

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, define o procedimento a ser utilizado na calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter). Descreve as operações referidas concernentes aos medidores e aos veículos ou reboques nos quais se acham instalados.

ABSTRACT

This document presents a procedure for determination of the calibration and control of road surface irregularity measurement systems, (Integrated Systems IPR/USP and Maysmeter). It prescribes the apparatus, the operations and conditions for obtaining results.

SUMÁRIO

- 0 Apresentação
- 1 Objetivo
- 2 Referências bibliográficas
- 3 Definições
- 4 Operações preliminares
- 5 Calibração
- 6 Controle

Anexos normativos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L

0 APRESENTAÇÃO

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-PRO 164/89 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

Macrodescriptores MT: conservação da rodovia, instrumento de medida, pavimento

Microdescriptores DNER: alteração do pavimento, conservação do pavimento, instrumento de medida, pavimento

Palavras-chave IRRD/IPR: aparelho (medição) (6155), calibragem, regulagem (6171), medição (6136), pavimento (2955), perfil longitudinal (2825), pista de rolamento (2992), superfície (6438)

Descriptores SINORTEC: calibração, instrumentos de medição, medição, normalização, pavimentos de estradas

Aprovada pelo Conselho de Administração em 29/09/89

Resolução nº 2237/89 Sessão nº CA/35/89

Processo nº 51100000899/94-5

Autor : DNER/DrDTc (IPR)

Adaptação da DNER-PRO 164/89 à DNER-PRO 101/93, aprovada pela DrDTc em 05/04/94.

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento utilizados nos estudos da condição de rolamento de rodovias.

2 REFERÊNCIAS

2.1 Norma complementar

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

DNER-ES 173/86 - Método de nível e mira para calibração de sistemas medidores de irregularidade tipo resposta.

2.2 Referências bibliográficas

No preparo desta Norma foram consultados os seguintes documentos:

- a) DNER-PRO 164/89, designada Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e Maysmeter);
- b) DNER-PRO 159/85 - Projeto de restauração de pavimentos flexíveis e semi-rígidos;
- c) Análise de procedimento para aferição de medidor de irregularidade - 19º RAPv, 1984, Gil Duarte e Olivalter Viegas de Oliveira;
- d) "Calibrating response-type roughness measurement systems through rod-and-level profiles", publicado no TRB/TRR nº 898, apresentado na "3 rd International Conference on Low-Volume Roads", realizada em Tempe, Arizona, 1983 C.A.V. Queiroz;
- e) "Roughness measurement systems", documento de trabalho nº 10, pesquisa ICR, GEIPOT, Brasília/DF, 1979 C.A.V. Queiroz e Alex T. Visser.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma, são adotadas as seguintes definições:

3.1 Irregularidade

Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via. A escala padrão de irregularidade adotada no Brasil é o "Quociente de Irregularidade" (QI) expresso em contagens/km, calculado a partir do nivelamento topográfico de um trecho, obtendo-se cotas com espaçamento de 0,5 m de cada trilha de roda.

3.2 Sistema medidor de superfície de pavimento

Conjunto constituído por um instrumento medidor e veículo tipo passeio médio, que se deslocando sobre a superfície do pavimento, fornece leituras correspondentes à irregularidade da mesma. As leituras fornecidas representam o somatório dos deslocamentos verticais retificados (isto é, em valores absolutos) do eixo traseiro do veículo em relação à carroceria do mesmo.

3.3 Calibração de sistemas medidores de superfície de pavimento

Conjunto de operações que visam fornecer uma equação, chamada equação de calibração, que relaciona as leituras fornecidas pelo medidor à escala padrão adotada. Em geral, adota-se uma das formas seguintes para a equação de calibração:

a) $QI = a + b L$

b) $QI = a + b L + c L^2$

onde os parâmetros a, b e c são determinados pelo método dos mínimos quadrados e L representa a leitura do medidor.

3.4 Controle de sistemas medidores de superfície de pavimento

Conjunto de operações que assegura desempenho aceitável de um sistema medidor de superfície de pavimento, após realização de uma série de medições, após viagem, após modificação no sistema e após incidentes. O controle visa indicar se o sistema medidor ainda se encontra reproduzindo as leituras fornecidas durante o período de calibração, em um determinado trecho.

3.5 Controle diário

Controle que se deve executar diariamente antes de qualquer levantamento.

3.6 Controle depois de um levantamento

Controle que se deve executar depois de cada levantamento.

3.7 Controle antes de qualquer levantamento

Controle que se deve executar antes de qualquer série de medidas, que constitui um levantamento.

3.8 Controle depois de modificações do sistema

Controle que se deve executar toda vez que tenha havido uma modificação do sistema de medida.

Ex.: pneumático furado.

3.9 Operações preliminares

Operações requeridas por dado sistema medidor de superfície de pavimento, que devem anteceder a calibração.

3.10 Trecho de referência

Segmento de rodovia selecionado para poder ser utilizado na calibração de sistemas medidores de irregularidade.

3.11 Levantamento

Conjunto de medidas realizadas sobre trechos de rodovia, correspondentes a uma tarefa definida.

3.12 Corrida de calibração

Deslocamento do sistema medidor sobre um trecho de referência.

3.13 Incidentes

Contratempos com o sistema medidor, tais como abalroamento e desgoverno violento do veículo.

