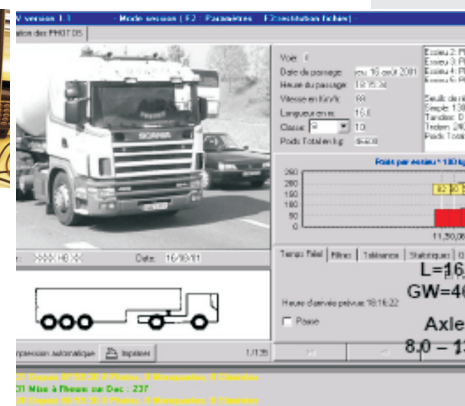


Relatório Síntese

Sistemas Multisensores de Pesagem em Movimento Instalados



Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento
Convênio TT 102/2007

Relatório Síntese
Sistemas Multisensores de Pesagem em Movimento Instalados
Novembro de 2009



Departamento Nacional de
Infra-Estrutura de Transportes



Laboratório de Transportes e Logística



NEP

Núcleo de Estudos de Pesagem

Convênio TT 102/2007 DNIT / UFSC
IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

FICHA TÉCNICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Luiz Antonio Pagot
Diretor Geral DNIT

Hideraldo Luiz Caron
Diretor de Infra-Estrutura Rodoviária

Luiz Cláudio dos Santos Varejão
Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

João Batista Berretta Neto
Coordenador de Operações

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL/DNIT/SC

João José dos Santos
Superintendente Regional de Santa Catarina

Edemar Martins
Supervisor de Operações

Fernando Faustino de Souza
Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Alvaro Toubes Prata
Reitor

Carlos Alberto Justo da Silva
Vice-Reitor

Edison da Rosa
Diretor do Centro Tecnológico

Antonio Edésio Jungles
Chefe do Departamento de Engenharia Civil

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS

Amir Mattar Valente, Dr.
Supervisor do Laboratório – LABTRANS/UFSC

NÚCLEO DE ESTUDOS DE PESAGEM

EQUIPE TÉCNICA

Valter Zanela Tani, Dr.

Flavio De Mori, Dr.

Márcio Roberto de Lima Paiva, Dr.

Fernando da Rocha Pantoja, PhD.

Gustavo Garcia Otto, M.Eng.

Hélio Goltsman, Engº. Eletrônico

EQUIPE DE APOIO

Daniel Moura Aragão, Administrador



SUMÁRIO

1	Introdução	4
2	Sistemas de Pesagem em Movimento com Múltiplos Sensores	6
2.1	Sistema de pesagem em movimento com sensores quartzo	6
2.2	Sistema de pesagem em movimento com sensores cerâmicos	12
2.3	Sistema de pesagem em movimento com sensores polímero	15
2.4	Sistema de Análise de Deformação	17
3	Considerações Finais	20
4	Ações de Continuidade	20

1 INTRODUÇÃO

O convênio firmado entre a UFSC e o DNIT tem por objetivo identificar Sistemas de Pesagem em Movimento adequados à realidade nacional, prevendo o alcance dos seguintes objetivos específicos: levantamento e avaliação de metodologias sobre Sistemas de Pesagem em Movimento existentes em outros países; levantamento e pré-avaliação dos equipamentos disponíveis para utilização nas pesagens; instalação dos equipamentos; realização de testes de campo com os equipamentos pré-definidos; avaliação dos dados obtidos; identificação do desempenho dos sistemas de pesagem em movimento, integração de dados para controle aduaneiro de cargas e proposição de legislação.

O objeto deste projeto é a realização de extensa pesquisa dos equipamentos existentes, através da instalação dos mesmos em diferentes configurações em locais que reflitam as condições das rodovias nacionais. Agrega-se a esta, a execução de testes com sensores existentes para medição de deflexão do pavimento.

O local para a realização dos experimentos de pesagem em movimento é composto por uma pista de rolamento (comprimento: 600m; largura: 3,6m), abrigo para proteção dos equipamentos, estacionamento para trailer e proteção para o tráfego por barreiras de concreto móveis. A Figura 1 apresenta o local de realização dos experimentos.



Figura 1 – Vista geral do local de instalação dos sensores de pesagem em movimento.

Este convênio com a Universidade Federal de Santa Catarina, possibilitou ao DNIT construir e equipar uma pista experimental conta com uma estrutura tecnológica que poderá vir a ser referência mundial em pesquisas de equipamentos de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores. A pista experimental de Araranguá é a única no mundo que estuda sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores com 16 sensores de três tecnologias diferentes, totalizando 48 sensores instalados em uma pista de testes pavimentada com concreto asfáltico. Os dados já coletados permitem verificar que os três sistemas são promissores no que diz respeito à sua utilização em sistemas de pré-seleção para pesagem em movimento a alta velocidade. Por outro lado, estudos mais aprofundados serão necessários para avaliar, de forma consistente, suas utilizações em pesagem em movimento para fiscalização e cobranças de taxas e multas. O sistema instalado de medição das deformações dinâmicas sobre o pavimento mostrou-se adequado e, a partir da coleta sistemática de dados, permitirá a proposição de um modelo para determinar a influência do sobrepeso na deterioração do pavimento.

A Figura 2 é uma simplificação esquemática dos conjuntos de sensores instalados na pista experimental. Obedecendo ao sentido do tráfego, o primeiro grupo é composto pelos sensores de deformação, também conhecidos como “Strain Gage”, o segundo grupo são os quarenta e oito (48) sensores de pesagem em movimento. Este se divide em dezesseis (16) sensores piezelétricos quartzo, Kistler (Suíça), dezesseis (16) sensores piezelétrico cerâmico, da ECM (França), e dezesseis (16) sensores BL polímero, Roadtrax (USA).

