

19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Tema: Inovação Tecnológica

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTEGRADO PARA AQUISIÇÃO, TRATAMENTO E GERENCIAMENTO DE MEDIDAS DE COMPOSIÇÕES FERROVIÁRIAS.

Resumo: Neste trabalho é apresentado o estágio de desenvolvimento atual do projeto de um sistema integrado para aquisição, transmissão, processamento de sinais e alimentação de um banco de dados de medidas feitas em composições ferroviárias.

O sistema é formado por um coletor de sinais digital embarcado, autônomo e com a capacidade de gravar sinais tanto provenientes de transdutores eletrônicos como também de um receptor “GPS – Sistema de Posicionamento Global” integrado. O processamento dos sinais pode ser feito em tempo real.

Este coletor de dados será interligado a um servidor por meio de uma rede sem fio e este, por sua vez, estará em rede com um ou mais terminais clientes. O conjunto das informações obtidas, processadas e armazenadas, assim como os relatórios gerados, constituirá memória técnica da ferrovia.

Palavras-chave: Automação; Monitoramento; Gerenciamento.

1. Introdução

Um conceito que vem ganhando força no meio ferroviário é o de ‘vagão instrumentado’. Entre as vantagens do uso desta tecnologia podemos citar a simplificação obtida para se executar ensaios longos, onde a alocação de equipes inviabilizaria sua execução. Cabe ressaltar também a flexibilidade que se obtém devido à possibilidade de se posicionar o vagão em trechos críticos da composição, retirando da tomada de dados a restrição que lhe seria imposta caso fosse necessário o acompanhamento ‘in loco’ do ensaio por equipes de técnicos^[1].

Uma terceira vantagem citada em artigos da área é a diminuição dos custos associados à execução de ensaios de longa duração, uma consequência direta da possibilidade de se utilizar um vagão padrão da frota com modificações mínimas para receber os equipamentos.^{[1][2]}

A demanda crescente por ensaios de longa duração em composições ferroviárias, que mobilizariam grandes equipes e causariam uma grande perturbação no movimento, já bastante otimizado, da ferrovia, motivaram o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados que tivesse características adequadas a este uso, tais como: autonomia, portabilidade, modularidade, robustez, baixo consumo de energia, indicador de posicionamento embarcado e transmissão de dados sem fio.

Além destas características este projeto também incorpora estudos para gerenciamento e geração local de energia na busca de maior autonomia, além da descarga automática dos dados em um banco de dados, cujo objetivo é estabelecer um ambiente integrado de armazenamento, tratamento e análise das medidas efetuadas em campo.

O conceito desenvolvido no IPT amplia o conceito de ‘vagão instrumentado’ na medida em que ele tanto pode ser usado para atender a uma demanda específica de ensaio de um cliente, com prazos definidos, como também pode ser montado de forma definitiva em um vagão,

tornando este último um instrumento para monitoramento das condições às quais sua frota está sendo submetida.

2. A Abordagem

Por tratar-se de um desenvolvimento abrangente, com muitos elementos que necessitam de estudo e experimentação, decidiu-se por uma abordagem multi-focada, onde várias tarefas são desenvolvidas em paralelo. Assim, o grau atual de desenvolvimento dos componentes do sistema é variado, com alguns já em fase de testes finais, enquanto outros ainda estão em estágio inicial. Também se decidiu pela integração, tanto quanto possível, de partes já existentes, o que, além de evitar futuros problemas com suporte e manutenção, baixam consideravelmente o custo e o tempo de desenvolvimento.

3. Diagrama do sistema integrado para aquisição, tratamento e gerenciamento de medidas

A Figura 1 apresenta o diagrama do sistema.

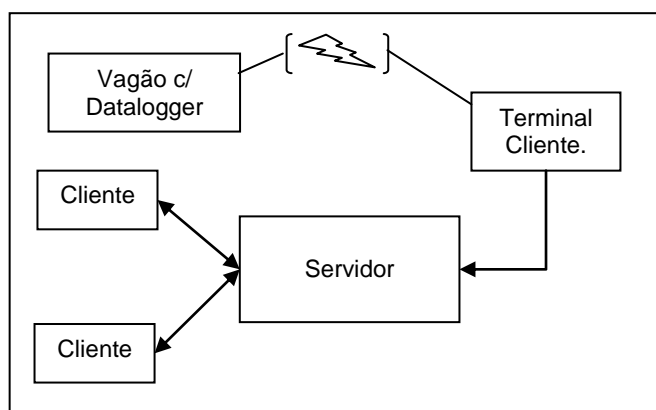


Figura 1 – Diagrama do sistema integrado para aquisição, tratamento e gerenciamento de medidas.