3.14 Controle após incidente

Controle que se deve executar logo após um contratempo com o sistema medidor.

3.15 Modificações no sistema medidor

Qualquer alteração no sistema, tais como troca de pneu, mola ou amortecedor, desalinhamento de rodas e substituições de elementos do sistema eletrônico.

3.16 Sistema Integrador IPR/USP

Sistema medidor desenvolvido pela USP (Universidade de São Paulo IPR (Instituto de Pesquisas Rodoviárias), constituído de um sensor de deslocamentos verticais, de um qualificador de irregularidade e de um dispositivo eletrônico medidor de distância, bem como do veículo em que estes instrumentos se acham instalados (ver Anexos A, B e C).

Nota: Este sistema está sendo usado no Brasil, à semelhança do Maysmeter e do Rugosímetro BPR.

3.17 Base

Lugar, sede das operações dos sistemas de medida, onde se localiza um conjunto de trechos de referência.

3.18 VAROD

Programa de computador que, utilizando o nivelamento topográfico de trilhas de rodas, permite calcular o QI.

3.19 Faixa de variação

Diferença entre os valores máximo e mínimo das leituras de um sistema medidor, correspondente a um trecho de referência.

3.20 Sensor de deslocamentos verticais

Sensor que permite a medição do deslocamento vertical entre o chassis e o diferencial do veículo (ver Anexo A).

3.21 Quantificador de irregularidade

Instrumento, parte do Sistema Integrador IPR/USP, composto por um totalizador e por um hodômetro (ver Anexo A).

4 OPERAÇÕES PRELIMINARES

4.1 Inicialmente deve ser verificado o pleno atendimento das instruções prescritas pelo fabricante do sistema medidor adotado.

4.2 Colocar uma carga de $883 \pm 9,8$ N (90 ± 1 kgf) no piso do veículo, entre os bancos dianteiro e traseiro do mesmo. Esta carga corresponde ao peso de uma pessoa e pode ser materializada por um saco de lona cheio de pedra britada ou areia.

4.3 Verificar a posição dos elementos magnéticos (ímãs) na roda, assim como a sua quantidade, que se deve ser igual a 8 (oito).

4.4 Proceder ao alinhamento e balanceamento das quatro rodas e da roda sobressalente.

4.5 Verificar o espaçamento entre os magnetos e o sensor, a saber:

$6 \pm 0,5$ mm.

4.6 Calibrar os pneumáticos do veículo para a pressão recomendada pelo fabricante.

4.7 Verificar se o peso específico do fluido da bateria está no padrão, a saber:

12,06 a 12,36 N/cm³ (1 230 a 1 260 gf/cm³).

4.8 Ajustar o medidor de distância percorrendo várias vezes um dado trecho em nível e tangente, com comprimento de $320 \pm 0,1$ m, até que o sinal acústico (bip) coincida com esta extensão, acionando, para isso, o teclado da chave seletora de comprimento de lance (Anexo A). A constante numeral deverá ser anotada sobre a fita adesiva junto à chave seletora.

4.9 Proceder uma viagem de 100 ± 5 km, no caso de sistema que ainda não tenha operado.

5 CALIBRAÇÃO

5.1 Independentemente do tipo do sistema medidor de irregularidade, deve ser procedida sua calibração antes da realização de quaisquer medições.

5.2 Selecionar áreas de 20 (vinte) trechos de referência de 320 m de comprimento, em tangente e em nível, de rodovia de baixo volume de tráfego e que apresentem uma ampla faixa de níveis de irregularidade, representando desde pavimentos em excelente condição de rolamento até pavimentos em avançado grau de deterioração.

5.3 Proceder ao levantamento da irregularidade dos trechos de referência de acordo com as disposições constantes na Norma DNER-ES 173/86 (ver item 2.1).

5.4 Proceder a 5 (cinco) corridas de calibração a 80 km/h sobre cada trecho de referência, obtendo-se 5 (cinco) leituras para cada trecho. Repetir a operação a 50 e 30 km/h. Obter, para cada velocidade, a leitura média, L , de cada trecho de referência.

5.5 Determinar a equação de regressão conforme item 3.3, baseada nos pares de valores QI (quociente de irregularidade), obtidos através de nível e mira, e \bar{L} (média das leituras), conforme mencionado em 5.4.

5.6 A equação de ajustamento é aceitável quando o coeficiente de determinação r^2 for igual ou maior que 0,8. Não se verificando esta condição, o sistema deve ser submetido à manutenção e verificadas as planilhas de levantamento de nível e mira.

5.7 Organizar o Quadro Resumo dos resultados de calibração, conforme exemplo mostrado no Anexo E, em modelo constante do Anexo D, onde:

V - faixa de variação das leituras em um dado trecho de referência.

No caso de um ou mais valores V ser(em) maior(es) que o limite superior de controle de variação, os trechos de referência correspondentes deverão ter sua irregularidade novamente medida, organizando-se novo Quadro Resumo dos resultados de calibração. Havendo repetição da não satisfação do limite, eliminar o trecho de referência e recalcular os novos limites.

5.8 Com base nos valores do "Resumo dos resultados de calibração" mencionado em 5.7, deve-se organizar um gráfico de controle da variação das leituras, conforme modelo constante no Anexo F e exemplo constante no Anexo G.

5.9 Com base nos valores do Quadro Resumo dos resultados de calibração, deve-se organizar um gráfico de controle das médias das leituras", conforme modelo constante no Anexo H e exemplo constante no Anexo I.

