

Mini-Projeto

Análise e transformação de Dados

2020

Francisco Fernandes
2018278239

José Esperança
2018278596

João Marcelino
2018279700

Departamento de Engenharia Informática
Faculdade de Ciências e Tecnologias
Universidade de Coimbra

Índice

• Introdução	2
• Representação dos sinais no domínio do tempo	3
• Comparação de Janelas Deslizantes (4.1)	5
• Estatística de passos por minuto (4.2)	7
• Diferenciação entre atividades estáticas e dinâmicas (4.3)	9
• Diferenciação entre atividades estáticas e de transição (4.4)	11
• Diferenciação entre atividades (4.5)	13
• Distribuição Tempo-Frequência (5)	15
• Conclusão	17

Introdução

No âmbito da cadeira de Análise e Transformação de Dados foi proposto fazer uma análise de um *dataset* capturado através de um acelerómetro de um telemóvel.

O objetivo da interpretação do sinal é conseguir identificar cada uma das 12 atividades realizadas. As atividades podem ser agrupadas em 3 grupos:

- Atividades Dinâmicas
- Atividades Estáticas
- Atividades de Transição

A atribuição de características a cada um destes grupos tem várias utilidades, como “Active Assisted Living” (AAL), que permite criar um apoio à população sénior, muitas vezes isolada e sem apoio médico quando mais precisam, o que pode ser evitado com a monitorização dos sensores dos seus telemóveis.

Todos os dados utilizados neste mini-projeto foram obtidos a partir de um acelerómetro de um telemóvel Samsung Galaxy S2, captando os 3 eixos a uma taxa constante de 50Hz.

Representação dos sinais no domínio do tempo

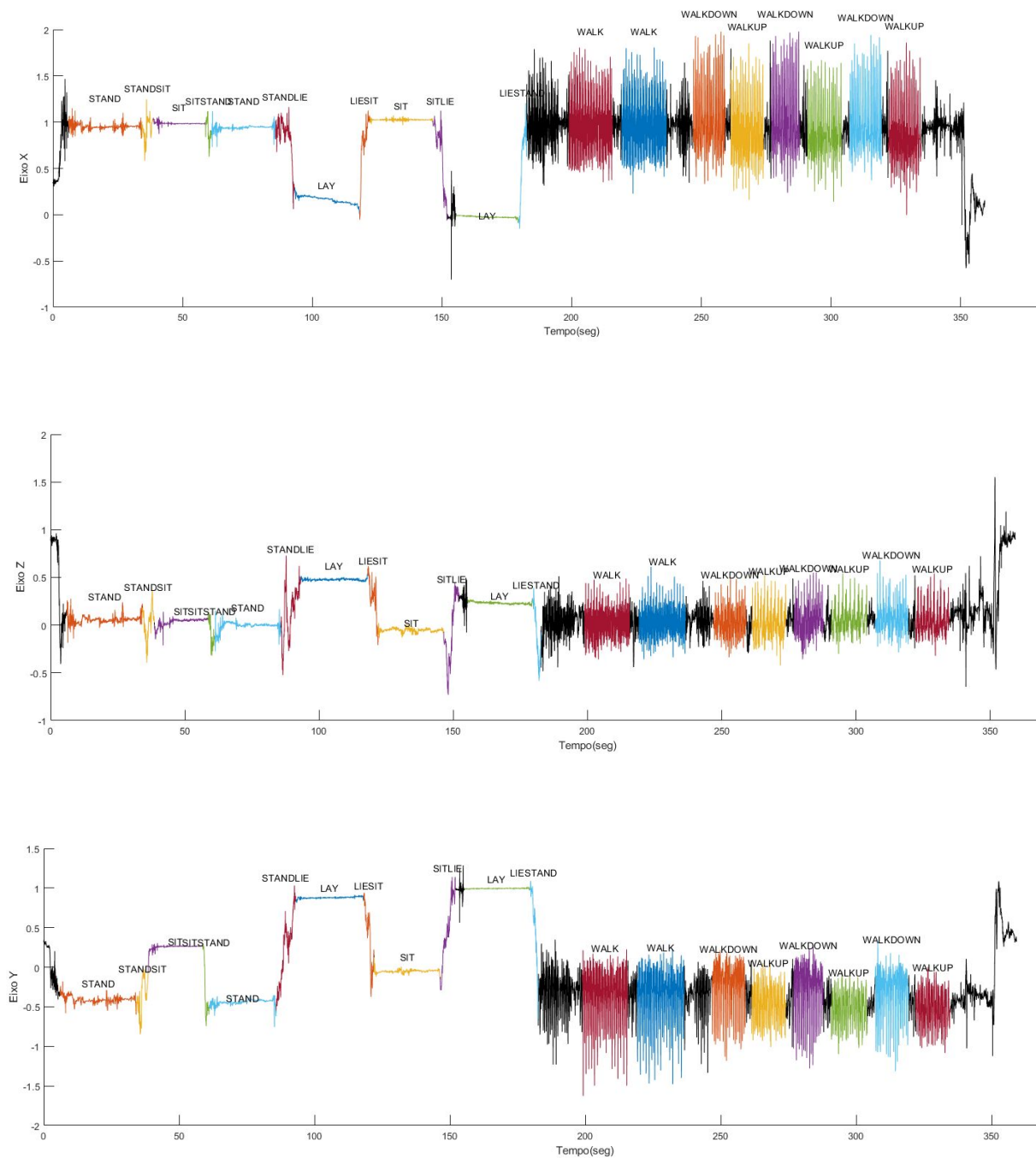


Fig. 1 - Representação das atividades da experiência 41, utilizador 20, ao longo do tempo.