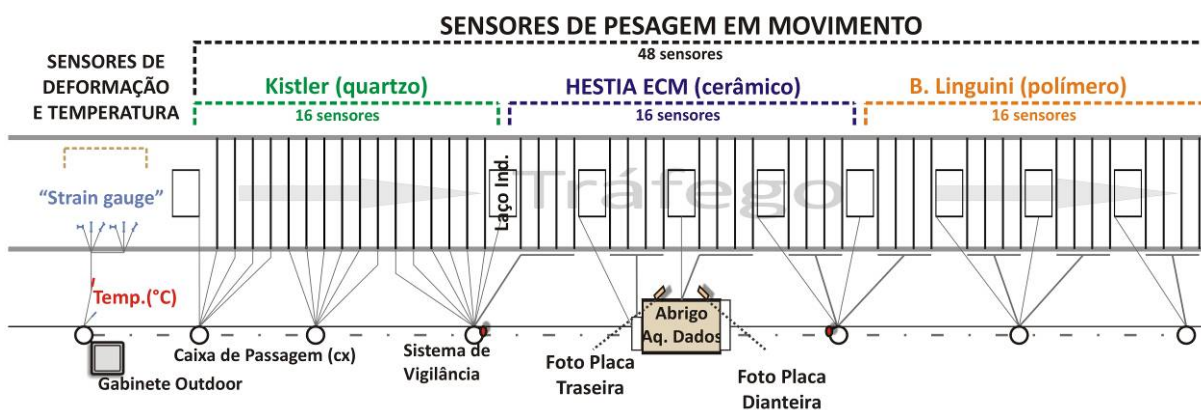


Figura 2 – Leiaute de instalação dos sensores e equipamentos.



2 SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO COM MÚLTIPLOS SENSORES

As três tecnologias de Pesagem em Movimento com Múltiplos Sensores instaladas na pista experimental de Araranguá são independentes quanto à aquisição e tratamento dos sinais coletados. Os sistemas trabalham em três blocos de equipamentos distintos, sendo duas estações ECM Hestia e um computador do tipo desktop (computador principal).

As estações Hestia são montadas, individualmente, em um bloco de hardware, que realiza a aquisição, o tratamento dos sinais e transmite os dados digitais para o computador responsável pelo controle de aquisição por o banco de dados (principal). O computador principal é responsável pela aquisição dos sinais gerados nos sensores de quartzo Kistler e, também, no armazenamento de toda a informação gerada pelos sistemas HESTIA.

Os dados são levantados durante a passagem de qualquer veículo. Esta informação é processada individualmente por cada sistema, que as identificada pela sua respectiva Data/Hora. Após o tratamento de sinais, as informações são encaminhadas, via rede interna, por cabos de conexão de rede ao computador que os armazena em um único banco de dados.

Durante a implantação e as fases de testes, foram identificadas as necessidades de ajustes nos sistemas de coleta e armazenamento de dados de todos os sistemas. Não foram medidos esforços para garantir o perfeito funcionamento dos sistemas instalados. O Técnico suíço da empresa Kistler, o Sr. David Cornu (Engenheiro Técnico) e franceses da empresa ECM, o Sr. Marc Nicolle (Diretor Técnico) e o Sr. Fabrice Petit (Engenheiro Técnico Comercial), fabricantes dos sistemas de pesagem em movimento, além da equipe técnica das suas representantes nacionais acompanharam e contribuíram nos ajustes e adequações dos sistemas instalados.

2.1 Sistema de pesagem em movimento com sensores quartzo

O sistema de pesagem, composto por sensores quartzo, é formado por dezesseis (16) linhas de sensores, onde cada linha corresponde a dois (2) sensores, um para



cada “roda” ou semi-eixo do veículo (o equivalente a roda direita ou esquerda), dois laços indutivos localizados antes e depois dos sensores ativam o sistema, dois amplificadores de sinais Kistler, de 60.000 pC (picoculomb) cada e duas placas de aquisição de dados da National Instruments de 16 canais, que transmitem o sinal analógico gerado nos sensores para o software de digitalização de dados.

O software de aquisição de sinais permite tratar os sinais digitais de cada sensor individualmente. Filtros e fatores de conversão, entre outras funções de tratamento de sinais são aplicados nas informações coletadas pelo sistema. A visualização dos dados relacionados ao veículo registrado é na tela principal do software de aquisição de sinais logo após sua passagem pelo conjunto de sensores.

A Figura 3 apresenta os equipamentos de aquisição e tratamento de sinais Kistler instalado. Os amplificadores de carga são as duas caixas azuis destacas no canto inferior esquerdo. As duas placas de aquisição de sinais da National Instruments e a CPU de tratamento e armazenamento de dados estão no canto inferior direito. Na parte superior o técnico da MCA, Sr. Diego, aplicando ajustes ao software de integração dos dados de todos os sistemas.



Figura 3 – Sistema de aquisição de sinais sensores Kistler.

A Figura 4 mostra o mosaico de imagens que exemplifica a aquisição de sinais e a apresentação dos dados em tela. O primeiro quadro, parte superior esquerdo, mostra o veículo passando sobre o as linhas de sensores, o quadro seguinte, a direita, mostra o momento em que o sistema registra a passagem veículo. A Figura 4 corresponde a tela do software de aquisição de dados, que registra o momento da passada do veículo e apresenta os seguintes dados: Data/Hora; classe e perfil do veículo; PBT (kg); foto da placa dianteira e traseira; sinal gráfico por sensor; distância entre eixos (m); massa média dos eixos (kg); gráfico da velocidade média (km/h); gráfico da massa média; desvio da velocidade; comprimento do veículo; número de eixos; e, por fim, o valor da velocidade média.