6 CONTROLE

6.1 Controle diário

Antes de se realizar uma série de medições, deve sempre ser procedido a um controle com base nas indicações constantes nas instruções para uso do sistema medidor. Verificar, em particular, o cumprimento do disposto nos itens 4.2, 4.3, 4.5 e 4.6.

6.2 Controle depois de um levantamento

6.2.1 Depois de uma série de medições, deve sempre ser procedido um controle com base nas indicações constantes nas instruções para uso do sistema medidor.

6.2.2 Tão logo o veículo tenha retornado à sua base, após o levantamento, e antes de o veículo ser lavado, lubrificado e submetido a qualquer tipo de manutenção, ele deve percorrer 2 (duas) vezes 5 (cinco) trechos de referência escolhidos aleatoriamente, registrando-se as leituras na ficha de Controle das medições, com base no modelo do Anexo G e exemplo do Anexo L, utilizando-se os valores \bar{L} constantes do quadro Resumo dos resultados de calibração" (Anexo E) e executando-se as operações previstas nos Anexos G e I.

6.2.3 Os valores das variações de leituras, calculados segundo 6.2.2 devem ser plotados no gráfico de controle da variação das leituras (Anexo G). Caso os valores plotados não estejam dentro do limite $2,11 \times \bar{V}$, o levantamento em causa deve ser considerado prejudicado e refeito.

6.2.4 Os valores das diferenças de leituras, calculados segundo 6.2.2, devem ser plotados no gráfico de controle das médias das leituras (Anexo I). Caso os valores plotados não estejam dentro dos limites $\pm 0,58 \times V$, o levantamento em causa deve ser considerado prejudicado e refeito, devendo o sistema medidor ser recalibrado conforme Capítulo 5.

6.3 Controle antes de qualquer levantamento

Deve ser procedido como disposto em 6.2.

6.4 Controle depois de modificações no sistema

Deve ser procedida a calibração do sistema conforme Capítulo 5.

6.5 Controle após incidente

6.5.1 Deve ser submetido a exame o sistema medidor.

6.5.2 Caso haja anormalidade observada no veículo, este deve ser encaminhado a uma oficina autorizada pela montadora e devem ser utilizadas, para reposição, apenas peças originais.

6.5.3 Caso haja anormalidade observadas em outra parte do sistema medidor, este deve ser submetido à manutenção adequada.

6.5.4 Após a manutenção (6.5.2 e 6.5.3), o veículo deve percorrer novamente os últimos 10 km medidos antes do incidente, repetindo-se as medições e dando-se seqüência à série de medições.

6.5.5 Após a realização do levantamento programado, o sistema deve ser submetido, na base, a um controle, conforme 6.2.

Observando-se anormalidade, o sistema deve ser calibrado conforme Capítulo 5, e as leituras obtidas nos trechos medidos, após incidente, devem ser convertidas em QI através da nova equação de calibração.

