

Projeto de ATD 2020/2021

Desevolvido por

Edgar Filipe Ferreira Duarte, 2019216077

Pedro Guilherme da Cruz Ferreira, 2018277677



Introdução

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Análise e Transformação de Dados. O objetivo deste projeto foi analisar vários sinais diferentes e, a partir da transformada discreta de Fourier (DFT), conseguir prever, com eficácia, qual a atividade/tipo de atividade a que um dado fragmento recebido pertence. Para isto, desenvolvemos funções que procuram estimar e procurar zonas de frequências exclusivas para cada tipo de atividade.

Exercício 1 e 2

Para importar os sinais fornecidos pelo dataset, foi utilizada a função `dlmRead`. Esta função trata o espaço como o delimitador default de dados.

Para fazer a representação gráfica de cada experiência, inicialmente, é feito um plot do sinal todo (a preto) para cada eixo que, de seguida, é, através das instâncias dadas no ficheiro “labels.txt”, feito o plot de cada atividade com uma cor dedicada. Os textos identificativos de cada atividade são colocados no início da representação de cada uma, nos extremos do plot, que foi delimitado em y de $min - 0.4$ até $max + 0.4$. Para poder ser retratado o eixo do tempo em minutos foi definido o vetor tempo como:

$$1 * \Delta t : \Delta t : \text{length}(\text{data}) * \Delta t, \text{ onde } \Delta t = 1 / \text{fs} * 60, \text{ onde } \text{fs} = 50$$

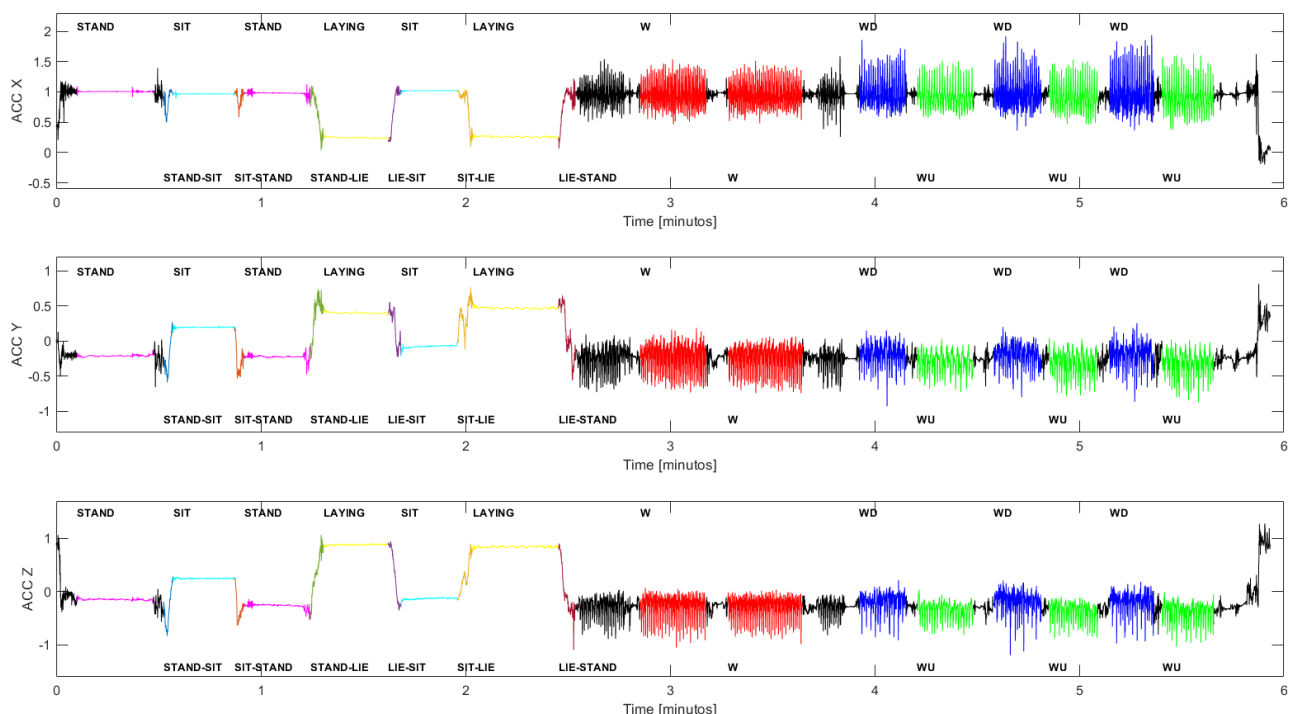


Figura 1. Plot de uma experiência

Exercício 3.1

O enunciado pede para calcular as DFTs de uma dada atividade dinâmica e, posteriormente, utilizar diferentes janelas, analisando os efeitos de cada janela, de forma a conseguir-se concluir qual a melhor para considerar durante o resto do projeto.

