

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Estudo e Contextualização do Polígrafo quanto à
Análise de Voz, ECG e EDR**

Mário Rui Carvalho Barbosa

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Dr. Aníbal João de Sousa Ferreira
Co-orientador: Prof. Manuel dos Santos Barbosa (FPCEUP)

Resumo

Este estudo consiste na investigação de alguns componentes em foco e testes necessários ao uso e implementação de um polígrafo.

Foi levado a cabo um levantamento do estado da arte correspondente ao estudo de um polígrafo e ainda ao tipo de reações fisiológicas a estímulos visuais. Além disso foram feitos alguns contactos com docentes da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto (FPCEUP) com o objetivo de levar a cabo uma cooperação entre as duas faculdades, podendo assim validar os testes a que o indivíduo voluntário, simulando um examinado, é sujeito.

Uma vez que o tema “polígrafo” como mecanismo de deteção de veracidade de respostas não é, de uma maneira geral, aprovado pela comunidade científica, foi decidido estudar as reações fisiológicas normalmente analisadas no mesmo teste a estímulos visuais, nomeadamente, imagens aprovadas pelo *International Affective Picture System (IAPS)*.

O conceito consiste na avaliação da reação de um indivíduo quando confrontado com uma imagem de natureza agradável, desagradável ou neutra, tenha reações fisiológicas diferentes. É o tipo de resposta que este apresentará que será analisado em função dos sinais de ECG, EDR e de Voz. O procedimento engloba uma fase em que o indivíduo não apresenta qualquer tipo de resposta e, ainda, outra fase que apresenta uma resposta oral da palavra ‘imagem’ e, simultaneamente, uma avaliação subjetiva do estímulo que acabou de presenciar. Foi feita uma análise entre o que o indivíduo voluntário apresentou em forma de reações fisiológicas e o que respondeu subjetivamente.

O sinal de Eletrocardiograma (ECG) será processado e analisado quanto ao *jitter*, frequência cardíaca, período médio, entre outros parâmetros. O sinal de Eletrodermografia (EDR) será processado e analisado quanto à rapidez de resposta e ainda quanto à intensidade. O sinal de Voz será processado e analisado quanto ao *jitter* e frequência fundamental.

Foram recolhidos sinais de vinte voluntários, os quais foram processados através de algoritmos desenvolvidos em ambiente *Matlab*, para recolher características que foram estatisticamente tratadas para garantir a validade dos resultados.

Abstract

The purpose of this study is the investigation of some components and tests necessary when using and implementing a polygraph.

The major goal was to analyse both the current evolution of the psychophysiological detection of deception (art of using a polygraph) and the physiologic reactions to different visual stimuli.

On the other hand, some lecturers from the Faculty of Psychology and Educational Sciences of University of Oporto (FPCEUP) were contacted to establish a cooperation between both entities in order to validate all tests that were carried out. For this, a group of volunteers was chosen and the group was submitted to similar stimuli as a real examinee would be.

Because psychophysiological detection of deception (PDD), in general, is not an approved and consensual method in the scientific field, it was decided to study the physiological reactions to different visual stimuli, which is the procedure currently used. All images were approved by the International Affective Picture System (IAPS).

The concept relies on the evaluation of the individual reaction to a picture that might be pleasant, neutral, or unpleasant. The type of response gotten was translated from the EKG, EDR, and voice patterns. The procedure involved a non-responsive phase, an oral-responsive phase and, simultaneously, a subjective analysis of the just received stimuli. The final analysis consisted in overlapping the individual subjective response and the quantified physiological reaction.

The electrocardiogram (EKG) signal was processed and analysed according to the jitter, heart rate, wave period, among other parameters. The electrodermograph (EDR) was processed and analysed with respect to both the speed of response and the intensity. The voice signal was processed and analysed concerning the jitter and fundamental frequency.

The signals were obtained from a group of 20 healthy volunteers and were processed using algorithms developed in the Matlab environment. The results were statistically treated to guarantee the validity of the results.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, que durante todo o meu percurso acadêmico e neste difícil momento em particular me apoiaram e estiveram sempre presentes.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos pelas mesmas razões.

Quero agradecer a duas pessoas muito especiais que nunca me deixaram pensar em desistir por mais dificuldades que encontrasse. Ensinaram-me, com muita paciência, a enfrentar tudo e todas as adversidades da vida. Sinto por isso um enorme orgulho e felicidade por esses momentos de força que me foram transmitidos.

Quero agradecer à Professora Eva Ferreira pela revisão da escrita da dissertação.

Quero agradecer ao Professor Doutor Aníbal Ferreira pela OPORTUNIDADE de poder trabalhar nesta tese e ainda por toda a orientação disponibilizada durante este caminho.

Quero também agradecer ao Doutor Ricardo Sousa por toda a ajuda e paciência concebida no decorrer desta dissertação, sem a qual nada teria sido possível (Criando uma relação de completo respeito e gratidão por tudo isso).

Agradeço ao Sr. Engenheiro Ricardo Dias pela colaboração espetacular que mantivemos, tornando tudo mais fácil.

Agradeço também a todos os voluntários que perderam um pouco do seu tempo para me ajudar neste projeto.

Por último mas igualmente importante, gostava de agradecer ao Co-Orientador, Professor Fernando Barbosa da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação, pela orientação e por ter disponibilizado instalações e material necessário no âmbito desta tese.

Índice

Resumo	i
Abstract.....	iii
Agradecimentos	v
Índice.....	vii
Lista de figuras	10
Lista de Tabelas	14
Abreviaturas e Símbolos	16
Capítulo 1	19
Introdução.....	19
1.1 - Motivação	19
1.2 - Objetivos e Metodologia.....	19
1.3 - Estrutura do Documento.....	20
Capítulo 2	21
Revisão bibliográfica	21
2.1 - Polígrafo.....	21
2.2 - Componentes de análise em foco.....	25
2.3 - Conclusão	28
Capítulo 3	29
Ferramentas de Análise.....	29
3.1 - Ferramentas de Análise de Voz.	29
3.2 - Ferramentas de Análise do <i>ECG</i>	31
3.3 - Ferramentas de Análise do <i>EDR</i>	32
3.4 - Ferramenta de Análise Estatística: Statistic Package for the Social Sciences (SPSS)....	33
3.5 - Conclusão	33
Capítulo 4	35
Procedimento Experimental	35
4.1 - Instalações de Recolha.....	35
4.2 - Angariação de voluntários.....	36
4.3 - Consentimento Informado.....	36
4.4 - Escolha de estímulos visuais do IAPS	37
4.5 - Exame de Eletrocardiografia.....	37
4.6 - Exame de Eletrodermografia	38
4.7 - Protocolo experimental.....	39
4.8 - Conclusão	41

