



RITA PINELA DA CUNHA LOBO

Licenciada em Ciências de Engenharia Biomédica

Rhythmic evoked electrodermal responses (REER)

Um novo método de estudo do sistema nervoso simpático

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Universidade NOVA de Lisboa

Outubro, 2023



RHYTHMIC EVOKED ELECTRODERMAL RESPONSES (REER)

UM NOVO MÉTODO DE ESTUDO DO SISTEMA NERVOSO SIMPÁTICO

RITA PINELA DA CUNHA LOBO

Licenciatura em Ciências de Engenharia Biomédica

Orientadora: Prof. Dra. Carla Maria Quintão Pereira,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade NOVA de Lisboa

Coorientadora: Prof. Dra. Cláudia Regina Pereira Quaresma,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade NOVA de Lisboa

MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

Universidade NOVA de Lisboa
Outubro, 2023

Rhythmic evoked electrodermal responses (REER) - um novo método de estudo do sistema nervoso simpático

Copyright © 2023 Rita Pinela da Cunha Lobo, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha família,

AGRADECIMENTOS

Existem várias pessoas que ajudaram a moldar a minha vida académica e que estiveram presentes particularmente durante este período da escrita da dissertação, e vou tentar aqui agradecer a todas. Estas palavras nunca conseguirão expressar completamente a minha gratidão, mas tentarei fazê-lo de qualquer modo.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer às minhas orientadoras, a Professora Doutora Carla Quintão e a Professora Doutora Cláudia Quaresma, pela sua paciência (eu sei que às vezes é mesmo preciso para mim), compreensão e por todos os comentários que me permitiram levar esta dissertação a um nível que nunca teria conseguido sozinha.

Um outro agradecimento especial à aluna de Doutoramento Ana Isabel Ferreira e à Engenheira Catarina Andrade, que foram também uma enorme ajuda durante todo este processo, respondendo a todas as minhas perguntas até conseguir fazer aquilo que desejava. Desejo-vos toda a sorte do mundo para o vosso futuro.

Um enorme agradecimento à minha família, que sempre me apoiou e se manteve disponível para me ajudar independentemente das circunstâncias. À minha mãe, a minha maior apoiante, que sempre teve orgulho em mim fizesse eu o que fizesse. À minha irmã, a minha outra metade, a lua para o meu sol. Ao meu pai, pelo igual apoio e carinho. Às minhas avós Bia e Graciete, adoro-vos. E também aos meus avôs Carlos e Fernando, que infelizmente já cá não estão para me ver acabar o curso.

Aos meus amigos também, Liliana, Tiago, Joana, Ana, Bia e Dinis, por estarem sempre ao meu lado, por me distraírem quando precisava de distração, por me ouvirem quando precisava de desabafar. Estou verdadeiramente grata por vos ter conhecido a todos. Que estas amizades continuem para o resto das nossas vidas.

E por último, aos meus gatos, e em particular ao Óscar, que estive (literalmente) presente durante toda a escrita desta dissertação, mesmo que esta sua presença por vezes causasse algum caos.

Be yourself; everyone else is already taken.

Oscar Wilde

RESUMO

O Sistema Nervoso Autónomo (SNA) é responsável pela regulação automática de diversas funções vitais à vida. Os métodos que permitem avaliar o SNA muitas vezes não permitem distinguir entre os seus subsistemas, sendo que aqueles que avaliam apenas o Sistema Simpático são dispendiosos, invasivos, desconfortáveis ou demorados na sua realização.

Esta dissertação procura verificar a possibilidade da utilização de sinais de atividade eletrodérmica (EDA) como um método não invasivo, eficiente e acessível para avaliar o funcionamento do SNA, através da validação de um fenómeno registado num estudo anterior, onde se sugeriu a existência de uma relação direta entre estímulos visuais e o respetivo sinal eletrodérmico (Atividade Eletrodérmica Evocada, ou *REER*).

Neste estudo, participaram 34 indivíduos adultos e sem patologia associada. O sinal de EDA foi recolhido durante a apresentação de um estímulo visual de xadrez, com três taxas de inversão a frequências de 0.5, 1.5 e 2 Hz.

Realizou-se o processamento e caracterização dos dados de forma a estudar a possível relação consistente entre o sinal de EDA e os estímulos apresentados.

Inicialmente, fez-se uma comparação dos parâmetros extraídos através do processamento entre os vários grupos. O tempo de latência mostrou ser um parâmetro com alterações coerentes para as três frequências, sendo também o que melhor permitiu distinguir os grupos de dados relativamente a cada uma das frequências. Verificou-se uma diminuição da latência para as frequências mais elevadas, o que deverá estar associado a um menor tempo para o SNA processar o estímulo e elaborar uma resposta.

Finalmente, fez-se o estudo da relação do sinal com o estímulo, tendo-se observado que todas as frequências produzem resultados muito similares.

As evidências encontradas são indicativas de que o que assumiu ser atividade eletrodérmica evocada anteriormente poderá ser ruído proveniente de fenómenos fisiológicos como a frequência cardíaca.

O trabalho de investigação descrito nesta dissertação foi realizado de acordo com as normas estabelecidas no código de ética da Universidade Nova de Lisboa. O trabalho descrito e o material apresentado nesta dissertação, com as exceções claramente indicadas, constituem trabalho original realizado pela autora.

Palavras chave: Atividade Eletrodérmica (EDA), Estímulo visual, Sistema Nervoso Autónomo, Sistema Nervoso Simpático, Atividade Eletrodérmica Evocada, Processamento de Sinal.

ABSTRACT

The Autonomic Nervous System (ANS) is responsible for the automatic regulation of various vital life functions. Methods that allow the assessment of the ANS often do not distinguish between its subsystems, and those that assess only the Sympathetic Nervous System can be expensive, invasive, uncomfortable, or time-consuming to perform.

This dissertation aims to investigate the possibility of using electrodermal activity (EDA) signals as a non-invasive, efficient, and accessible method to evaluate the functioning of the ANS. This is achieved through the validation of a phenomenon recorded in a previous study, where a direct relationship between visual stimuli and the corresponding electrodermal signal (Rhythmic Evoked Electrodermal Responses or REER) was suggested.

In this study, 34 adult individuals without associated pathologies participated. EDA signals were collected during the presentation of a chessboard visual stimulus with three reversal rates at frequencies of 0.5, 1.5, and 2 Hz.

Data processing and characterization were carried out to explore the potential consistent relationship between the EDA signal and the presented stimuli. Initially, a comparison of the parameters extracted through processing was conducted among the various groups. Latency time was found to be a parameter with consistent changes for all three frequencies and was also the parameter that best distinguished the data groups for each frequency. A decrease in latency was observed for higher frequencies, which is likely associated with a shorter time for the ANS to process the stimulus and formulate a response.

Finally, a study of the relationship between the signal and the stimulus was conducted, and it was observed that all frequencies produced very similar results.

The evidence found suggests that what was previously assumed to be evoked electrodermal activity is likely noise originating from physiological phenomena such as heart rate.

The research work described in this dissertation was carried out in accordance with the norms established in the ethics code of Universidade Nova de Lisboa. The work described and the material presented in this dissertation, with the exceptions clearly indicated, constitute original work carried out by the author.

Keywords: Electrodermal Activity (EDA), Visual Stimulus, Autonomic Nervous System, Sympathetic Nervous System, Evoked Electrodermal Activity, Signal Processing.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura do Trabalho	3
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1	Sistema Nervoso.....	5
2.1.1	Sistema Nervoso Autónomo.....	6
2.2	Atividade Eletrodérmica.....	7
2.2.1	Definição	7
2.2.2	Sinal de EDA.....	8
2.3	Potenciais Evocados	9
2.4	<i>Singular Spectrum Analysis</i>	9
3	ESTADO DE ARTE.....	11
3.1	"Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais"	11
3.2	Métodos de avaliação do sistema nervoso simpático	12
3.2.1	Medição da noradrenalina na urina e no plasma	13
3.2.2	Taxa de <i>spillover</i> de noradrenalina.....	13
3.2.3	Microneurografia.....	13
3.2.4	Variabilidade do ritmo cardíaco e da pressão arterial	13
3.2.5	Atividade eletrodérmica	14
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4.1	Definição e caracterização da amostra	15

4.2	Procedimento experimental.....	16
4.2.1	Equipamentos e <i>Software</i>	16
4.2.2	Estímulos Visuais.....	17
4.2.3	Procedimento.....	18
4.3	Processamento do sinal.....	19
4.3.1	Relação entre o sinal e o estímulo.....	22
4.3.2	Avaliação dos valores máximos dos histogramas.....	23
4.4	Desenvolvimento de programa em <i>Python</i> para processamento do sinal.....	24
4.5	Análise estatística.....	27
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	29
5.1	Análise inicial dos dados.....	29
5.1.1	Frequência de 0.5 Hz.....	29
5.1.2	Frequências de 1.5 Hz e 2 Hz.....	30
5.2	Análise comparativa entre as experiências.....	31
5.2.1	Comparação entre as frequências de 0.5 Hz e 1.5 Hz.....	31
5.2.2	Comparação entre as frequências de 0.5 Hz e 2 Hz.....	32
5.2.3	Comparação entre as frequências de 1.5 Hz e 2 Hz.....	32
5.2.4	Discussão dos resultados.....	33
5.3	Estudo da atividade eletrodérmica evocada.....	34
5.3.1	Médias dos Histogramas.....	35
5.3.2	Máximos dos histogramas.....	37
6	CONCLUSÕES.....	39
6.1	Perspetivas futuras.....	40
A	APÊNDICE.....	47
B	APÊNDICE.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Relações entre um nervo espinhal torácico típico e os gânglios paravertebrais. Retirado de [2].	7
Figura 2.2 - Anatomia de uma glândula sudorípara écrina. Retirado de [17].	8
Figura 2.3 - Representação gráfica dos principais componentes do sinal de EDA. Retirado de [17].	9
Figura 2.4 - Esquema genérico da técnica de SSA. Retirado de [35].	10
Figura 4.1 - <i>Bitalino</i> ® core. Retirado de [41].	16
Figura 4.2 - Padrão xadrez constituinte do estímulo visual apresentado aos sujeitos em estudo. A cruz vermelha assinala o local para onde os participantes devem dirigir o olhar. Retirado de [10].	17
Figura 4.3 - Observação do sinal obtido após aquisição com <i>Bitalino</i> ® no <i>software Opensignals</i> ® para o sujeito número 14. Em cima, encontra-se o sinal correspondente ao EDA, e em baixo o sinal correspondente à marcação dos <i>triggers</i>	18
Figura 4.4 - 3 possíveis configurações dos elétrodos para registo de atividade eletrodérmica. Retirado de [17].	18
Figura 4.5 - Resultado da aplicação do filtro média móvel ao sinal de EDA. À esquerda está o sinal EDA do sujeito 1 sem filtro, enquanto que à direita se encontra o mesmo sinal filtrado com o filtro média móvel com janela de 50 pontos amostrais.	19
Figura 4.6 - Representação do sinal de EDA do sujeito 1 com as delimitações das 3 experiências, relativas a cada uma das frequências utilizadas.	20
Figura 4.7 - Representação das 3 experiências de forma separada para o participante 1.	20
Figura 4.8 - Aplicação da DDA no sinal da primeira experiência do sujeito 1. Pode-se observar a distinção entre o nível tónico (cinzento) e a resposta fásica (azul). É ainda visível a distinção entre as várias respostas do sinal a diferentes tons de azul. As barras a vermelho representam os <i>triggers</i>	21
Figura 4.9 - Representação do sinal destacando-se a componente tónica e fásica, no indivíduo 20, na primeira recolha.	21
Figura 4.10 - Criação de uma regra e exceção, de forma a retirar os valores relativos a outliers, no participante 26, durante a recolha de sinal com a terceira taxa de inversão do estímulo.	22
Figura 4.11 - Representação dos dados de uma medição de EDA no modo <i>Probability Plot</i> com a curva com distribuição lognormal ajustada.	23

Figura 4.13 - Exemplo de uma <i>Dataframe</i> obtida através da leitura dos dados do participante 1.	24
Figura 4.14 – Visualização dos três trechos da aquisição do participante 1, sem e com filtro aplicado.	24
Figura 4.15 – Decomposição do sinal do primeiro participante nas componentes tónica e fásica.	25
Figura 4.16 – Matrizes de correlação com todos os componentes (à esquerda), e os primeiros 20 componentes (à direita).	25
Figura 4.17 – Sinal original com a representação da primeira componente.	26
Figura 4.19 – Representação do sinal EDA reconstruído com os primeiros 9 componentes, e os restantes 690 componentes.	26
Figura 5.1 - Histograma da distribuição das diferenças entre os picos detetados no participante 2, na primeira recolha.	35
Figura 5.2 - Histograma para o adulto 2 durante a primeira recolha, com a respetiva distribuição normal ajustada. O valor médio é igual a 1,66 e o desvio padrão é 1,33.	35
Figura 5.3 - Histograma para o adulto 2 durante a primeira recolha, com a respetiva distribuição lognormal ajustada.	37
Figura 5.4 – Gráfico com a representação dos máximos das curvas ajustadas aos histogramas para todos os participantes e experiências.	38
Figura A.1 – Possíveis configurações dos elétrodos para registo da atividade eletrodérmica. Retirado de [1].	49
Figura B.1 – Visualização em <i>Ledalab</i> ® do sinal EDA do participante 8 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.	58
Figura B.2 – Visualização em <i>Ledalab</i> ® do sinal EDA do participante 30 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.	58
Figura B.3 – Visualização em <i>Ledalab</i> ® do sinal EDA do participante 32 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.	58
Figura B.4 – Histograma da primeira experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	59
Figura B.5 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	59
Figura B. 6 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	59
Figura B.7 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 2 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	59

Figura B.8 – Histograma da terceira experiência do indivíduo 2 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	60
Figura B.9 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	60
Figura B.10 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	60
Figura B.11 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	60
Figura B.12 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	61
Figura B.13 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	61
Figura B.14 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	61
Figura B.15 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	61
Figura B.16 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	62
Figura B.17 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	62
Figura B.18 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	62
Figura B.19 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	62
Figura B.20 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	63

Figura B.21 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	63
Figura B.22 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	63
Figura B.23 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	63
Figura B.24 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	64
Figura B.25 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	64
Figura B.26 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	64
Figura B.27 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	64
Figura B.28 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	65
Figura B.29 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	65
Figura B.30 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	65
Figura B.31 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	65
Figura B.32 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	66
Figura B.33 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	66

Figura B.34 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	66
Figura B.35 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	66
Figura B.36 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	67
Figura B.37 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	67
Figura B.38 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	67
Figura B.39 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	67
Figura B.40 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	68
Figura B.41 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	68
Figura B.42 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	68
Figura B.43 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	68
Figura B.44 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	69
Figura B.45 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	69
Figura B.46 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	69

Figura B.47 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	69
Figura B.48 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	70
Figura B.49 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	70
Figura B.50 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	70
Figura B.51 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	70
Figura B.52 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	71
Figura B.53 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	71
Figura B.54 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	71
Figura B.55 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	71
Figura B.56 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	72
Figura B.57 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	72
Figura B.58 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	72
Figura B.59 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	72

Figura B.60 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	73
Figura B.61 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	73
Figura B.62 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	73
Figura B.63 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	73
Figura B.64 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	74
Figura B.65 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	74
Figura B.66 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	74
Figura B.67 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	74
Figura B.68 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	75
Figura B.69 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	75
Figura B.70 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	75
Figura B.71 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	75
Figura B.72 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	76

Figura B.73 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	76
Figura B.74 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	76
Figura B.75 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	76
Figura B.76 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	77
Figura B.77 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	77
Figura B.78 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	77
Figura B.79 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	77
Figura B.80 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	78
Figura B.81 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	78
Figura B.82 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	78
Figura B.83 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	78
Figura B.84 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	79
Figura B.85 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	79

Figura B.86 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	79
Figura B.87 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	79
Figura B.88 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	80
Figura B.89 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	80
Figura B.90 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	80
Figura B.91 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	80
Figura B.92 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	81
Figura B.93 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	81
Figura B.94 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	81
Figura B.95 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	81
Figura B.96 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	82
Figura B.97 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	82
Figura B.98 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	82

Figura B.99 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.....	83
Figura B.100- Histograma da região sem estímulo do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	83
Figura B.101- Histograma da terceira experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	83
Figura B.102- Histograma da segunda experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	83
Figura B.103- Histograma da terceira experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	84
Figura B. 104- Histograma da primeira experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	84
Figura B.105- Histograma da segunda experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	84
Figura B.106- Histograma da terceira experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	84
Figura B.107- Histograma da região sem estímulo do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.	85

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Funções do Sistema Nervoso Autónomo. Retirado de [2].	6
Tabela 4.1 - Visualização dos parâmetros introduzidos no <i>SPSS</i> relativos aos 10 primeiros participantes, na experiência com a primeira frequência e a janela de 1.5 a 2 segundos no <i>Ledalab</i> ®.	27
Tabela 4.2 – Resultados do teste <i>Shapiro-Wilk</i> para a experiência com a primeira frequência.	28
Tabela 5.1 – Valores médios e desvio padrão para a experiência 1 (0.5 Hz), com uma janela 1-2 s.	30
Tabela 5.2 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 1 (0.5 Hz), com uma janela 1.5-2 s.	30
Tabela 5.3 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 2 (1.5 Hz).	31
Tabela 5.4 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 3 (2 Hz).	31
Tabela 5.5 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a primeira e segunda frequência.	32
Tabela 5.6 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a primeira e terceira frequência.	32
Tabela 5.7 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a segunda e terceira frequência.	33
Tabela 5.8 - Valores médios da média e desvio padrão retirados das distribuições normais ajustadas aos histogramas nas 3 experiências e para as zonas do sinal sem a apresentação do estímulo.	36
Tabela 5.9 - Valores médios das curvas ajustadas aos histogramas para todas as frequências de estímulo e as regiões sem estímulo.	37
Tabela B.1 - Resultados do teste <i>Shapiro-Wilk</i> para os dados da frequência 1.5 Hz.	53
Tabela B.2 - Resultados do teste <i>Shapiro-Wilk</i> para os dados da frequência 2 Hz.	53
Tabela B.3 - Valores extraídos do <i>Ledalab</i> ® para os diferentes participantes na experiência 1, com janelas de 1 a 2 segundos, e 1.5 a 2 segundos, respetivamente.	54
Tabela B.4 - Valores extraídos do <i>Ledalab</i> ® para os diferentes participantes na experiência 2 e 3.	55
Tabela B.5 - Valores de média, variância e desvio padrão retirados das distribuições normais ajustadas aos histogramas de cada participante nas três experiências.	56
Tabela B.6 - Valores dos máximos das distribuições lognormais ajustadas aos histogramas de cada participante nas três experiências e na região sem estímulo.	57

SIGLAS

REER	<i>Rhythmic Evoked Electrodermal Responses</i>
EDA	Atividade Eletrodérmica
SN	Sistema Nervoso
SNC	Sistema Nervoso Central
SNP	Sistema Nervoso Periférico
SNS	Sistema Nervoso Somático
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SP	Sistema Nervoso Parassimpático
SS	Sistema Nervoso Simpático
SSA	<i>Singular Spectrum Analysis</i>
NA	Noradrenalina
PEV	Potenciais Evocados Visuais
PEA	Potenciais Evocados Auditivos
DDA	<i>Discrete Decomposition Analysis</i>

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O Sistema Nervoso Autônomo (SNA) é responsável pela regulação automática de diversas funções vitais à vida, tais como o ritmo cardíaco ou a taxa respiratória [2].

Dentro do SNA pode-se distinguir dois subsistemas: o Sistema Nervoso Simpático (SS) e o Sistema Parassimpático (SP), que possuem efeitos (de forma geral) opostos, de forma a manter a homeostase [2].

Distúrbios do SNA têm um papel crucial no decurso clínico de muitas doenças. Juntamente com os sistemas endócrino e imunológico determina o estado do ambiente interno no organismo e ajusta o mesmo às suas necessidades, permitindo a adaptação às mudanças no ambiente externo [3].

Existem várias causas possíveis de distúrbios que afetam o SNA, com consequências como neuropatias autonómicas. Entre estes destacam-se a diabetes mellitus, condições autoimunes e inflamatórias como a síndrome de Guillain-Barré, traumas e tumores. Os sintomas clínicos que surgem como consequência destes distúrbios são muitas vezes não característicos, dependendo da localização da lesão. Os mais comuns são os problemas relacionados com o ritmo cardíaco, disfagia (dificuldade ao engolir), incontinência, disfunções sexuais, entre outros. [3]-[7].

Dando como exemplo o caso das doenças cardiovasculares, estas são a principal causa de mortalidade no mundo, e sabe-se que o SNA, e em particular o SS, têm um papel central na regulação cardiovascular [8], [9].

Como tal, é de extrema importância o melhor entendimento do Sistema Nervoso Autônomo de forma a mais facilmente se poder prevenir estas condições ou mesmo monitorizar o efeito das metodologias de intervenção.

Muitas vezes, os métodos existentes para estudar o SNA avaliam funções que são influenciadas pelos seus dois subsistemas, o que torna difícil a distinção entre os Sistemas Simpático e Parassimpático. Os métodos que refletem apenas a atividade do SS, de forma geral, são dispendiosos, invasivos ou desconfortáveis, demorados na sua realização, ou requerem mesmo treino específico da parte do investigador [3], [8].

É assim fundamental o desenvolvimento de um método para analisar o Sistema Simpático de forma objetiva, acessível e não invasiva.

Atualmente considera-se que a estimulação das glândulas sudoríparas é regulada apenas pelo Sistema Simpático. Neste caso, ao utilizar sinais provenientes da Atividade Eletrodérmica (EDA) da pele, que mede as alterações das propriedades elétricas da mesma, haveria a possibilidade de obter informação apenas sobre o SS, sem a influência do efeito do SP. Ao nível da sinapse efetora, a EDA é mediada pela acetilcolina, ou seja, é também independente dos níveis de adrenalina e noradrenalina em circulação [2].

Na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", por Catarina Andrade (2022), verificou-se que quando um indivíduo era estimulado visualmente com um padrão xadrez com uma frequência de inversão a 1 Hz, existia aproximadamente uma resposta do sinal de EDA a cada inversão do estímulo (de 1 em 1s) [10].

Este estudo sugere que poderá existir uma relação direta entre os estímulos e os sinais de EDA, o que indica que haverá forma de desenvolver um método para estudar o Sistema Nervoso Simpático com base na atividade eletrodérmica evocada (*REER - Rhythmic Evoked Electrodermal Responses*).

1.2 Objetivos

O Sistema Nervoso Simpático tem um papel importante no controlo de diversas funções essenciais à manutenção da homeostase no corpo humano [2], pelo que se revela fundamental encontrar um método não invasivo, eficiente e acessível que permita avaliar o funcionamento do SNA, de forma também a permitir distinguir entre os sistemas simpático e parassimpático.

Como a atividade eletrodérmica está dependente de forma direta do SS [11], [12], e uma vez que se encontrou evidências que sugerem a existência de atividade eletrodérmica evocada [10], a utilização desta técnica poderá ser importante para perceber melhor o funcionamento destes sistemas. Uma vez que o EDA permite que se façam medições em conjunto com outras técnicas que avaliam o SNA, o método *REER* poderia também ser utilizado para melhor distinguir as duas divisões do SNA.

A presente dissertação tem como objetivo a realização de um estudo sistemático do fenómeno observado na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", relativamente à atividade eletrodérmica evocada registada em resposta a um estímulo audiovisual de um padrão de xadrez, com uma frequência de inversão de 1 Hz, para confirmar a possível validade do método.

Para tal, recolheu-se um maior volume de sinais de EDA de uma amostra de indivíduos sem patologia e com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos. A recolha do sinal foi realizada usando estímulos visuais de xadrez que alternam com três novas frequências, diferentes do 1 Hz utilizado anteriormente.

Os protocolos experimentais desenvolvidos, se se confirmarem válidos, poderão no futuro ser otimizados e utilizados para avaliar doenças que envolvam o SNA.

1.3 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação contém no total 6 capítulos.

No primeiro capítulo, pode-se encontrar uma breve contextualização relativamente ao problema em estudo, bem como os seus objetivos principais.

O capítulo 2 cobre os conceitos teóricos que foram considerados mais relevantes para o entendimento desta dissertação. Assim, faz-se uma breve descrição do Sistema Nervoso, Sistema Nervoso Autónomo e Sistema Nervoso Simpático. São também abordados temas como o sinal de EDA e os Potenciais Evocados, e termina-se por referir a *Singular Spectrum Analysis*.

O capítulo 3 refere alguns trabalhos e técnicas do estado de arte relacionados com o tema em questão, nomeadamente o fenómeno observado na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", e vários métodos de avaliação do Sistema Nervoso Simpático.

No capítulo 4, são descritas as informações relativas à amostra, procedimento experimental e processamento do sinal.

O capítulo 5 trata da apresentação e discussão dos resultados que foram obtidos.

No capítulo 6 apresentam-se as conclusões da dissertação e possíveis perspetivas futuras.

Por fim, no apêndice A pode-se consultar o documento que foi entregue à Comissão de Ética, com o consentimento informado e o questionário preenchido pelos participantes no estudo. No apêndice B, estão disponíveis tabelas e figuras adicionais.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os tópicos teóricos considerados como sendo os mais importantes para a correta compreensão desta dissertação.

Como tal, entre os temas abordados inclui-se uma breve descrição do Sistema Nervoso, nomeadamente o Sistema Nervoso Autónomo, e mais em concreto, o Sistema Nervoso Simpático, uma vez que este Sistema será o que se relaciona com a ativação das glândulas sudoríparas que, por sua vez, estão na origem do sinal de EDA.

Desta forma, destaca-se também o sinal de EDA, as suas principais características e os fenómenos fisiológicos que estão na sua origem.

Considerou-se pertinente também o entendimento do que são Potenciais Evocados.

Por fim, e tendo em conta que este tipo de técnica poderá ser importante para o processamento do sinal obtido, destaca-se a *Singular Spectrum Analysis*.

2.1 Sistema Nervoso

Do ponto de vista anatómico, o Sistema Nervoso pode-se subdividir no Sistema Nervoso Central (SNC) e no Sistema Nervoso Periférico (SNP) [11].

O SNC é composto pelo cérebro e a medula espinal, protegidos pelo crânio e a coluna, respetivamente. Por sua vez, o SNP faz a ligação entre o SNC e os órgãos periféricos e é composto pelos nervos cranianos e espinhais [2], [11], [12].

Num ponto de vista funcional, o Sistema Nervoso é constituído pelo Sistema Nervoso Somático, que é responsável pelo controlo dos movimentos voluntários, bem como dos actos reflexos e da informação recebida através dos neurónios sensoriais, e o Sistema Nervoso Autónomo (SNA), que regula as funções involuntárias, influenciando a atividade de vários órgãos internos [12], [13].

O SNP inclui também o Sistema Nervoso Entérico, que controla o sistema digestivo [14].

2.1.1 Sistema Nervoso Autônomo

O Sistema Nervoso Autônomo refere-se às células nervosas do SNP que inervam os órgãos internos, músculo liso e glândulas secretoras. O SNA é regulado pelo hipotálamo, pelo que é influenciado por alterações relacionadas tanto com o ambiente (externo e interno) como com fatores emocionais [2], [13].

O SNA está dividido noutros dois sistemas, o Parassimpático e o Simpático, que geralmente têm efeitos opostos (Tabela 2.1) [2].

A divisão Simpática está usualmente associada à estimulação de funções mobilizadas pelo organismo em caso de emergência, como o aumento da frequência cardíaca e contractilidade, dilatação das vias aéreas, constrição dos vasos sanguíneos, e estimulação das glândulas sudoríparas. Por outro lado, a divisão Parassimpática está normalmente relacionada com o corpo em repouso, com efeitos como a diminuição da frequência cardíaca, constrição das vias aéreas, entre outros [11], [13].

Tabela 2.1 - Funções do Sistema Nervoso Autônomo. Adaptado de [2].

Estrutura	Efeito simpático	Efeito Parassimpático
Íris no olho	Dilata pupila	Contraí pupila
Músculo ciliar do olho	Relaxa	Contraí
Glândulas salivares	Reduz secreções	Aumenta secreções
Glândula lacrimal	Reduz secreções	Aumenta secreções
Coração	Aumenta frequência e força da contração	Diminui frequência e força da contração
Brônquios	Dilata	Contraí
Trato gastrointestinal	Diminui motilidade	Aumenta motilidade
Glândulas sudoríparas	Aumenta secreção	
Músculo eretor do pelo	Contraí	

No SNA existe uma sequência de dois neurónios entre o SNC e as estruturas inervadas. Os primeiros neurónios denominam-se de pré-ganglionares e têm origem no tronco cerebral ou na medula espinhal, possuindo axónios mielinizados. Os segundos neurónios são os pós-ganglionares e os seus corpos celulares localizam-se nos gânglios autónomos [2], [11].

2.1.1.1 Sistema Nervoso Simpático

No Sistema Simpático, os neurónios pré-ganglionares situam-se exclusivamente na medula entre os níveis T1 e L2. Estes saem da medula espinhal, continuando para o nervo espinhal e ramos comunicantes brancos (fibras constituintes mielinizadas), até chegar aos gânglios, onde ocorre sinapse com os neurónios pós-ganglionares. As fibras pós-ganglionares regressam ao nervo espinhal através dos ramos comunicantes cinzentos (fibras não mielinizadas), dirigindo-se para uma glândula, músculo liso ou músculo cardíaco, onde se pode destacar as glândulas sudoríparas [15].

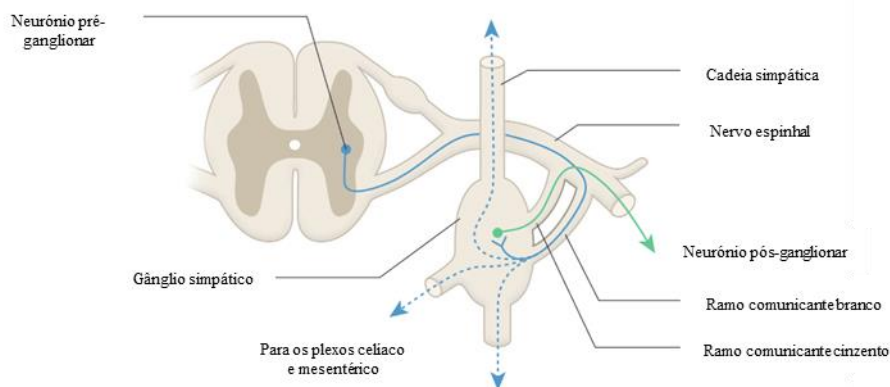


Figura 2.1 - Relações entre um nervo espinhal torácico típico e os gânglios paravertebrais. Adaptado de [2].

Finalmente, no caso do SS, o neurotransmissor libertado pelos neurónios pré-ganglionares é a acetilcolina, enquanto que o libertado pelos neurónios pós-ganglionares é geralmente a noradrenalina (NA), com a exceção das células que inervam as glândulas sudoríparas, que são colinérgicas (acetilcolina). Isto em oposição ao que ocorre no SP, onde em ambos os casos o neurotransmissor envolvido é a acetilcolina [2].

2.2 Atividade Eletrodérmica

2.2.1 Definição

A atividade eletrodérmica (EDA, do inglês *Electrodermal Activity*) é o termo utilizado para definir alterações na capacidade de condução de eletricidade da pele. É um método não invasivo, relativamente barato, fácil de utilizar, e tem a vantagem de funcionar como uma representação do Sistema Simpático, uma vez que as glândulas sudoríparas estão sobre o controlo do mesmo [16], [17].

A pele é o maior órgão do corpo humano, e uma das suas funções é a proteção do corpo, funcionando como uma barreira física seletiva, que previne a entrada de corpos estranhos no corpo e facilita a passagem seletiva de materiais da corrente sanguínea para o exterior. É também responsável pela regulação da temperatura corporal através da vasoconstrição e vasodilatação, e com a variação na produção de suor [17], [18].

O corpo humano possui dois tipos de glândulas sudoríparas: écrinas e apócrinas. As glândulas écrinas distribuem-se ao longo do corpo (com maior densidade nas palmas das mãos e pés) e têm uma função maioritariamente termorreguladora [19].

Não só existe uma maior densidade de glândulas sudoríparas nas falanges, palmas das mãos e face plantar dos pés, mas verifica-se também que essas zonas estão mais propensas a criar suor devido a estimulação simpática (por estímulos emocionais, cognitivos ou metabólicos), razões pelas quais se mede o sinal de EDA nestas regiões [20].