Assim, criamos uma função que aplica três tipos de janelas diferentes : as retangulares, as de Hamming e as de Hann. De forma a perceber qual destas janelas é a mais fiável, primeiramente, calculamos a DFT do fragmento da atividade, por completo, para posteriormente obter a frequência mais relevante da atividade, a qual permite verificar se as janelas conseguem obter valores de frequências mais relevantes (em cada janela) perto ou iguais da frequência mais relevante do fragmento completo. Assim, a janela que obteve os valores de frequência constantemente mais próximos do “real” de frequência máxima foi a janela considerada a melhor para futura utilização no projeto.

De forma a conseguir perceber as diferenças entre cada janela, foi criado um plot que contém as DFT da atividade na sua totalidade seguido de um scatter plot que contém um ponto a indicar o valor mais relevante da frequência da DFT que vem seguido de plots que representam os valores de frequência mais relevantes encontrados em cada iteração das diferentes janelas.

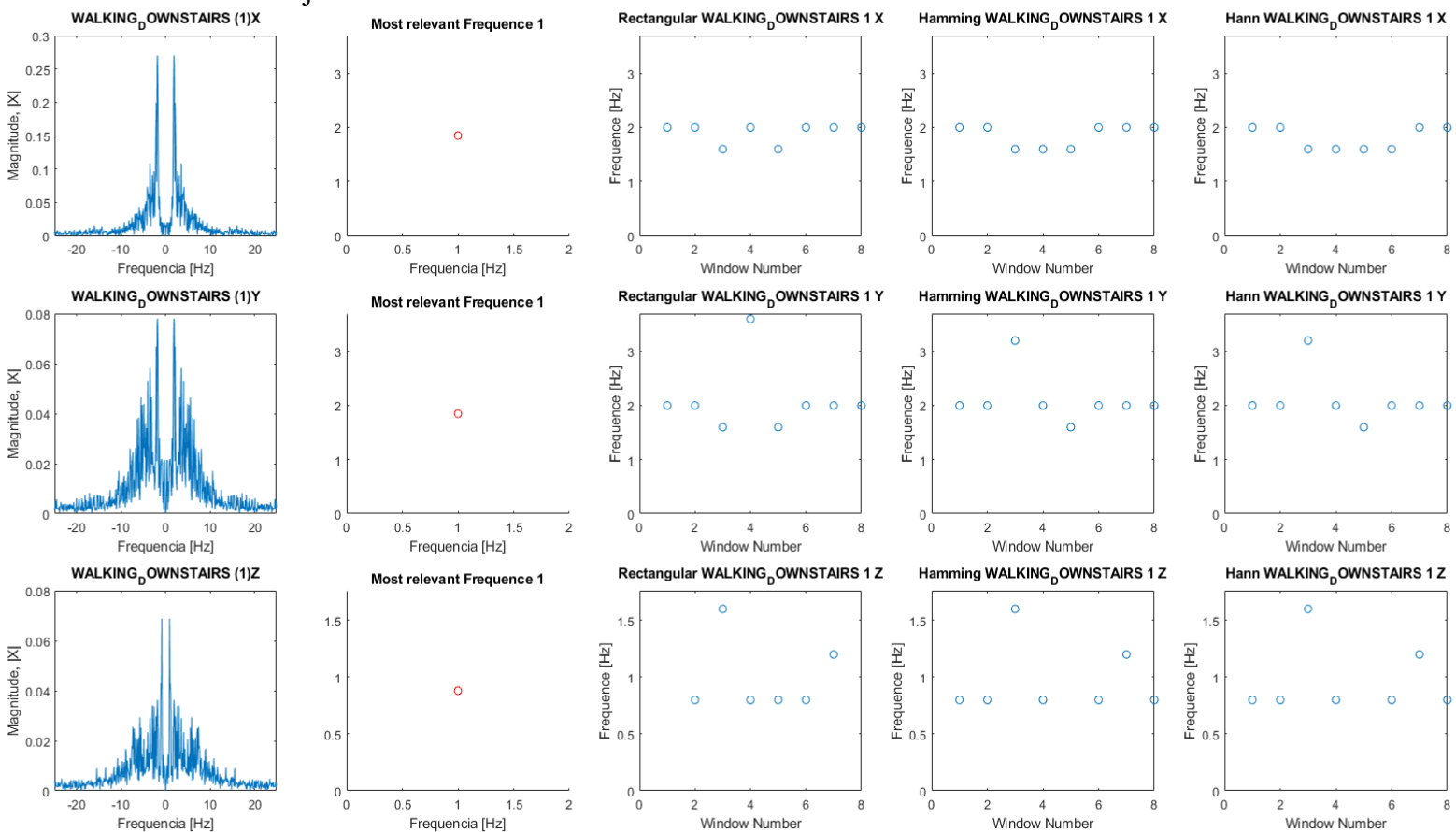


Figura2. Valores das frequências mais relevantes obtidas por cada tipo de janela para a atividade “Walking Downstairs”.

