



## INTEGRAÇÃO DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA CRIAÇÃO DE UM SISTEMA TERRESTRE DE MAPEAMENTO MÓVEL

Vinícius de O. Moraes, Henrique C. de Oliveira

### RESUMO

Esta pesquisa analisa a acurácia dos dados obtidos por sensores de baixo custo e sincronizados através de programação, presentes em uma câmara GoPro, para a extração de atributos da via. Com isso, espera-se contribuir para a ampliação do conhecimento técnico, de forma a possibilitar o emprego deste material em um Sistema Terrestre de Mapeamento Móvel de Baixo Custo (STMM-BC), de acordo com a qualidade máxima obtida.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, a obtenção de geoinformação acontece, principalmente, por meio de mapeamento aéreo. Com a finalidade de agilizar o processo de mapeamento de atributos das vias, de forma a contribuir para a sua manutenção e reduzir os riscos associados às condições precárias associadas a ela, surgiram os Sistemas Terrestres de Mapeamento Móvel (STMM), que consiste na aquisição de dados mediante o georreferenciamento direto, utilizando mais de uma câmara, montadas em plataforma móvel, e integradas com sensores de posição e atitude.

Entretanto, apesar de prática, este tipo de sistema ainda é pouco acessível devido aos elevados custos associados aos sensores de alta performance utilizados, com a finalidade de obter resultados precisos. Com isso, surgem os estudos sobre a confecção de um STMM de baixo custo (STMM-BC).

Dessa maneira, o presente trabalho consistiu na extração e processamento de dados fornecidos por uma câmara de baixo custo GoPro, como posição, atitude e tempo, utilizando bibliotecas livres e obtendo a efetiva sincronização destes. Com isso, foi possível a extração e o georreferenciamento de atributos das vias, particularmente de lombadas e curvas, relacionando possíveis aplicações na área de Transportes e permitindo a utilização dos sensores em um STMM-BC em conjunto com outras câmaras.

### MATERIAIS E MÉTODOS

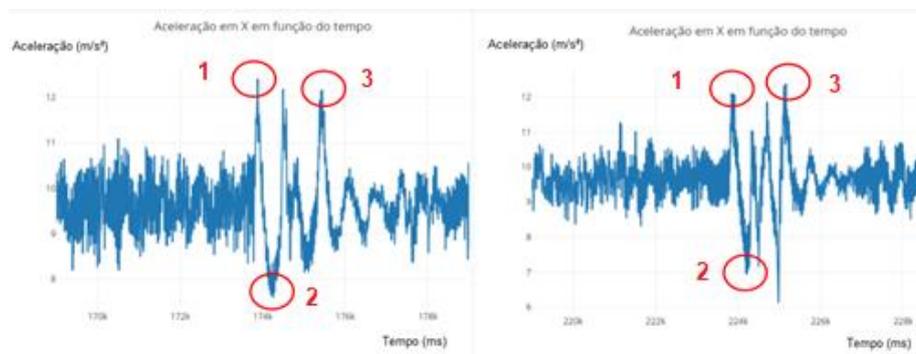
Foi utilizada uma câmara GoPro, que contém os sensores de baixo custo necessários (GPS, acelerômetro e giroscópio) desde o lançamento da série HERO5, acoplada a um veículo convencional, centralizada na parte frontal deste, de forma a capturar o percurso realizado, como mostra a Figura 1 a seguir. Com a tomada de vídeo registrada, utilizando-se de bibliotecas livres e programação, foi possível extrair os dados dos sensores presentes na câmara e sincronizá-los todos à mesma frequência de 400Hz, enumerados a seguir: tempo (ms); latitude (graus decimais); longitude (graus decimais); altitude (m); velocidade (m/s); aceleração em X ( $m/s^2$ ); aceleração em Y ( $m/s^2$ ); aceleração em Z ( $m/s^2$ ); giro em X (rad/s); giro em Y (rad/s); e giro em Z (rad/s).