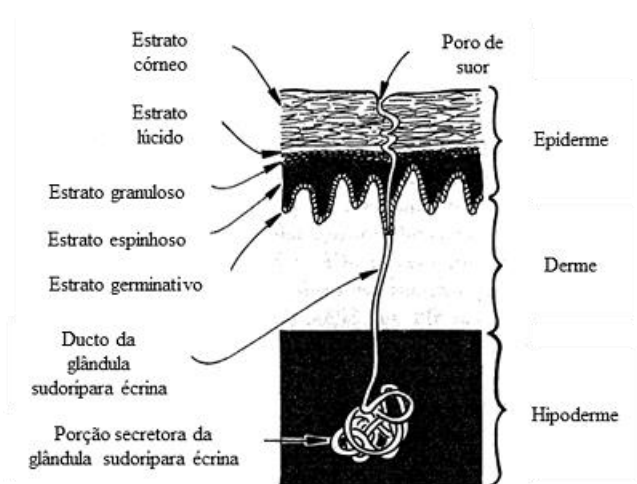


Figura 2.2 - Anatomia de uma glândula sudorípara écrina. Adaptado de [17].

De forma simplificada, pode-se considerar os ductos das glândulas écrinas como sendo resistências elétricas dispostas em paralelo. Assim, com a subida de uma coluna de suor no interior dos ductos, é criada uma zona mais condutora, e a resistência total dessa porção de pele irá diminuir. Estas alterações resistivas são depois visíveis no sinal de EDA [20].

2.2.2 Sinal de EDA

Para recolher o sinal de EDA, pode-se utilizar a metodologia exossomática, onde se utiliza uma corrente externa constante aplicada à pele (I), e mede-se então a diferença de potencial (V) entre os dois elétrodos, que é proporcional à resistência (R). Na metodologia endossomática é induzida uma diferença de potencial na pele, sendo então medida a corrente, proporcional à condutância (G) [17], [21], [22], [23].

Em qualquer um dos casos, assume-se que a pele tem um comportamento óhmico, com o valor da resistência a ser dado pela equação 2.1:

$$R = \frac{1}{G} = \frac{V}{I} \quad 2.1$$

A unidade SI de condutância é o siemen (S), e os valores tipicamente estão na ordem dos microsiemens (μS) [16].

O sinal de EDA possui duas componentes: uma componente tónica, a linha de base, com alterações mais lentas e medida com o Nível de Condutância da Pele (SCL), e uma componente fásica, com alterações mais rápidas, em resposta a um estímulo [16].

Alguns parâmetros importantes para a análise do EDA são o tempo de latência, a amplitude, o tempo de subida, e o tempo de meia recuperação (figura 2.3) [24].

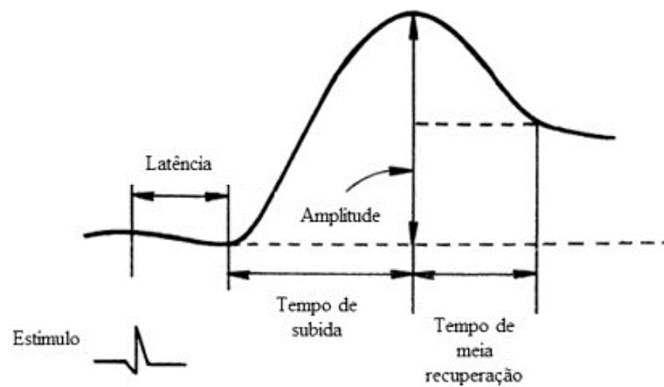


Figura 2.3 - Representação gráfica dos principais componentes do sinal de EDA. Adaptado de [17].

A amplitude corresponde ao aumento total fásico até ao pico da resposta, sendo que um aumento na amplitude significa uma resposta mais intensa (maior número de glândulas ativadas). A latência corresponde ao tempo em segundos entre o estímulo e o início da resposta [24], [25]. A área, ou seja, o integral do sinal, é também considerada como uma boa forma de avaliar o efeito do estímulo no sujeito em estudo [26], [27], [28].

É também importante referir que para um dado indivíduo, a resposta eletrodérmica a diferentes estímulos poderá ser diferente, tal como para o caso do mesmo estímulo com indivíduos diferentes [24], [25].

Além disso, alguns fatores como a temperatura ambiente, humidade, e estado emocional do paciente podem influenciar a aquisição do sinal de EDA [25].

2.3 Potenciais Evocados

Um potencial evocado ou resposta evocada pode ser definido como um padrão específico de atividade elétrica produzida numa parte particular do SN em resposta a um estímulo externo [29]. Se este estímulo for visual, neste caso designa-se por Potencial Evocado Visual (PEV) e a resposta é provocada por um flash de luz ou estímulo visual com um determinado padrão. Se o estímulo utilizado for auditivo, a resposta designa-se então por Potencial Evocado Auditivo (PEA) [30].

Os potenciais evocados tendencialmente possuem baixas amplitudes ($0.1-10 \mu\text{V}$), o que leva a que haja alguma dificuldade em distinguir os mesmos de ruído aleatório e do restante sinal (neste caso, EDA). Para se conseguir extrair os potenciais do restante sinal e ruído associado, considera-se que estes se encontram sempre no mesmo intervalo de tempo após a aplicação do estímulo sensorial. Por esta razão, quando se faz uma média do sinal, os potenciais evocados irão somar-se, enquanto que no caso do ruído aleatório este tende a subtrair-se, minimizando-se este ruído indesejado [31], [32], [33].

2.4 Singular Spectrum Analysis

Nos testes preliminares feitos, verificou-se que as respostas de atividade eletrodérmica associadas aos estímulos visuais eram de relativamente baixa amplitude, pelo que se considerou haver a

possibilidade de se ter que realizar outro tipo de processamento, com recurso a outras técnicas para separar os componentes do sinal. Deste modo, surgiu a possível utilização de técnicas de *Singular Spectrum Analysis*.

A *Singular Spectrum Analysis* é uma técnica de análise de séries temporais que incorpora elementos clássicos de análise no domínio do tempo, estatística multivariável, geometria multivariável, sistemas dinâmicos e processamento de sinal [34].

Esta técnica tem como objetivo fazer uma decomposição da série original na soma de um pequeno número de componentes independentes como no caso de componentes oscilatórios, tendências variáveis e ruído sem estrutura. Pode ser utilizada para prever um modelo, para suavizar o sinal, extrair periodicidades com diferentes amplitudes, entre outros [34], [35].

De forma geral pode-se descrever a técnica de *SSA* como uma família de métodos baseada na aplicação sequencial dos 4 passos representados na figura 2.4 [35].

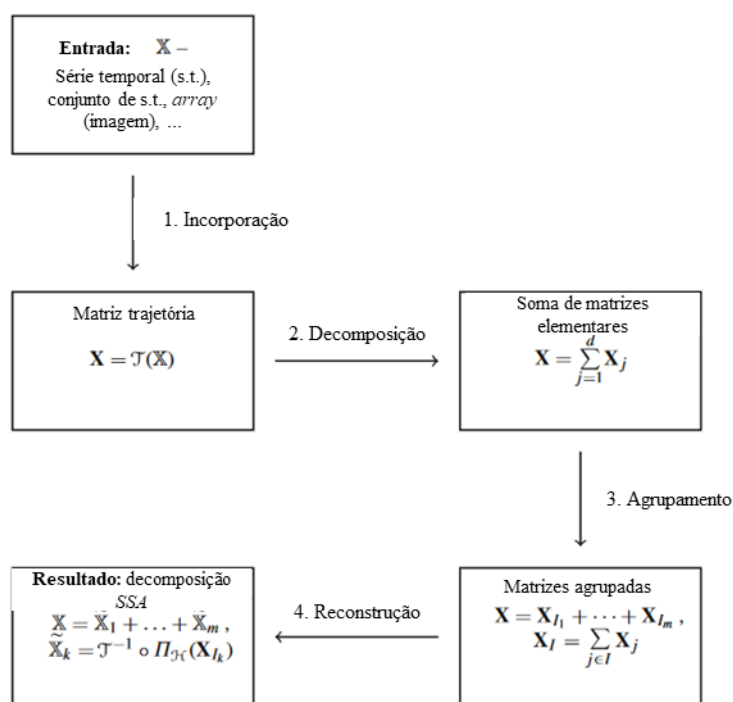


Figura 2.4 - Esquema genérico da técnica de *SSA*. Adaptado de [35].

O objeto de entrada será então a sequência ordenada de números, e a saída corresponde à decomposição do objeto numa soma de componentes identificáveis [35].

É também importante notar que a *SSA* não requer modelos ou conhecimento prévio sobre o número de componentes periódicos e as suas frequências [34].

ESTADO DE ARTE

As origens da aquisição de atividade eletrodérmica remontam ao século XIX, quando DuBois-Reymond realizou experiências na Alemanha em 1849. Os participantes colocavam as suas mãos ou pés numa solução de sulfato de zinco, e o autor observou uma corrente elétrica do membro em repouso a partir do outro, que era voluntariamente contraído [36].

Vários outros autores continuaram estudos relacionados com a atividade eletrodérmica, como Vigoroux (1879), que mediu o nível tónico de resistência da pele ao passar uma pequena corrente elétrica entre dois elétrodos posicionados à superfície da pele e verificou uma alteração da reatividade psicológica e indução de alterações na corrente da pele. Mais tarde, o neurologista francês Féré (1888) demonstrou que a resistência da pele podia ser alterada por estimulação sensorial, e o fisiologista russo Tarchanoff (1889) reportou variações no potencial elétrico entre dois elétrodos colocados na pele na ausência de aplicação de uma corrente externa [17], [36].

Hoje em dia, o EDA tem vindo a ser utilizado cada vez mais para avaliar a reação de pacientes relativamente a um dado estímulo devido à sua capacidade de quantificar alterações no Sistema Nervoso Simpático [27], [37]. O interesse no sinal deve-se também à facilidade de aquisição do mesmo, sendo o equipamento barato e as condições pouco restritivas [21].

Apesar dos fenómenos eletrodérmicos ainda não serem compreendidos na sua totalidade [38], considera-se que o EDA é um reflexo da excitação corporal ligado a estados emocionais, sendo utilizado em áreas como a psicologia, neurologia e psiquiatria [10], [17], [21].

3.1 "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais"

A observação de que quando um indivíduo é estimulado visualmente de forma rítmica se observa atividade electrodérmica evocada com a mesma frequência do estímulo foi verificada pela primeira vez na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais" por Catarina Andrade (2022).

Esta tinha como objetivo estudar o sinal de EDA em bebés sujeitos a estímulos visuais de forma a possivelmente avaliar o desenvolvimento dos mesmos, tendo sido realizadas medições em bebés de termo, bebés pré-termo, e ainda em adultos, que funcionaram como grupo de controlo.

Relativamente ao grupo dos adultos, recolheram-se os sinais de EDA de 11 indivíduos, tendo sido extraídos numa primeira instância os seguintes parâmetros: amplitude, área, número de respostas (nSCR), tempo de latência, e nível de condutância médio (SCL) [10].

Verificou-se que, principalmente nos parâmetros de amplitude, área e nível de condutância, os valores de desvio padrão foram muito elevados, algo que se poderá dever ao reduzido número de participantes e presença de valores extremos que não foram eliminados, uma vez que tornaria inviável a realização da análise estatística. Existiu também uma elevada discrepância entre as idades dos participantes, o que poderá ter levado a um agravamento desse efeito [10].

Relativamente ao estudo da relação do sinal de EDA com o próprio estímulo, utilizou-se o primeiro e o último *trigger* gravados, e cortou-se o sinal de forma a analisar apenas o trecho correspondente à altura em que os indivíduos foram estimulados. Depois, foram obtidas as posições temporais dos picos de cada resposta, e retirou-se os picos de maior amplitude. Quando se colocou estes dados em histogramas, observando-se as médias das curvas Gaussianas ajustadas aos mesmos, verificou-se que as diferenças em tempo entre os picos de sucessivas respostas se aproximavam de 1 segundo, com média de 1.37 segundos para as regiões com estímulo e 1.41 segundos quando se retirou as respostas de maior amplitude. As regiões sem estímulos tinham média de 1.75 segundos, o que sugere que haja uma distinção entre os trechos em que havia estimulação e aqueles em o mesmo não se verificava [10].

Uma vez que o estímulo visual sofria uma inversão a cada segundo, e tendo em conta que estas respostas eram de uma amplitude inferior ao restante sinal, estes resultados sugerem uma relação direta entre o estímulo e o sinal de resposta do EDA. Visto que as respostas eletrodérmicas estão relacionadas com a ativação do Sistema Simpático, esta relação poderá então representar uma possível forma de monitorizar o SS [10].

3.2 Métodos de avaliação do sistema nervoso simpático

Existe um grande número de métodos para avaliar o funcionamento do sistema nervoso simpático. Nesta secção estão descritas algumas das principais metodologias, maioritariamente associadas ao diagnóstico de doenças cardiovasculares num contexto clínico, bem como as suas limitações [3].

3.2.1 Medição da noradrenalina na urina e no plasma

Tradicionalmente, a atividade do Sistema Simpático era avaliada através de medições de noradrenalina (NA) na urina. No entanto, este método é "estático" pelo que não permite refletir corretamente alterações do SS. Foi depois substituído pela medição do neurotransmissor no plasma, que continuava a ter limitações, como o facto de a quantidade de noradrenalina circulante ser uma pequena fração do total de neurotransmissores secretados por terminais nervosos [3], [8].

Além disso, o uso destes métodos parte do princípio que estas medidas refletem a atividade global, indiferenciada do SS, quando na verdade existem diferenças regionais no controlo do mesmo [8].

3.2.2 Taxa de *spillover* de noradrenalina

Permite avaliar a libertação de noradrenalina de certos órgãos alvo (por exemplo, o coração, o cérebro ou os rins), baseando-se na infusão intravenosa de pequenas quantidades de NA marcada por *tritium*, o que permite medir a libertação do neurotransmissor nesses órgãos [3], [7], [39], [40].

Apesar de ser uma das formas mais seguras de se estudar a função simpática regional, acaba por ser bastante invasiva [3], [40].

3.2.3 Microneurografia

A microneurografia permite o registo direto em tempo real da atividade nervosa simpática pós-ganglionar. Esta técnica envolve a medição de atividade do SS, normalmente dos nervos tibiais e peroneiro, com a inserção de microelétrodos para a avaliação nervosa simpática muscular (ANSM) [3], [8], [40].

Esta técnica permite então registar a atividade de fibras nervosas individuais, considerada segura e bastante precisa, apesar de ser algo invasiva [8].

A prática desta técnica não é muito comum devido às limitações existentes ao movimento do paciente, ao facto de o exame em si poder ser demorado, e devido à necessidade de treino específico e experiência por parte do investigador [40].

3.2.4 Variabilidade do ritmo cardíaco e da pressão arterial

A análise da variabilidade do ritmo cardíaco é um dos métodos mais populares de avaliar o SNA. É uma técnica não invasiva e baseia-se na observação de que a FC instantânea, mensurada pela duração entre sucessivos intervalos RR, varia ao longo do tempo em torno do valor médio. Pode ser analisada tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência [8], [40].

Uma desvantagem destes métodos consiste no facto de estas flutuações no ritmo cardíaco ou na pressão arterial se deverem à interação entre os sistemas simpático e parassimpático. Por isso, apesar de serem indicadores do SNA, será sempre difícil distinguir qual dos subsistemas está a intervir no momento [3].

3.2.5 Atividade eletrodérmica

Verifica-se assim que muitos dos métodos que existem atualmente para avaliar o SNA não permitem distinguir entre a atividade devida aos seus subsistemas (por exemplo, a medição da variabilidade do ritmo cardíaco ou pressão arterial).

Relativamente à monitorização do Sistema Simpático, as técnicas existentes são muitas vezes invasivas (taxa de *spillover* de noradrenalina, microneurografia), de custo muito elevado, difíceis de utilizar ou requerem mesmo treino específico por parte do investigador ou médico (microneurografia) [3], [8].

Deste modo, é importante desenvolver uma tecnologia que permita colmatar estas limitações.

É neste contexto que surge a utilização da atividade eletrodérmica como possível modo de estudo do SNA, e em particular, do Sistema Simpático. Uma vez que no estudo que se mencionou anteriormente na secção 3.1 pareceu ter sido observada uma relação entre o sinal EDA e a frequência de inversão do estímulo visual apresentado aos participantes, e tendo em conta que a atividade eletrodérmica está apenas dependente da ativação por parte do Sistema Simpático, a confirmação deste fenómeno poderia significar a existência de um novo método de monitorização do SNA. Como já foi referido na sub-secção 2.2.1, a medição de sinal de EDA é não invasiva, de baixo custo e de fácil utilização, para além de poder ser medida de forma simultânea a outros sinais, como no caso do ECG, que permite medir a variabilidade do ritmo cardíaco, algo que já se sabe ser um bom método de avaliação do SNA. Isto permitiria não só avaliar o funcionamento do Sistema Simpático, mas possivelmente detetar exatamente qual dos subsistemas do SNA estaria a causar um qualquer problema.

É assim importante a continuação do estudo da possibilidade de se utilizar o EDA como indicador da atividade do Sistema Simpático.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo estão descritos os métodos que foram utilizados para a obtenção de resultados.

Os principais tópicos abordados são a definição e caracterização da amostra, a descrição dos equipamentos, *software* utilizado, e o estímulo visual. É também abordado o procedimento experimental utilizado, bem como o processamento que foi realizado para os sinais de EDA obtidos.

O estudo foi aprovado pela comissão de ética da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade NOVA de Lisboa.

4.1 Definição e caracterização da amostra

Para a realização deste estudo foi necessária a aquisição de sinais de EDA a partir de uma amostra de indivíduos adultos, ou seja, com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos e sem patologias ou disfunções associadas.

No total, o grupo de indivíduos que participaram neste estudo foi composto por 34 pessoas, com idades compreendidas entre os 19 e os 54 anos. As recolhas de sinal de EDA realizaram-se num laboratório da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade NOVA de Lisboa.

No que diz respeito à distribuição das idades dos participantes, de forma geral, esta é relativamente próxima, com apenas 5 indivíduos com idades superiores a 30 anos, o que acaba por eliminar o fator da variação do sinal com a idade. Além disso, para fins estatísticos, 61.8% das pessoas que fizeram parte das recolhas são do sexo feminino, com apenas 38.2% do sexo masculino.

Como critérios de exclusão considera-se a não colaboração durante a aquisição dos sinais ou a existência de desconforto durante a mesma. É também de notar que, caso existam sinais com elevado valor de ruído ou no caso de se verificar saturação dos mesmos, estes foram excluídos. Ficaram então, no total, 29 aquisições que foram consideradas para análise.

Visto que se avaliou também as regiões do sinal sem estímulo, além dos critérios anteriores, adicionou-se também a regra de que, para o sinal ser considerado, deveria ter mais de 100 segundos no início da aquisição. Deste modo, utilizou-se apenas sinal da parte inicial da aquisição para 19 dos participantes, que se considerou terem tempo suficiente para a análise ser válida.

4.2 Procedimento experimental

Neste subcapítulo, são descritos os instrumentos utilizados nas recolhas e os *softwares* a que se recorreu para a sua aquisição e processamento. Apresenta-se também uma explicação relativamente aos estímulos visuais, terminando com a apresentação do protocolo de recolha utilizado.

4.2.1 Equipamentos e *Software*

Para a aquisição do sinal foi utilizado o equipamento *Bitalino*® da PLUX *wireless biosignals* (figura 4.1). Este utiliza comunicação por *Bluetooth*, e possui 6 portas analógicas (4 de 10 bits e 2 de 6 bits) e 4 portas digitais (2 de input e 2 de output). Existe a possibilidade de se utilizar frequências de aquisição com valores de 1, 10, 100, 1000 Hz. Tendo em conta que se pretende adquirir um elevado volume de dados, de forma a mais facilmente se analisar os mesmos a taxa de aquisição a 100 Hz foi considerada como a mais adequada [41].

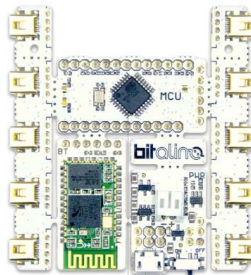


Figura 4.1 - *Bitalino*® core. Retirado de [41].

Para a medição do sinal foram utilizados sensores EDA com 2 canais onde se ligaram os elétrodos na face palmar da mão dos participantes no estudo [42][43].

O valor que se mede com este equipamento não está nas unidades SI (siemens), pelo que se tem de converter o mesmo através da expressão:

$$EDA (\mu S) = \frac{ADC}{2^n} \times \frac{VCC}{0.12} \quad 4.1$$

Com *EDA* o valor de EDA em microsiemens (μS), *VCC* o valor de tensão medido, *ADC* o valor retirado do canal e *n* o número de bits do canal [42].

Para a recolha dos sinais com os equipamentos descritos no subcapítulo anterior, foi necessário utilizar a aplicação *Opensignals*® [44] instalada sobre o sistema operativo *Windows 11*. A sua interface permite visualizar e guardar os dados em tempo real e a recolha dos mesmos é feita por ligação *Bluetooth* ao *Bitalino*®. Estes são depois arquivados nos formatos ".txt" e ".hdf5".

Para a criação dos estímulos, utilizou-se o *software E-prime*®, programa muito usado em estudos comportamentais e de neuroimagem [45].

Para a análise e processamento do sinal, utilizou-se *Matlab*®, uma linguagem de programação orientada para o processamento matemático, especificamente com a sua *toolbox* gratuita *Ledalab*®, que

permite a realização do processamento dos sinais EDA recolhidos com a separação das respostas fásica e tónica através da decomposição do sinal [46].

Por fim, foi também utilizada a linguagem de programação *Python* com a interface *Jupyter Notebook*, que permite integrar o código e os resultados num único documento [47].

4.2.2 Estímulos Visuais

A dissertação realizada anteriormente, "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais" [10], encontrava-se inserida numa colaboração com o projeto "Desenvolvimento das competências visuais e motoras em bebés pré-termo", desenvolvido pela Dra. Ana Isabel Ferreira para o Programa Doutoral em Engenharia Biomédica, e com a dissertação de mestrado da colega Ana Ferrão intitulada "Estudo de potenciais evocados visuais em bebés".

Nesta dissertação, baseando-se no ficheiro anterior, foram agora criados 3 novos programas para a apresentação dos estímulos aos sujeitos participantes na recolha de dados.

Tendo em conta que neste estudo se pretende realizar a confirmação do fenómeno que se verificou na dissertação anterior, manteve-se o mesmo estímulo visual, escolhido pelas colegas anteriores. Assim, utilizou-se a técnica de potenciais evocados (PEV) de inversão padrão, com a visualização de um padrão xadrez (representado na figura 4.2), com quadrados pretos e brancos que se invertem a uma frequência fixa. Tendo em conta que anteriormente se utilizou uma frequência de inversão de 1 Hz, para esta dissertação optou-se por três frequências: 0.5 Hz, 1.5 Hz e 2 Hz.

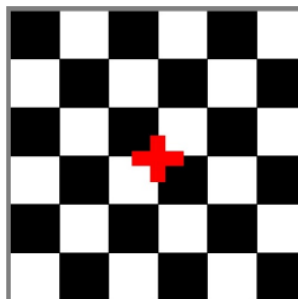


Figura 4.2 - Padrão xadrez constituente do estímulo visual apresentado aos sujeitos em estudo. A cruz vermelha assinala o local para onde os participantes devem dirigir o olhar. Retirado de [10].

O ficheiro utilizado em *E-prime*® foi organizado com uma página inicial que marca o início da experiência, uma secção intermédia com os estímulos, e uma nova secção no final a marcar o final da experiência, para cada uma das três taxas de inversão. Assim, era enviado um *trigger* do *E-prime*® para o *Opensignals*® na página inicial (1 *trigger*), final (1 *trigger*) e a cada inversão do estímulo (120 *triggers*).

A comunicação entre estes dois *softwares* foi feita utilizando um *socket* com ligação através do *localhost*, uma vez que os programas *E-prime*® e *Opensignals*® foram sempre corridos no mesmo computador [48]. Os *triggers* permitem a correlação temporal entre o estímulo e os dados recolhidos.

Os *triggers* podem ser visualizados no *Opensignals*® com uma sequência de zeros e uns, como está representado na figura 4.3, ficando com um total de 122 *triggers* para cada uma das três experiências, ou seja, 366 no total.

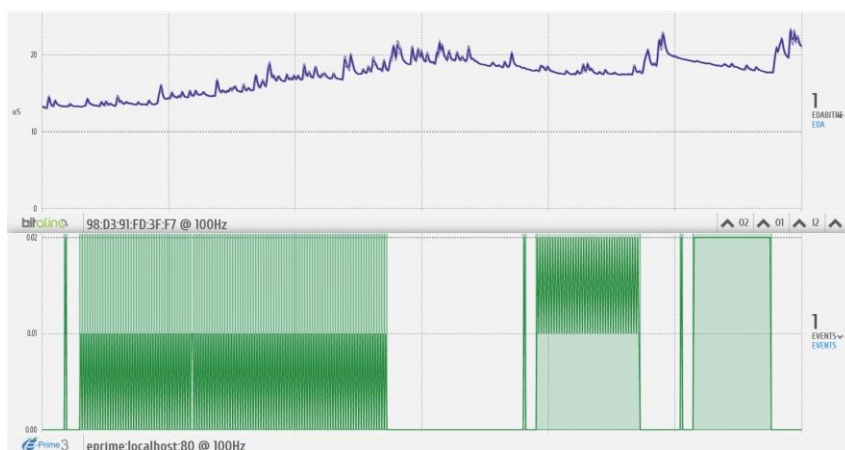


Figura 4.3 - Observação do sinal obtido após aquisição com *Bitalino*® no *software Opensignals*® para o sujeito número 14. Em cima, encontra-se o sinal correspondente ao EDA, e em baixo o sinal correspondente à marcação dos *triggers*.

4.2.3 Procedimento

Numa primeira instância, foi obtido o consentimento informado dos participantes (Anexo A), com a explicação dos objetivos do estudo em causa bem como do procedimento para a recolha de dados em si. A temperatura da sala foi mantida constante ao longo de todas as medições realizadas, de forma a eliminar o fator relativo à variação da temperatura. Foram também recolhidos alguns dados adicionais dos voluntários de modo a que seja possível proceder à sua caracterização demográfica (Anexo A).

4.2.3.1 Colocação dos elétrodos

Os elétrodos são colocados na face palmar da mão esquerda, uma vez que estatisticamente é mais provável que seja a mão não dominante, tendo um menor número de cortes ou calos. Utilizaram-se elétrodos descartáveis Ag/AgCl com gel eletrolítico incorporado e a sua colocação foi feita segundo a configuração na figura 4.4 [17], [43].



Figura 4.4 - Configuração dos elétrodos para registo de atividade eletrodérmica.

Os elétrodos serão distados de cerca de 2 cm de distância um do outro (a partir do centro dos mesmos).

4.2.3.2 Aquisição do sinal

Antes de se mostrar os estímulos visuais, deixou-se um período de cerca de 5 minutos já com os elétrodos colocados na palma da mão do participante, de forma a se poder estabelecer a linha de base da pessoa [49].

Durante o decorrer da experiência, o participante deve manter-se sentado confortavelmente numa posição natural para o mesmo, com o antebraço em repouso e a palma da mão virada para cima, de forma a diminuir os artefactos de movimento. Durante a aquisição, o voluntário deve também respirar regularmente e lentamente [49].

Começa-se então a aquisição com a inicialização do *Opensignals*® (conectado ao *Bitalino*®) seguido pelo *E-prime*®, passando os três programas do mesmo para as três frequências de inversão do estímulo visual. A duração total da recolha é de cerca de 15 minutos desde a colocação dos elétrodos até se retirar os mesmos.

4.3 Processamento do sinal

Uma vez concluído todo o processo relativo à aquisição dos dados, fez-se uma análise inicial dos ficheiros criados com o *Opensignals*®, com recurso ao *Matlab*®, baseada na análise feita na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais" [10] e alterada de forma a poder ser utilizada para este estudo.

O ficheiro com os dados tem 8 colunas. A coluna 6 é a que possui a informação do sinal *raw* de EDA, sendo que os marcadores de eventos ou *triggers* se encontram na coluna 8.

De seguida, é aplicada a fórmula 4.1 para a conversão dos dados iniciais para microSiemens (μS). Depois de convertidos os valores, foi aplicado um filtro de média móvel com uma janela de 50 pontos, reduzindo assim o ruído de mais alta frequência do sinal (exemplo do adulto 1 na figura 4.5).

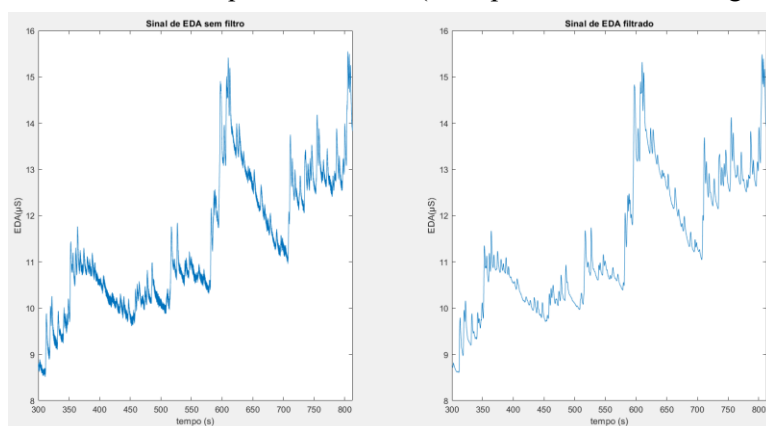


Figura 4.5 - Resultado da aplicação do filtro média móvel ao sinal de EDA. À esquerda está o sinal EDA do sujeito 1 sem filtro, enquanto que à direita se encontra o mesmo sinal filtrado com o filtro média móvel com janela de 50 pontos amostrais.

De seguida, organizou-se a parte relativa aos *triggers*. Começou-se por criar um ficheiro “event” que descobre os *triggers* ao correr a coluna 8 do ficheiro de dados e procurar os locais onde o valor da

célula é 1. Como se viu antes, existem 122 *triggers* por experiência. Deste modo, como se fez uma única aquisição com todas as frequências, existe um total de 366 eventos encontrados, sendo as experiências delimitadas por (figura 4.6):

- Experiência 1, com frequência de 0.5 HZ, de 1 a 122;
- Experiência 2, com frequência de 1.5 HZ, de 123 a 244;
- Experiência 3, com frequência de 2 HZ, de 245 a 366.

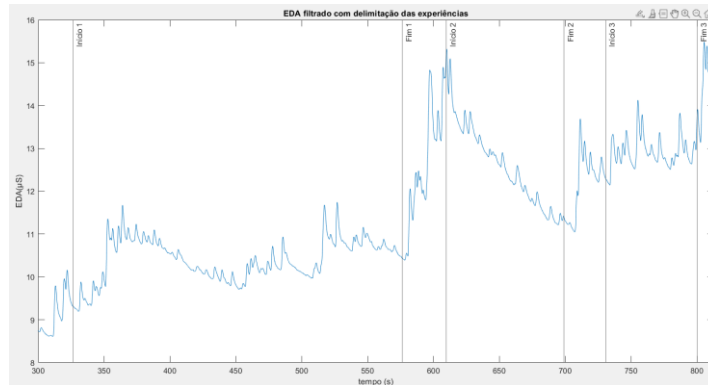


Figura 4.6 - Representação do sinal de EDA do sujeito 1 com as delimitações das 3 experiências, relativas a cada uma das frequências utilizadas.

Terminando esta parte preliminar, dividiu-se os *arrays* de tempo e EDA em três, através dos *triggers* mencionados anteriormente, ficando com o resultado que se pode visualizar na figura 4.7.

