

**TERMO DE REFERÊNCIA
SELEÇÃO PÚBLICA Nº 040/2021**

**COTAÇÃO PARA SERVIÇO DE AQUISIÇÃO, CALIBRAÇÃO, INSTALAÇÃO E
MONITORAÇÃO DE INSTRUMENTOS EM PAVIMENTOS FERROVIÁRIOS**

1- INTRODUÇÃO

A seguir apresenta-se o escopo do serviço previsto para a monitoração de pavimentos ferroviários. O foco principal é a medição das tensões e deformações mobilizadas ao longo do tempo, geradas pela passagem do trem e as ações climáticas.

Os serviços são referentes ao Projeto de Pesquisa “Aprimoramento e consolidação do método mecanístico-empírico de dimensionamento para pavimentos rodoviários flexíveis (MeDiNa) e estudos complementares com geossintéticos e drenagem para pavimentos ferroviários”. Este projeto é financiado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) por meio do Termo de Execução Descentralizada - 352/2020 TED /IPR/DPP/DNIT SEDE. A execução do projeto é liderada pela Universidade de Brasília (UnB).

Os trechos ferroviários são concedidos pela Concessionária RUMO, incluindo as obras civis que se fizerem necessárias. A localização dos trechos tem como referência o município de Itu, situado no Estado de São Paulo, Itu/SP.

2- OBJETIVO GERAL

A cotação específica para a aquisição de instrumentos, que atendam as especificações mínimas, e as posteriores calibração, instalação e monitoração. Os serviços de obra civil serão realizados pela Concessionária da Ferrovia, portanto, não fazem parte da presente proposta.

Para monitoração, naturalmente, é previsto que seja montado um sistema de aquisição de dados, para cada trecho ferroviário, instalado em um painel devidamente projetado e construído (ligações e data loggers) para alimentar e receber os dados dos instrumentos na taxa de leitura mínima desejada.

A monitoração será feita na fase de construção dos trechos e após a finalização das obras, quando da liberação do tráfego ferroviário. Para que haja a continuidade da monitoração, deverá ser oferecido um curso de treinamento/capacitação para que as equipes da concessionária RUMO, Universidade de Brasília (UnB) e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) possam realizar as leituras, processar

e tratar os dados, bem como, dar manutenção no sistema. Para tanto, também é prevista carga horária relativa à assistência técnica, sendo on-line e por visitas técnicas, após alguns meses do início da monitoração (item 3.8).

A Figura 1 apresenta o fluxograma esquemático das atividades necessárias para a elaboração do trabalho.

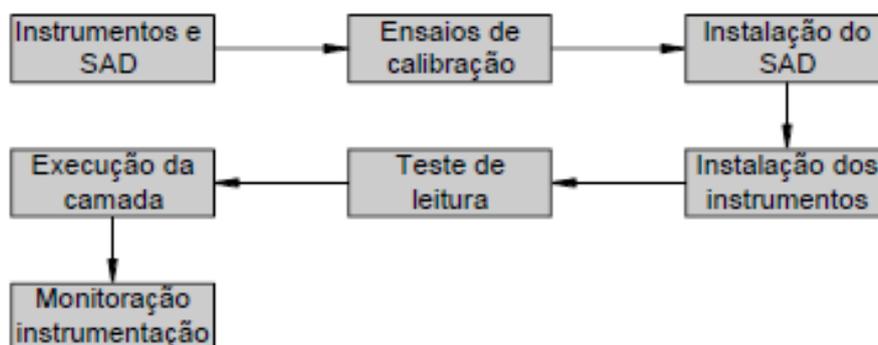


Figura 1 - Fluxograma de atividades da instrumentação e monitoração dos trechos experimentais (Silva *et al.*, 2019).

3- ESCOPO DOS SERVIÇOS

A seguir apresentam-se os detalhes de cada item do trabalho: (1) Especificação dos Equipamentos, Instrumentos e Acessórios; (2) Projeto e Construção do Sistema de Aquisição de Dados (SAD); (3) Aquisição de Equipamentos, Instrumentos e Acessórios; (4) Calibração dos Instrumentos no SAD; (5) Instalação dos Instrumentos em Campo; (6) Monitoração; (7) Curso de Treinamento / Capacitação Técnica; e (8) Assistência Técnica.

Os instrumentos serão instalados em 6 trechos de pavimento ferroviário. Em 4 trechos haverá uma instrumentação completa, sendo composta por células de tensão total (CTT), *strain gages*, umidostatos, termopares e tensiômetros. Estes 4 trechos se diferem pela presença ou não de geossintético:

- TR-01: trecho de pavimento ferroviário convencional, provavelmente executado em pátio;
- TR-02: trecho de pavimento ferroviário convencional acrescido de geogrelha, provavelmente executado em pátio, na mesma linha que o TR-01, mas com distância da ordem de 50m;
- TR-03: trecho de pavimento ferroviário convencional acrescido de geocélula, provavelmente executado em pátio, na mesma linha que o TR-01 e TR-02, mas com distância da ordem de 50m do TR-02;

Obs: ressalta-se que a execução do trecho, incluindo os materiais de construção (nesse sentido, também os geossintéticos), serão de responsabilidade de outros (Rumo e possíveis parceiros).

- TR-06: zona de transição de ponte com pavimento ferroviário convencional. Este não será executado na mesma linha dos TR-01 a TR-03. Será próximo a cabeceira de ponte ainda a ser definida.

Os dois últimos trechos serão instalados apenas tensiômetros, umidostatos e termopares. Estes dois trechos se diferem pela presença de geotêxtil com diferentes gramaturas.

- TR-05: trecho de pavimento ferroviário convencional acrescido de geotêxtil de gramatura “A” (a ser definida), provavelmente executado em pátio, na mesma linha que o TR-01 a TR-03, mas com distância da ordem de 50m do TR-03;

- TR-06: trecho de pavimento ferroviário convencional acrescido de geotêxtil de gramatura “B” (a ser definida), provavelmente executado em pátio, na mesma linha que o TR-01 a TR-03, mas com distância da ordem de 50m do TR-03;

Na Figura 2, apresenta-se a sequência dos trechos TR-01, TR-02, TR-03, TR-05 e TR-06, a serem executados na mesma linha, em pátio ferroviário.

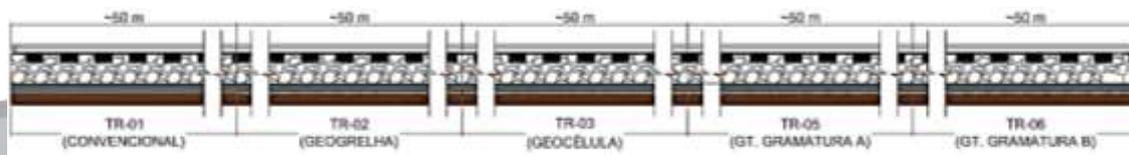


Figura 2 – Sequência dos trechos a serem executados.

3.1- Especificação dos Equipamentos, Instrumentos e Acessórios

Para o projeto é previsto a monitoração do pavimento ferroviário *in situ* das seguintes informações: (i) tensões; (ii) deformações; (iii) umidade; (iv) temperatura; (v) tensão da água no solo (sucção); e (vi) recalques e deflexões. Em complemento é previsto um pluviômetro e medidor de temperatura ambiente.

3.1.1- Células de Tensão Total CTT

As células de tensão total (CTT) devem previstas para suportar as solicitações cíclicas atuantes no sublastro e no subleito, devidas às ações do tráfego ferroviário e climáticas e, principalmente, ao processo executivo (por exemplo, compactação pode levar a tensões superiores àquelas de operação do tráfego).

A relação entre diâmetro (d) e espessura (e) da célula deve ser garantida para amenizar efeito de arqueamento, oriundo das diferenças de rigidez entre o meio (sublastro e subleito) e a CTT ($d/e \geq 2,5$).

É importante mencionar que interessam as medições das tensões horizontais e verticais. Para a tensão horizontal, a CTT (posição vertical) não poderá ter diâmetro superior a 10 cm, para ser possível a instalação da mesma em camadas com espessuras da ordem de 15 a 30 cm, como é o caso do sublastro. Para a medição da tensão vertical, a CTT será colocada na posição horizontal, destacando que há liberdade para a escolha do diâmetro.

Para cada trecho TR-01 a TR-04 são previstas:

- 5 (cinco) CTT na posição horizontal para medir tensão vertical, instaladas no sublastro e no subleito, totalizando 20 CTTs.
- 4 (quatro) CTT na posição vertical para medir tensão horizontal, instaladas no sublastro e subleito. Estas têm limitação no diâmetro (máximo de 10 cm), respeitando a relação entre diâmetro e espessura para evitar concentração de tensões (efeito de arqueamento), totalizando 16 CTTs.