No datalogger instalado no vagão os dados são condicionados, filtrados e gravados em um cartão de memória do tipo Secure Digital, podendo ou não receber pré-tratamento. Os dados são transmitidos para um terminal cliente, instalado, por exemplo, no porto (car

dumper) através de uma rede sem fio. O terminal cliente executa um software que além de reconhecer o datalogger a seu alcance, inicia a rotina para descarregar os dados e, depois de completada esta tarefa, atualiza o banco de dados referentes ao teste em que está inserido o datalogger encontrado.

No servidor haverá uma rotina que, ao detectar uma atualização em seu banco de dados, inicia macros para executar rotinas de processamento de sinais. Os resultados deste processamento alimentarão bancos de dados que poderão ser disponibilizados ou ainda serem submetidos a novas análises para uso posterior.

4. Descrição dos componentes

4.1 Datalogger

O datalogger, desenvolvido em parceria com empresa fabricante nacional, é um módulo completo de condicionamento, digitalização, processamento de sinais e interfaces de comunicação, como USB e Ethernet. Sua representação esquemática está na Figura 2.

Pode-se conectar às entradas deste datalogger sinais de transdutores de vários tipos, tais como: de temperatura, strain-gages (Força, Pressão, Aceleração, Deformação) e tensão (Medidores de deslocamento, Tensão, Corrente). Estes sinais podem ser amplificados e são filtrados para que não ocorra o efeito de “aliasing”. Na etapa de digitalização os sinais analógicos são então convertidos em códigos digitais. Este datalogger é capaz de executar mais uma função nesta etapa, que é o processamento digital dos sinais adquiridos. Assim é possível que as medidas sejam processadas já durante a viagem, em “tempo real”, utilizando algoritmos como “Rainflow” ou processamento estatístico (máximo, mínimo e média).

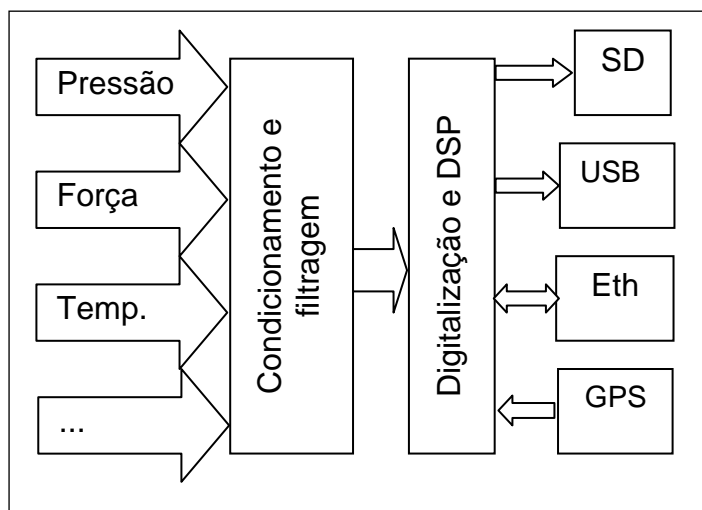


Figura 2 – Diagrama simplificado do datalogger.

Outra característica incorporada ao datalogger é o uso de um receptor GPS (Global Positioning System - Sistema de Posicionamento Global) embarcado. Isto torna possível não só a indexação espacial das medidas como também a habilidade de mudar o “comportamento” do datalogger em função de sua localização na ferrovia e o sincronismo sem fio entre equipamentos instalados ao longo da composição.

Este equipamento está em sua terceira geração de desenvolvimento, com sensível redução de consumo e dimensões e, por outro lado, aumento na sua confiabilidade e capacidade de armazenamento. Ele possui ainda a capacidade de armazenar de forma não volátil toda a sua configuração, o que o torna imune a falhas de energia, o que é imprescindível em uma aplicação como esta, e que não é encontrada em sistemas convencionais de digitalização.