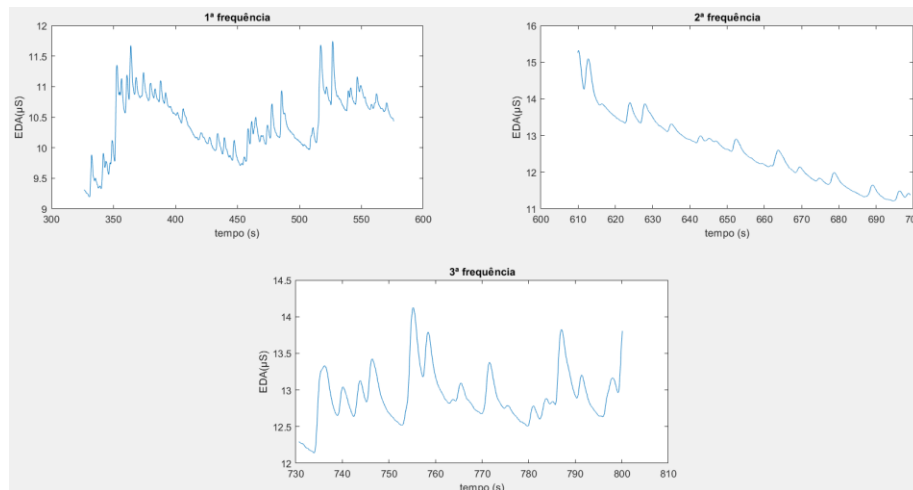


Figura 4.7 - Representação das 3 experiências de forma separada para o participante 1.

Por fim, utilizou-se o programa *Ledalab*®, onde se aplicou a *Discrete Decomposition Analysis (DDA)* para se poder obter o sinal analisado com a distinção entre a atividade eletrodérmica fásica e tónica. Neste tipo de análise cada uma das respostas eletrodérmicas são apresentadas em tons de azul distintos (figura 4.8). Para minimizar o erro do sinal reconstruído relativamente ao medido, são escolhidos dois parâmetros, τ_1 e τ_2 , que são calculados através da função de otimização disponibilizada no *Ledalab*®. Porém, é necessário variar os seus valores iniciais, dado que a rotina utilizada pelo *software* não converge sempre para os mesmos valores. Estes foram então escolhidos de forma a originar o menor erro possível [50].

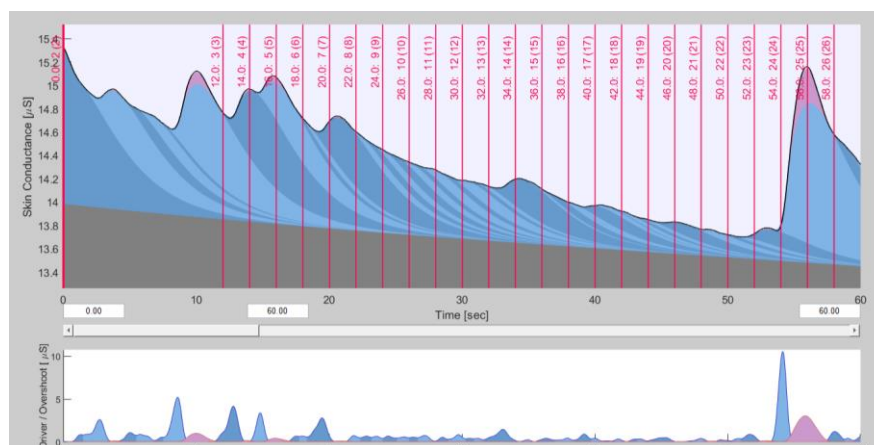


Figura 4.8 - Aplicação da *DDA* no sinal da primeira experiência do sujeito 1. Pode-se observar a distinção entre o nível tónico (cinzento) e a resposta fásica (azul). É ainda visível a distinção entre as várias respostas do sinal a diferentes tons de azul. As barras a vermelho representam os *triggers*.

Foram depois extraídos os parâmetros relativos a cada sinal para um ficheiro *Excel*. Para a extração assumiu-se sempre uma amplitude superior a 0.01 μS , e relativamente à duração das janelas temporais, a partir do estímulo, em que as respostas se devem encontrar:

- Para os sinais com frequência de 0.5 Hz, ou seja, taxa de inversão 2 segundos, utilizaram-se duas janelas. Uma de 1 a 2 segundos, e outra de 1.5 a 2 segundos.
- Para os sinais com frequência de 1.5 Hz (taxa de inversão a 0.67 segundos) utilizou-se uma janela entre 0.2 e 0.67 segundos.
- Finalmente, para sinais com frequência de 2 Hz e taxa de inversão a 0.5 segundos, a janela escolhida foi entre 0.1 e 0.5 segundos.

Os limites das janelas utilizados foram escolhidos tendo em conta que se quer extrair as respostas específicas à apresentação de um padrão de xadrez antes que o próximo ocorra.

Na figura 4.9 pode-se observar a reconstrução feita pelo *Ledalab*® para a recolha com a primeira frequência e a maior janela no sujeito 20, ao aceder às variáveis *tonicData* e *phasicData*.

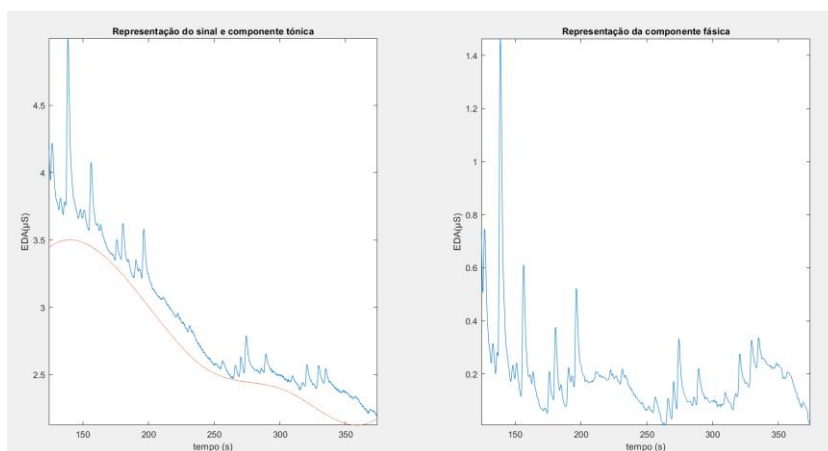


Figura 4.9 - Representação do sinal destacando-se a componente tónica e fásica, no indivíduo 20, na primeira recolha.

Por fim, foram escolhidos dos parâmetros extraídos pelo *Ledalab*®, presentes no ficheiro *excel* exportado, aqueles que segundo a literatura possuem informação mais relevante para o estudo do sinal de EDA, [10],[21],[51], ou seja:

- Amplitude, que se define como a soma das amplitudes de todas as respostas encontradas na janela temporal definida.
- Área, a soma das áreas de todas as respostas encontradas na janela temporal definida, feita através da integração do sinal, como foi mencionado na subsecção 2.2.2..
- Número de respostas (nSCR) encontradas no sinal.
- Tempo de latência, isto é, o tempo entre a aplicação do estímulo e o início da resposta (também na subsecção 2.2.2.).
- Nível de condutância médio (SCL), referente à parte tónica do sinal.

4.3.1 Relação entre o sinal e o estímulo

Nesta secção, inicialmente utilizou-se o mesmo método utilizado anteriormente na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais" para se analisar a relação entre os estímulos e os sinais [10].

Desta forma, depois de todo o processo realizado como está descrito anteriormente em *Ledalab*®, acedeu-se à variável *impulsePeakTime*, obtendo-se assim a posição temporal do pico de cada resposta identificada no sinal analisado. Depois, efetuou-se a subtração entre picos sucessivos e representaram-se os valores dessa diferença obtidos num histograma (Apêndice B).

Continuando o mesmo processo efetuado anteriormente, para 19 dos participantes foi analisada também a área do sinal em que não estava a ser apresentado o estímulo visual, antes do primeiro *trigger*, com o mesmo processamento no *Ledalab*® e elaboração de um histograma. Desta forma, pretende-se analisar quais as diferenças entre as zonas com e sem estímulos.

Retiraram-se também pontos nos histogramas que foram considerados *outliers*, como se pode observar no exemplo retratado na figura 4.10, referente ao participante 26, durante a recolha da terceira frequência. Esta ação foi realizada com a *toolbox* do *Matlab*®, *Distribution Fitter*.

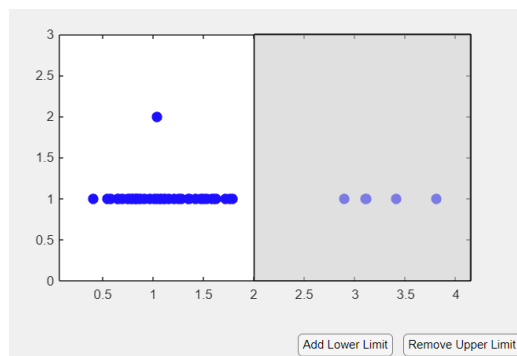


Figura 4.10 - Criação de uma regra e exceção, de forma a retirar os valores relativos a outliers, no participante 26, durante a recolha de sinal com a terceira taxa de inversão do estímulo. No eixo do x tem-se a diferença entre picos em tempo (segundos), estando os dados representados a azul.

4.3.2 Avaliação dos valores máximos dos histogramas

Depois do que foi realizado no ponto anterior, seguiu-se o mesmo procedimento, com o acesso à variável *impulsePeakTime*, e criação dos histogramas a partir das diferenças, em segundos, entre os picos das respostas encontradas pelo *Ledalab*®.

Desta vez, o objetivo era encontrar um valor aproximado para o tempo em que ocorria um máximo no histograma, tendo deste modo uma aproximação para qual será o valor mais vezes ocorrente para os intervalos de tempo entre as respostas.

Assim, começou-se por encontrar a distribuição que melhor descrevia os dados em causa. Para o tipo de distribuição nos dados EDA que foram recolhidos, a distribuição escolhida foi a Lognormal, como se pode ver na figura 4.11, através da observação desta distribuição ajustada aos dados com o modo de visualização *Probability Plot* do *Distribution Fitter*.

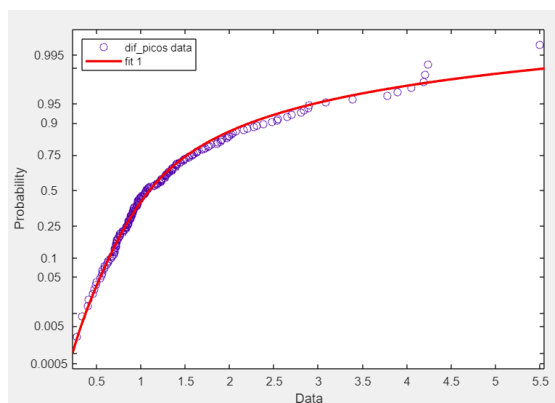


Figura 4.11 - Representação dos dados de uma medição de EDA no modo *Probability Plot* (a azul) com a curva com distribuição lognormal ajustada (a vermelho). No eixo x tem-se a diferença entre picos em tempo (segundos) e no eixo y a probabilidade.

Depois, de se escolher a distribuição mais adequada, encontrou-se o pico máximo da curva ajustada através da secção *Evaluate* também do *Distribution Fitter*, como está demonstrado na figura 4.12.

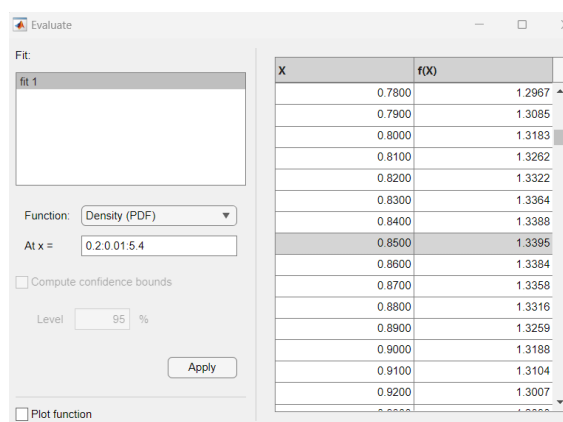


Figura 4.12 – Valores da curva ajustada ao gráfico com intervalos de 0.01 entre eles, na secção *Evaluate* do *Distribution Fitter*. O valor máximo da curva está selecionado a cinzento à direita.

4.4 Desenvolvimento de programa em *Python* para processamento do sinal

Uma vez que se queria tentar analisar o sinal de EDA com recurso a outras formas de análise, como é o caso da *Singular Spectrum Analysis*, uma técnica de análise de séries temporais, foi desenvolvido também um programa em *Jupyter Notebook*, com recurso à linguagem de programação *Python*.

Como não se conseguiu utilizar o pacote que permite ler diretamente sinais recolhidos com o *OpenSignals*®, o *OpenSignalsReader*, começou-se por copiar o ficheiro de texto para um ficheiro *csv*. Depois carregou-se os mesmos para uma *DataFrame* (Figura 4.13).

	nSeq	I1	I2	O1	O2	EDA	nSeq	EVENTS
0	0	0	0	0	0	620	442	0
1	1	0	0	0	0	620	443	0
2	2	0	0	0	0	619	444	0
3	3	0	0	0	0	620	445	0
4	4	0	0	0	0	619	446	0

Figura 4.13 - Exemplo de uma *Dataframe* obtida através da leitura dos dados do participante 1.

Fez-se a conversão dos valores de EDA para microSiemens (μS), tal como em *Matlab*®, substituiu-se esse valor na coluna “EDA” da *Dataframe*, e aplicou-se uma média deslizante ao sinal.

Foi feita a divisão do sinal em três com a localização dos mesmos *triggers*, como já foi descrito antes, de forma isolar as experiências correspondentes às frequências de inversão do estímulo (figura 4.14).

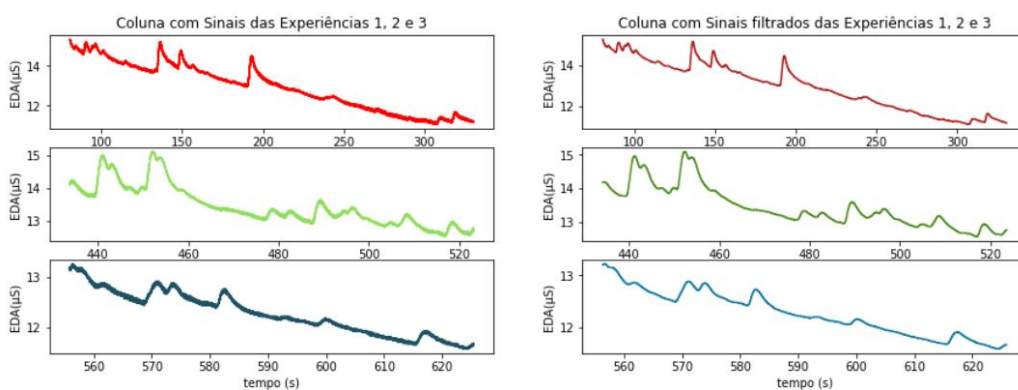


Figura 4.14 – Visualização dos três trechos da aquisição do participante 1, sem e com filtro aplicado.

Para processar o sinal em *Python*, foi utilizado um método para análise da atividade eletrodérmica do *NeuroKit* [52]. Este permite a separação entre as componentes tónica e fásica (figura 4.15), e permite a deteção de picos e vários parâmetros como a amplitude e tempo de subida.

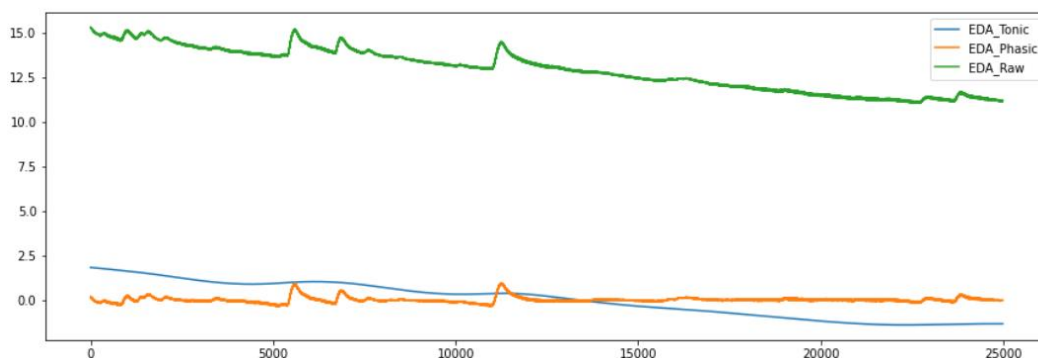


Figura 4.15 – Decomposição do sinal do primeiro participante nas componentes tónica e fásica.

Por fim, aplicou-se a função *SSA* [53] no sinal de EDA, de forma a dividir o mesmo em componentes com a técnica de *Singular Spectrum Analysis*.

Começou-se por escolher um trecho de 15 segundos (576 aos 591 segundos) da terceira experiência do primeiro participante. Na função $SSA(\text{signal}, \text{janela})$, o valor admitido para a janela tem que ser entre 2 e $N/2$, ou seja, neste caso com 1500 amostras, entre 2 e 750. Foi escolhido o valor 700 para a janela e fez-se a matriz de correlação, para se perceber a relação entre os vários componentes do sinal, aproximando-se a mesma para os primeiros 20 componentes (figura 4.16). Aqui, Pode-se ver que a partir do componente 10, este pode-se agrupar até ao 15. Escolheu-se agrupar os componentes $F^{(1)}=F_1+F_2$, $F^{(2)}=F_3+F_4$, $F^{(3)}=F_5+F_6$ e $F^{(4)}=F_7+F_8+F_9$.

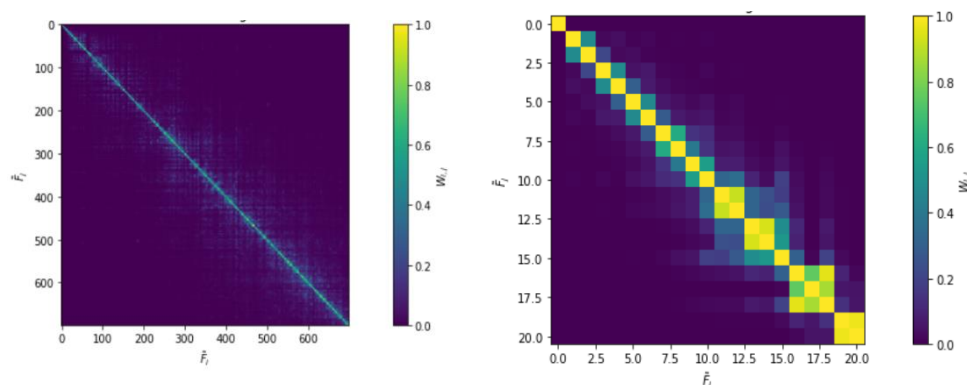


Figura 4.16 – Matrizes de correlação com todos os componentes (à esquerda), e os primeiros 20 componentes (à direita).

De forma a ser mais fácil de se visualizar, os gráficos ficaram organizados por um com o sinal original e a primeira componente (figura 4.17), e outro com as restantes (figura 4.18).

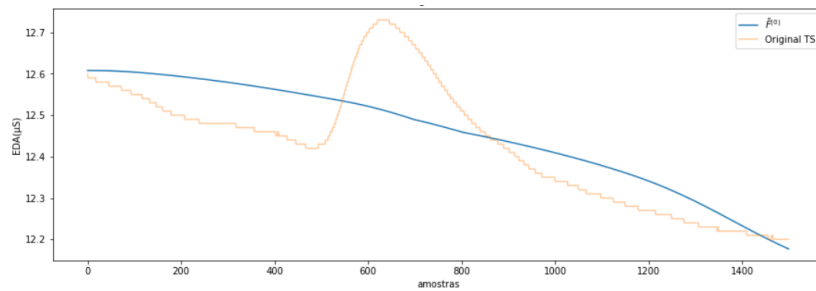


Figura 4.17 – Sinal original com a representação da primeira componente.

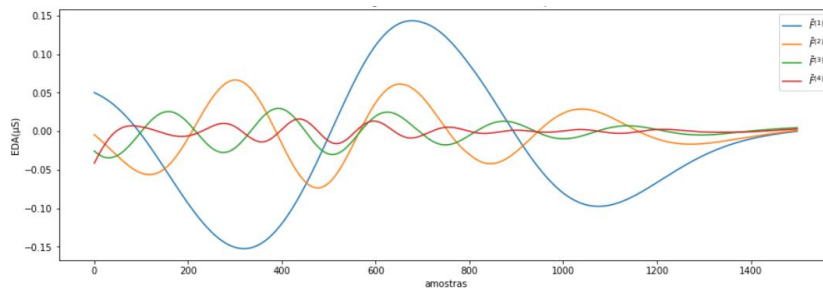


Figura 4.18 – Representação dos 4 grupos de componentes seguintes.

Na figura 4.19 está representado o sinal reconstruído com os primeiros 9 componentes e pode verificar-se como ficam os restantes 690 componentes todos juntos. Pode-se ver que os primeiros 9 componentes conseguem reconstruir completamente o sinal. O primeiro corresponde à parte tónica, e os outros 8 à parte fásica. Os restantes componentes parecem constituir maioritariamente ruído.

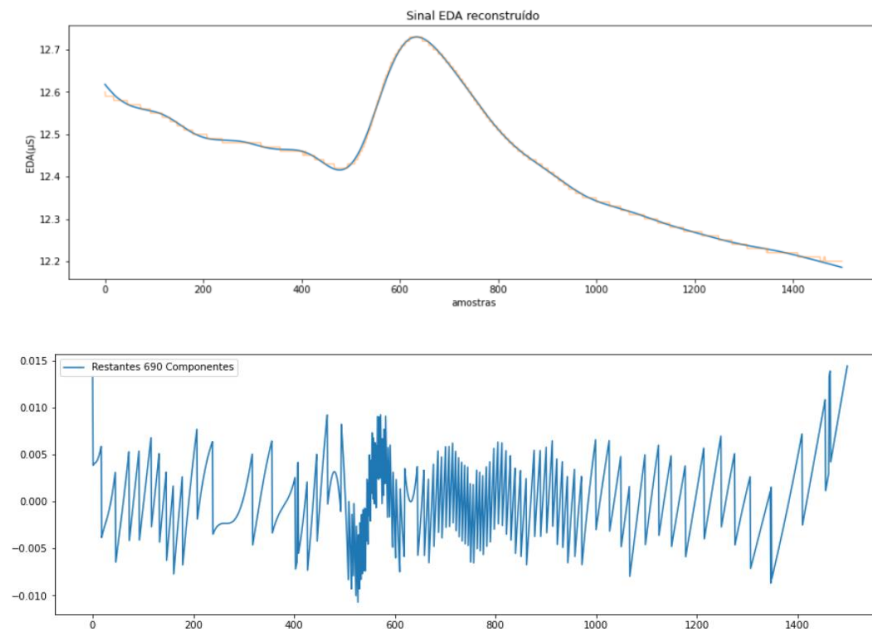


Figura 4.19 – Representação do sinal EDA reconstruído com os primeiros 9 componentes, e os restantes 690 componentes.

Porém, verificou-se que os sinais eram demasiado grandes para a utilização de uma função como esta, pelo menos em *Python*, demorando uma quantidade muito elevada de tempo para correr o programa. Desta forma, este processo não é prático, e acaba por não dar resultados particularmente

conclusivos relativamente a quais componentes poderão ser as que contém respostas específicas ao sinal, dependendo muito também do valor da janela que for definido. Assim, optou-se por se realizar apenas o procedimento descrito no subcapítulo 4.3 para todos os sinais.

4.5 Análise estatística

Relembrando, o principal objetivo desta dissertação reside no estudo sistemático do fenómeno observado anteriormente relativo à atividade eletrodérmica evocada registada em resposta a um estímulo visual, de forma a se poder confirmar a possível validade do uso do sinal eletrodérmico para avaliar o Sistema Nervoso Autónomo.

Desta forma, começou-se a análise estatística pela organização dos valores retirados para cada um dos parâmetros (amplitude, área, nSCR, tempo de latência e SCL), calculando as suas médias e desvios padrão.

De seguida, é também importante comparar estes valores entre as três taxas de inversão utilizadas, pelo que se procurou testes estatísticos adequados para esta análise.

Dois testes estatísticos comuns para comparar dois grupos de dados são o *t-test* e o teste *Mann-Whitney U* [54]. Para se saber qual destas análises é a mais adequada, é necessário começar por testar a normalidade do conjunto, uma vez que este é um requisito para a utilização do primeiro teste. Se se confirmar que qualquer um dos parâmetros não tem uma distribuição normal, então o teste escolhido será o *Mann-Whitney U*, uma vez que este é um teste não-paramétrico [54][55].

Então, para se examinar a normalidade dos parâmetros, foi utilizado o *software SPSS Statistics®* versão 29.0.1.0 para se calcular o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, sendo este o mais apropriado para amostras pequenas (<50 amostras) [56][57].

Tabela 4.1 - Visualização dos parâmetros introduzidos no *SPSS* relativos aos 10 primeiros participantes, na experiência com a primeira frequência e a janela de 1.5 a 2 segundos no *Ledalab®*.

Sujeitos	Amplitude	Área	nSCR	Latência	SCL
1	2.40	15.00	40.00	1.76	12.00
2	3.20	18.00	28.00	1.76	2.20
3	1.80	16.00	42.00	1.74	2.90
4	7.40	58.00	31.00	1.77	14.00
5	1.50	54.00	50.00	1.73	6.80
6	3.80	210.00	33.00	1.75	8.70
8	8.30	180.00	34.00	1.76	7.60
10	6.30	29.00	35.00	1.78	9.80

Depois de criar uma tabela no *SPSS* (tabela 4.1), utilizou-se os parâmetros já mencionados como variáveis a testar, podendo visualizar-se os resultados obtidos na tabela 4.2 (os restantes resultados estão disponíveis no Anexo B, tabelas B1 e B2).

Tabela 4.2 – Resultados do teste *Shapiro-Wilk* para a experiência com a primeira frequência.

Shapiro-Wilk			
	Estatística	df	Sig.
Amplitude	0.914	29	0.022
Área	0.787	29	<0.001
SCL	0.887	29	0.005
Latência	0.938	29	0.087
nSCR	0.980	29	0.826

Para este teste, rejeita-se a hipótese nula (uma variável está normalmente distribuída numa população) se $p < 0.05$. Isto é, se o valor de significância (Sig., na coluna da tabela 4.2) for maior que 0.05, considera-se que a variável tem uma distribuição normal [57]. Os valores resultantes do teste de *Shapiro-Wilk* para as outras frequências estão no Anexo B, tabelas B.1 e B.2.

Como se pode ver pela última coluna na tabela 4.2, apenas no caso da Latência e nSCR há uma distribuição normal. Consequentemente, vai-se então utilizar o teste *Mann-Whitney U*, que compara as medianas dos dois grupos.

Para este caso, está-se a colocar a pergunta de se existe uma diferença significativa entre os dois grupos comparados, existindo assim duas hipóteses, onde:

- H0 - hipótese de nulidade: não existe diferença significativa entre os grupos.
- H1 - hipótese alternativa: há diferença significativa entre os grupos.

Novamente, assume-se o valor de 0.05 para o nível de significância (α). Se o valor de significância (Sig.) for maior que α , não se rejeita H0, isto é, não há uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos.

Para a implementação deste teste utilizou-se o excel [58].

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos da aplicação do protocolo experimental tal como este está descrito no capítulo 4, com a sua subsequente análise.

Começa-se por fazer uma análise inicial para cada uma das recolhas com as três frequências, seguida de uma análise estatística comparativa entre as mesmas, bem como discussão dos resultados obtidos.

Por fim, descreve-se o estudo específico do fenómeno observado relativamente à atividade eletrodérmica evocada, onde se faz a comparação com os resultados obtidos no ano anterior, e se realiza depois uma outra análise para compreensão da relação possível do sinal com o estímulo.

5.1 Análise inicial dos dados

Como forma de análise preliminar dos sinais de atividade eletrodérmica recolhidos, para se perceberem as diferenças dos resultados obtidos para as frequências de estimulação usadas, começou-se por examinar os valores médios e desvios padrão para cada um dos grupos definidos. Analisaram-se os dados de 29 dos 34 participantes, uma vez que num dos casos houve saturação do sinal, e nos outros não se verificou a presença de respostas, o que se traduziu num erro de grandes dimensões no ajuste no *Ledalab*® (como está descrito na secção 4.3, relativamente à aplicação da *Discrete Decomposition Analysis*), bem como em resultados fora do esperado e deteção de muito poucas respostas.

5.1.1 Frequência de 0.5 Hz

Neste caso, foram utilizadas duas janelas temporais no *Ledalab*®, uma de 1 a 2 segundos (tabela 5.1), e outra de 1.5 a 2 segundos (tabela 5.2). Em princípio, a segunda janela será mais adequada aos resultados vindos do estímulo com uma taxa de inversão de 2 segundos do que a primeira, mas de qualquer modo analisou-se as duas de forma a se poder comparar os resultados. Os valores dos parâmetros obtidos para cada participante para esta frequência podem ser consultados no Anexo B, tabela B.3.

Tabela 5.1 – Valores médios e desvio padrão para a experiência 1 (0.5 Hz), com uma janela 1-2 s.

	Média	Desvio Padrão
Amplitude (μS)	8.4	5.0
Área (μS^2)	99	90
nSCR	59	10
Tempo latência (s)	1.60	0.06
SCL (μS)	6.9	4.0

Pode-se verificar que para todos os parâmetros, com a exceção do tempo de latência, existem valores de desvio padrão muito elevados. A grande variedade de resultados para estes parâmetros percebe-se visto que se observa uma grande diversidade de respostas consoante os participantes, muitas vezes visível logo a partir do momento em que observa os gráficos da atividade eletrodérmica em *Matlab*®. No Anexo B, nas figuras B.1 a B.3 pode-se visualizar 3 exemplos com alguma variação.

Tabela 5.2 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 1 (0.5 Hz), com uma janela 1.5-2 s.

	Média	Desvio Padrão
Amplitude (μS)	4.5	3.0
Área (μS^2)	55	60
nSCR	35	10
Tempo latência (s)	1.76	0.03
SCL (μS)	6.9	4.0

Para o caso da segunda janela utilizada, verifica-se exatamente o mesmo fenómeno, com quatro dos cinco parâmetros tendo valores de desvio padrão muito elevados, principalmente no caso da área, e com a exceção do tempo de latência.

É curioso notar que o Tempo de Latência para estes dois exemplos aproxima-se da taxa de inversão utilizada. Em particular, pode-se ver que no caso da janela que se considerou mais adequada ao estímulo que está a ser utilizado, a janela de 1.5 a 2 segundos, este parâmetro é ainda mais próximo do período, com 1.76 segundos, relativamente aos 1.60 segundos de média no caso da primeira janela.

5.1.2 Frequências de 1.5 Hz e 2 Hz

Seguem-se as últimas duas experiências, onde o estímulo visual teve uma taxa de inversão de 0.67 segundos (tabela 5.3) e 0.5 segundos (tabela 5.4).

Começa-se assim pelos valores médios e correspondentes desvios para a segunda frequência.

Tabela 5.3 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 2 (1.5 Hz).

	Média	Desvio Padrão
Amplitude (μS)	4.0	3.0
Área (μS^2)	68	60
nSCR	30	10
Tempo latência (s)	0.44	0.03
SCL (μS)	6.9	5.0

Os valores relativos a cada um dos sujeitos participantes no estudo, na segunda experiência encontram-se representados no Anexo B, tabela B.4.

De seguida, estão representados os valores médios e desvios para a terceira frequência.

Tabela 5.4 - Valores médios e desvio padrão para a experiência 3 (2 Hz).

	Média	Desvio Padrão
Amplitude (μS)	3.6	3.0
Área (μS^2)	73	60
nSCR	28	10
Tempo latência (s)	0.31	0.03
SCL (μS)	6.8	4.0

Os valores relativos a cada um dos participantes no estudo com a terceira frequência utilizada encontram-se representados no Anexo B, tabela B.4.

Novamente, para os dois casos, os valores obtidos para o desvio padrão de todos os parâmetros menos o tempo de latência foram muito elevados, justificados pelos motivos descritos no subcapítulo anterior.

Verifica-se também o mesmo fenómeno que se observou anteriormente para a taxa de inversão de 2 segundos, em que o Tempo de Latência para um período de 0.67 segundos é em média 0.44 segundos, enquanto que para uma taxa de 0.5 segundos, podemos ver um tempo de latência de 0.31 segundos.

5.2 Análise comparativa entre as experiências

5.2.1 Comparação entre as frequências de 0.5 Hz e 1.5 Hz

Para se definir a similaridade entre os grupos de dados existentes, utilizou-se então o teste *U* de *Mann-Whitney*, tal como já tinha sido referido no subcapítulo 4.5. Na tabela 5.5, encontra-se a comparação entre o grupo com a primeira frequência (0.5 Hz, e a janela que se considerou melhor, a de 1.5 a 2 segundos) e o grupo da segunda frequência (1.5 Hz).

Tabela 5.5 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a primeira e segunda frequência.

