

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA



ANÁLISE DE VIBRAÇÕES UTILIZANDO ACELERÔMETRO

Alunos: Augusto Cargnin Morcelli e Jonas Gonçalves Muller.

Curso: Vibrações Mecânicas.

Data: 09/07/2018.

De forma a obter um sinal de vibração no domínio do tempo, foram utilizados dois smartphones diferentes para vias de comparação: Asus Zenfone 3 ZE520KL e Moto G5 XT1683. Dessa forma é possível obter uma verificação da precisão do acelerômetro dos smartphones utilizados.

Utilizando o app iNVH da Bosch, é possível mensurar as variações na aceleração do smartphone com relação ao tempo, relativas aos 3 eixos do mesmo. Assim, se faz necessário ter conhecimento dos eixos originais do telefone:

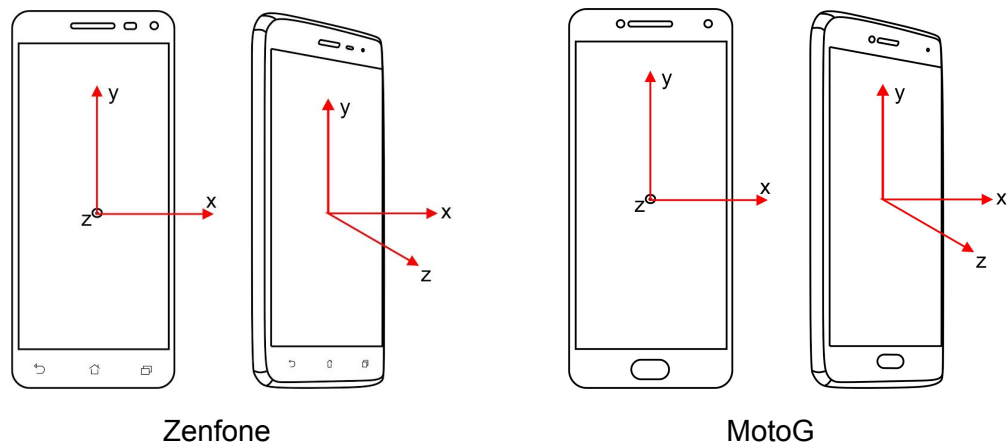


Figura 1 - Aparelhos utilizados e seu sistema de coordenadas.

Dessa forma, desprezando os dados iniciais e finais, uma vez que ao pressionar o botão para iniciar ou finalizar a escrita de dados cria-se um distúrbio na gravação, têm-se os seguintes gráficos para a aceleração relacionada ao tempo:

Segundo a teoria que envolve a transformada rápida de Fourier ou *Fast Fourier Transform* (FFT), qualquer sinal no domínio do tempo pode ser desmembrado como uma soma de “n” ondas senoidais com amplitudes e frequências diferentes. Basicamente, a FFT encontra as frequências e amplitudes dessas ondas que, se somadas, resultam no próprio sinal de entrada. Assim, tem-se como saída da aplicação da transformada um gráfico no domínio da frequência. No caso deste trabalho, teremos como sinal de entrada aceleração [m/s^2] (que é a amplitude do sinal) em função do tempo [s]. Após a aplicação da FFT, teremos como sinal de saída aceleração [m/s^2] em função da frequência [Hz].

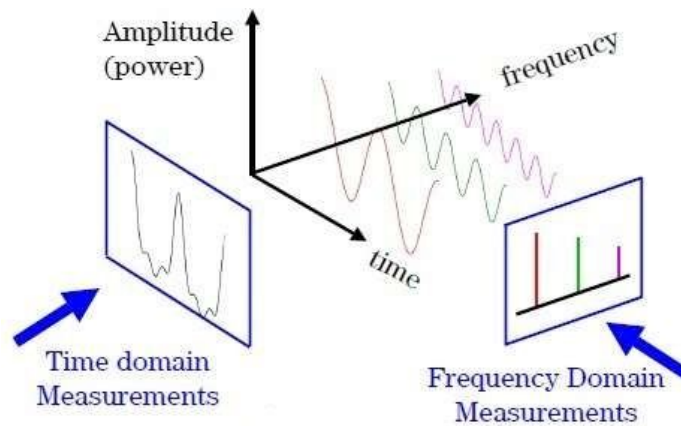
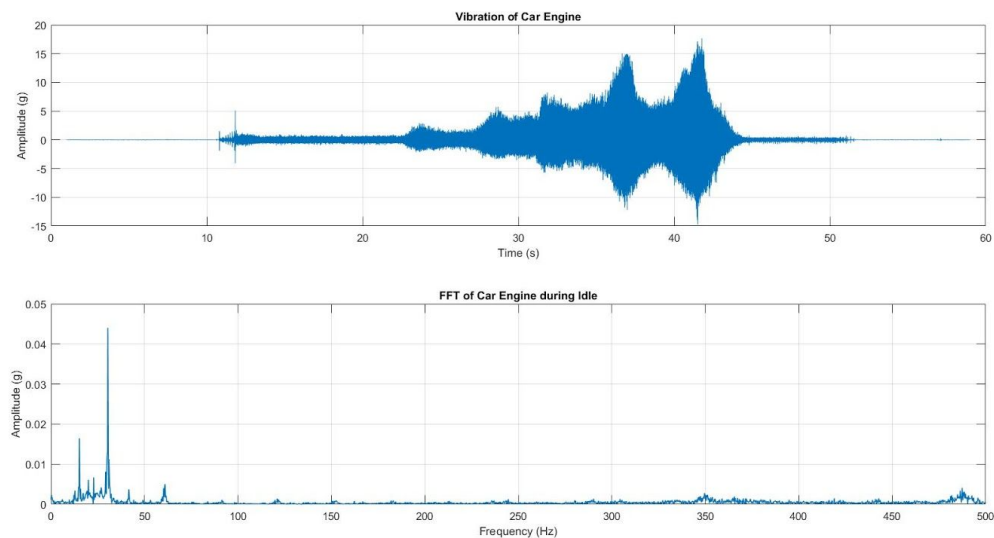
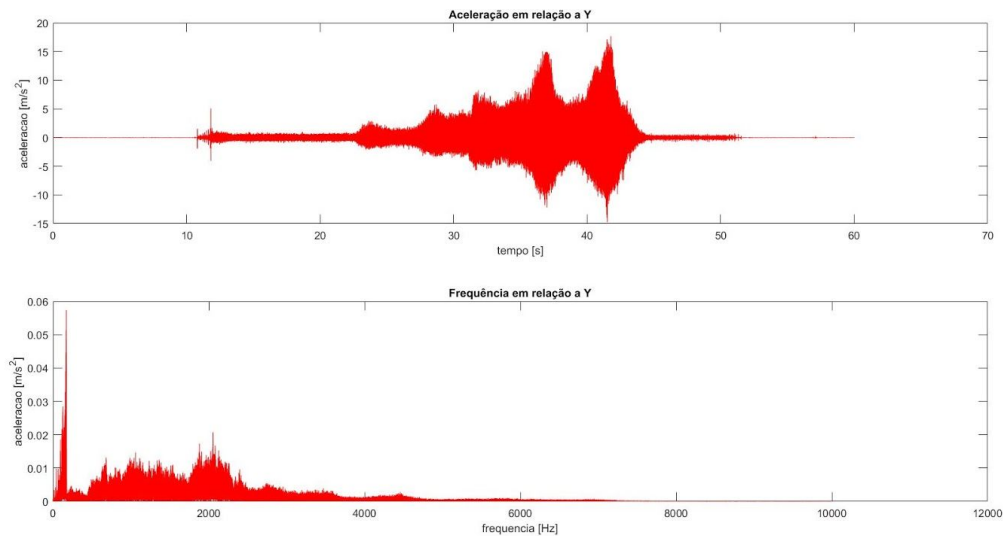


Figura 2 - Transformada Rápida de Fourier.