4.2 Módulo de Gerenciamento de Energia (M-GEN)

Para que o sistema possa ser autônomo é necessário que haja um gerador elétrico com capacidade de suprir suas demandas. No caso de um sistema de medidas como este, isto não é o bastante. Existem situações na ferrovia em que a composição pode ficar parada por muitas horas, assim como outras onde a sua velocidade é muito baixa, acompanhada de sucessivas

paradas (carregamento e descarregamento, no caso de vagões de minério).

Estas, e outras restrições, indicam a necessidade de haver uma reserva de energia, bem como a existência de um módulo de gerenciamento de sua utilização. Uma representação esquemática deste módulo se encontra na Figura 3.

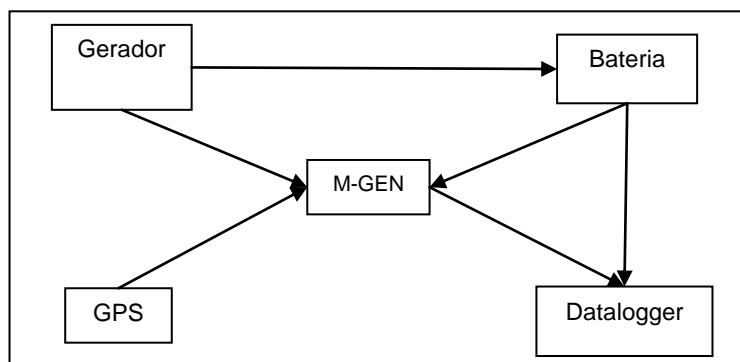


Figura 3 – Diagrama do módulo de gerenciamento de energia.

Uma das restrições para o módulo de gerenciamento de energia é a de apresentar baixíssimo consumo, o que tem impacto direto nos algoritmos utilizados e nos componentes eletrônicos que o constituem.

O módulo de gerenciamento deve ser capaz de ligar ou desligar o datalogger em função das condições da composição (parada ou em movimento) e também através de coordenadas (latitude e longitude) pré-programadas. Além disto, este subsistema deve ser robusto o bastante para atender as condições de trabalho impostas pela área ferroviária, tais como: ciclos térmicos de grande amplitude, vibração e tombamento.

4.3 Software de Gerenciamento de Banco de Dados Técnicos

O software avaliado para fazer o gerenciamento do banco de dados foi o Dynaworks®. Este software possui a estrutura de um gerenciador de banco de dados relacional dedicada à área técnica.

Uma visualização básica das classes utilizadas neste projeto é apresentada na Figura 4.

Pode-se observar que os vários aspectos de um ensaio em campo estão representados na estruturação deste banco de dados, como imagens referentes à montagem, relatórios relacionados às medidas, os próprios arquivos de medida, as definições dos sensores envolvidos na campanha. Esta estruturação torna o sistema robusto e uma ferramenta poderosa no acompanhamento da condição dos equipamentos monitorados.

A biblioteca de processamento de sinais contida neste software é adequada para uma ampla gama de cálculos, indo desde operações aritméticas simples entre canais até algoritmos complexos.

Outro detalhe importante deste software é que ele permite a utilização de rotinas já desenvolvidas em programas de cálculo numérico, como o MatLab® diretamente sobre o banco de dados, o que é interessante quando da manutenção de algoritmos já consolidados.

Na avaliação feita o banco de dados foi “alimentado” com dados simulados. Vale lembrar que nesta fase é extremamente importante a estruturação do banco de dados de acordo com as diversas etapas que compõem a rotina dos ensaios, pois, do contrário, o sistema de busca será afetado, tornando-o ineficiente.

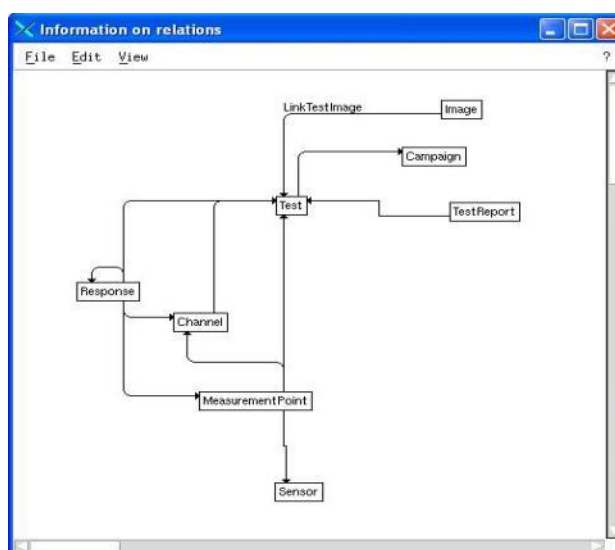


Figura 4 – Diagrama das classes utilizadas.