/ Anexos
A, B, C, D,
E, F, G, H, I,
J e L

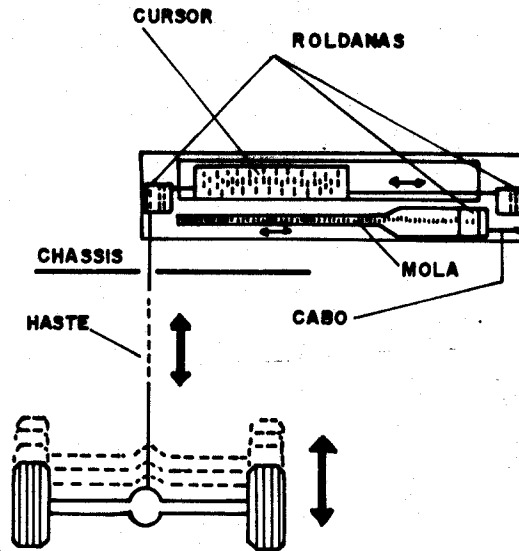


FIGURA 1 - SENSOR DE DESLOCAMENTOS VERTICAIS

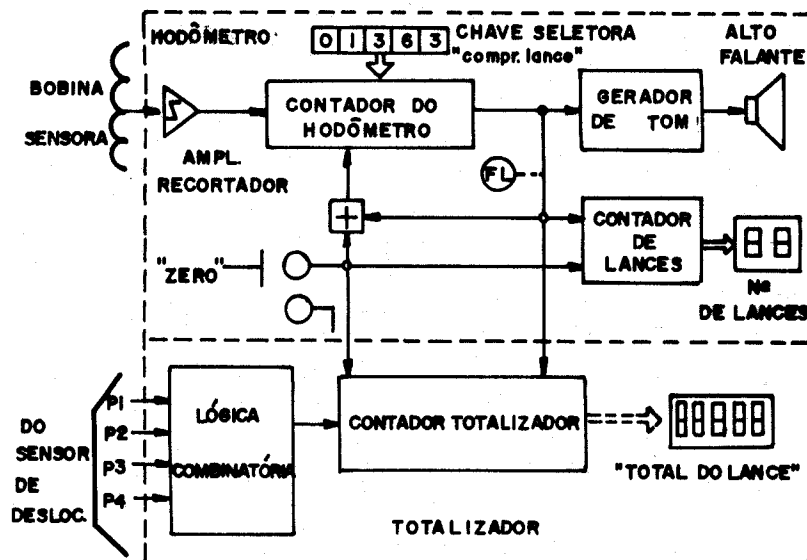
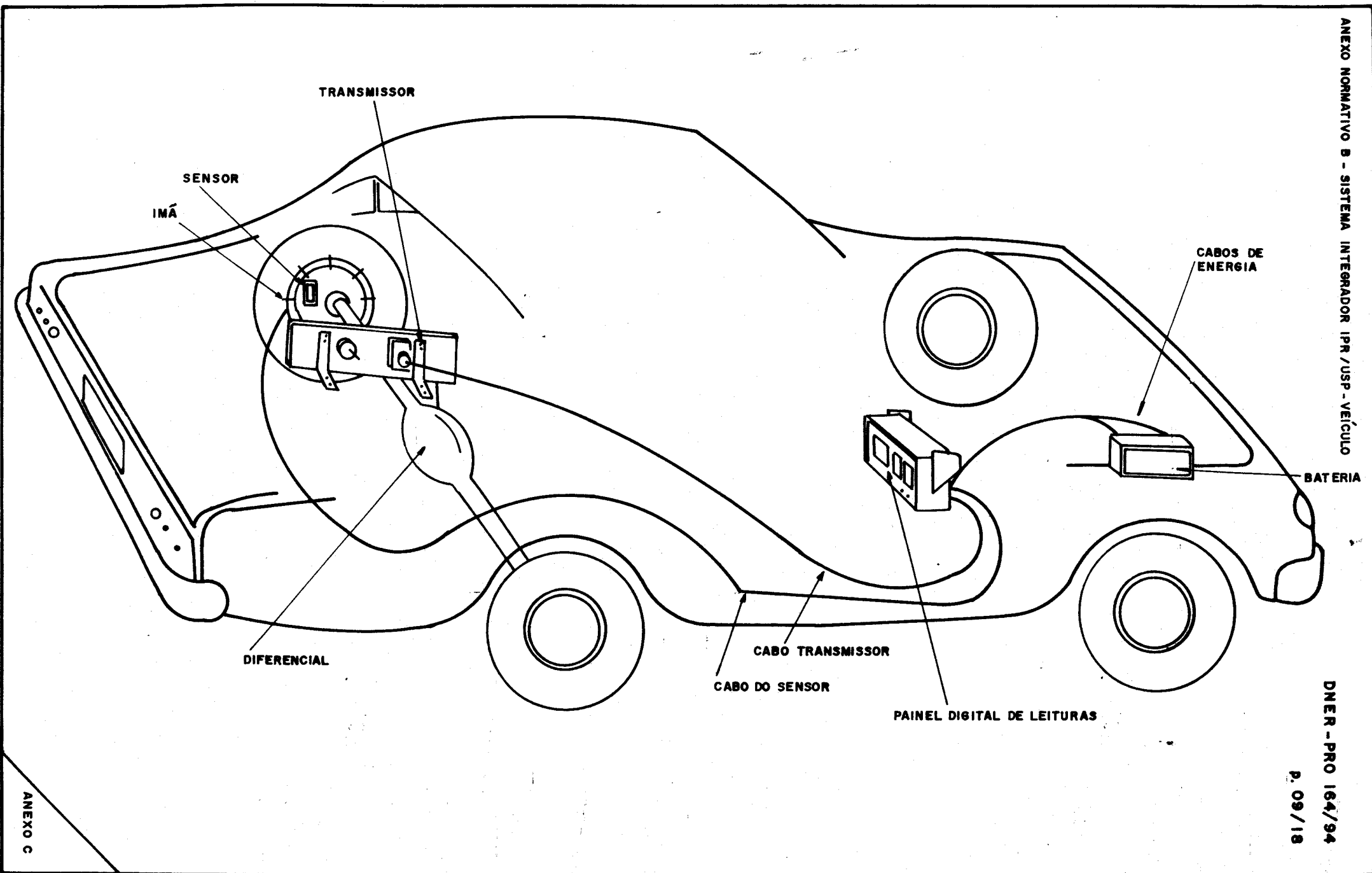
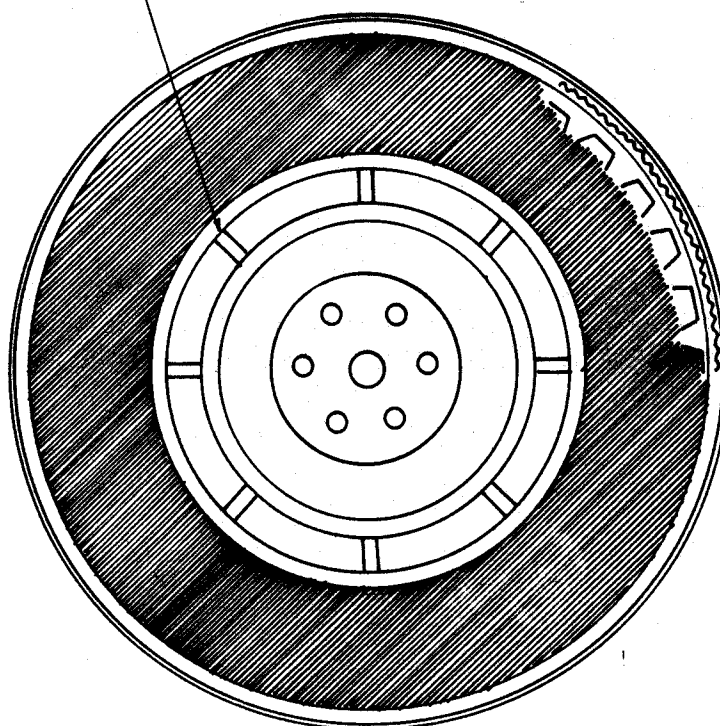


