



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE  
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E  
PESQUISA  
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS  
Setor de Autarquias Norte/ Quadra 03 Lote A  
Edifício Núcleo dos Transportes  
Brasília/DF – CEP 70040-902  
E-mail: ipr@dnit.gov.br  
Tel. (61) 3315-4831

Fevereiro/ 2016

NORMA DNIT 170/2016 - PRO

## Pavimentos - Determinação de deflexões utilizando o Curviâmetro - Procedimento

**Autor:** Instituto de Pesquisas Rodoviárias

**Processo:** 50607.001785/2012-29

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de 16/02/2016**

*Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.*

### Palavras-chave:

Pavimento, diagnóstico, deflexão, Curviâmetro

**Total de  
páginas**  
12

### Resumo

Este documento estabelece o método para medir a deflexão recuperável sob efeito de uma carga dinâmica utilizando o deflectógrafo Curviâmetro.

### Abstract

This document defines the method to measure of reversible deflections due to an applied dynamic load using the Curviâmetro deflectograph.

### Sumário

Prefácio .....	1
1 Objetivo .....	1
2 Referência normativa .....	1
3 Definições.....	2
4 Equipamentos .....	2
5 Procedimentos para as medições .....	2
6 Resultados e relatório .....	4
Anexo A – Composição do Curviâmetro .....	5
Anexo B – Detalhes do Curviâmetro .....	7
Anexo C – Detalhes do ciclo de medição.....	8
Anexo D – Relatório de resultados.....	9

Anexo E – Relatório digital ..... 10

Anexo F – Bibliografia ..... 11

Índice geral..... 12

### Prefácio

Esta Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática a ser empregada na operação do Curviâmetro para a determinação das deflexões recuperáveis do pavimento. Está formada de acordo com a Norma DNIT 001/2009-PRO.

### 1 Objetivo

Esta Norma especifica o método para determinação das deflexões recuperáveis para a avaliação da condição estrutural do pavimento utilizando o equipamento Curviâmetro.

### 2 Referência normativa

O documento a seguir é indispensável à aplicação desta Norma. Aplica-se a edição mais recente do referido documento (inclusive emendas).

DNIT 171/2016-PRO: Calibração dos sensores do deflectógrafo Curviâmetro – Procedimento. Brasília: IPR.

### 3 Definições

#### 3.1 Deflexão

Para os fins desta Norma, deflexão é o afundamento vertical em um ponto do pavimento causado pela passagem de uma carga.

#### 3.2 Deflexão pontual “d”

É o valor da deflexão medido em um ponto.

#### 3.3 Deflexão máxima “dM”

É o valor correspondente ao deslocamento vertical máximo no ponto de medição.

#### 3.4 Bacia de deflexão

É a curva representativa das deflexões medidas. A medição parte de um valor nulo, quando o ponto a ser medido ainda não está na zona de influência da carga; cresce até um valor máximo, que ocorre quando a carga vertical está sobre o ponto de medida, ou muito próximo dele. Com o afastamento da carga do ponto de medida, a deflexão decresce progressivamente até tornar-se novamente nula.

#### 3.5 Raio de curvatura “Rc”

Para os fins desta Norma “Rc” é o raio da circunferência que melhor se ajusta à bacia de deflexão.

#### 3.6 Trilha externa

Faixa longitudinal da pista que suporta as rodas direitas dos veículos que por ela trafegam normalmente.

#### 3.7 Trilha interna

Faixa longitudinal da pista que suporta as rodas esquerdas dos veículos que por ela trafegam normalmente.

### 4 Equipamentos

O Curviâmetro consiste nos seguintes equipamentos e dispositivos:

**4.1** Caminhão com eixo dianteiro simples (DS) com 2 (dois) pneumáticos e eixo traseiro simples (TS) com 4 (quatro) pneumáticos, com distância entre eixos de 5000 mm  $\pm$  100 mm, calibrados com 0,56 MPa (5,71 kgf/cm<sup>2</sup> ou 81,22 psi), carregado com 10,3 toneladas-força, podendo essa carga ser ajustada entre 8 tf e 13 tf, quando julgado conveniente. A Figura 2, Anexo A, referencia a superfície de contato dos pneus das rodas do eixo traseiro.