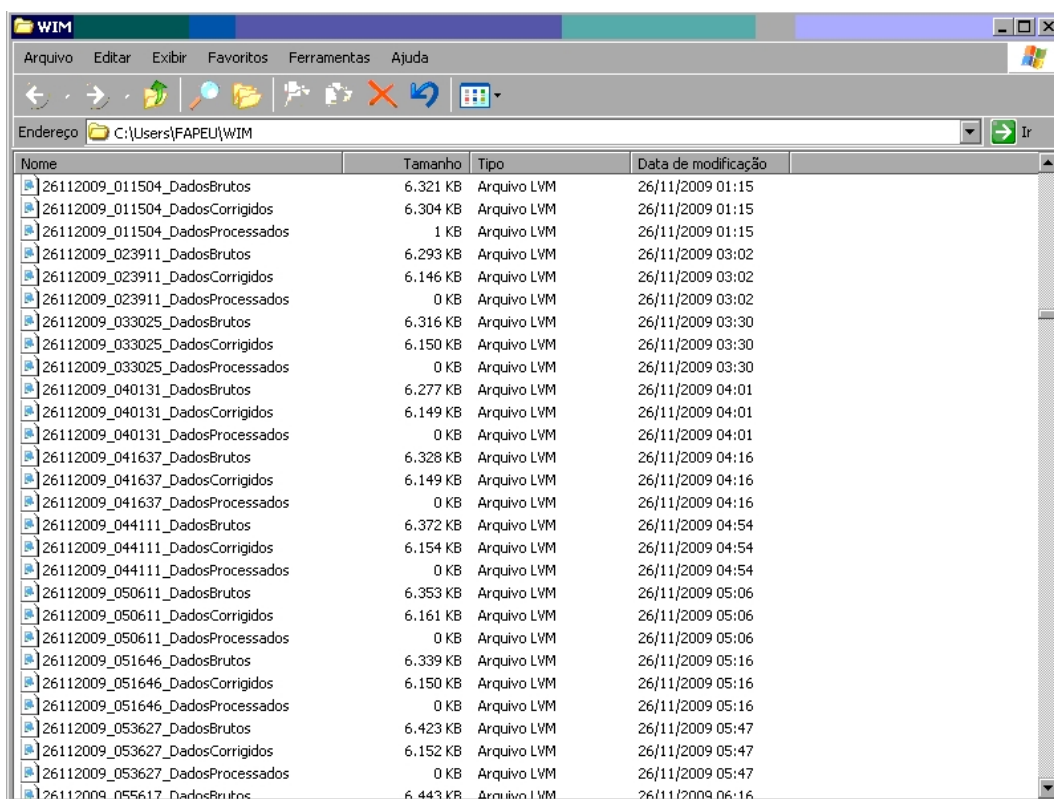
Figura 4 – Aquisição de sinais do sistema piezo-quartzo.

Os dados levantados são registrados de quatro formas distintas, as três primeiras são informações armazenadas em arquivos no formato LVM, um formato compatível com os leitores de texto padrão (tipo TXT), a quarta forma é um banco de dados localizado no computador principal. O primeiro arquivo, dos três, corresponde ao dado bruto de cada sinal, ou seja, sem tratamento de sinais e com valores em volts. O segundo armazena os dados corrigidos com unidade de valores de força em Newtons (N). O terceiro arquivo gerado é o dado processado, que corresponde ao peso calculado para cada eixo sobre cada sensor. Os três arquivos seguem o seguinte padrão de nomenclatura:

- ddmmaaaa_hhmmss_DadosBrutos.lvm;
- ddmmaaaa_hhmmss_DadosCorrigidos.lvm;
- ddmmaaaa_hhmmss_DadosProcessados.lvm.

Os arquivos são armazenados na pasta do sistema do computador de tratamento de sinais dos sensores Kistler e de integração de dados (computador principal). Na

Figura 5 mostra a pasta de armazenamento dos arquivos coletados com a lista de informações já coletadas.



Nome	Tamanho	Tipo	Data de modificação
26112009_011504_DadosBrutos	6.321 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 01:15
26112009_011504_DadosCorrigidos	6.304 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 01:15
26112009_011504_DadosProcessados	1 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 01:15
26112009_023911_DadosBrutos	6.293 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:02
26112009_023911_DadosCorrigidos	6.146 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:02
26112009_023911_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:02
26112009_033025_DadosBrutos	6.316 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:30
26112009_033025_DadosCorrigidos	6.150 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:30
26112009_033025_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 03:30
26112009_040131_DadosBrutos	6.277 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:01
26112009_040131_DadosCorrigidos	6.149 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:01
26112009_040131_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:01
26112009_041637_DadosBrutos	6.328 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:16
26112009_041637_DadosCorrigidos	6.149 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:16
26112009_041637_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:16
26112009_044111_DadosBrutos	6.372 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:54
26112009_044111_DadosCorrigidos	6.154 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:54
26112009_044111_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 04:54
26112009_050611_DadosBrutos	6.353 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:06
26112009_050611_DadosCorrigidos	6.161 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:06
26112009_050611_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:06
26112009_051646_DadosBrutos	6.339 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:16
26112009_051646_DadosCorrigidos	6.150 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:16
26112009_051646_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:16
26112009_053627_DadosBrutos	6.423 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:47
26112009_053627_DadosCorrigidos	6.152 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:47
26112009_053627_DadosProcessados	0 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 05:47
26112009_055617_DadosBrutos	6.443 KB	Arquivo LVM	26/11/2009 06:16

Figura 5 – Dados de leitura armazenados em arquivo LVM.

Os arquivos de dados brutos e dados corrigidos possuem uma máscara de estrutura semelhante, onde a primeira coluna representa o tempo de aquisição em segundos e as demais colunas representam os dados digitalizados para cada sensor. O arquivo com os dados processados apresentam os pesos calculados para cada eixo em cada linha de sensor, isto é, os dados de um eixo no arquivo correspondem à soma dos sinais registrados em cada sensor, ou roda. Neste arquivo as linhas representam aos dados por sensores e as colunas os dados por eixo do veículo.

A Figura 6 é uma amostra do conteúdo dos arquivos gerados. Na parte superior estão os dados brutos em Volts, em seguida, na janela do meio, os dados processados com valores em Newtons e por último os dados de peso (kg) por eixo. Nota-se que quanto mais eixos o veículo tiver, mais colunas o arquivo terá.