Na Figura 3 apresentam-se fotos e especificações da CTT instalada por Silva *et al.* (2019) em pavimento rodoviário. O autor ressalta que o item de maior impacto nas especificações das CTTs foram as tensões que seriam mobilizadas pela ação do equipamento de compactação vibratório durante a construção das camadas do pavimento rodoviário. No presente estudo deve-se levar em consideração as fases de construção do pavimento ferroviário e operação (tráfego de trem). Em relação aos pavimentos ferroviários, análises de tensão-deformação considerando a ação do tráfego da composição do trem, revelam valores relativamente baixos ocorrendo na camada de lastro, sendo da ordem de 100kPa. Por isso, da mesma forma que para pavimentos rodoviários, deve-se atentar para as tensões e deformações mobilizadas durante o período executivo para construção da linha férrea.



Figura 3 – Células de tensão total (CTT): foto e especificações referentes à monitoração de pavimento rodoviário realizado por Silva *et al.* (2019).

3.1.2- Strain Gages

Os *strain gages* devem ser para suportar as solicitações cíclicas atuantes no sublastro e no subleito, devidas às ações do tráfego ferroviário e climáticas e, principalmente, ao processo executivo (por exemplo, compactação pode levar a tensões superiores àquelas de operação do tráfego).

Os *strain gages*, que podem ser instalados em diferentes tipos de materiais, deve-se considerar o meio no qual estarão inseridos (camadas de sublastro e subleito), buscando amenizar a diferença de rigidez entre o elemento instrumentado com *strain gages* e a camada. Nesse sentido, materiais mais dúcteis podem ser interessantes.

Os *strain gages* devem ser instalados nos elementos com configuração para não haver influência de outros esforços nos resultados das deformações. A princípio, foi idealizado a ligação em ponte completa (ponte de *Wheatstone*), ou seja, 4 *strain gages*, sendo estes compatíveis com a seção do elemento instrumentado, o material em que serão colados e o limite de deformação que serão impostos pelo carregamento.

Os elementos instrumentados com *strain gages* serão instalados no pavimento na posição horizontal, em duas direções. Interessam as deformações na direção do tráfego (longitudinal) e na direção perpendicular ao tráfego (transversal).

Para cada trecho TR-01 a TR-04 são previstos:

- 6 (seis) elementos instrumentados com *strain gages* no sentido do tráfego, totalizando 24 (Vinte e quatro) elementos instrumentados com *strain gages*.

- 6 (seis) elementos instrumentados com *strain gages* no sentido perpendicular ao tráfego, totalizando 24 (Vinte e quatro) elementos instrumentados com *strain gages*.

Na prática, os elementos instrumentados com *strain gages* não se diferem em função da forma como serão posicionados no pavimento. Assim, tem-se um total de 48 (Quarenta e oito) *strain gages*.

Nas Figuras 4 e 5 apresentam-se algumas possibilidades de elementos instrumentados com *strain gages* utilizados em monitoração de pavimentos rodoviários e ferroviários. Note que, cada um dos elementos instrumentados apresenta diferentes materiais e tipos de *strain gages*.

Os *strain gages* instalados nos elementos deverão funcionar selados contra umidade, protegido contra a temperatura e impacto de esmagamento.



Figura 4 – Exemplo de *strain gage* para imersão em concreto (revestimento acrílico), incorporado a molde em resina acrílica. Solução aplicada por Fernandes (2005) em pavimento ferroviário.

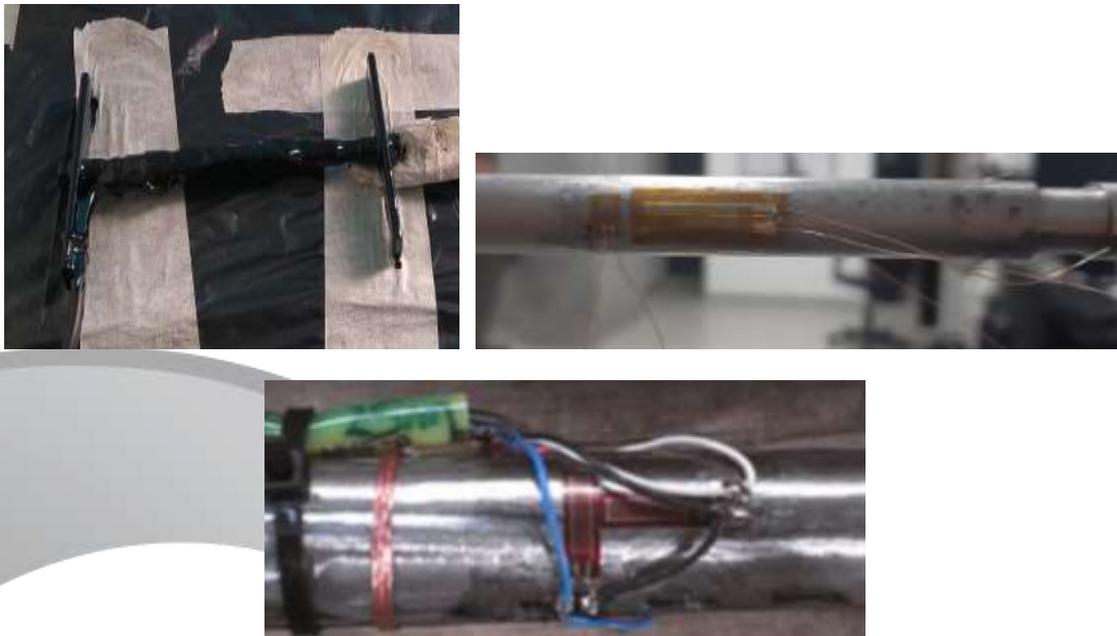


Figura 5 – Exemplo de elemento instrumentado com *strain gages* (Silva *et al.*, 2019). A técnica é baseada na instrumentação de barras de aço com *strain gages* montado em ponte completa (Silva e Ehrlich, 2010).

3.1.3- Umidostatos

A variação do teor de água nas camadas de solo e granulares exerce um papel importante no desempenho mecânico dos pavimentos. Os sensores de umidade, ou umidostatos, serão instalados para medição da umidade nas camadas de subleito e sub-lastro.

São previstos 4 (Quatro) umidostatos por trecho TR-05 e TR-04 (Oito umidostatos), sendo 2 (Dois) em cada camada (sublastro e subleito). Nos TR-01 a TR-04, serão 2 (Dois) umidostatos por trecho (oito umidostatos). Os medidores de umidade serão instalados em todos os trechos, TR-01 a TR-06, totalizando 16 (Dezesseis) umidostatos.

Para fins de exemplificação, a Figura 6 mostra um sensor de umidade utilizado em pavimento por Silva *et al.* (2019) e suas especificações.



Item	Technical Specification
Range	0-100% (m ³ /m ³)
Accuracy	±3%FS
Output Signal	4-20mA ,0-5V,RS485 optional
Measuring frequency	100Mhz
Response Time	<1s
Supply	5V,12-24VDC
Effective measurement area	With the center of the probe diameter is 60mm, high 100mm cylinder
Housing	ABS
Dimensions	Housing: 80*50*20mm, 3 probe: Φ3,4*74mm
Operating Temperature	-30°C +85°C
Ingress Protection	IP68
Storage	10-60°C @20%-90%RH
Probe material	316L stainless steel

Figura 6 - Umidostato utilizado em pavimento e especificação (Silva *et al.*, 2019).

3.1.4- Termopares

Termopar é um tipo de sensor de temperatura muito simples, robusto, barato e de fácil utilização. O dispositivo gera eletricidade a partir de diferenças de temperatura. Dois fios condutores de eletricidade, como exemplo, o ferro e uma liga de cobre níquel

chamada constantan, quando unidos em uma de suas extremidades, geram tensões elétricas que podem ser medida, caso haja diferença de temperatura entre elas.

São previstos 4 (Quatro) termopares por trecho, sendo 2 em cada camada (sublastro e subleito). Os medidores de temperatura serão instalados em todos os trechos, TR-01 a TR-06, totalizando 24 (Vinte e quatro) termopares.

Existem vários tipos de termopares. Os mais conhecidos são do Tipo B, Tipo N, Tipo R, Tipo S, Tipo K, Tipo E, Tipo J e Tipo T, em que suas faixas de trabalho são apresentadas na Figura 7. O DNIT (2008) recomenda a utilização de termopares do tipo J, os quais apresentam faixa de utilização, com temperatura compreendida entre de -210°C a 760°C . Ressalta-se que o modelo e, conseqüentemente, a faixa de utilização do termopar deve ser escolhida de acordo com as temperaturas esperadas no pavimento ferroviário.