FIGURA 2 - QUANTIFICADOR DE IRREGULARIDADE



MAGNETOS (IMÃS)



ESTADO _____ SMI Nº: _____ DATA ____/____/____

TRECHO TESTE	LEITURAS					\bar{L}	V
	L1	L2	L3	L4	L5		

LIMITE SUP. DE CONTROLE

$V_{total} =$ _____

DA VARIAÇÃO = $2,11 \times \bar{V}$

$=$ _____

$\bar{V} = \frac{V_{total}}{N} =$ _____

LIMITES DE CONTROLE DA

MÉDIA = $\pm 0,58 \bar{V} =$ _____

ESTADO DF SMI Nº 0562 IPR DATA 19 / 12 / 79

TRECHO TESTE	LEITURAS					\bar{L}	V
	L1	L2	L3	L4	L5		
M-10	194	198	202	-	205	200	11
M-11	314	304	309	328	314	314	24
M-12	201	199	215	199	203	203	16
M-13	379	379	380	376	406	384	30
M-14	341	327	328	327	333	331	14
M-15	367	367	376	369	399	376	32
M-17	153	177	177	177	177	172	24
M-18	167	185	188	189	196	185	29
M-19	130	134	137	145	142	138	15
M-20	170	172	160	172	190	173	30
M-23	145	148	153	153	159	152	14
M-27	250	252	255	258	244	252	14
M-28	329	307	324	321	312	319	22
M-29	399	398	396	414	386	399	28
M-30	413	411	413	413	411	412	2
M-31	395	391	419	396	396	399	28
M-32	207	226	205	216	208	212	21
M-33	345	334	327	345	333	337	18
M-34	373	383	379	391	402	386	29
M-35	414	415	414	414	413	414	2
M-36	360	348	311	344	343	341	49
M-37	381	408	416	392	384	396	35
M-38	610	631	625	633	625	625	23

