

CÁLCULO DA DISTÂNCIA PERCORRIDA EM UM SISTEMA DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DOS TRENS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE

CALCULATION OF DISTANCE COVERED IN A REAL-TIME MONITORING SYSTEM OF TRAINS IN THE METROPOLITAN REGION OF RECIFE

Izavan dos Santos Correia¹

isc1@discente.ifpe.edu.br¹

Steffano Xavier Pereira²

sxp@discente.ifpe.edu.br²

Marcelo Tavares Viana³

mtviana0@gmail.com³

Moacir Martins Machado⁴

moacirmachado@recife.ifpe.edu.br⁴

Henrique Correia Torres Santos⁵

henrique.santos@recife.ifpe.edu.br⁵

Rômulo César Carvalho de Araújo⁶

romuloaraujo@recife.ifpe.edu.br⁶

Henrique Correia Torres Santos

henrique.santos@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

O Sistema de Transporte Metroferroviário da Região Metropolitana do Recife é de grande importância para o deslocamento dos seus munícipes. O Sistema RailBee surgiu como um Sistema telemétrico dinâmico e autônomo que utiliza uma rede de sensores sem fio e sistemas eletrônicos embarcados. O RailBee realiza o monitoramento estratégico dos trens da Região Metropolitana do Recife com a finalidade de melhorar os serviços prestados aos seus usuários. Dessa forma, o Grupo de Pesquisa desenvolve novas tecnologias para auxiliar no monitoramento dos trens e contribuir com o avanço do setor metroferroviário. Dentre os módulos que compõem o RailBee destaca-se o Módulo Acelerômetro RailBee. O referido módulo é um

dispositivo de caráter inovador o qual é composto por sensores inerciais. Os sensores inerciais captam as informações dos trens e, através da aplicação de algoritmos no seu software, torna possível obter a aceleração, orientação, inclinação, posição e distância percorrida pelo trem na via férrea. Essas informações são enviadas, por meio do Sistema Telemétrico RailBee até o Centro de Controle Operacional. No Centro de Controle os dados são visualizados pelos controladores de tráfego, técnicos e engenheiros. O Sistema Telemétrico RailBee vai possibilitar que as decisões estratégicas dos funcionários do Sistema de Transporte Metroferroviário ocorram de forma mais rápida e segura.

Palavras-chave: Acelerômetro; RailBee; Telemétrico;

ABSTRACT

The Metrorail Transport System of the Metropolitan Region of Recife is of great importance for the transportation of its citizens. The RailBee System emerged as a dynamic and autonomous telemetry system, and it is composed of a network of wireless sensors and embedded electronic systems. RailBee performs the strategic monitoring of trains in the Metropolitan Region of Recife in order to improve the services provided to its users. Thus, our research group develops new technologies to assist in the monitoring of trains and contribute to the advancement of the metro-railway sector. Among the modules that make up RailBee, the RailBee Accelerometer Module stands out. This module is an innovative device composed of inertial sensors. Inertial sensors capture information from trains and, through the application of algorithms in their software, they make it possible to obtain information on the acceleration, orientation, inclination, position and distance traveled by the train on the railroad. This information is sent, through the RailBee Telemetric System, to the Operational Control Center. In the Control Center the data is visualized by traffic controllers, technicians and engineers. The RailBee Telemetric System will enable the strategic decisions of employees of the Metrorail Transport System to take place more quickly and safely.

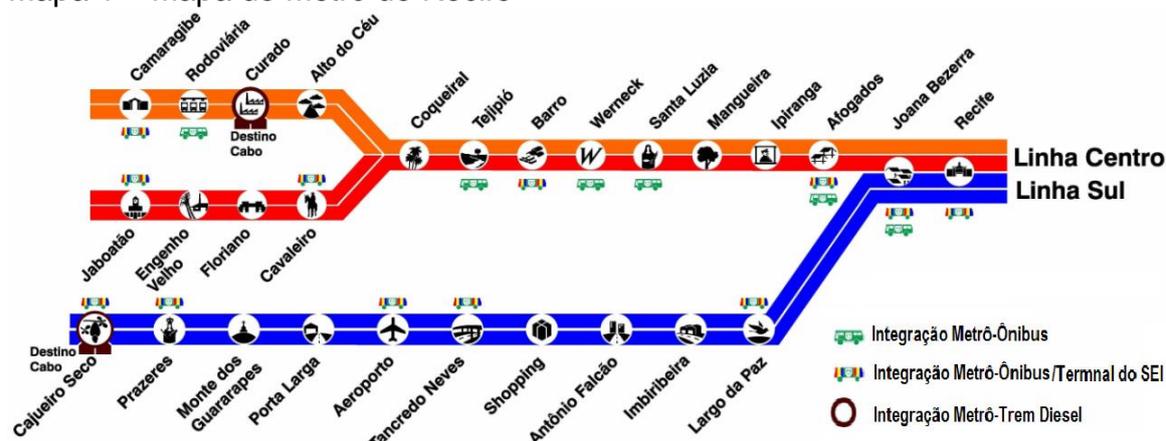
Keywords: Accelerometer; RailBee; Telemetric;