Capítulo 5.....	43
Processamento de sinal e algoritmia.....	43
5.1 - Processamento de sinais de eletrocardiografia	43
5.2 - Processamento de sinais de eletrodermografia	52
5.3 - Processamento de sinais de voz	54
5.4 - Conclusão	55
Capítulo 6.....	57
Análise Estatística	57
6.1 - Relação entre a classificação subjetiva e fatores	58
6.2 - Relação entre os Parâmetros de Voz e os fatores	61
6.3 - Relação entre os Parâmetros de EDR e os fatores.....	68
6.4 - Relação entre os Parâmetros de ECG e os fatores.....	94
Capítulo 7.....	103
Conclusões.....	103
7.1 - Principais Conclusões	103
7.2 - Trabalho futuro	104
Anexo	105
Consentimento Informado	105
Referências	107

Lista de figuras

- Figura 2.1** - As Ondas e Intervalos de um sinal de *ECG*. Pág. 26.
- Figura 2.2** - Desenho das camadas da pele humana em relação à glândula de suor écrina. Pág. 27.
- Figura 3.1** - Microfone Sennheiser Earset 1. Pág. 29.
- Figura 3.2** - Roland UA 25EX. Pág. 30.
- Figura 3.3** - Biopac MP35. Pág. 31.
- Figura 3.4** - Módulo MP100 Biopac Systems. Pág. 32.
- Figura 3.5** - Módulo GSR100B Biopac Systems. Pág. 33.
- Figura 4.1** - Instalações de recolha. Pág. 36.
- Figura 4.2** - Ligação dos elétrodos *ECG*. Pág. 38.
- Figura 4.3** - Ligação dos elétrodos *EDR*. Pág. 38.
- Figura 4.4** - Diagrama sequencial do protocolo experimental. Pág. 40.
- Figura 5.1** - Quatro partes de Calibração. Pág. 44.
- Figura 5.2** - Conjunto de 9 estímulos da parte 1. Pág. 45.
- Figura 5.3** - Conjunto de 9 estímulos da parte 2. Pág. 47.
- Figura 5.4** - Diagrama Funcional do Método Automático usando *Peak Finder*. Pág. 47.
- Figura 5.5** - Caso de insucesso. Pág. 48.
- Figura 5.6** - Caso de Sucesso. Pág. 48.
- Figura 5.7** - Diagrama Funcional do Método semiautomático usando *Peak Finder*. Pág. 49.
- Figura 5.8** - Segmento de *ECG* com deteção de um falso pico usando o método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias). Pág. 50.
- Figura 5.9** - Evidência de um falso pico usando o algoritmo dos Limiares (Barbosa-Dias). Pág. 50.
- Figura 5.10** - Segmento de *ECG* sem deteção de falsos picos usando o algoritmo dos Limiares (Barbosa-Dias). Pág. 51.
- Figura 5.11** - Diagrama Funcional do Método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias). Pág. 52.
- Figura 5.12** - Segmento de *EDR* original sem processamento (efeito de quantização). Pág. 52.
- Figura 5.13** - Segmento de *EDR* normalizado (azul). Pág. 53.

Figura 5.14 - Segmento de EDR do Estimulo 1 para o voluntario 1 em que o sinal verde corresponde ao sinal original, sinal vermelho corresponde ao sinal normalizado e o sinal azul corresponde à derivada. As esferas vermelhas correspondem aos máximos e mínimos totais e locais. Pág. 54.

Figura 5.15 - Segmento da vogal /i/ da palavra 'imagem' para o voluntário 4, parte 2 e estimulo 1. Pág. 55.

Figura 6.1 - Gráfico de quartis referente à classificação em função do gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 59.

Figura 6.2 - Gráfico de quartis referente à Classificação em função do Tipo, sendo que o valor 1 representa um estímulo agradável, o 2 neutro e o 3 desagradável. Pág. 60.

Figura 6.3 - Gráfico de quartis referente à Classificação em função do Momento, sendo que o momento 1 corresponde ao primeiro conjunto de 3 estímulos (agradável, neutro e desagradável). Pág. 60.

Figura 6.4 - Gráfico de quartis referente à Média do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 62.

Figura 6.5 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 62.

Figura 6.6 - Gráfico de quartis referente ao *jitter* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 63.

Figura 6.7 - Gráfico de quartis referente à Média do *Pitch* para a vogal /a/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2, o feminino. Pág. 64.

Figura 6.8 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2, o feminino. Pág. 64.

Figura 6.9 - Gráfico de quartis referente ao *jitter* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 65.

Figura 6.9 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Momento. Pág. 67.

Figura 6.10 - Gráfico de quartis do parâmetro *Dmin_zona1_y* que corresponde à velocidade de reposição na primeira zona em função do Tipo de estímulo. Pág. 71.

Figura 6.11 - Gráfico de quartis referente à média total de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 73.

Figura 6.12 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão total de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 73.

Figura 6.13 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 74.

Figura 6.14 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 75.

Figura 6.15 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 1 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 75.

Figura 6.16 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 1 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 76.

Figura 6.17 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 1 de um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 77.

Figura 6.18 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 1 um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 77.

Figura 6.19 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 78.

Figura 6.20 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 79.

Figura 6.21 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 2 um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 79.

Figura 6.22 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 80.

Figura 6.23 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 81.

Figura 6.24 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 82.

Figura 6.25 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 82.

Figura 6.26 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado. Pág. 83.

Figura 6.27 - Gráfico de quartis referente à média total de reação à Parte de estímulos, com e sem resposta, em função da Parte em que é apresentado. Pág. 85.

Figura 6.28 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação à Parte de estímulos, com e sem resposta, em função da Parte em que é apresentado. Pág. 86.

Figura 6.29 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reação a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 86.

Figura 6.30 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 87.

Figura 6.31 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 87.

Figura 6.32 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 88.

Figura 6.33 - Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 88.

Figura 6.34 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 89.

Figura 6.35 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 90.

Figura 6.36 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 90.

Figura 6.37 - Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 91.

Figura 6.38 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 91.

Figura 6.39 - Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 92.

Figura 6.40 - Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 92.

Figura 6.41 - Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 93.

Figura 6.42 - Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado. Pág. 94.

Figura 6.43 - Gráfico de quartis referente ao parâmetro PPQ5 em função do Género, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino. Pág. 95.

Figura 6.44 - Gráfico de quartis referente ao parâmetro PPQ11 em função do Momento. Pág. 97.

Figura 6.45 - Gráfico de quartis referente ao *jitter* simples em função da Parte. Pág. 99.

Figura 6.46 - Gráfico de quartis referente ao *jitter* quadrático em função da Parte. Pág. 99.

Figura 6.47 - Gráfico de quartis referente ao *RAP* em função da Parte. Pág. 100.

Figura 6.48 - Gráfico de quartis referente ao PPQ5 em função da Parte. Pág. 100.

Figura 6.49 - Gráfico de quartis referente ao PPQ11 em função da Parte. Pág. 101.

Figura 6.50 - Gráfico de quartis referente ao BPM em função da Parte. Pág. 101.

Figura 6.51 - Gráfico de quartis referente ao T0 médio em função da Parte. Pág. 102.

Lista de Tabelas

Tabela 6.1 – Variáveis Independentes (Fatores) de análise estatística. Pág. 57.

Tabela 6.2 – Parâmetros de Voz em função do Género. Pág. 61.