15102009_110234_DadosBrutos - Bloco de notas

ArquivoEditarFormatarExibirAjuda

X_value	voltage_0	voltage_1	voltage_2	voltage_3	voltage_4	voltage_5	voltage_6	voltage_7	voltage_0 1	voltage_1
0,000000	-0,012905	-0,014515	-0,011617	-0,013227	-0,012905	-0,011617	-0,013549	-0,011939	-0,011939	-0,009944
0,000200	-0,012261	-0,014837	-0,011617	-0,012905	-0,013227	-0,011295	-0,013227	-0,011617	-0,011617	-0,009944
0,000400	-0,011295	-0,014193	-0,011939	-0,014193	-0,012583	-0,010973	-0,014193	-0,011617	-0,011939	-0,008978
0,000600	-0,011939	-0,014515	-0,011295	-0,014193	-0,012261	-0,011939	-0,014193	-0,011939	-0,011939	-0,009622
0,000800	-0,012583	-0,013549	-0,011295	-0,014193	-0,012261	-0,011295	-0,012905	-0,011939	-0,011939	-0,009300
0,001000	-0,011939	-0,014837	-0,010973	-0,013871	-0,013227	-0,010329	-0,013227	-0,011617	-0,011617	-0,008978
0,001200	-0,012583	-0,014193	-0,010651	-0,013549	-0,012905	-0,011295	-0,013871	-0,012261	-0,012261	-0,009622
0,001400	-0,012583	-0,014837	-0,010973	-0,014193	-0,012261	-0,011939	-0,012583	-0,012261	-0,012261	-0,009622
0,001600	-0,011939	-0,014515	-0,011617	-0,013549	-0,013227	-0,011617	-0,013227	-0,011295	-0,011295	-0,009622
0,001800	-0,012261	-0,014837	-0,011617	-0,013549	-0,012905	-0,011295	-0,013227	-0,011295	-0,011295	-0,009622

15102009_110234_DadosCorrigidos - Bloco de notas

ArquivoEditarFormatarExibirAjuda

X_value	untitled	untitled 1	untitled 2	untitled 3	untitled 4	untitled 5	untitled 6	untitled 7	untitled 8	untitled 9
0,000000	-0,006655	-0,006430	-0,006572	-0,006339	-0,006702	-0,006440	-0,006677	-0,006547	-0,006520	-0,006520
0,000200	-0,006673	-0,006355	-0,006541	-0,006349	-0,006701	-0,006355	-0,006710	-0,006655	-0,006655	-0,006496
0,000400	-0,006685	-0,006304	-0,006579	-0,006355	-0,006760	-0,006327	-0,006733	-0,006697	-0,006697	-0,006480
0,000600	-0,006723	-0,006328	-0,006546	-0,006450	-0,006862	-0,006307	-0,006689	-0,006689	-0,006689	-0,006469
0,000800	-0,006810	-0,006345	-0,006463	-0,006544	-0,006931	-0,006234	-0,006598	-0,006645	-0,006645	-0,006492
0,001000	-0,006839	-0,006357	-0,006467	-0,006458	-0,006948	-0,006245	-0,006567	-0,006661	-0,006661	-0,006538
0,001200	-0,006828	-0,006335	-0,006529	-0,006339	-0,006928	-0,006282	-0,006606	-0,006581	-0,006581	-0,006569
0,001400	-0,006730	-0,006350	-0,006542	-0,006379	-0,006793	-0,006307	-0,006662	-0,006646	-0,006646	-0,006560
0,001600	-0,006632	-0,006390	-0,006490	-0,006466	-0,006671	-0,006355	-0,006760	-0,006679	-0,006679	-0,006553
0,001800	-0,006627	-0,006327	-0,006515	-0,006405	-0,006740	-0,006357	-0,006797	-0,006548	-0,006548	-0,006519
0,002000	-0,006654	-0,006285	-0,006562	-0,006303	-0,006879	-0,006298	-0,006762	-0,006595	-0,006595	-0,006343
0,002200	-0,006793	-0,006345	-0,006504	-0,006234	-0,006912	-0,006258	-0,006708	-0,006627	-0,006627	-0,006254
0,002400	-0,006919	-0,006387	-0,006435	-0,006248	-0,006904	-0,006261	-0,006612	-0,006678	-0,006678	-0,006285

15102009_110234_DadosProcessados - Bloco de notas

ArquivoEditarFormatarExibirAjuda

2845,486	3882,839	4322,034
2871,397	4266,199	4060,195
2620,235	4214,616	4217,161
2633,068	4085,173	4135,012
2740,398	4659,126	3832,540
2561,205	3993,213	4302,915
2660,446	4368,939	4284,475
2785,237	4475,435	3694,174
2528,141	3605,028	3999,138
2851,697	4089,879	4186,276
2618,711	4742,747	3956,752
2490,607	3917,111	3910,688
2815,409	4671,690	3482,433
2664,048	4181,014	3889,244
2751,225	3625,578	4700,531
2846,902	4332,262	4423,857

Figura 6 – Arquivos dados gerados.

Os sinais registrados dos dados brutos e corrigidos, armazenados em arquivos de texto, permitem construir a curva *Tempo (s) x Valor do Sinal* (volts e newtons respectivamente). Os picos registrados nos sinais permitem identificar o momento em que a roda passa sobre a área do sensor. A Figura 7 apresenta as duas curvas que exemplificam a forma do sinal bruto dos sensores 01 e 07. No eixo das abscissas está identificado o tempo em segundos, nos eixos das ordenadas estão os dados brutos em volts. Os picos de valores de sinais correspondem aos eixos do veículo, neste exemplo, um veículo do tipo 3C, o primeiro pico corresponde ao primeiro eixo, o segundo ao segundo eixo e assim sucessivamente.