LIMITE SUP. DE CONTROLE

$$V_{\text{total}} = \underline{510,00}$$

DA VARIAÇÃO = $2,11 \times \bar{V}$

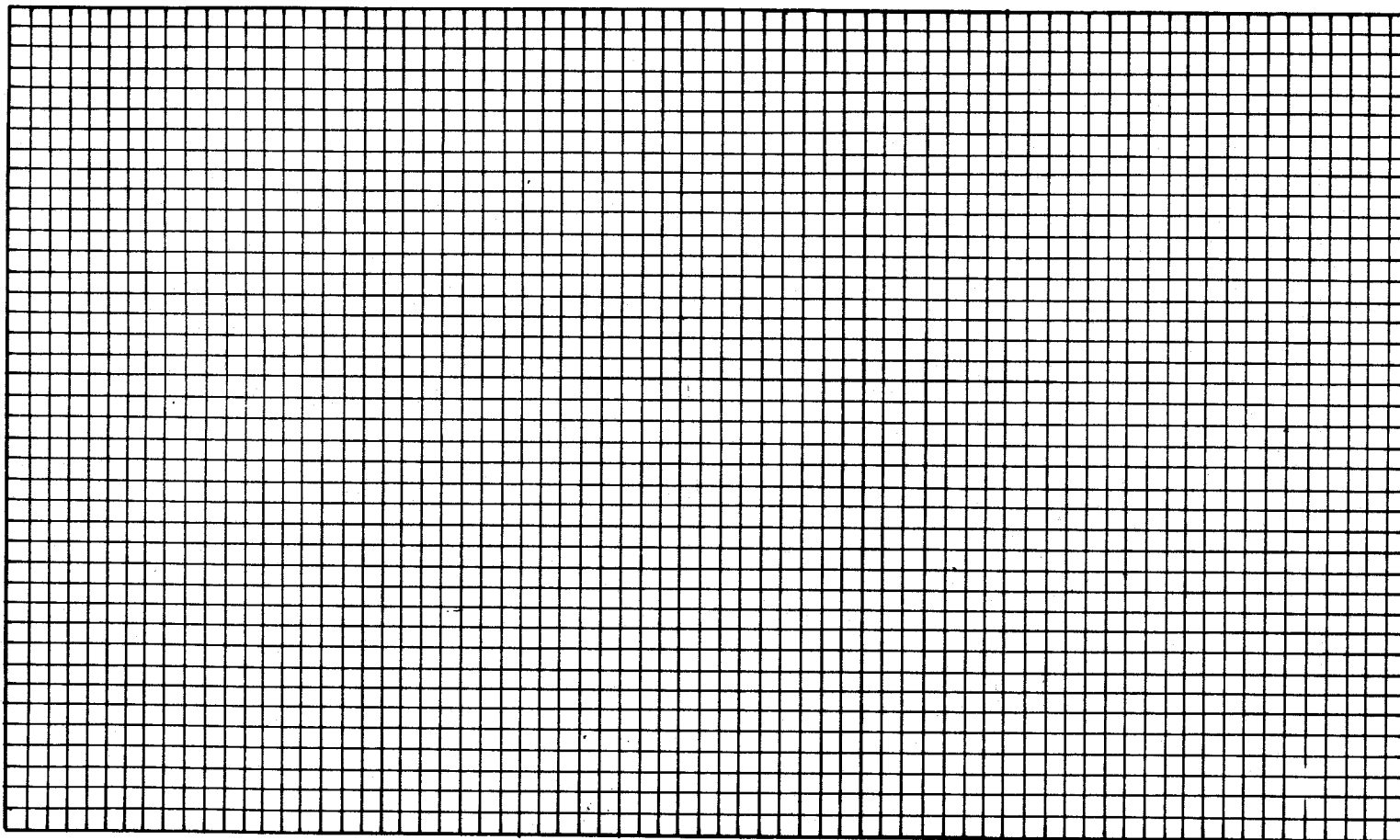
$$= \underline{46,78}$$

$$\bar{V} = \frac{V_{\text{total}}}{23} = \underline{22,17}$$

LIMITES DE CONTROLE DA

$$\text{MÉDIA} = \pm 0,58 \bar{V} = \underline{12,85}$$

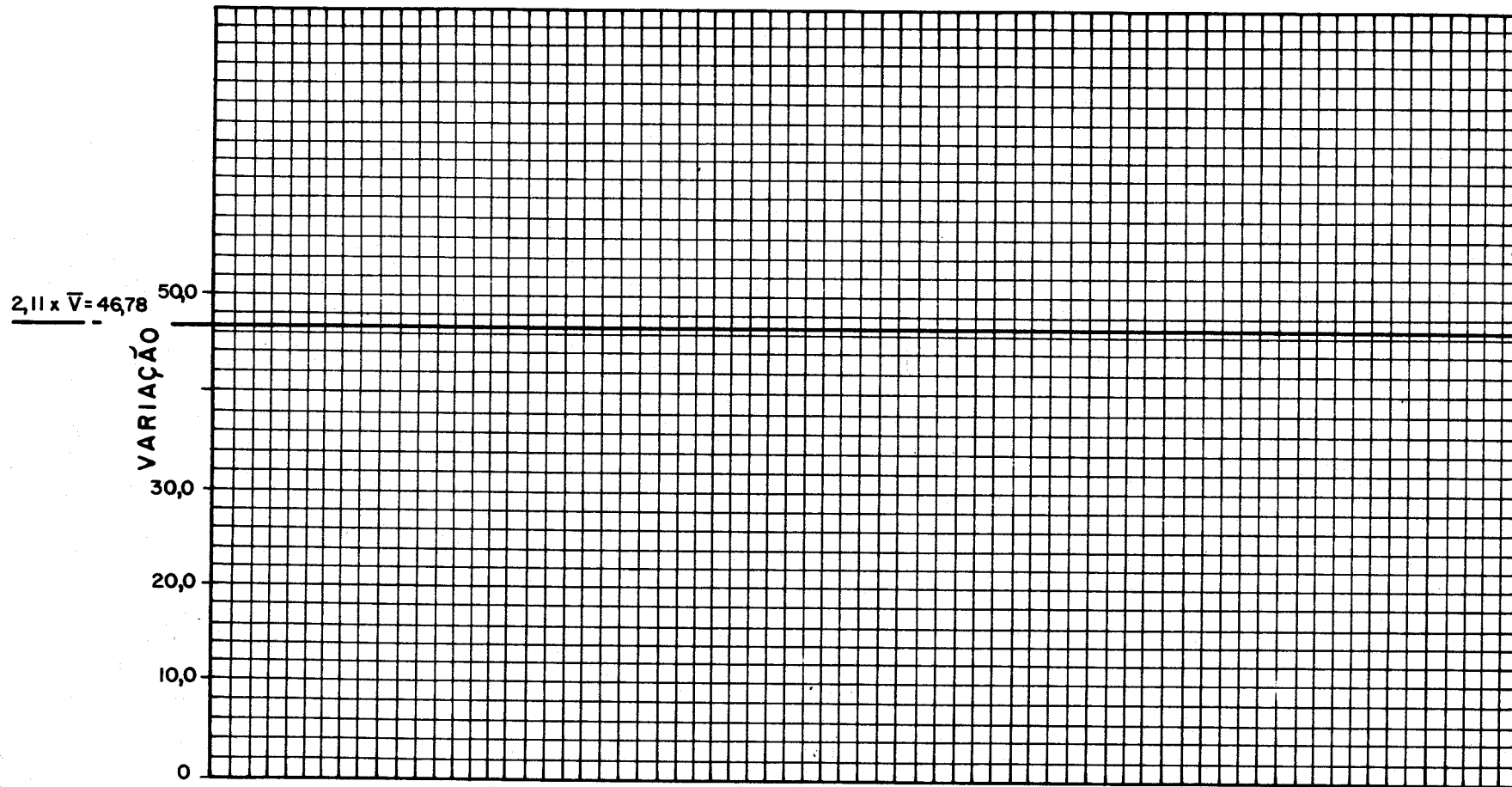
ESTADO _____ SMI Nº _____ DATA DA CALIBRAÇÃO ___ / ___ / ___