Para iniciar o projeto, importamos o dataset através dos ficheiros de texto que nos foram atribuídos - experiência 41 a 50.

De seguida corremos o *script* “organizar” que, como o nome indica, organiza os dados, neste caso, numa célula que contém os dados separados pelos 3 eixos. Cada um destes eixos contém as 12 atividades separadas em 12 células, que possuem, cada uma, todos os testes realizados da sua atividade no seu eixo. Esta organização dos dados permitiu um rápido desenvolvimento do projeto, facilitando um rápido acesso a partes específicas do *dataset*.

Após a organização do *dataset*, conseguimos desenvolver os gráficos apresentados anteriormente, onde podemos observar a variação da aceleração sobre os eixos x, y e z do sinal da experiência 41 ao longo do tempo.

Os 3 gráficos estão organizados da seguinte forma:

- Cor preta - representa a parte inútil do gráfico, geralmente entre experiências.
- Cores variadas- representam as várias atividades, identificadas pelo texto.

Comparação de Janelas Deslizantes (4.1)

Para a realização desta alínea foram utilizadas as janelas *Hamming*, *Hann* e *Blackman*. De modo a analisar e comparar as três janelas diferentes de maneira mais eficiente, usamos três tipos de atividades no eixo Y:

- Dinâmica (Walking),
- Estática (Standing)
- Transição (Stand_To_Sit).

Verificamos que a janela *Hamming* atenua o sinal das atividades diferentes na mesma escala.

Quanto à janela de *Hann* é possível verificar que a atenuação do sinal é muito semelhante à janela de *Blackman* em todas as atividades, sendo que a janela apresenta menos *rifle effect* é a janela de *Blackman*.

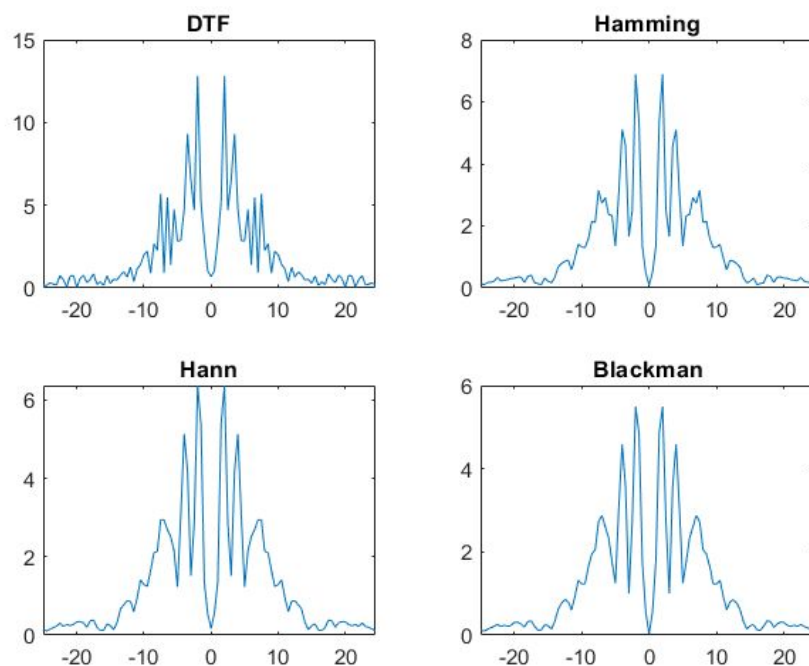


Fig. 2 - Espectro das frequências da atividade *Walking* nas quatro janelas.

