível bem projetado será tanto melhor, técnica e economicamente, quanto maior for a sua fase elástica que está limitada, de uma maneira geral, pelo número de solicitações das cargas de roda e por diversos fatores que causam deficiências no revestimento e na estrutura do pavimento, dos quais podem destacar-se:

- Falhas da fundação, na qual estão incluídas as deficiências do subleito e do próprio corpo dos aterros;
- Deficiências de drenagem;
- Deficiências de projeto;
- Falhas construtivas em uma ou mais camadas do pavimento.

O modo como as solicitações das cargas de roda atua em um pavimento flexível pode ser ilustrado conforme é mostrado na figura a seguir, que representa esquematicamente um pavimento flexível constituído de revestimento betuminoso, base e sub-base granulares, construído sobre subleito suposto homogêneo. A ação de uma carga de roda,  $P$ , aplicada sobre a superfície da estrutura, provocará na face inferior do revestimento o desenvolvimento de uma tensão de tração  $\sigma_t$ , decorrente de deformação de tração  $\epsilon_t$ , e, na superfície do subleito, uma pressão vertical,  $P$ .



Admitindo-se que os materiais integrantes das camadas do pavimento atendem às especificações, no que concerne à respectiva resistência ao cisalhamento, a possibilidade de deformações ou rupturas plásticas restringir-se-á ao subleito. Tais rupturas são evitadas sempre que o valor da pressão vertical atuante,  $P$ , for mantido abaixo do valor da pressão vertical admissível pelo material do subleito,  $P_{adm}$ .

Para que não surjam trincas no revestimento, é necessário manter a deflexão,  $D$ , abaixo de um valor máximo,  $D_{adm}$  (Deflexão admissível), cujo valor é dado pela seguinte expressão correspondente a deflexões medidas com a carga padrão de 8,2 t em eixo simples de roda dupla:

$$\log D_{adm} = 3,01 - 0,176 \log N$$

Para se determinar a deflexão admissível a ser adotada em um determinado projeto de reforço de pavimento, o número  $N$  a ser utilizado é o correspondente às cargas por eixo a serem suportadas pelo reforço do pavimento, desde a liberação deste pavimento ao tráfego até o final do período de projeto arbitrada para o reforço. No caso em questão, estima-se Número  $N$  para 10 ano de  $1,0E+06$  veículos.

A norma DNER PRO-011/79 indica que o tempo de vida remanescente pode ser estimado determinando-se o valor  $N$  que corresponde à vida útil do projeto e por sua vez à deflexão do projeto.

Estabelece-se no referido normativo a equação ( $N_r = N_t - N_t$ ) para a estimativa do Número de solicitações correspondente às cargas por eixo a serem suportadas pelo pavimento desde a data da avaliação até o final do período de vida restante do pavimento.

Em que:

- Ns - Número de solicitações correspondentes às cargas por eixos suportadas pelo pavimento desde sua abertura ao tráfego até a data da avaliação;
- Nt - Número de solicitações indicadas no Gráfico de Deflexões Admissíveis em correspondente à deflexão característica de projeto (Dp);
- Nr - Número de solicitações correspondente às cargas por eixo a serem suportadas pelo pavimento desde a data da avaliação até o final do período de vida restante do pavimento.

Para o diagnóstico de pavimento em questão, considera-se que o número N ao qual o pavimento estará submetido ao longo de 10 anos é de  $1,0E+06$ , que corresponde à deflexão máxima atual de  $90 \times 10^{-2} \text{mm}$ . Desta forma, para fins analíticos:

Ns = 0 (pois está sendo considerado o ano de análise o equivalente ao ano de avaliação. A data de avaliação corresponde ao ano atual, a partir do qual serão realizados os incrementos de tráfego para a hipótese de N de 10 anos de  $90 \times 10^{-2} \text{mm}$ )

Nt = Nr (corresponde ao Número N suportado pela deflexão medida em campo, utilizando-se a equação de Dadm em função do Número N)

Por fim, a avaliação da vida útil remanescente do trecho em questão levou-se em consideração o Número N para 10 anos de  $1,0E+06$  e a simplificação que há um incremento anual de  $1,00E+05$ . A partir do Número N anual acumulado, pode-se obter a D admissível do pavimento e correlacioná-la com a deflexão atual medida em campo para cada ano de análise. Ou seja, estima-se vida remanescente do pavimento a partir do número N acumulado calculado com base na equação  $N = 10^{((3,01 - \log Dadm)/0,176)}$ , em que o Dadm corresponde à deflexão medida no pavimento.