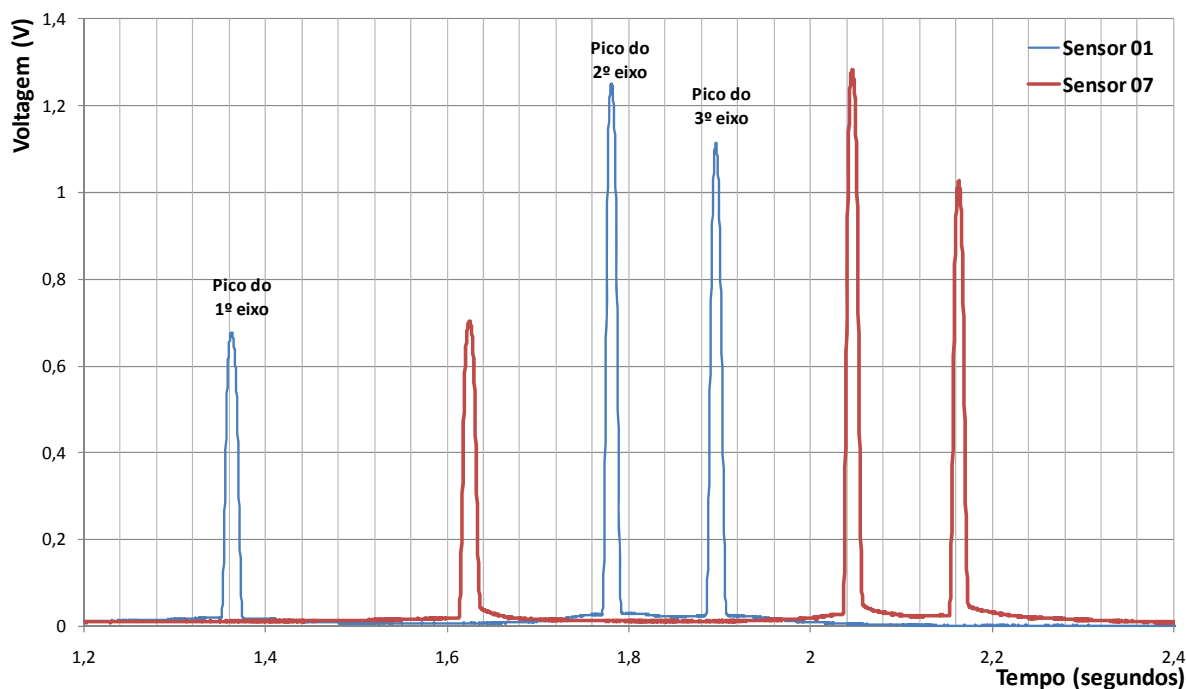
Exemplo de Sinal Registrado (Sensores 01 e 07)

Figura 7 – Exemplos de sinais coletados.

2.2 Sistema de pesagem em movimento com sensores cerâmicos

O sistema de pesagem em movimento, composto por sensores piezelétrico cerâmico, é formado por dezesseis (16) linhas de sensores. Em cada conjunto de quatro sensores existem dois laços indutivos, que controlam a aquisição de sinais informando a entrada e saída de cada veículo. Os sensores estão conectados em seu respectivo canal de entrada no sistema de aquisição e processamento de dados. A Figura 8 apresenta a estação de coleta e processamento de sinais.

Os sinais analógicos são processados na estação Hestia ECM, que está localizada no abrigo de aquisição de dados. O sistema é um computador do tipo industrial com oito (8) placas de aquisição de sinal e cada placa processa dois sensores simultaneamente. Os sinais gerados por este sistema não estão disponíveis em sua forma bruta, ou seja, sem tratamento. Os dados são apresentados somente na forma processada.

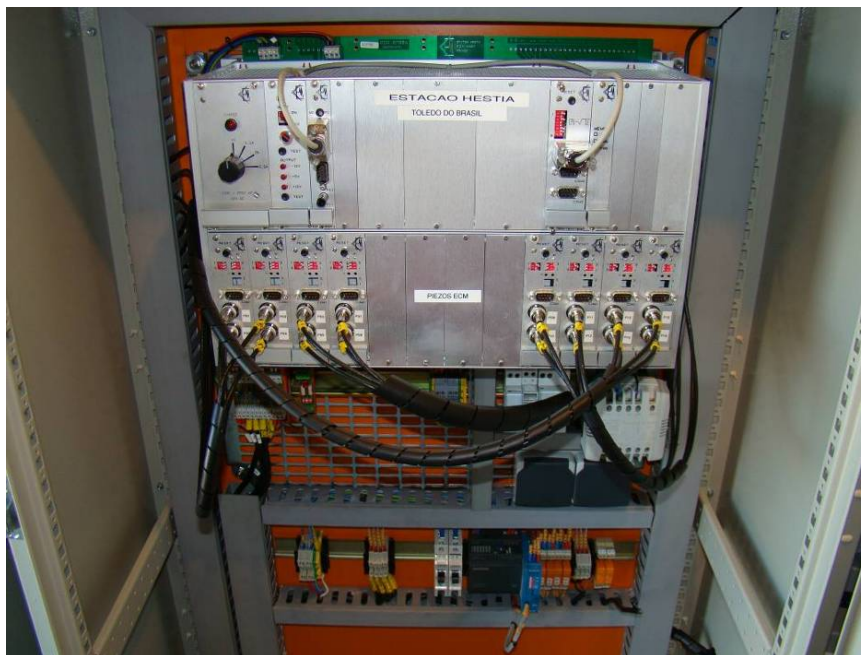


Figura 8 – Estação Hestia de aquisição e tratamento de sinais dos sensores cerâmico.

O dado processado é enviado, via conexão serial, ao computador de integração de dados, o mesmo que realiza o tratamento de sinais do sistema Kistler (principal). Os cabos de envio de sinal são, primeiramente, conectados a um “Databus” que então transmite os dados via rede. A Figura 9 apresenta o “Databus” de comunicação de ambas as estações de processamento Hestia.



Figura 9 – “Databus” de conexão entre estação Hestia e Computador principal.



Os dados são armazenados no banco de dados no computador principal em formato TXT. As informações são organizadas conforme o data/hora do sistema principal e mostram os dados de todos os sensores ECM cerâmicos, conforme o veículo passa sobre os mesmos. A Figura 10 apresenta os dados relativos a um caminhão classe 3C.