Conhecendo isso e utilizando a transformada rápida de Fourier, é possível obter os gráficos para o domínio da frequência em relação a aceleração.

Antes de iniciar as plotagens no programa MATLAB, decidiu-se testar se ele estava respondendo com um sinal de saída coerente. Portanto, através de pesquisas, achou-se um banco de dados público da *Mide Technology*, que trata sobre vibrações em carros e aeronaves. Comparando as respostas dadas pelo programa desse trabalho (em vermelho) e o programa da empresa *Mide* (em azul), ao utilizar o mesmo banco de dados, temos:

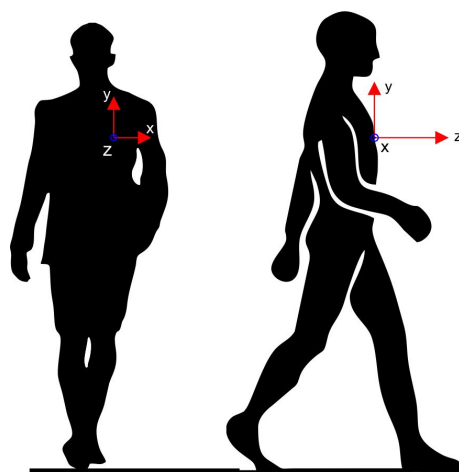




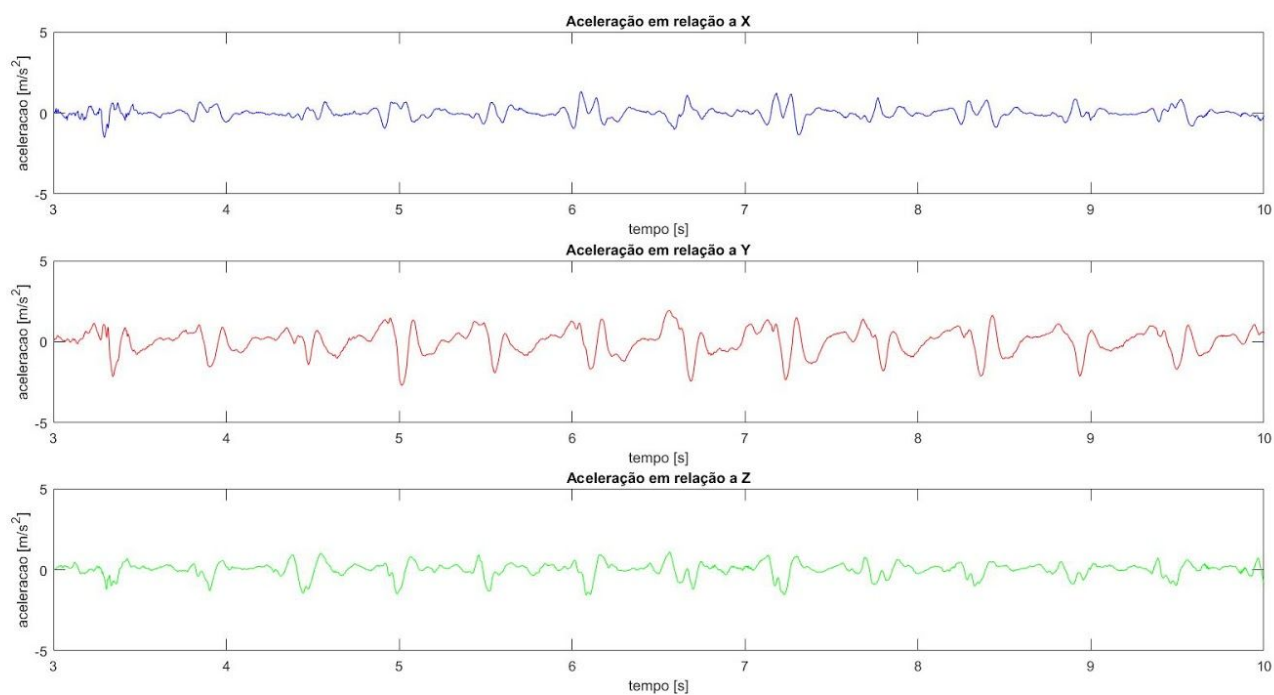
Portanto, esse exercício confirmou o funcionamento do programa. Assim, partiu-se para a edição dos dados e plotagens. Os gráficos de aceleração pelo tempo que aparecem deslocados para direita tiveram sua parte inicial cortada devido a influência da manipulação do celular ao começar a gravação das frequências. Tomou-se esse mesmo cuidado ao cortar as partes finais das gravações, a fim de manter o dados somente referentes ao ato de estudo (caminhada, vibrações no ônibus, etc.). Nota-se que em algumas medições não foi necessário nenhuma manipulação do celular pois o gráfico inicia-se em $t = 0s$.

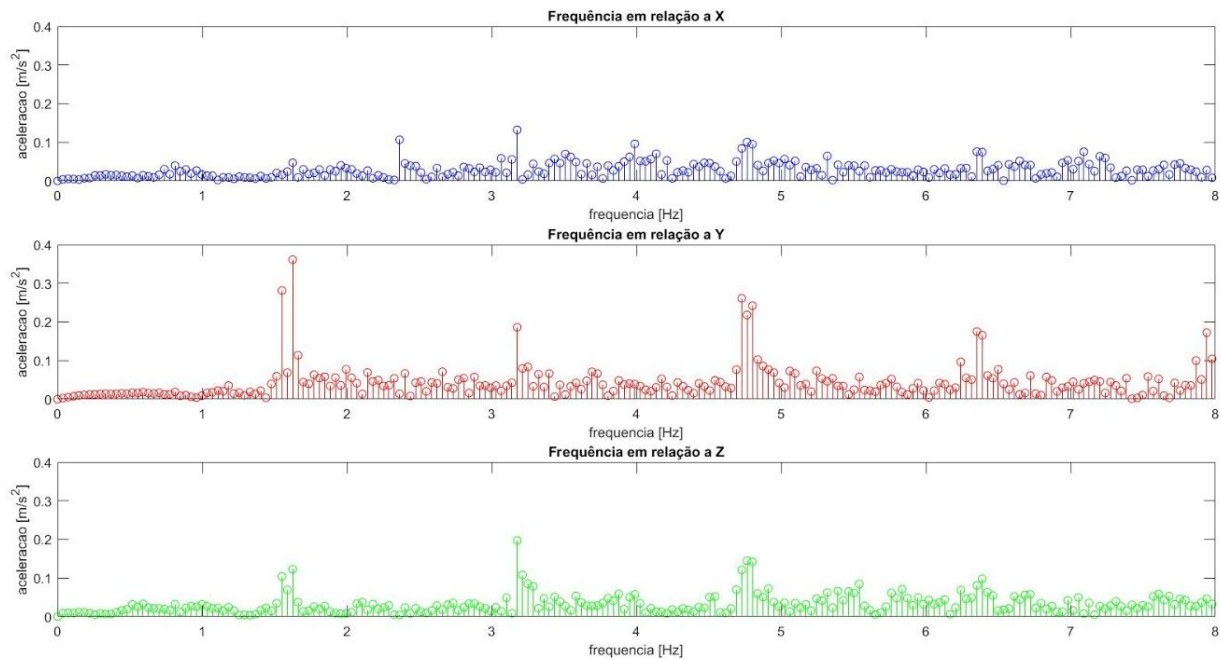
Exercício A : Caminhada.