Tabela 6.3 – Parâmetros de Voz em função do Tipo. Pág. 65.

Tabela 6.4 – Parâmetros de Voz em função da Parte. Pág. 66.

Tabela 6.5 – Parâmetros de Voz em função do Momento. Pág. 67.

Tabela 6.6 – Parâmetros de EDR em função da Género. Pág. 69.

Tabela 6.7 – Parâmetros de EDR em função da Tipo. Pág. 70.

Tabela 6.8 – Parâmetros de EDR em função do Momento. Pág. 72.

Tabela 6.9 – Parâmetros de EDR em função da Parte. Pág. 84.

Tabela 6.10 – Parâmetros de ECG em função do Género. Pág. 95.

Tabela 6.11 – Parâmetros de ECG em função do Tipo. Pág. 96.

Tabela 6.12 – Parâmetros de ECG em função do Momento. Pág. 97.

Tabela 6.23 – Parâmetros de ECG em função da Parte. Pág. 98.

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

CIA	<i>Central Intelligence Agency</i>
CIT	<i>Concealed Information</i>
CQT	<i>Control Question Technique</i>
DOE	<i>Department of Energy</i>
ECG	<i>Electrocardiography</i>
EDR	<i>Electrodermal Response</i>
EEG	<i>Electroencephalography</i>
FBI	<i>Computer Federal Bureau of Investigation</i>
GKT	<i>Guilty Knowledge Test</i>
R/I	<i>Relevant/Irrelevant Question Technique</i>
SNC	Sistema Nervoso Central

Lista de símbolos

U	Potencial elétrico
R	Resistência
I	Corrente elétrica

Capítulo 1

Introdução

Neste primeiro capítulo será feita uma pequena introdução do tema assim como a descrição de motivação e objetivos a serem atingidos neste projeto. Por fim, será feita uma descrição da estrutura do documento.

1.1 - Motivação

No contexto judicial e empresarial, existem grandes dúvidas relativamente às verdadeiras intenções de resposta do examinado, o que pode levar a que as respostas sejam postas em causa.

Devido à falta de consenso sobre o tema, tem surgido cada vez mais estudos ainda que estes não tenham contribuído para o real esclarecimento sobre a eficácia do polígrafo.

Como o tema não suscita consenso na comunidade científica optou-se por fazer uma análise das reações fisiológicas ao invés da veracidade das respostas.

Será a forma como as pessoas reagem involuntariamente a um estímulo e ainda a noção de como reagiram que será interessante analisar a nível de processamento de sinal assim como estatisticamente.

1.2 - Objetivos e Metodologia

O objetivo deste projeto consiste no estudo de três componentes constituintes do teste do polígrafo, assim como os procedimentos que precedem o teste.

O teste será baseado na apresentação a indivíduos voluntários estímulos visuais anotados aceites pela comunidade científica, *International Affective Picture System (IAPS)* a partir dos quais serão medidas as suas reações fisiologias.

Nesta fase do projeto, a cooperação com docentes da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, serviu para garantir a qualidade e validade dos testes.

Na dissertação são analisadas detalhadamente três componentes:

- **Análise da voz:** Proceder-se-á à gravação vocal dos voluntários usando um microfone convencional.
- **Análise do Eletrocardiograma (do inglês *Electrocardiography, ECG*):** registar-se-á a atividade elétrica do coração dos voluntários usando um aparelho específico, o eletrocardiógrafo.
- **Análise da Resposta Eletrodérmica (do inglês, *Electrodermal Response, EDR*):** A condutividade da pele, também designada por resposta eletrodérmica, é medida devido às secreções causadas pelo sistema nervoso, usando normalmente um aparelho formalmente conhecido como *Hubbard Electrometer*, para registar estas alterações.

Nas componentes de análise em foco anteriormente mencionadas foram respeitadas as condições de normalização do sujeito, assim como a explicação do pré-procedimento e do procedimento.

A metodologia que foi adotada para este estudo, foi dividida em três grandes fases. A primeira fase trata-se da recolha de amostras dos sinais, a segunda fase trata todo o processamento dos sinais recolhidos e, por fim, a terceira fase é a conclusão e análise estatística.

1.3 - Estrutura do Documento

No primeiro capítulo, foi apresentada a motivação, assim como uma descrição dos objetivos a atingir durante o desenvolvimento da investigação. No segundo capítulo, é apresentado uma revisão bibliográfica identificando o problema e contextualizando-o no cenário atual. Serão analisadas as três componentes em foco, anteriormente mencionadas: análise de voz, *ECG* e *EDR*. No terceiro capítulo, é feito um levantamento das ferramentas que terão um papel importante no decorrer da dissertação. No quarto capítulo, é descrito todo o procedimento experimental, bem como todas as especificações do mesmo. No quinto capítulo, é apresentado e explicado todo o processamento e algoritmia envolvidos na análise das componentes em foco. No sexto capítulo, é referida e analisada ao pormenor toda a análise estatística. Por fim, no sétimo capítulo são apresentadas as principais conclusões e contribuições deste estudo.

Capítulo 2

Revisão bibliográfica

Neste capítulo é feito um levantamento e estudo do estado da arte relativo ao tema da dissertação, fornecendo alguns conceitos básicos, uma nota histórica e ainda dois *Case Studies* sobre o mesmo.

2.1 - Polígrafo

William M. Marston , psicólogo e criador da personagem *Wonder Woman*¹, que é caracterizada pela procura da verdade e justiça social, teve uma ideia de criar um instrumento que conseguisse detetar mentiras[1].

Em 1915 enquanto estudante de pós-graduação da Universidade de Harvard reportou que a pressão sanguínea aumenta quando as pessoas mentem.

A premissa anteriormente mencionada, ajudou à invenção do polígrafo, detetor de mentiras, em 1920 por J. A. Larson, estudante de medicina na Universidade de Califórnia em *Berkeley* e por L. Keeler, polícia do departamento *Berkeley* na Califórnia.

Os polígrafos são utilizados por agências relacionadas com justiça e lei, no setor privado para rastreio pré-emprego e para testes de espionagem e sabotagem[1].

Os proponentes alegam que o teste do polígrafo atinge altas taxas de sucesso, 98% para sujeitos culpados e 82% para sujeitos inocentes. Estas taxas são elevadas pelo facto de serem deixados de fora casos inconclusivos[1].

¹ Personagem fictícia de banda desenhada, caracterizada pelo seu laço que obrigava os vilões a dizerem a verdade.

O Polígrafo é usado para a gravação de alterações de fenômenos fisiológicos, tais como: a frequência cardíaca, pressão arterial, condutividade da pele, taxa de respiração, alterações na voz, etc. Estes fatores são analisados, porque são tidos como involuntários. Estão fora do controle humano aquando da interrogação. A informação de todos os parâmetros é correlacionada e analisada em questões específicas. Os especialistas do teste com esta informação afirmam saber se o sujeito está ou não a mentir[2].

2.1.1 - Constituição Típica de um Polígrafo

O polígrafo, enquanto instrumento, grava e filtra o sinal original analógico. A saída final deste aparelho é um sinal digital, discreto no tempo e com amostras de taxas variáveis.