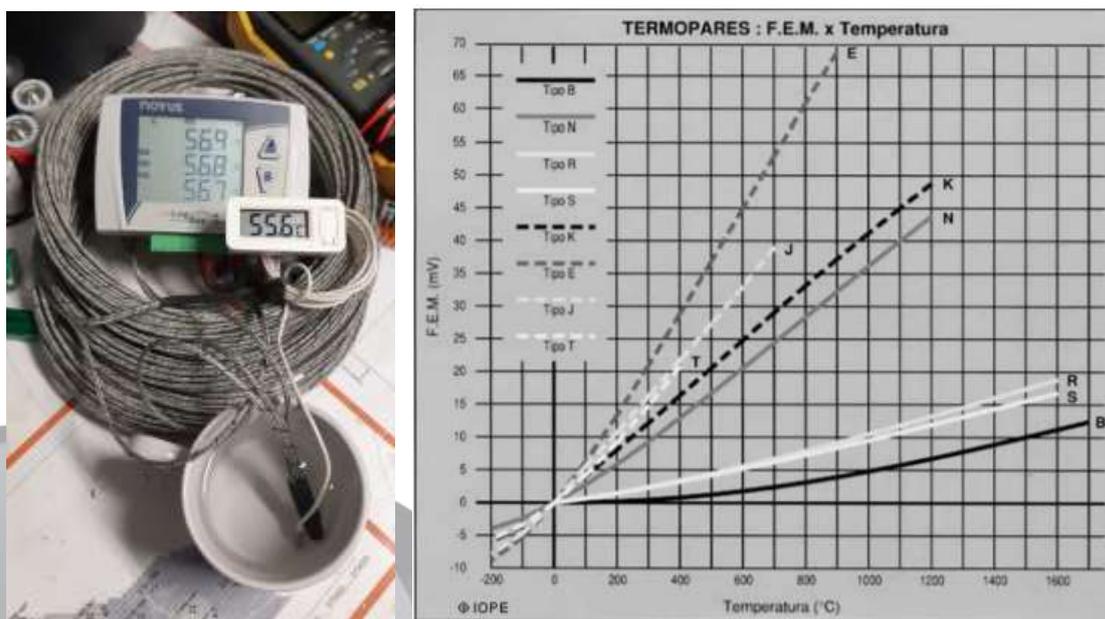


Figura 7 – Detalhe do sensor de temperatura do tipo J aplicado em camada asfáltica de pavimento rodoviário (Silva *et al.*, 2019). Intervalos de temperatura dos termopares existentes. Fonte: IOPE.

Na monitoração das temperaturas atuantes em camada asfáltica do revestimento de um pavimento rodoviário, foi utilizado por Silva *et al.* (2019) o termopar tipo “J”, que possui as seguintes características:

- Termoelemento positivo (JP): Fe99,5%;
- Termoelemento negativo (JN): Cu55%Ni45% (Constantan);
- Faixa de utilização: -210°C a 760°C ;

- f.e.m. produzida: -8,096 mV a 42,919 mV;
- Calibrado diretamente em ° Celsius.

3.1.5- Tensiômetros

Os tensiômetros fornecem de forma direta o potencial ou a tensão de água no solo e de forma indireta a umidade. São previstos 2 (Dois) tensiômetros automáticos para cada trecho TR-01 a TR-04, sendo um para cada camada (sublastro e subleito). Para os trechos TR-05 e TR-06 são previstos 2 (Dois) tensiômetros para cada um. Assim, tem-se no total 12 (Doze) tensiômetros.

3.1.7- Câmera Filmadora para Medição de Recalques e Deflexões

As medições de recalque e deflexões serão realizadas por meio da interpretação de filmagens de vídeo. Para tanto, é necessário a aquisição de uma câmera digital e acessórios (lentes, cartões de memória, baterias e etc.) e um tripé de equipamento de topografia (estação total). Na Figura 8 apresenta-se uma aplicação de filmagem para obtenção de deflexões e recalques em ferrovia.



Figura 8 – Monitoração da deflexão no pavimento por meio de filmagem.

O algoritmo para transformar as imagens em valores de deflexão e recalques não fazem parte do escopo do serviço, sendo de responsabilidade da UnB. Assim, o item refere-se à aquisição da câmera e tripé, bem como, a instalação da mesma em campo. Após a instalação do conjunto em campo e a realização da filmagem zero (equivalente à leitura “zero”), a responsabilidade quanto a eventuais danos ou furto recairá sobre quem estiver operando o equipamento, podendo ser a empresa contratada na primeira filmagem, a UnB em visitas rotineiras ou, ainda, as equipes da RUMO nas leituras subsequentes.

As especificações da câmera, acessórios e tripé devem ser conforme descrito abaixo.

- Câmera: câmera digital capaz de filmar em: (i) resolução FullHD a, pelo menos, 60 (Sessenta) quadros por segundo (fps); (ii) resolução 4K a, pelo menos, 25 (Vinte e cinco) quadros por segundo.
- Cartões de Memória: observar os requisitos do cartão no manual da câmera escolhida para efetuar as filmagens nas configurações necessárias (FullHD/60fps e 4K/25fps). Normalmente, exige-se as certificações Classe 10, U3, UHS-II e V60, sendo todas elas relacionadas à confiabilidade e à capacidade de receber alto fluxo de dados. São necessários 3 cartões de memória com armazenamento de 256 (Duzentos e Cinquenta e Seis) GB ou mais, cada um.
- Lente: deve possuir uma faixa de distância focal que englobe o intervalo de 80 (Oitenta) mm a 250 (Duzentos e Cinquenta) mm (na referência de 35 (Trinta e cinco) mm), atentando-se à compatibilidade com a câmera escolhida.
- Tripé: tripé regulável para aparelhos de topografia (estação total ou equivalente) que consiga mitigar os efeitos do vento e da vibração, promovida pelos trens, nas filmagens. Também deve-se garantir ajustada fixação do conjunto câmera e lente ao tripé. A Figura 9 exemplifica os componentes e a forma de fixação.



Figura 9 – Exemplo de montagem do sistema de filmagem, com tripé topográfico e conjunto de câmera e lente (Brownjohn *et al.*, 2017).

A câmera ou a lente deve possuir estabilização de filmagem. Além disso, caso a bateria do aparelho não garanta, pelo menos, 5 horas de filmagem durante a monitoração, faz-se necessário o fornecimento de baterias adicionais de modo a cumprir esse tempo de serviço. Deve ser possível efetuar o recarregamento das baterias para reutilizá-las durante todos os meses de projeto. Dessa forma, cabos e carregadores devem ser disponibilizados (caso não acompanhem a câmera).

3.1.8- Cabeamentos e Eletrodutos

Para que seja possível a leitura dos instrumentos são necessários cabos devidamente protegidos contra danos físicos, temperatura e ação da água. Os cabos de cada equipamento devem ter o comprimento mínimo de 20 m, não sendo admitido emendas. Os mesmos devem ter proteções (blindagem) que evitem danos mecânicos, problemas de interferência (sinais, ruídos e etc.), umidade (principalmente nas conexões com os equipamentos). Ou seja, tem que ser específicos para fins de monitoração de instrumentos nas condições de campo de um pavimento ferroviário. Os cabos ainda devem ser revestidos por proteção extra flexível.

No caso de *strain gages* os mesmos podem ser ligados em cabos manga 04x22 AWG Tiaflex com Blindagem. Da mesma forma, para instalação em campo deve-se prever revestimento flexível para proteção extra.

Para a melhor organização e proteção dos cabos, devem ser previstos eletrodutos rígidos para condução dos cabos até o SAD.

3.1.9- Pluviômetro e Medidor de Temperatura Ambiente

Pluviômetro é um aparelho meteorológico utilizado para recolher e medir, em milímetros, a quantidade de precipitação de chuvas durante um determinado período de tempo. Existem variações desse equipamento, com diferentes mecanismos de funcionamento. Dentre eles, destaca-se o pluviômetro de balança. Esse modelo de pluviômetro consiste em um equipamento mecânico eletrônico desenvolvido especialmente para a construção de estações meteorológicas. Internamente, o pluviômetro de balança conta com uma balança para aferição da precipitação da chuva, onde a cada 0,25 mm o sensor presente no equipamento emite um pulso, o qual pode ser interpretado e lido por um microcontrolador. O equipamento a ser adquirido deve apresentar alta durabilidade, sendo recomendado que seja inteiramente em alumínio, resistindo a intempéries climáticas com muita eficiência. O mesmo também deve dispor de um sensor com auto esvaziamento, o qual permite que a água já registrada seja liberada do recipiente. O pluviômetro deverá ser instalado próximo aos trechos experimentais TR-01 a TR-03, no pátio ferroviário. A Figura 10 apresenta imagens e

especificações de um pluviômetro de balança usando a técnica de Arduino. Por meio dessa mesma técnica ou similar, deve-se prever um medidor de temperatura ambiente, cujos valores, lidos numa determinada frequência, também podem ser armazenados em uma memória, para posterior upload.



Especificações Pluviógrafo de Balança	
Modelo	PB10
Material	Alumínio
Tensão	5V DC
Tipo	Digital
Leitura	a cada 0,25 mm
Diâmetro coletor	147 mm
Dimensões (AxD)	160 x 117 mm
Peso	530 g

Figura 10 – Pluviômetro de balança e especificações.

3.2- Projeto e Construção do Painel / Sistema de Aquisição de Dados (SAD)

Deve ser desenvolvido e apresentado o projeto do Painel do Sistema de Aquisição de Dados. Deve ser projetado um painel para cada trecho TR-01 a TR-04. Cada painel será instalado em uma edícula a ser construída próxima de cada trecho. Os cabos serão conduzidos pelos eletrodutos enterrados até a edícula. As escavações necessárias para passagem dos eletrodutos e obra da edícula serão feitas pela RUMO.