Para análise da locomoção natural do corpo humano, foi realizada uma caminhada a passo normal pelos dois alunos, utilizando cada um o seu dispositivo celular. Colocou-se o celular no bolso interno do casaco e evitou-se balançar as mãos com uma amplitude que pudesse influenciar consideravelmente na análise. O sistema de coordenadas dos celulares durante as medições está explicitado pela imagem a seguir:



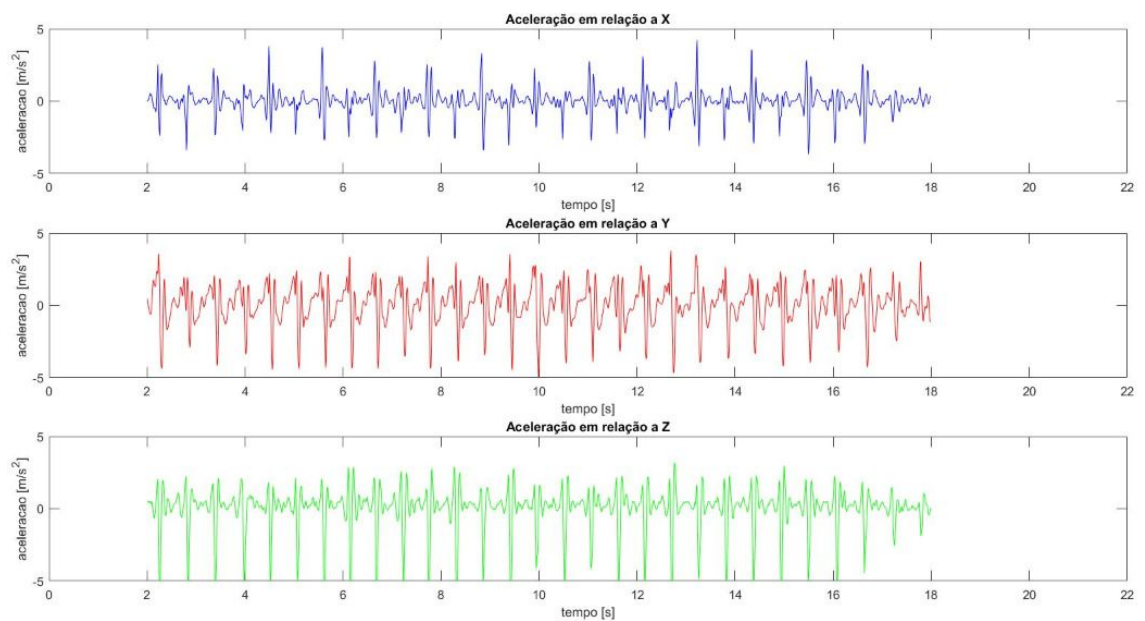
Os resultados da primeira medição e da FFT do sinal de entrada são:

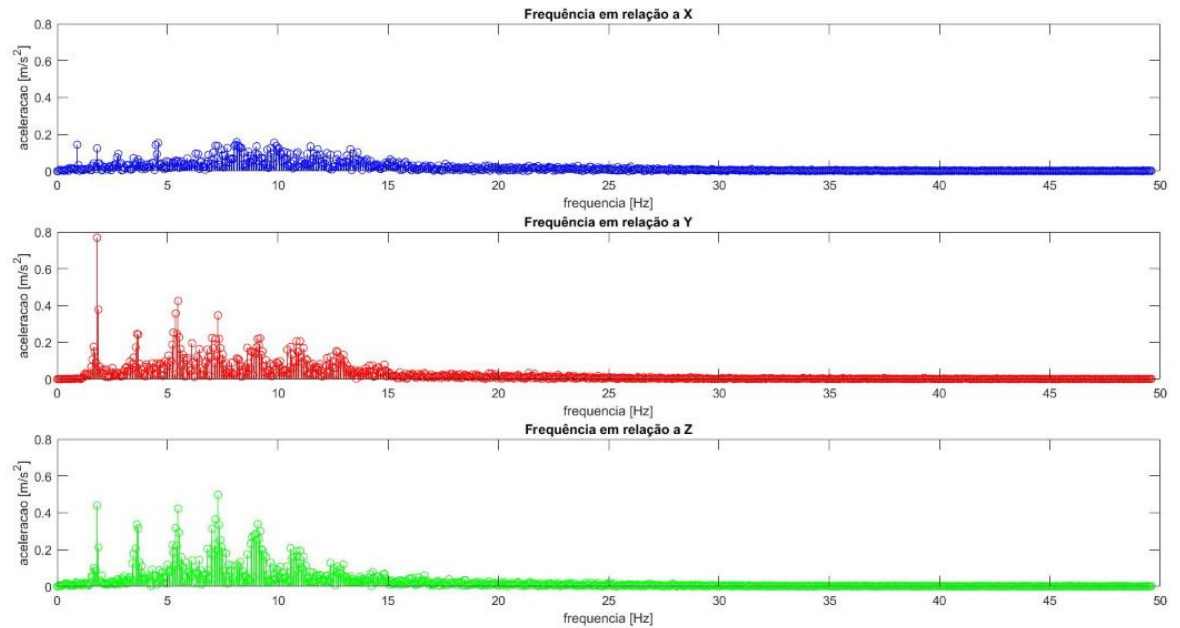




Assim, identifica-se um pico predominante de frequência de 1,6 Hz, o que é congruente com a bibliografia (Bachmann e Ammann, 1987), uma vez que para passadas lentas a frequência de passo é em média 1,7 Hz.

Para a segunda medição, obteve-se como resposta:

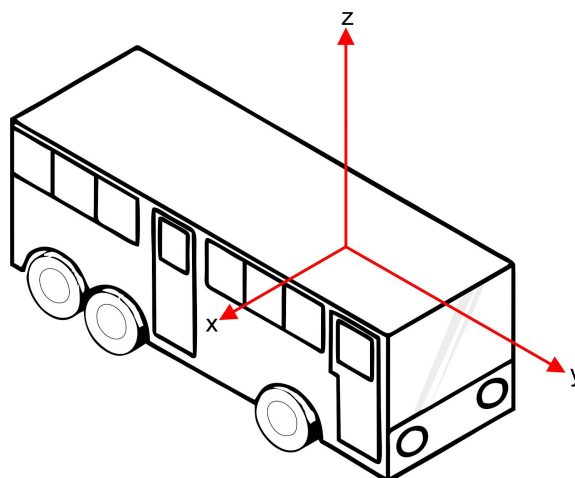




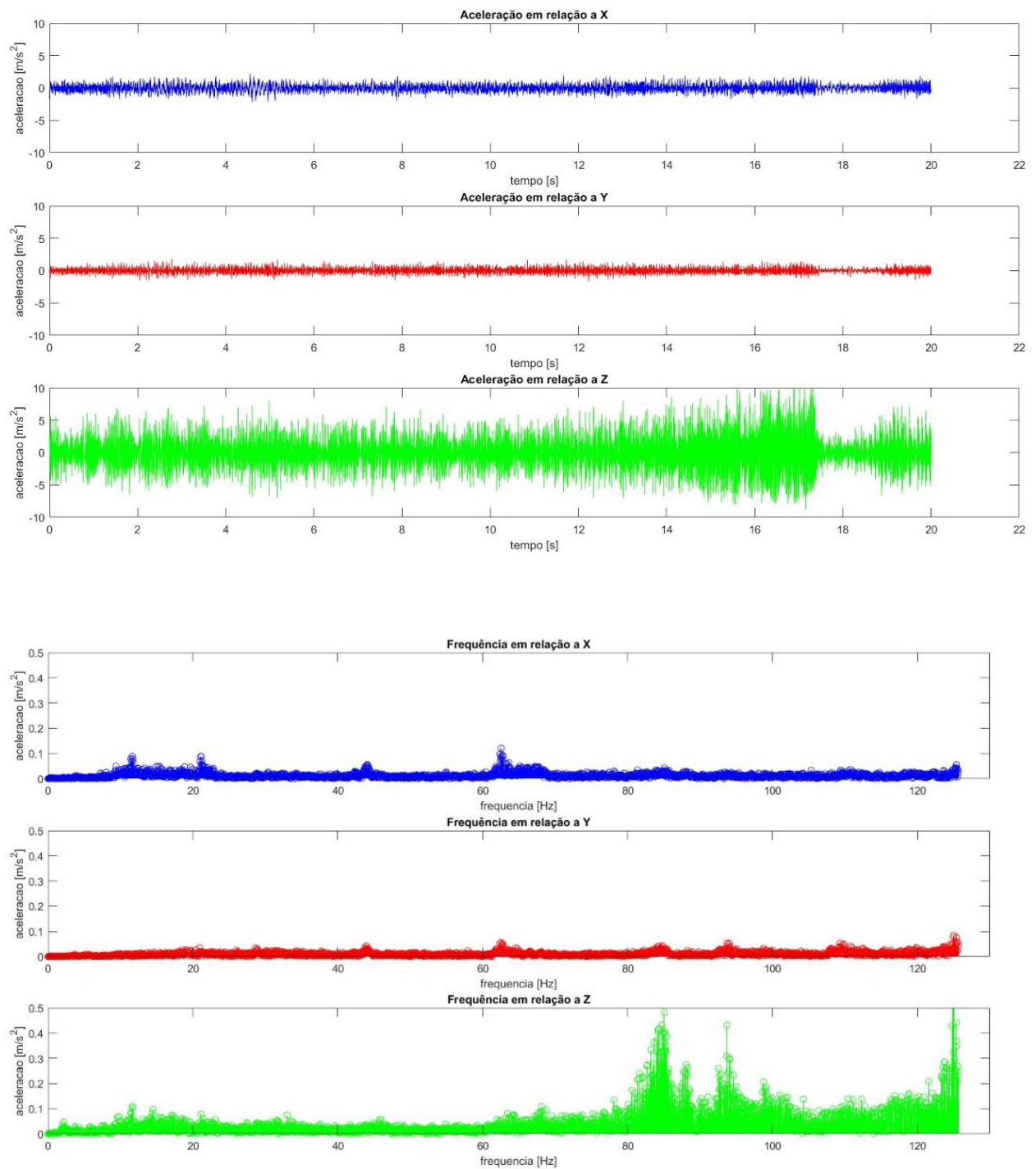
Da mesma forma que o primeiro, obteve-se uma frequência de caminhada predominante de 1,7 Hz, congruente ao comparar com o resultado medido pelo outro celular e com a bibliografia adotada como referência.

Exercício B: Ônibus sobre asfalto sem paradas ou mudança na inclinação.

Para o segundo exercício do trabalho, utilizou-se do aplicativo iNVH para analisar as vibrações determinantes em uma linha comum de ônibus municipal. O sistemas de coordenadas dos celulares foi disposto como consta na imagem a seguir:

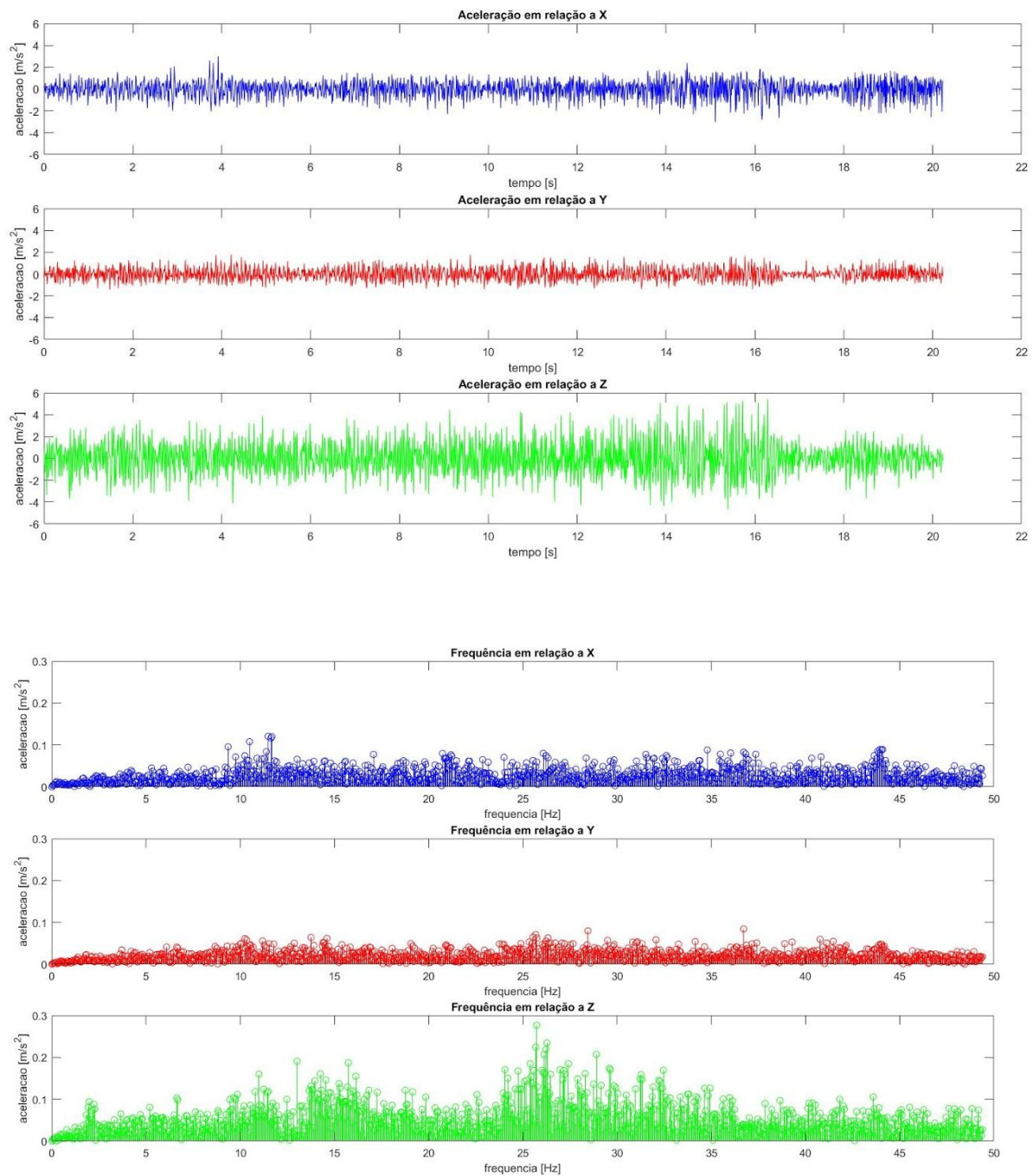


Em primeiro momento, analisou-se a vibração no chão do ônibus, valor esse determinante para passageiros que ficam de pé durante a viagem. Assim, para o primeiro celular (Zenfone), obteve-se para o domínio do tempo e da frequência, respectivamente:



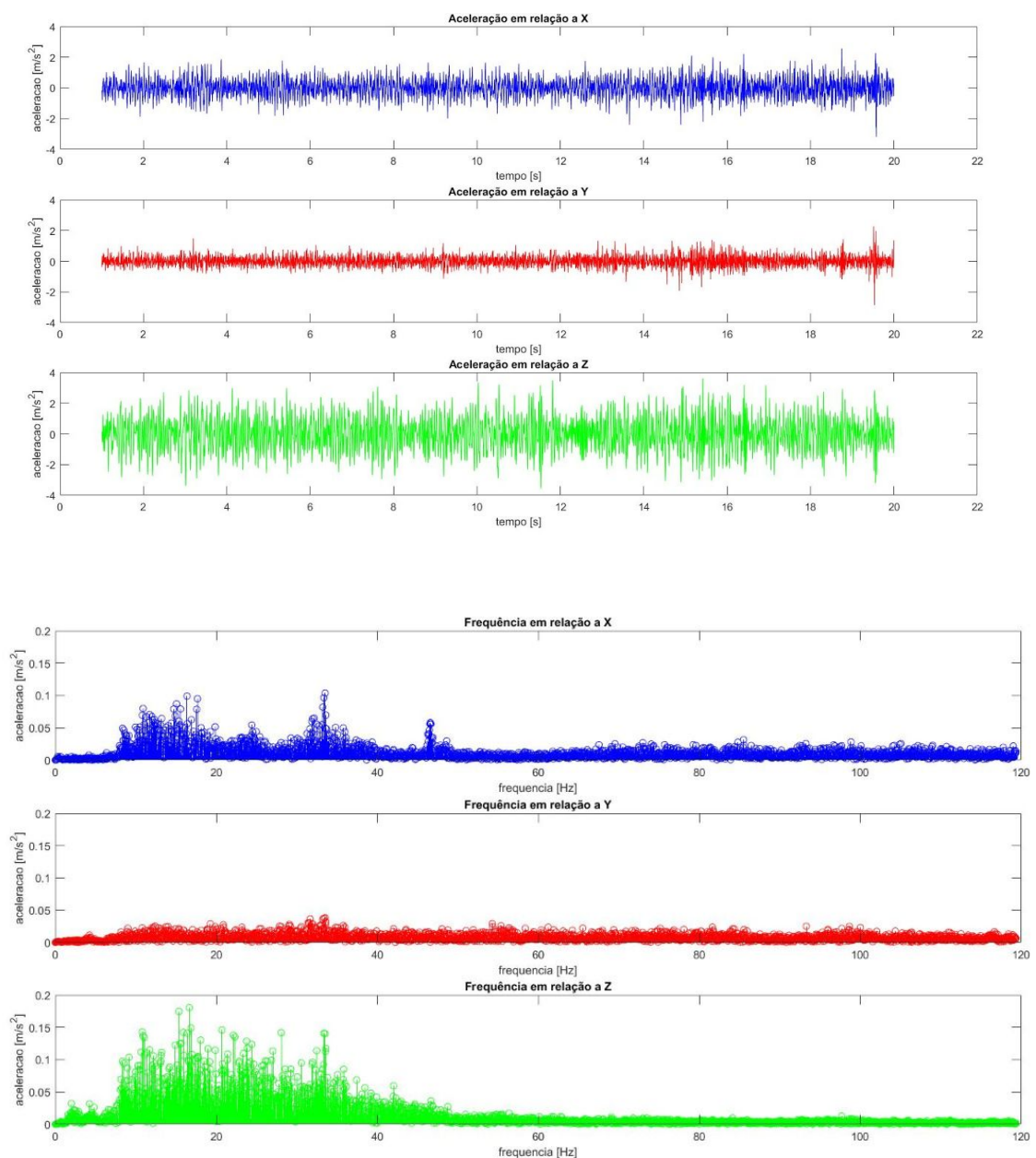
Onde identifica-se picos de frequência de 85Hz para o eixo Z, o que é congruente, uma vez que está ligado a elevação do ônibus em relação ao solo, além disso, verifica-se a variação brusca da aceleração neste mesmo eixo.

E para a segunda medição (Moto G):



Dessa forma, foram identificados picos de frequência para o eixo Z na faixa de 25 Hz, o que revela uma discrepância entre os acelerômetros, uma vez que os dois realizaram as medições de forma concomitante e lado a lado. A razão para essa diferença pode estar em algum objeto situado entre um dos celulares e o chão do ônibus, objeto esse que pode transmitir ou amortecer mais vibração em relação ao outro. Além desta, frequências menores foram identificadas na área de 13 Hz, todavia, a predominância é para a de 25 Hz.