VARIÇÃO

DATA DO TESTE

ESTADO DF SMI Nº 0562 IPR DATA DA CALIBRAÇÃO 19 / 12 / 79

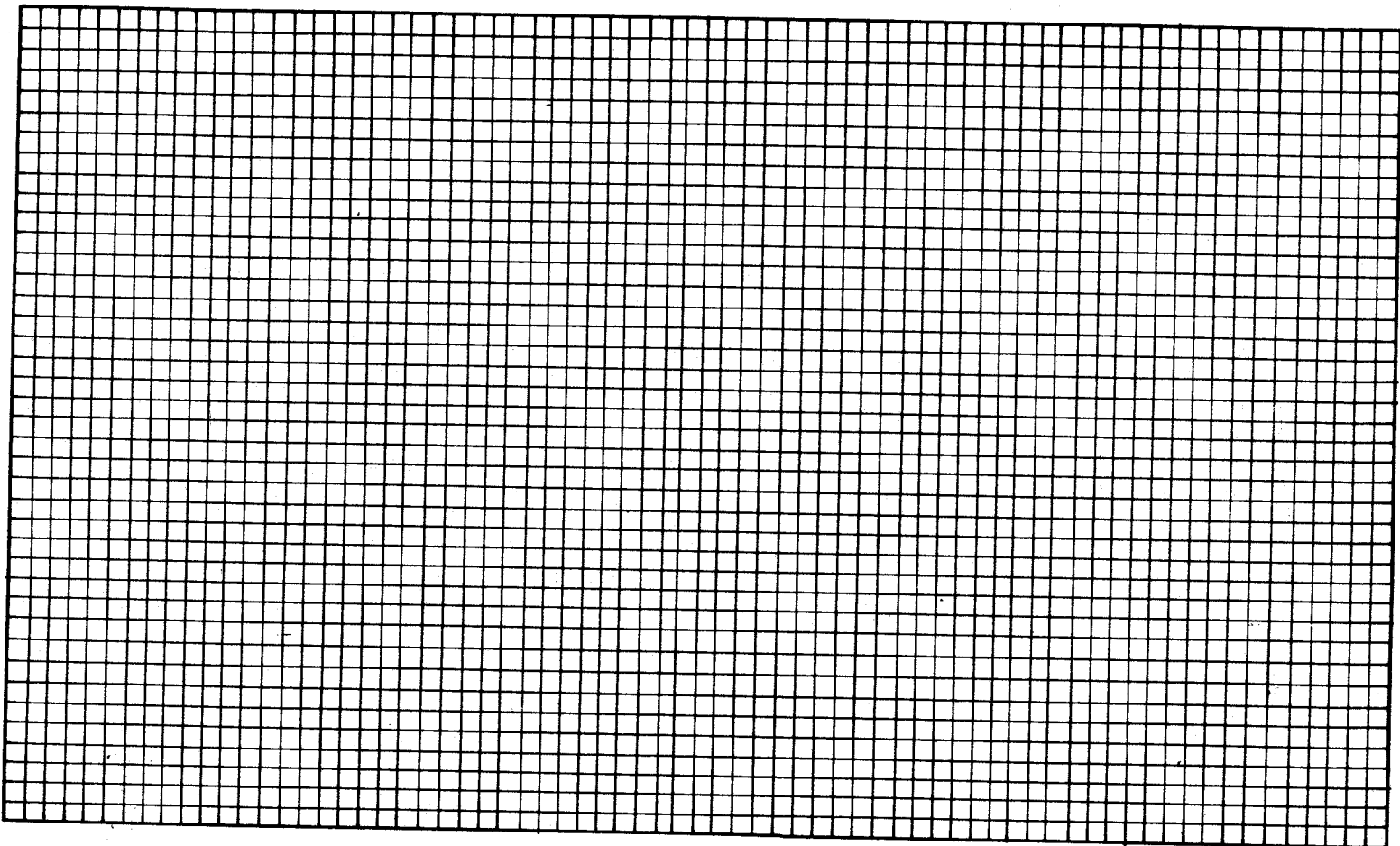


ESTADO _____ SMI Nº _____ DATA DA CALIBRAÇÃO ____/____/____

MÉDIA INICIAL

TRECHO TESTE	\bar{L}

\bar{L} INICIAL - \bar{L} TESTE

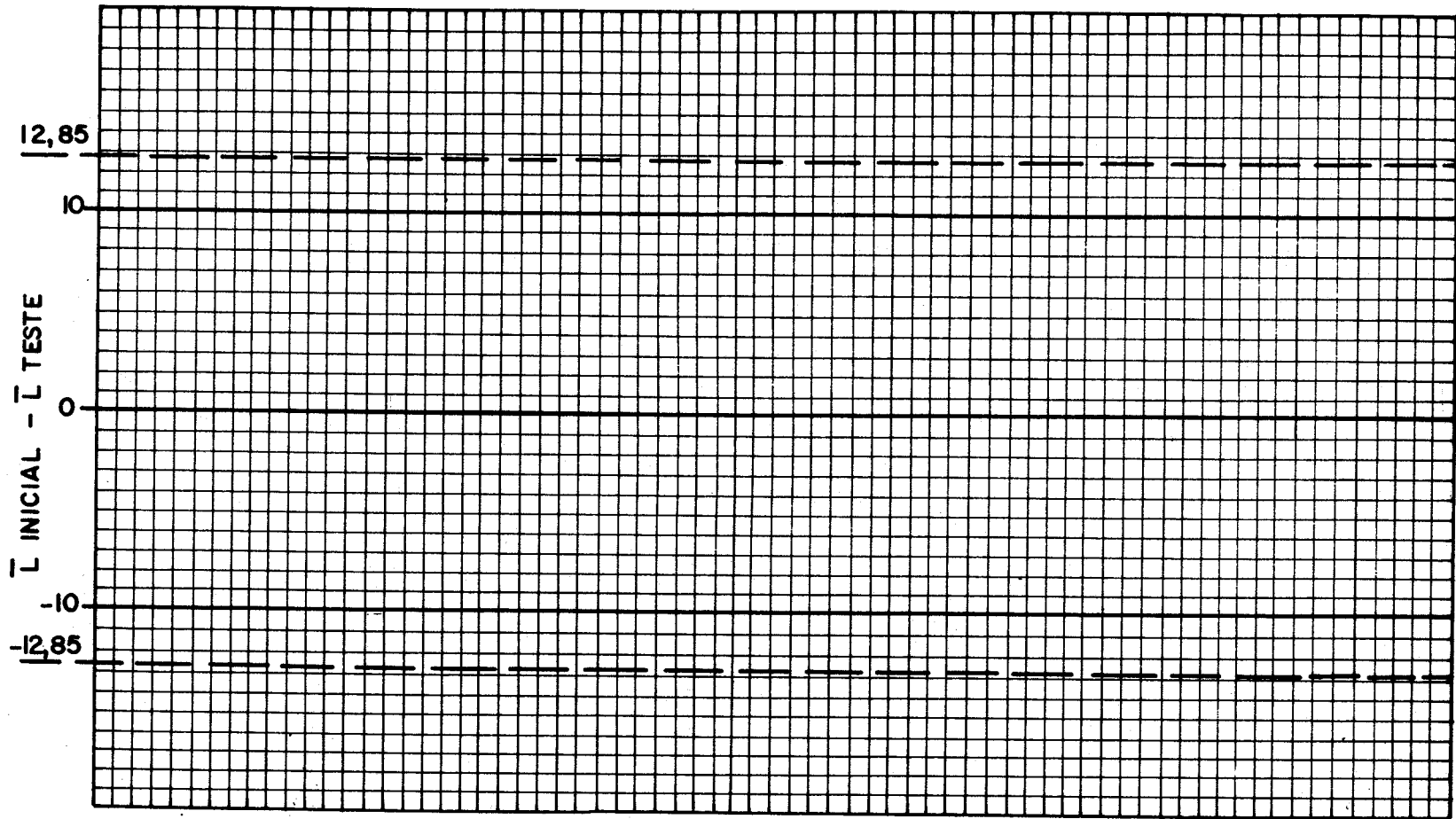


DATA DO TESTE

ESTADO DF SMI Nº 0562 IPR DATA DA CALIBRAÇÃO 19 / 12 / 79

MÉDIA INICIAL

TRECHO TESTE	\bar{L}
M-10	200
M-11	314
M-12	203
M-13	384
M-14	331
M-15	376
M-17	172
M-18	185
M-19	138
M-20	173
M-23	152
M-27	252
M-28	319
M-29	399
M-30	412
M-31	399
M-32	212
M-33	337
M-34	386
M-35	414
M-36	341
M-37	396
M-38	625



DATA DO TESTE

ESTADO _____ SMI Nº _____

DATA _____ OPERADOR _____ MOTORISTA _____

SEÇÃO _____

\bar{L} INICIAL _____

PERCURSOS LEITURAS LEITURAS LEITURAS LEITURAS LEITURAS

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

SOMA =

\bar{L} ATUAL = _____

Δ = _____

$\Delta\bar{L}$ = _____