A partir das figuras 2 conseguimos perceber que a janela retangular é muito pior do que os outros dois tipos de janelas. Este tipo de janela contém um grau de fiabilidade baixo visto que não atenua o sinal nos extremos. Assim, as suas frequências mais relevantes comumente contém outliers e, por vezes, estão muito dispersas. Isto ocorre pois a janela retangular não atenua o sinal o que promove a variações bruscas nos extremos. As outras duas janelas já atenuam o sinal logo são bastante fiéis. Ambas têm um comportamento muito parecido nos

casos teste, tendo sido escolhida a janela de Hamming para o resto do projeto devido a termos observados que tem tendência a ter menos outliers.

Exercício 3.2

Tal como é pedido, criámos uma função que calcula as DFTs de todas as atividades de uma experiência. Faz também o plot dos resultados obtidos de forma a permitir análise (em especial para a alínea 3.3).

Nota: Foi apenas considerada a primeira ocorrência de uma dada atividade na experiência, de forma a tornar o plot legível.

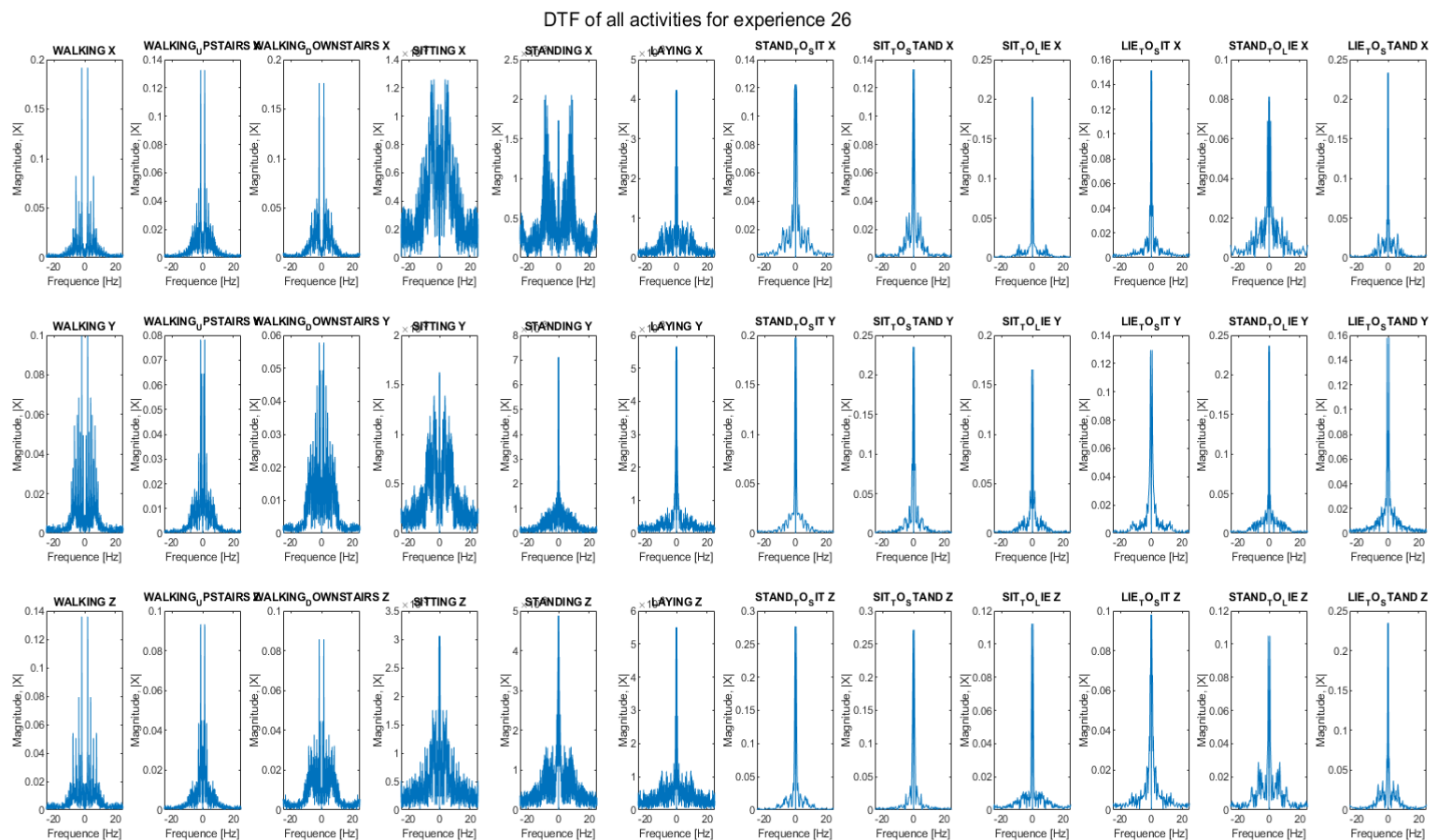


Figura 3. DFTs para as várias atividades

Exercício 3.3

Esta questão pede para identificar as características mais relevantes de cada atividade. Com este objetivo, criámos uma função que utiliza uma janela deslizante (a de Hamming escolhida no exercício 3.1) para obtermos os valores da frequência mais relevante em cada janela. Guardam-se todos esses valores, para no fim se extrair o maior e menor (o limite superior e inferior da frequência mais relevante na experiência). Foi escolhida uma janela de 7 segundos, visto que o objetivo do projeto é desenvolver um algoritmo capaz de identificar atividades com janelas de pequenos valores. Também foi com tamanho de janela que obtivemos

menos outliers. Desta forma, conseguimos ver os intervalos de frequência de cada atividade. Segue-se a tabela 1 que contém os intervalos para o indivíduo 13:

Nota: As células preenchidas a cinzento claro representam atividade estáticas. A diferenciação de cor serve para separar os 3 tipos de atividades.

Atividade	Intervalo x	Intervalo y	Intervalo z
Walking	[1.8571; 2]	[1.8571; 3.8571]	[1; 1.8571]
Walking Upstairs	[1.2857; 1.7143]	[1.2857; 1.7143]	[0.85714; 1.4286]
Walking Downstairs	[1.4286; 2]	[1.4286; 3.5714]	[0.85714; 3.5714]
Sitting	[0; 15.2857]	[0; 5.2857]	[0; 7.1429]
Standing	[0; 8.5714]	[0; 0.42857]	[0; 0.42857]
Laying	[0; 4.1429]	[0; 5.4286]	[0; 0.42857]
Stand to Sit	[0.36232; 0.6]	[0.36232; 0.4]	[0.36232; 0.4]