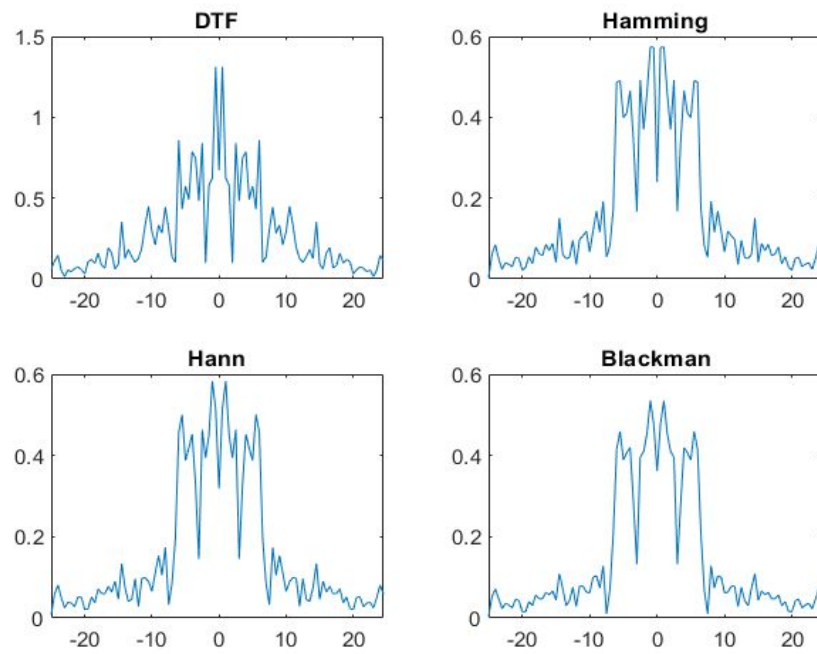


Fig. 3 - Espectro das frequências da atividade *Standing* nas quatro janelas.

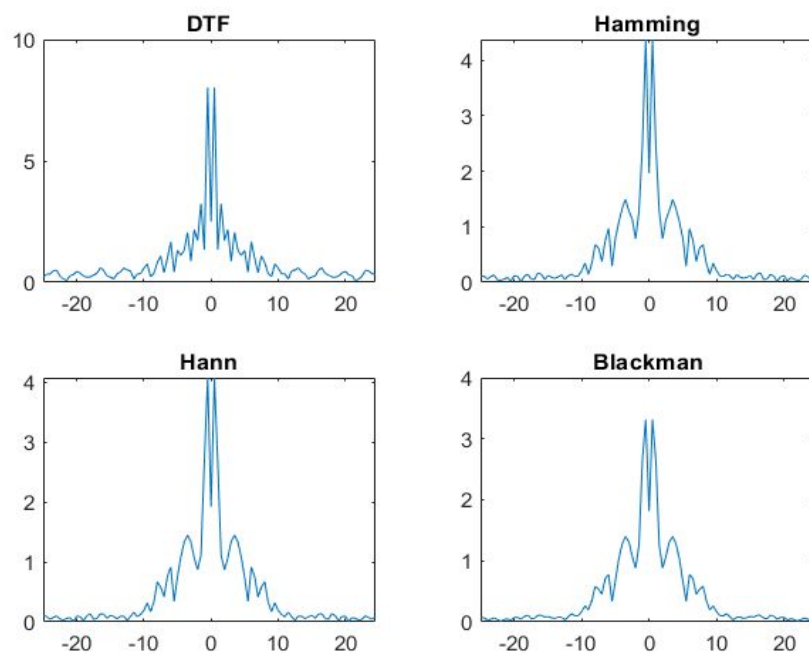


Fig. 4 - Espectro das frequências da atividade *Stand to Sit* nas quatro janelas.

Estatística de passos por minuto (4.2)

Para recolher o número de passos por minuto usámos um método que recebe as frequências e as amplitudes do sinal após aplicar a DFT. Este método procura a primeira frequência cuja amplitude ultrapassa um determinado limite (*threshold*) ajustável e relacionado com o máximo absoluto das amplitudes.

Inicialmente tencionou-se procurar apenas pelo pico máximo mas, em certos *datasets*, o desvio padrão era demasiado grande e o número de passos por minuto absurdo, pois estava a ser selecionado o pico errado do gráfico. Após vários testes pudemos concluir que o *threshold* que devolve melhores resultados é 80% do valor da amplitude máxima, que permite ao método encontrar o pico certo e eliminar picos menos significativos. O método devolve o número de passos por minuto, obtido pela multiplicação da abscissa (frequência) do pico selecionado por 60 segundos.

Após obter os valores, a média e o desvio padrão são calculados, respetivamente, através das funções *mean* e *std* do Matlab.

Alguns testes que realizámos podem ser analisados nas tabelas abaixo.

Pico Máximo:

	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
WALKING	107.1 ± 9.6	109.6 ± 13.1	110.0 ± 25.5
WALKING_DOWNSTAIRS	103.8 ± 15.8	92.6 ± 27.4	136.85 ± 96.9
WALKING_UPSTAIRS	97.1 ± 13.2	82.9 ± 28.5	79.4 ± 32.0

Tabela 1. Cálculo de passos por minuto através do pico máximo

Threshold 50%

	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
WALKING	106.4 ± 10.1	67.3 ± 26.9	96.5 ± 35.7
WALKING_DOWNSTAIRS	101.0 ± 15.0	71.0 ± 31.8	62.2 ± 28.8
WALKING_UPSTAIRS	95.2 ± 17.5	51.5 ± 14.1	52.3 ± 16.9

Tabela 2. Cálculo de passos por minuto através de um threshold de 50%

Threshold 80% - Resultados finais

	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
WALKING	106.6 ± 9.9	103.9 ± 14.7	107.7 ± 28.8
WALKING_DOWNSTAIRS	101.0 ± 15.0	107.7 ± 31.6	101.0 ± 39.4
WALKING_UPSTAIRS	96.8 ± 13.4	70.7 ± 32.1	66.5 ± 39.4

Tabela 3. Cálculo de passos por minuto através de um threshold de 80%

Os valores finais estão perto do valor esperado (cerca de 100 passos por minuto), com valores mais elevados a descer as escadas do que a subir, devido ao maior esforço causado por esta última atividade.