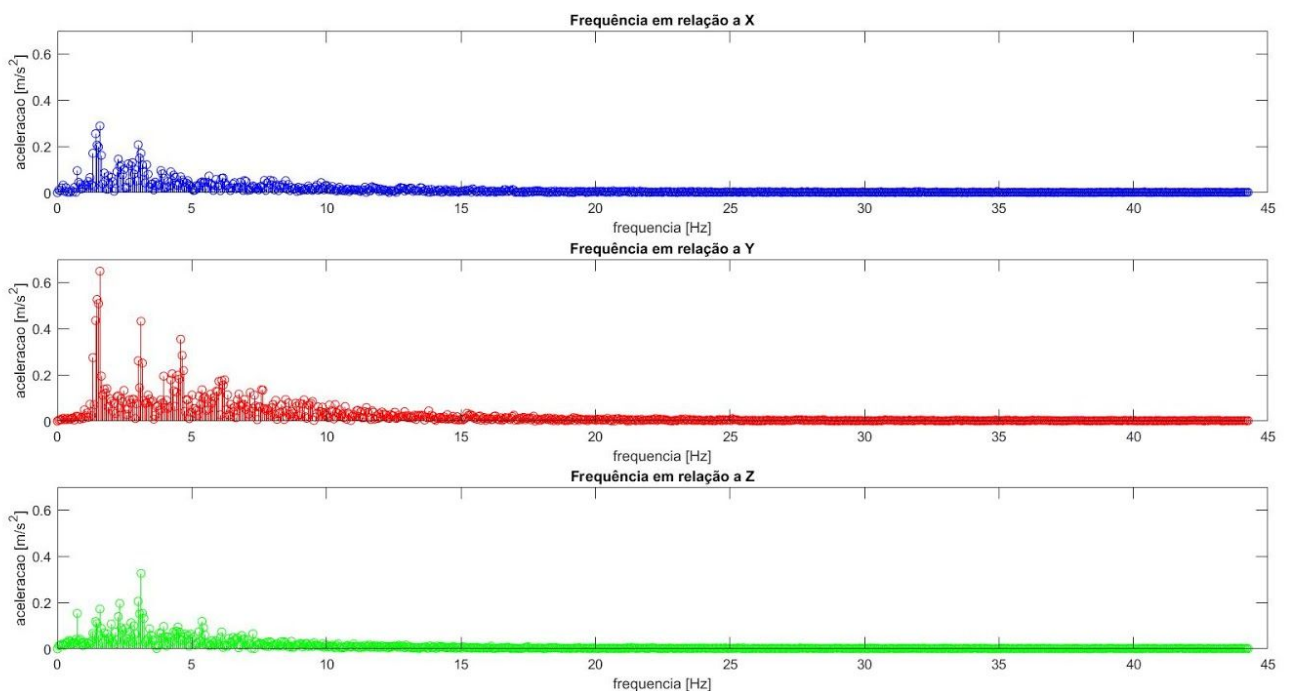
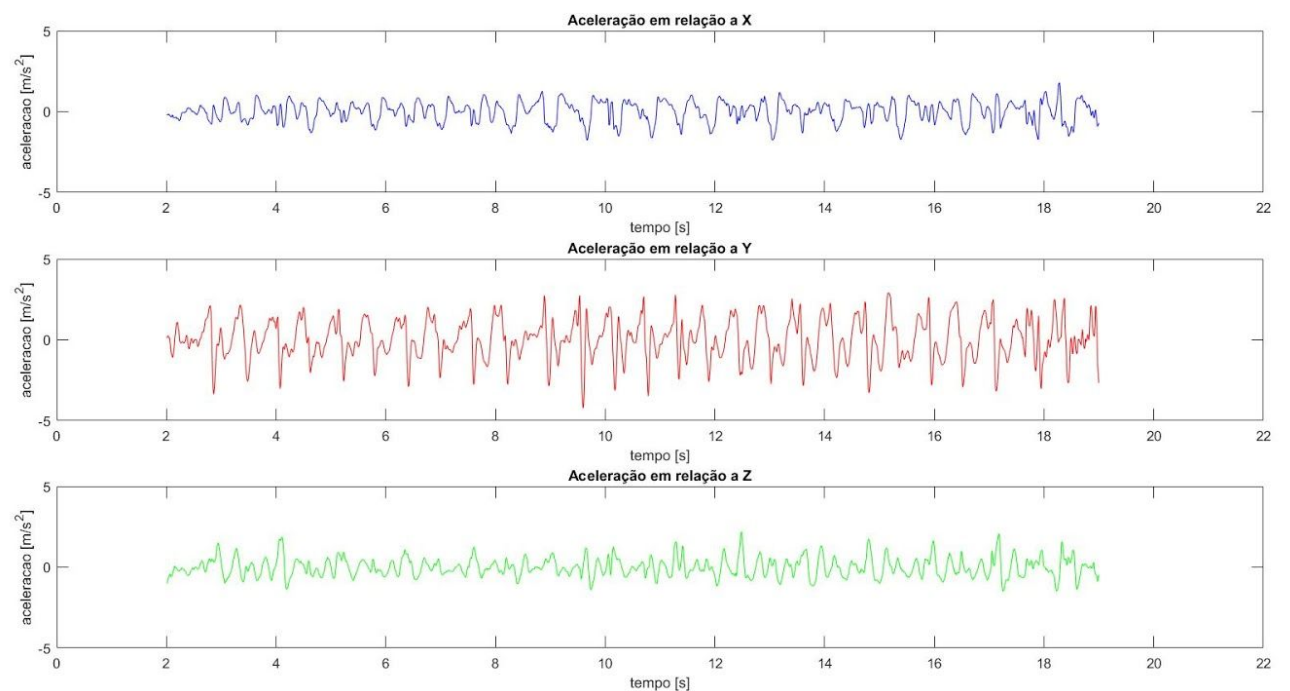
Depois, realizou-se experimentos acerca da vibração transmitida para os bancos de ônibus, determinante para os passageiros que vão sentados durante a viagem. A orientação do celular durante a medição se deu da mesma forma, obtendo como resultado os seguintes gráficos:



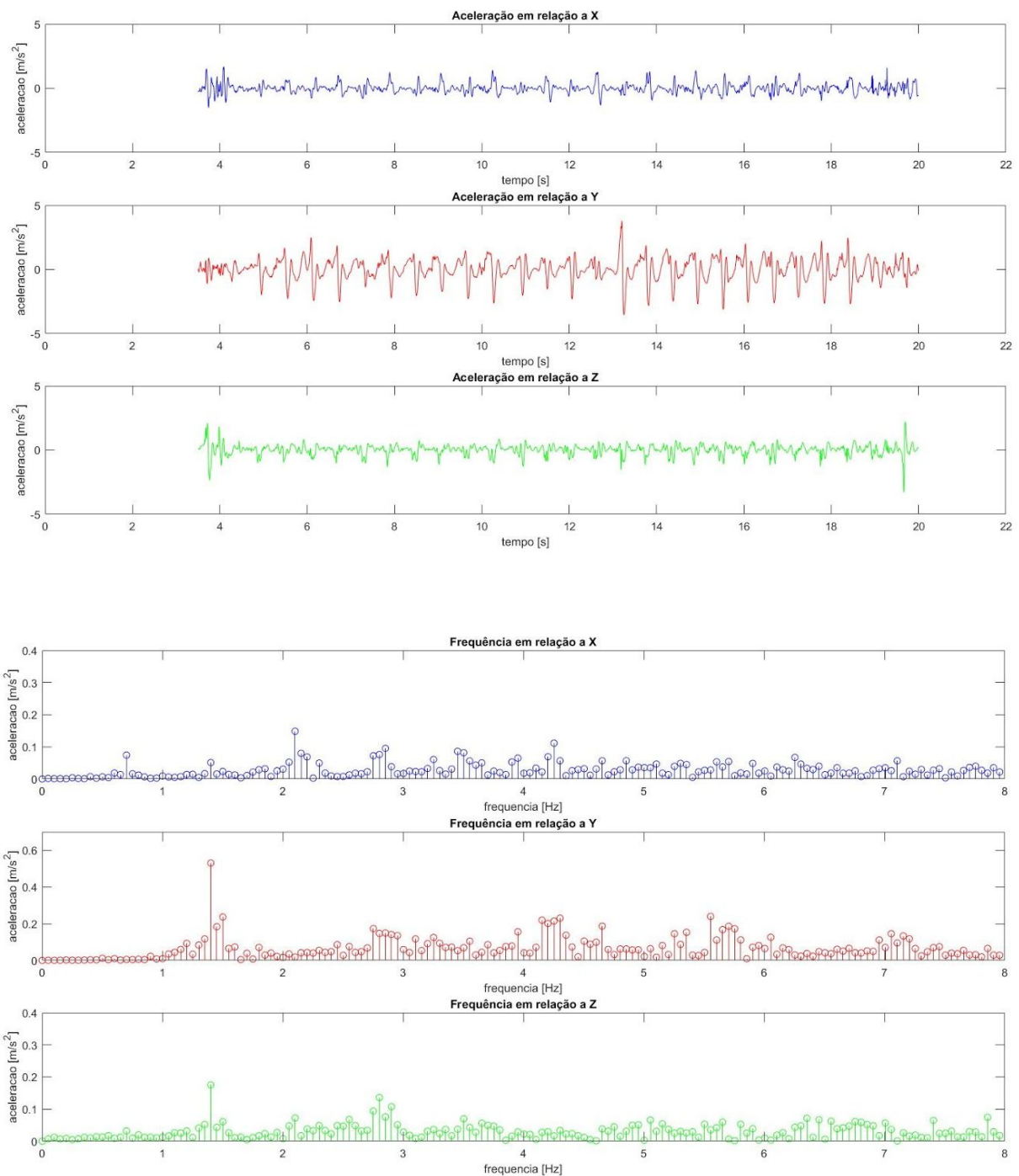
Após a realização dos exercícios A e B do trabalho, realizaram-se também algumas outras medições a fins de curiosidade.

Extra: Subindo escadarias.