LN	VAL	SPEE	PRVVH/ms	CA	GR81	ESAL	VIO1	VIO2	NA	TOWT	WT1	WT2	WT3	WT4	WT5	WT6	WT7
!01,11,09	13:40:26!	00	0000	0032	00726410	06	00000021	0000	0000	0000	03	0143	0049	0052	0042		
											03	0159	0053	0058	0048		
											03	0600	0478	0122			
!01	0000	0033	00726411	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0121	0043	0041	0037			
										03	0087	0033	0029	0025			
										03	0606	0483	0123				
!02	0000	0033	00726627	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0157	0065	0051	0041			
										03	0139	0057	0048	0034			
										03	0602	0480	0122				
!03	0000	0033	00726626	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0129	0050	0047	0032			
										03	0134	0052	0047	0035			
										03	0612	0488	0124				
!04	0000	0032	00726830	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0101	0028	0039	0034			
										03	0073	0017	0030	0026			
										03	0586	0467	0119				
!05	0000	0034	00726834	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0058	0018	0021	0019			
										03	0081	0022	0034	0025			
										03	0608	0485	0123				
!07	0000	0034	00727021	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0079	0015	0033	0031			
										03	0057	0015	0020	0022			
										03	0592	0472	0120				
!06	0128	0034	00727036	06	00000021	0000	0000	0000	0000	03	0086	0023	0035	0028			
										02	0042	0023	0009	0010			
										03	0610	0487	0123				

Figura 10 – Dados processados e armazenados no computador principal.

Na linha superior do arquivo estão as informações sobre cada coluna de dados. As colunas mais importantes são: “Speed” correspondente a velocidade em km/h; “Towt” ao peso total; e de WT1 até WT7 os pesos dos eixos do veículo. As linhas representam as informações tratadas para dois sensores e apresenta o peso calculado para cada sensor, logo abaixo, na terceira linha, são apresentadas as informações da distância entre eixos.

!06	0128	0034	00727036	06	00000021	0000	0000	0000	03	PBT	E01	E02	E03
									03	0086	0023	0035	0028
									02	0042	0023	0009	0010
									03	<u>0610</u>	<u>0487</u>	<u>0123</u>	

Distância entre eixos (cm)

Os valores de Towt e WT não estão na escala direta de quilograma, para conversão basta aplicar um fator de 100. Por exemplo, o valor da primeira linha do peso total de 0143 corresponde a 14.300 quilogramas.

2.3 Sistema de pesagem em movimento com sensores polímero

O sistema de pesagem em movimento com sensores BL polímero é formado por dezesseis (16) linhas de sensores. A mesma lógica de instalação dos sensores cerâmica foi utilizada para instalação deste conjunto. Para cada conjunto de quatro sensores existem dois laços indutivos, que controlam a aquisição de sinais informando a entrada e saída do veículo. Os sensores estão conectados em cada canal de entrada do sistema de aquisição e processamento de dados. A Figura 11 apresenta a estação de coleta e processamento de sinais.



Figura 11 – Estação Hestia dos sensores BL polímero.

Conforme observado pela visita dos técnicos da empresa ECM (França), o Sr. Marc Nicolle e o Sr. Fabrice Petit, os sensores Linguinis possuem uma amplitude de sinal superior a configuração padrão das estações Hestia. Portanto, foi necessário instalar atenuadores de sinais nas entradas analógicas de cada canal. Estes atenuadores forçam o sinal do sensor a permanecer em uma escala adequada a aquisição e tratamento de sinais.



Figura 12 – Técnicos ECM e instalação de atenuadores de sinal.

A Figura 12 apresenta a instalação dos atenuadores e a visitados técnicos. A direita apresenta o momento da instalação dos atenuadores, no canto superior estão os senhores Marc (ECM), Márcio (NEP) e Cassiano (Toledo).

Os dados processados pela estação são transmitidos pelo “Databus”, o mesmo já apresentado nos sensores cerâmicos, ao computador principal. Este integra todos os dados dos sistemas de pesagem e os armazena em um banco de dados no formato TXT. As informações são organizadas conforme a data/hora do sistema principal, que os armazenam conforme o veículo passa.

Os dados são interpretados como apresentado no capítulo do sistema de pesagem em movimento cerâmico, em que cada agrupamento de linha representa os dados relativos a dois sensores. Neste agrupamento são apresentados os dados como peso total, peso por eixo, tipo de veículo e distância entre eixos.

A Figura 13 apresenta os dados relativos a um caminhão qualquer classe 3C. A correlação da informação com o peso por eixo é por um fator multiplicativo de 100, ou seja, a informação de 0130 para o primeiro Towt corresponde a 13.000 quilogramas.



LN	VAL	SPEE	PRVVH/ms	CA	GR81	ESAL	VIO1	VIO2	NA	TOWT	WT1	WT2	WT3	WT4	WT5	WT6	WT7
!01,11,09 11:03:26!																	
00	0000	0050	00032148	06	00000021	0000	0000	0000	03	0130	0036	0090	0004				
									03	0131	0032	0089	0010				
									03	0560	0425	0135					
!																	
01	0000	0050	00032148	06	00000021	0000	0000	0000	03	0121	0035	0072	0014				
									03	0099	0024	0072	0003				
									03	0561	0427	0134					
!																	
03	0128	0048	00032205	06	00000021	0000	0000	0000	02	0104	0021	0071	0012				
									03	0106	0027	0067	0012				
									03	0553	0420	0133					
!																	
02	0000	0048	00032205	06	00000021	0000	0000	0000	03	0179	0047	0113	0019				
									03	0103	0021	0075	0007				
									03	0553	0419	0134					
!																	
04	0128	0048	00032263	06	00000021	0000	0000	0000	02	0099	0025	0066	0008				
									03	0085	0022	0055	0008				
									03	0551	0418	0133					
!																	
05	0000	0049	00032263	06	00000021	0000	0000	0000	03	0144	0033	0098	0013				
									03	0163	0039	0117	0007				
									03	0560	0424	0136					
!																	
06	0000	0049	00032327	06	00000021	0000	0000	0000	03	0100	0024	0062	0014				
									03	0114	0028	0084	0002				
									03	0568	0431	0137					
!																	
07	0000	0048	00032326	06	00000021	0000	0000	0000	03	0135	0031	0097	0007				
									03	0126	0036	0080	0010				
									03	0559	0425	0134					

Figura 13 – Dados processados dos sensores BL polímero.