Este tipo de análise tornar-se-ia bastante útil aquando da distinção de *datasets* de diferentes atividades feita nos exercícios posteriores.

Diferenciação entre atividades estáticas e dinâmicas (4.3)

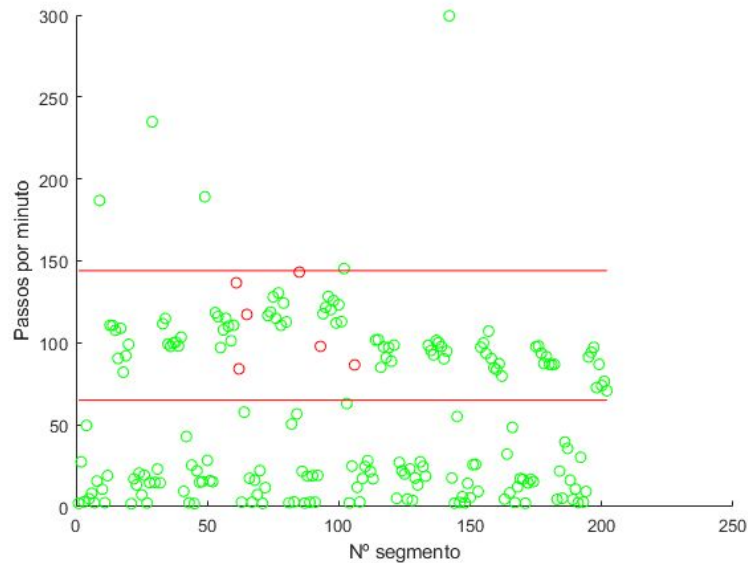


Fig. 5 - Passos por minuto para diferentes segmentos. Vermelho significa segmento mal categorizado.

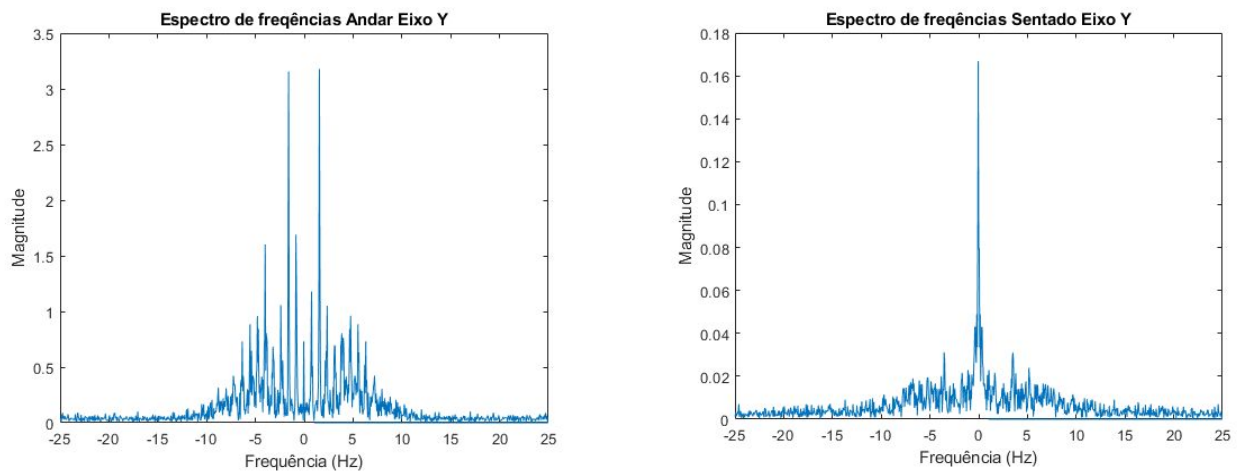


Fig. 6 - Espectro de freqüências das atividades *Walking* e *Sit* segundo o eixo Y.

O primeiro é o facto de as amplitudes das frequências analisadas serem bastante mais baixas nos casos das atividades estáticas e de transição. No caso dos dados apresentados a magnitude das frequências no segmento de *Walking* são 1 a 2 ordens de grandeza superiores.

O segundo aspecto é a localização dos picos de magnitude ser diferente de um tipo de atividade para outro. O pico principal encontrado nas sequências de atividades estáticas encontra-se mais próximo da frequência nula comparativamente a atividades dinâmicas.