O primeiro exemplo extra a ser realizado foi o da subida de dois lances de escada. Realizado por ambos os alunos, posicionou-se os celulares da mesma forma que nas caminhadas. Assim obteve-se os seguintes resultados:

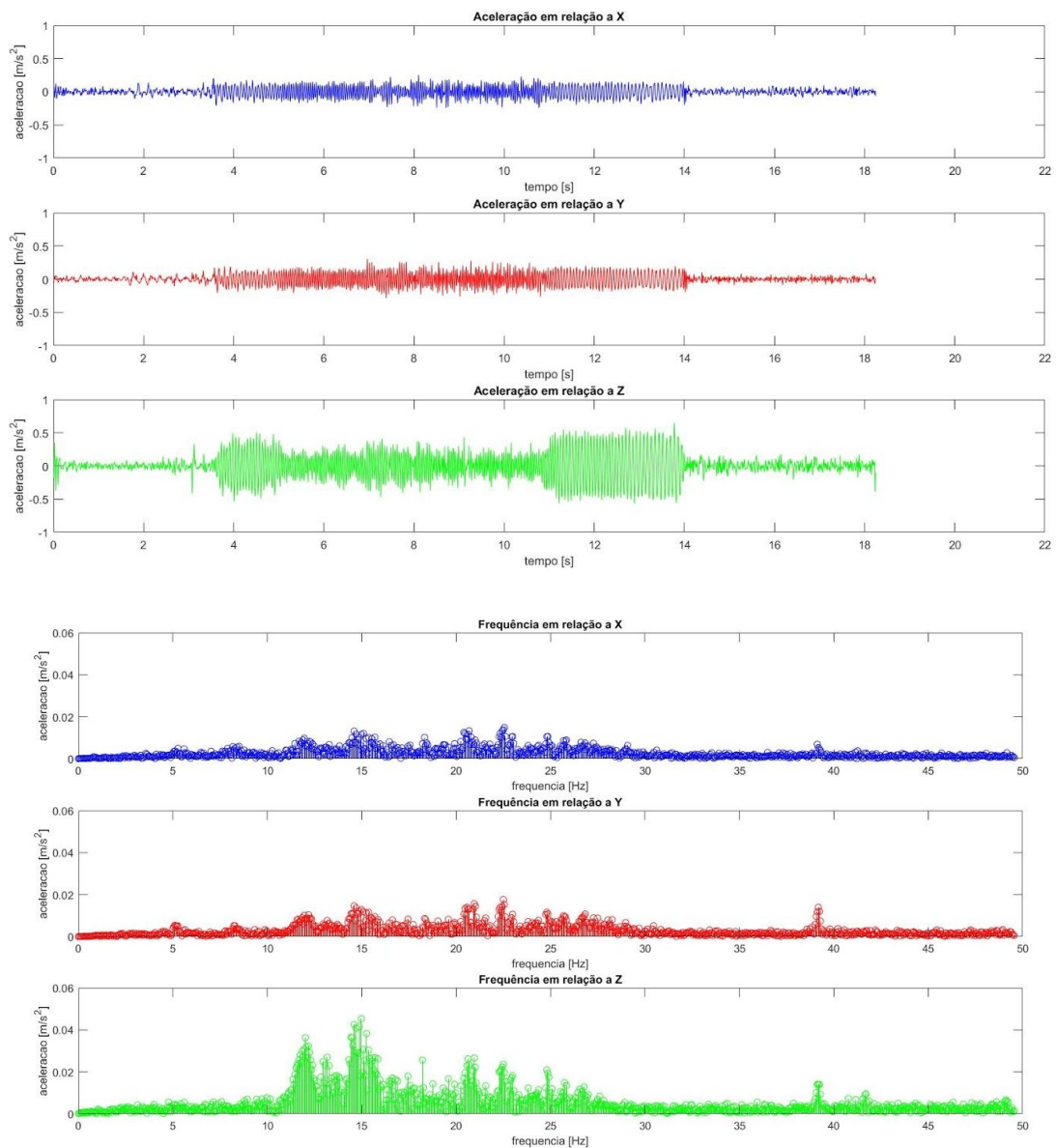
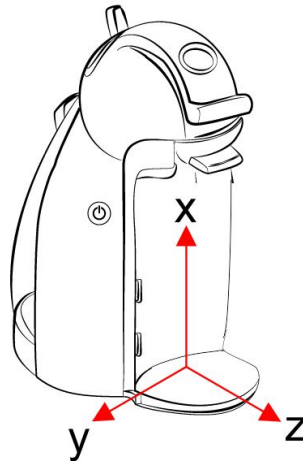


Para uma segunda análise complementar, restringiu-se o domínio da frequência para melhor observação das frequências principais.

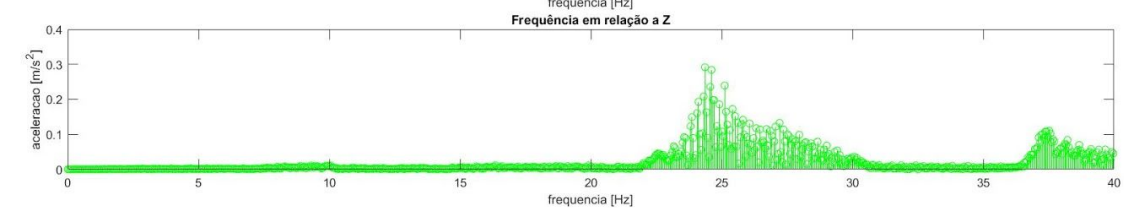
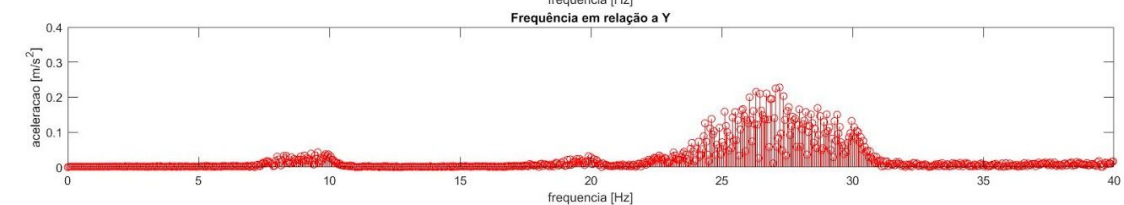
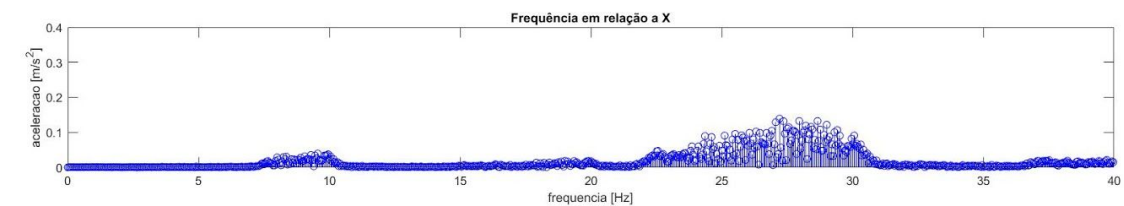
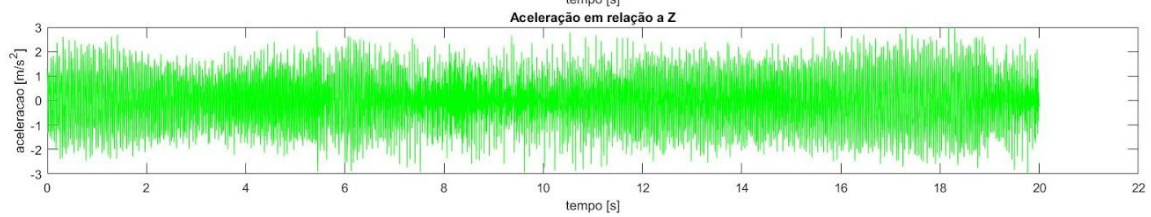
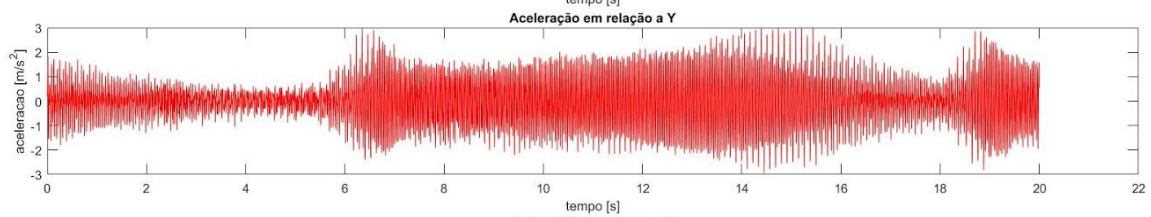
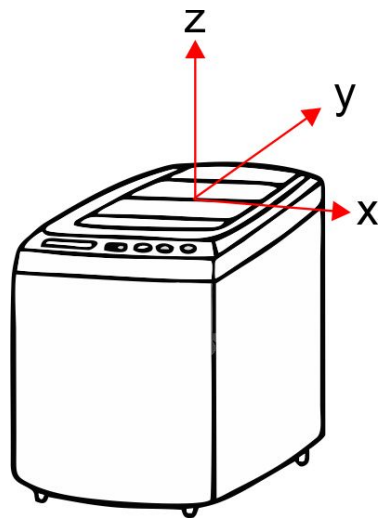