2.4 Sistema de Análise de Deformação

O sistema de análise de deformação de pavimento está instalado na pista, no trecho anterior aos sistemas de pesagem em movimento. É composto por sete sensores de deformação e um sensor de temperatura, conhecidos respectivamente como Strain Gage e Termopar. O sistema de deformação tem como referência o gabinete outdoor, que abriga o sistema de aquisição de sinais e armazenamento de dados. A Figura 14 apresenta os sensores instalados e o gabinete.

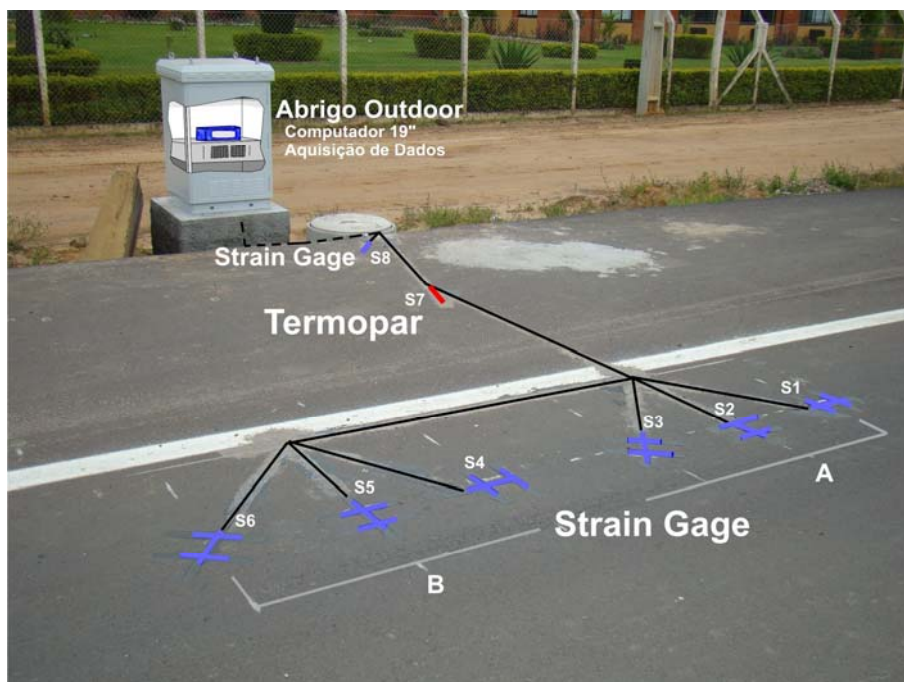


Figura 14 – Sistema de análise de deformação.

No gabinete estão instalados o computador de tratamento e armazenamento de dados e o sistema de aquisição de sinais.

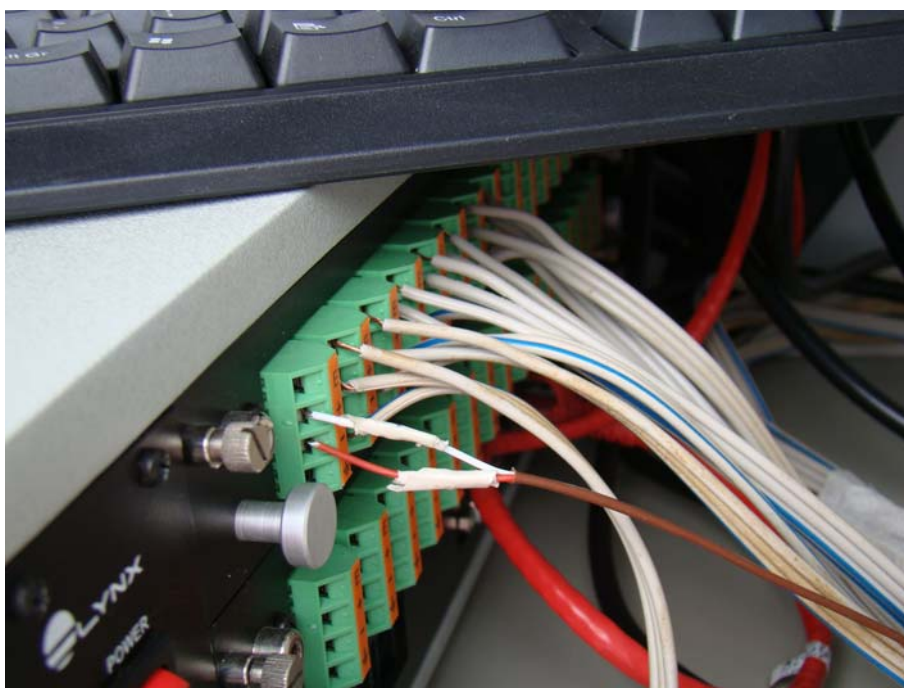


Figura 15 – Conexões de aquisição de sinais.

A Figura 15 apresenta a placa de coleta de dados do sistema de análise de deformação em pavimentos, os cabos brancos com listra azul correspondem aos sensores de deformação, o cabo marrom corresponde ao termopar do tipo J.

Os dados são armazenados no computador de tratamento de informações e são editados com o próprio software de análise de sinais da Lynx, o AqDAnalysis 7, onde são aplicados os filtros e ajustes.

Até o momento os resultados estão sem calibração, após esta etapa é possível aplicar os fatores de correção sobre os dados armazenados em teste já realizados. A Figura 16 apresenta o sinal obtido pela passagem de um veículo da classe 2C sobre os sensores longitudinais S1 e S4. Os valores no eixo das abscissas é o tempo medido em segundos, os valores do eixo das ordenadas são de referência com o valor de repouso do sensor. Como observado, a referência do sinal em repouso está na unidade 1, ou seja, o se excitação sobre o sensor. As variações desta unidade são proporcionais a deformação imposta. Esta resposta depende da temperatura do pavimento, da velocidade que o veículo trafega, posição relativa da roda em relação ao eixo do sensor e da carga.