**Tabela 8 – Correlação entre Ano e Deflexão do pavimento para o cálculo da vida útil remanescente**

Vida Remanescente	Número N Acumulado	Deflexão do pavimento ( $10^{-2} \text{mm}$ )	Intervalo Médio de Deflexões	
			Máxima	Minima
0 ano			> 135	
1 ano	$1,00E+05$	135	135	119
2 anos	$2,00E+05$	119	119	111
3 anos	$3,00E+05$	111	111	106
4 anos	$4,00E+05$	106	106	102
5 anos	$5,00E+05$	102	102	98
6 anos	$6,00E+05$	98	98	96
7 anos	$7,00E+05$	96	96	94
8 anos	$8,00E+05$	94	94	92
9 anos	$9,00E+05$	92	92	90
> 10 anos	$1,00E+06$	90	90	0

Os resultados com a estimativa de vida útil remanescente calculada a partir da PRO-011/79 é apresentada na Tabela 10 – Diagnóstico / Vida Remanescente / Solução, no item 6.3 para o trecho em questão.

## 6.2 Matriz de Intervenções

Para a construção de um diagnóstico completo com estimativa de custo de manutenção foi necessário o desenvolvimento de uma matriz multicritério para indicação das soluções de intervenções estimadas para a recuperação do trecho em questão.

A matriz multicritério foi desenvolvida sobre parâmetros estruturais (condição defletoométrica) e funcionais (condição de superfície – IGG) para proporcionar uma melhor aderência entre a solução indicada com as reais necessidades de cada segmento.

A seguir, apresenta-se um resumo dos critérios estruturais e funcionais utilizados na elaboração da matriz, bem como as soluções indicadas.

### Critérios Estruturais:

#### 1. Condição Defletoométrica (Deflexão Máxima – Df1):

- a. Critério 1: deflexão de projeto (deflexão média do segmento) é menor do que a deflexão admissível de  $90 \times 10^{-2}$  mm para o tráfego de  $10^6$  – **condição estrutural boa/ótima**;
- b. Critério 2: deflexão de projeto (deflexão média do segmento) é maior do que a deflexão admissível de  $90 \times 10^{-2}$  mm para o tráfego de  $10^6$ , no entanto inferior a deflexão de  $140 \times 10^{-2}$  mm - **condição estrutural regular/ruim**;
- c. Critério 3: deflexão de projeto (deflexão média do segmento) é maior do que a deflexão de  $140 \times 10^{-2}$  mm - **condição estrutural péssima**;

### Critérios Funcionais

1. **IGGE**: 4 critérios, com conceitos variando de ótimo a péssimo, ou seja, denotando condição funcional do trecho;
2. **Presença de Afundamento**: 2 critérios, baseando-se na presença ou ausência deste defeito no trecho.

### Soluções de Correções Aplicadas:

- **Reparo Localizado (RL)**: execução de remendos/tapa buracos localizados na camada superficial do pavimento com emprego de concreto asfáltico, visando a correção de patologias localizadas na espessura de 5,0 cm, indicado em percentual da área total do segmento;
- **Reparo Profundo (RP)**: execução de remendos profundos com reconstituição da camada de base e revestimento da estrutura de pavimento, com o objetivo de corrigir patologias localizadas mais graves com deficiência na camada de base, indicado em percentual da área total do segmento;
- **Tratamento Superficial Duplo (TSD)**: execução de camada de tratamento superficial com emulsão asfáltica em duas camadas, para a regularização e rejuvenescimento do revestimento superficial em toda a área do segmento indicado;
- **Reperfilagem (REP)**: execução de camada delgada de concreto asfáltico com aplicação de massa fina, para a correção de superfícies mais irregulares em segmentos de maiores concentração de defeitos e promover uma camada antirreflexão de trincas em toda a área do segmento indicado;



- **Reciclagem de Base (RECICL):** execução de reciclagem da camada de base com incorporação do revestimento existente e adição de brita, com o objetivo de reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento de segmentos críticos, executado em toda a área do trecho indicado.



