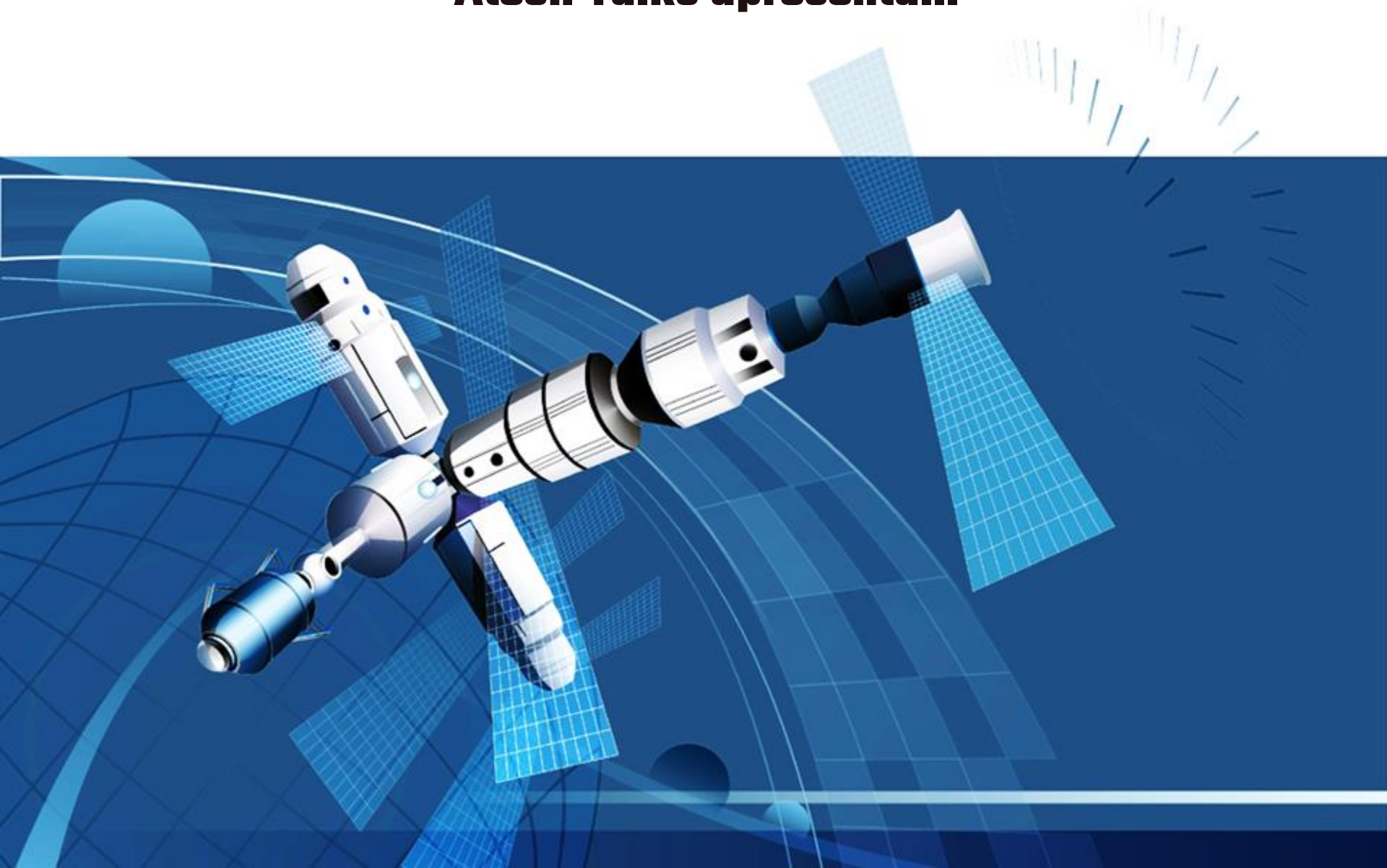


Atech Talks apresenta...