**4.2** Sistema eletromecânico acoplado na lateral direita do chassi do caminhão (Figura 1, Anexo A e Figura 3, Anexo B), mecanismo este sincronizado à velocidade de operação do caminhão (5 m/s  $\pm$  0,19 m/s), sendo composto pelas seguintes partes:

- a) Uma corrente, tipo esteira, com 15 metros  $\pm$  0,015 m. Sobre essa corrente são fixados 3 geofones de medição separados 5 m  $\pm$  0,005 m (Foto 2, Anexo A);
- b) Um motor elétrico conectado a duas rodas de arrastamento, para o sincronismo de movimentação da corrente (Figura 3, Anexo B);
- c) Guias de direção, dianteira e traseira, conectadas a eixos articulados para direcionamento da corrente;
- d) Um braço-guia dianteiro, para controle da tensão da corrente (Figura 1, Anexo A);
- e) Uma guia central fixa com sensor de efeito Hall, para contabilização de cada ciclo de medição;
- f) Um conjunto de lastro removível, permitindo-se variar a carga no eixo traseiro entre 8 tf e 13 tf;
- g) Câmera frontal, para gravação digital da imagem do pavimento;
- h) Câmera posicionada entre as rodas duplas do eixo traseiro, para conferência da movimentação da corrente;
- i) Sensores de temperatura do pavimento e do ambiente, ambos com precisão de 1°C;
- j) Central de computação (Fotos 3,4 e 5, Anexo A).

### 5 Procedimentos para as medições

### 5.1 Segurança do tráfego

Para a execução do serviço deve-se prover a adequada sinalização, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário.

### 5.2 Preparação do equipamento

No início de cada jornada de trabalho deve ser realizada a calibração dos sensores do equipamento, de acordo com a Norma DNIT-xxx/2015-PRO. Após a calibração, deve-se posicionar o Curviâmetro de maneira que as rodas duplas fiquem nas trilhas interna e externa (Figura 4, Anexo B), com o eixo dianteiro do caminhão alinhado e de modo que ao passar pelo marco inicial do levantamento o equipamento esteja a uma velocidade de 5 m/s. A corrente deve ser ajustada, posicionando-se o geofone nº 2 entre os pneus duplos do eixo traseiro. (Figuras 3 e 5, Anexo B).

### 5.3 Execução das medições

As medidas das deflexões são realizadas na trilha externa. O ciclo de funcionamento do equipamento se processa da seguinte maneira:

- a) A operação é realizada por dois técnicos: o Técnico A opera na cabine de comando e o Técnico B dirige o caminhão e tem, também, a função de inserir informações.
- b) Aciona-se o gerador de energia e liga-se o "sistema de aquisição e tratamento de dados".
- c) Verificar se os sensores de temperatura e o GPS estão ativados.
- d) Em seguida, deve-se ligar o variador de controle de velocidade da corrente e certificar-se do alinhamento do eixo guia da corrente.
- e) Com a corrente posicionada entre as rodas duplas do eixo traseiro e o geofone nº 2 alinhado sobre esse eixo inicia-se a movimentação do veículo, aumentando a velocidade até atingir 5 m/s. Quando atingida essa velocidade aciona-se o piloto automático, a fim de manter a velocidade estável e constante.
- f) Com o movimento do veículo o sistema sincroniza a rotação da corrente e os sensores são posicionados

sucessivamente no pavimento, de forma que fiquem estáveis e imóveis em relação a esse, até que se completa seu ciclo de medição.

g) A rotação da corrente é mantida pelo mecanismo formado por um motor elétrico, independente do veículo, que aciona duas rodas de arrasto em sincronia, uma dianteira e outra traseira, sendo essas rodas dentadas, para o encaixe da corrente.

h) Uma vez com a velocidade estável, o equipamento passa automaticamente a registrar as deflexões e as bacias de deflexão em intervalos de medições consecutivas, registradas individualmente pelos 3 geofones.

i) A velocidade de rotação da corrente é controlada por sensores e por variadores eletrônicos, cuja rotação é sincronizada com a velocidade do caminhão.

j) O direcionamento da corrente é controlado por um sistema computacional que aciona um dispositivo de braços elétricos instalados nas guias de articulação dianteira e traseira, cujo sinal de acionamento é baseado em sensores de direção localizados no eixo dianteiro do veículo.