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Trens Urbanos da Região Metropolitana do Recife (RMR) opera com três linhas ferroviárias: Centro, Sul e Diesel. O sistema telemétrico dinâmico e autônomo, descrito neste trabalho, foi desenvolvido e implantado na linha Sul.

A linha Sul tem uma extensão de 13,8 quilômetros, possui 12 estações de passageiros, faz conexão com a Linha Centro nas estações Recife e Joana Bezerra e conecta-se com a Linha Diesel em Cajueiro Seco. A Figura 1 apresenta o mapa do metrô de Recife.

Mapa 1 – Mapa do Metrô de Recife



Fonte: CBTU/METROREC STU-REC (2020)

O Sistema Telemétrico RailBee surge como um sistema inovador, autônomo e dinâmico capaz de monitorar em tempo real a distância percorrida pelo trem através de uma rede de sensores sem fio e um conjunto de sistemas embarcados nos trens da RMR.

Dentre esses sistemas a Estação Móvel (EM) é um dispositivo eletrônico embarcado que fica localizada dentro da cabine do trem, conectada ao computador de bordo, ela tem a função de um transdutor dos sinais elétricos advindos do trem em informações para o RailBee, essas informações são tanto de grandeza analógica como a velocidade real, quanto de grandeza digital como indicação de porta (aberta ou fechada), e condição de cabine (frente ou ré). Assim, conforme Pereira e Araújo (2020), uma EM é formada por um microcontrolador e um transmissor de radiofrequência (RF). O microcontrolador vai receber os sinais elétricos dos sensores e realizar a sua codificação, bem como o empacotamento dos dados; já o transmissor vai enviar esses sinais via radiofrequência para o sistema telemétrico tendo como destino final o Centro de Controle Operacional dos trens.

O Módulo Acelerômetro pode ser definido como uma Estação Móvel embarcada com o uso de sensores para captar informações de meio inercial em tempo real e aplicado ao Sistema Telemétrico RailBee.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Módulo Acelerômetro RailBee (MARB) tem uma tecnologia de caráter inovador, é um dispositivo eletrônico de baixo custo e foi projetado, desenvolvido e fabricado pelo Grupo RailBee para integrar um conjunto de tecnologias que fará parte da EM instalada no trem.

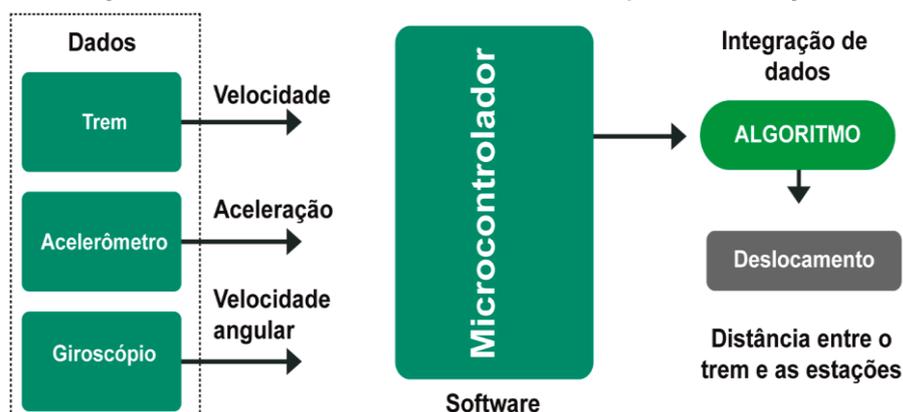
O MARB possui a finalidade de auxiliar na determinação do posicionamento do trem nas vias férreas através de cálculos realizados a partir dos dados coletados por seus sensores inerciais, como a aceleração e a velocidade. Esse posicionamento informa o deslocamento e a orientação do trem ao qual o MARB está conectado.