No contexto desta dissertação, o polígrafo será constituído por três principais componentes de análise: análise de voz, *ECG* e *EDR*. Normalmente este teste é mais completo recorrendo ainda a medições de pressão sanguínea, respiração abdominal e análise da atividade encefálica (*Electroencephalography, EEG*).

Analisando o sinal de cada um dos componentes do polígrafo, consegue-se uma saída correlacionada que pode indicar a intenção de resposta do sujeito[1].

2.1.2 - Áreas Típicas de Utilização de um Polígrafo

A utilização de um polígrafo recai em contextos privados, judiciais e governamentais.

Em contextos privados, o teste é utilizado, por exemplo, em situações de pré-emprego, que pode ditar a contratação ou não, situações de confidencialidade, que podem ditar um processo disciplinar, ou mesmo uma violação do contrato de trabalho, situações de espionagem industrial, que podem levar a um processo judicial.

Em contextos judiciais, a admissibilidade da evidência científica que representa o teste é cada vez mais controversa, sendo que o seu uso de uma forma geral, não pode ser tido em conta como uma prova no tribunal, ainda que em alguns estados dos Estados Unidos da América, possam ser utilizados. Funciona normalmente como elemento a ser apresentado de forma voluntária pelo advogado de defesa, promotores ou agências de aplicação de lei. No estado da Califórnia é apresentado ao júri o resultado do teste e cabe ao mesmo aferir a sua validade na decisão final. Na Geórgia, por outro lado, os réus que são sujeitos ao teste do polígrafo e o resultado não valide a acusação, podem processar o operador do teste por danos e custos associados. A Florida é o único estado que exige ao réu ser submetido ao teste em situações específicas - criminosos sexuais anteriormente condenados. Ainda assim, não podem ser utilizados como prova contra o mesmo, apenas no âmbito da terapia a que o réu é sujeito[3].

Em contextos Policiais ou Agências governamentais, tais como: departamentos de polícia, *Federal Bureau of Investigation (FBI)*, *Central Intelligence Agency (CIA)* e outras agências, admite-se que o uso deste teste seja frequentemente utilizado[1].

2.1.2 - Casos de Estudo

Caso Wen Ho Lee

Este caso é fruto de um levantamento sumário de algumas fontes sendo as mais importantes: o livro "*The Polygraph and Lie Detection*", "*Committee to review the Scientific Evidence on the Polygraph*"[4] e ainda um artigo "*Wen Ho Lee's problematic Polygraph*" da *CBSNEWS*[5].

Este caso visa descrever de forma sucinta o conhecido caso de Wen Ho Lee. Wen Ho Lee trabalhava como cientista nuclear secreto no *Department of Energy, DOE*, no estado de Novo México, Albuquerque.

Lee tendo dupla nacionalidade, Taiuanesa e Americana, tinha uma passagem pela China no passado e tinha acesso aos segredos nucleares Americanos. Foi considerado pelo *FBI* como o principal suspeito no caso da emergente espionagem por parte da China.

Em Janeiro, dia 24 de 1984 Lee foi sujeito a um teste do polígrafo por um agente do *FBI*. As perguntas a que foi sujeito, o seu formato e ainda a conclusão do mesmo, nunca chegaram a ser claramente reveladas no relatório feito pelo *FBI*. Ainda que Lee tenha confidenciado que uma das perguntas a que foi sujeito tinha sido: "você forneceu alguma informação classificada para alguma pessoa não autorizada?", à qual respondeu sucintamente: "Não."[4].

Sob um clima suspeito, supostamente o *FBI* não tomou nenhuma atitude. O chefe de contraespionagem do *DOE* queria obter garantias de que Lee seria de confiança. Então em Dezembro, dia 23 de 1998 Lee foi sujeito a um segundo teste do polígrafo ao qual passou como inocente.

Algumas semanas após o segundo teste, o *FBI* recebeu os resultados do mesmo e avaliou-os de forma oposta - Lee era culpado[4, 5].

Em 1999, dia 10 de Fevereiro, o *FBI* conduziu um terceiro exame do polígrafo a Lee cujos resultados supostamente seriam confidenciais[5].

Lee nunca foi acusado de espionagem, pelo que o teste do polígrafo nunca tenha sido usado como prova[5].

Este caso de estudo foi realçado para reforçar a ideia que os testes de polígrafo não geram consenso, levando ainda a conclusões diferentes segundo o mesmo resultado.

Caso Leandro Aragoncillo

O presente caso resulta de um levantamento de informação feito em algumas fontes noticiosas, sendo que a mais relevante é *“Investigation Continues: Security Breach at the White House”* da ABCNEWS[6], escrito por Brian Ross.

Leandro Aragoncillo trabalhava na casa Branca como analista para o vice-presidente Al Gore, quando supostamente foi recrutado pelo presidente das Filipinas, Joseph Estrada, para serviços de espionagem.

Agentes federais teriam afirmado que Aragoncillo tinha passado os vários testes de rotina do polígrafo, a que todos os funcionários com acesso a documentos secretos seriam submetidos.

Em 2005, dia 5 de Outubro, este foi acusado e preso por crimes de espionagem que envolviam roubo de informação classificada.

Esta referência, ainda que breve, sobre o caso, permite verificar mais uma vez os problemas que a validade e credibilidade do teste do polígrafo poderão levantar.

2.2 - Componentes de análise em foco

Como foi anteriormente mencionado, esta dissertação assentará sobre quatro conceitos fundamentais que serão descritos neste subcapítulo.

O teste do polígrafo tem que satisfazer os mesmos critérios que os outros testes psicológicos, de maneira a poder ser considerado científico, sendo o mais importante o facto de ser exato e ter uma boa teoria que o sustente[7, 8].

2.2.2 - Análise de voz

Nesta fase, proceder-se-á à gravação vocal dos voluntários, usando um microfone convencional.

O critério mais vantajoso é o que se refere à avaliação acústica, que contém um conjunto de parâmetros objetivos. Nesta análise, recomenda-se a gravação mínima de cem impulsos glotais (resultam do movimento de abertura e fechamento das cordas vocais).

Um dos critérios que será tido em consideração na extração de parâmetros é o *jitter*. Este representa a variabilidade a perturbações de frequência fundamental de voz[9] e a sua fórmula é:

$$jitter(\%) = \frac{1}{T_0} \times \frac{1}{nT - 1} \times \sum_{i=1}^{nT-1} |T(i-1) - T(i)| \times 100$$

$$T_0 = \frac{1}{nT} \times \sum_{i=1}^{nT} T_i$$

Outra medida que será posta em prova será o PPQ x , *Point Period Perturbation Quotient* (em que x é um valor inteiro e ímpar, que tipicamente é 3, 5, 11 e 55), que representa variações do período em algumas porções do sinal de voz.

$$PPQx(\%) = \frac{1}{T_0} \times \frac{1}{nT - (x - 1)} \times \sum_{i=t+1}^{nT-t} \left| \frac{\sum_{k=i-t}^{i+t} T_k}{x} - T_i \right| \times 100, \quad t = (x - 1)/2$$

Serão procuradas alterações nos padrões de voz do voluntário, tais como: alterações no *pitch* - tom de voz, intensidade sonora, formantes (determinadas zonas amplificadas pelo trato vocal), tonalidades, timbre e intensidade subjetiva.