	Hipótese nula	Sig.	Decisão
1	A distribuição de Amplitude (μS) é igual.	0.602	Aceitar a hipótese nula.
2	A distribuição de Área (μS^2) é igual.	0.086	Aceitar a hipótese nula.
3	A distribuição de nSCR é igual.	0.078	Aceitar a hipótese nula.
4	A distribuição de tempo de latência (s) é igual.	6.18E-11	Rejeitar a hipótese nula.
5	A distribuição de SCL (μS) é igual.	0.846	Aceitar a hipótese nula.

Para esta primeira comparação, verifica-se que apenas o parâmetro do tempo de latência apresenta uma diferença significativa entre as medianas destes dois grupos. Os outros parâmetros (amplitude, área, nSCR e SCL) têm valores de significância superiores a 0.05, e por isso, aceita-se assim a hipótese nula, isto é, a distribuição é similar nos dois grupos.

5.2.2 Comparação entre as frequências de 0.5 Hz e 2 Hz

De seguida, na tabela 5.6, pode-se visualizar os resultados para a aplicação deste mesmo teste para os grupos da primeira (0.5 Hz) e da terceira frequência (2 Hz).

Tabela 5.6 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a primeira e terceira frequência.

	Hipótese nula	Sig.	Decisão
1	A distribuição de Amplitude (μS) é igual.	0.240	Aceitar a hipótese nula.
2	A distribuição de Área (μS^2) é igual.	0.122	Aceitar a hipótese nula.
3	A distribuição de nSCR é igual.	0.002	Rejeitar a hipótese nula.
4	A distribuição de tempo de latência (s) é igual.	6.18E-11	Rejeitar a hipótese nula.
5	A distribuição de SCL (μS) é igual.	0.981	Aceitar a hipótese nula.

Para esta segunda comparação, tanto o número de respostas como o tempo de latência são considerados como tendo uma diferença significativa entre as medianas dos dois grupos em questão.

Para os restantes parâmetros, amplitude, área, e SCL, mantém-se que as suas medianas não apresentam uma diferença estatisticamente significativa, uma vez que os valores de significância continuam a ser mais elevados que 0.05.

5.2.3 Comparação entre as frequências de 1.5 Hz e 2 Hz

Por fim, temos a comparação entre a segunda e terceira frequências, ou seja, 1.5 e 2 Hz, na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Resultados obtidos pela aplicação do teste U de Mann-Whitney aos dados do grupo com a segunda e terceira frequência.

	Hipótese nula	Sig.	Decisão
1	A distribuição de Amplitude (μS) é igual.	0.460	Aceitar a hipótese nula.
2	A distribuição de Área (μS^2) é igual.	0.703	Aceitar a hipótese nula.
3	A distribuição de nSCR é igual.	0.327	Aceitar a hipótese nula.
4	A distribuição de tempo de latência (s) é igual.	6.18E-11	Rejeitar a hipótese nula.
5	A distribuição de SCL (μS) é igual.	0.994	Aceitar a hipótese nula.

Nesta última comparação, repete-se o primeiro caso. O único parâmetro para o qual se considera ter uma diferença significativa entre as medianas dos dois grupos é novamente o tempo de latência, uma vez que é o único que apresenta um valor de Sig. inferior a 0.05.

5.2.4 Discussão dos resultados

Através da análise feita das tabelas 5.5, 5.6 e 5.7, pode-se observar que de forma geral, a maioria dos parâmetros utilizados não têm diferenças estatisticamente significativas entre os resultados relativos aos três grupos de frequências. De facto, o tempo de latência é o único parâmetro que aparece consistentemente como tendo diferenças relevantes entre os vários grupos, permitindo mais facilmente diferenciar os mesmos.

Observando as médias de cada um dos parâmetros e comparando as mesmas individualmente, podem-se no entanto retirar algumas conclusões.

Relativamente ao número de respostas (nSCR), temos médias de 59, 35, 30 e 28 respostas para, respetivamente, a taxa de inversão de 2 segundos com janela de 1 a 2 segundos, a taxa de inversão de 2 segundos com janela temporal de 1.5 a 2 segundos, a taxa de 0.67 segundos, e a taxa de 0.5 segundos.

Nos últimos dois casos, estão a ser mostrados aos participantes no estudo estímulos visuais muito rápidos, sendo que se está a medir um sinal fisiológico particularmente lento, fazendo por isso sentido que, de forma geral, com um estímulo ligeiramente mais lento como é o caso dos dois primeiros valores (com a taxa de inversão a 2 segundos, ou 0.5 Hz) se consiga encontrar um maior número de respostas. Com uma taxa de inversão mais baixa, o estímulo está então a mudar mais lentamente, o que significa que o sistema responsável pelo sinal de EDA (o SNA) deverá ter mais tempo para processar e desenvolver uma resposta ao estímulo. Para o caso das alterações mais rápidas, o SNA terá também que responder mais rapidamente e pode até não ter tempo suficiente para criar respostas, o que se poderá traduzir numa descida nos valores de nSCR.

Entre os dois primeiros casos, a janela de 1 a 2 segundos é maior que a de 1.5 a 2 segundos, sendo por isso expectável que o número de respostas detetadas seja maior no primeiro caso.

Relativamente à amplitude e à área, os maiores valores nos dois parâmetros estão na taxa de inversão de 2 segundos com a maior janela.

A amplitude continua a descer ao longo das outras 3 recolhas, o que, tendo em conta que estes têm um número também decrescente de respostas detetadas, provavelmente significa que a reatividade relativamente ao estímulo é menor nos últimos casos, levando a menores valores de amplitude [10].

No entanto, no caso da área, existe uma tendência contrária, com o aumento ao longo das restantes frequências, o que aparenta ir contra o raciocínio anterior. Consultando os valores individuais (Anexo B, tabelas B.1 e B.2), verifica-se que em algumas pessoas há um aumento, enquanto que em outras há uma diminuição na área conforme o aumento da frequência do estímulo. Isto poderá sugerir que alguns participantes poderão ser mais ou menos sensíveis a estímulos com maiores frequências, ou simplesmente que a área não tem uma relação direta com o estímulo.

Quanto ao nível de condutância da pele, este apresenta valores médios iguais (6.8 μS e 6.9 μS) para todos os quatro grupos. Consultando as tabelas com os valores de cada um dos indivíduos participantes no estudo, disponíveis para consulta no Anexo B, tabelas B.1 e B.2, percebe-se que de forma geral, o valor de SCL mantém-se no mesmo indivíduo ao longo das várias recolhas de dados. Tendo em conta que este parâmetro está ligado ao grau de permeabilidade da pele do participante, será de esperar que os valores se mantenham relativamente constantes nas várias recolhas, apesar de poder haver alguma variabilidade entre elas [10].

Finalmente, no que toca ao tempo de latência, para uma taxa de 2 segundos (0.5 Hz) temos tempos de latência de 1.60 e 1.76 segundos (para as janelas menor e maior, respetivamente), para uma taxa de 0.67 segundos (1.5 Hz) o tempo de latência é de 0.44, e para uma taxa de 0.5 segundos (2 Hz) este corresponde a 0.31 segundos. Estes valores podem explicar-se através do mesmo raciocínio que foi utilizado para o número de respostas (nSCR). Se o SNA tiver mais tempo para criar uma resposta, poderá levar a maiores tempos de latência, e o contrário para quando o estímulo muda mais rapidamente.

Além disto, as próprias janelas escolhidas para se detetar as respostas de forma mais específica ao estímulo poderão também influenciar estes valores. Isto é, em casos em que se utilize uma janela muito pequena, de forma a conseguir ver apenas as respostas causadas pela apresentação do estímulo, os valores de latência detetados poderão também ser mais pequenos do que o que é normalmente considerado.

5.3 Estudo da atividade eletrodérmica evocada

Por fim, nesta secção faz-se o estudo mais específico do fenómeno de atividade eletrodérmica evocada. Assim, começou-se por fazer uma comparação direta com os resultados obtidos na dissertação anterior, tendo-se deste modo utilizado o mesmo protocolo inicial. Depois, optou-se por um método diferente, com a utilização de uma distribuição distinta que se adequava melhor aos dados existentes, e análise dos máximos, em vez das médias, dos histogramas obtidos para a diferença entre as respostas, em tempo.

5.3.1 Médias dos Histogramas

Nesta sub-secção, analisa-se portanto o resultado do processamento descrito no subcapítulo 4.3.1, onde se estudou, numa primeira fase, os sinais eletrodérmicos na duração da estimulação visual para as três frequências distintas, sendo mais tarde analisados também os trechos de sinal antes de haver a presença dos estímulos, de forma a se poder então avaliar a relação entre o sinal e o estímulo.

Desta forma, começou por se obter os histogramas que representam os valores dos intervalos de tempo entre os picos das respostas identificadas.

Na figura 5.1 está representado um dos referidos histogramas, neste caso pertencendo ao sujeito 2, durante a recolha de sinal com a primeira frequência.

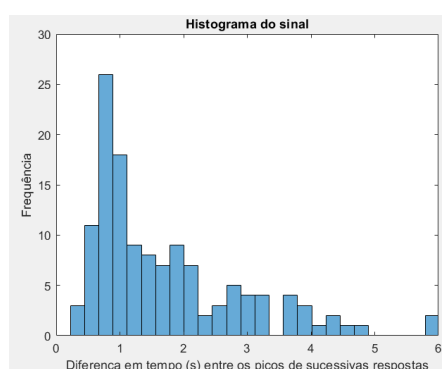


Figura 5.1 - Histograma da distribuição das diferenças entre os picos detetados no participante 2, na primeira recolha.

De seguida, utilizou-se a *toolbox* do *Matlab*® *Distribution Fitter* para se obter a curva Gaussiana com o melhor ajuste ao histograma.

Na figura 5.3 pode-se observar então o histograma do segundo participante durante a primeira recolha, com uma curva Gaussiana ajustada ao mesmo.

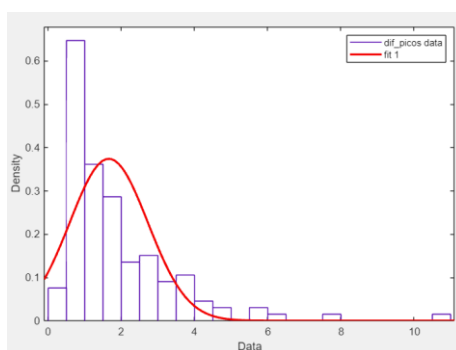


Figura 5.2 - Histograma para o adulto 2 durante a primeira recolha, com a respetiva distribuição normal ajustada. O valor médio é igual a 1,66 e o desvio padrão é 1,33.

Também no Apêndice B, na tabela B.5 estão descritos todos os valores de média, variância e desvio padrão retirados das distribuições normais ajustadas aos histogramas de cada participante nas recolhas com as três frequências.

Na tabela 5.8, estão descritos os valores médios totais para as três frequências e para os trechos de sinal EDA antes de haver estimulação visual.

Para este caso, só se conseguiram utilizar 19 sinais, uma vez que nos outros casos a gravação de sinal foi feita com muito pouca diferença temporal do início do primeiro estímulo.

Tabela 5.8 - Valores médios da média e desvio padrão retirados das distribuições normais ajustadas aos histogramas nas 3 experiências e para as zonas do sinal sem a apresentação do estímulo.

	Média	Desvio Padrão
Experiência 1 - 0.5 Hz	1.48	0.82
Experiência 2 - 1.5 Hz	1.51	0.76
Experiência 2 - 2 Hz	1.39	0.62
Sem estímulo	1.72	0.65

Por observação da tabela 5.8, temos então valores médios para as Experiências 1, 2 e 3 de 1.48, 1.51 e 1.39 segundos, respetivamente.

Relativamente às secções de sinal sem estímulo, o valor médio é nitidamente mais elevado que os restantes, com média de 1.72 segundos e desvio padrão associado de 0.65 segundos.

5.3.1.1 Discussão

Pode-se confirmar que o valor de 1.72 segundos relativo à média para as regiões sem estímulo está muito próximo do que se verificou na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", em que o valor médio para as regiões de sinal eletrodérmico sem estímulos era de 1.75 segundos [10].

Verifica-se uma diferença maior entre a média das diferenças entre os picos durante secções de sinal em que não ocorre estimulação visual com o padrão de xadrez, e trechos em que há estímulos. Porém, os valores nas regiões sem estímulo são também os que possuem variâncias mais elevadas, podendo ser consequência da interferência de outros estímulos externos ou mesmo da antecipação do começo da aquisição.

Todos os outros valores são relativamente próximos entre si, com médias de 1.48, 1.51 e 1.39 segundos. Fazendo também a comparação com o valor que se obteve no ano passado, de 1.37 segundos de média [10], em que a taxa de inversão do padrão de xadrez era de 1 segundo, não se verificam grandes diferenças relativamente aos resultados descritos anteriormente, para as taxas de inversão de 2, 0.67 e 0.5 segundos, respetivamente.

Assim, entre qualquer uma das frequências até agora utilizadas, não parece existir grande diferença entre os valores obtidos para as médias das distribuições ajustadas aos dados.

Mesmo que se considere que os resultados das duas frequências mais rápidas se possam dever ao facto destas serem demasiado elevadas para a medição de sinal EDA, os valores obtidos para 1 Hz e para 0.5 Hz continuam a ser muito próximos para se concluir que esteja de facto a ocorrer um fenómeno que seja dependente da frequência do estímulo.

5.3.2 Máximos dos histogramas

Tendo em conta os resultados obtidos através das médias dos histogramas, decidiu-se uma abordagem diferente.

Na elaboração do procedimento que foi utilizado para a secção anterior, reparou-se que para quase todos os histogramas obtidos, em todas as frequências, os seus máximos ocorrem numa região perto de 1 segundo. Verificou-se também que, na verdade, as distribuições que antes se tinham considerado Gaussianas são melhor ajustadas com recurso a outras, como é o caso da Lognormal (figura 5.3).

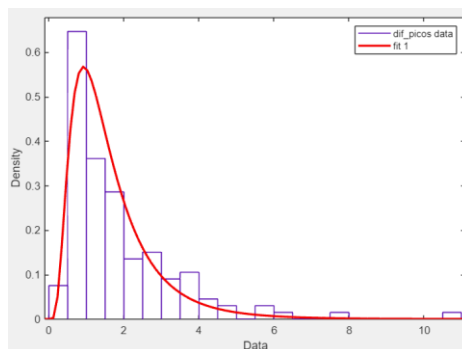


Figura 5.3 - Histograma para o adulto 2 durante a primeira recolha, com a respetiva distribuição lognormal ajustada.

Tanto os restantes histogramas como os histogramas com as curvas ajustadas das outras recolhas encontram-se representados no Apêndice B, figuras B.4 até B.107.

Além disso, e tendo em conta que num histograma se tem uma diferença de valores, não é possível assim ter um valor exato de tempo para o qual exista o máximo entre as diferenças de respostas encontradas. Assim, utilizou-se novamente o *Distribution Fitter* para calcular o máximo do valor da curva melhor ajustada aos dados (com uma distribuição Lognormal), tal como está descrito na secção 4.3.2, devendo-se encontrar uma aproximação relativamente próxima aos valores de tempo mais comuns entre duas respostas detetadas.

Os valores médios encontrados podem ser observados na tabela 5.9, e os valores para todos os participantes estão disponíveis no Anexo B, tabela B.6.

Tabela 5.9 - Valores médios das curvas ajustadas aos histogramas para todas as frequências de estímulo e as regiões sem estímulo.

	Frequência 0.5 Hz	Frequência 1.5 Hz	Frequência 2 Hz	Sem estímulo
Médias dos máximos (s)	0.98	1.03	1.06	1.07
Desvio padrão	0.12	0.18	0.34	0.17

Os valores médios obtidos para os máximos das curvas ajustadas são então de 0.98, 1.03, 1.06 e 1.07 segundos para as medições com taxas de inversão de 0.5 Hz, 1.5 Hz, 2 Hz e sem estímulo, respetivamente.

Percebe-se então que a maioria das respostas detetadas para qualquer uma das frequências de estimulação visual ou regiões de sinal sem estímulo é de cerca de 1 segundo.

Para uma melhor visualização construiu-se o gráfico na figura 5.4 com o programa *Jupyter Notebook* em *Python*, onde se pode observar os valores máximos das curvas ajustadas aos histogramas para cada um dos participantes, em todas as taxas de inversão do estímulo e nas regiões sem estímulo.

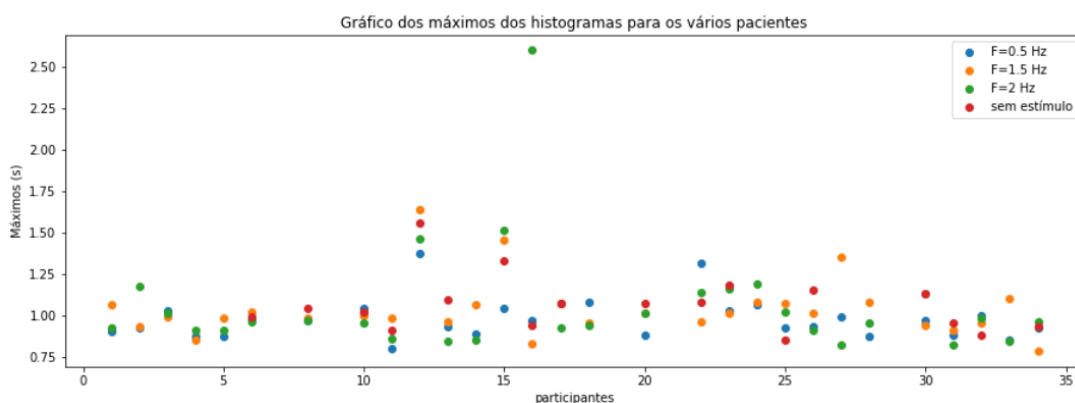


Figura 5.4 – Gráfico com a representação dos máximos das curvas ajustadas aos histogramas para todos os participantes e experiências.

De forma geral, os valores são próximos uns dos outros, sendo que entre o mesmo indivíduo, tendem a agrupar-se. O sujeito 16 aparenta ser uma exceção, com uma terceira experiência claramente diferente dos restantes, provavelmente constituindo um *outlier*, tendo também como consequência o maior desvio padrão que se pode observar para a experiência com frequência de 2 Hz.

5.3.2.1 Discussão

Verificam-se grandes similaridades entre os valores dos máximos que se calcularam antes, variando as médias entre 0.98 e 1.07 segundos.

Tendo em conta também o gráfico apresentado na figura 5.4, pode-se afirmar que existem evidências que sugerem que as respostas com frequências perto de 1 Hz que estão a ser detetadas possam ser na verdade produto de um fenómeno fisiológico.

Se se tiver em conta que para uma frequência cardíaca de 60 batimentos por minuto temos uma diferença entre batimentos de 1 segundo, podemos ver que os valores obtidos para as médias anteriores se aproximam muito. Para a média de 0.98 segundos, estaria em causa um valor de 61.22 batimentos por minuto (bpm), e para o outro extremo de 1.07, o valor seria de 56.07 bpm. Existem também alguns casos em que os resultados em batimentos por minuto seriam demasiado baixos para uma frequência cardíaca média normal, mas alguns destes podem ser de aquisições em que existisse outro tipo de ruído ou estímulos, causando uma maior discrepância entre as respostas detetadas, e levando a que os tempos entre respostas ficassem mais dispersos.

De qualquer modo, as variações que se detetaram e que foram anteriormente identificadas como podendo constituir atividade eletrodérmica evocada, são muito provavelmente consequência de ruído vindo da frequência cardíaca.

CONCLUSÕES

Este trabalho tinha como principal objetivo estudar de forma sistemática um fenómeno que tinha sido previamente observado na dissertação "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", onde se fez uma ligação relativamente à atividade eletrodérmica registada em resposta a um estímulo audiovisual, com uma frequência de inversão de 1 Hz. Assim, pretendia-se confirmar a possível validade da utilização do sinal de EDA como método para estudar o SNA, utilizando um maior volume de dados e três novas frequências de inversão de estímulo.

Inicialmente, tencionava-se recolher e analisar sinais eletrodérmicos em adultos com idades compreendidas entre os 18 e os 65 anos quando estimulados por um padrão xadrez com uma dada taxa de inversão, diferente da utilizada no ano anterior, isto é, de 1 Hz. De seguida, procurava-se estudar os parâmetros obtidos através da análise destes sinais, de modo a tentar perceber se existiriam valores que pudessem caracterizar cada uma das experiências realizadas relativamente às outras. Por fim, tinha-se também como objetivo estudar a relação dos sinais obtidos com os estímulos, através da criação de histogramas e adaptação de distribuições normais e lognormais aos mesmos, de forma a estudar a validade do argumento que foi utilizado na dissertação anterior.

Assim, para se cumprirem estes objetivos, foi feita a recolha de sinais de atividade eletrodérmica com o mesmo padrão xadrez utilizado no estudo anterior, com frequências de inversão do mesmo de 0.5 Hz (taxa de 2 segundos), 1.5 Hz (taxa de 0.67 segundos) e 2 Hz (taxa de 0.5 segundos). Recolheu-se sinais de 34 pessoas no total, sendo que foram utilizados para a análise 29 dos mesmos. A análise destes sinais fez-se com a sua decomposição através da *Discrete Decomposition Analysis (DDA)*, separando os sinais em componentes tónica e fásica.

Relativamente à comparação entre os valores médios dos parâmetros retirados do sinal, amplitude, área, nSCR, tempo de latência e SCL, de forma geral, estes seguiram aquilo que se esperava dos mesmos. As taxas de inversão mais rápidas (1.5 e 2 Hz) tiveram um menor número de respostas relativamente à frequência mais lenta (0.5 Hz), bem como amplitudes e tempos de latência também menores. Isto pode ser justificado pelo facto de que, quando se apresenta um estímulo mais lento, o Sistema Nervoso Autónomo tem mais tempo para o processar e criar uma resposta, neste caso na forma de atividade eletrodérmica. Para estímulos mais rápidos, o SNA terá que responder também mais rapidamente, o que poderá levar a que exista um menor número de respostas e um maior tempo de latência. Esta diminuição do nSCR para maiores frequências pode também ter como consequência uma diminuição da amplitude, assumindo uma reatividade relativamente ao estímulo diminuída. O único parâmetro que contraria esta tendência é a área, que aumenta com o aumento da frequência, o que poderá

ser explicado por uma maior reatividade de alguns dos indivíduos em estudo a estímulos com frequências muito elevadas, ou por possivelmente não ter relação com o estímulo.

O tempo de latência foi o parâmetro que mais facilmente permite diferenciar os grupos das três frequências de inversão utilizadas, sendo também aquele que se observou mais consistente e com menor desvio padrão para todos os casos em estudo. Em todos os casos, este parece próximo à taxa de inversão do estímulo utilizado, o que poderá estar relacionado com o tamanho da janela onde se procuram as respostas, podendo-se estar então a limitar inadvertidamente os valores do parâmetro deste modo.

Finalmente, realizou-se o estudo da relação entre o estímulo e o sinal, onde se observou similaridades nos valores médios das diferenças entre picos de respostas detetadas para todas as taxas de inversão do estímulo utilizadas, entre si e comparativamente aos valores obtidos para 1 Hz. Os resultados para as regiões de sinal onde não existiam estímulos são ligeiramente mais distantes dos restantes, mas tal pode ser explicado por uma maior variedade no tipo de estímulo a que os participantes podiam estar expostos antes do começo da aquisição, levando a uma maior diversidade de respostas possíveis, e aumentando a dispersão dos resultados.

Desta forma, não se verifica uma diferença significativa entre as frequências de apresentação do estímulo, tendo-se decidido analisar os máximos das curvas ajustadas aos histogramas, com o objetivo de se perceber se haveria algum período de tempo mais frequente para as diferenças entre respostas.

Os resultados deste último procedimento sugerem que o fenómeno que foi identificado como atividade eletrodérmica evocada seja devido a ruído proveniente de fenómenos fisiológicos, muito provavelmente da frequência cardíaca, não se confirmando então a existência de EDA evocado.

6.1 Perspetivas futuras

As evidências encontradas no decorrer deste estudo não evidenciam qualquer relação entre a atividade eletrodérmica e a frequência de estimulação visual. Porém, se posteriormente se quiser continuar o trabalho, serão necessários mais dados que possam comprovar ou não essa hipótese.

Para se retirar a influência da frequência cardíaca no sinal, seria importante escolher frequências de apresentação do estímulo distintas da mesma, de forma a diferenciar os resultados mais facilmente. Seria também importante a medição, por exemplo, do fotopletismograma (PPG) (como alternativa ao eletrocardiograma) simultaneamente ao EDA, de forma a mais tarde se poder identificar a frequência cardíaca. Depois, poderia ser feita uma correlação entre os dois sinais, de forma a se eliminar os picos de frequência que constituam ruído fisiológico proveniente do ritmo cardíaco.

De qualquer modo, tanto quanto se sabe, não há registo de trabalhos que mostrem a influência do ritmo cardíaco no EDA, algo que se se confirmasse que ocorre, podia também ser explorado.

Se, eventualmente, se confirmar a existência de atividade eletrodérmica evocada, poder-se-á continuar o estudo agora com diferentes tipos de estímulos, tentando confirmar a existência deste fenómeno para estímulos auditivos, por exemplo.

Deverá também ser interessante fazer um estudo em função da idade, algo que foi difícil de realizar neste trabalho, tendo em conta que no contexto da dissertação, a maioria dos participantes acabaram por ter idades entre os 20 e os 23 anos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. M. Lourenço, NOVAtesis Word Template , NOVA University Lisbon, 2021. URL: https://github.com/joaomlourenco/novathesis_word/blob/master/novathesis_word-FINAL-PT.dotx.
- [2] A. R. Crossman and D. Neary, "Autonomic Nervous System", in *Neuroanatomy: An Illustrated Colour Text*, 5th ed. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St Louis, Sydney and Toronto: Churchill Livingstone, 2015, capítulo 4, pp. 46-49.
- [3] A. Zygmunt and J. Stanczyk, "Methods of evaluation of autonomic nervous system function", *Archives of Medical Science:AMS*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2010. [Online]. doi: 10.5114/aoms.2010.13500.
- [4] 'Autonomic Nervous System: What It Is, Function & Disorders', *Cleveland Clinic*. [Online]. Disponível em: <https://my.clevelandclinic.org/health/body/23273-autonomic-nervous-system>. Acedido em: Fev. 5, 2023.
- [5] 'Autonomic neuropathy - Symptoms and causes', *Mayo Clinic*. [Online]. Disponível em: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/autonomic-neuropathy/symptoms-causes/syc-20369829>. Acedido em: Fev. 5, 2023.
- [6] D. J. Ewing and B. F. Clarke, '9 - Autonomic neuropathy: its diagnosis and prognosis', *Clinics in Endocrinology and Metabolism*, vol. 15, no. 4, pp. 855–888, Nov. 1986. [Online]. doi: 10.1016/S0300-595X(86)80078-0.
- [7] A. I. Vinik, R. E. Maser, B. D. Mitchell and R. Freeman, "Diabetic Autonomic Neuropathy", *American Diabetes Association*, vol. 26, no. 5, 2003. [Online]. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.5.1553>.
- [8] Siński, Maciej & Lewandowski, Jacek & Abramczyk, Piotr & Narkiewicz, Krzysztof & Gaciong, Z., "Why Study Sympathetic Nervous System?", *Journal of Physiology and Pharmacology: an official journal of the Polish Physiological Society*, vol. 57, no. 11, pp.79-92. 2006. [Online]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/6558214_Why_study_sympathetic_nervous_system. Acedido em: Fev. 5, 2023.
- [9] G. Parati, M. Esler, "The Human Sympathetic nervous system: It's relevance in hypertension and heart failure", *European Heart Journal*, vol. 33, no. 9, pp. 1058–1066, 2012. [Online]. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs041>.
- [10] C. Andrade, "Estudo da Atividade Eletrodérmica em bebés sujeitos a estímulos visuais", Universidade NOVA de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2022.
- [11] C. R. Noback, "Autonomic Nervous System" in *The human nervous system: structure and function*, 6th ed. Totowa, N.J: Humana Press, 2005, capítulo 20, pp 349-368.

- [12] A. Donato, "Somatic Nervous System", The University of Queensland, Australia, Queensland Brain Institute. [Online]. Disponível em: <https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/peripheral-nervous-system/somatic-nervous-system> Acedido em: 28 de Janeiro.
- [13] A. Donato, "Autonomic Nervous System", The University of Queensland, Australia, Queensland Brain Institute. [Online]. Disponível em: <https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/peripheral-nervous-system/autonomic-nervous-system> Acedido em: 28 de Janeiro.
- [14] A. Donato, "Enteric Nervous System", The University of Queensland, Australia, Queensland Brain Institute. [Online]. Disponível em: <https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/peripheral-nervous-system/enteric-nervous-system> Acedido em: 28 de Janeiro.
- [15] E. Magalhães, "Sistema nervoso," pp. 1–10, 2002. [Online]. Disponível em: <https://bjan-sba.org/article/5f9c9dd68e6f1a40018b4702/pdf/rba-30-1-53.pdf>. Acedido em: Fev. 7, 2023.
- [16] J. J. Braithwaite, D. G. Watson, R. Jones and M. Rowe, "A Guide for Analysing Electrodermal Activity (EDA) & Skin Conductance Responses (SCRs) for Psychological Experiments", Technical Report, 2nd version: Selective Attention & Awareness Laboratory (SAAL), Behavioural Brain Sciences Centre, University of Birmingham, UK, 2015. Disponível em: <https://www.birmingham.ac.uk/documents/college-les/psych/saal/guide-electrodermal-activity.pdf> Acedido em: Fev. 10, 2023.
- [17] M. E. Dawson, A. M. Schell, and D. L. Filion, "The electrodermal system" in *Handbook of Psychophysiology*, 4th ed., Cambridge University Press, chapter 10, pp. 217–243, 2016. [Online]. <https://doi.org/10.1017/9781107415782.010>.
- [18] W. Lopez-Ojeda, A. Pandey, M. Alhaji, and A. M. Oakley, 'Anatomy, Skin (Integument)', in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 [Online]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441980/>. Acedido em: Fev. 15, 2023.
- [19] B. D. Hodge, T. Sanvictores, and R. T. Brodell, 'Anatomy, Skin Sweat Glands', in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022 [Online]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482278/>. Acedido em: Fev. 15, 2023.
- [20] Z. Visnovcova, M. Mestanik, M. Gala, A. Mestanikova, and I. Tonhajzerova, 'The complexity of electrodermal activity is altered in mental cognitive stressors', *Computers in Biology and Medicine*, vol. 79, pp. 123–129, Dec. 2016. [Online]. doi: 10.1016/j.combiomed.2016.10.014.
- [21] W. Boucsein, *Electrodermal activity*, 2nd ed., vol. 15, no. 2. New York, 2016.
- [22] H. Y. Yacoob Aldosky and D. S. Bari, "Electrodermal Activity: Simultaneous Recordings," *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, 2019. [Online]. doi: 10.5772/intechopen.89025.
- [23] H. F. Posada-Quintero and K. H. Chon, "Innovations in electrodermal activity data collection and signal processing: A Systematic Review", *PubMed, Sensors (Basel, Switzerland)*, vol. 20, no. 2, p. 479. 2020. [Online]. doi: [10.3390/s20020479](https://doi.org/10.3390/s20020479).