k) O registro das medições de deflexão se inicia quando o sensor se encontra a 1 metro à frente do eixo traseiro, e segue registrando continuamente até quando esse se encontra a 3 metros atrás do eixo traseiro (Figura 5, Anexo B). Portanto, a bacia de deflexão é formada por uma extensão de 4 metros, dada pelos registros de 100 medições pontuais.

l) As deflexões máximas são obtidas a cada 5 m, sendo registradas quando cada sensor se encontra no alinhamento do eixo traseiro (Figura 7-b, Anexo C).

m) Uma vez completado o ciclo de medições de um sensor e tendo em vista sua fixação a corrente, ao estar a uma distância de 3,5 m atrás do eixo traseiro esse sensor é recolhido; o sensor seguinte, que já se encontra no pavimento e a 1 m na frente do eixo traseiro, inicia o registro das deflexões e assim, sucessivamente, são executados os ciclos de medições.

n) A cada 0,8 s um sensor realiza suas medições e o intervalo entre as medições por cada sensor é de 0,2 s.

Portanto, a cada 3 s os 3 sensores completam um ciclo de medições e o equipamento avança 15 m. (Figura 6, Anexo C).

o) O equipamento dispõe de um sistema de GPS que registra automaticamente o posicionamento em coordenadas UTM de toda deflexão máxima “dM” medida.

p) Na cabine do motorista tem uma tela tipo *touch-screen* (Foto 6, Anexo A) conectada à central computacional. Durante o levantamento o Técnico B insere informações adicionais, como marcos quilométricos, início e fim de obras de arte, troca de revestimento e outros. Esses dados são sincronizados com as medidas deflectométricas e apresentados no relatório final do levantamento.

q) As informações coletadas pelos sensores são transmitidas pelas conexões e fitas metálicas da própria corrente e captadas por um sistema de escovas de contato e, então, transmitidas por meio de cabos elétricos a uma central de computação localizada no interior da cabine do veículo (Fotos 3, 4 e 5, Anexo A).

r) Caso a velocidade do levantamento não esteja a 5 m/s  $\pm$  0,19 m/s, ou algum sensor não esteja funcionando adequadamente, o sistema acusa automaticamente a falha, para o que o operador intervenha imediatamente no ajuste e/ou reparação.

## 6 Resultados e relatório

### 6.1 Disponibilização de dados e informações

As medições efetuadas em conformidade com a subseção 5.3 deve gerar os seguintes dados:

- A distância, em metros (m), em relação ao início do ensaio e a referência quilométrica (km) da rodovia.
- A deflexão máxima “dM” levantada na trilha externa, em centésimo de milímetro (1/100 mm).
- As deflexões “d”, em centésimos de milímetro (1/100 mm), distanciados da deflexão máxima “dM”, que formam a bacia de deflexão.
- O raio de curvatura “Rc” levantado na trilha externa, em metros (m).

- A temperatura do pavimento e do ambiente, em graus Celsius ( $^{\circ}$ C), de cada ponto medido.
- Localização geográfica, em coordenadas UTM, em cada medição realizada.
- Registro da velocidade (m/s) do equipamento, em cada medição realizada.
- Registro da imagem digital do pavimento, de toda a extensão levantada.
- Dados relevantes do trecho rodoviário (início e fim de OAE, placa km, troca de revestimento etc.) referenciados às medições realizadas.

### 6.2 Relatório

O relatório deve fazer referência a esta Norma e conter, no mínimo, o Relatório de Resultados emitido pelo Curvômetro e as seguintes informações:

- Dados gerais (dados da empresa, identificação do contrato, responsável pela execução dos serviços, rodovia, trecho, segmento levantado, pista, sentido do tráfego, data, horários e identificação dos equipamentos utilizados).
- Os valores de “dM” definidos na alínea “b” da subseção 6.1 desta Norma.
- Os valores de “Rc” definidos na alínea “d” da subseção 6.1.
- Valores das deflexões “d” definidos na alínea “c” da subseção 6.1.
- As temperaturas definidas na alínea “e” da subseção 6.1.
- Coordenadas UTM definidas na alínea “f” da subseção 6.1.
- Dados relevantes das rodovias, conforme indicadas na alínea “i” da subseção 6.1.