**Fui mexer em Satélites com
Arduino e olha no que deu!**



Sistema de Determinação de Atitude Utilizando Acelerômetro e Giroscópio

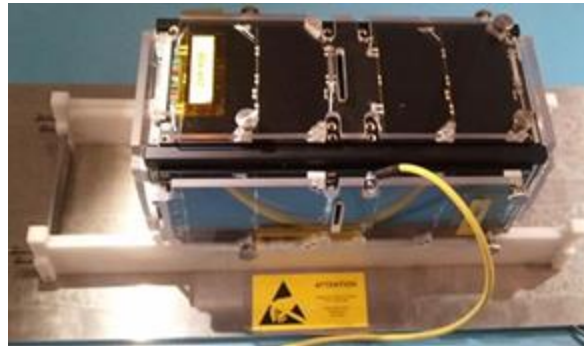


**Uma aplicação do MPU-6050 com
Arduino Uno**

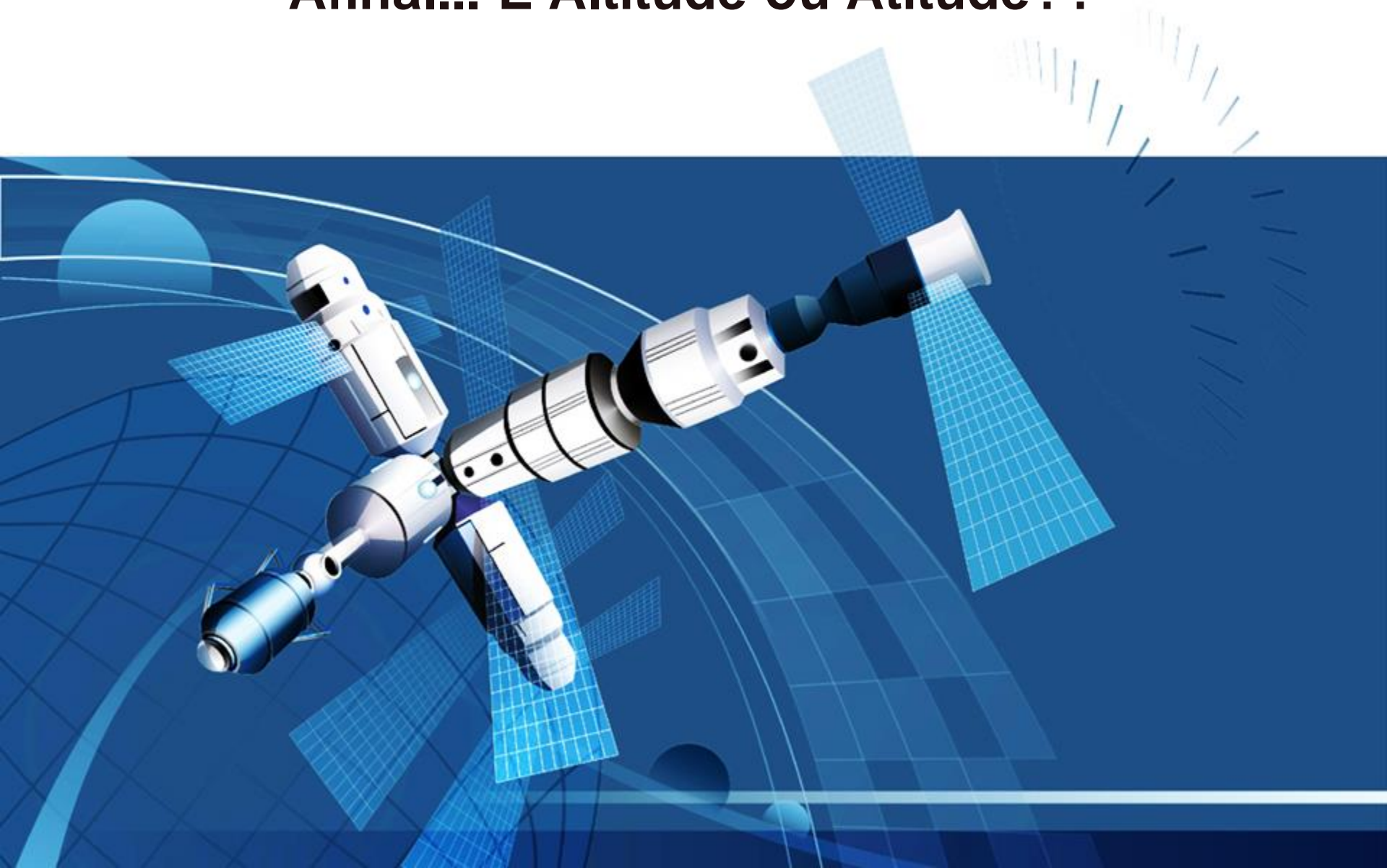
Palestrante: Bruno Bevilacqua

Resumo Geral

- Objetivo Principal: Estudar e implantar um sistema de determinação de atitude para veículos aeroespaciais, utilizando sensores embarcados do tipo MEMS;
- Aplicações: Nanossatélites (Cubesats) e Veículos aéreos não Tripulados (VANT).



Afinal... É Altitude ou Atitude??