**Tabela 9 – Matriz Multicritério de Intervenção**

Deflexão (Dadm = 90x0,01mm)	IGG						
	0 a 40	40 a 60		60 a 90		> 90	
	BOM e ÓTIMO	REGULAR		RUIM		PÉSSIMO	
		Presença de Afundamento (AF)					
		Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
D < Dadm	RL	RL + TSD	RL + RP + TSD	RL + TSD	RL + RP + TSD	RL + REP + TSD	RL + RP + REP + TSD
Dadm < D < 140x0,01mm	RL			RECICL + TSD			
D > 140x0,01mm	RL			RECICL + TSD			

**Legenda das soluções de intervenção:**

RL – Reparo Localizado

RP – Remendo Profundo

TSD – Tratamento Superficial Duplo

RECICL – Reciclagem de Base com Incorporação de Revestimento e Adição de Brita

REP – Reperfilagem (Massa Fina – Concreto Asfáltico)

**Estimativas de Percentuais de Reparos:**

**IGG menor que 40:** Reparo Localizado em 5% da área [RL(5%)];

**IGG maior que 40 e menor que 60:** Reparo Localizado em 10% da área [RL(10%)];

**IGG maior que 60 e menor que 90:** Reparo Localizado em 15% da área [RL(15%)];

**IGG maior que 90:** Reparo Localizado em 20% da área [RL(20%)];

**Presença de AF com IGG menor que 60:** Reparo Profundo em 5% da área [RP(5%)];

**Presença de AF com IGG maior que 60 e menor que 90:** Reparo Profundo em 8% da área [RP(8%)];

**Presença de AF com IGG maior que 90:** Reparo Profundo em 10% da área [RP(10%)];



### 6.3 Estimativas de Intervenção e Análise de Vida Remanescente

A tabela a seguir sintetiza as informações de diagnóstico e proposições de intervenções para trechos com subdivisões de em média 1 km de extensão, de maneira a possibilitar um fechamento de diagnóstico por segmento do trecho. Ressalta-se que os valores apresentados, são baseados na média dos valores individuais dentro do segmento de 1 km.

Atenção aos segmentos marcados em amarelo, pois apresentam vida remanescente estrutural inferior a 10 anos. Ressalta-se que mesmo o pavimento apresentando vida remanescente estrutural elevada, há possibilidade de a condição funcional estar ruim, bem como o contrário. Dessa forma, é importante no momento da realização do projeto executivo, considerar os dados estruturais e funcionais, como por exemplo, considerado na concepção da matriz.

**Tabela 10 – Diagnóstico / Vida Remanescente / Solução**

Diagnóstico e Intervenção do Pavimento										
Local:		ECOPORANGA								
Trecho:		RAMO 01								
Hodômetro (km)			Dmédia (10-2 mm)	Dadm (10-2 mm)	IGG Médio	AF Médio	Vida Remanescente (ano)	Solução Matriz	Conceito Funcional	Conceito Estrutural
Início	Fim	Extensão (km)								
0,0	1,0	1,0	54,33	90	78	0%	> 10 anos	RL(15%) + TSD	RUIM	ÓTIMO

#### Legenda:

**Dmédia:** valor máximo entre a média das deflexões pontuais no sentido crescente e sentido decrescente no intervalo considerado.

**IGG médio:** valor médio de IGG no intervalo considerado.

**AF médio:** percentual médio da presença de afundamento no intervalo considerado.

**Vida Remanescente (ano):** período de vida remanescente calculado com base na Dmédia e na Tabela 8 – Correlação entre Ano e Deflexão do pavimento para o cálculo da vida útil remanescente



## 6.4 Estimativas Orçamentárias

Foi realizada estimativa orçamentária das intervenções de manutenção no pavimento, para fins de planejamento da SEAG (não apresentando caráter de projeto executivo, mas sim, caráter funcional para fins de planejamento do órgão), levando-se em consideração as seguintes premissas:

### Preços Unitários:

- Base: SICRO
- Data-base: julho/22
- Estado: ES
- BDI: 26,63%
- Materiais Betuminosos: ANP
- Estimativas de DMT local: 5 km

### Quantidade:

- Tipo de solução: Soluções da Matriz de Intervenção
- Largura média considerada: 7,0 m

Ressalta-se que caso não sejam elaborados projetos específicos de pavimentação para o trecho em questão, a SEAG deve manter as ações de conservação do trecho.