A composição básica do MARB consiste basicamente de 3 (três) Placas de Circuito Impresso, o microcontrolador, o de armazenamento e o de comunicação e sensores, que são acoplados em sequência. O software embarcado, no microcontrolador, realiza operações de medição a partir dos dados fornecidos pelos

próprios sensores do dispositivo em relação ao veículo em que ele está instalado. Os dados fornecidos pelos sensores são a aceleração e a velocidade angular, ambas em três eixos ortogonais.

Além das medições, também é realizado um conjunto de cálculos para a definição da orientação, da inclinação e do deslocamento do trem. A Figura 2 apresenta o diagrama em blocos das etapas que permitem a localização do trem na via e sua distância para a estação de destino.

Diagrama 2 – Diagrama em blocos representativo das etapas que permitem a localização do trem na via e a sua distância para a estação de destino



Fonte: Os autores (2022)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a distribuição das distâncias mensuradas pelo Plano de Via (Referência) e pelo MARB instalado no trem, apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2 observou-se que, após a aplicação dos testes de normalidade de Shapiro Wilk e de homogeneidade de variâncias de Bartlett, os dados possuem uma distribuição normal (Tryola, 2005; Matos, 2012).

Tabela 1 – Distâncias Mensuradas pelo MARB e pelo Plano de Vias entre as Estações da Linha Sul na Via 1.

Trecho percorrido	Média - distâncias móveis	Distâncias Fixas
Recife → Joana Bezerra	1289,95	1285,00
Joana Bezerra → Largo da Paz	1482,26	1486,60
Largo da Paz → Imbiribeira	1020,01	1018,30
Imbiribeira → Antônio Falcão	2226,90	2211,20
Antônio Falcão → Shopping	715,72	714,20
Shopping → Tancredo Neves	696,42	699,00
Tancredo Neves → Aeroporto	1342,02	1347,50

Aeroporto → Porta Larga	1468,20	1457,60
Porta Larga → Monte Guararapes	871,22	872,70
Monte Guararapes → Prazeres	1044,21	1039,10
Prazeres → Cajueiro Seco	1140,66	1138,50

Fonte: Os autores (2022)

Tabela 2 – Distâncias Mensuradas pelo MARB e pelo Plano de Vias entre as Estações da Linha Sul na Via 2.

Trecho percorrido	Média - distâncias móveis	Distâncias Fixas
Cajueiro Seco → Prazeres	1289,95	1285,00
Prazeres → Monte Guararapes	1482,26	1486,60
Monte Guararapes → Porta Larga	1020,01	1018,30
Porta Larga → Aeroporto	2226,90	2211,20
Aeroporto → Tancredo Neves	715,72	714,20
Tancredo Neves → Shopping	696,42	699,00
Shopping → Antônio Falcão	1342,02	1347,50
Antônio Falcão → Imbiribeira	1468,20	1457,60
Imbiribeira → Largo da Paz	871,22	872,70
Largo da Paz → Joana Bezerra	1044,21	1039,10
Joana Bezerra → Recife	1140,66	1138,50

Fonte: Os autores (2022)

Nesse sentido, para confirmar se as informações fornecidas pelo MARB instalado no trem têm uma relação direta com as distâncias identificadas pelo Plano de Vias (Costa, 2004) realizou-se uma análise exploratória dos dados, buscando caracterizar tanto as medidas de tendência central (média) quanto as de variabilidade (desvio padrão e coeficiente de variação). Em seguida, aplicou-se o teste t de Student para amostras independentes para a realização da comparação dos dois grupos (distâncias mensuradas pelo Plano de Via e pelo MARB) (Farias, 2016; Esteves, 2007; Gorard, 2020) e são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo estatísticos nas distâncias mensuradas pelo MARB e pelo plano de vias entre as estações da Linha Sul.