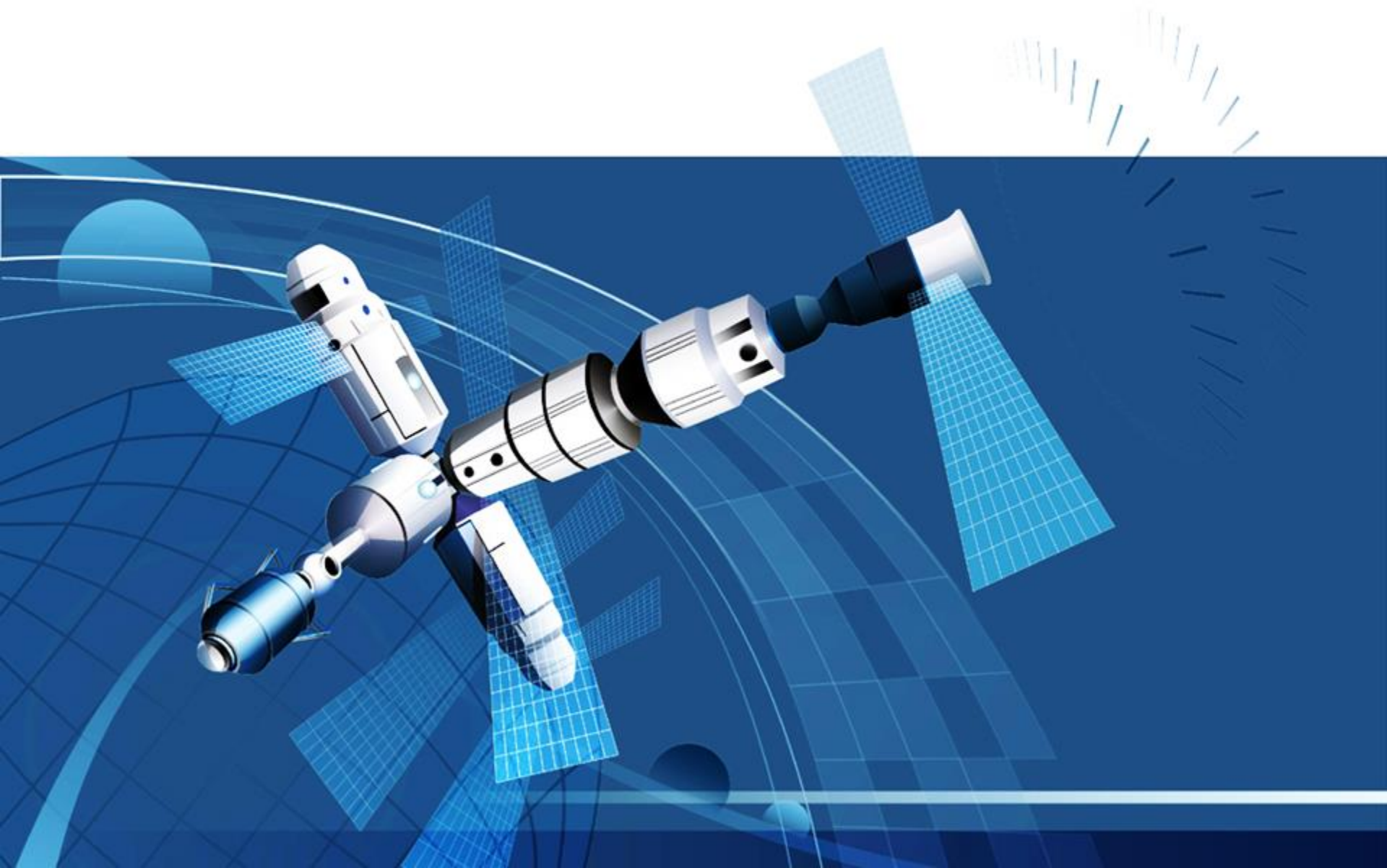


Definição de Atitude

- Atitude: É uma denominação do setor aeroespacial para a orientação de um objeto (satélites, espaçonaves etc.) em relação a algum referencial de interesse, como o referencial orbital, ou o referencial inercial centrado na Terra.



Vamos falar do Hardware!



Sistemas Embarcados e Dispositivos MEMS

- Sistemas Embarcados: Dedicam-se a processar determinadas funções específicas;
- Dispositivo MEMS: Sistemas Eletromecânicos com dimensões reduzidas;
- CI utilizado: IMU modelo MPU-6050 equipado com giroscópio 3 eixos e acelerômetro 3 eixos.



Processador

- Plataforma Arduino Mega 2560

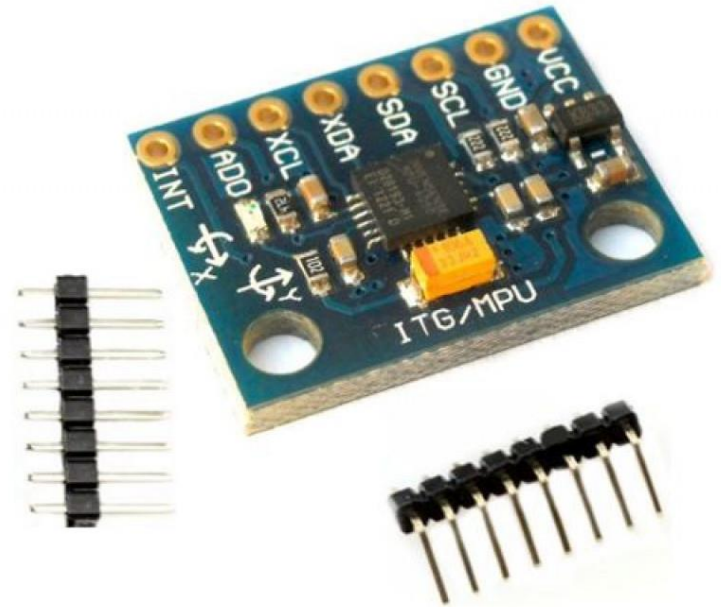


- Plataforma Arduino Uno
(Utilizada nos primeiros testes com acelerômetro e giroscópio)