Além dos componentes de um painel para fins de monitoração de instrumentos com diferentes voltagens e correntes, cada painel deve ter espaço e suporte para colocação de 4 *data loggers*. O painel deve conter espaço e fixadores que permitam a colocação e remoção de 4 unidades de *data loggers*. Neste também deve ter espaço para a colocação de uma bateria de 12V, normalmente utilizada em motos. Nas ligações deve-se considerar essa fonte de energia, bem como, da rede elétrica, que será levada até a edícula.

O *data logger* deve ser um registrador de dados versátil para manipulação de variáveis analógicas, digitais e outras, com grande resolução e velocidade. Trata-se de um equipamento de alto desempenho e alta conectividade, porém fácil de configurar e operar. Deve possuir no mínimo 8 entradas analógicas configuráveis por software para

sinais de tensão, corrente, termopares. Dispor ainda de 2 saídas a relé e 8 portas digitais individualmente configuráveis como entrada ou saída. Memória interna de pelo menos 512.000 registros. Extensão de memória com cartão SD ou SDHC. Taxa de gravação mínima de 1.000 logs/segundo. Download de dados através de software de configuração (dispositivo USB, RS485, Ethernet ou unidade USB).

Obs:

- Os trechos TR-01 a TR-04 são os que possuem maior quantidade de instrumentos. Por trecho tem-se: (i) CTTs – 9 (nove) unidades; (ii) elementos instrumentados com *strain gages* – 12 (doze) unidades; (ii) umidostatos – 2 (duas) unidades; (iv) termopares – 4 (quatro) unidades; (v) tensiômetros – 2 (duas) unidades. No total, em cada trecho (TR-01 a TR-04), são necessárias 29 (vinte e nove) portas. Assim, cada painel deve ter espaço para 4 (quatro) *data loggers*, cada um com pelo menos 8 (oito) canais de entrada de instrumentos.

- Os trechos não serão monitorados ao mesmo tempo. Assim, basta o fornecimento de 4 (quatro) *data loggers*, mais um reserva, totalizando 5 (cinco) *data loggers*.

- Devem ser previstas nas ligações do painel com o SAD duas fontes de energia. Uma será por meio de bateria de 12V (cada painel deverá ter uma bateria). Outra alternativa, será o ponto de energia elétrica, que a RUMO disponibilizará na edícula, onde o painel estará fixado.

- Para os trechos TR-05 e TR-06 pela quantidade de equipamentos (4 (quatro) umidostatos, 4 (quatro) termopares e 4 (quatro) tensiômetros), nos painéis individuais devem ser previstos espaços para colocação e remoção de 2 *data loggers* e 1 bateria de 12V. Serão utilizados apenas 2 (dois) do total de 5 (cinco) *data loggers*.

Em resumo serão apresentados 2 (dois) projetos de Painel de Sistema de Aquisição de dados. Um projeto para os trechos TR-01 a TR-04 (Painel Tipo 1) e outro projeto para os trechos TR-05 e TR-06 (Painel Tipo 2).

Após a aprovação dos Projetos Painel 1 e Painel 2, por parte da UnB, será autorizada a aquisição de todos os itens para construção e funcionamento dos painéis. Da mesma forma, a aquisição dos *data loggers* só poderá ser realizada após a aprovação das especificações técnicas do modelo a ser utilizado.

Na Figura 11 apresenta-se o sistema de aquisição de dados SAD construído por Silva *et al.* (2019) para monitoração de células de tensão total, *strain gages*, umidostatos e termopares instalados em um pavimento rodoviário. Note a chegada dos eletrodutos que conduzem, organizam e protegem o cabeamento. Cada eletroduto contém conjunto de cabos de instrumentos que são ligados em uma coluna do painel, que por sua vez, se liga em um determinado *data logger*. No caso, tem-se 3 *data loggers*. Entretanto, para os trechos ferroviários, a configuração será outra, visto que tem-se: (i) 4 *data loggers*

para cada Painel 1 (TR-01 a TR-04); e (ii) 2 *data loggers* para cada Painel 2 (TR-05 a TR-06).

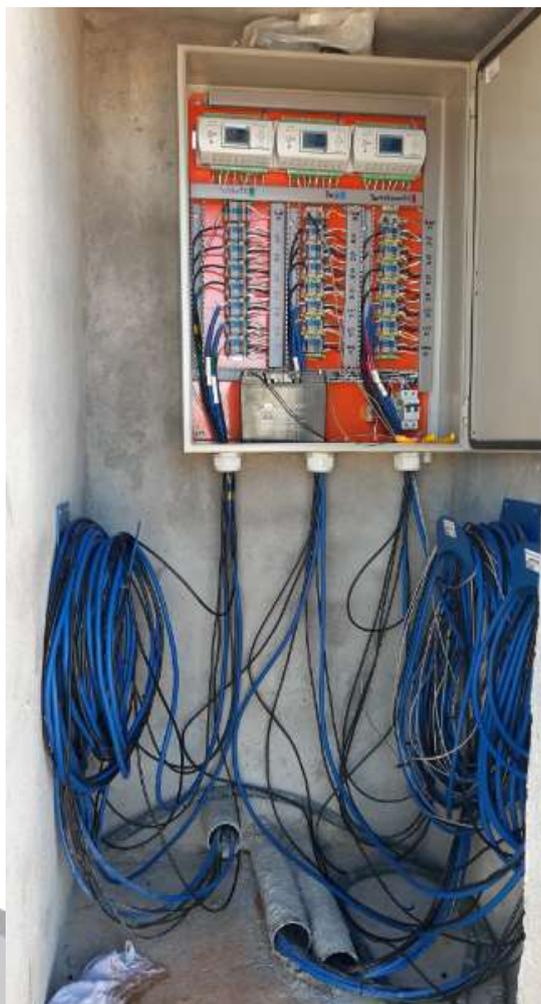


Figura 11 – Sistema de aquisição de dados, com detalhes das ligações dos instrumentos e data loggers utilizados para Silva *et al.* (2019) na monitoração de um pavimento rodoviário.

3.3- Aquisição de Equipamentos, Instrumentos e Acessórios

A aquisição dos equipamentos, instrumentos e acessórios só poderá ser realizada após a autorização da equipe técnica da UnB, que será feita com base na avaliação das especificações destes itens, que devem atender ao objetivo da monitoração dinâmica do pavimento ferroviário ao longo do tempo.

Os equipamentos, instrumentos e acessórios serão todos fornecidos e instalados em campo. Em hipótese nenhuma poderão ser retirados de campo (exceto para manutenção, se possível). A maioria dos instrumentos serão enterrados no pavimento e

utilizados até o fim da vida útil, não sendo, portanto, retirados. Os equipamentos externos, necessários para realização das leituras, também não poderão ser retirados de campo. Dessa forma, são de propriedade dos segmentos experimentais de ferrovia controlados pela UnB, com apoio da RUMO. Equipamentos como a câmera digital, tripé e *data loggers* somente poderão ser mobilizados de um trecho ferroviário para o outro trecho objeto de monitoração, ficando guardados na edificação de apoio da ferrovia, no pátio ferroviário.

3.4- Calibração dos Instrumentos no SAD

Todos instrumentos (células de tensão total, elementos instrumentados com *strain gages*, tensiômetros, umidostatos e termopares) devem ser calibrados dentro dos níveis de tensão previstos para as condições de campo dos pavimentos ferroviários. Todo ensaio de calibração deve garantir a veracidade dos resultados obtidos. O objetivo principal da etapa de calibração é certificar os sensores quanto a sua repetibilidade e aproximação com resultado real, no ambiente de serviço.

A calibração de laboratório tem o objetivo de avaliar o comportamento mecânico dos sensores e o tipo de sinal gerado, dentro de condições controladas do ensaio. Cada tipo de sensor possui uma maneira específica de funcionamento, sua resposta dependerá do tipo de estímulo aplicado. Estas calibrações geram informações que são arranjadas nas chamadas Curvas de Calibração. As curvas de calibração podem associar valores de voltagem registrados com valores de um determinado estímulo, como exemplo temperatura ou deformação.

É importante salientar que durante todo processo de calibração é necessário a utilização do SAD a ser usado no campo, com o objetivo de diminuir ao máximo as inconstâncias. Além disso, durante a calibração os instrumentos devem ser devidamente identificados com códigos, para apresentação das curvas de calibração devidamente referenciadas aos códigos de cada instrumento. Para a instalação será fornecido o projeto de locação e posicionamento dos instrumentos, devidamente identificados (códigos). Na instalação de campo deve ser respeitado os códigos indicados no projeto (detalhe simples, mas muito importante).

Obs:

- Antes da realização dos ensaios de calibração deve-se apresentar a programação pensada (a forma de calibração, os instrumentos de referência, os valores de cada estágio de esforço – incrementos de cada ciclo, indo do valor mínimo ao valor máximo e ao contrário, do máximo para o mínimo).