- [24] M. A. Oliveira, “Análise da relação entre a actividade electrodérmica e o score de dor em indivíduos com patologia no ombro,” Universidade NOVA de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2019.
- [25] *All About EDA Part 2: Components of Skin Conductance – MindWare Technologies Support*. 3 Apr. 2018. Disponível em: <https://support.mindwaretech.com/2018/04/all-about-eda-part-2-components-of-skin-conductance/>. Acedido em: Fev. 15, 2023.
- [26] D. Caruelle, A. Gustafsson, P. Shams, and L. Lervik-Olsen, “The use of electrodermal activity (EDA) measurement to understand consumer emotions – A literature review and a call for action,” *J. Bus. Res.*, vol. 104, no. June, pp. 146–160, 2019. [Online]. doi: 10.1016/j.jbusres.2019.06.041.
- [27] A. Greco, A. Lanata, L. Citi, N. Vanello, G. Valenza, and E. P. Scilingo, “Skin admittance measurement for emotion recognition: A study over frequency sweep,” *Electronics*, vol. 5, no. 3, pp. 46, 2016. [Online]. doi: 10.3390/electronics5030046.
- [28] Y. Topoglu, J. Watson, R. Suri, and H. Ayaz, *Electrodermal activity in ambulatory settings: a narrative review of literature*, vol. 953, no. January. Springer International Publishing, 2020.
- [29] Vanden Bos, Gary R. Evoked potential. *APA Dictionary of Psychology*. 2nd ed. Washington, DC: American Psychological Association; 2015. p. 390.
- [30] John Hopkins Medicine (Aug. 14, 2019). “Sensory Evoked Potentials Studies”. [Online]. Disponível em: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/sensory-evoked-potentials-studies>. Acedido em: Fev. 20, 2023.
- [31] H. J. Waldman, “Evoked Potential Testing”, in *Pain Management*, Editor: Steven D. Waldman, 2007, chapter 17, pp. 192-196. [Online]. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0334-6.50021-2>.
- [32] K. E. Misulis, T. Fakhoury, R. Spehlman. *Spehlmann's Evoked Potential Primer*, 3rd edition. Boston: Butterworth-heinemann, 2001.
- [33] M. A. Gropper, Ed., "Neurologic Monitoring" in *Miller's anesthesia*, 9th ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2020, capítulo 39.
- [34] H. Hassani, Singular Spectrum Analysis: Methodology and Comparison, *Journal of Data Science*, vol. 5, n° 4991, pp. 239-257, 2007. Disponível em: <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/4991/> Acedido em: Fev. 16, 2023.
- [35] N. Golyandina, A. Korobeynikov, and A. Zhigljavsky, "Introduction: Overview", in *Singular Spectrum Analysis with R*, N. Golyandina, A. Korobeynikov, and A. Zhigljavsky, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer, 2018, pp. 1–30 [Online]. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57380-8_1.
- [36] H. Sequeira, P. Deren, B. Maitte, "The early days of electrodermal activity", *Anales de Psicología*, vol. 37, n° 3, pp. 406–411, 2021. [Online]. <https://doi.org/10.6018/analesps.483051>
- [37] J. Synnott, S. McComb, C. Nugent, and J. McLaughlin, “Arousal Level Classification in the Ageing Adult by Measuring Electrodermal Skin Conductivity,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser.*

Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics), vol. 9456, pp. 258–263, 2015. [Online]. doi: 10.1007/978-3-319-26508-7.

[38] D. S. Bari, H. Y. Y. Aldosky, C. Tronstad, H. Kalvøy, and G. Martinsen, “Electrodermal responses to discrete stimuli measured by skin conductance, skin potential, and skin susceptance”, *Ski. Res. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 108–116, 2018. [Online]. doi: 10.1111/srt.12397.

[39] *European Heart Journal*, Volume 33, Issue 9, May 2012, Pages 1058–1066. [Online]. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs041>.

[40] M. C. Irigoyen, F. Santos, V. Farah, K. Angelis, "Revisitando a fisiologia do sistema nervoso simpático: o que há de novo?", *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo*, vol. 24, no. 2, 2014. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/08/429667/revisitando-a-fisiologia-do-sistema-nervoso-simpatico.pdf>.

[41] BITalino, “BITalino (r)evolution Board Kit Data Sheet - Techno Volt”, pp. 4–6, 2020, Disponível em: <https://support.pluxbiosignals.com/wp-content/uploads/2021/11/bitalino-revolution-user-manual.pdf>. Acedido em: Fev. 21, 2023.

[42] BITalino, “Electrodermal Activity (EDA) Sensor Data Sheet,” pp. 0–1, 2015, [Online]. Available: <http://bitalino.com/>. Acedido em: Fev. 21 2023.

[43] S. Ranogajec and G. Geršak, “Measuring site dependency when measuring skin conductance”, *Proc. Twenty-third Int. Electrotech. Comput. Sci. Conf.*, pp. 155–158, 2014. [Online]. Disponível em: [https://erk.fe.uni-lj.si/2014/ranogajec\(measuring\)p.pdf](https://erk.fe.uni-lj.si/2014/ranogajec(measuring)p.pdf).

[44] “OpenSignals (r)evolution User Manual.” Disponível em: <https://www.downloads.plux.info/OpenSignals/OpenSignals-Manual.pdf>.

[45] “Overview of E-Prime — Andy’s Brain Book 1.0 documentation.” https://andysbrain-book.readthedocs.io/en/latest/E-Prime/E-Prime_Overview.html . Acedido em: Jun. 23, 2023.

[46] J. P. Morais, “O Efeito da Meditação Mindfulness na Actividade Electrofisiológica: Avaliação do Estado de Concentração, Controlo Emocional e Qualidade de Vida,” Universidade NOVA de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2021.

[47] P. Benjamin, “How to Use Jupyter Notebook in 2020: A Beginner’s Tutorial”. *Dataquest*, 24 Aug. 2020. <https://www.dataquest.io/blog/jupyter-notebook-tutorial/>.

[48] Q. S. Guide, “E-Prime ® integration in OpenSignals E-Prime ® integration in OpenSignals”.

[49] EDA Introductory Guide, BIOPAC Systems Inc, Disponível em: <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-Guide.pdf>.

[50] Benedek, M. & Kaernbach, C. (2010), "Decomposition of skin conductance data by means of nonnegative deconvolution". *Psychophysiology*, 47, 647-658. [Online]. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8986.2009.00972.x>.

- [51] P. Correia, “Estudo da Atividade Eletrodérmica em praticantes de Mindfulness sujeitos a estímulos visuais – Um estudo longitudinal,” Universidade NOVA de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2020.
- [52] “Analyze Electrodermal Activity (EDA)” — *NeuroKit 0.0.39 Documentation*. [Online]. Disponível em: <https://rpanderson-neurokit2.readthedocs.io/en/latest/examples/eda.html>. Acedido em: Set. 6, 2023.
- [53] Jordan D’Arcy, “Introducing SSA for Time Series Decomposition” (2018). Disponível em: <https://kaggle.com/code/jdarcy/introducing-ssa-for-time-series-decomposition>. Acedido em: Set. 8, 2023.
- [54] “Statistical Methods for Comparison of Data Sets of Construction Methods and Building Evaluation”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 89, Oct. 2013, pp. 218–21. [Online]. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.837>.
- [55] “Mann-Whitney U Test in SPSS Statistics”, *Laerd Statistics*. <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/mann-whitney-u-test-using-spss-statistics.php>. Acedido em: Ag. 16, 2023.
- [56] “Testing for Normality using SPSS Statistics when you have only one independent variable.” <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/testing-for-normality-using-spss-statistics.php>. Acedido em: Ag. 24, 2023.
- [57] *SPSS Shapiro-Wilk Test - The Ultimate Guide*. <https://www.spss-tutorials.com/spss-shapiro-wilk-test-for-normality/>. Acedido em: Ag. 24, 2023.
- [58] Zach. ‘How to Perform a Mann-Whitney U Test in Excel’. *Statology*, 24 Mar. 2020, <https://www.statology.org/how-to-perform-a-mann-whitney-u-test-in-excel/>.

| A

APÊNDICE

Os documentos relativos à autorização da recolha de dados encontram-se neste apêndice.

De: Rita Pinela da Cunha Lobo, aluna nº 55883 do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Dirigido a: Vossas Ex. membros integrantes da Comissão da Ética e Conselho Diretivo

Assunto: Autorização para o Projeto de Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Biomédica

Tema do Projeto: Rhythmic Evoked Electrodermal Responses (REER)

O projeto apresentado tem como objetivo verificar a possibilidade da utilização de sinais de atividade eletrodérmica (EDA) como um método não invasivo, eficiente e acessível para avaliar o funcionamento do Sistema Nervoso Autónomo. Para tal, pretende-se utilizar estímulos visuais de xadrez, com duas imagens a alternar com frequências de 0.5, 1.5 e 2 Hz, bem como estímulos auditivos, enquanto se recolhe sinal da atividade eletrodérmica simultaneamente, num conjunto de adultos sem patologias associadas. Com os dados recolhidos, pretende-se realizar o seu processamento e caracterização de forma a estudar a possível relação consistente entre o sinal de EDA e os estímulos apresentados.

Estão expostas de seguida as informações detalhadas do projeto.

Lista de Colaboradores:

- Carla Quintão, professora auxiliar na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade NOVA de Lisboa - Orientadora da dissertação de mestrado;

- Cláudia Quaresma, professora auxiliar na Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade NOVA de Lisboa – Co-orientadora da dissertação de mestrado;

Local de Trabalho:

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, Departamento de Física, Laboratório de Física

Área de Trabalho:

- Processamento de sinal fisiológico;

Metodologia:

Os voluntários deverão ter idade superior a 18 anos até 65 anos e não devem possuir patologias associadas. Serão recolhidos alguns dados adicionais do voluntário de modo que seja possível proceder à sua caracterização demográfica. Os documentos de consentimento e caracterização da amostra encontram-se em anexo nas páginas 4 e 5.

A recolha dos parâmetros fisiológicos (eletrodérmicos) será realizada com recurso ao equipamento *Bitalino*® da PLUX *wireless biosignals* que será ligado a um computador via *Bluetooth* através do programa *OpenSignals*, sendo que os dados serão posteriormente analisados e processados no *software Matlab*®. Para a criação do protocolo visual e auditivo, será utilizado o programa *E-prime*.

Serão utilizados elétrodos com gel eletrolítico incorporado para a medição do sinal relativo à atividade eletrodérmica.

O procedimento utilizado não implicará quaisquer riscos ou inconvenientes relativamente à saúde dos participantes. Para participar no presente estudo, os indivíduos terão que assinar a respetiva autorização e caso denunciem algum desconforto, a experiência será suspensa.

Apenas a aluna Rita Lobo e os orientadores da dissertação terão acesso aos dados recolhidos. De forma a garantir o anonimato dos participantes, será atribuído um código de identificação a cada um dos mesmos.

Protocolo Experimental:

1. Introdução ao tema, explicitando os seus objetivos e o seu procedimento;
2. Assinatura consentimento informado;
3. Preenchimento do questionário da caracterização da mostra;
4. Preparação da pele para a recolha de dados nos locais onde será feita com recurso a discos de algodão e água;

5. Colocação dos elétrodos na palma da mão do participante, segundo a terceira configuração na figura 1 [1]. O participante deve manter-se sentado confortavelmente numa posição natural para o mesmo, com o braço em repouso e a palma da mão virada para cima, de forma a diminuir os artefactos de movimento. Durante a aquisição, o paciente deve também respirar regularmente e lentamente [2]. Os elétrodos serão distados de cerca de 2 cm de distância um do outro (a partir do centro dos mesmos).

6. Os participantes deverão começar por inspirar profundamente uma vez, mantendo o ar, e depois exalando de seguida [2].

7. Deixar os elétrodos colocados na palma da mão do paciente durante cerca de 5 minutos antes de se iniciar a aquisição.

8. Será então iniciada a recolha de dados no *OpenSignals*.

9. Numa primeira fase deste estudo, serão corridos os protocolos do *software E-prime*, começando com o relativo à alternância de imagens xadrez com frequência de 0.5 Hz, depois o com 1.5 Hz, e finalmente o a 2 Hz. Numa segunda fase, será utilizado um estímulo auditivo de frequência definida, ao invés das imagens com padrão xadrez.

10. Finalização do protocolo, acabando a recolha no *OpenSignals*, e retirando os elétrodos do participante.

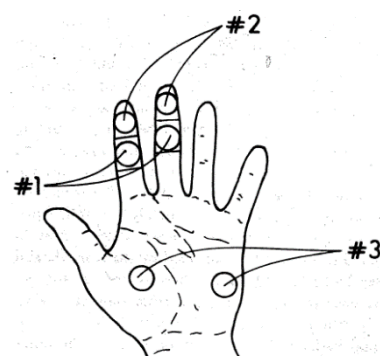


Figura A.1 – Possíveis configurações dos elétrodos para registo da atividade eletrodérmica. Retirado de [1].

Segurança:

Uma vez que o equipamento utilizado não apresenta riscos para a segurança do investigador e voluntários saudáveis, não estão previstos quaisquer incidentes negativos, aquando da realização da recolha de dados.

[1] M. E. Dawson, A. M. Schell, and D. L. Filion, “The electrodermal system”, Handbook of Psycho-physiology, 2nd Ed., Cambridge University Press, chapter 8, pp. 202–219, 2000.

[2] EDA Introductory Guide, BIOPAC Systems Inc, Disponível em: <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-Guide.pdf>.

Anexo 1

Consentimento para participação em estudo da área da saúde e engenharia biomédica

Tema: Rhythmic Evoked Electrodermal Responses (REER)

Área de estudo: Processamento de Sinal Biológico

Eu, _____, declaro que me foi transmitido pela investigadora Rita Lobo, de forma adequada e inteligível, o objetivo da dissertação de mestrado e os procedimentos inerentes à participação neste estudo. Declaro que concordei em realizar o protocolo experimental explicado. Por fim, declaro que não sofro de qualquer patologia que afete o Sistema Nervoso Autónomo.

Assinatura do Voluntário

Data (dd//mm//aaaa)

• Declaro ainda que, embora tendo concordado previamente em participar no estudo, poderei a qualquer momento durante o ensaio exigir a suspensão do mesmo e não permitir a utilização dos meus dados.

Declaro verbalmente a retirada do consentimento previamente concedido para participação neste estudo

Anexo 2

Questionário de caracterização da amostra

O presente questionário pretende correlacionar os dados retirados com informações demográficas da população em estudo, e tirar conclusões mais completas acerca do estudo. Os dados recolhidos são anónimos e serão usados exclusivamente para a caracterização da amostra.

1. Idade: _____ anos
2. Data de nascimento: ____ / ____ / _____
3. Sexo: Feminino Masculino
6. Lado do corpo dominante: Esquerdo Direito

Em nome de toda a equipa, o nosso agradecimento pela sua disponibilidade e colaboração

APÊNDICE

Tabela B.1 - Resultados do teste Shapiro-Wilk para os dados da frequência 1.5 Hz.

Shapiro-Wilk			
	Estatística	df	Sig.
Amplitude	0.938	29	0.089
Área	0.773	29	<0.001
SCL	0.912	29	0.019
Latência	0.943	29	0.120
nSCR	0.991	29	0.995

Tabela B.2 - Resultados do teste *Shapiro-Wilk* para os dados da frequência 2 Hz.

Shapiro-Wilk			
	Estatística	df	Sig.
Amplitude	0.863	29	0.001
Área	0.844	29	<0.001
SCL	0.899	29	0.009
Latência	0.920	29	0.031
nSCR	0.952	29	0.205

Tabela B.3 - Valores extraídos do *Ledlab*® para os diferentes participantes na experiência 1, com janelas de 1 a 2 segundos, e 1.5 a 2 segundos, respectivamente.

	Experiência 1 - 0.5 Hz, Janela 1-2s					Experiência 1 - 0.5 Hz, Janela 1.5-2s				
	Amplitude (μ S)	Área (μ S ²)	nSCR	Tempo latência (s)	SCL (μ S)	Amplitude (μ S)	Área (μ S ²)	nSCR	Tempo latência (s)	SCL (μ S)
1	6.9	42	73	1.61	12.5	2.4	15	40	1.76	12.5
2	6.2	34	45	1.60	2.2	3.2	18	28	1.76	2.2
3	3.3	31	70	1.61	2.9	1.8	16	42	1.74	2.9
4	12.2	101	59	1.64	14.2	7.4	58	31	1.77	14.2
5	3.0	108	81	1.58	6.9	1.5	54	50	1.73	6.8
6	5.0	318	47	1.63	8.7	3.8	209	33	1.75	8.7
8	10.4	231	60	1.57	7.6	8.3	184	34	1.76	7.6
10	17.5	79	62	1.56	9.8	6.3	29	35	1.78	9.8
11	10.7	56	61	1.54	7.0	5.9	30	29	1.78	7.0
12	15.7	196	43	1.55	4.4	11.6	140	26	1.77	4.4
13	5.6	162	44	1.60	6.6	2.2	66	24	1.77	6.6
14	24.1	105	62	1.66	20.5	10.8	48	37	1.79	20.5
15	13.3	232	67	1.60	10.0	6.8	121	41	1.76	10.0
16	5.3	339	57	1.63	8.0	2.1	157	34	1.77	8.0
17	5.4	113	40	1.53	3.8	4.1	86	20	1.75	3.8
18	8.9	58	58	1.55	11.7	6.1	38	32	1.70	11.7
20	7.7	24	75	1.70	2.7	2.8	9	50	1.79	2.7
22	7.1	65	47	1.46	4.3	3.1	26	20	1.77	4.3
23	13.3	39	59	1.63	5.4	8.0	24	39	1.70	5.4
24	1.7	25	44	1.68	1.6	1.2	17	33	1.79	1.6
25	2.5	97	34	1.55	2.9	0.8	31	17	1.77	2.9
26	3.8	120	67	1.63	7.8	2.3	76	45	1.73	7.8
27	5.1	34	68	1.55	2.6	2.8	19	37	1.73	2.6
28	16.7	87	74	1.68	12.0	9.2	48	51	1.76	12.0
30	8.2	36	56	1.50	4.3	4.9	21	27	1.74	4.3
31	2.7	12	57	1.62	8.1	1.1	5	30	1.80	8.1
32	2.5	15	73	1.55	3.2	1.1	6	40	1.76	3.2
33	8.4	36	77	1.66	3.5	4.3	18	46	1.80	3.5
34	9.6	72	62	1.63	4.3	4.6	35	35	1.80	4.3

Tabela B.4 - Valores extraídos do *Ledalab*® para os diferentes participantes na experiência 2 e 3.

	Experiência 2 - 1.5 Hz					Experiência 3 - 2 Hz				
	Amplitude (μS)	Área (μS^2)	nSCR	Tempo latência (s)	SCL (μS)	Amplitude (μS)	Área (μS^2)	nSCR	Tempo latência (s)	SCL (μS)
1	9.1	44	39	0.47	12.7	4.2	26	31	0.34	11.6
2	1.7	7	27	0.43	2.2	1.0	6	22	0.31	2.1
3	0.7	10	22	0.46	3.3	1.5	45	37	0.29	2.0
4	2.6	71	38	0.45	15.3	6.7	141	30	0.29	15.3
5	5.3	284	51	0.44	4.9	3.6	151	34	0.35	5.0
6	5.4	48	30	0.47	15.1	2.1	36	31	0.34	14.0
8	4.6	103	42	0.46	7.5	2.8	103	28	0.30	4.8
10	4.9	76	24	0.42	10.7	9.5	239	27	0.29	8.7
11	3.5	103	27	0.44	5.8	2.3	83	36	0.29	4.4
12	6.4	49	19	0.44	5.8	7.7	158	22	0.33	4.4
13	3.7	101	29	0.38	7.1	2.6	73	29	0.29	8.5
14	6.7	31	23	0.44	19.0	3.6	206	28	0.29	7.0
15	4.7	85	19	0.49	12.1	4.5	41	21	0.27	13.6
16	4.2	83	26	0.44	11.3	5.3	47	20	0.22	13.3
17	3.4	84	33	0.45	4.4	1.2	31	33	0.32	3.7
18	7.7	48	16	0.42	13.1	7.9	35	29	0.32	13.8
20	2.0	49	28	0.48	2.5	1.7	52	29	0.33	1.8
22	2.8	33	31	0.44	4.6	1.4	11	15	0.30	4.4
23	7.3	27	32	0.46	6.1	5.9	22	23	0.28	6.2
24	2.1	65	32	0.49	0.8	1.2	39	28	0.32	0.9
25	1.3	56	35	0.39	2.3	1.1	32	27	0.30	2.8
26	1.4	88	40	0.40	2.1	1.7	56	33	0.27	5.5
27	0.7	35	13	0.48	1.3	3.0	79	33	0.33	3.5
28	4.1	185	39	0.44	5.2	4.0	101	30	0.30	10.5
30	3.6	86	26	0.41	3.3	2.8	41	20	0.32	4.2
31	2.6	14	44	0.44	8.5	1.7	46	34	0.32	8.7
32	1.4	54	38	0.45	2.2	1.1	24	32	0.33	3.6
33	1.4	11	24	0.36	3.8	2.8	11	29	0.34	4.8
34	9.7	50	36	0.46	7.3	9.0	170	22	0.32	6.6

Tabela B.5 - Valores de média, variância e desvio padrão retirados das distribuições normais ajustadas aos histogramas de cada participante nas três experiências.

	Experiência 1 - 0.5 Hz			Experiência 2 - 1.5 Hz			Experiência 3 - 2 Hz		
	Média	Variância	Desvio padrão	Média	Variância	Desvio padrão	Média	Variância	Desvio padrão
1	1.34	0.56	0.75	1.35	0.57	0.76	1.39	0.71	0.84
2	1.84	2.10	1.45	1.77	1.69	1.30	1.83	1.19	1.09
3	1.37	0.56	0.75	1.54	0.78	0.88	1.32	0.34	0.59
4	1.35	0.64	0.80	1.00	0.09	0.31	1.22	0.30	0.55
5	1.05	0.16	0.40	1.12	0.12	0.34	1.05	0.10	0.32
6	1.74	1.43	1.19	1.87	1.38	1.18	1.22	0.26	0.51
8	1.46	0.65	0.81	1.24	0.26	0.51	1.23	0.17	0.41
10	1.53	0.69	0.83	1.71	1.19	1.09	1.44	0.65	0.81
11	1.36	0.79	0.89	1.29	0.33	0.57	1.09	0.21	0.46
12	2.33	2.29	1.51	2.45	1.57	1.25	2.24	1.18	1.08
13	1.68	1.37	1.17	1.22	0.26	0.51	1.20	0.39	0.62
14	1.19	0.33	0.57	1.83	1.10	1.05	0.97	0.09	0.30
15	1.56	0.76	0.87	2.84	2.44	1.56	2.33	1.18	1.09
16	1.50	0.76	0.87	1.47	0.90	0.95	2.64	2.41	1.55
17	1.86	1.56	1.25	1.31	0.25	0.50	1.16	0.19	0.43
18	1.62	0.75	0.87	2.04	1.82	1.35	1.14	0.17	0.41
20	1.10	0.19	0.44	1.31	0.32	0.57	1.14	0.11	0.34
22	1.79	0.55	0.74	1.13	0.14	0.37	2.03	1.52	1.23
23	1.55	0.68	0.83	1.68	0.84	0.92	1.85	1.08	1.04
24	1.58	0.78	0.88	1.48	0.50	0.71	1.60	0.43	0.65
25	1.99	1.35	1.16	1.14	0.21	0.46	1.08	0.15	0.39
26	1.40	0.72	0.85	1.29	0.28	0.53	1.08	0.12	0.35
27	1.23	0.26	0.51	1.80	0.61	0.78	0.96	0.10	0.32
28	1.24	0.41	0.64	1.39	0.38	0.62	1.17	0.20	0.44
30	1.46	0.64	0.80	1.77	1.18	1.09	1.41	0.26	0.51
31	1.05	0.15	0.38	1.16	0.23	0.48	1.03	0.19	0.43
32	1.23	0.22	0.47	1.09	0.11	0.34	1.17	0.16	0.40
33	1.11	0.24	0.49	1.32	0.20	0.45	1.00	0.12	0.34
34	1.36	0.54	0.73	1.18	0.39	0.62	1.32	0.34	0.58

Tabela B.6- Valores dos máximos das distribuições lognormais ajustadas aos histogramas de cada participante nas três experiências e na região sem estímulo.

Máximos dos Histogramas

	Experiência 1 - 0.5 Hz	Experiência 2 - 1.5 Hz	Experiência 3 - 2 Hz	Sem estímulo
1	0.90	1.06	0.92	-
2	0.92	0.93	1.17	-
3	1.03	0.99	1.01	-
4	0.87	0.85	0.91	-
5	0.87	0.98	0.91	-
6	0.98	1.02	0.96	0.99
8	0.97	0.98	0.97	1.04
10	1.04	1.00	0.95	1.02
11	0.80	0.98	0.86	0.91
12	1.37	1.64	1.46	1.56
13	0.93	0.96	0.84	1.09
14	0.89	1.06	0.85	-
15	1.04	1.45	1.51	1.33
16	0.97	0.83	2.60	0.94
17	1.07	1.07	0.92	1.07
18	1.08	0.95	0.94	-
20	0.88	1.01	1.01	1.07
22	1.31	0.96	1.14	1.08
23	1.03	1.01	1.16	1.18
24	1.06	1.08	1.19	-
25	0.92	1.07	1.02	0.85
26	0.93	1.01	0.91	1.15
27	0.99	1.35	0.82	-
28	0.87	1.08	0.95	-
30	0.97	0.94	1.13	1.13
31	0.88	0.91	0.82	0.95
32	1.00	0.95	0.98	0.88
33	0.85	1.10	0.84	-
34	0.92	0.78	0.96	0.93

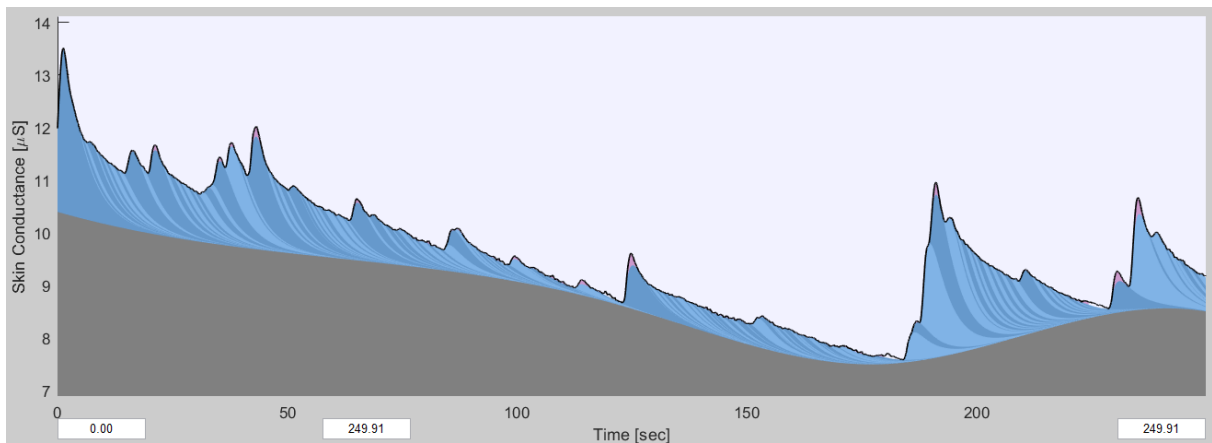


Figura B.1 – Visualização em *Ledalab*® do sinal EDA do participante 8 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.

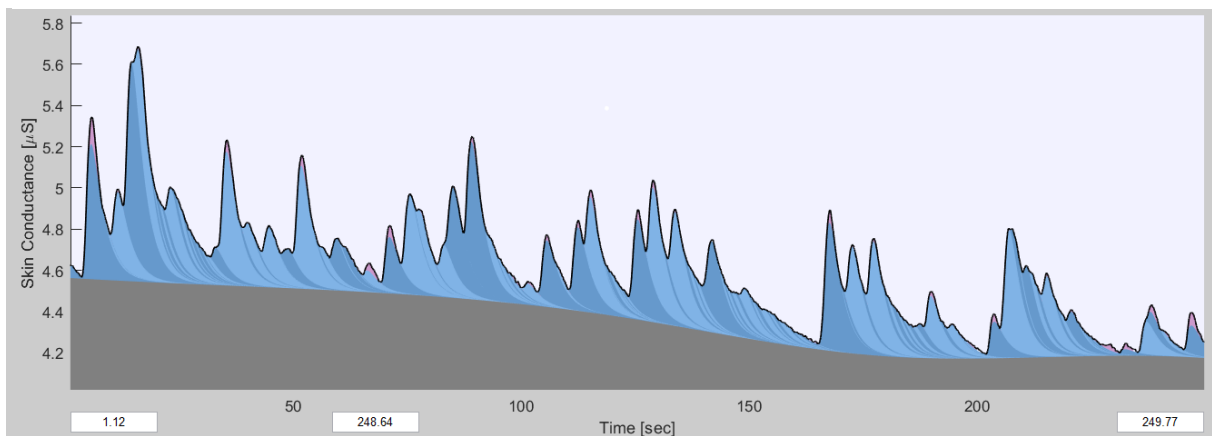


Figura B.2 – Visualização em *Ledalab*® do sinal EDA do participante 30 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.

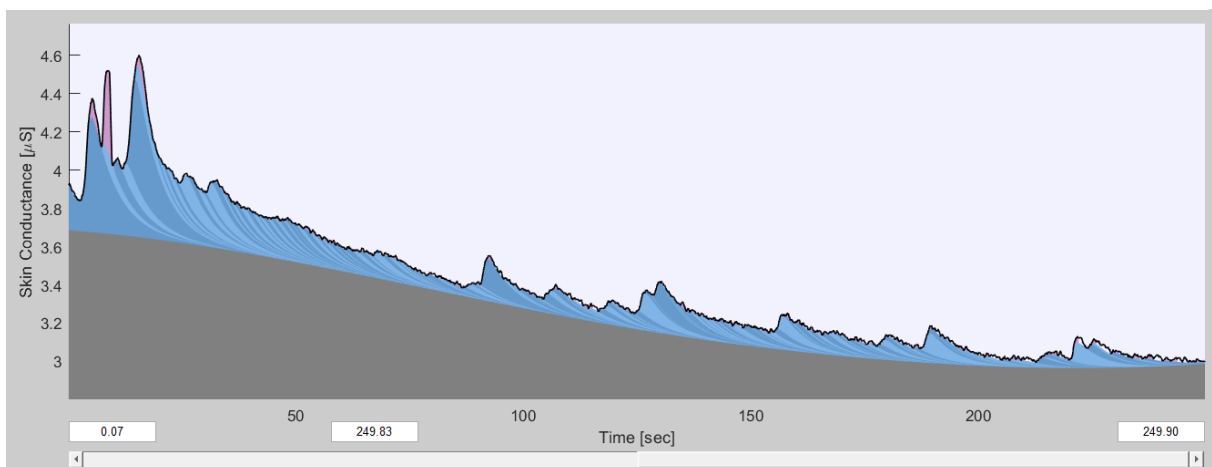


Figura B.3 – Visualização em *Ledalab*® do sinal EDA do participante 32 durante a recolha com a primeira taxa de inversão do estímulo.