Para o cálculo da sensibilidade e especificidade decidiu-se explorar o segundo aspecto, já que anteriormente se tinha desenvolvido código que o abordava indiretamente - a contagem dos passos por minuto assenta na análise da localização dos principais picos do espectro. Dado um segmento de dados, considerou-se que se tratava de uma atividade dinâmica se a contagem do nº de passos por minuto caísse no intervalo [65,140] e estática/de transição caso contrário. Os resultados obtidos para o *dataset* estudado (exp.41 a 50) foram os seguintes:

$$\text{Sensibilidade} = \frac{\text{Dinâmicos Verdadeiros}}{\text{Dinâmicos Verdadeiros} + \text{Estáticos Falsos}} = 1$$

$$\text{Especificidade} = \frac{\text{Estáticos Verdadeiros}}{\text{Estáticos Verdadeiros} + \text{Dinâmicos Falsos}} = 0.9504$$

Dinâmicos Verdadeiros - Segmentos detectados como de atividade dinâmica corretamente.

Dinâmicos Falsos - Segmentos detectados como de atividade dinâmica incorretamente.

Diferenciação entre atividades(4.4)

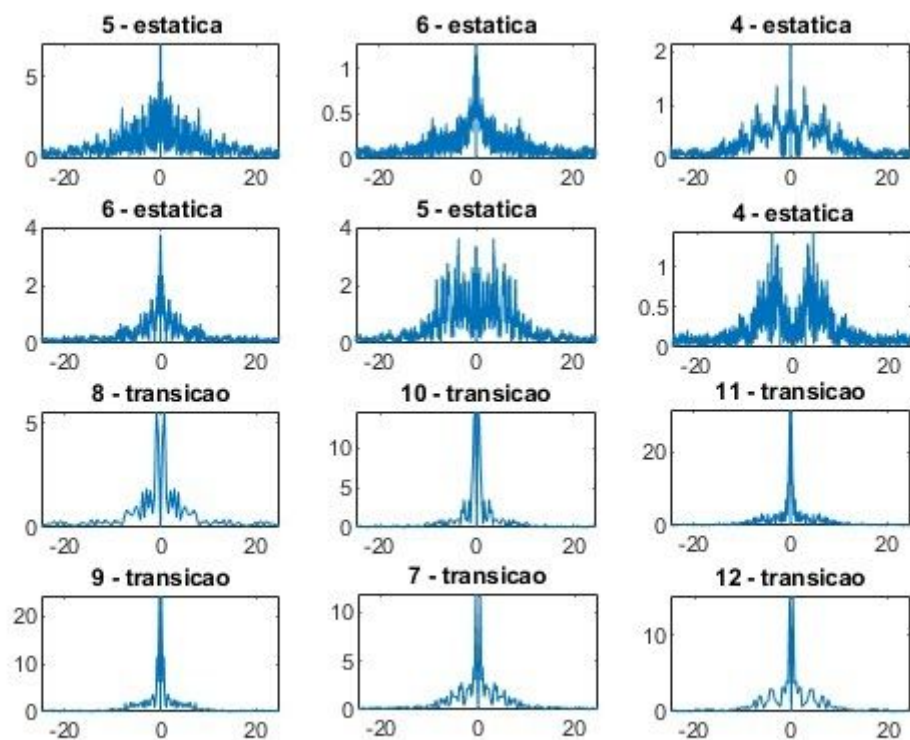


Fig. 7 - Espetro de frequências das atividades de um utilizador, no eixo X

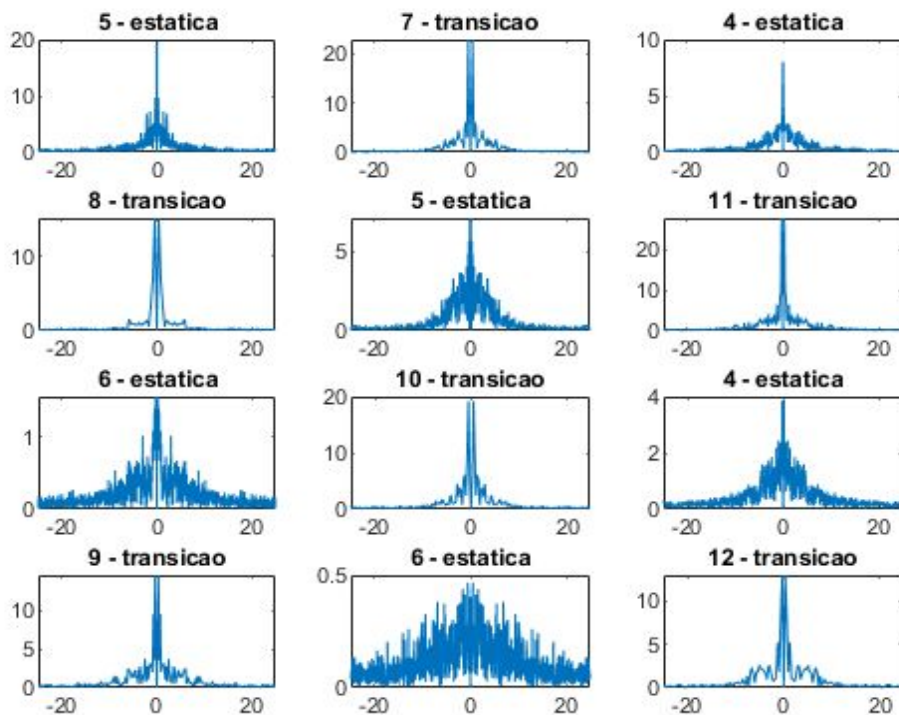


Fig. 8 - Espetro de frequências das atividades de um utilizador, no eixo Y

Como já foi feita a distinção entre atividades dinâmicas e as restantes na pergunta anterior, apenas vamos considerar as distinções entre as atividades estáticas e de transição.