- Após aprovação dos ensaios de calibração, por parte da UnB, deve-se agendar os dias em que os mesmos serão feitos, para que os mesmos sejam acompanhados por pelo menos 1 membro da equipe técnica da UnB.
- Deve-se fazer um registro fotográfico de todas as etapas dos ensaios e apresentar todos os resultados em planilha de excel (dados brutos, tratados e processados).
- Na fase de calibração, ocorrendo ou constatando danos nos instrumentos e equipamentos os mesmos devem ser substituídos por outros, com a mesma especificação, sem custos extras para UnB, em tempo hábil para poderem serem calibrados e instalados em campo.

3.4.1-Calibração de Células de Tensão Total (CTTs)

Células de tensão total (CTTs) são instrumentos capazes de medir a tensão total do solo na direção ortogonal à face sensível da célula. O modelo de CTT tem que ser adequado para a medição de carregamentos dinâmicos, conforme ocorre em vias rodoviárias ou ferroviárias. Para interpretação adequada das leituras obtidas em campo, é necessária a calibração das CTTs em laboratório. A Figura 12 ilustra os detalhes de ensaios de calibração. As calibrações consistem na aplicação de estágios de aumento de pressão vertical sobre cada CTT, correlacionando-se as pressões aplicadas com as leituras do sistema de aquisição de dados (SAD). As regressões lineares realizadas entre as duas variáveis, considerando funções polinomiais do primeiro grau, devem apresentar valores de coeficiente de determinação (r^2), idealmente, superiores a 0,8. Na estatística, r^2 é um número que fornece uma medida de quão bem os resultados observados são explicados pelo modelo de regressão linear assumido (Devore, 2011). Esse valor pode variar entre 0 e 1. Resultados de calibração de CTTs realizados por Silva *et al.* (2019) são apresentados na Figura 13.

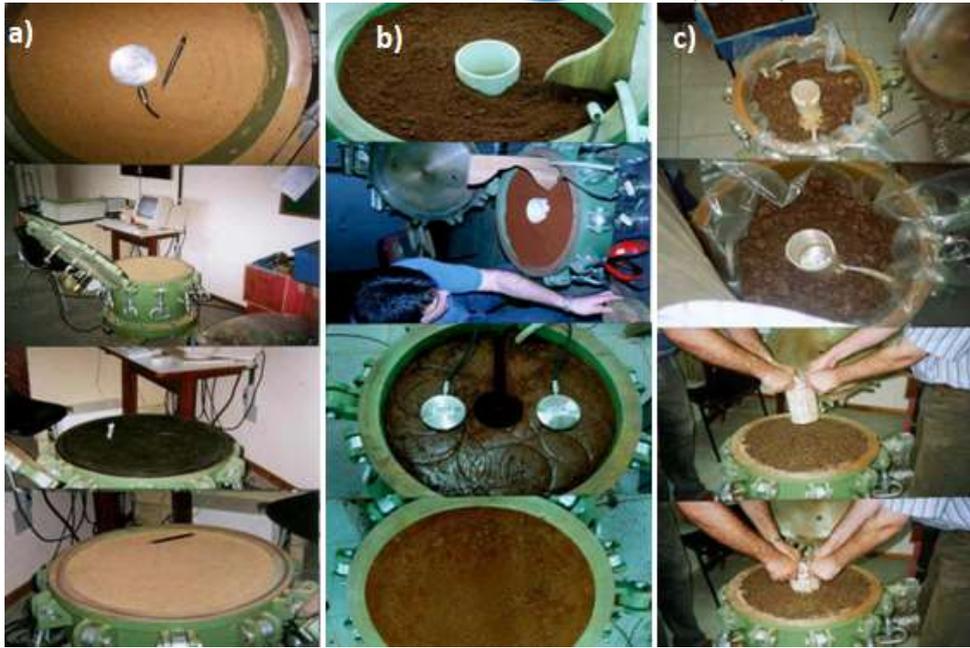


Figura 12 – Detalhes do ensaio de calibração das células de tensão total (Gonçalves, 2002).

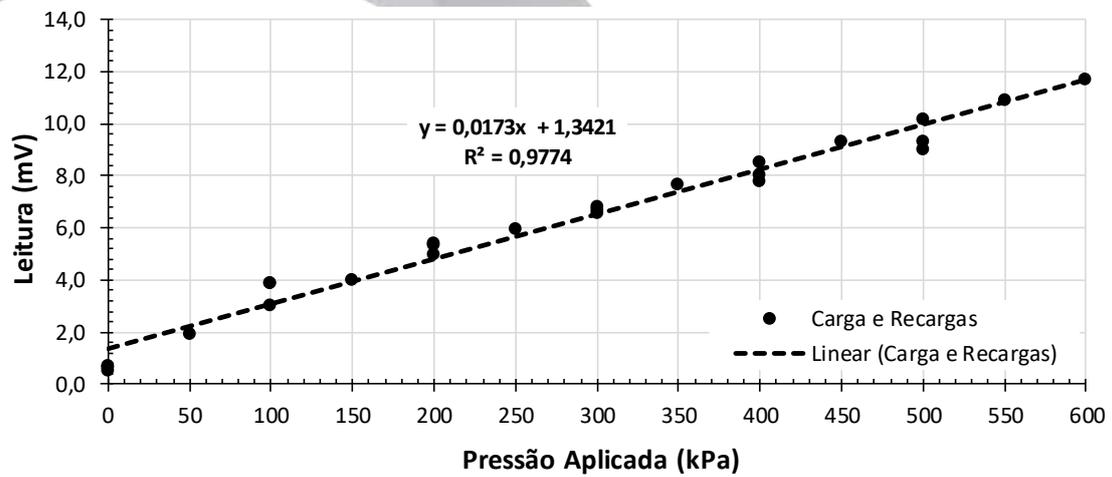
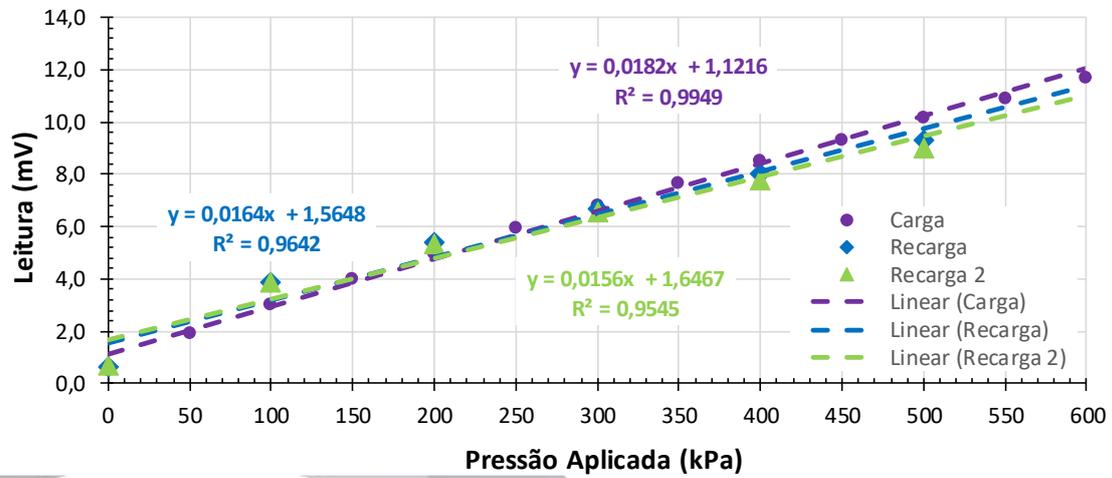


Figura 13 – Resultados de ensaios de calibração em célula de tensão total (Silva *et al.*, 2019).

3.4.2- Calibração de Elementos instrumentados com Strain Gages (SG)

O funcionamento do *strain gage* (Figura 14) se dá através de um fio resistivo que altera sua resistência de acordo com o “alongamento” da superfície em que está colocado, gerando dessa maneira sinais elétricos que são interpretados pela placa de aquisição, transformando os valores em deformação (*strain*). Para interpretação adequada das leituras obtidas em campo, é necessária a calibração dos *strain gages* em laboratório. A Figura 15 ilustra os detalhes e resultados dos ensaios de calibração realizados por (Silva *et al.*, 2019). A calibração do *strain gage* foi realizada em uma prensa manual fabricada com função de tracionar os *strain gages*. Monitorou-se a variação de voltagem para cada incremento de deformação, e com isso obteve-se a curva de calibração.

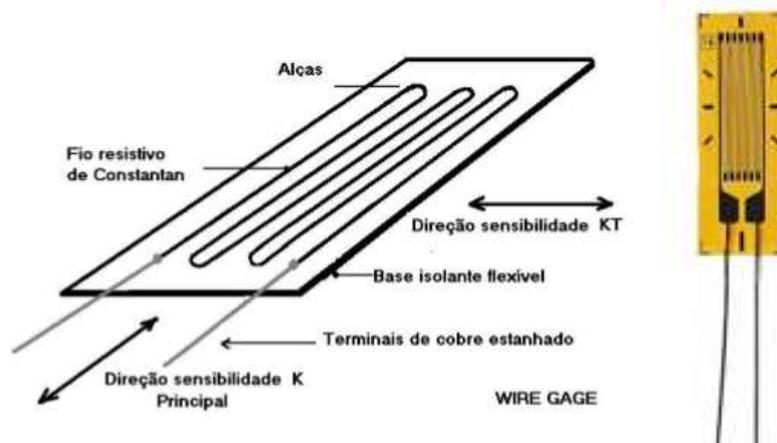


Figura 14 – Imagem representativa de um extensômetro (*strain gage*).