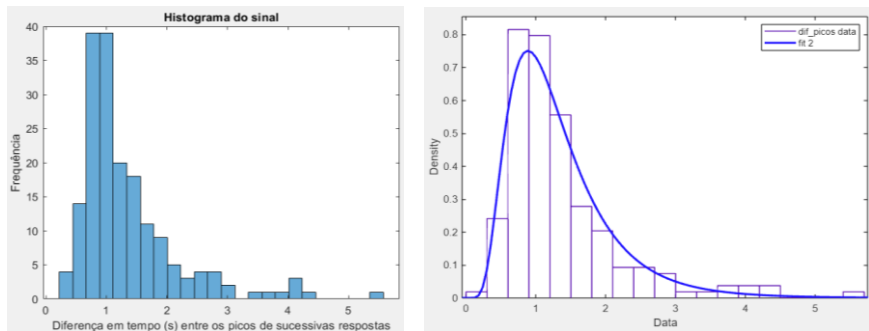


Figura B.4 – Histograma da primeira experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

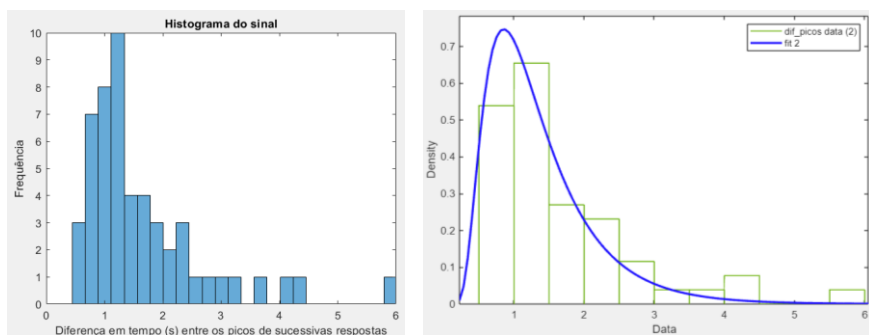


Figura B.5 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

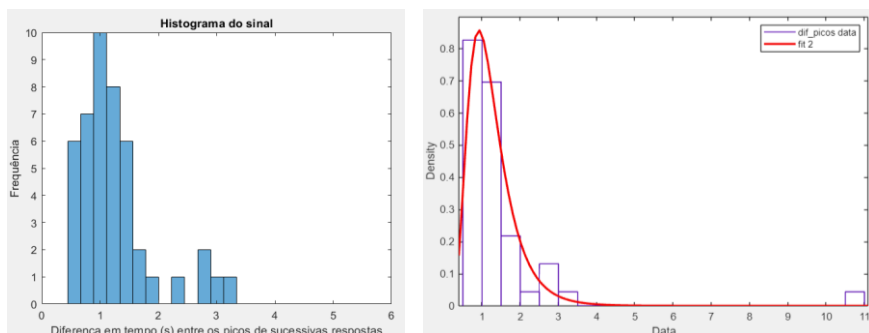


Figura B.6 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 1 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

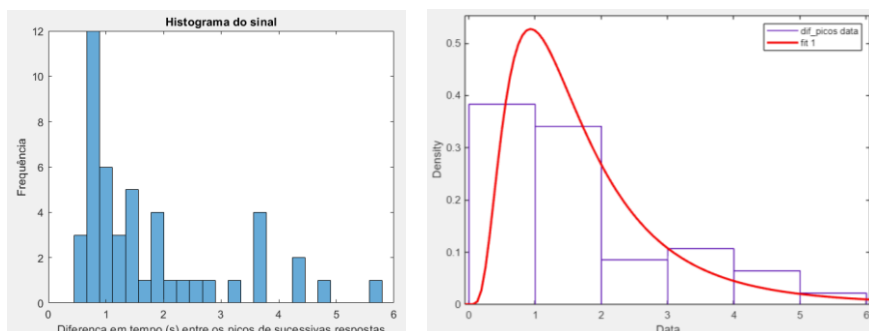


Figura B.7 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 2 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

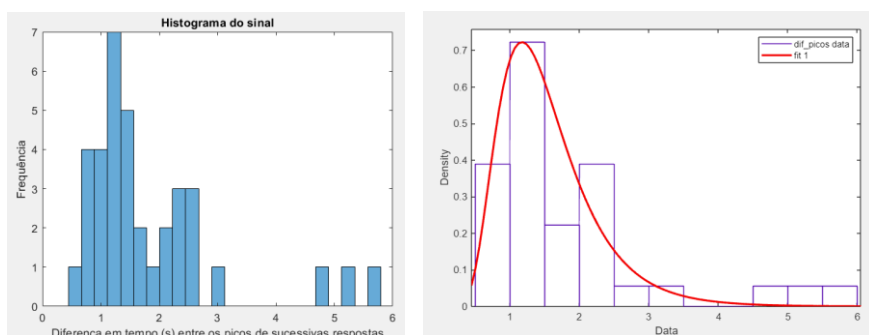


Figura B.8 – Histograma da terceira experiência do indivíduo 2 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

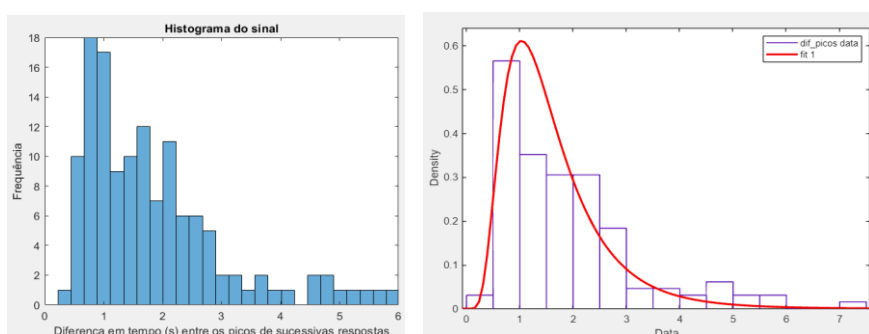


Figura B.9 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

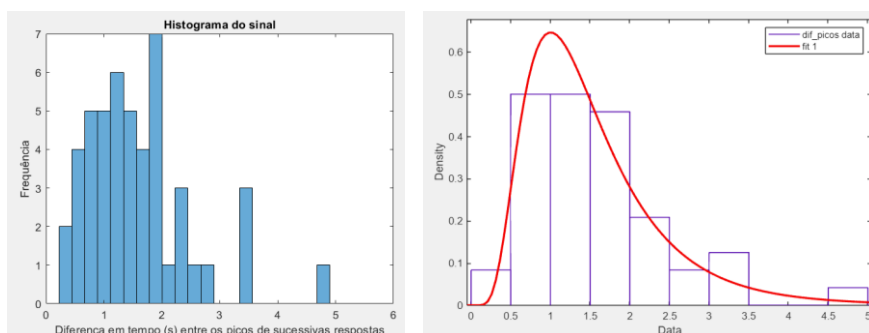


Figura B.10 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

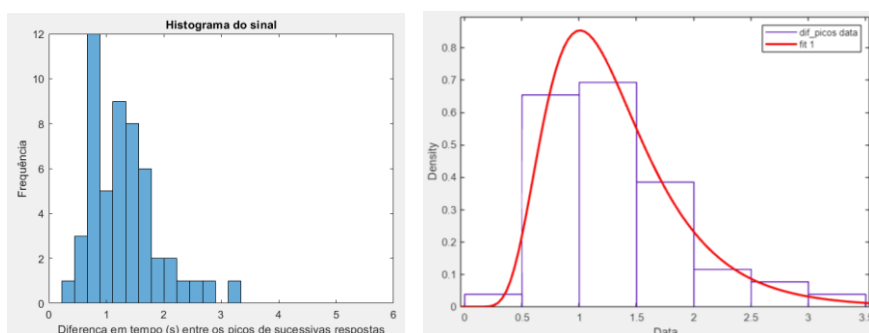


Figura B.11 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 3 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

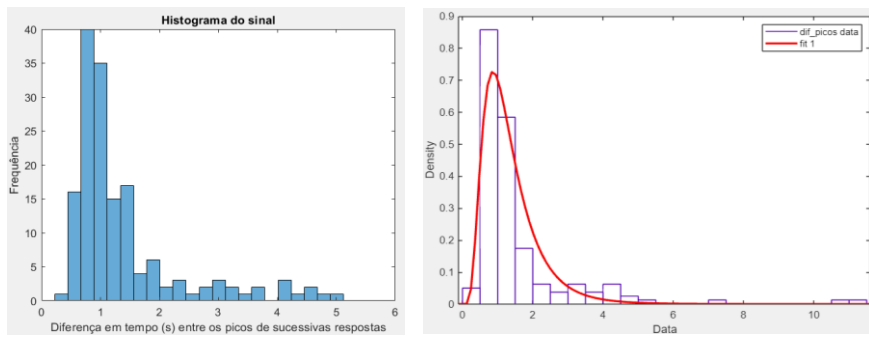


Figura B.12 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

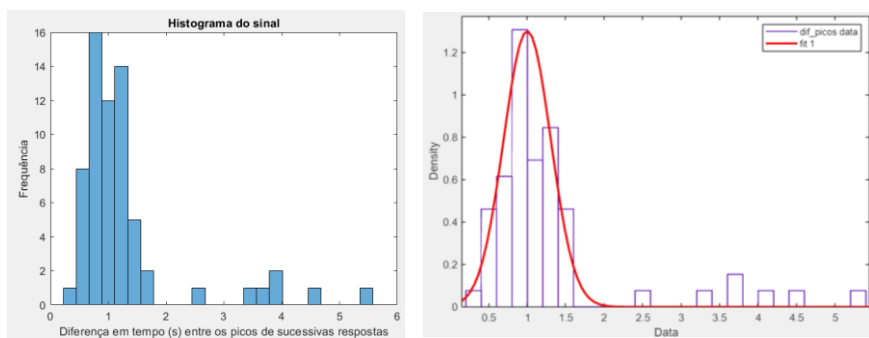


Figura B.13 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

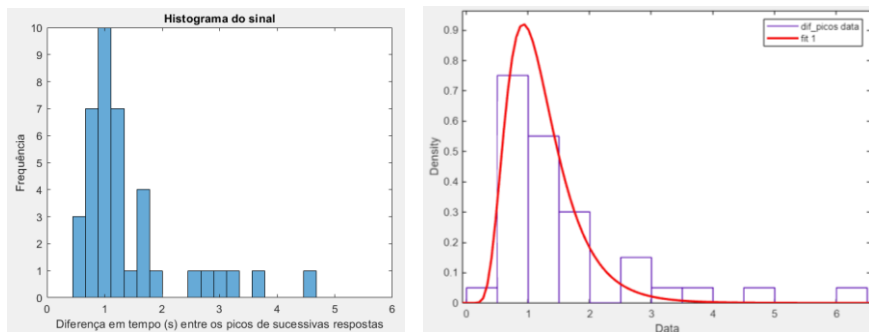


Figura B.14 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 4 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

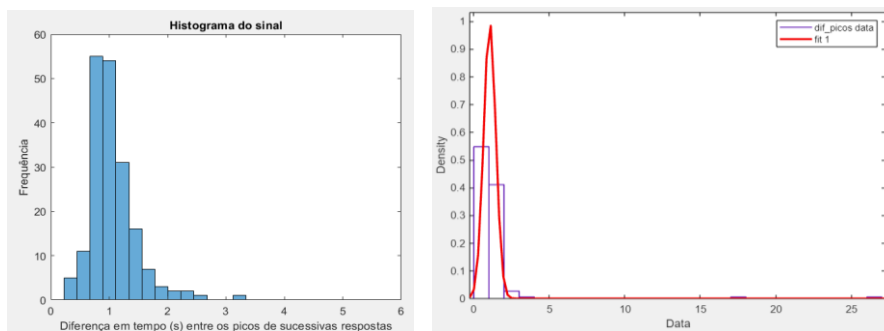


Figura B.15 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

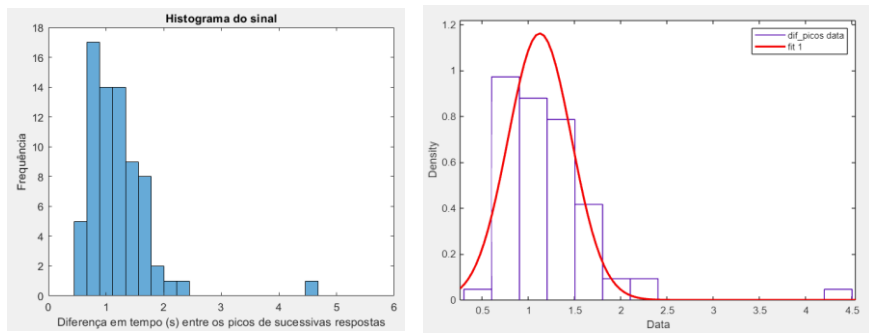


Figura B.16 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

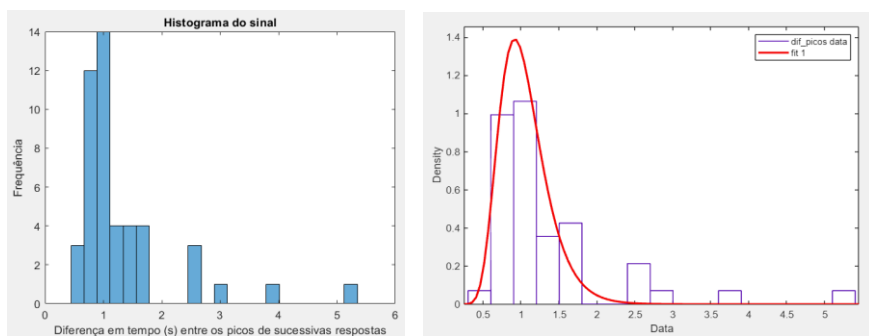


Figura B.17 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 5 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

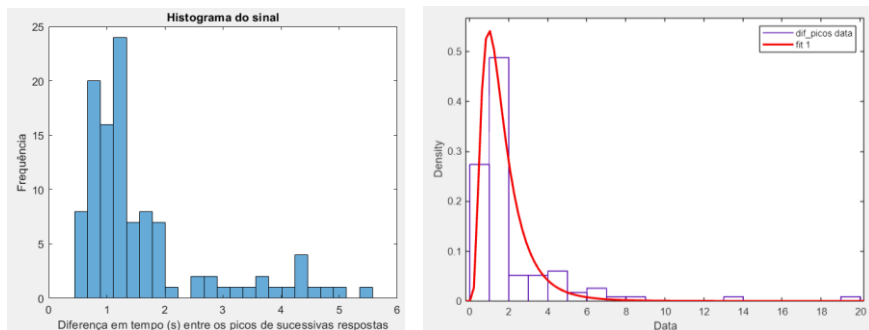


Figura B.18 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

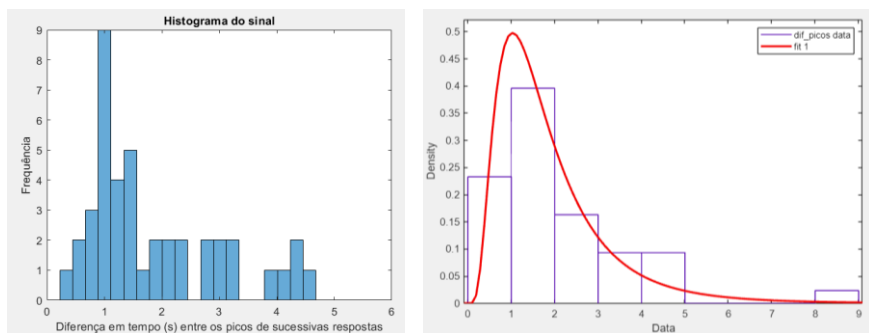


Figura B.19 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

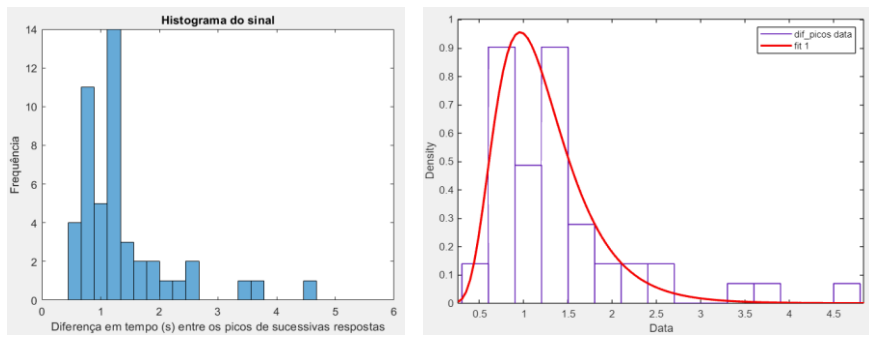


Figura B.20 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

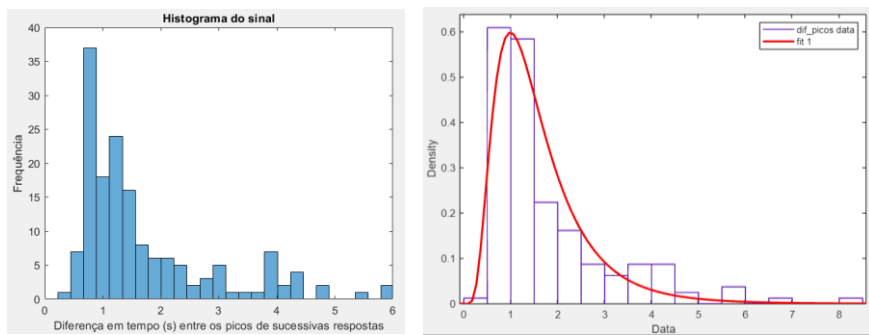


Figura B.21 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 6 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

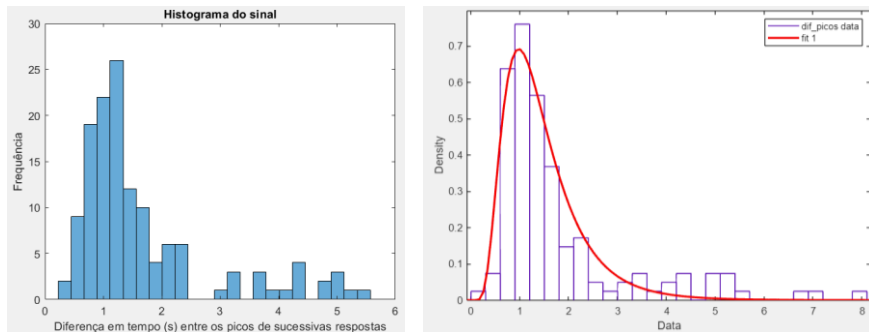


Figura B.22 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

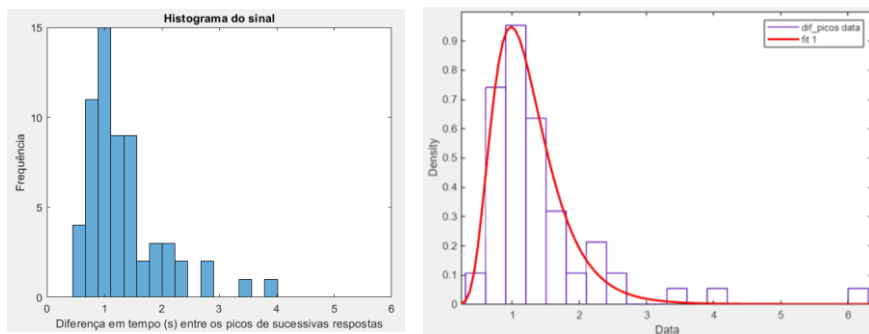


Figura B.23 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

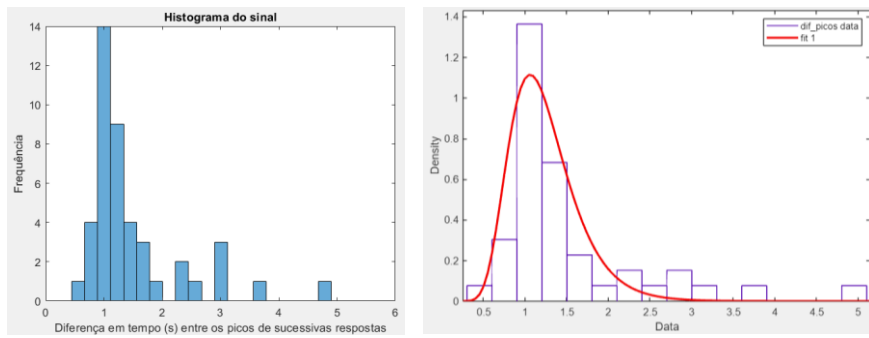


Figura B.24 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

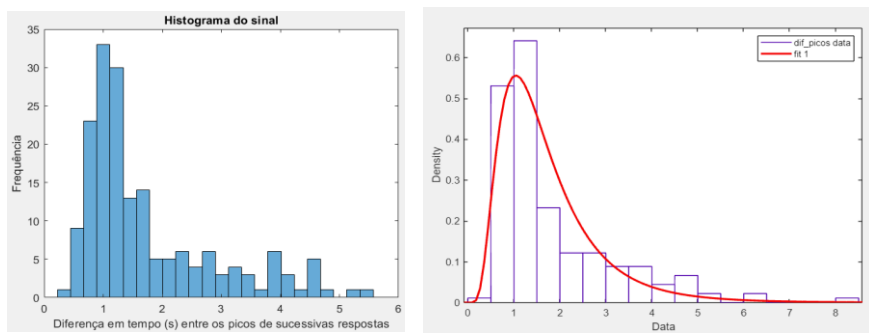


Figura B.25 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 8 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

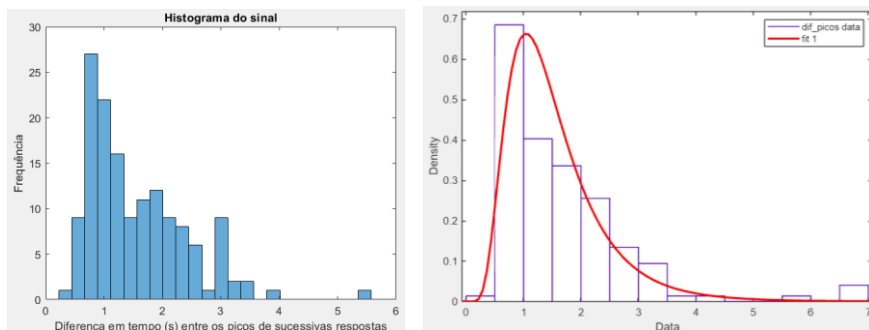


Figura B.26 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

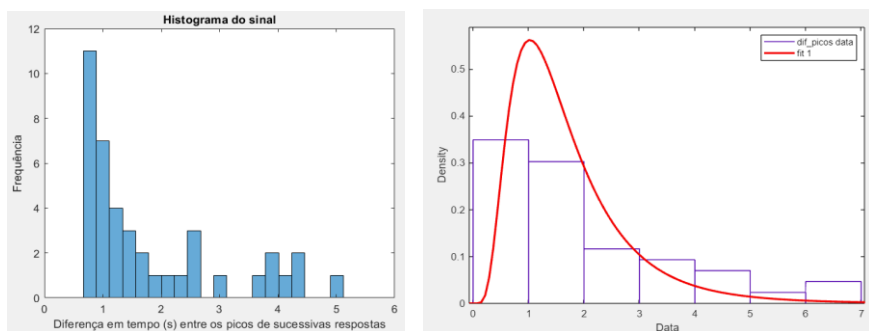


Figura B.27 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

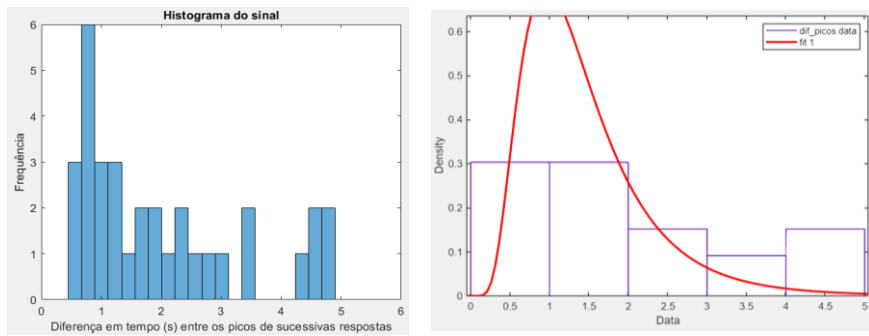


Figura B.28 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

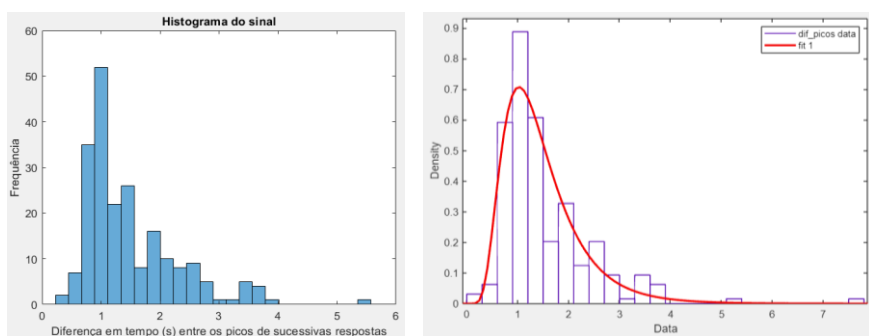


Figura B.29 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 10 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

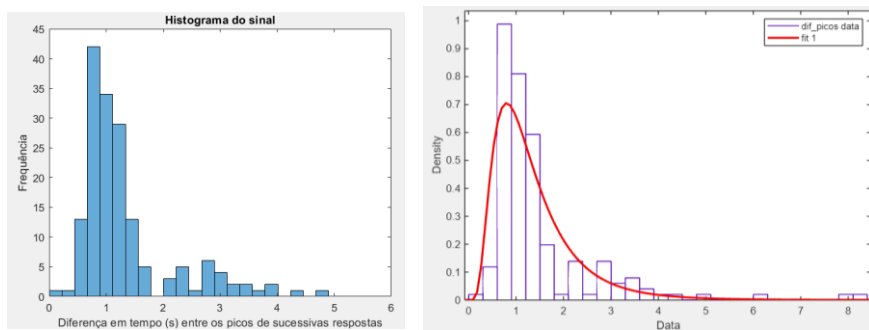


Figura B.30 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

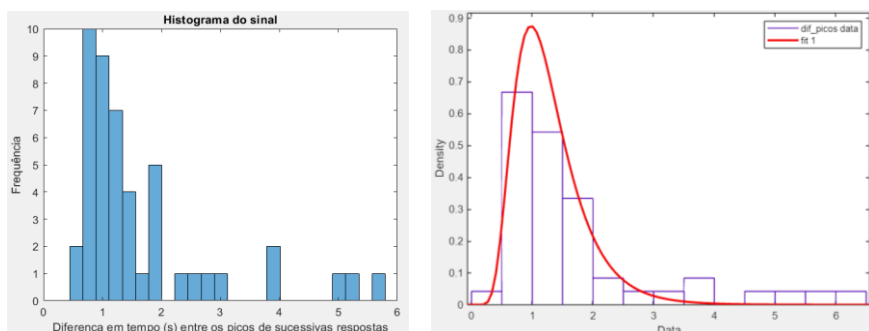


Figura B.31 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

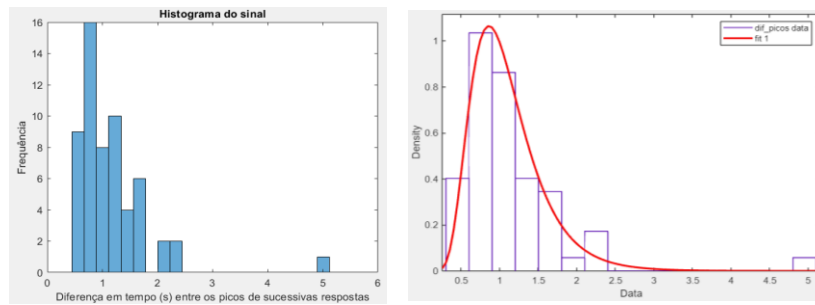


Figura B.32 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

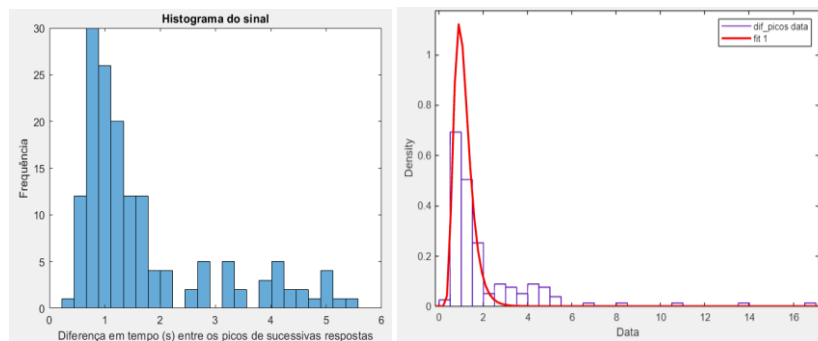


Figura B.33 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 11 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

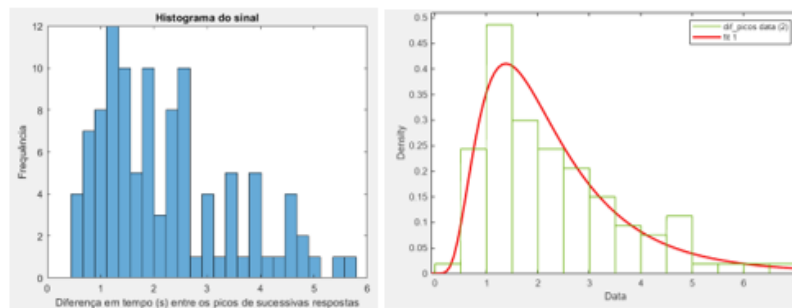


Figura B.34 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

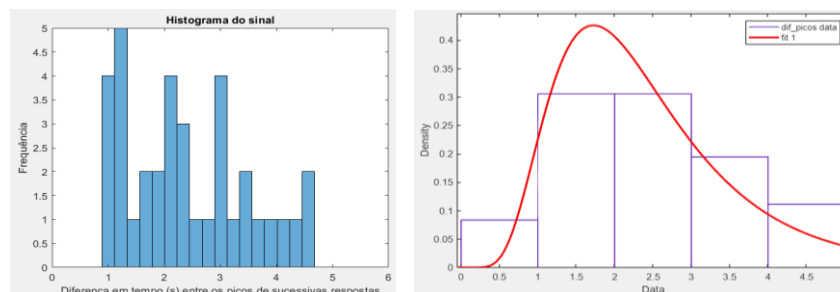


Figura B.35 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

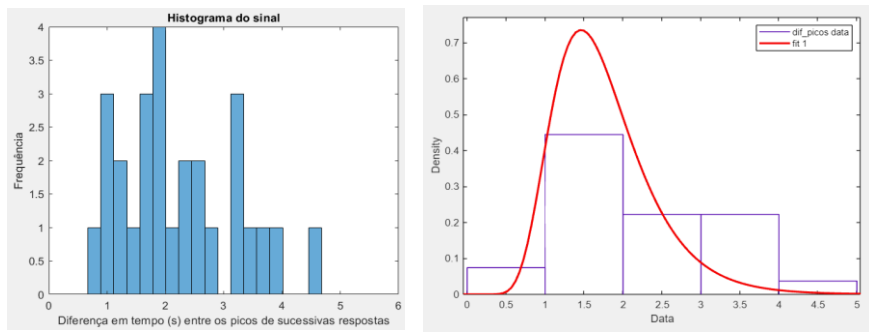


Figura B.36 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

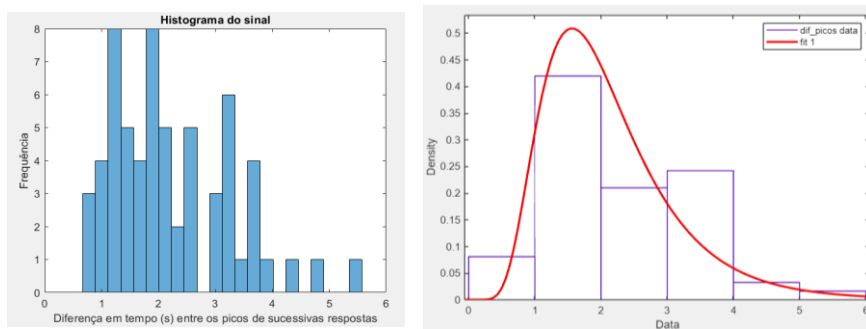


Figura B.37 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 12 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

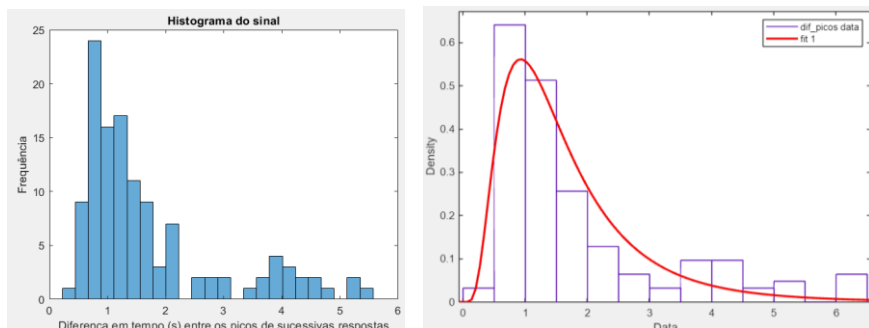


Figura B.38 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

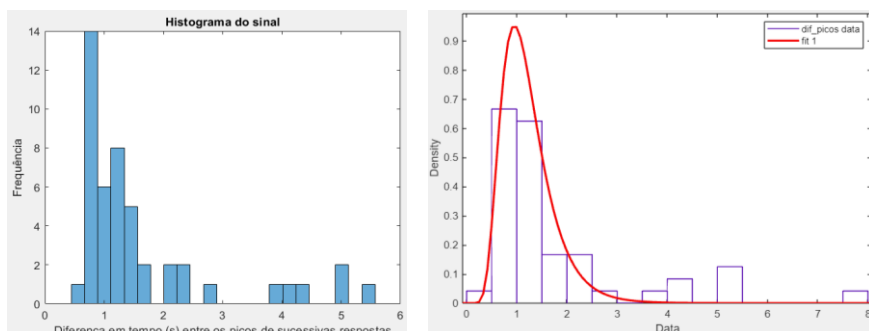


Figura B.39 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

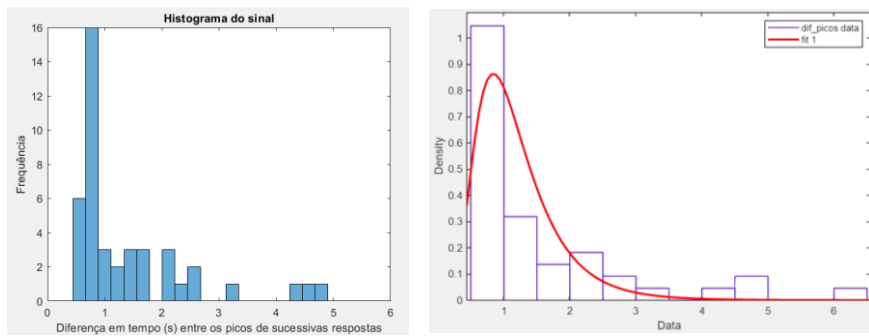


Figura B.40 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

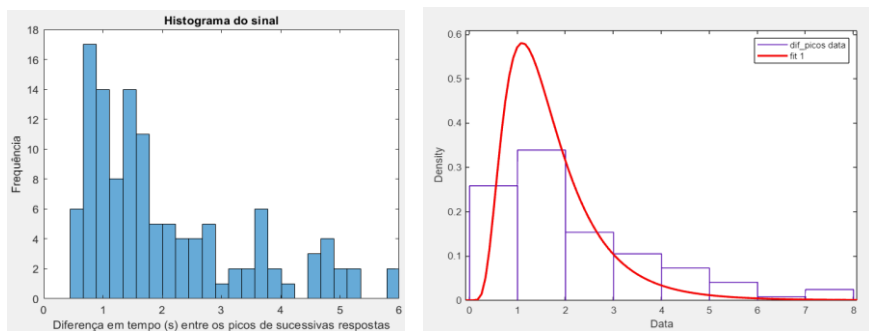


Figura B.41 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 13 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