Durante os testes com o software foram desenvolvidas rotinas - “macros” – para fazer a

importação de arquivos do datalogger e também realizar operações matemáticas sobre os sinais digitalizados. Estas rotinas se mostraram bastante úteis para aumentar a velocidade da análise e simplificar o uso do software. Este fato também tem impacto no tipo de usuário que o sistema pode ter. Ele não será de uso exclusivo de desenvolvedores ou pesquisadores, responsáveis pelo desenvolvimento e análise dos dados obtidos, mas disponibilizará as informações necessárias aos engenheiros responsáveis pela manutenção e operação dos diversos equipamentos que compõem a ferrovia.

A Figura 5 mostra o gráfico da força em um engate/haste ferroviário instrumentado durante a viagem simulada de um trem. Atualmente os dados obtidos nas campanhas de campo podem ser visualizados em uma forma alternativa através do programa Google Earth®, como pode ser visto na Figura 6.

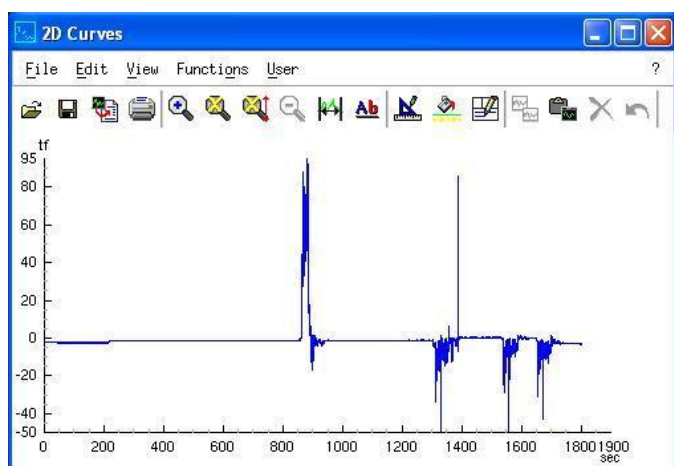


Fig. 5 – Gráfico força x tempo em um engate/haste.

Figura 6 – Visualização no programa Google Earth®

Um exemplo de uso do sistema descrito neste artigo, ainda sem a implementação do banco de dados pode ser visto na Figura 7. Esta figura ilustra os resultados obtidos através da instrumentação de quatro vagões de carga com engates dinamométricos e transdutores de pressão. Estes vagões foram posicionados em uma composição ferroviária e coletaram informações por um período aproximado de dez meses.^[3]

A Figura 8 mostra um dos vagões instrumentados. Os detalhes na figura mostram as caixas

onde foram colocados a bateria e o datalogger.