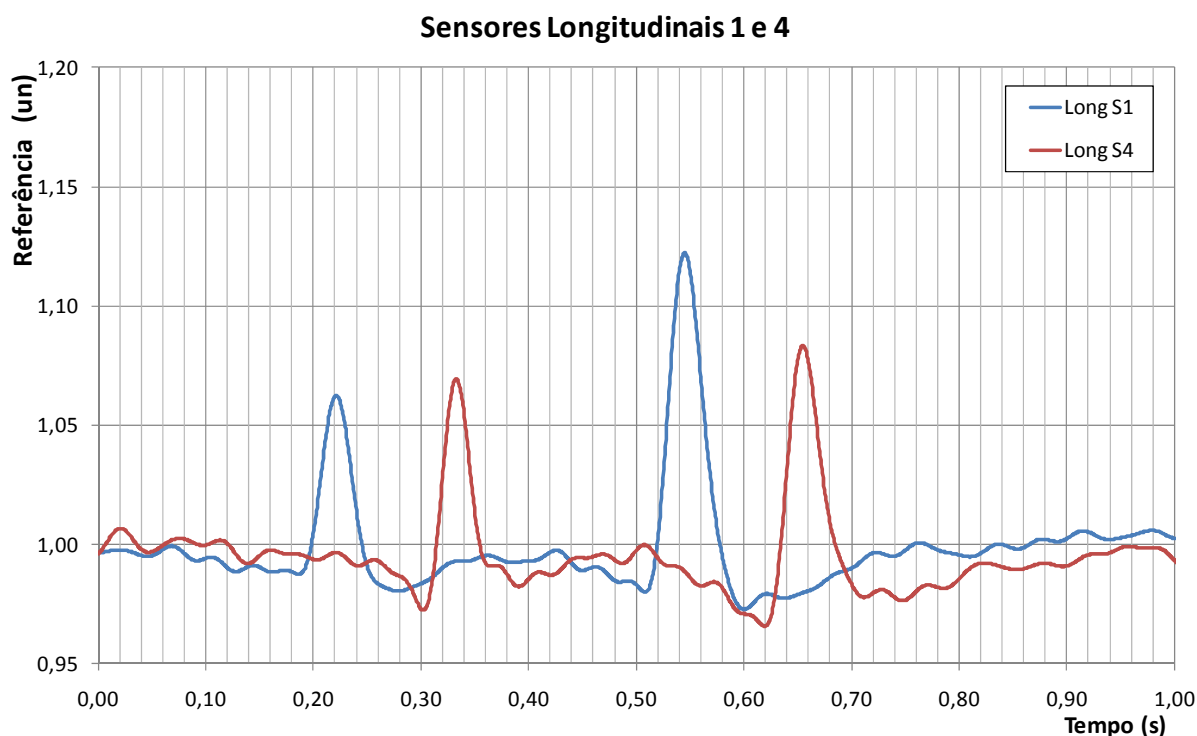


Figura 16 – Sinais dos sensores de deformação (Caminhão 2C).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As etapas realizadas, objeto do convênio TT102/2007 culminaram com a instalação e ajustes dos sistemas de pesagem com múltiplos sensores nos parâmetros de aquisição de sinais, tratamento e transmissão de dados. Os testes foram realizados com caminhões em condições controladas de velocidade, carga e pressão de insuflagem.

Os sistemas instalados fornecem dados de velocidade, peso por eixo, peso bruto, classificação dos veículos (número de eixos, distância entre eixos), data/hora do evento, força em Newton por roda, deformação do pavimento, temperatura, os quais são processados e armazenados em um banco de dados com informações integradas para cada veículo passante. Atualmente os sistemas instalados já permitem a aquisição de informações sobre os veículos que trafegam sobre a pista instrumentada de acesso ao posto de pesagem de Araranguá (pista experimental) necessitando ainda análises temporais para avaliar a repetibilidade e confiabilidade dos sistemas.

Os avaliações e testes realizados confirmam o potencial dos sistemas instalados como ferramenta de pré seleção de peso na velocidade diretriz da via e apontam para a necessidade de maiores estudos e análise de um conjunto maior de dados e informações para tornar-se uma ferramenta confiável de fiscalização e cobrança de multas e taxas. Ferramenta essa que irá permitir um controle mais efetivo sobre os usuários e melhorar o processo de controle das mercadorias transportadas na rede federal de rodovias.

4 AÇÕES DE CONTINUIDADE

A continuidade da pesquisa objeto do Convênio TT 102-2007 está prevista para ser realizada nos próximos 3 anos a partir de um novo plano de trabalho a ser firmado entre o DNIT e a UFSC. As ações de continuidade contemplam o desenvolvimento das metodologias para especificação e operação de Sistemas de Pesagem em Movimento com múltiplos sensores em velocidades de operação das rodovias, bem como a avaliação dos aspectos técnicos, operacionais e econômicos de sua



instalação e operação e a análise e avaliação de sua deterioração nas condições nacionais, no que tange à infraestrutura rodoviária e a legislação vigente.

Para que os resultados esperados sejam alcançados, elenca-se um conjunto de objetivos específicos norteados pelo acompanhamento, pela avaliação e pela consecução dos seguintes objetos:

- Avaliação operacional e econômica dos sistemas de pesagem instalados durante convênio TT 102-2007;
- Avaliação operacional e econômica dos sistemas de pesagem instalados durante convênio TT 102-2007;
- Desenvolvimento de uma metodologia para especificação de sistemas de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores;
- Desenvolvimento de metodologia para operação de sistema de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores;
- Desenvolvimento de metodologia para Identificação e análise da deterioração de pavimentos;
- Avaliação da deterioração do pavimento;
- Acompanhamento do planejamento, da operação e avaliação dos sistemas de pré-seleção com a utilização de múltiplos sensores em velocidade diretriz da via nos 157 Postos de Pesagem indicados pelo DNIT.