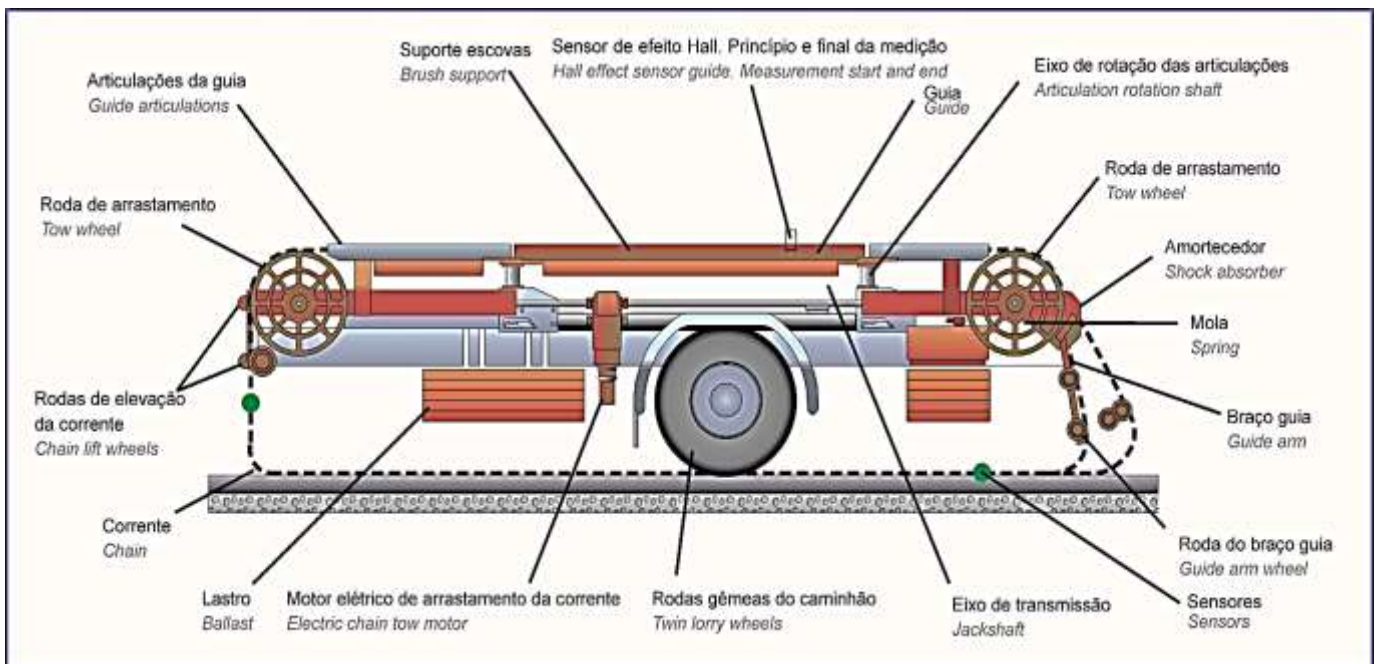
\_\_\_\_\_/Anexo A

**Anexo A – Composição do Curviômetro**

**Foto 1 – Veículo e mecanismos**



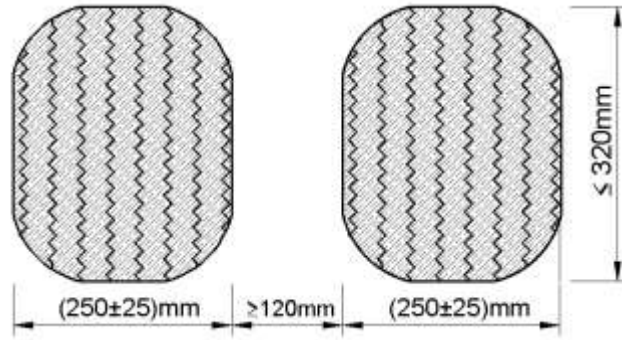
**Figura 1 – Detalhes do mecanismo**



**Foto 2- Corrente e vista geral do mecanismo**



Figura 2- Superfície de contato dos pneus das rodas duplas do eixo traseiro