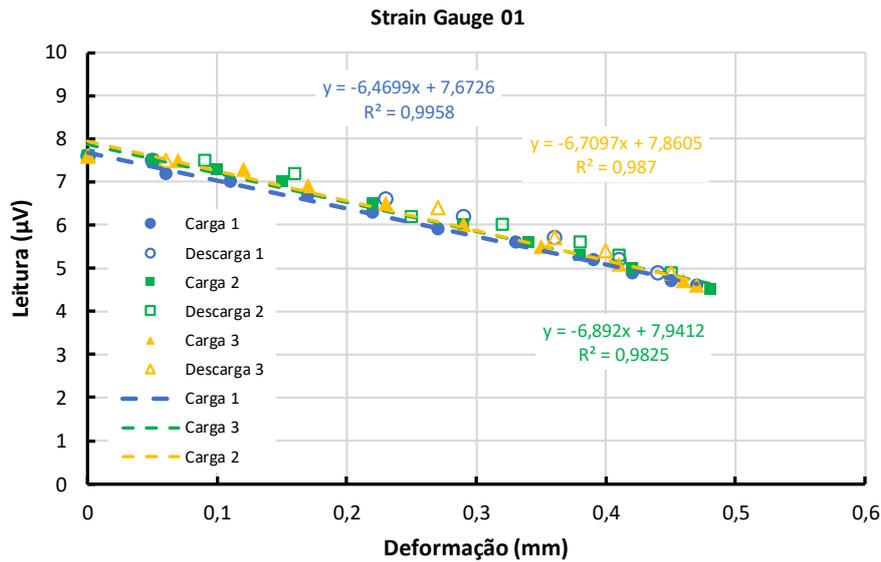


Figura 15 – Detalhes e resultados de ensaio de calibração em *strain gage* (Silva *et al.*, 2019).

3.4.3- Calibração de Umidostatos

Silva *et al.* (2019) realizou calibração de sensores de umidade por meio de ensaios realizados em areias, dentro de cilindros. As amostras de solo foram preparadas com diferentes umidades gravimétricas. Detalhes do ensaio de calibração dos sensores de umidade são apresentados na Figura 16. As calibrações consistiram na preparação de CPs com diferentes umidades volumétricas.



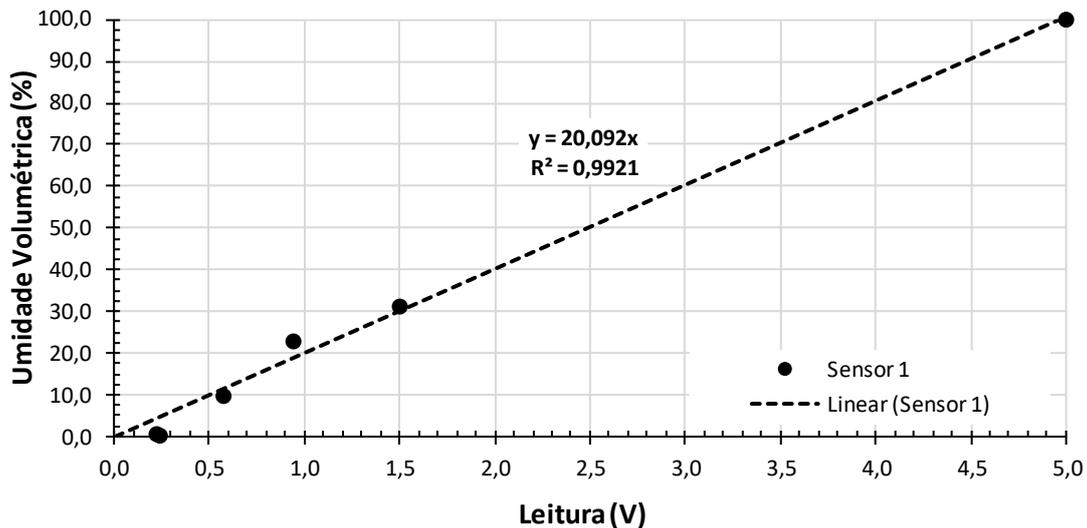


Figura 16 – Detalhes do ensaio de calibração dos sensores de umidade de solo (Silva *et al.*, 2019).

3.4.4- Calibração de Termopares

Apesar de não ser necessária a calibração externa deste tipo de sensores, Silva *et al.* (2019) recomendam que esta atividade seja realizada para confirmar a correta funcionalidade do sistema e dos sensores adquiridos. Os termopares podem ser configurados para que os dados sejam coletados em ° Celsius. Para calibração, os sensores podem ser inseridos em um recipiente contendo água, variando as temperaturas em valores conhecidos por medidas com termômetro de mercúrio de precisão, sendo registradas as leituras dos sensores (Figura 17).



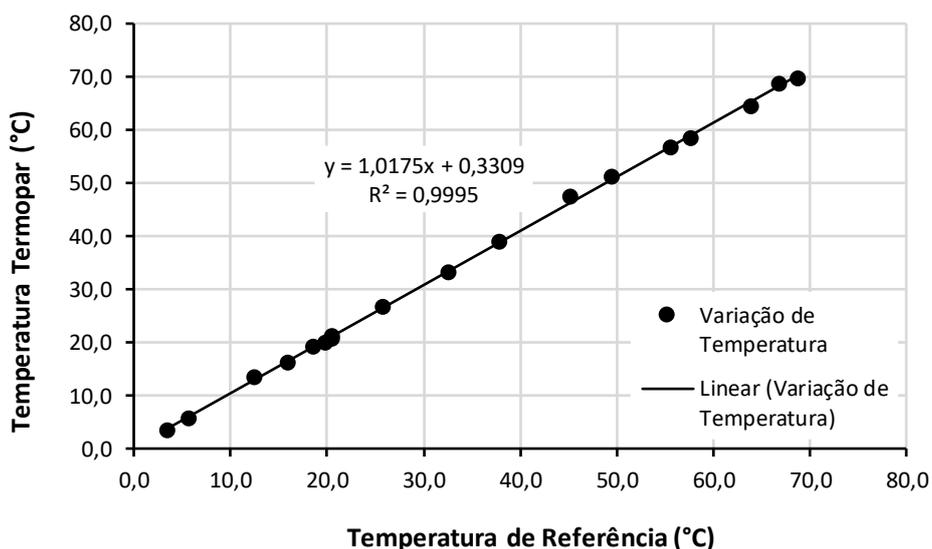


Figura 17 – Detalhes e resultados de calibração termopar (Silva *et al.*, 2019).

3.4.5- Calibração de Tensiômetros

Os tensiômetros devem ser calibrados seguindo a mesma linha de raciocínio das demais calibrações dos instrumentos citados. Assim, deve-se seguir o objetivo principal da calibração, que é certificar os sensores quanto a sua repetibilidade e aproximação com resultado real, no ambiente de serviço.

3.5- Instalação dos Instrumentos em Campo

A instalação dos instrumentos em campo só poderá ser realizada após a aprovação dos resultados dos ensaios de calibração e garantido o perfeito funcionamento dos instrumentos e sistema de aquisição de dados. Para a instalação será fornecido o projeto de locação e posicionamento dos instrumentos, devidamente identificados (códigos). Durante a calibração os instrumentos devem ser devidamente identificados com códigos, para apresentação das curvas de calibração devidamente referenciadas - para instalação de campo deve ser respeitado os códigos indicados no projeto (detalhe simples, mas muito importante). A instalação deve ser realizada por uma equipe técnica composta por pelo menos 2 profissionais experientes, de maneira a garantir a execução do projeto de locação e posicionamento dos instrumentos. Estes serão fornecidos pela empresa contratada. A instalação contará com o apoio de pelo menos um membro da equipe da UnB.

Para a instalação da instrumentação utilizar-se-á areia abaixo e no topo do instrumento para criar uma cama resistente entre o solo e o instrumento. A seguir apresenta-se a descrição simplificada do processo de instalação:

- Trincheiras são escavadas para a passagem da fiação até o local de assentamento dos sensores. Em seguida, preenchidas com uma camada fina de areia;
- Para cada sensor, uma cavidade é feita, em dimensões suficientes para caber o sensor, nas camadas granulares. Durante a escavação, um cuidado extra de ser tomado para minimizar o distúrbio do material e garantir que o tamanho da cavidade seja o mínimo. Os instrumentos são apoiados e cobertos por camadas de areia. A camada de areia lisa funcionará como base para assentamento dos instrumentos e proteção em relação a camada sobrejacente. Deve-se garantir um bom contato entre o instrumento e a camada de areia. O nivelamento dos instrumentos deve ser garantido checando-se com um nível de bolha;
- A trincheira para levar a fiação deve ser escavada até o sistema de aquisição de dados;
- Cada instrumento deverá ser checado logo após a instalação.