A razão por detrás do uso dos parâmetros acima descritos, deve-se sobretudo ao impacto que as emoções interferem no sistema nervoso que, por sua vez, controla os músculos que regulam a frequência das cordas vocais[10].

2.2.3- Análise do Eletrocardiograma (ECG)

Este subcapítulo resultou de um estudo de informação retirada do livro “BRAUNWALD, Eugene et al”, “Braunwald’s Heart Disease”, Eight edition, Elsevier Inc., 2008[11].

Nesta análise transtorácica é medida a atividade elétrica do coração através de um conjunto de elétrodos especificamente situados em contato com a pele. É comumente utilizada para exames cardíacos (diagnóstico de doenças cardíacas).

O ECG resulta de um conjunto de processos complexos - fisiológicos e tecnológicos.

Correntes iônicas transmembranares são geradas por fluxos iônicos pelas membranas celulares e entre células adjacentes.

Estas correntes são sincronizadas pela ativação cardíaca e sequências de recuperação para gerar um campo elétrico cardíaco, dentro e fora do coração que varia no tempo - durante um ciclo cardíaco. Este campo varia ao passar por outras estruturas, tais como: pulmões, sangue e músculo-esquelético.

Os elétrodos especificamente localizados, tronco e extremidades, detetam as correntes que chegam à pele. Estas capturas são amplificadas e filtradas, criando assim um registo eletrocardiográfico.

No resultado do exame serão evidenciados um conjunto de elementos, diretos e indiretos (ver figura 2.1). Diretos: Onda P, Complexo QRS, Onda T e Onda U; Indiretos: PR, ST e QT.

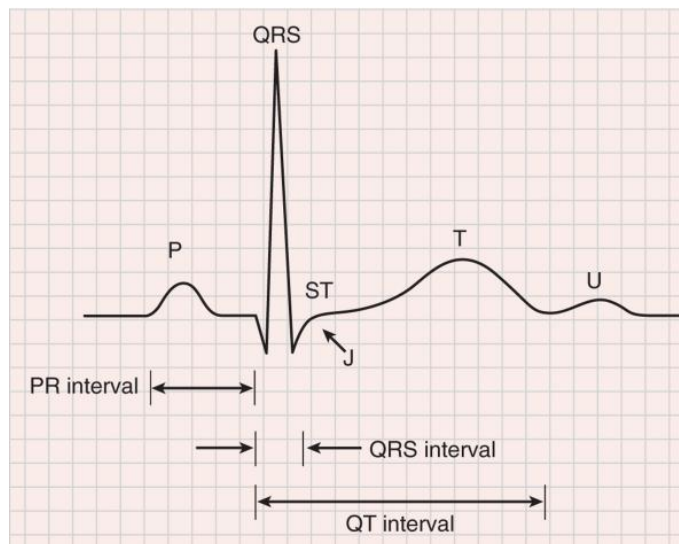


Figura 2.1 - As Ondas e Intervalos de um sinal de ECG[11].

Tal como o sistema fonatório, os batimentos cardíacos sofrem influência das emoções através do sistema nervoso. Deste modo, justifica-se que este sinal biológico seja também considerado na análise.

2.2.4- Análise da Resposta Eletrodérmica (EDR)

A premissa básica subjacente à interpretação deste componente do teste é a de que a sua magnitude de resposta é proporcional ao grau de importância psicológica da pergunta.

A pele é chamada de sistema tegumentar e constitui um conjunto de órgãos que fornecem funções de sentido e de proteção.

As glândulas do suor, também conhecidas como glândulas sudoríparas, na palma da mão são mais sensíveis ao sistema nervoso central (SNC) do que às mudanças de temperatura ambiente.

Os seres humanos têm dois tipos de glândulas sudoríparas: aprócrinas e écrinas. As écrinas são as que desempenham um papel importante na análise em questão. Estas estão situadas pelo corpo todo, estando maioritariamente situadas nas palmas das mãos, plantas dos pés e na testa.

A glândula de suor écrino consiste numa parcela enrolada (cerca de 0.4mm de diâmetro) localizada no tecido subcutâneo (*Subcutis*) e um tubo de descarga ductal até um poro na superfície da pele (ver figura 2.2)[1, 12].

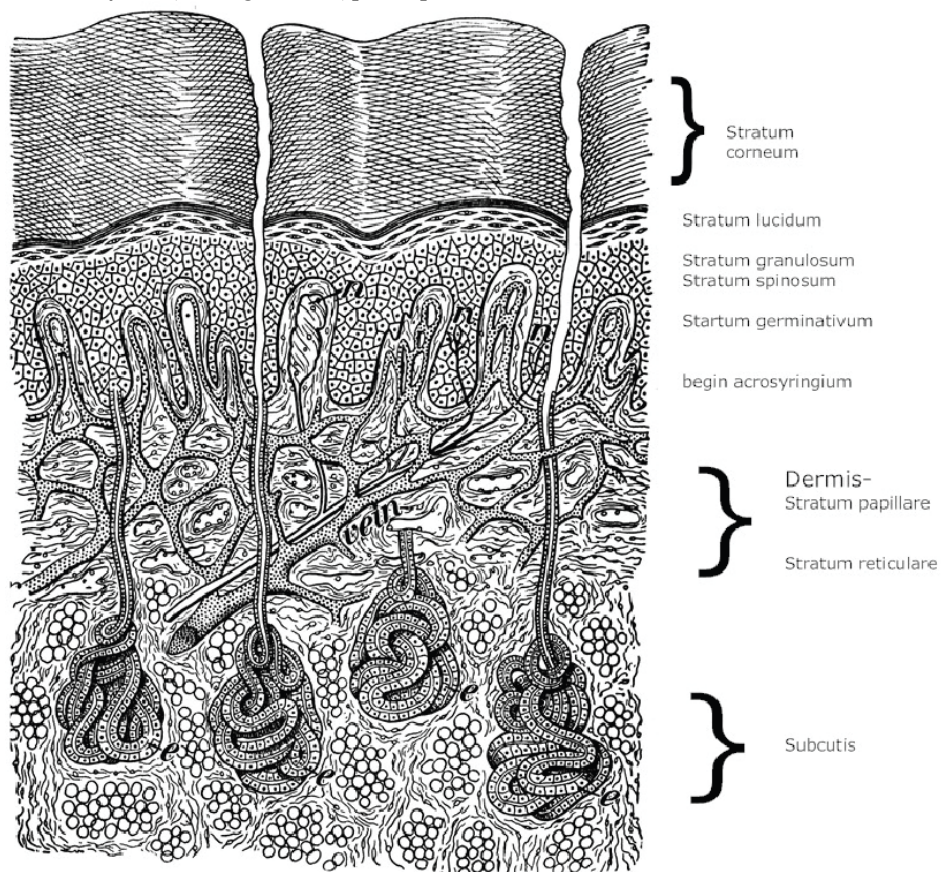


Figura 2.2 - Desenho das camadas da pele humana em relação à glândula de suor écrina[12].