Para a distinção entre atividades estáticas e atividades de transição focámo-nos na amplitude do pico máximo para cada atividade, considerando apenas o eixo X. Teoricamente, as mudanças abruptas entre posições, causadas nas atividades de transição, levarão a que as suas DFT's (detrended) tenham um pico máximo superior às das atividades estáticas.

Segundo a figura acima, é possível notar que os valores do pico máximo para as atividades de transição no eixo X, encontram-se, de modo geral, em valores superiores a 6, enquanto que, para as atividades estáticas, esses valores estão no intervalo [1,8].

Apesar de haver interseção entre os intervalos, é possível encontrar um padrão que permitem diferenciar estes dois tipos de atividades. Como exceção a este padrão temos a atividade de transição número 8, que possui amplitude máxima de aproximadamente 5.

Devido a estes casos (que nem sempre se repetem na mesma atividade, depende do utilizador) podemos afirmar que, segundo os nossos testes, o método demonstrado acima tem uma taxa de sucesso de 92%, semelhante à taxa de sucesso também obtida para o mesmo método mas a considerar o eixo Y.

Para além desta diferenciação, também é possível diferenciar as atividades estáticas das de transição através do seu tempo de realização, como pode ser observado no gráfico, as atividades estáticas demoram bastante mais e têm muito mais picos até chegarem a 0, o que só acontece perto da abcissa 20. Também podemos distinguir, com maior ou menor dificuldade, todas as atividades nos gráficos apresentados para a discussão da questão 5, consoante o gráfico apresentado.

Diferenciação entre atividades (4.5)

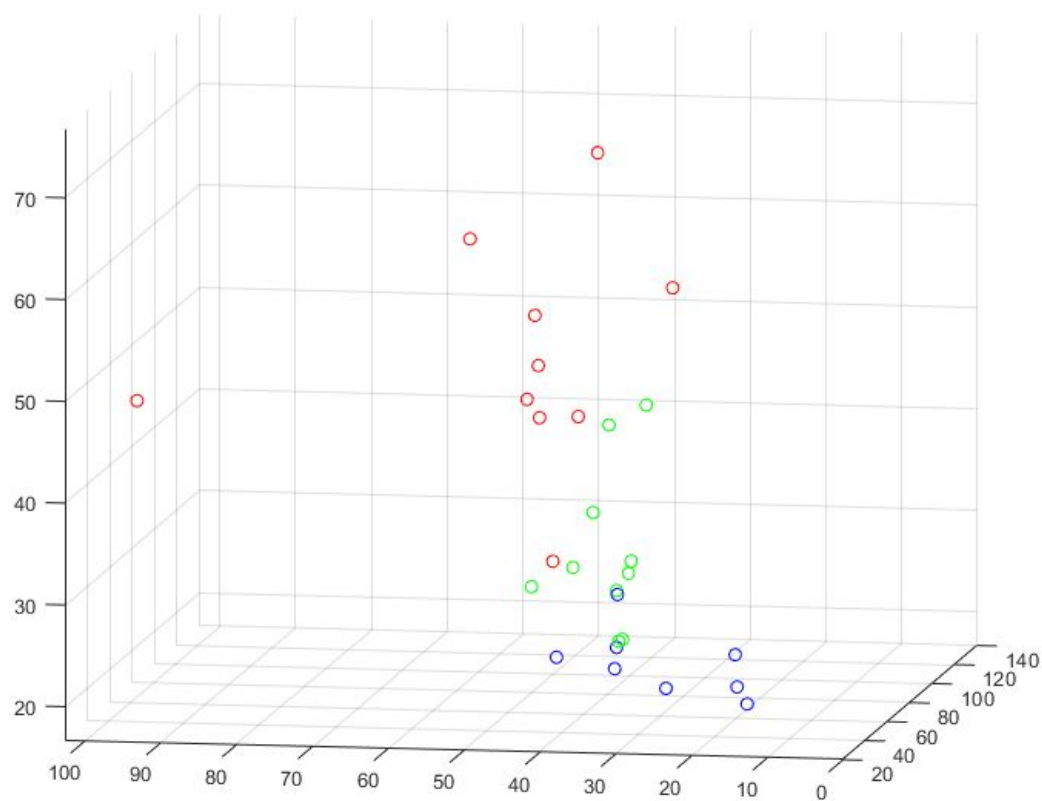


Fig. 9 - Máxima amplitude do espectro das frequências com cada coordenada correspondente ao eixo.