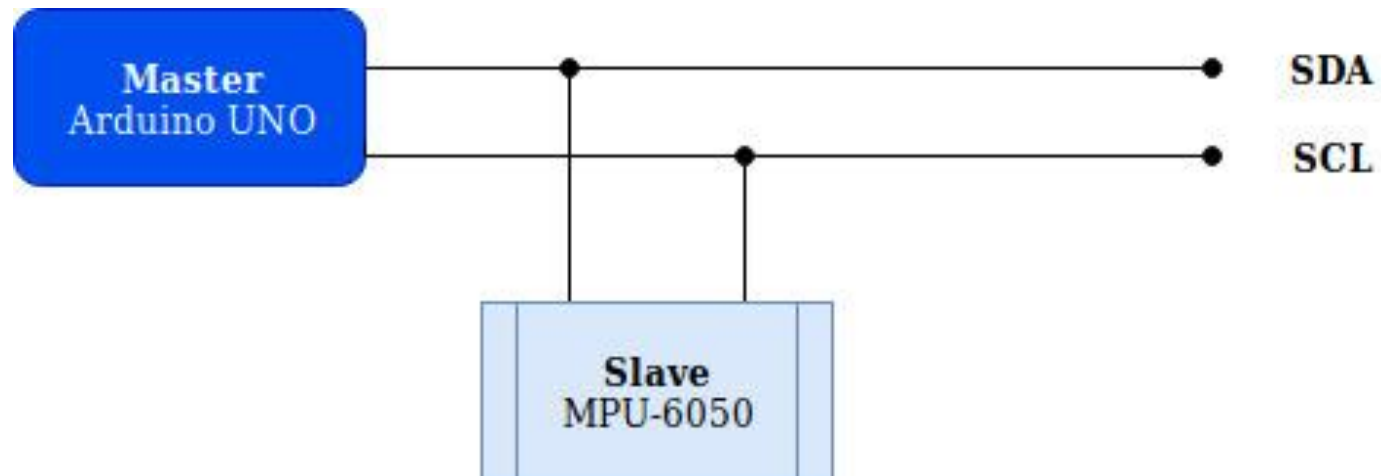
MPU-6050

- Tensão de Operação: 3-5V;
- Conversor AD 16 bits;
- Comunicação: Protocolo padrão I2C;
- Faixa do Giroscópio: ± 250 , 500, 1000, 2000°/s;
- Faixa do Acelerômetro: ± 2 , ± 4 , ± 8 , $\pm 16g$;
- Dimensões: 20 x 16 x 1mm.



Arquitetura do Hardware

- Protocolo de Comunicação I2C.



Acelerômetro e Giroscópio

- O acelerômetro é um equipamento utilizado para mensurar a aceleração própria;
- Os giroscópios são utilizados para medir orientação levando em conta a velocidade angular do objeto estudado;
- Um giroscópio MEMS mede a velocidade angular, a partir do qual se pode calcular o ângulo.



Um pouco de Metodologia...

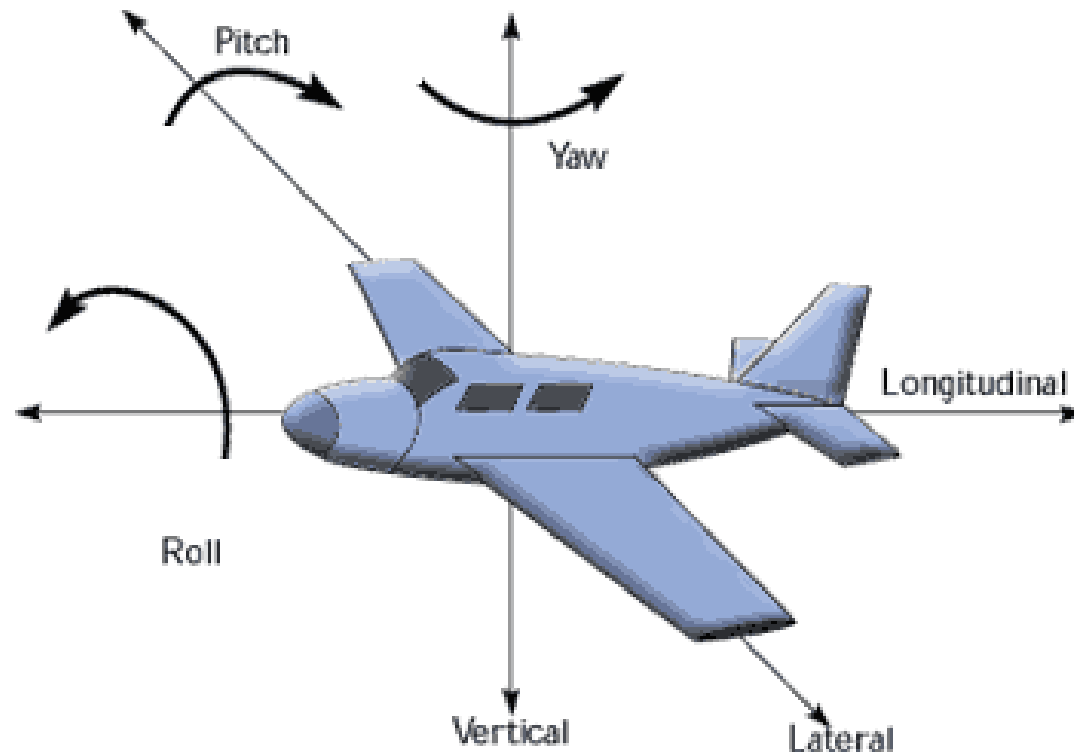


Determinação da Atitude

- Métodos:
 - **Estimação Estática: TRIAD, Método Q, Quest;**
 - **Estimação Dinâmica: Filtro de Kalman.**
 - Faz uso dos resultados da estimação estática para combinação com as informações provindas do modelo do movimento (predição).