A Figura 18 apresenta a instalação de células de tensão total, elementos instrumentados com *strain gages* e umidostatos em um pavimento rodoviário, bem como, o caminhamento do cabeamento e o eletroduto de passagem do cabeamento.



Figura 18 – Detalhes das trincheiras para o posicionamento de instrumentos e passagens de cabos e eletrodutos em pavimento rodoviário e (Silva *et al.*, 2019).

A superestrutura do trecho TR-04 (zona de transição) provavelmente ocorrerá em trecho em operação. Nesse caso a execução será iniciada pela abertura de uma trincheira

transversal ao eixo da ferrovia, com profundidade até o sublastro, onde serão feitas pequenas cavas, em pontos de interesse, até atingir uma profundidade de 10 a 15 cm abaixo subleito. Nestas cavas serão instalados os instrumentos de interface subleito-sublastro, objetivando medições de tensões (CTTs), deformações (elementos instrumentados com *strain gages*), umidade no solo (umidostatos) e temperatura (termopares). O procedimento será repetido no topo da camada de sublastro, entretanto, na interface sublastro-lastro, objetivando as mesmas medições. Um esquema de montagem dos instrumentos é apresentado na Figura 19.



Figura 19 – Células de tensão total (Rose *et al.*, 2018). Elementos instrumentados com *strain gages* (Fernandes, 2005).

A filmadora instalada em um tripé de equipamento de topografia registrará as imagens, que posteriormente serão processadas em um algoritmo que já foi aplicado para medições de deflexões e deslocamentos verticais (recalques).

3.6- Monitoração

A monitoração dos instrumentos será realizada em 5 etapas:

Etapa 1 - durante a instalação dos instrumentos e construção dos trechos – só poderá ser autorizada a execução da camada sobrejacente após certificar-se do perfeito funcionamento de cada instrumento, tendo como referência os resultados dos ensaios de calibração, já convertendo as leituras para os valores reais das grandezas medidas;

Etapa 2 - monitoração de todos instrumentos 24 horas após o término de construção de cada trecho (nesses momentos, desde que não tenha finalizado o último trecho, não haverá carregamento aplicado por trem) – seria mais para testar os instrumentos e verificar leitura zero (L_0);

Etapa 3 - 24 horas após a conclusão de todos os trechos, sendo lidos todos os instrumentos de cada trecho – nesse momento será ensinado para a equipe da UnB como fazer as ligações e monitoração dos instrumentos;

Etapas 4 - quando da liberação do tráfego – dependendo do tempo para a liberação do tráfego será inviável a permanência da equipe em campo (portanto, deve ser previsto a desmobilização da equipe após a conclusão da Etapa 3 e a posterior volta de 1 dos membros para realização da monitoração quando da passagem do trem. Deve-se prever três dias de monitoração, sendo o segundo dia ou demais dias (conforme necessidade) para reforçar junto a equipe da UnB como se faz as ligações, manutenções e a monitoração dos instrumentos e SAD.

Os dados obtidos em campo nas Etapas (1) a (3) devem ser enviados para a equipe de escritório da contratada, visando a elaboração de uma planilha eletrônica, capaz de receber, tratar e processar os dados e gerar resultados analítico e gráficos da monitoração dos instrumentos. Para avaliar a consistência das respostas a tempo, os resultados devem ser apresentados em até no máximo 24 horas. Esta planilha programável será entregue e explicada para a equipe da UnB, contendo os resultados das campanhas de monitoração realizadas. Ressalta-se que na instalação e leituras iniciais dos instrumentos, Etapas (1) a (4), deve-se ter no mínimo 2 profissionais em campo.

****Critério de Medição dos Recursos Humanos para Instrumentação de Campo e Monitoração (itens 3.5 e 3.6)***

- Quando da convocação para a instrumentação de campo será medido a mobilização e desmobilização da equipe. Nesse valor é incluso todos os custos com o traslado de ida e volta para o local da obra, incluindo despesas com a viagem (veículo, combustível, pedágios, alimentação, hospedagem, impostos, taxas e outros), custos dos profissionais, EPIs e transporte de equipamentos, ferramentas, computadores e outros. Há dois tipos de mobilização/desmobilização de equipe: (MD2) composta por 2 profissionais; e (MD1) composta por 1 profissional (itens adiante). No preço unitário deve-se levar a quantidade de profissionais de cada equipe. Os dias para mobilização/desmobilização não são medidas diárias, pois nesse valor já deve ser incluso no item mobilização/desmobilização. O valor da mobilização/desmobilização é o mesmo independente do tempo gasto para ida ao local e para volta à base.

Depois de mobilizada a equipe (ou seja, de estar presente em Itu), no primeiro dia de campo, começando no primeiro horário da manhã, será medido a diária da equipe. Independentemente de ter atividade ou não será medida a diária. Se tiver necessidade de integração presencial, também será medido como diária. Note que, existem dois tipos de diárias: (D2) diária de uma equipe composta por dois profissionais (o valor apresentado, não é multiplicado por 2 – o valor a ser apresentado deve corresponder à diária de dois profissionais); e (D1) diária de 1 profissional. O valor de D2 deve contemplar dois profissionais e o valor de D1 apenas 1 profissional, são valores diferentes, sendo multiplicados pelo número de dias ($N_{\text{dias}} \times D1$ ou $N_{\text{dias}} \times D2$).

Como não é possível prever o tempo para construção dos trechos, os serviços de campo da etapa de instalação dos instrumentos e monitorações iniciais serão medidos em termos de diárias dos recursos humanos. No valor das diárias devem ser contempladas todas as despesas, sem exceção, para permanência em campo (custo da hora, hospedagem, alimentação, meios de locomoção, EPIs, computadores, ferramentas, acessórios, impostos e outros). Para as Etapas (1) a (4) a equipe tem que ser composta por 2 membros. Desconsiderando os dias com a mobilização/desmobilização, serão medidos os dias efetivos de campo dessa etapa ($N_{\text{dias}} \times D2$).

Se a integração for on-line, será medido apenas um terço da diária ($1/3 \times D2$).

3.7- Curso de Treinamento / Capacitação Técnica

Quando da liberação do tráfego da ferrovia sobre os trechos instrumentados, um dos membros da equipe da contratada deverá ser mobilizado para o local da instrumentação, visando a monitoração dos instrumentos durante as passagens de composições de trem. No primeiro dia será feita a monitoração em conjunto com a equipe da UnB. No segundo dia será reforçado junto a equipe da UnB como se faz as ligações, manutenções e a monitoração dos instrumentos e SAD. No terceiro dia será realizado o treinamento / capacitação da equipe da RUMO em conjunto com a equipe da UnB, passando por todas as fases necessárias para alimentação da planilha eletrônica fornecida pela equipe de escritório.

Este profissional ficará um ou mais dias, conforme necessidade das equipes da UnB e RUMO, para acompanhar as monitorações realizadas por membros da UnB e ou RUMO e sanar quaisquer dúvidas.

***Critério de Medição do Recurso Humano para Curso e Capacitação (item 3.7)**

- Quando da convocação para o Curso de Treinamento / Capacitação Técnica será medido a mobilização e desmobilização do profissional. Nesse valor é incluso todos os custos com o traslado de ida e volta para o local da obra, incluindo despesas com a viagem (veículo, combustível, pedágios, alimentação, hospedagem, impostos, taxas e outros), custo do profissional, EPIs e transporte de equipamentos, ferramentas, computadores e outros. Dos dois tipos de mobilização/desmobilização de equipe será medida: (MD1) composta por 1 profissional. Nos dias para mobilização/desmobilização não são medidas diárias, pois nesse valor já deve ser incluso no item mobilização/desmobilização. O valor da mobilização/desmobilização é o mesmo independente do tempo gasto para ida ao local e para volta à base.

Depois de mobilizado o profissional (ou seja, de estar presente em Itu), no primeiro dia de campo, começando no primeiro horário da manhã, será medido a diária do profissional. Independentemente de ter atividade ou não será medida a diária. Se tiver

necessidade de integração presencial, também será medido como diária. Dos dois tipos de diárias será medida a diária (D1), referente a 1 profissional.

No valor das diárias devem ser contempladas todas as despesas, sem exceção, para permanência em campo (custo da hora, hospedagem, alimentação, meios de locomoção, EPIs, computadores, ferramentas, acessórios, impostos e outros). Desconsiderando os dias com a mobilização/desmobilização, serão medidos os dias efetivos de campo dessa etapa ($N_{\text{dias}} \times D1$).

Se a integração for on-line, será medido apenas um terço da diária ($1/3 \times D1$).

3.8- Assistência Técnica

Devem ser previstas assistência técnica on-line com vídeo, sem custos adicionais pelo prazo de 1 ano. Este item consta na planilha, mas não deve ser colocado o valor unitário, pois é parte integrante do contrato.