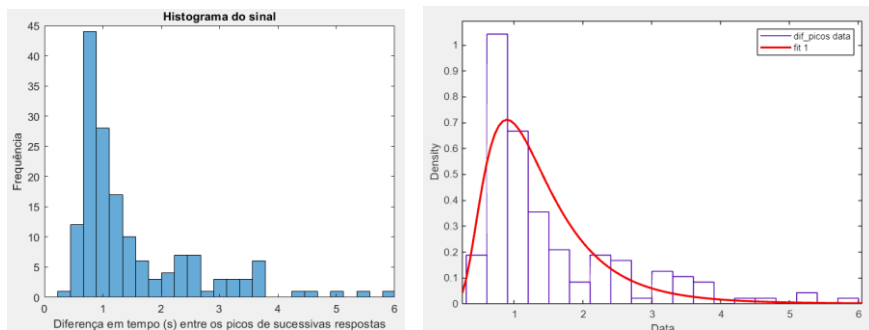


Figura B.42 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

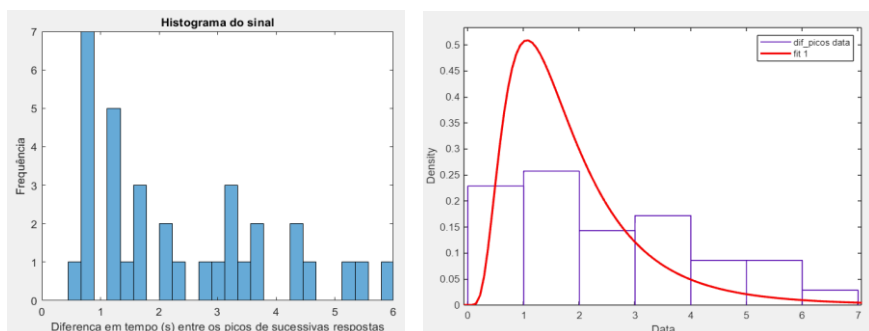


Figura B.43 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

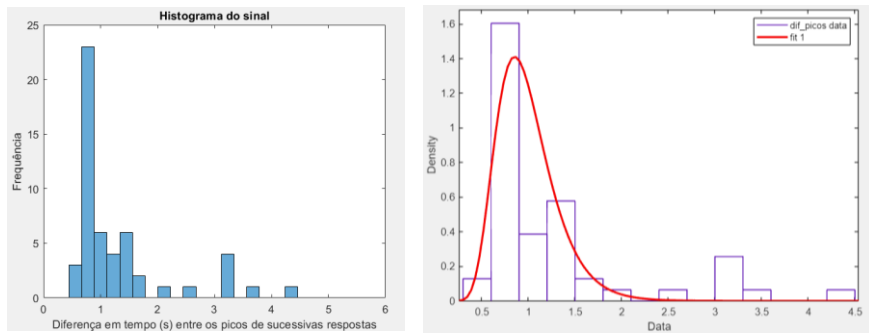


Figura B.44 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 14 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

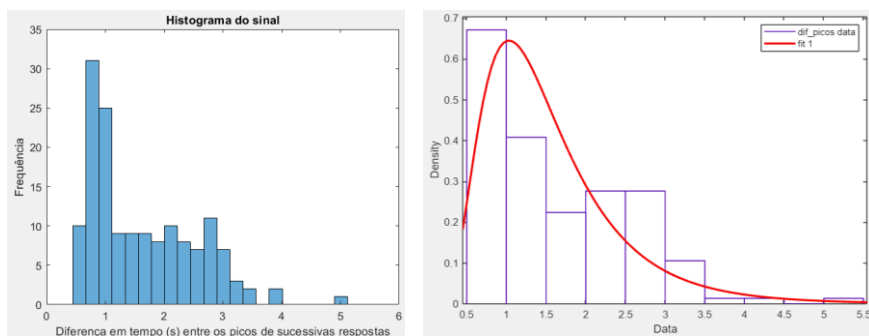


Figura B.45 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

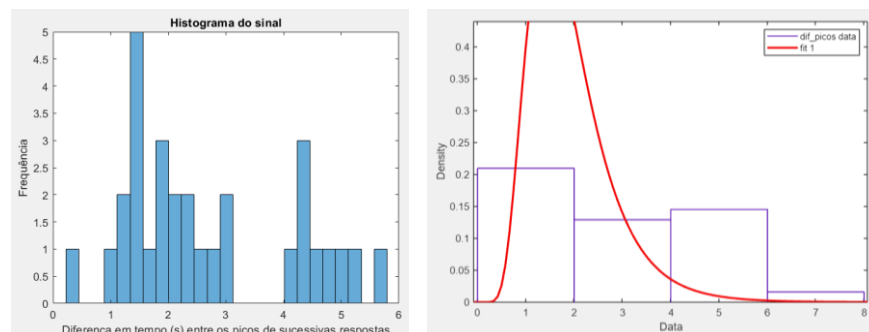


Figura B.46 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

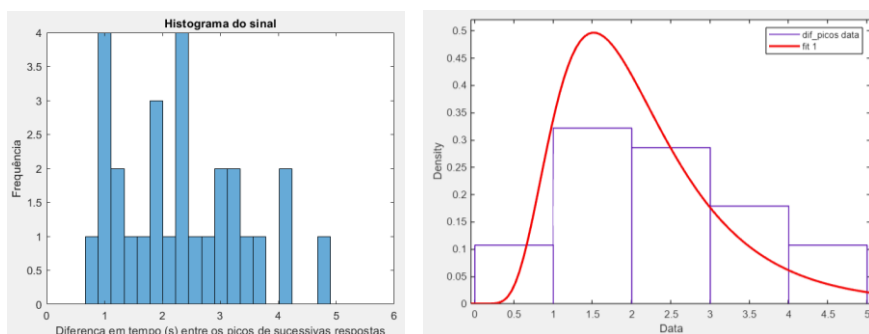


Figura B.47 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

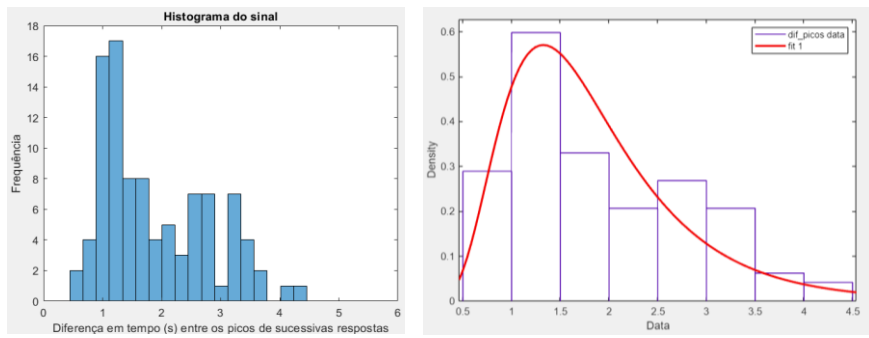


Figura B.48 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 15 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

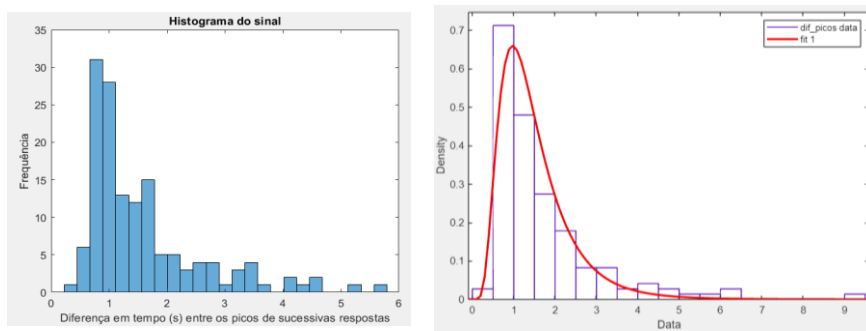


Figura B.49 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

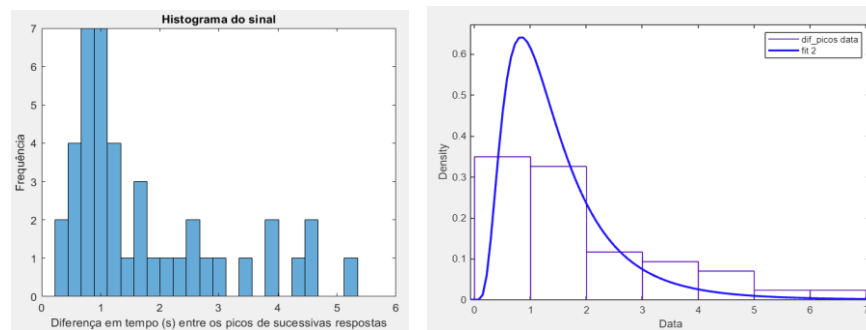


Figura B.50 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

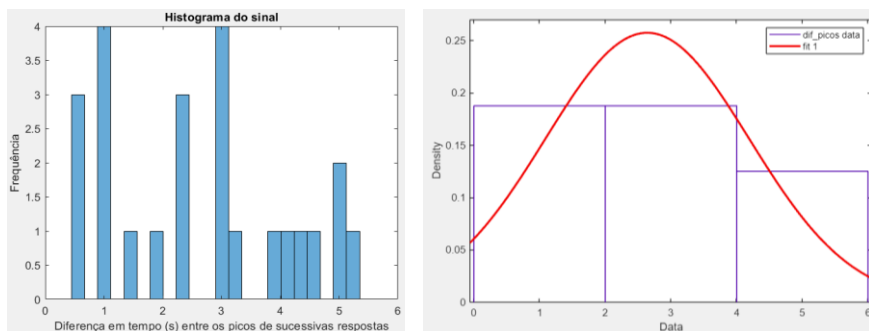


Figura B.51 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

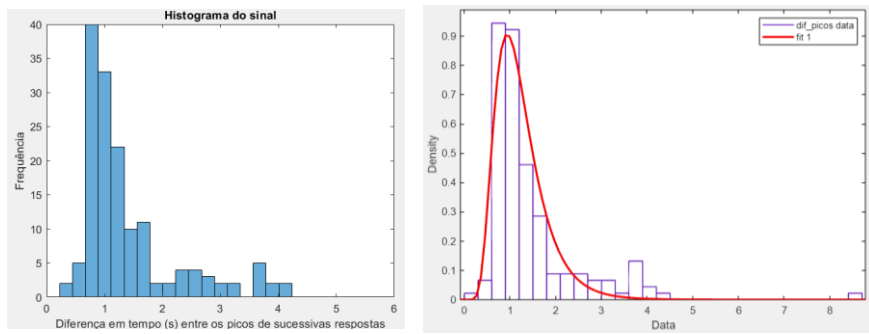


Figura B.52 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 16 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

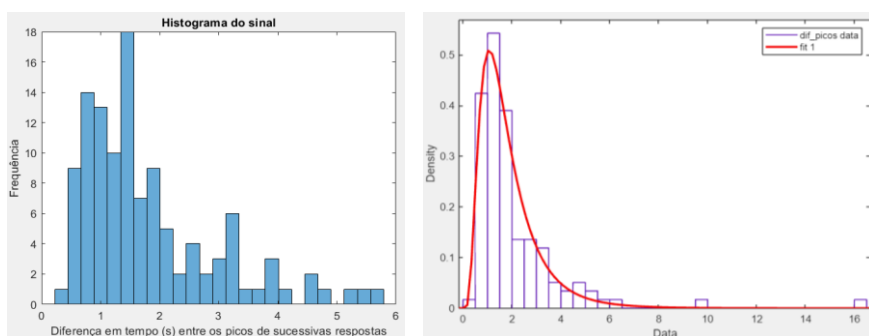


Figura B.53 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

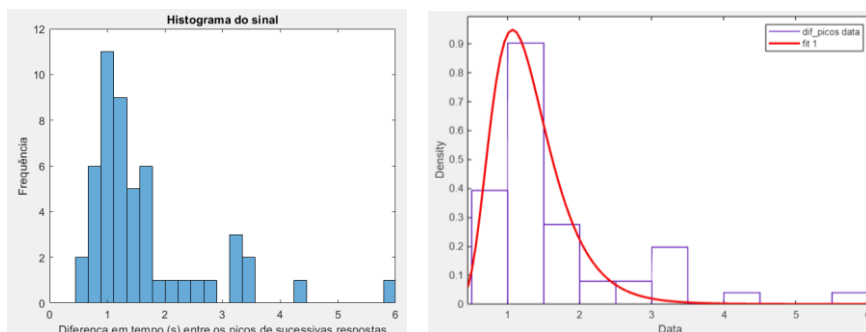


Figura B.54 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

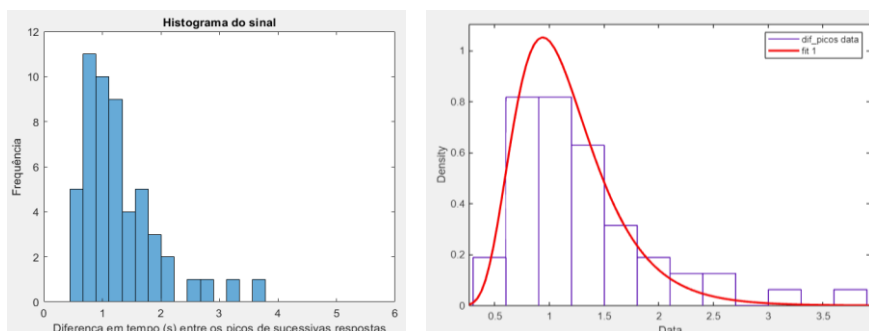


Figura B.55 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

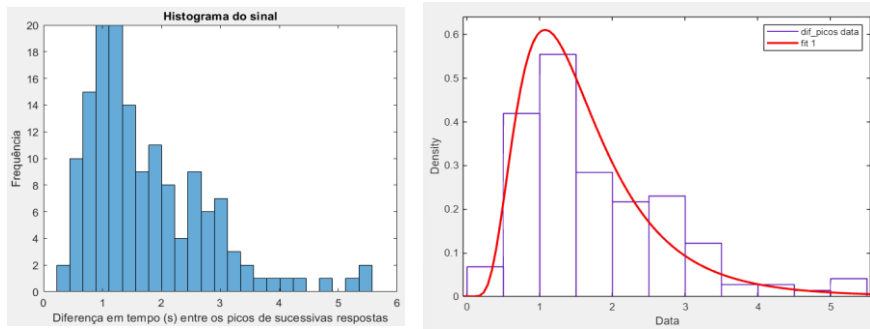


Figura B.56 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 17 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

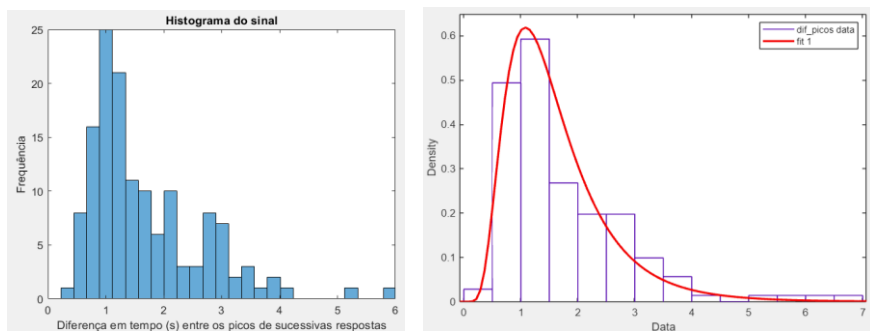


Figura B.57 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

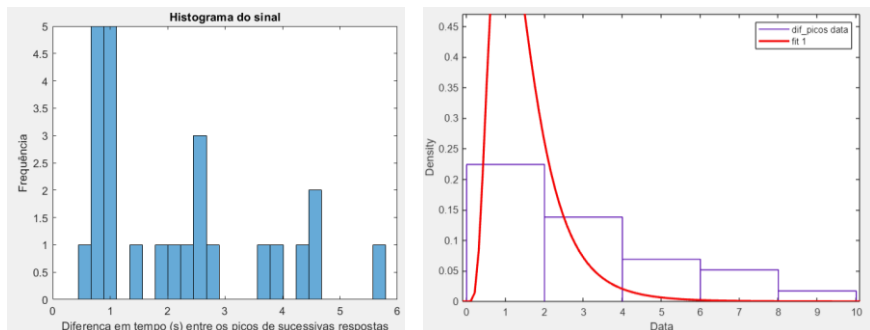


Figura B.58 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

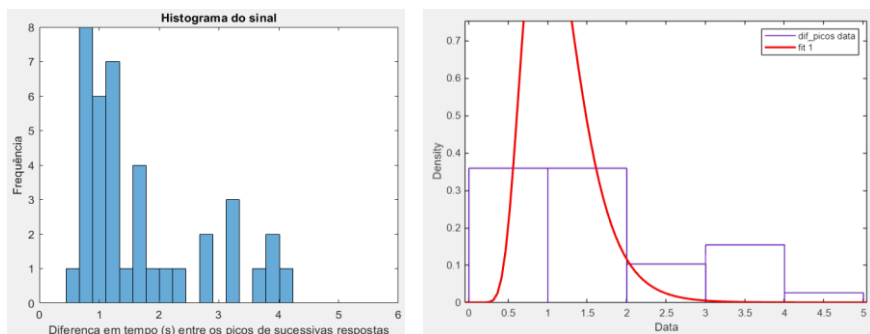


Figura B.59 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 18 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

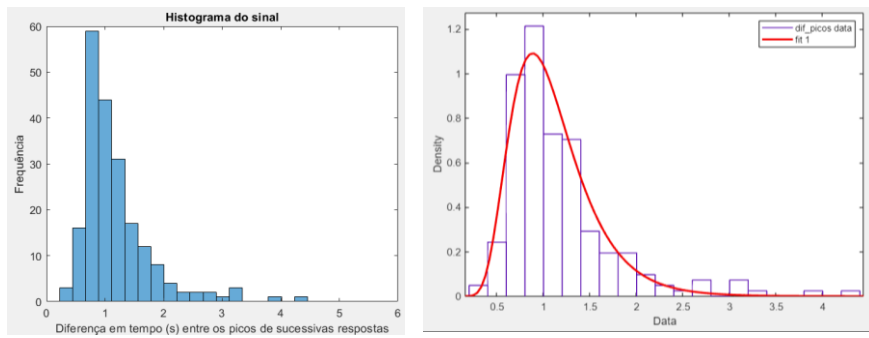


Figura B.60 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

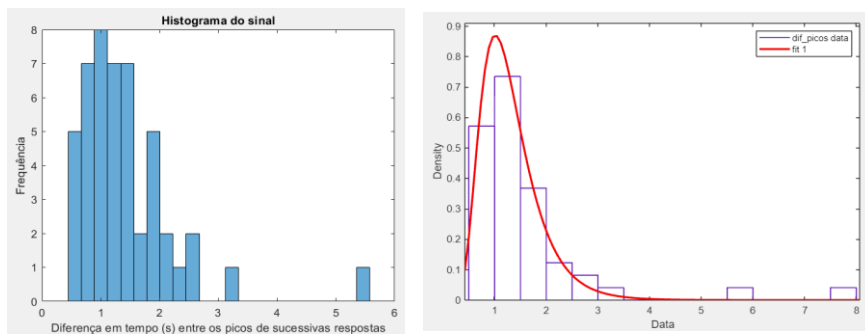


Figura B.61 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

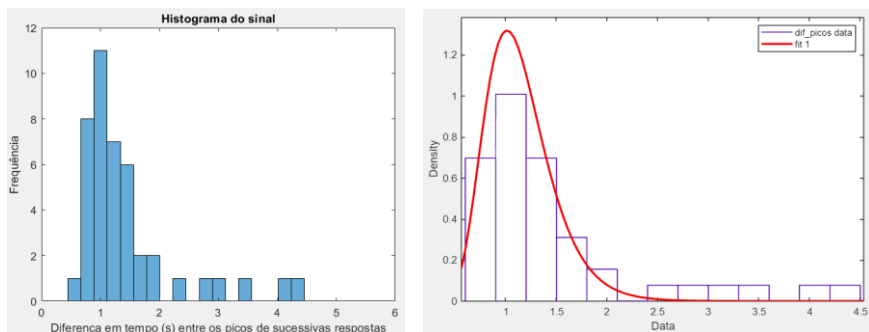


Figura B.62 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

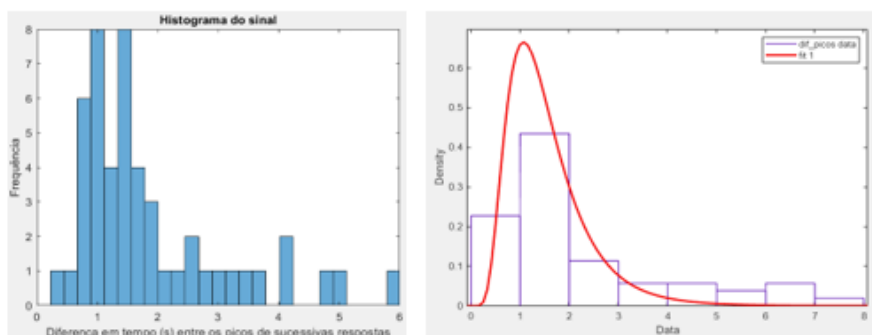


Figura B.63 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 20 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

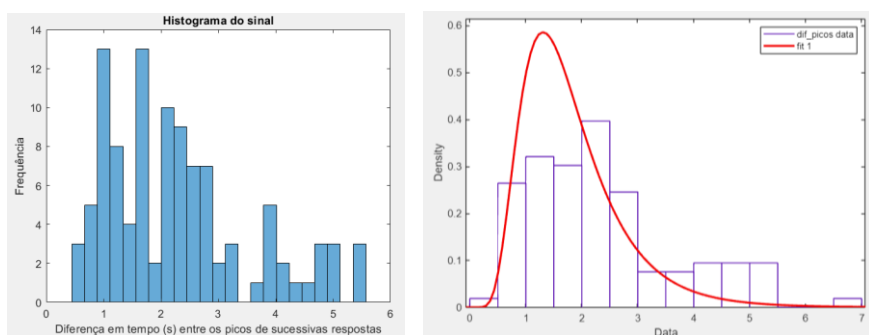


Figura B.64 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

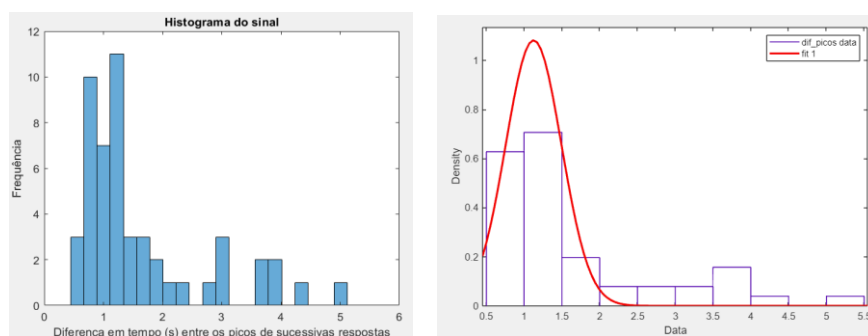


Figura B.65 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

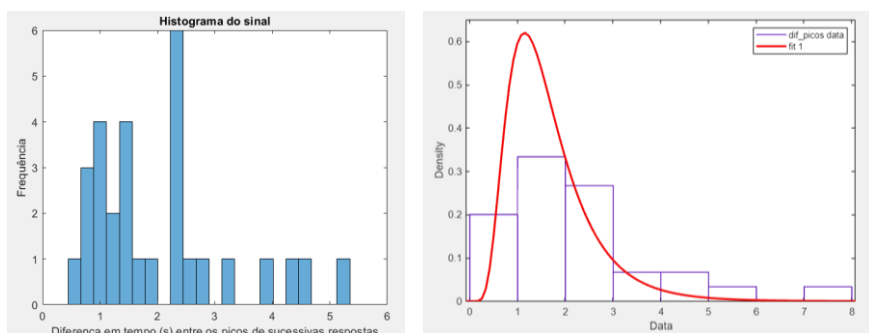


Figura B.66 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

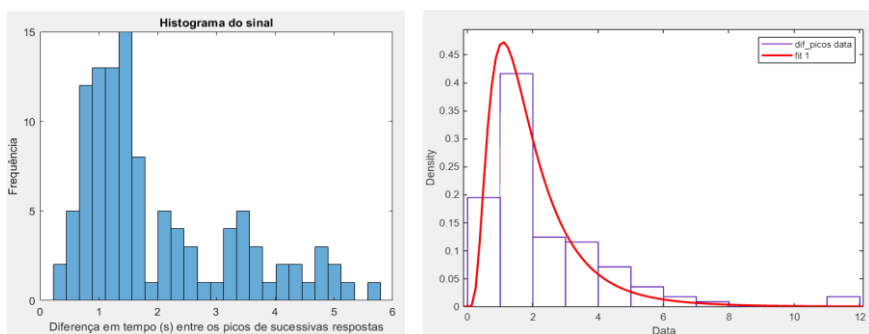


Figura B.67 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 22 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

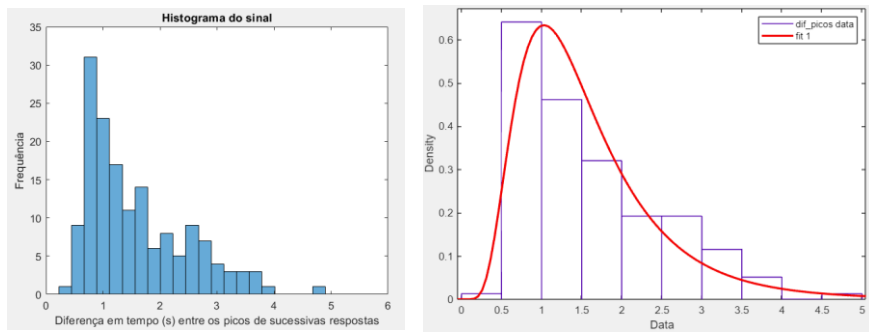


Figura B.68 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

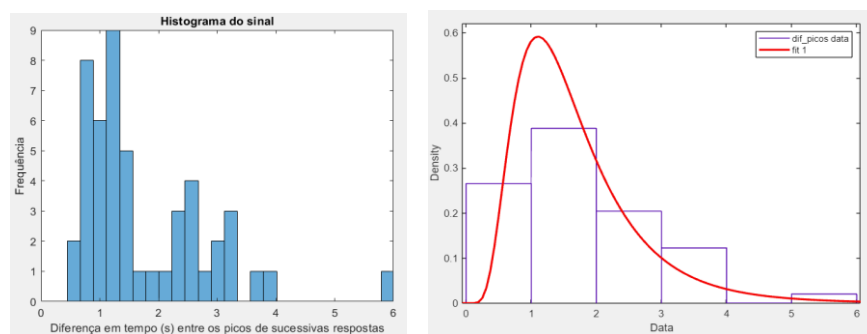


Figura B.69 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

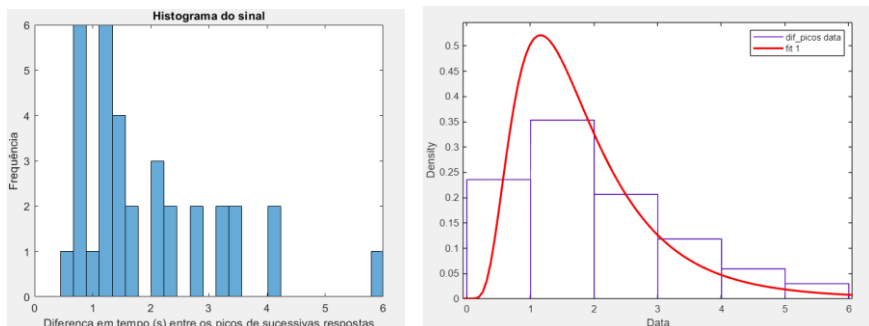


Figura B.70 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

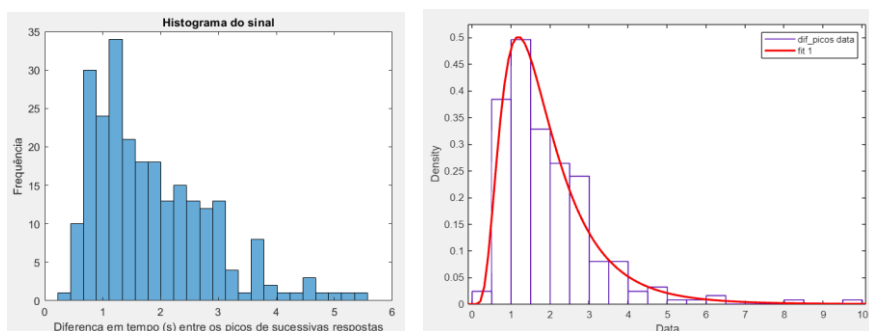


Figura B.71 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 23 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

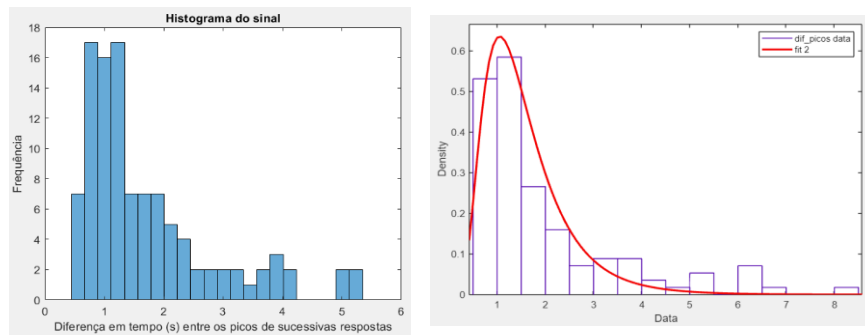


Figura B.72 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

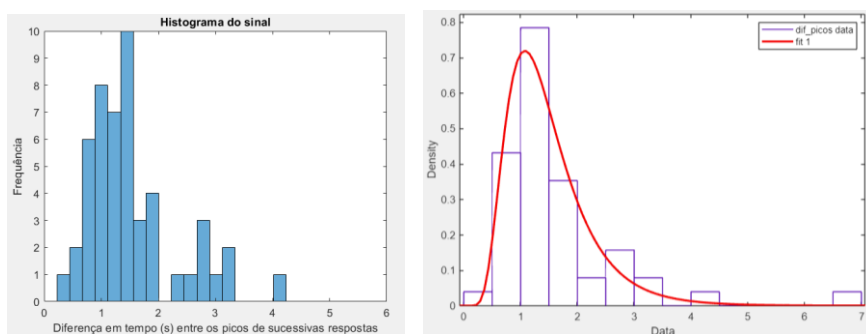


Figura B.73 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

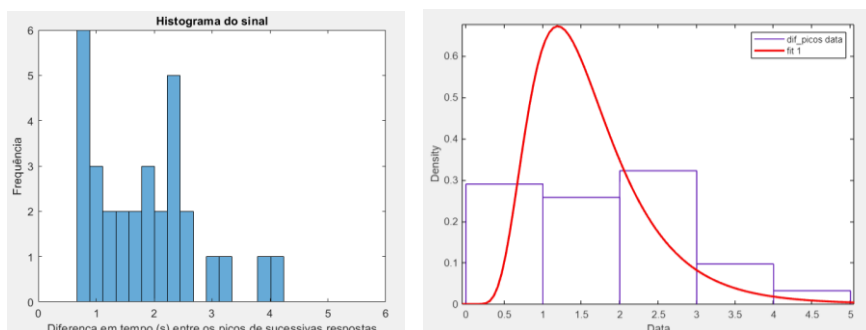


Figura B.74 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 24 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