Sit to Stand	[0.35211; 0.62893]	[0.31447; 0.35211]	[0.35211; 0.62893]
Sit to Lie	[0.22124; 0.70755]	[0.23585; 0.44248]	[0.23585; 0.44248]
Lie to Sit	[0.25907; 0.26316]	[0.51813; 0.52632]	[0.26316; 0.7772]
Stand to Lie	[0.25641; 0.26178]	[0.25641; 0.26178]	[0.26178; 0.51282]
Lie to Stand	[0.19305; 0.25381]	[0.25381; 0.57915]	[0.19305; 0.25381]

Tabela 1. Intervalos de frequências predominantes

A partir da análise da tabela 1, percebemos que enquanto existem as atividades de transição têm intervalos muito pequenos, ou seja, é possível criar uma zona bem definida onde todas as atividades deste tipo se encontram, existem também atividades cujos intervalos são muito amplos, logo não é possível identificá-los pela sua frequência, como por exemplo, as três atividades estáticas. É de notar que enquanto as atividades estáticas contêm intervalos muito elevados, alguns devem-se a outliers. Mesmo assim, estes outliers foram presentes em todas as experiências de todos os indivíduos, portanto, optamos por manter o intervalo amplo para demonstrar a natureza aleatória destas atividades.

É de notar que, obtivemos valores parecidos nas atividades dinâmicas e nas de transição, para os vários utilizadores. Isto pode dever-se ao facto de estas actividades serem caracterizadas por um movimento específico. Enquanto que as atividades dinâmicas são caracterizadas por dar passos, as atividades dinâmicas são caracterizadas por um movimento brusco e rápido, o que não permite frequências elevadas de serem criadas. Por outro lado, as atividades estáticas tiveram mudanças significativas entre indivíduos. Em especial o eixo x, que de utilizador para utili

Exercício 3.4

Para esta questão, aplicamos uma DFT ao sinal, para assim obter o domínio de frequências do mesmo e sabendo a frequência da magnitude máxima do sinal, retiramos que esta é a frequência predominante no sinal. Isto permite-nos chegar à conclusão que esta frequência é o valor mais aproximado que temos do número de passos dados por segundo do indivíduo. Multiplicando este valor por 60, achamos o número aproximado de passos por minuto que o indivíduo deu durante a realização da atividade dinâmica em estudo. Fizemos este processo para todas as experiências de cada indivíduo que nos foi designado e guardamos uma matriz com os *steps* médios por minuto por experiência, para cada atividade dinâmica. Sendo que para a mesma experiência pode haver mais do que uma ocorrência de uma atividade, foi calculado como valor final a média destas ocorrências.