Ângulos Pitch e Row

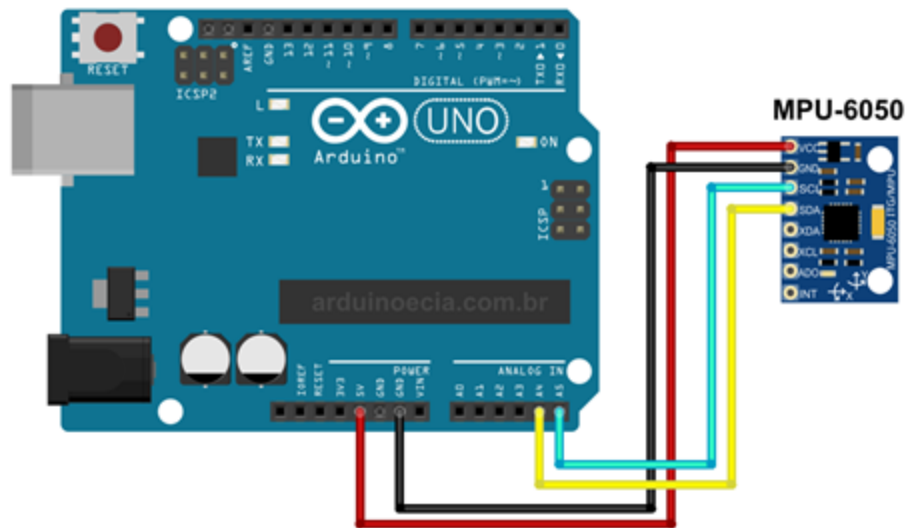


Filtro de Kalman

- Filtragem de ruídos aleatórios a partir de medidas e previsões de modelos da dinâmica deste sistema;
- Trata de sistemas lineares;
- Filtro Estendido de Kalman representa uma versão deste algoritmo para sistemas não lineares;
- É composto de duas etapas distintas: predição e correção.



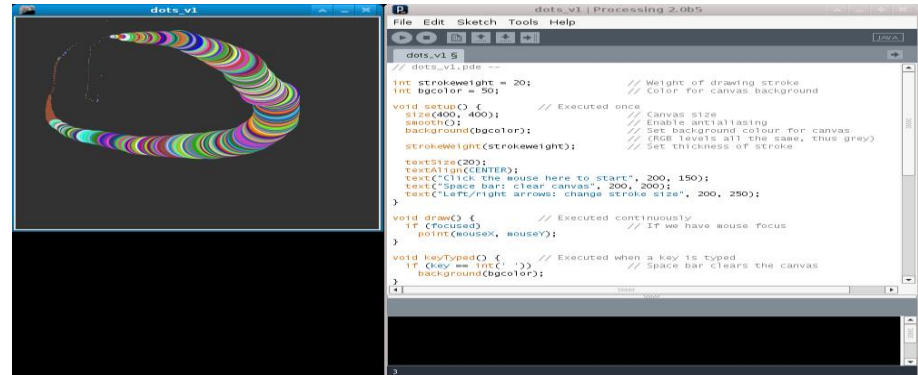
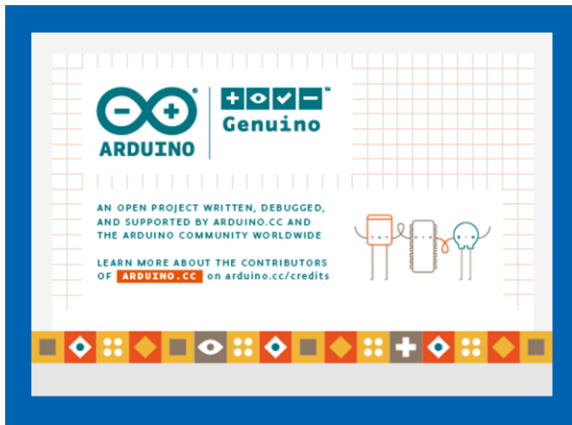
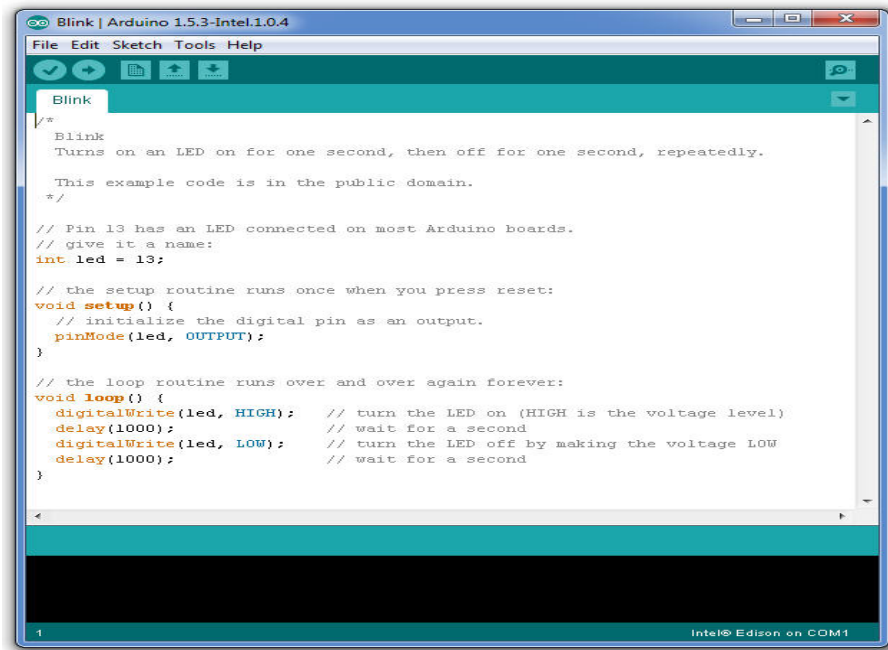
Montagem do aparato