Se uma pequena corrente constante é aplicada entre dois elétrodos, situados na pele, então alterações de tensão são proporcionais a alterações na resistência. E por outro lado, mantendo a tensão, a corrente é inversamente proporcional à resistência ou proporcional à condutância (inverso de resistência): $I = U/R$. [12].

A análise destas respostas tem que integrar um filtro passa-baixo, permitindo só a passagem de baixas frequências (cerca de 6Hz), para remover ruído, uma vez que a atividade em questão é lenta na natureza.

Para efetuar a variação da resistência, o circuito tira partido da lei básica de *Ohm*: $U = R * I$.

Quando uma pequena corrente passa pela pele a sua condutividade ou o seu inverso, a resistividade da pele é gravada usando os elétrodos normalmente situados entre dois dedos [12].

2.3 - Conclusão

Através da realização do Estado da Arte deste tema é possível identificar algumas questões importantes a serem respondidas.

A análise fisiológica de um conjunto de sujeitos quanto à resposta a estímulos do *International Affective Picture System (IAPS)*, sendo estes do tipo agradável, desagradável e neutro, será o cerne da questão assim como toda a algoritmia e estatística necessária.

Capítulo 3

Ferramentas de Análise

Neste capítulo serão referenciadas as potenciais ferramentas de análise que serão utilizadas no decorrer do trabalho experimental, havendo sempre flexibilidade de introdução de novos métodos e ferramentas.

Para todos os componentes de análise, uma ferramenta que receberá destaque é o *Matlab* uma vez que é uma ferramenta com a qual existe alguma familiaridade e é otimizada para o tipo de processamento de sinal necessário para este trabalho.

3.1 - Ferramentas de Análise de Voz.

Nesta secção serão apresentadas as ferramentas utilizadas na análise do sinal de voz as quais foram divididas em dois grupos: aquisição e processamento.

Ferramentas de Aquisição:

- Microfone Sennheiser EARSET 1. Para a captura de sinais de áudio foi usado o referido *hearsset* que tem bastante precisão e é bastante flexível para o tipo de testes em questão. É um microfone condensador que capta o pormenor da onda acústica.



Figura 3.1 - Microfone Sennheiser Earset 1[13] .

- *Roland UA 25EX*. Este foi utilizado para fazer a pré-amplificação entre o microfone e o computador, na obtenção do sinal de voz. Tem capacidade para conversões A/D de 24 bits de resolução e uma frequência de 96 kHz, fazendo uma compressão/limitação para uma utilização num contexto de estúdio/profissional. A pré-amplificação é feita com um sistema de *Phantom Power* de +48V, dado que o microfone é de tipo condensador. A versatilidade de conexões é também uma característica bastante útil, uma vez que foi necessária a utilização de um adaptador XLR para Jack 3.5mm para ligar o microfone ao sistema. Foi usado o MZA 9009 da Sennheiser [14].



Figura 3.2 Roland UA 25EX [14].

Ferramentas de Processamento:

- *Matlab*[15];
- *Matlab VOICEBOX: Speech Processing Toolbox*[16], trata-se de um conjunto de ferramentas naturalmente vocacionada para análise e síntese de sinais de voz. Esta ferramenta disponibiliza ainda um conjunto de ferramentas adicionais e funções que podem ter uma relevância acrescida;
- *Seegnal Voice Studio*, pode-se destacar a gravação instantânea (WAV e ACC+), análise interativa da frequência fundamental (*PITCH*), análise do vozeamento do sinal, entre outras[17];
- *Praat*, esta ferramenta é otimizada para análise de sons vozeados, permitindo a análise específica de parâmetros fundamentais tais como a frequência fundamental, da intensidade sonora, formantes, entre outros[18];

3.2 - Ferramentas de Análise do ECG

As ferramentas de análise do ECG são descritas nesta secção e também agrupadas em ferramentas de aquisição e processamento.

Ferramentas de Aquisição:

- *Biopac MP35*, grava os sinais necessários de avaliação e processamento. Este dispositivo foi utilizado para a captação dos sinais de ECG. É também capaz de efetuar outros tipos de captações. Possui quatro canais para aquisição de dados e é acompanhado de um *software* para visualizar as medições em tempo real. A taxa de amostragem utilizada foi de mil amostras por segundo. Como os sinais captados são de amplitudes muito baixas, o dispositivo dispõe de capacidade de amplificação. Além disso, filtra ruído proveniente do sistema elétrico e de outros sinais de interferência, fazendo a conversão necessária para que o software de captação consiga exibir as esperadas formas de onda.



Figura 3.3 *Biopac MP35* [19].

- *BSL Student Lessons*, *software* usado para a identificação e discriminação dos sinais de eletrocardiografia assim como possui um manual de aprendizagem de colocação dos elétrodos, bem como algumas dicas.

Ferramentas de Processamento:

- *Matlab*[15];
- *Acq Knowledge*, *software* interactivo oferecido com o aparelho de aquisição do exame em questão[19];

3.3 - Ferramentas de Análise do EDR

Por fim, são descritas as ferramentas da análise de sinais de EDR completando assim o conjunto de ferramentas associados às três principais componentes em foco.

Ferramentas de Aquisição:

- Módulo *MP100 Biopac Systems*, interface com o computador. Este módulo garante toda a interpretação e comunicação com o *software* no computador. Para este sinal a taxa de amostragem foi de duzentas amostras por segundo uma vez que o sinal é de natureza mais lenta e pequenas variações não têm qualquer interpretação relevante.



Figura 3.4 Módulo *MP100 Biopac Systems* [20].

- Módulo *GSR100B Biopac Systems*, grava os sinais referentes à resposta eletrodérmica. Este módulo permitiu ainda a aplicação de um filtro passa-baixo por forma a eliminar erros de medição e de equipamento.



Figura 3.5 Módulo GSR100B Biopac Systems [20].

- *TSD103A Biopac Systems*, usa dois elétrodos com tensão aplicada a dois dedos da mesma mão;

Ferramentas de Processamento:

- *Matlab*[15];

3.4 - Ferramenta de Análise Estatística: Statistic Package for the Social Sciences (SPSS)

O SPSS foi a ferramenta estatística escolhida para conseguir elaborar um estudo estatístico válido. Trata-se de um ambiente organizado que permite uma correspondência quase direta com o Microsoft Excel por forma a adicionar dados.

Neste caso foi importante para o uso de testes, como por exemplo, o teste da *Kruskal Wallis* e *Mann-Whitney U* considerando que se pretende realizar uma análise inferencial com variáveis nominais e ordinais. Esta ferramenta é ainda preciosa para a análise de multiregressão, bem como para uma análise estatística descritiva (caracterização da amostra).

A versão do *software* usada foi a 20.0 (Agosto de 2011) e é a versão mais recente do mesmo até a data.