Fotos 3, 4 e 5 – Central de computação do equipamento



Foto 6 -Tela touch-screen na cabine do motorista para inserção de dados



\_\_\_\_\_/Anexo B



Anexo B (informativo) – Detalhes do Curviâmetro

Figura 3 - Equipamento de medição

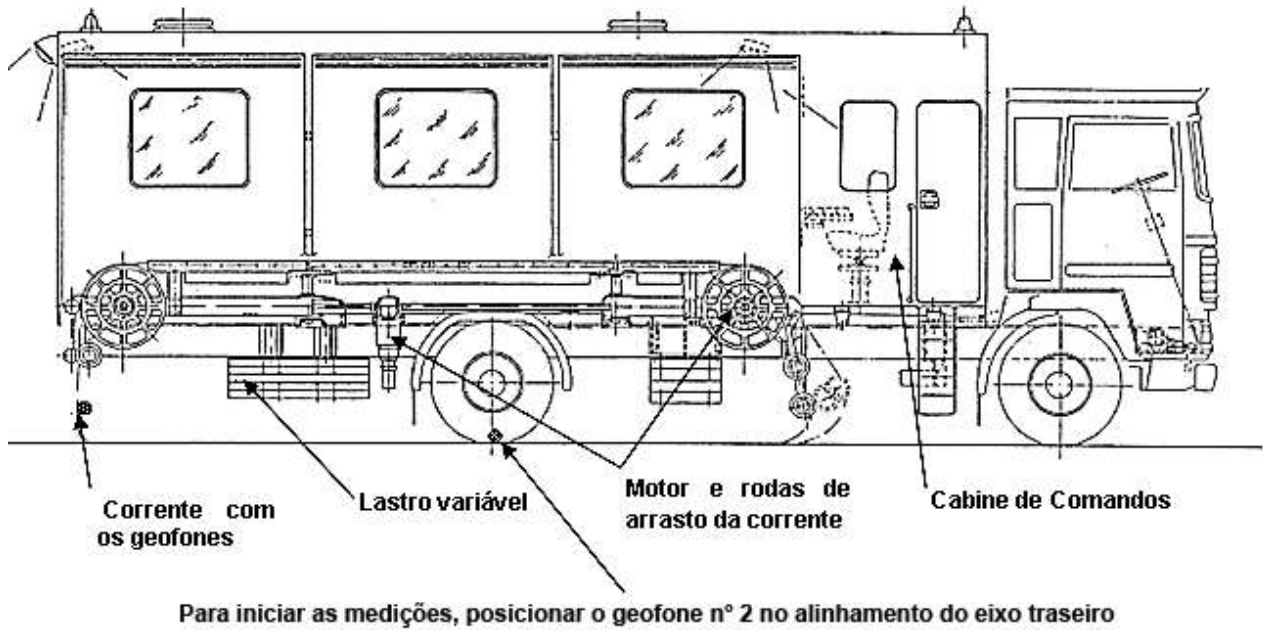


Figura 4- Posicionamento nas trilhas de rodas internas e externas (tanto nos segmentos em tangente como em curvas)