A seguir apresenta-se tabela resumo das quantidades estimadas e seu respectivo orçamento:



**Tabela 11 – Estimativa de Orçamento**

Item	Serviço	Unid.	Quant.	Custo Unitário	Valor Total
4915632	Reparo localizado com pintura de ligação - demolição mecânica e corte com serra	m3	52,5	R\$ 1.014,97	R\$ 53.285,74
4915631	Remendo profundo com imprimação com emulsão asfáltica - demolição mecânica e corte com serra	m3	0,0	R\$ 424,81	R\$ -
4915621	Solo para base de remendo profundo	m3	0,0	R\$ 17,48	R\$ -
4011484	Reciclagem com adição de brita comercial e incorporação do revestimento asfáltico à base	m3	0,0	R\$ 80,79	R\$ -
4011352	Imprimação com emulsão asfáltica	m2	0,0	R\$ 0,53	R\$ -
4011353	Pintura de ligação	m2	0,0	R\$ 0,37	R\$ -
4011463	Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais	t	0,0	R\$ 252,71	R\$ -
4011370	Tratamento superficial duplo com emulsão - brita comercial	m2	7000,0	R\$ 6,09	R\$ 42.600,86
	<b>Aquisição de Material Betuminoso</b>				
-	Cimento asfáltico CAP-50/70	t	7,1	R\$ 6.856,63	R\$ 48.898,75
-	Emulsão Asfáltica EAI	t	0,0	R\$ 5.053,35	R\$ -
-	Emulsão asfáltica RR-1C	t	0,0	R\$ 5.104,36	R\$ 120,46
-	Emulsão asfáltica RR-2C	t	19,6	R\$ 5.735,72	R\$ 112.420,04
	<b>Transporte de Material Betuminoso</b>				
-	Cimento asfáltico CAP-50/70	t	7,1	R\$ 598,35	R\$ 4.267,18
-	Emulsão Asfáltica EAI	t	0,0	R\$ 598,35	R\$ -
-	Emulsão asfáltica RR-1C	t	0,0	R\$ 598,35	R\$ 14,12
-	Emulsão asfáltica RR-2C	t	19,6	R\$ 598,35	R\$ 11.727,62
				<b>Total</b>	<b>R\$ 273.334,77</b>



## 6.5 Diagramas Unifilares - Resumo

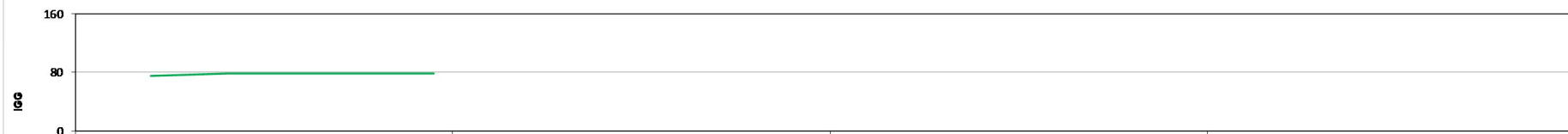
### UNIFILAR DO TRECHO - DIAGNÓSTICO E SOLUÇÕES

LOCAL: ECOPORANGA

TRECHO: RAMO 01



CLASSIF.: Km: 1,000 CLASSIF.: Km: 2,000 CLASSIF.: Km: 3,000 CLASSIF.: Km: 4,000





CLASSIFICAÇÃO DOS SEGMENTOS	0+000				1+000				2+000				3+000			
	200	400	600	800	200	400	600	800	200	400	600	800	200	400	600	800
Estrutural	ÓTIMO	ÓTIMO	BOM	ÓTIMO												
Funcional	RUIM	RUIM	RUIM	RUIM												
SOLUÇÃO	RL(15%) + TSD				0%				0%				0%			



## 7 ANEXOS



## 7.1 Anexo I - Levantamento Deflectométrico (FWD)

Avaliação de Condição Deflectométrica - FWD										 		
LOCAL		TRECHO		SENTIDO		PISTA		FAIXA		REVESTIMENTO:		
ECOPORANGA		RAMO 01		CRESCENTE		SIMPLES		1		Pavimentada		
INÍCIO		FIM		EQUIPAMENTO						RAIO DE APLICAÇÃO:		
km 0,000		km 0,960		Falling Weight Deflectometer						15 cm		
Ponto	Força	Valores de Deflexão (x10 <sup>-2</sup> mm)							Temperatura (°C)		Data	Observação
		Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7	Ar	Pav.		
km	(Kgf)	0	20	30	45	60	90	120				
0,000	4.135	39,9	22,7	13,5	8,8	6,4	3,6	2,4	36	46	13/11/22	
0,120	3.987	47,3	23,3	13,1	8,3	5,8	3,4	2,5	36	46	13/11/22	
0,240	4.163	44,4	20,2	11,3	7,0	4,8	2,9	2,2	36	46	13/11/22	
0,360	4.079	50,0	21,8	12,1	7,6	4,9	3,1	2,4	36	46	13/11/22	
0,480	4.121	53,7	22,5	12,5	7,7	4,9	3,2	2,5	35	46	13/11/22	
0,600	4.057	57,3	24,5	14,7	8,8	5,5	3,1	2,0	35	46	13/11/22	
0,720	4.100	58,8	24,8	15,1	9,1	5,8	3,0	1,8	35	46	13/11/22	
0,840	4.029	64,1	26,9	16,6	9,9	6,3	3,1	1,8	35	46	13/11/22	
0,960	4.170	73,5	31,8	19,5	11,5	7,3	3,6	2,0	35	42	13/11/22	Fim 0,965 , O resto sem Pav.