3.5 - Conclusão

Neste capítulo foram apresentadas todas as ferramentas de aquisição de processamento utilizadas ao longo deste projeto. Todas as ferramentas foram garantidas pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em conjunto com o Laboratório de Neuropsicofisiologia da Faculdade Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto.

Capítulo 4

Procedimento Experimental

Neste capítulo será descrito todo o procedimento de recolha de sinais, preparação das instalações de recolha, angariação de voluntários, elaboração do consentimento informado, escolha de estímulos e ainda o protocolo experimental.

Querendo evitar o efeito de habituação, o mesmo teste não poderia ser repetido duas vezes ao mesmo sujeito, o que levou a um desenho complexo do procedimento e a um entendimento ajustado entre os examinadores e os examinados.

4.1 - Instalações de Recolha

Após uma primeira fase de identificação do material necessário à recolha dos sinais foi estabelecido um protocolo de colaboração com o Laboratório de Neuropsicofisiologia da FPCEUP.

Juntamente com material disponibilizado pela FEUP foram atingidos todos os requisitos necessários a uma recolha válida.

Na Figura 4.1 pode ser consultada uma imagem das instalações disponíveis.



Figura 4.1 Instalações de recolha.

4.2 - Angariação de voluntários

Foram definidos vinte voluntários como mínimo de sujeitos a serem examinados, cinquenta por cento para cada sexo.

A angariação de voluntários resultou de uma resposta a um correio eletrónico dinâmico enviado para toda a comunidade FEUP assim como colegas da FPCEUP.

Aqueles que mostraram interesse em realizar o teste foram convidados a preencher um formulário com os seguintes parâmetros: nome completo, idade, contato e por fim disponibilidade.

Os voluntários tinham uma idade compreendida entre 21 e 52 anos, sendo que a média de idades é de 24,9 anos de idade.

De acordo com a disponibilidade do Laboratório em fornecer as instalações e de acordo com a disponibilidade dos voluntários, todos os testes foram realizados de 23 de Abril até 4 de Maio de 2012.

4.3 - Consentimento Informado

Aquando da deslocação dos voluntários ao Laboratório era fornecido um consentimento informado que teria de ser lido e validado com a data e assinatura do voluntário.

O consentimento informado visa prevenir a elaboração do teste a voluntários com determinadas limitações quer a nível físico, quer a nível psicológico. O consentimento garantia o abandono do teste em qualquer altura ou em qualquer circunstância.

Alerta também para o facto de o teste ser gravado em vídeo, mas nunca para efeitos de divulgação, apenas para despistes de interferências que possam ter algum tipo de efeito nas medições, ou fatores externos.

Limitações cardíacas, como por exemplo: embolia pulmonar, enfermidade aguda, limitação física ou psicológica e intoxicação medicamentosa foram também referenciados no consentimento informado.

Este explicitava também que todas as condições de higiene e segurança eram garantidas.

O consentimento informado pode ser consultado no anexo Y.

4.4 - Escolha de estímulos visuais do IAPS

Os estímulos visuais a que os voluntários foram sujeitos fazem parte do *International Affective Picture System (IAPS)*. Estes estímulos possuem uma classificação correspondente ao seu grau de agradabilidade, numa escala crescente de 1 a 9.

Sendo que o interesse era potenciar ao máximo as reações fisiológicas as escolhas recaíram em estímulos com classificações mais perto dos extremos: mais perto de 9 para os agradáveis, mais perto de 1 para os desagradáveis e ainda mais perto de 5.5 para os estímulos neutros.

4.5 - Exame de Eletrocardiografia

O exame de eletrocardiografia seguiu o método de três derivações. Este método consiste na utilização de três elétrodos: dois ativos e um “terra”.

O elétrodo de polaridade negativa situado no pulso direito, o de polaridade positiva no tornozelo esquerdo e por fim o “terra” situado no tornozelo direito (ver imagem 4.2)

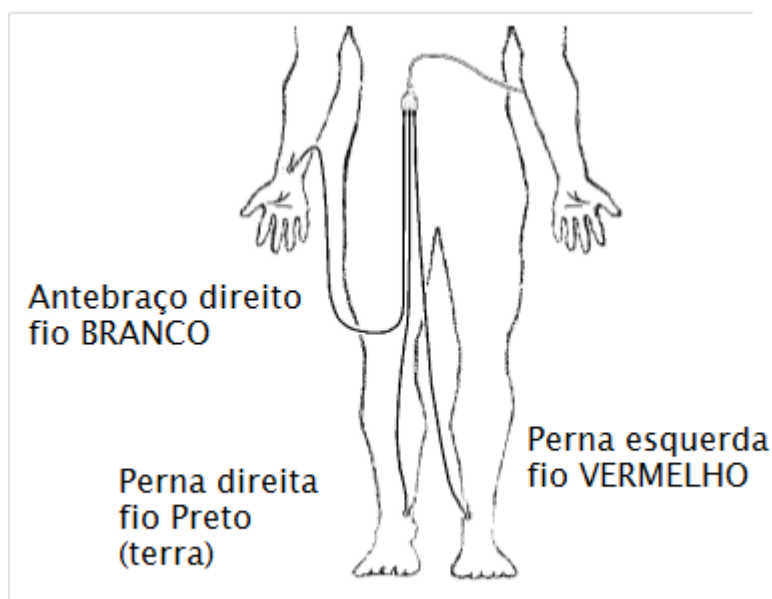


Figura 4.2 Ligação dos eléttodos ECG [21].

O método escolhido não garante perfeita captação de sinal, introduzindo normalmente algum ruído nas medições. Como o objetivo era segmentar complexos QRS e identificação de picos, a escolha deste método facilitou o teste e garantiu um bom nível de conforto aos voluntários.

4.6 - Exame de Eletrodermografia

O exame de eletrodermografia foi efetuado com recurso a uma par de eléttodos. Estes dois eléttodos garantem uma pequena corrente entre eles. A resistividade da pele é gravada usando os eléttodos normalmente situados entre dois dedos consecutivos da mão esquerda. Para a colocação destes eléttodos é necessário a utilização de um gel condutor.



Figura 4.3 Ligação dos eléttodos EDR.

4.7 - Protocolo experimental

O protocolo foi desenhado por forma a satisfazer os dois estudos envolvidos nesta investigação, o que levou a que seja explicado de forma global, fazendo alusão ao estudo do aluno Ricardo Dias.

Antes do início do teste, foram feitas algumas considerações como por exemplo: remoção de qualquer objeto metálico perto do local das medições (ECG e EDR), tentar apresentar uma respiração completamente normal e, ainda que houvesse o cuidado de ter o mínimo de movimento possível para não causar ruído interferente com as medições. Por fim, foi tido o cuidado do voluntário nunca ter acesso visual em tempo real às suas próprias medições.

O protocolo foi estruturado da seguinte forma: um primeiro conjunto de medições de calibração, seguido de três conjuntos de medições em que o voluntário era confrontado com estímulos.