Extra: Cafeteira Dolcegusto sob utilização.

Outra análise complementar foi a de uma cafeteira que funciona a base de cápsulas descartáveis. O celular foi posicionado como consta na figura. Os resultados constam logo abaixo:

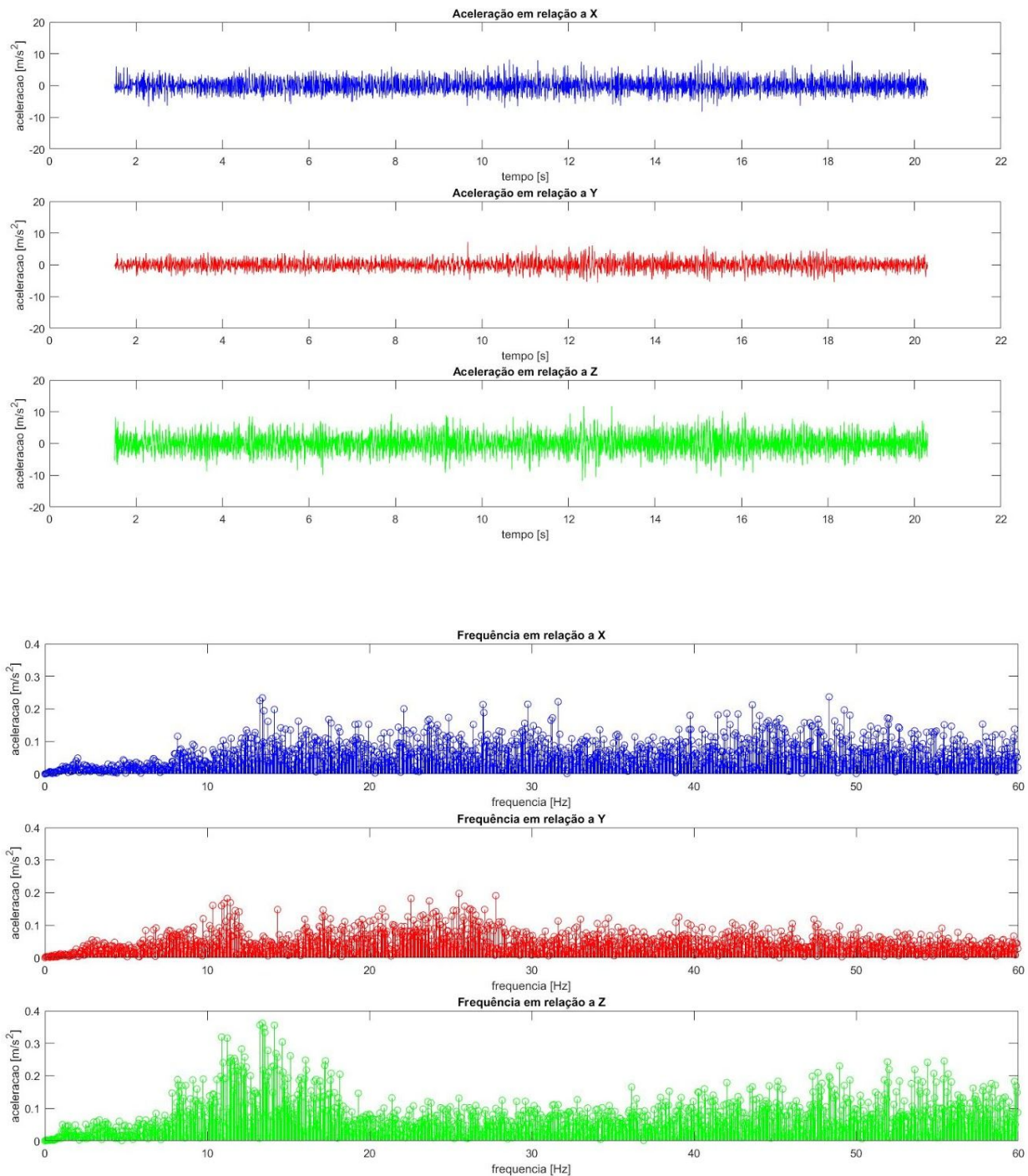


Extra: Máquina de Lavar em operação de centrifugar.



Extra: Volkswagen Saveiro 1994 em calçamento.

Por fim, decidiu-se analisar o desempenho de um automóvel durante a condução em uma subida. Da mesma forma que antes, foi plotado o gráfico de aceleração em função do tempo e, após a aplicação da FFT, o gráfico da aceleração em função da frequência:



REFERÊNCIAS

- 1) HANLEY, Steve. *Vibration Analysis: FFT, PSD, and Spectrogram Basics [Free Download]*. Disponível em: <https://blog.mide.com/vibration-analysis-fft-psd-and-spectrogram>>. Acesso em: 08 de Julho de 2018.
- 2) Mide Technology. *Download Free Vibration Analysis Files*. Disponível em: <https://info.mide.com/data-loggers/vibration-analysis-files-download-page?hsCtaTracking=9120c612-4279-4719-8b1b-9dfa79d67e1c%7C418034fd-906b-436e-8f31-ebb2762dac0>>. Acesso em: 08 de Julho de 2018.
- 3) Test and Measurement World. *Time domain measurements Vs Frequency domain measurements - Difference between Time domain measurements and Frequency domain measurements*. Disponível em: <http://www.test-and-measurement-world.com/Measurements/Time-domain-measurements-vs-Frequency-domain-measurements.html>>. Acesso em: 09 de Julho de 2018.
- 4) BACHMANN, H., AMMANN, W. *Vibrations in structures induced by man and machines, IABSE Structural Engineering Document 3E*, International Association for Bridges and Structural Engineering, ISBN 3-85748-052-X, 1987.