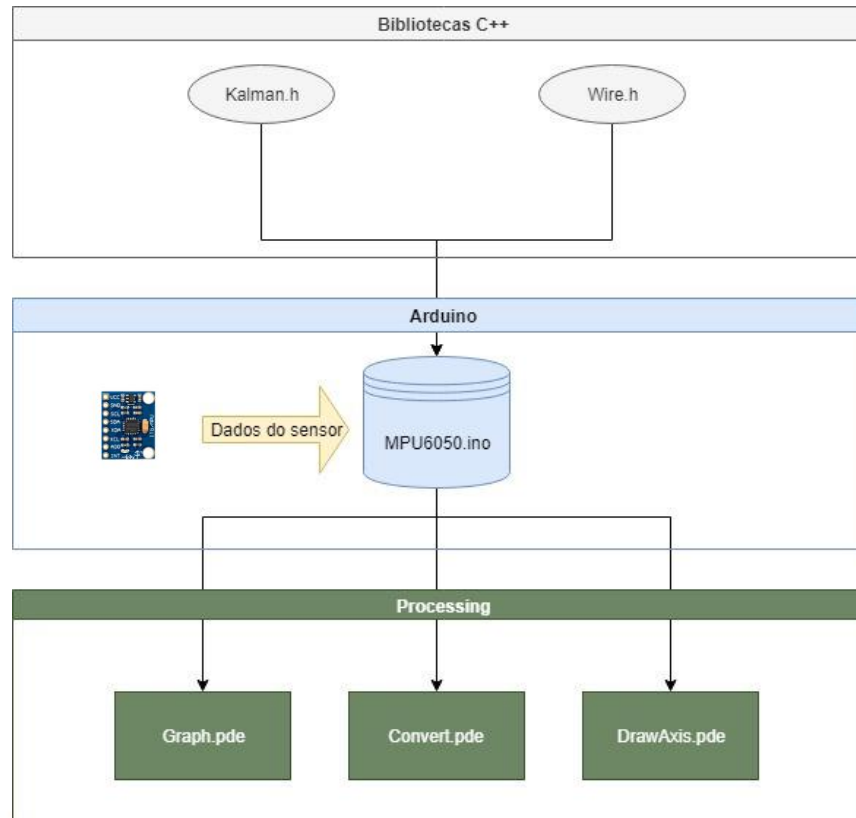
Vamos falar do código!



IDEs Utilizadas

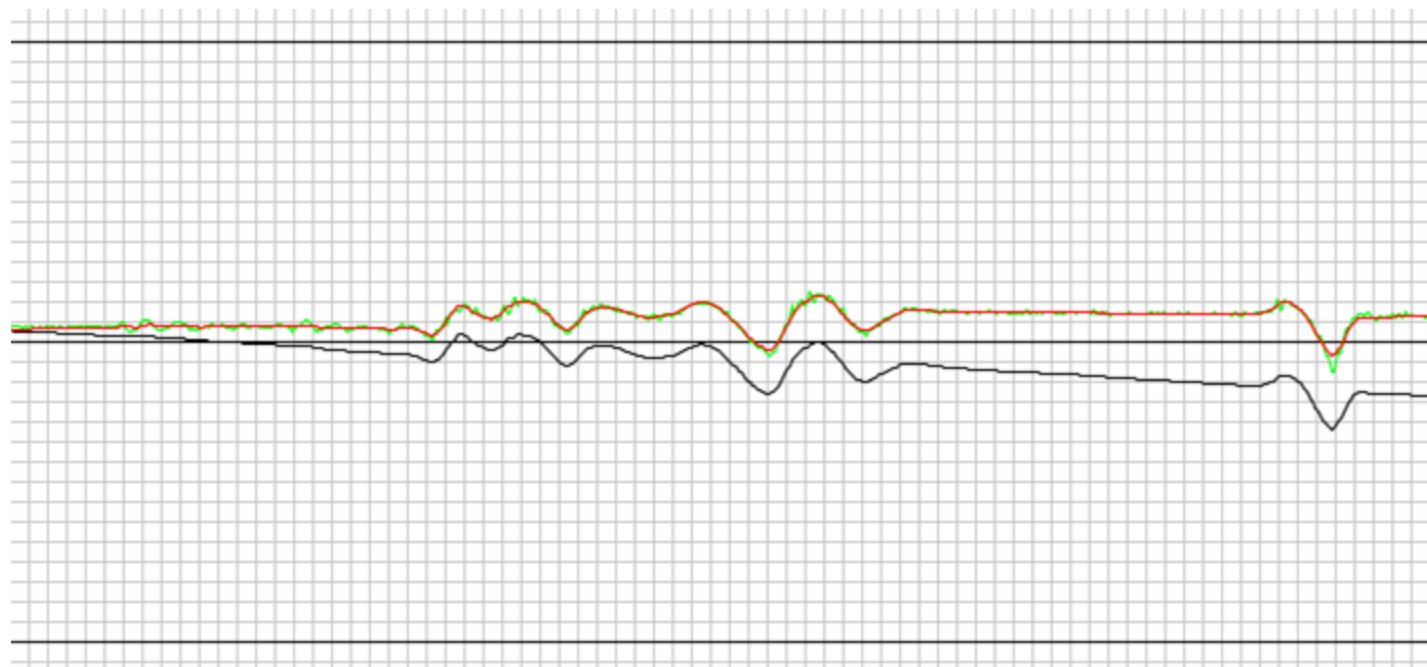


Arquitetura do Software



Resultados e Discussões

Estudo para eixo X (Instantes Iniciais)