Avaliação de Condição Deflectométrica - FWD												
LOCAL ECOPORANGA		TRECHO RAMO 01			SENTIDO DECRESCENTE		PISTA SIMPLES		FAIXA 1		REVESTIMENTO: Pavimentada	
INÍCIO km 0,900		FIM km 0,060			EQUIPAMENTO Falling Weight Deflectometer						RAIO DE APLICAÇÃO: 15 cm	
Ponto km	Força (Kgf)	Valores de Deflexão (x10 <sup>-2</sup> mm)							Temperatura (°C)		Data	Observação
		Df1 0	Df2 20	Df3 30	Df4 45	Df5 60	Df6 90	Df7 120	Ar	Pav.		
0,900	4.121	49,4	20,5	11,2	6,9	4,2	2,4	1,7	33	44	13/11/22	
0,780	4.170	52,7	22,5	12,5	7,7	4,8	2,9	2,0	33	44	13/11/22	
0,660	4.029	60,0	25,7	14,6	8,9	5,7	3,5	2,5	33	44	13/11/22	
0,540	3.951	62,0	26,6	14,9	9,3	6,0	3,7	2,6	33	44	13/11/22	
0,420	4.050	61,6	26,4	15,0	9,2	6,0	3,7	2,6	33	43	13/11/22	
0,300	4.163	44,1	19,8	11,7	7,6	5,2	3,2	2,4	33	43	13/11/22	
0,180	4.064	38,5	17,9	10,8	7,5	5,2	3,2	2,5	33	43	13/11/22	
0,060	3.987	31,3	15,7	9,6	7,0	4,9	3,1	2,5	33	43	13/11/22	



## 7.2 Anexo II - Levantamento Funcional

LEVANTAMENTO FUNCIONAL																							
Local:		ECOPORANGA										Pista (Simples ou Dupla): Simple					Data: outubro-22						
Trecho:		RAMO 01										Faixa: 1					Avaliador: Robson Souza						
Segmentos																							
Hodômetro (km)			Frequência de Defeitos (A, M ou B)								ICPF	Informações Complementares					Fotos	IGGE	IES			Observação	
			P	Trincas	R	AF	O	D	EX	E		REV	ESP (cm)	TR I	TR E	SEÇÃO			Valor	Cod.	Conceito		
Início	Fim	Ext	FC	2 FC	3																		
0,0	0,2	0,2						A				4,0	TSS	2,5	0,0	0,0	SMA		75	7	D	RUIM	
0,2	0,4	0,2		B				A				4,0	TSS	2,5	0,0	0,0	C		78	7	D	RUIM	
0,4	0,6	0,2		B				A				4,0	TSS	2,5	0,0	0,0	SMA	630-631	78	7	D	RUIM	
0,6	0,8	0,2		B				A				4,0	TSS	2,5	0,0	0,0	SMA		78	7	D	RUIM	
0,8	1,0	0,1		B				A				4,0	TSS	2,5	0,0	0,0	SMA	632-633	78	7	D	RUIM	24 K 311536 7960291

### 7.3 Anexo III - Inventário Fotográfico



**Tabela 12 – Correlação de Fotos e localização**

Hodômetro (km)		Fotos (nº do Índice)
Início	Fim	
0,4	0,6	630-631
0,8	1,0	632-633



## 8 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este que se denomina **RDPA 145 – Relatório de Diagnóstico de Pavimento**, componente das “Atividades técnicas, com destaque para os serviços de Supervisão das Obras e Projetos de Pavimentação, Conservação e Projetos das vias integrantes do Programa Caminhos do Campo”, apresenta o Diagnóstico de Pavimento referente ao trecho **Ramo 1, com extensão de 1,0 km, no município de Ecoporanga, Região 12 – Noroeste**.

Vitória, 11 de janeiro de 2023.

Responsável pelo Diagnóstico Funcional  
e Estrutural do Pavimento

Leonardo Preussler

CREA: SP-5062022199

Coordenador Geral

Ernesto Simões Preussler

CREA: RJ-38552