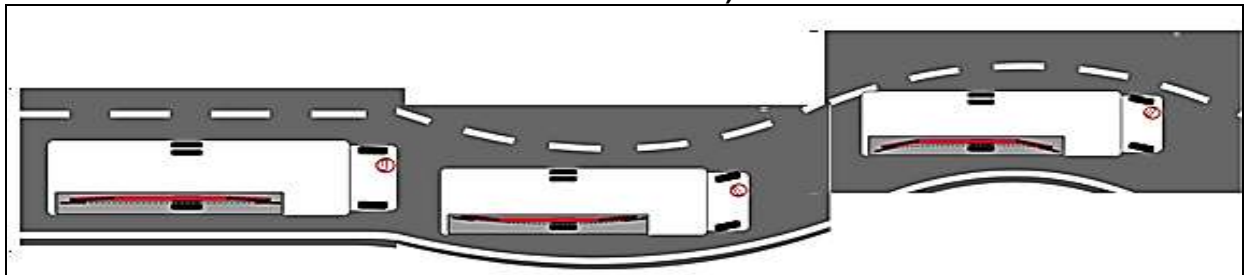
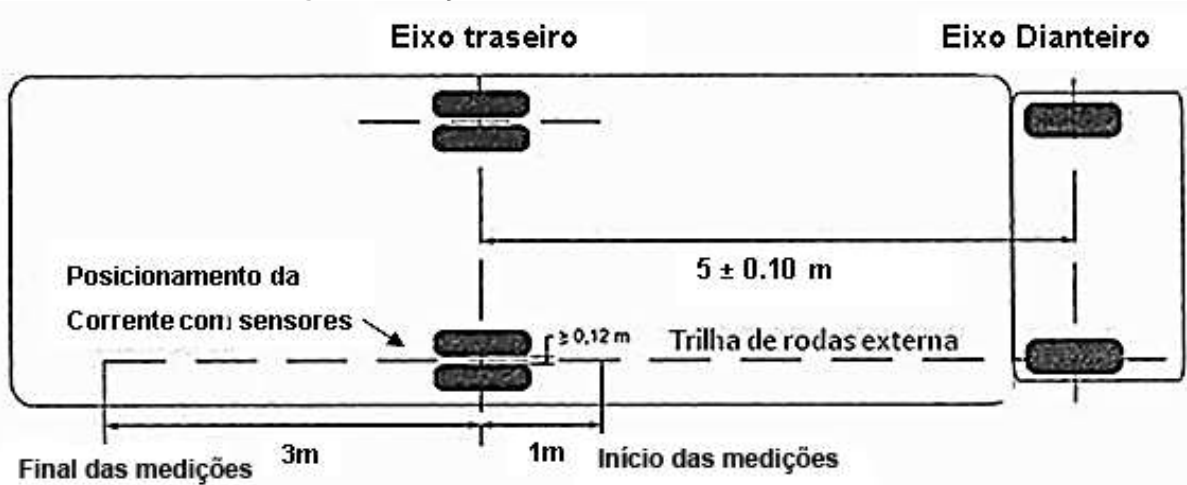