\bar{L} ATUAL = $\frac{\text{SOMA DAS LEITURAS}}{5}$

$\Delta = L_{\text{MÁX}} - L_{\text{MIN}}$ { ENTRAR NO GRÁFICO DE CONTROLE DA VARIAÇÃO

$\Delta\bar{L} = \bar{L}$ INICIAL - \bar{L} ATUAL { ENTRAR NO GRÁFICO DE CONTROLE DA MÉDIA

ESTADO	DF		SMI Nº	0562 IPR	
DATA	06/01/80		OPERADOR	HENRIQUE	
			MOTORISTA	DIRCEU	
SEÇÃO	M-10	M-14	M-19	M-35	M-38
\bar{L} INICIAL	200	331	138	414	625
PERCURSOS	LEITURAS	LEITURAS	LEITURAS	LEITURAS	LEITURAS
1	191	352	115	437	635
2	203	331	123	436	621
3	217	347	137	413	609
4	209	333	119	450	497
5	192	316	112	399	618
SOMA =	1012	1679	606	2135	3080
\bar{L} ATUAL =	202	336	121	427	616
Δ =	26	36	25	51	36
$\Delta \bar{L}$ =	-2	-5	17	-13	9

$$\bar{L} \text{ ATUAL} = \frac{\text{SOMA DAS LEITURAS}}{5}$$

$$\Delta = L_{\text{MÁX}} - L_{\text{MÍN}}$$

ENTRAR NO GRÁFICO DE
CONTROLE DA VARIAÇÃO

$$\Delta \bar{L} = \bar{L} \text{ INICIAL} - \bar{L} \text{ ATUAL}$$

ENTRAR NO GRÁFICO DE
CONTROLE DA MÉDIA