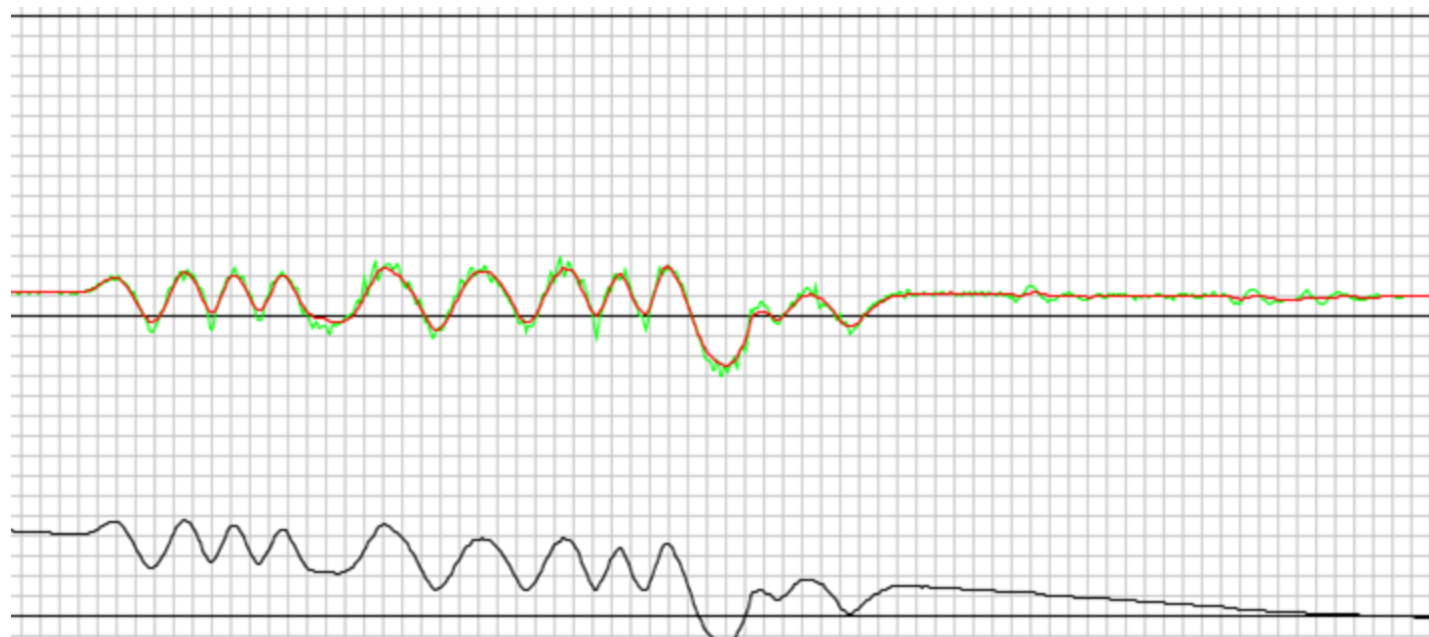


- Filtro Kalman
- Acelerômetro
- Giroscópio



Resultados e Discussões

Estudo para eixo X (passados 15 segundos)