Figura 5- Medição da deflexão na trilha de roda externa



Anexo C (Informativo) – Detalhes do ciclo de medição

Figura 6 - Ciclo de medição do Curviâmetro

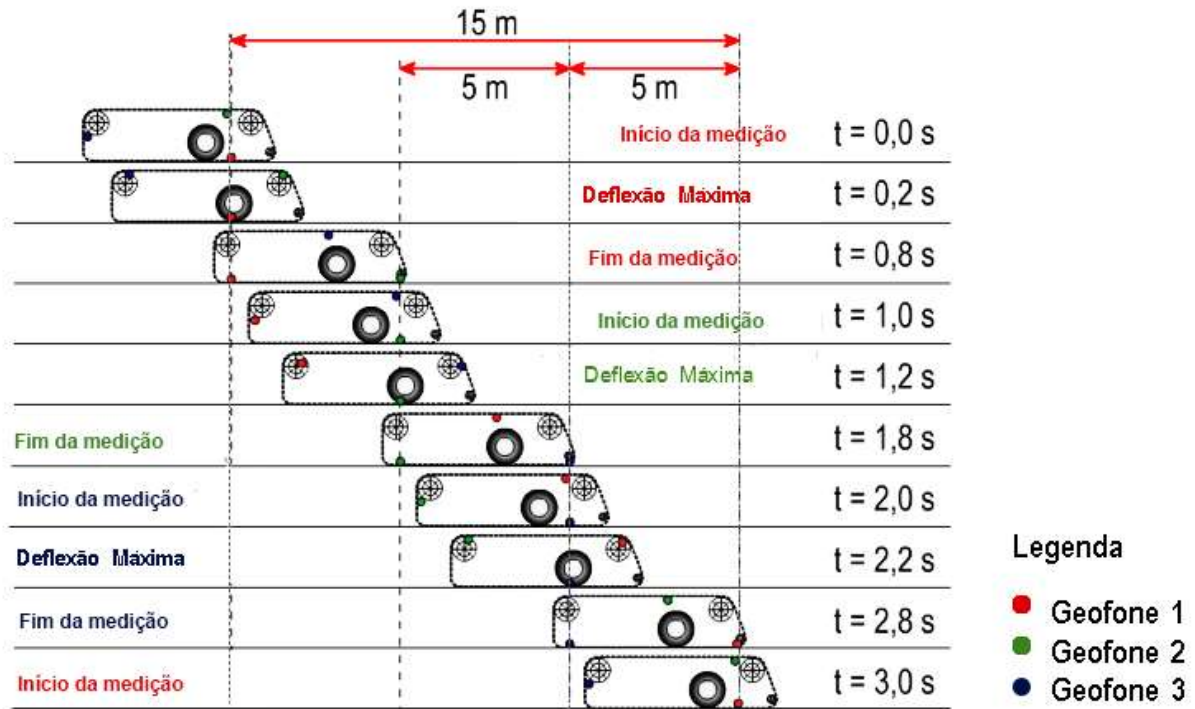
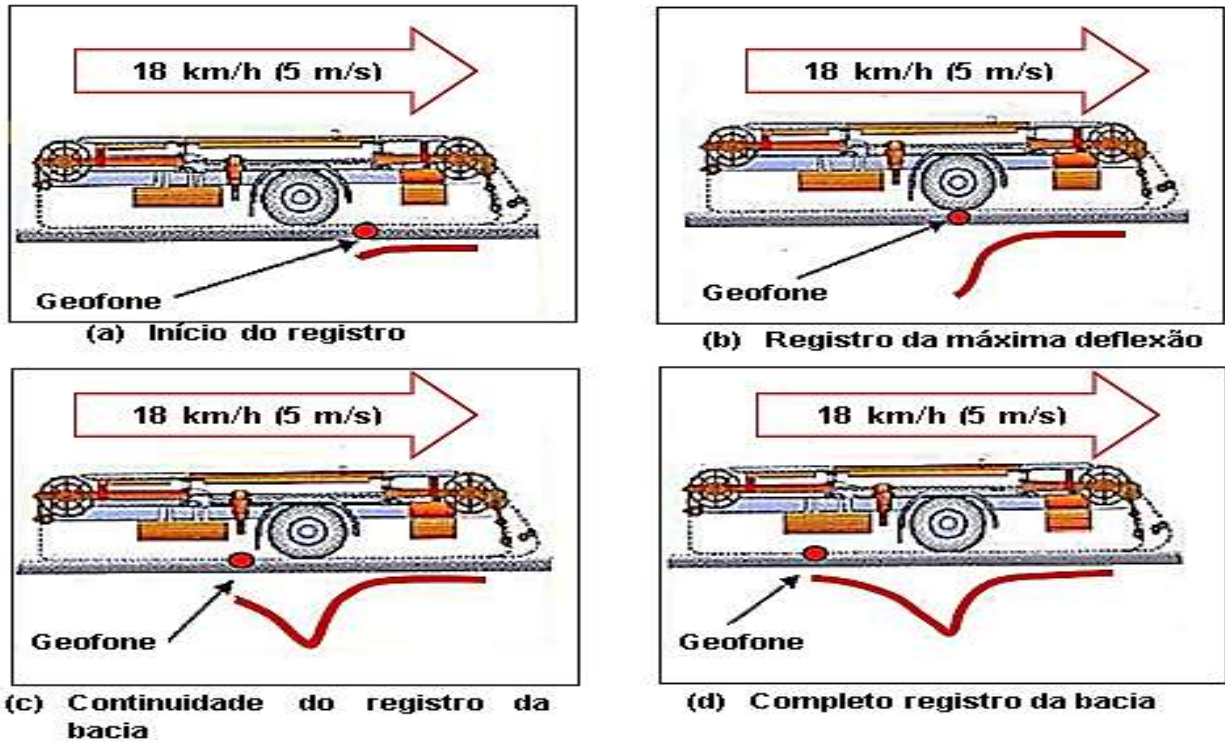