Finalmente, para calcular o valor médio de cada atividade, foi feita a média de cada coluna da matriz utilizando a função *mean* e o desvio padrão recorrendo à função *std*.

Atividade	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Walking	106.530017	6.032181
Walking up	97.710107	5.125244
Walking down	109.665251	2.837944

É de notar que os valores variam consideravelmente de indivíduo para indivíduo. Esta diferença pode depender de muitos fatores, nomeadamente, o peso, o sexo, a idade e a hora do dia em que foi realizada a experiência.

Exercício 3.5 e 3.6

A resolução destas duas questões foi abordada da mesma forma, logo, decidimos agrupá-las numa só alínea para evitar repetições de ideias. A primeira questão pede para diferenciar as atividades estáticas dos restantes tipos de atividades, enquanto que a segunda questão pede para diferenciar todos os tipos de atividades. Assim, de forma a arranjar um algoritmo que consiga detectar (com boa precisão) cada tipo de atividade, procurámos encontrar zonas de frequências nas quais cada tipo predomina.

Com o objetivo de ter um algoritmo que, a partir de poucos dados, consiga escolher o correto tipo de atividade, optámos por utilizar uma janela deslizante (de Hamming anteriormente escolhida) com tamanho de 6.

Para este efeito, desenvolvemos uma função que, a partir das frequências correspondentes às magnitudes máximas, constrói um plot 3D, onde os eixos são as respectivas frequências, para todas as experiências de um dado indivíduo.

Inicialmente esperamos que todos os tipos de atividades seriam facilmente distinguíveis, visto que todas têm movimentos muito diferentes. As atividades dinâmicas são caracterizadas pela existência de passos (frequências maiores em especial no eixo x e y)

enquanto que as atividades de transição seriam caracterizadas por frequências muito baixas (visto que o movimento é muito rápido e “brusco”). Os resultados obtidos foram os seguintes:

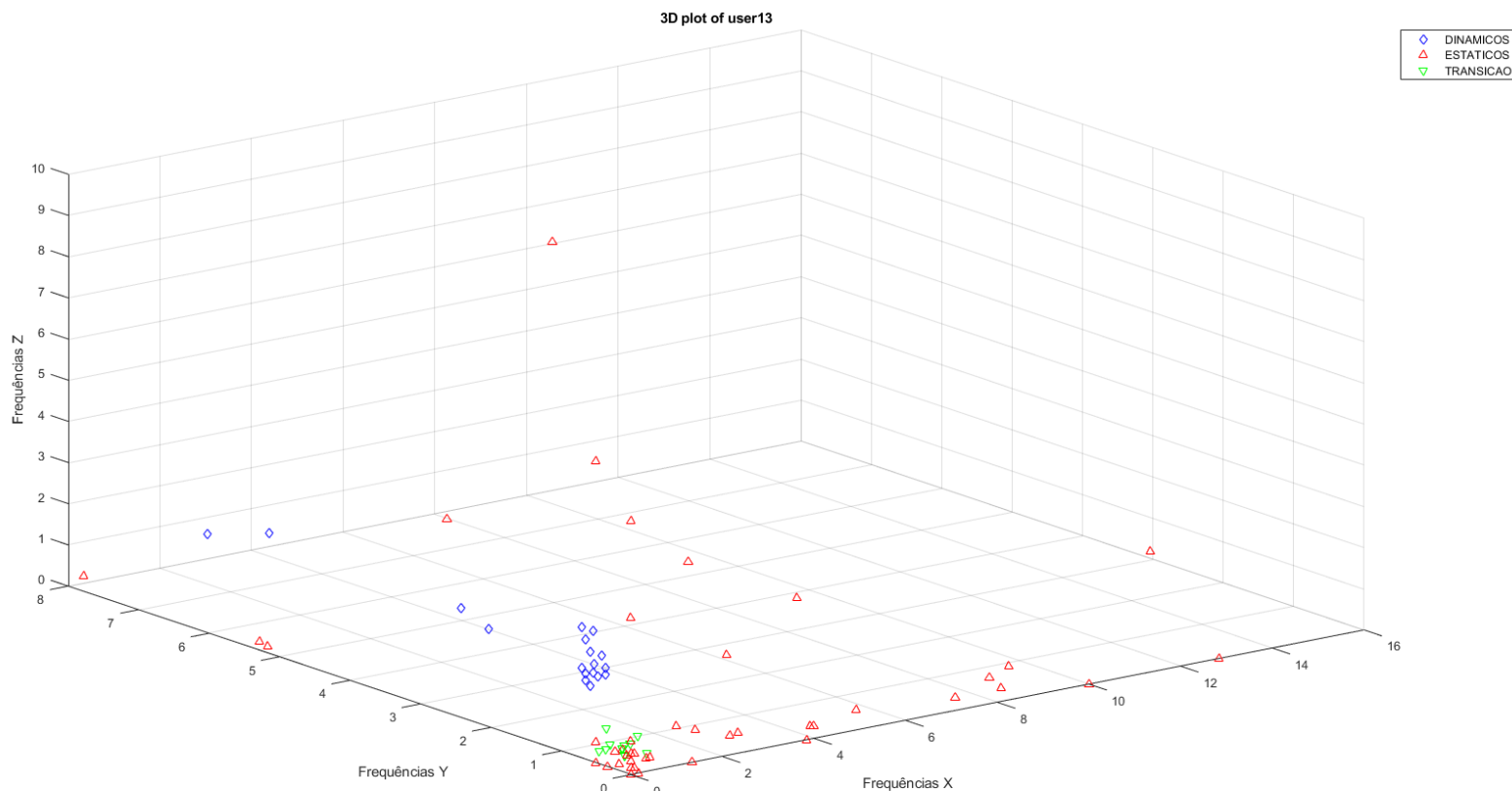


Figura 4. Plot 3D sem zonas exclusivas

A partir deste plot inicial conseguimos perceber de imediato que existia uma clara zona exclusiva para atividades dinâmicas (diamantes azuis), na qual as frequências nos eixos x e y são, relativamente às outras atividades, altas, enquanto que para as atividades de transição obtivemos valores de frequência, na grande maioria, baixa (tal como esperado). Infelizmente, as atividades de transição não contêm uma zona exclusiva, havendo intrusões de atividades estáticas. Mesmo assim, delimitamos zonas para as atividades dinâmicas e atividades de transição (visto que as atividades estáticas não têm nenhum padrão evidente):