	Linha Sul na Via 1	Linha Sul na Via 2
--	--------------------	--------------------

Medida	Média - distâncias móveis	Distâncias Fixas	Média - distâncias móveis	Distâncias Fixas
Média	1208,87	1206,34	1207,04	1206,38
Desvio Padrão	434,73	430,86	434,29	430,48
Coeficiente de Variação	35,96	35,72	35,98	35,68
Coeficiente de Variação Final	-0,25		-0,296	
Teste t de Student	0,989		0,997	
Valor de p	0,05		0,05	

Fonte: Os autores (2022)

O resultado verificado na Tabela 3 da comparação indica que não houve diferença estatística na Via 1 ($p=0,989$) e na Via 2 ($p=0,997$) entre as distâncias medidas entre o Plano de Via (distâncias fixas) e entre as distâncias medidas pelo MARB instalado no trem (medidas móveis).

Diante do exposto, pode-se confirmar que o sistema utilizado MARB no trem é válido e fidedigno e pode ser empregado na mensuração das distâncias percorridas nas linhas férreas.

4 CONCLUSÕES

O RailBee é um grupo de pesquisa, ensino, extensão e inovação tecnológica que visa a construção de novas tecnologias que agreguem para o desenvolvimento do setor metroferroviário. Entre elas, temos o Módulo Acelerômetro RailBee que é um dispositivo de baixo custo que possui um caráter inovador e aplicabilidade industrial com a finalidade de auxiliar na determinação da localização de um trem na via férrea durante a sua operação, realizando a coleta de dados à distância e em tempo real.

Portanto, a inserção do Módulo Acelerômetro à EM do RailBee demonstra de maneira objetiva que é possível obter a aceleração, inclinação, orientação e o deslocamento entre as estações de passageiros do trem onde a EM está instalada.

Por ser desenvolvido de forma modular será possível, em trabalhos futuros, a integração da EM com outros sensores, como GPS ou RFID, para a disponibilização de uma visualização mais ampla dos dados advindos do trem ou aprimoramento no método de estimação e, portanto, aumentando a confiabilidade dos dados apresentados.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - SETEC/MEC), como também com o apoio do IFPE disponibilizando bolsas de PIBIC e PIBEX e pela Empresa que opera

o Sistema de Transporte Metroferroviário da RMR com disponibilização da infraestrutura para realização de testes e instalações do sistema.

REFERÊNCIAS

COSTA, Jorge. **Plano de Vias Sinalizadas e Sequência de Códigos do ATC - Linha Sul** 31/05/2004 (documento interno). Documento produzido pela empresa Alstom para a CBTU/METROREC STU-REC; armazenado no arquivo técnico do Centro de Controle Operacional do Metrô do Recife.

ESTEVES, Eduardo. **Apontamentos de Estatística**. Departamento de Engenharia Alimentar Escola Superior de Tecnologia, Universidade de Algarve. Versão 2.7, Pág. 18, Faro, fev. 2007. Disponível em: <https://silo.tips/download/apontamentos-de-estatistica>. Acesso em: 03 jul. 2020.

FARIAS, Ana. **Fundamentos de Estatística Aplicada**. Universidade Federal Fluminense. P. 24, dez. 2016. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20161213092956/http://www.professores.uff.br/anafarias/images/stories/meusarquivos/get00116-l-0.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.

GORARD, Stephen. **Revisiting a 90 year old Debate: The Advantages of the Mean Deviation**. Department of Educational Studies, University of York. Disponível em: <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00003759.htm>. Acesso em: 04 jun. 2020.

MATOS, Maria. **Erro e Tratamento de Dados Analíticos**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <http://www.ufjf.br/nupis/files/2012/03/aula-2-Erro-e-tratamento-de-dados-Quimica-Analitica-IV-Curso-Farmácia-2012.1.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2020.

PEREIRA, Steffano; ARAÚJO, Rômulo. **Desenvolvimento de módulos das estações móveis para aplicação ao sistema telemétrico RailBee**. In: Engenharia Elétrica e de Computação: Atividades Relacionadas com o Setor Científico e Tecnológico 3. 1. ed. Ponta Grossa-PR: Editora Atena, 2020. cap. 5, p. 49–62. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/42571>. Acesso em: 08 out. 2020.

TRIOLA, Mario. **Introdução à estatística**. 10ª edição. Tradução: Vera Regina Lima de Farias. Rio de Janeiro: LTC, 2005.