Figura 7- Registro da deflexão máxima e da bacia de deflexão



## Anexo D (Informativo) - Relatório de resultados

Tabela 1- Exemplo de relatório de levantamento

Rodovia: BR-XXX		Trecho: XXX - XXX		Sentido: XXX		Pista: xxx		Faixa: xx		km inicial: xxx					
km	Referência	X (UTM)	Y (UTM)	Valores de Deflexão (10 <sup>-2</sup> mm)											Raio de Curvatura (m)
				D0	200 mm	250 mm	300 mm	450 mm	600 mm	900 mm	1200 mm	1500mm	1800 mm	2100 mm	
519,640	OAE	xxxxxx,x	xxxxxx,x	10	9	9	8	6	4	4	3	3	1	1	3125
519,635	Fim OAE	xxxxxx,x	xxxxxx,x	10	8	8	7	5	4	3	0	0	0	0	1563
519,630		xxxxxx,x	xxxxxx,x	18	15	14	13	10	9	6	2	0	0	0	781
519,625		xxxxxx,x	xxxxxx,x	22	16	15	14	12	10	9	3	0	0	0	446
519,620		xxxxxx,x	xxxxxx,x	25	20	19	18	13	9	8	3	1	0	0	521
519,615		xxxxxx,x	xxxxxx,x	26	22	20	17	12	7	2	0	0	0	0	521
519,610	Trevo cidade X	xxxxxx,x	xxxxxx,x	26	21	19	16	12	7	3	1	1	0	0	446
519,605	Trevo cidade X	xxxxxx,x	xxxxxx,x	27	24	22	20	16	11	5	2	1	0	0	625
519,600		xxxxxx,x	xxxxxx,x	35	30	28	25	20	14	7	3	1	1	0	446
519,595		xxxxxx,x	xxxxxx,x	39	33	30	27	22	15	8	4	2	1	1	347
519,590		xxxxxx,x	xxxxxx,x	32	28	26	23	18	12	5	2	1	0	0	521
519,585		xxxxxx,x	xxxxxx,x	35	30	27	24	19	13	6	3	1	1	0	391
519,580		xxxxxx,x	xxxxxx,x	38	32	29	26	20	13	6	3	2	1	0	347
519,575		xxxxxx,x	xxxxxx,x	32	28	26	23	18	12	6	2	1	0	0	521
519,570		xxxxxx,x	xxxxxx,x	32	28	26	23	18	12	6	2	1	0	0	521

/Anexo E

### Anexo E (informativo) - Relatório digital

Além dos resultados impressos definidos na subseção 6.1, os dados poderão ser apresentados em formato digital por meio de um programa oferecido pelo provedor do serviço. O sistema digital permite o acesso aos seguintes recursos:

- Gráficos e dados do perfil longitudinal do trecho da rodovia em levantamento, com indicação da deflexão máxima e raio de curvatura;
- Imagem digital da rodovia sincronizada com os respectivos dados obtidos no levantamento;
- Sistema de busca do ponto quilométrico desejado, com apresentação de dados e imagem digital;
- Modelos e resumos estatísticos de deflexão e de demais índices medidos, segundo configuração desejada;
- Análises comparativas do trecho da rodovia em relação a outros levantamentos; consta que o programa armazena dados anteriores e possibilita a inserção de dados futuros;
- Possibilidade de homogeneização automática ou configurável dos trechos, segundo os valores de deflectometria medidos;
- Possibilidade de Impressão ou criação de planilha com todas informações contidas e definidas nas alíneas de "a" a "g" da subseção 6.1 desta Norma.



**Anexo F - Bibliografía**

- a) ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION.  
**NF P98-200-7** : essais relatifs aux chaussées – mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante – Partie 7 : détermination de la déflexion et du rayon de courbure avec un curviámetro. Paris, 1997.
- b) Centro de Estudios Y Experimentación de Obras Públicas. **NLT-333/06**: medida de las deflexiones en firmes con curviámetro. Madrid, 2007.

\_\_\_\_\_ /Índice geral

## Índice Geral

Abstract	1	Índice geral	12
Anexo A - Composição do Curviâmetro	5	Objetivo	1 1
Anexo B - Detalhes do Curviâmetro	7	Prefácio	1
Anexo C - Detalhes do ciclo de medição	8	Preparação do equipamento	5.2 3
Anexo D - Relatório de resultados	9	Procedimentos para as medições	5 2
Anexo E - Relatório digital	10	Raio de curvatura "Rc"	3.5 2
Anexo F - Bibliografia	11	Referência normativa	2 1
Bacia de deflexão	3.4 2	Relatório	6.2 4
Definições	3 2	Resultados e relatório	6 4
Deflexão	3.1 2	Resumo	1
Deflexão máxima "dM"	3.3 2	Segurança do tráfego	5.1 2
Deflexão pontual "d"	3.2 2	Sumário	1
Disponibilização de dados e informações	6.1 4	Trilha externa	3.6 2
Equipamentos	4 2	Trilha interna	3.7 2
Execução das medições	5.3 3		

---