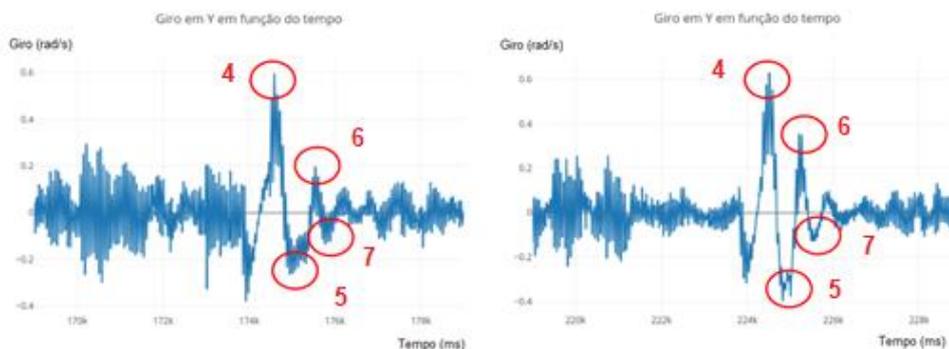
**Figura 1:** Disposição da câmara GoPro.

Em seguida, foram gerados gráficos das grandezas com maior variação referentes à cada tipo de atributo a ser extraído. Antes da lombada, o veículo freia, ou seja, há uma desaceleração linear em X (Picos 1-2), depois passa por ela provocando duas rotações no eixo Y (movimento de arfagem, em inglês *Pitch*), com magnitudes diferentes devido à posição da câmara na parte frontal do veículo (Picos 4-5 e 6-7), e finalmente, o veículo volta a acelerar após a lombada (Pico 3).

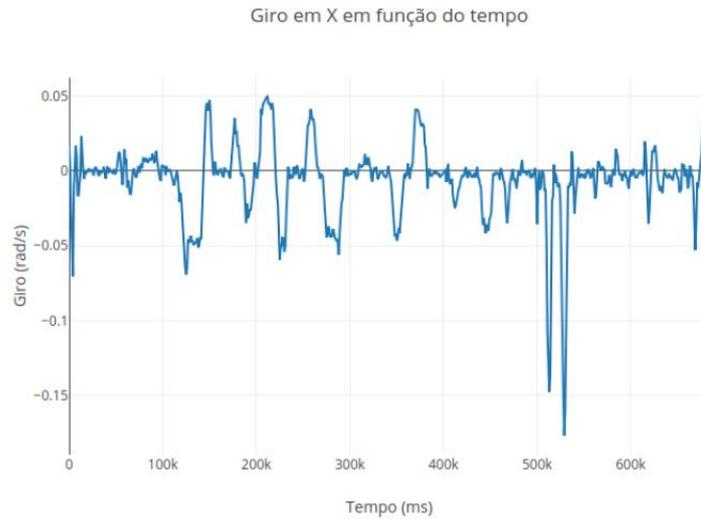
Já para a detecção de curvas, o giro em torno do eixo X (movimento de rolagem do veículo, em inglês *Roll*), devido à superelevação da via, era satisfatório para a identificação do padrão deste atributo, onde o sinal positivo ou negativo indica somente o sentido de rotação. Os gráficos podem ser visualizados nas Figuras 2, 3 e 4 a seguir.



**Figura 2:** Identificação de padrão em gráficos de aceleração no eixo X.



**Figura 3:** Identificação de padrão em gráficos de giro no eixo Y.



**Figura 4:** Gráfico de giro no eixo X em função do tempo.

## RESULTADOS

Com os padrões anteriores observados e bem definidos, segue-se com a programação necessária, de forma a extrair as feições desejadas. Primeiramente, no caso das lombadas, obteve-se os mapas digitais mostrados nas Figuras 5 e 6 adiante, com as posições das lombadas reais existentes em um trecho do campus da UNICAMP/Campinas, assim como os atributos extraídos pelo presente método. Além disso, ainda gerou-se um arquivo de texto com as coordenadas de cada lombada detectada.