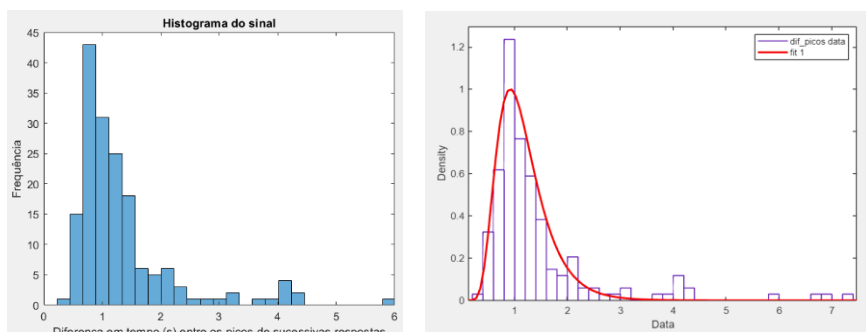


Figura B.75 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

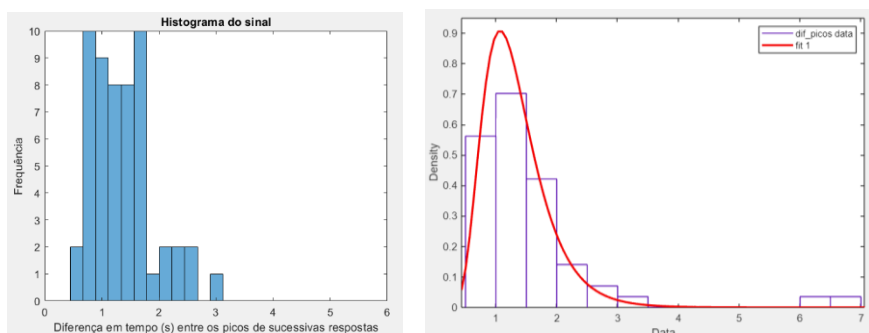


Figura B.76 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

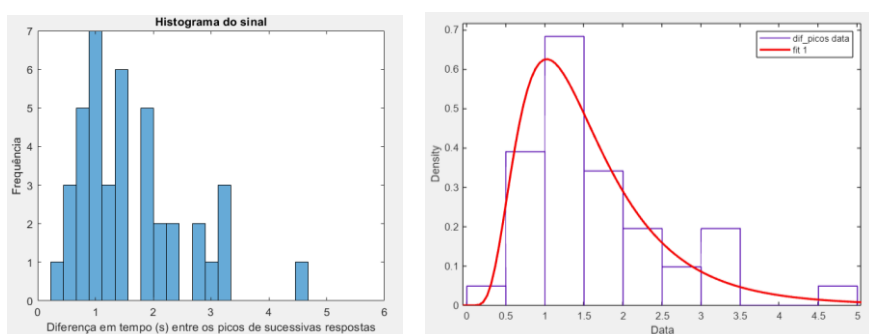


Figura B.77 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

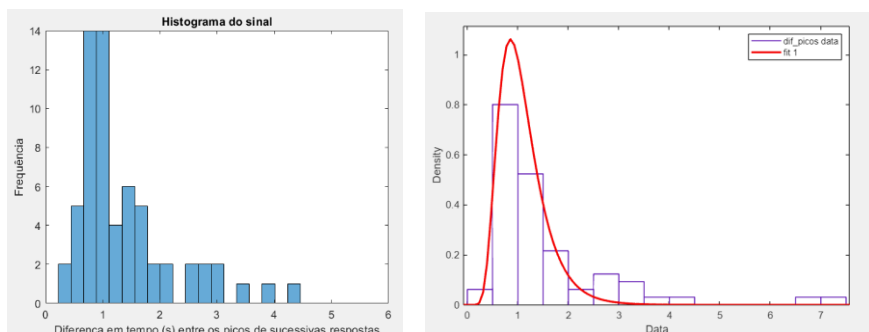


Figura B.78 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 25 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

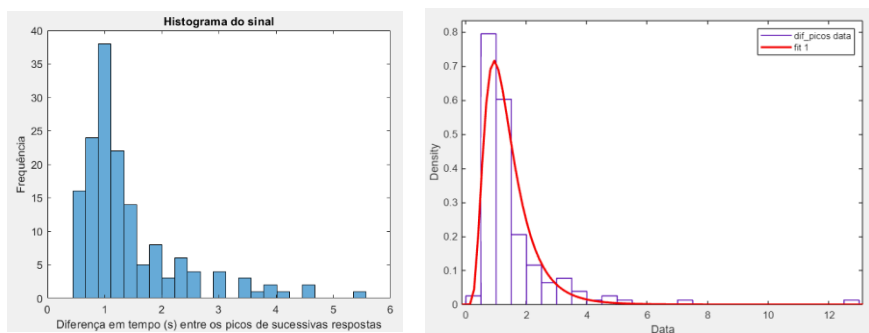


Figura B.79 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

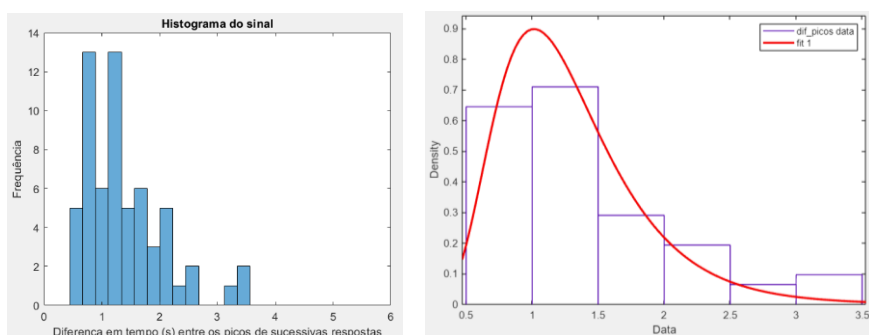


Figura B.80 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

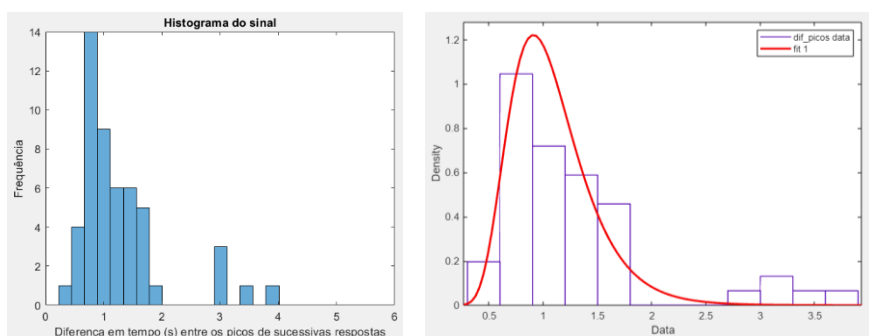


Figura B.81 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

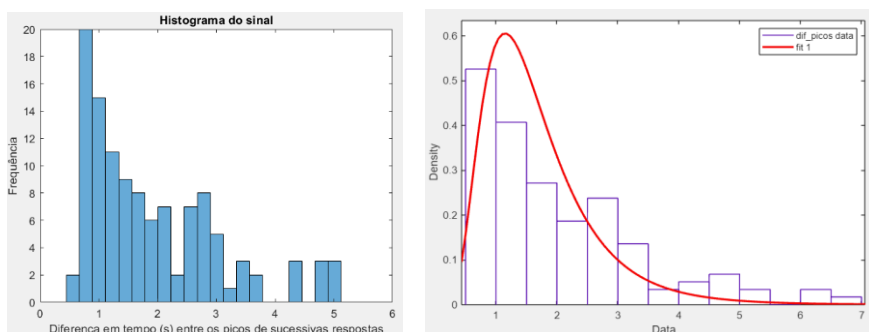


Figura B.82 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 26 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

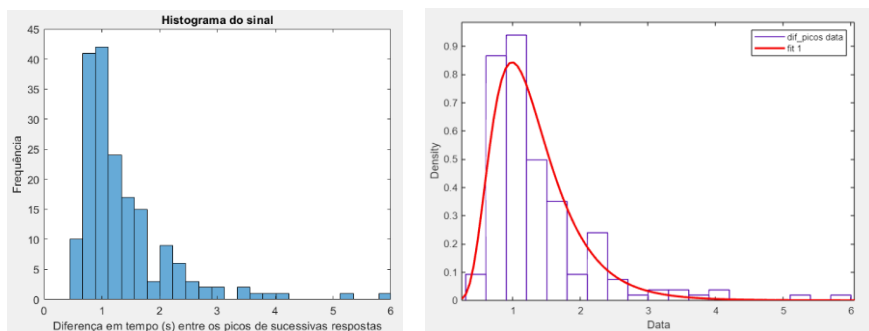


Figura B.83 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

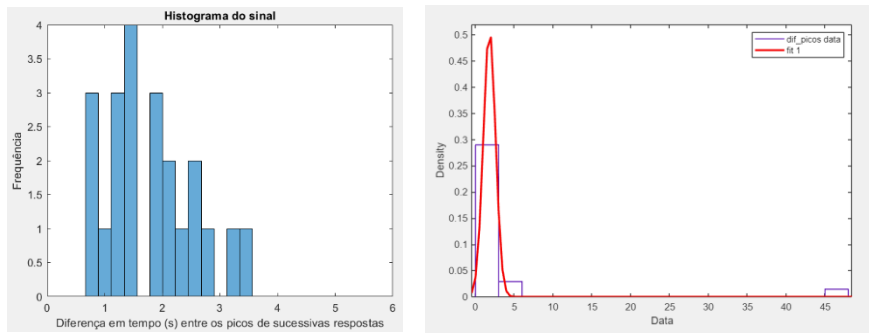


Figura B.84 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

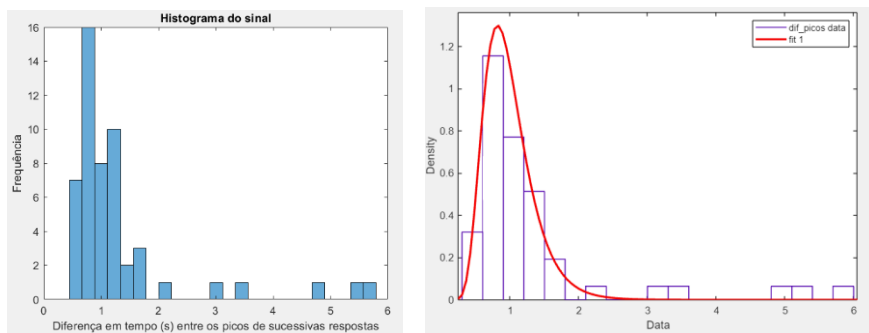


Figura B.85 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 27 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

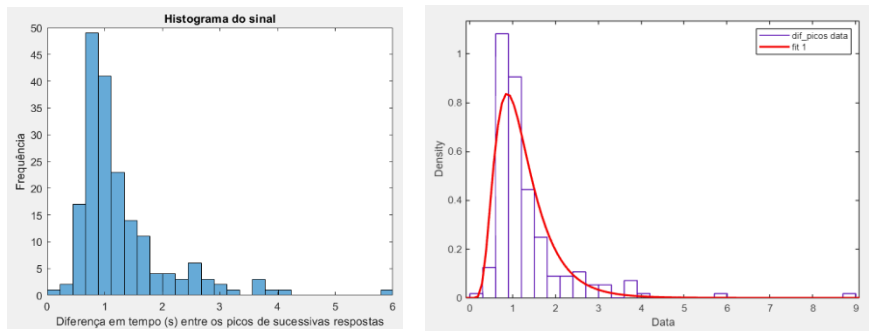


Figura B.86 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

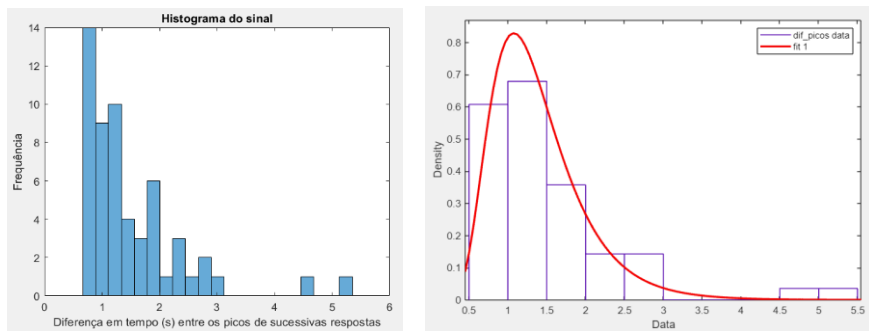


Figura B.87 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

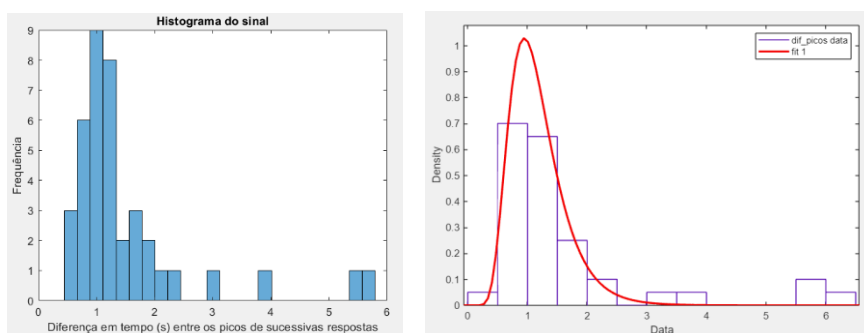


Figura B.88 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 28 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

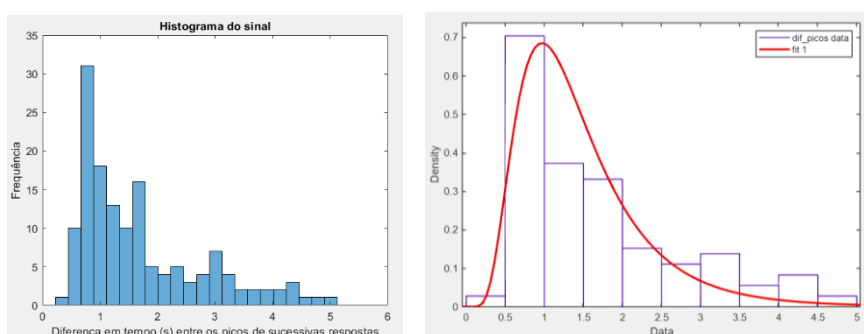


Figura B.89 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

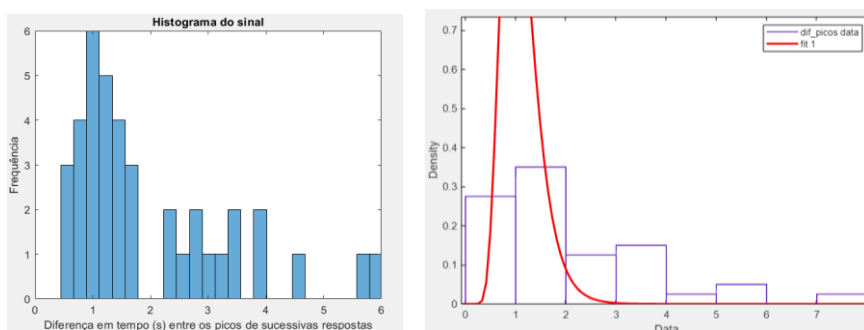


Figura B.90 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

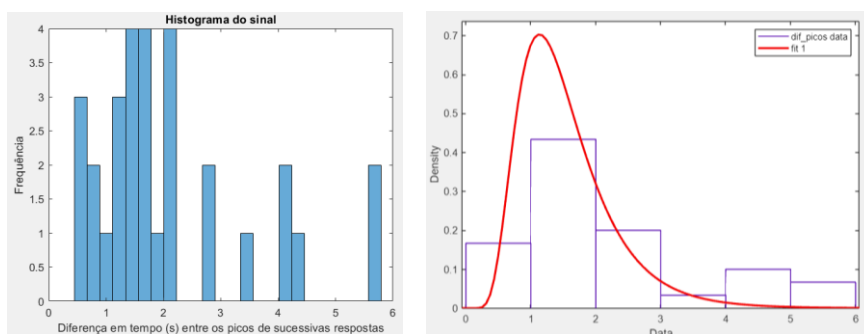


Figura B.91 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

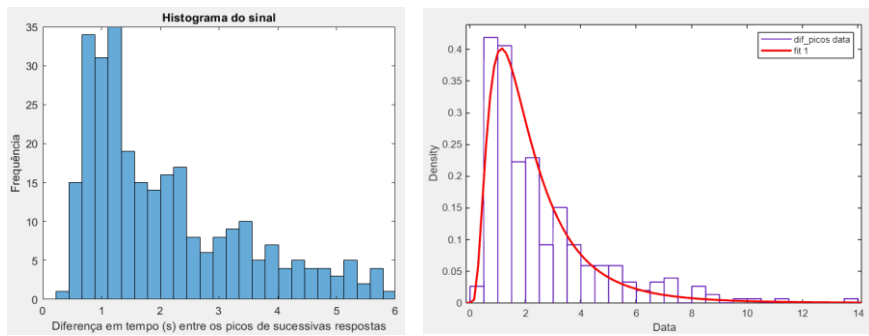


Figura B.92 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 30 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

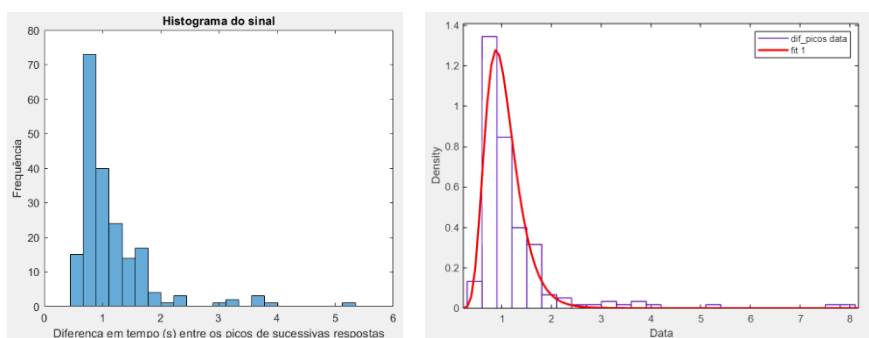


Figura B.93 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

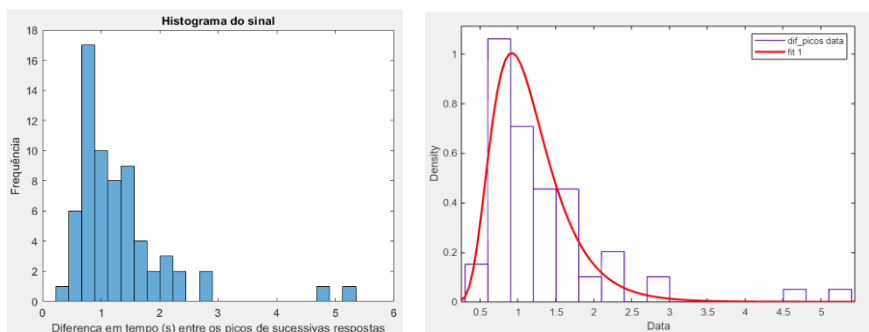


Figura B.94 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

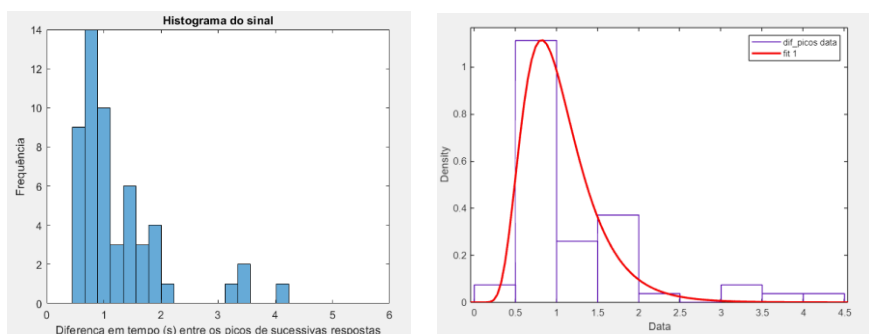


Figura B.95 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

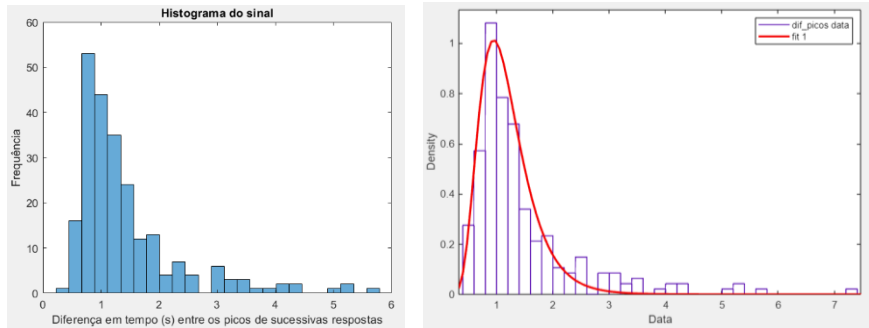


Figura B.96 - Histograma da região sem estímulo do indivíduo 31 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

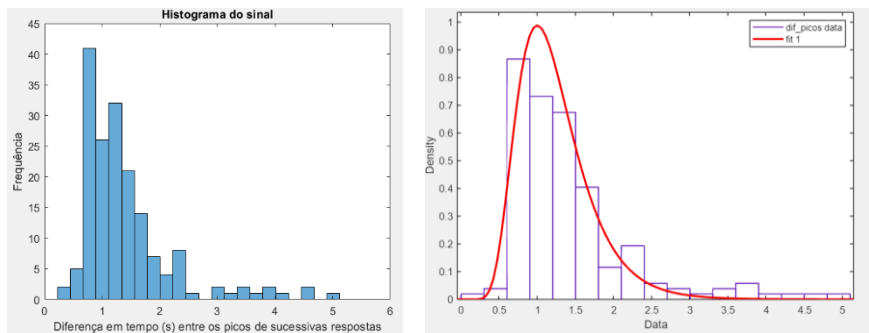


Figura B.97 - Histograma da primeira experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

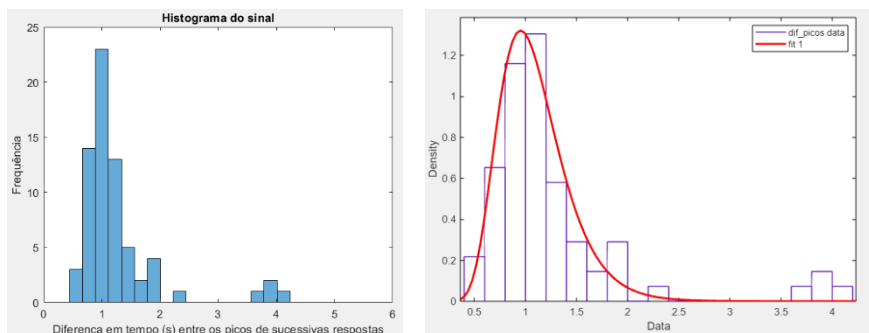


Figura B.98 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

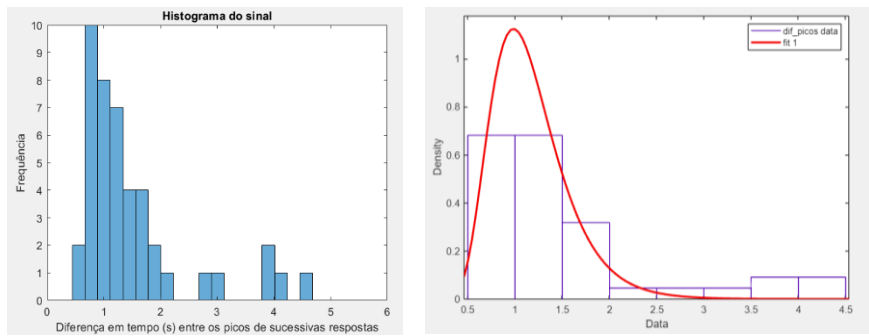


Figura B.99 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

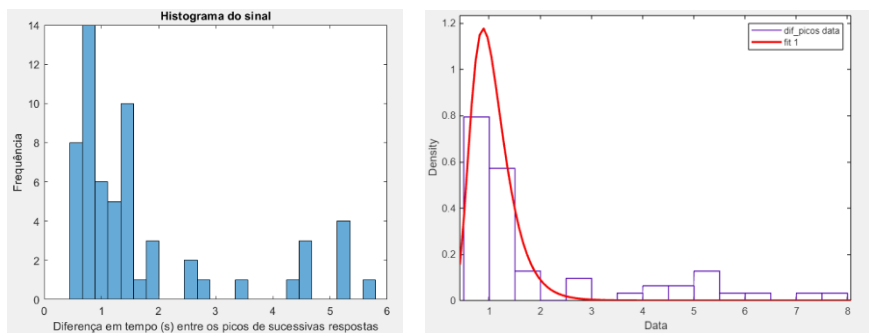


Figura B.100- Histograma da região sem estímulo do indivíduo 32 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

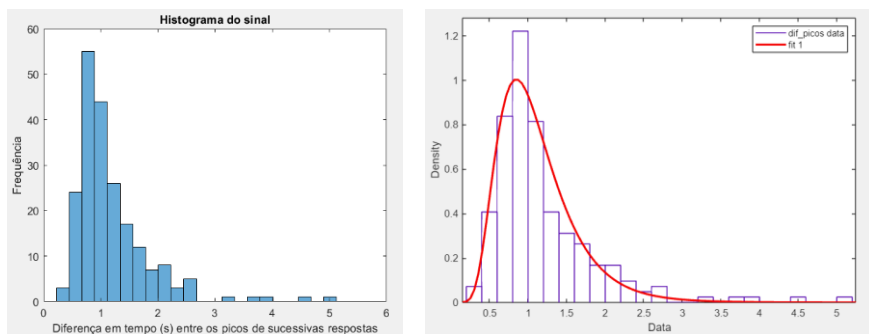


Figura B.101- Histograma da terceira experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

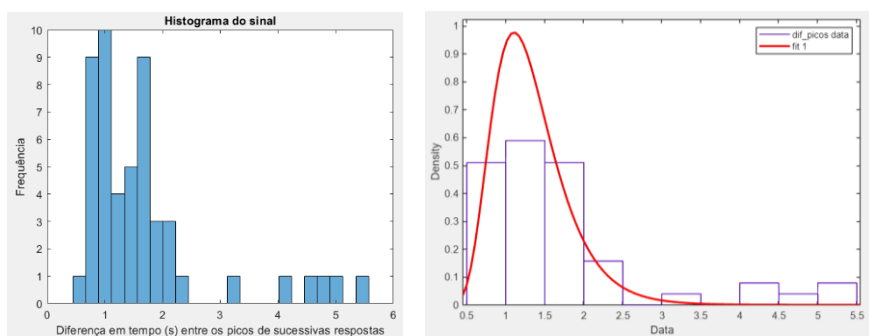


Figura B.102- Histograma da segunda experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

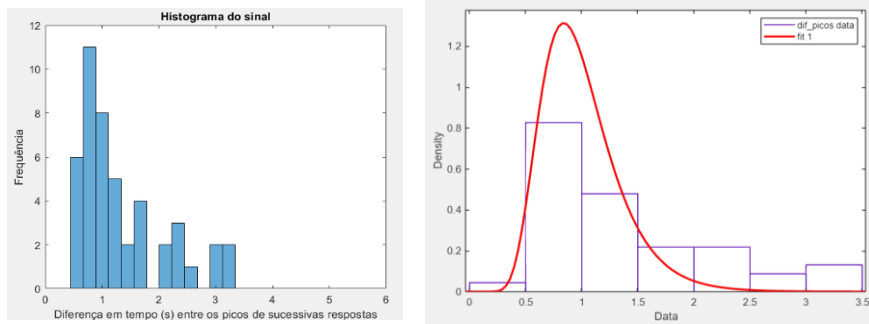


Figura B.103 - Histograma da terceira experiência do indivíduo 33 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

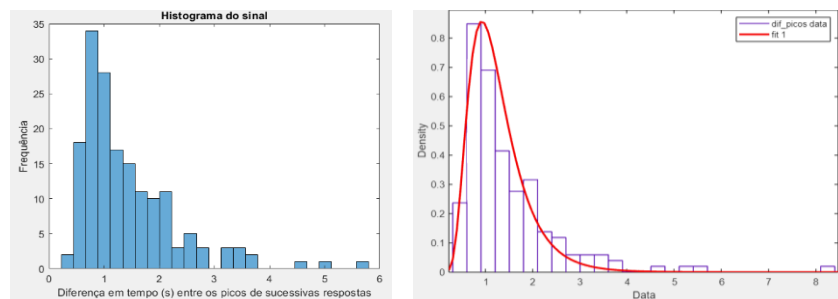


Figura B.104- Histograma da primeira experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

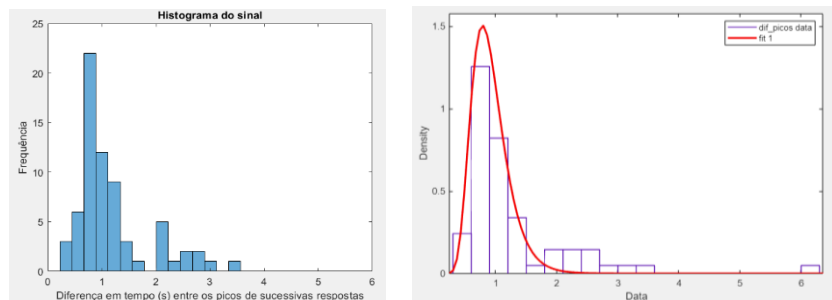


Figura B.105 - Histograma da segunda experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

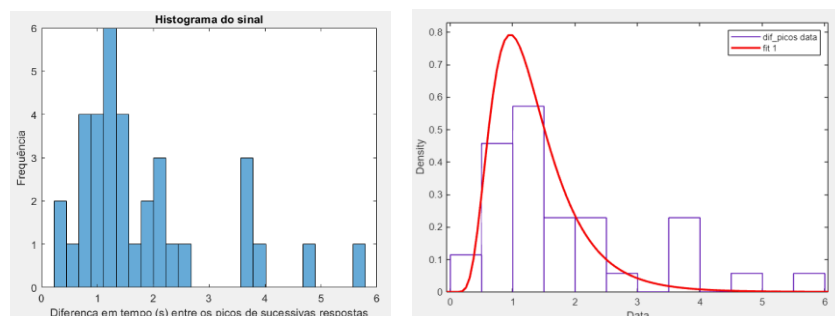


Figura B.106- Histograma da terceira experiência do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.

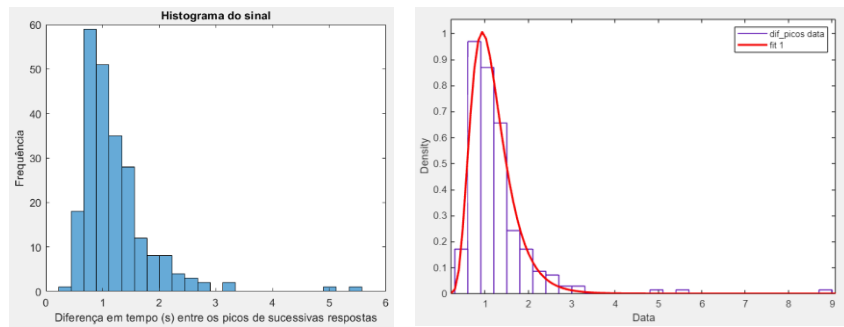


Figura B.107- Histograma da região sem estímulo do indivíduo 34 relativo à distribuição das diferenças entre picos de respostas detetadas, e o mesmo histograma com a distribuição lognormal ajustada após a remoção de outliers.