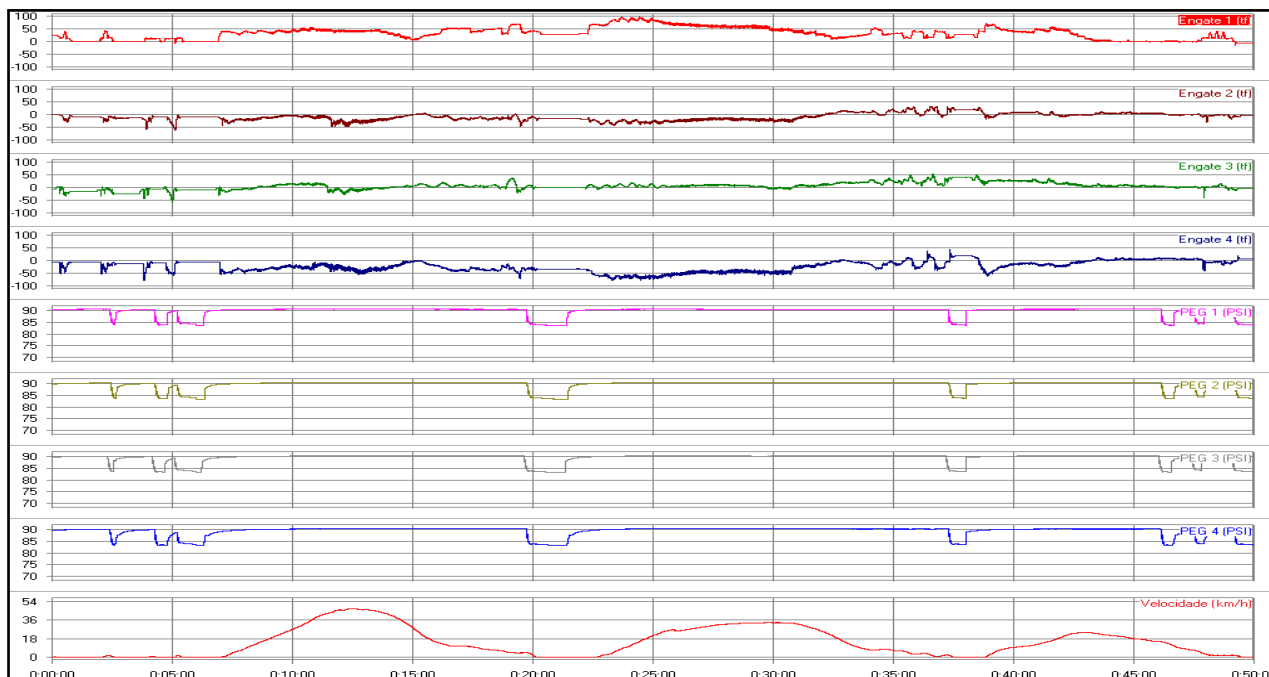


Figura 7 – Exemplo de gráfico obtido através da instrumentação de quatro vagões



Figura 8 – Vagão Instrumentado. Os círculos detalham as caixas dos equipamentos.

5. Conclusão

O monitoramento remoto é uma tendência irreversível. Seja pelas restrições impostas pelos Sistemas de Segurança do Trabalho das operadoras ferroviárias, seja pela necessidade de se avaliar vários componentes para estabelecer combinações ótimas, esta metodologia, que está associada ao conceito de Monitoramento de Saúde Estrutural encontra, no uso intensivo de dispositivos e sistemas eletrônicos, um pilar de sustentação. O IPT vem desenvolvendo ao longo dos anos, junto a clientes e fornecedores, vários projetos que estão alinhados a esta tendência. O fluxo de informações também ganha uma nova dinâmica, já que os dados de campo chegam em “ondas”, o que cria a necessidade de se desenvolver novas ferramentas para armazenamento e tratamento de sinais. Os resultados geram então relatórios parciais que podem ser disponibilizados eletronicamente ao cliente e/ou consultores. Esta abordagem permite inclusive o reaproveitamento de dados coletados para novas análises que se fizerem necessárias ao operador ferroviário.

6. Referencias

- [1] Hartley, R.S, Swart, J. L, Mulder, J. M., Development of an Instrumented Measuring Wagon to Monitor the Performance of Electronically Controlled Pneumatic Brakes, In: 10th International Heavy Haul Association Conference, 2013, Nova Déli, Índia. Anais... Volume II, p. 452-458.
- [2] TAKING an innovative approach to railway condition monitoring, Track & Signal Magazine, Australia, Winter 2012, p. 70-72.
- [3] FERREIRA, S.I. , NISHIMURA, C. M. O., Ensaio de campo para avaliação de vagões com engates Instrumentados em trens de minério (Percurso TOD a Brisamar) 2º Relatório Parcial

7. Autores

João Carlos Sávio Cordeiro, Bacharel em Física pela Universidade de São Paulo (2001). Atualmente é Pesquisador I do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Instrumentação. cordeiro@ipt.br

Sérgio Inácio Ferreira, Possui graduação em Eng Mecânica pela UMC (1986), mestrado em Engenharia Mecânica pela USP (1993) e doutorado em Engenharia Naval e Oceânica pela USP (1999). Atualmente é pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, Dinâmica Veicular, Instrumentação e Controle e Transporte. ferreira@ipt.br