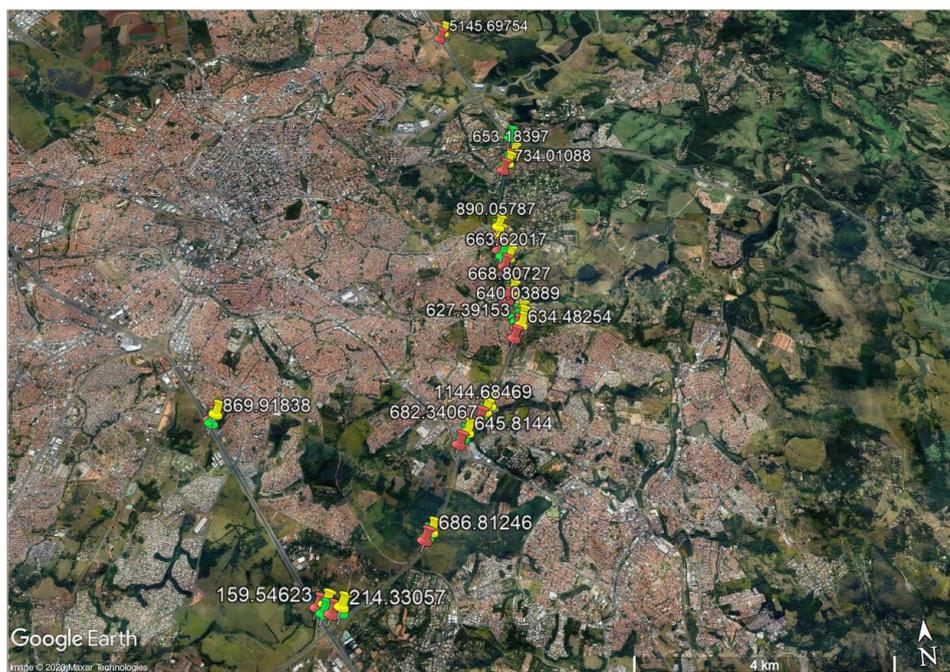
**Figura 5:** Posições reais das lombadas.



**Figura 6:** Posições das lombadas identificadas pelo método deste trabalho.

No percurso tomado, existiam 21 lombadas, entretanto o método identificou 32 destes atributos, totalizando 11 falsos positivos. Tais falhas decorrem da simplicidade do código de programação, tendo em vista o pequeno contato do aluno com esta área durante a graduação, entretanto o método funciona como um bom resultado inicial, não possuindo o objetivo de excluir o trabalho manual de verificação das feições obtidas, mas sim agilizar o processo. Como todas as lombadas reais foram extraídas, não houve falsos negativos.

Já no caso das curvas, buscou-se extrair os pontos de início, meio e fim destacados em verde, amarelo e vermelho, respectivamente, na Figura 7 a seguir, através de um percurso realizado na rodovia Dom Pedro I. Ainda, simplificando as curvas da via como circulares simples, foi possível estimar um raio de giração para cada uma delas, também identificados no mapa digital gerado. Igual ao que foi feito anteriormente, gerou-se um arquivo de texto com as coordenadas de tais pontos.



**Figura 7:** Pontos de início, meio e término das curvas detectadas.

Com a extração dos pontos de referência das curvas, buscou-se no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito de 2007, a distância mínima de desaceleração, em função do tipo e velocidade de operação da via, onde deve existir uma sinalização de advertência antes do início da curva. Assim, foi possível extrair frames da tomada de vídeo onde deveria existir uma sinalização por norma, de modo a verificar o respeito e o emprego da legislação. A Figura 8 a seguir representa um exemplo de um frame extraído.



**Figura 8:** Frame com sinalização de advertência extraído para a primeira curva identificada.

## CONCLUSÕES

Após a finalização do presente trabalho, e tendo em vista os resultados obtidos, acredita-se que este contribuiu para a disseminação do conhecimento sobre novos procedimentos de aquisição de geoinformação, sobretudo de forma prática e mais barata em relação ao que se tem disponível atualmente no mercado.

Percebe-se que com o grau de acurácia obtido, a metodologia pode ser utilizada em um STMM-BC, no mínimo, agilizando o processo de verificação das feições extraídas em relação à conformidade com a segurança dos usuários. Destaca-se também os resultados positivos e os objetivos alcançados do trabalho, como a efetiva sincronização dos sensores de baixo custo presentes na GoPro e os mapas gerados automaticamente pelo algoritmo, utilizando os dados do receptor GPS obtidos pela GoPro com um nível de precisão adequado para a aplicação proposta de extração de lombadas e detecção de curvas.

Ainda, foi desenvolvido pelo aluno, tutoriais de como realizar a extração dos dados e utilizar o algoritmo, proporcionando a continuidade de estudos na área em questão, como a própria otimização do algoritmo e de seus parâmetros, e também a utilização da câmara em conjunto com outras do mesmo modelo, buscando aumentar a sensibilidade do sistema em relação aos dados obtidos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradece-se ao PIBIC-CNPq, pela bolsa de iniciação científica concedida para a realização do presente trabalho; ao Prof. Dr. Henrique Candido de Oliveira, pela orientação e suporte ao longo de todo o trabalho; aos doutorandos, mestrandos e alunos de iniciação científica que fizeram parte do grupo de pesquisa, pelo auxílio em partes durante a realização desta pesquisa; e a todas as pessoas próximas, família e amigos, pelo suporte durante a execução do presente trabalho.