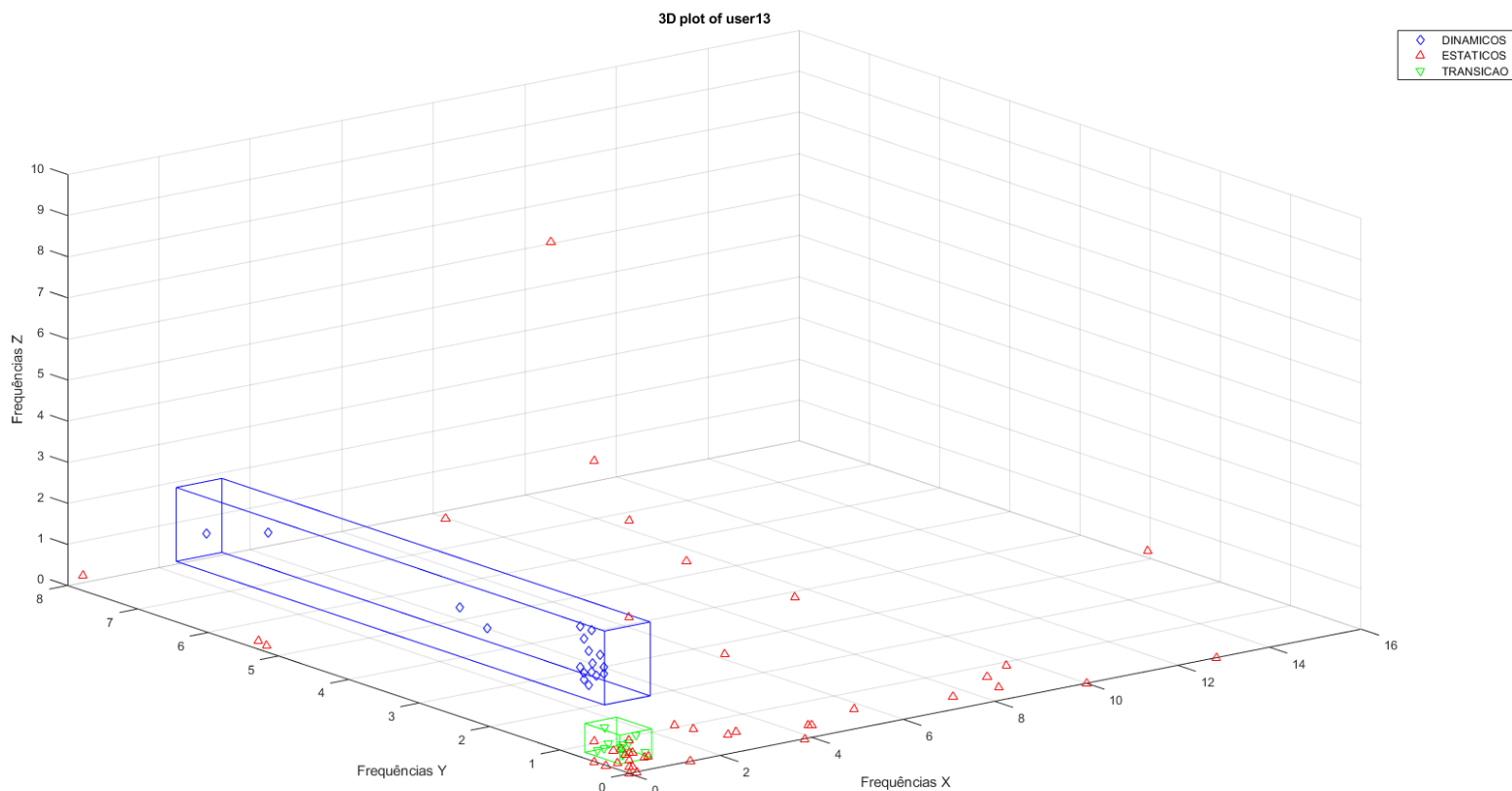


Figura 5. Plot 3D com zonas exclusivas

Os limites das zonas escolhidas foram as seguintes:

Atividades Dinâmicas

Eixo	Limite Inferior	Limite Superior
x	1.3	2.3
y	0.6	7.3
z	0.7	2.5

Atividades de Transição

Eixo	Limite Inferior	Limite Superior
x	0.1	0.75
y	0.2	0.6
z	0.1	0.8

Agora, para conseguirmos saber o quão fiáveis são estes valores, decidimos calcular a percentagem de acerto de cada uma das diferentes janelas. Com os intervalos das tabelas, conseguimos, para todos os indivíduos, exceto o indivíduo 15, uma taxa de acerto de 100% nas atividades dinâmicas (fator de sensibilidade e especificidade igual a 1). O indivíduo 15 apresenta frequências muito grandes no eixo do z para 1 ou 2 valores. Como em nenhum dos utilizadores foi detectado um falso positivo (uma atividade não dinâmica a entrar na zona das atividades dinâmicas), concluímos que podíamos assumir apenas limitações nos eixos x e y, isto é, os limites para o eixo z são $[0.7, \text{inf}]$. Com esta abordagem obtemos uma taxa de acerto de 100% em todos os indivíduos. Assim, concluímos que, a partir deste método de análise, conseguimos diferenciar sempre as atividades dinâmicas das restantes.

Para as atividades de transição obtivemos uma taxa de acerto na ordem dos 90%. Reparámos que muitas das atividades estáticas estavam a ser introduzidas por obterem valores de frequência muito baixos num respetivo eixo, logo tentámos reduzir a área da caixa o máximo possível, mas ao reduzi-la, em algumas experiências perdiam-se atividades de transição, ficando a taxa de acerto ainda menor. Mesmo assim, consideramos que uma taxa de acerto de 90% é satisfatória.

Para finalizar, embora não consigamos diferenciar a 100% todos os tipos de atividades, conseguimos, com alguma confiança, determinar o tipo de atividade seguindo o método adotado.

Exercício 4, 4.1 e 4.2

Tal como é pedido, nesta questão criámos uma função para o cálculo da STFT, para os dados do eixo Z de uma experiência. Inicialmente o sinal é retirada a tendência do sinal. De seguida, aplica-se uma janela deslizante de Hamming sobre o sinal, onde em cada janela é calculada a DFT e extrai-se a magnitude máxima e, posteriormente, a frequência correspondente. As frequências relevantes encontradas são guardadas num array. Por fim, tendo em conta o número de janelas utilizado, o tamanho da janela e a sobreposição, é construído o vetor tempo. Ficamos assim, com os dois arrays de dados necessários para se representar as frequências mais relevantes no sinal ao longo do tempo.

Para saber se o resultado alcançado é correto comparámos o plot com a figura da função *spectrogram* do matlab.

A escolha da janela de Hamming deve-se às conclusões retiradas na seção 3.1. O tempo de janela foi testado com vários valores e 3 segundos foi onde nos pareceu haver melhores resultados.