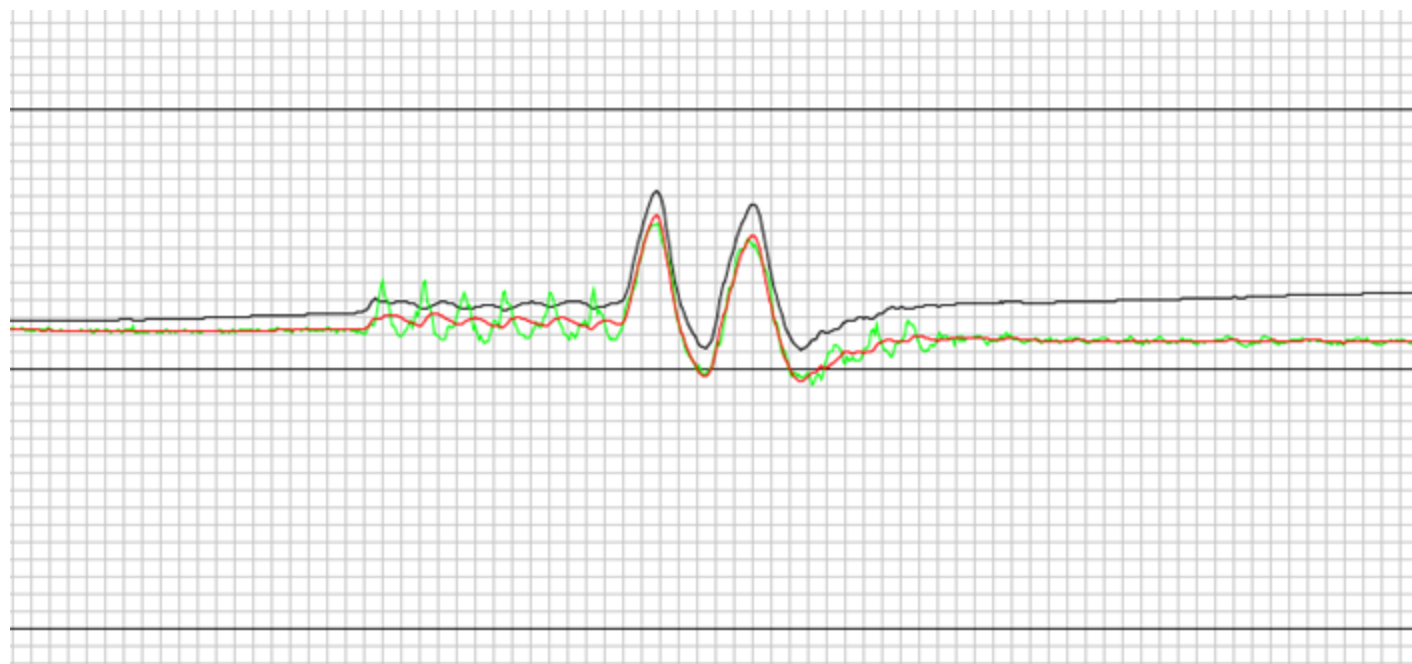


- Filtro Kalman
- Acelerômetro
- Giroscópio



Resultados e Discussões

Estudo para eixo Y (Instantes Iniciais)

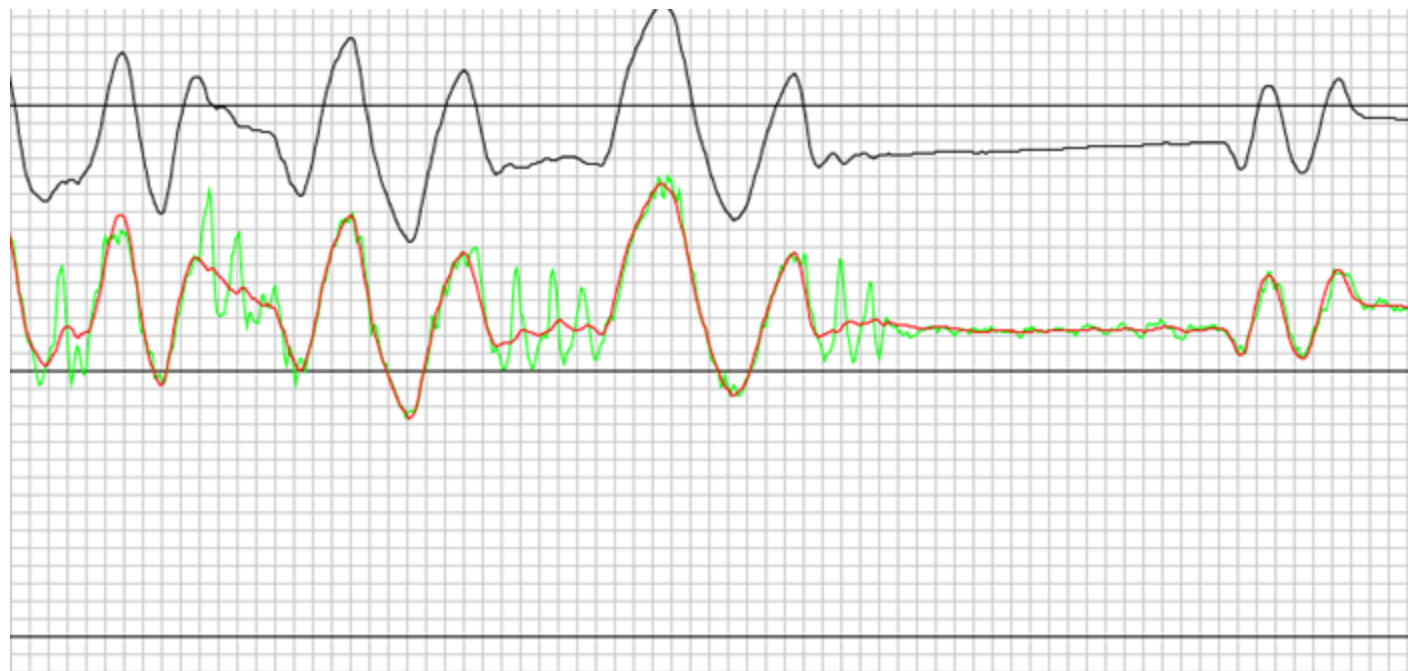


- Filtro Kalman
- Acelerômetro
- Giroscópio



Resultados e Discussões

Estudo para eixo Y (passados 15 segundos)



- Filtro Kalman
- Acelerômetro
- Giroscópio



Conclusões

- Os dados do Giroscópio (Preto) apresenta maior divergência com relação aos dados do acelerômetro (Verde) e Filtro de Kalman (Vermelho). Esse efeito se atenua ao longo do tempo. Apesar disso é um sinal com pouco ruído;
- Já o acelerômetro (Verde), converge com a modelagem do Filtro de Kalman, porém apresenta muito ruído, caracterizando-o como sinal pouco preciso;
- Ambos apresentam erros que prejudicam tanto na precisão, quanto na exatidão do resultado;
- Utilização de um Filtro Estatístico ou de Predição se mostra fundamental.



Simulação e Teste

Visualização e acompanhamento de movimento do sensor em tempo real utilizando 'Processing'.



Referências

- KALMAN FILTER. Website. Disponível em: <https://github.com/TKJElectronics/KalmanFilter> Acessado em 30 de março de 2019;
- Shuster, M.D; Oh, S.D. Three-axis attitude determination from vector observations. Journal of Guidance and Control, Vol. 4, No. 1, 1981, pp. 70-77;
- NANOSATC-BR. INPE. Website. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/nanosat/index.php> Acessado em 2 de abril de 2016;
- Hall, Christopher D. Spacecraft Attitude Dynamics and Control. Notas de aulas. Virginia Tech, 2003.