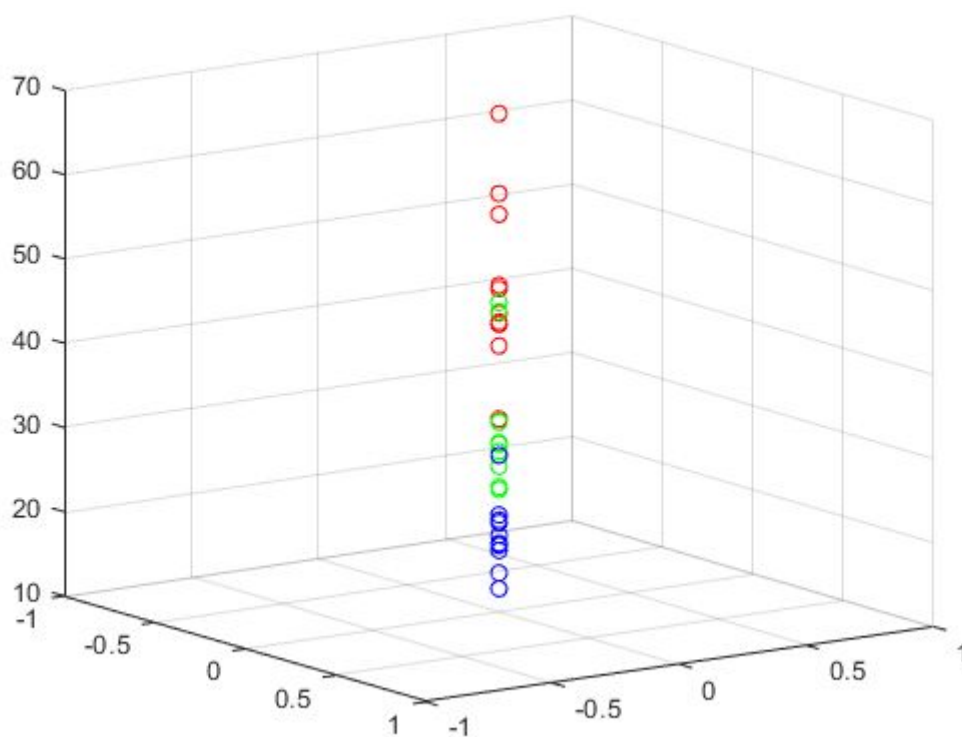


Fig. 10 - Máxima amplitude do espectro das frequências, apenas no eixo Z.

Nas figuras acima podem-se observar os *scatter plots 3d* nos quais estão representadas as amplitudes máximas - uma de cada atividade dinâmica dos 10 utilizadores - fazendo um total de 30 atividades representadas, com o esquema de cores seguinte:

- Vermelho - atividade “Walking”.
- Verde - atividade “Walking Up”.
- Azul - atividade “Walking Down”.

Para distinguir cada uma das atividades dinâmicas utilizamos a função *scatter3* do Matlab para analisar cada uma das amplitudes máximas da DFT (*detrended*), considerando assim os 3 eixos do acelerómetro do telemóvel.

A melhor maneira para distinguir entre as várias atividades seria ou utilizar os valores do eixo Y ou os valores do eixo Z, pois considerando apenas o eixo do X, não se verificava nenhum padrão que pudéssemos utilizar.

Ambos o eixo Y e Z demonstravam a mesma relação:

$$\text{Máximo(walking)} > \text{Máximo(walking_up)} > \text{Máximo(walking_down)}$$

No entanto, este método para o eixo Y apenas devolve o resultado correto 60% das vezes, pois o *dataset* apresenta outliers muito próximos que levam a que o *script* “teste45” devolva o resultado errado 40% das vezes por confundir dois dos três fatores.