Seguem-se os gráficos obtidos para a experiência 27:

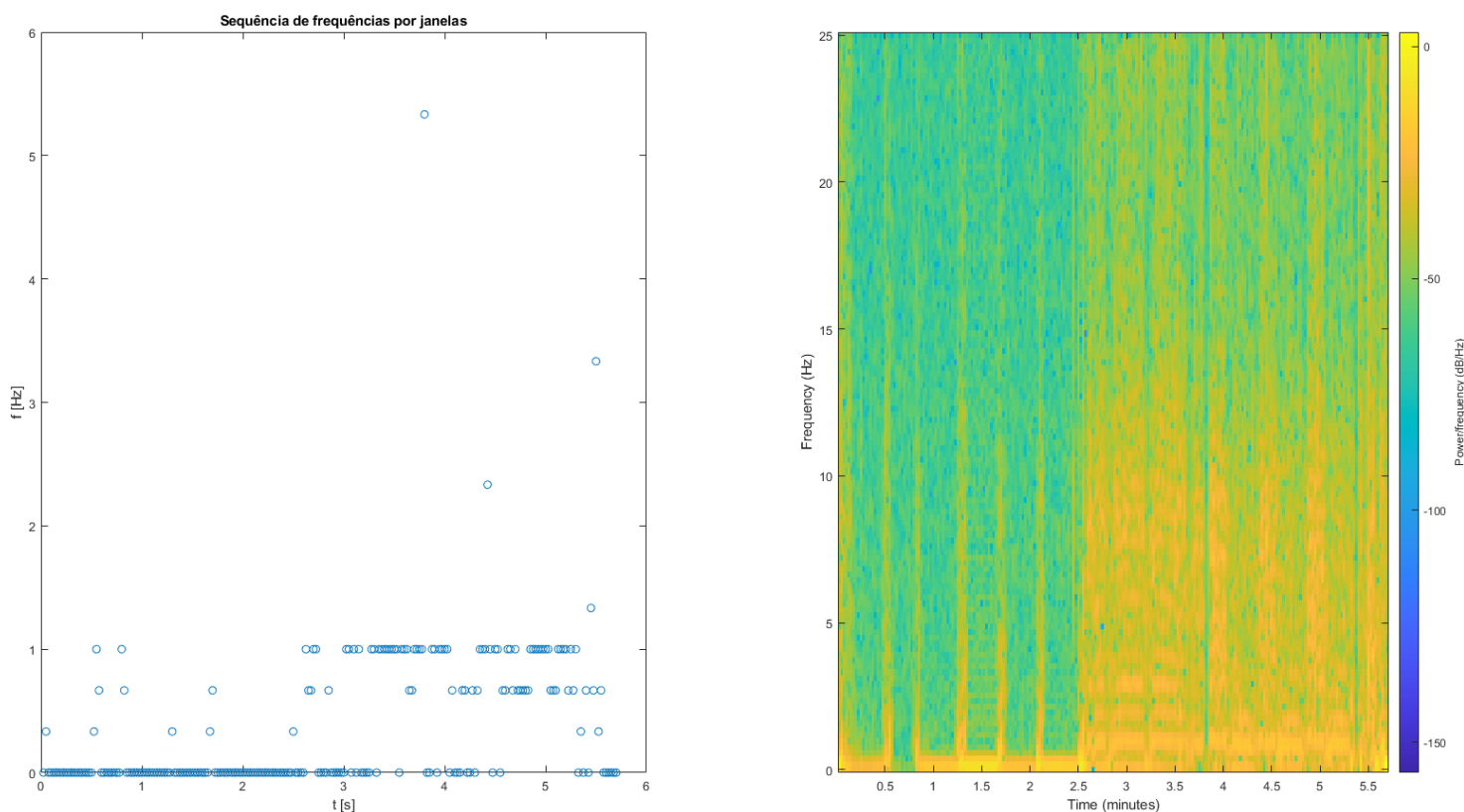


Figura 6. Plots das frequências mais relevantes à esquerda e plot do espetograma do sinal à direita

Como se pode verificar na **figura**, os dois plots têm muitas semelhanças. No plot do espectrograma as zonas a amarelo correspondem a onde tem mais densidade de pontos no plot da função desenvolvida. No espectrograma é também notável a separação entre várias atividades. É fácil de perceber o momento em que o indivíduo passa a realizar atividades dinâmicas (momento em que há uma prevalência de cores amarelas muito maior), enquanto que a distinção entre atividades estáticas e de transição são mais difíceis de distinguir. Mesmo assim é notável uma picos que correspondem a atividades de transição visto que estas têm uma frequência consideravelmente superior às atividades estáticas.

Conclusão

Com a realização deste projeto conseguimos, com o recurso de uma janela de Hamming, distinguir os diferentes tipos de atividades, sendo que conseguimos prever com uma taxa de acerto de 100% as atividades dinâmicas e uma taxa de acerto de cerca de 90% as atividades de transição.

No último exercício conseguimos identificar o espectro dos vários tipos de atividades.