Também devem ser previstas 4 visitas técnica de campo: (i) 20 a 30 dias após a monitoração do tráfego liberado; (ii) 3 meses após a liberação do tráfego; (iii) 6 meses após a liberação do tráfego; (iv) 9 ou 12 meses após a liberação do tráfego.

Nas visitas técnicas, além da mobilização e desmobilização de recurso humano, deve ser previsto no mínimo 1 dia inteiro de campo, onde serão feitas manutenções e monitorações em conjunto com a equipe da UnB e RUMO. Na mobilização e desmobilização considera-se que todas despesas, conforme mencionadas, estão incluídas no valor. Lembrando que se deve chegar um dia antes do dia previsto para as atividades de campo (quando começa a contar a medição da diária).

****Critério de Medição do Recurso Humano para Assistência Técnica (item 3.8)***

- Quando da convocação para a Assistência Técnica será medido a mobilização e desmobilização do profissional. Nesse valor é incluso todos os custos com o traslado de ida e volta para o local da obra, incluindo despesas com a viagem (veículo, combustível, pedágios, alimentação, hospedagem, impostos, taxas e outros), custo do profissional, EPIs e transporte de equipamentos, ferramentas, computadores e outros. Dos dois tipos de mobilização/desmobilização de equipe será medida: (MD1) composta por 1 profissional. Nos dias para mobilização/desmobilização não são medidas diárias, pois nesse valor já deve ser incluso no item mobilização/desmobilização. O valor da mobilização/desmobilização é o mesmo independente do tempo gasto para ida ao local e para volta à base da empresa.

Depois de mobilizado o profissional (ou seja, de estar presente em Itu), no primeiro dia de campo, começando no primeiro horário da manhã, será medido a diária do profissional. Independentemente de ter atividade ou não será medida a diária. Se tiver

necessidade de integração presencial, também será medido como diária. Dos dois tipos de diárias será medida a diária (D1), referente a 1 profissional.

No valor das diárias devem ser contempladas todas as despesas, sem exceção, para permanência em campo (custo da hora, hospedagem, alimentação, meios de locomoção, EPIs, computadores, ferramentas, acessórios, impostos e outros). Desconsiderando os dias com a mobilização/desmobilização, serão medidos os dias efetivos de campo dessa etapa ($N_{\text{dias}} \times D1$).

Se a integração for on-line, será medido apenas um terço da diária ($1/3 \times D1$).

Obs: somente serão pagos as mobilizações e desmobilizações, bem como, diárias que forem convocadas pela UnB.

4- CONSULTORIA ESPECIALIZADA

Deve-se prever no orçamento o valor de R\$20.000,00 (vinte mil reais) para convocação de um consultor especial, devidamente aprovado pela UnB, que não necessariamente será algum profissional da empresa contratada. O custo com o consultor, somado aos impostos da emissão de nota fiscal e o lucro de 10% sobre o custo do consultor não poderá ser superior ao valor de R\$20.000,00. Isso garantirá que não haverá prejuízo para empresa. Naturalmente, entende-se que o consultor considerou no valor combinado os custos com a nota fiscal ou recibo de profissional autônomo, para o recebimento junto a empresa contratante (vencedora do presente edital).

5- QUALIFICAÇÃO TÉCNICA DA EMPRESA

A empresa deve ter histórico de atuação nas atividades de instrumentação, sendo desejável que também já tenha desenvolvido instrumentos, e monitoração de obras de geotecnia, principalmente em pavimentos, seja de rodovia ou ferrovia. A comprovação poderá ser feita por meio de contratos, comprovantes, atestados e ou anotações de responsabilidade técnica.

6- PAGAMENTO

Os pagamentos serão preferencialmente mensais, com valores discriminados nos boletins de medição dos itens realizados em cada mês. Como referência, para fins de previsão, o interessado deverá apresentar junto a proposta de preços um CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO, respeitando os itens indicados na planilha.

A depender dos avanços/demandas, poderá haver pagamento quinzenal, mas também vinculado ao boletim de medição. Quando da contratação será fornecido um boletim de medição, no qual a empresa vai preencher com os itens realizados e assinar. Após autorização, será emitida a nota fiscal com a seguinte descrição: "SERVIÇOS DE AQUISIÇÃO, CALIBRAÇÃO, INSTALAÇÃO E MONITORAÇÃO DE INSTRUMENTOS EM PAVIMENTOS FERROVIÁRIOS, Medição 0N, conforme Boletim de Medição 0N".

Visto a necessidade de compras de instrumentos, pode-se antecipar o pagamento, desde que seja comprovado o pedido de compra (lembrando que a especificação deve ser aprovada previamente pela equipe da UnB). Após a realização do adiantamento, caso não seja comprovada a efetivação da compra, o valor será descontado da próxima medição e não será feito nenhum outro adiantamento.

Não haverá adiantamento para serviços. Estes serão pagos somente após a finalização dos mesmos, mediante apresentação e autorização do boletim de medição. A exceção seria o item MOBILIZAÇÃO / DESMOBILIZAÇÃO, onde pode-se medir 70% do valor, quando houver a convocação.

7- VIGÊNCIA

O contrato de prestação de serviços, terá vigência pelo período de 18 (dezoito) meses, contatos a partir da data de sua assinatura.

8- PLANILHA DE COTAÇÃO

A seguir apresenta-se a planilha de cotação contendo as descrições dos produtos/atividades e suas respectivas quantidades, para o preenchimento dos preços unitários e totais de cada item, chegando no valor final. Todos os preços apresentados devem ser considerados todos os custos (impostos, seguros, taxas e etc.), sendo, portanto, os valores finais, sem nenhum acréscimo à UnB. Devem ser consideradas variações dos preços dos equipamentos, que podem aumentar durante o prazo de validade da proposta. Após a assinatura do contrato, caso os valores dos equipamentos tenham aumentado, não haverá modificações nas quantidades, nem mesmo custos extras para UnB, devendo ser honrado o previsto na planilha. Nesse sentido, deve-se apresentar a relação dos instrumentos e equipamentos, com as devidas especificações, após assinatura do contrato, o quanto antes para apreciação e aprovação da UnB, para que não ocorra prejuízo para a empresa. Para tanto, as especificações apresentadas devem estar de acordo com o objetivo da monitoração.

Planilha de Cotação - Serviços de Instrumentação e Monitoração					
Item	Descrição	Unid	Quant	R\$ Unit	R\$ Total
1	Especificação de instrumentos e equipamentos	vb	1		
2	Aquisição e fornecimento de CTT com 20 m cabo	unid	36		
3	Aquisição e fornecimento de strain gages de pavimento com 20 m cabo	unid	48		
4	Aquisição e fornecimento de sensores de umidade com 20 m cabo	unid	16		
5	Aquisição e fornecimento de termopares tipo J com 20 m cabo	unid	24		
6	Aquisição e fornecimento de tensiômetros com 20 m cabo	unid	12		
7	Aquisição e fornecimento de câmera filmadora e acessórios	unid	1		
8	Aquisição e fornecimento de tripé para equipamento de topografia (estação total)	unid	1		
9	Aquisição e fornecimento de datalogger de 8 canais	unid	5		
10	Projeto e construção de painéis do SAD - Tipo 1	unid	4		
11	Projeto e construção de painéis do SAD - Tipo 2	unid	2		
12	Pluviômetro de balsa com leitura automática	unid	1		
13	Medidor de temperatura ambiente com leitura automática	unid	1		
14	Planejamento e calibração de todos instrumentos	vb	1		
15	Relatório de calibração dos instrumentos	und	1		
16	Aquisição e fornecimento dos eletrodutos rígidos 50 mm	m	216		
17	Mobilização e desmobilização de recursos humanos -2 profissionais p/ instalação da instrumentação em campo MD2	unid	2		
18	Diárias para instalação da instrumentação em campo, incluindo honorários dos 2 profissionais (D2 - R\$unit p/ os 2 prof.)	dias	40		
19	Mobilização e desmobilização de recurso humano - 1 profissional p/ monitoração e treinamento/capacitação, incluindo honorário (MD1)	unid	1		
20	Diárias para monitoração e treinamento/capacitação, incluindo honorário do profissional (D1 - R\$unit p/ o prof.)	unid	4		
21	Mobilização e desmobilização de recurso humano - 1 profissional para assistência técnica presencial e monitoramento (MD1)	unid	4		
22	Diárias para assistência técnica presencial e monitoração - um profissional (D1 - R\$unit p/ o prof.)	unid	4		
23	Consultoria especializada	vb	1		
24	Assistência técnica on-line com vídeo - sem custos adicionais pelo prazo de 1 ano	ano	1	R\$ -	R\$ -
VALOR TOTAL (R\$)					

*validade da proposta: setembro de 2021



Prof. Rafael Cequeira Silva
 Dep. Eng. Civil e Ambiental
 Geotecnia - UnB

Responsável pela elaboração do Termo de Referência



Márcio Muniz de Farias
 Coordenador do Projeto