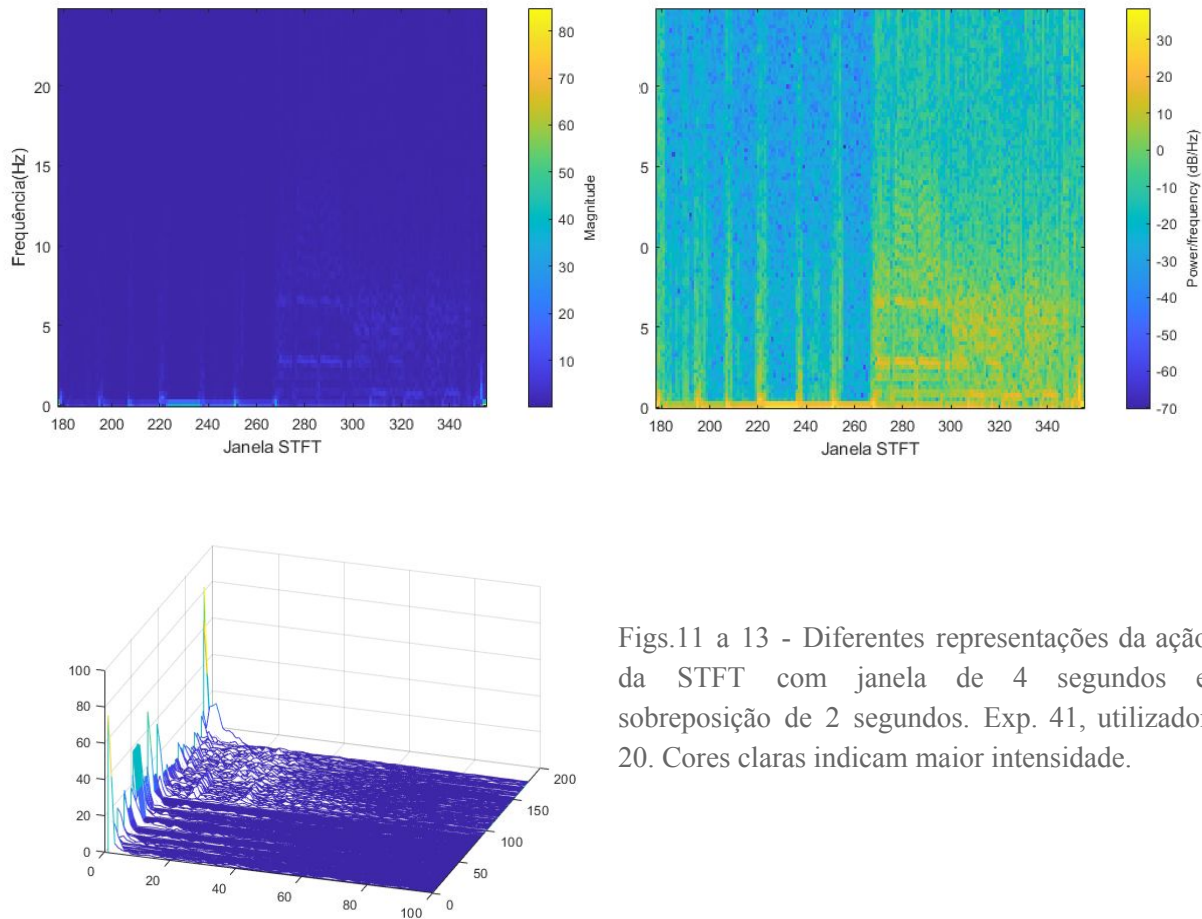
Como a mesma relação também se verifica no eixo Z, como verificado na figura 10, foram realizados testes que levaram à conclusão que o método acima apresentado tem um sucesso de 100% quando aplicado ao eixo Z.

Para além desta maneira de distinção, também conseguimos distinguir os três tipos de atividades no gráfico do exercício 5, tal como foi mencionado no exercício 4.

Em conclusão, a figura 10 ilustra perfeitamente a relação espectral entre as várias atividades dinâmicas, que podem ser facilmente identificadas analisando os máximos da DFT do sinal eixo Z.

Distribuição Tempo-Frequência (5)

Short-Time Fourier Transform



Figs.11 a 13 - Diferentes representações da ação da STFT com janela de 4 segundos e sobreposição de 2 segundos. Exp. 41, utilizador 20. Cores claras indicam maior intensidade.

Para a resolução desta alínea, foi criada uma função para o cálculo da Short-Time Fourier Transform que devolve o sinal. De modo a facilitar a sua visualização, convertemos as unidades do sinal para dB.

Após a realização de vários testes, decidimos que para melhor compreensão da informação, o tamanho da janela deveria ser de 4 segundos e que o tamanho de sobreposição deveria ser de 2 segundos. Desta forma é possível diferenciar os tipos de atividades que ocorreram durante a experiência.

É possível observar mudanças abruptas na assinatura de frequências quando o utilizador transita de atividades estáticas para atividades dinâmicas (sensivelmente a metade do tempo de experiência).

Existe também uma distinção clara entre as atividades estáticas e de transição que ocorrem na primeira metade da experiência. As atividades de transição contêm muito mais frequências relevantes comparativamente às anteriores.

Para além disto, é possível notar diferenças entre os três tipos de atividades dinâmicas, embora a dificuldade seja muito alta em muitos gráficos que não permitem a distinção rápida entre “walking up” e “walking down”, embora a distinção entre estes dois e “walking” seja bastante mais notável.

Conclusão

Através deste trabalho foi possível ter uma introdução ao mundo do “Active Assisted Living” e de tratamento e processamento de dados.

Conseguimos demonstrar que o sinal inicial podia ser tratado e desenvolvido de modo a que sejamos capazes de notar diferenças entre os vários sinais, tanto matematicamente como visualmente. Isto faz com que seja possível desenvolver programas e aplicações para interpretar um sinal e que o AAL seja cada vez mais uma realidade, o que leva a uma melhor qualidade de vida e segurança da população.