No primeiro conjunto de medições não foram apresentados qualquer tipo de estímulos, e o voluntário teve de estar em repouso e ainda vozear a palavra 'imagem' e as vogais /a/ e /i/ onde foram gravadas as medições de eletrocardiografia, eletrodermografia e sinais de voz.

No segundo conjunto de medições não era pedido qualquer tipo de interação ao voluntário, para além das recomendações acima apresentadas, e foram apresentados nove estímulos visuais, sendo que estes estão agrupados em três grupos de três estímulos cada. Cada grupo de três estímulos era organizado da seguinte forma: agradável, neutro e desagradável.

No terceiro conjunto de medições era pedido ao voluntário para que no fim de cada estímulo visual pronunciasse de forma mais vozeada possível a palavra 'imagem' e, que desse ainda uma classificação subjetiva do estímulo que acabou de ver. Por forma a que esta classificação fosse mais intuitiva, do que anteriormente mencionada e usada pelo IAPS, foi ordenada numa escala de -5 a 5, em que -5 representa um estímulo desagradável, 0 um estímulo neutro e 5 um estímulo agradável.

No quarto e último conjunto de medições era pedido ao voluntário para que no fim de cada estímulo visual dissesse de forma vozeada a vogal /a/ e a vogal /i/.

A Figura 4.4 representa um diagrama de todo o procedimento.

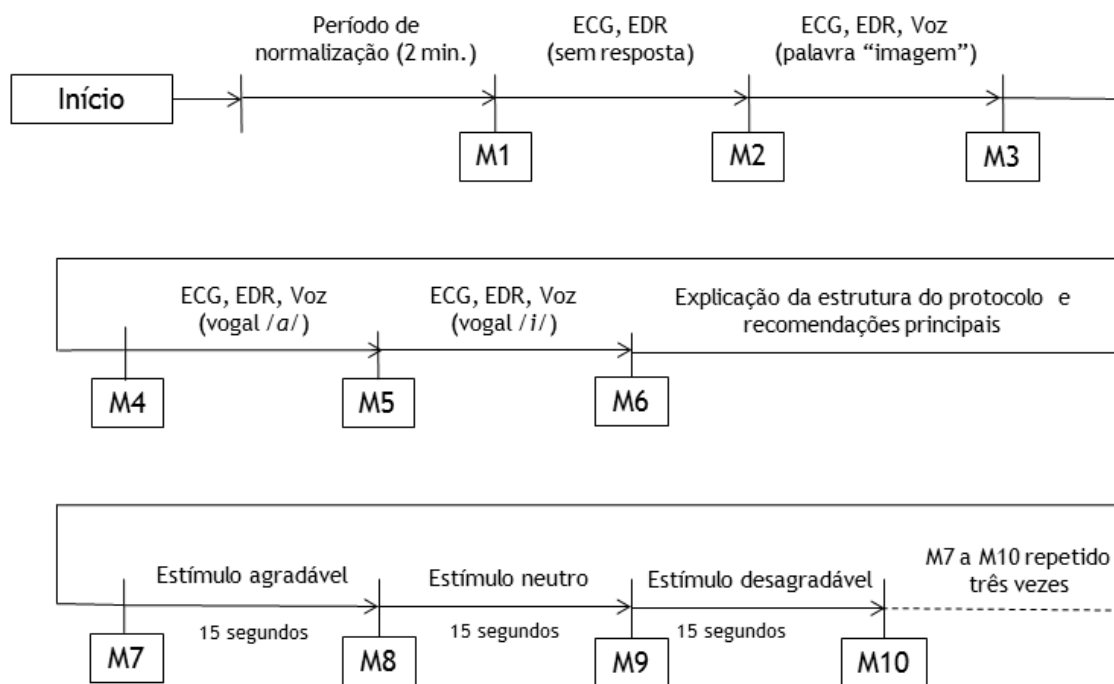


Figura 4.4 Diagrama sequencial do protocolo experimental.

Para além do tempo entre estímulos, nesta figura são evidenciados os momentos (marcados com a letra M) chave que seriam os marcadores para todos os instrumentos de medição para uma posterior segmentação. Serviram também como forma de sincronização entre instrumentos uma vez que eram usados de forma independente. A duração do teste para cada voluntário era de sensivelmente quinze minutos.

Igualmente importante na definição do protocolo foi a definição do tempo de exposição dos estímulos assim como o intervalo interestímulos. A duração para o tempo de exposição de cada estímulo foi de dois segundos, seguido de um ecrã preto de treze segundos, o que levava a que cada apresentação de um estímulo tivesse um tempo de quinze segundos. A justificação da duração do ecrã preto deve-se ao facto da necessidade de reposição dos sinais de eletrocardiografia e de eletrodermografia, sendo este último um sinal de resposta lenta, e, por consequência reposição lenta necessita - de pelo menos seis a sete segundos aos quais foram acrescidos uns segundos por forma a eliminar qualquer tipo de erros de medição [22].

Os marcadores anteriormente mencionados, representados por M na Figura 4.4, representam a solução encontrada para conseguir de forma eficiente fazer uma marcação e segmentação de todos os momentos importantes, neste caso estímulo a estímulo. Foi algo bem ponderado uma vez que, quer os sinais de eletrocardiografia, quer de eletrodermografia eram captados por aparelhos diferentes (como pode ser consultado no capítulo 3) e ainda gravados em computadores diferentes. O problema de não haver um aparelho comum deu

origem a que a segmentação de cada estímulo tivesse que ser feita de forma manual, o que levou a um número total de 1620 segmentos: 27 estímulos x 3 sinais x 20 voluntários. A forma manual de segmentação justificou a demora com a elevada precisão de sincronismo.

Por outro lado ainda, para os sinais de voz e devido ao tempo de vozeamento da palavra 'imagem' ser variável de pessoa para pessoa, foi realizada uma segmentação manual das partes vozeadas da palavra em vogais /i/ e /a/ para a extração características de voz da mesma.

4.8 - Conclusão

Neste capítulo, como se pode verificar, nem sempre foi fácil a implementação de um protocolo que satisfizesse os dois estudos e as condições logísticas existentes. De qualquer das formas foi tudo alcançado com um esforço comum entre todos os intervenientes deste processo.

Capítulo 5

Processamento de sinal e algoritmia

Este capítulo visa explicar todo o processamento de sinal e algoritmia envolvida na análise pós segmentação, após recolha de todos os sinais fisiológicos.

O resultado deste processo foi a extração de características diferenciadoras que seriam mais tarde exportadas para o ambiente estatístico SPSS.

Os sinais de eletrocardiografia e eletrodermografia foram alvo de alguma inovação e de alguma programação, em ambiente *Matlab*. Para o primeiro foram feitos algoritmos baseados em alguns já existentes, assim como um algoritmo novo. Para os sinais de eletrodermografia, a algoritmia foi feita toda de raiz.

Por fim, para os sinais de voz a extração de características foi feita através do *Voice Report* do ambiente *Praat*.

5.1 - Processamento de sinais de eletrocardiografia

Neste subcapítulo serão descritas as funcionalidades das várias abordagens de processamento de sinais de eletrocardiografia assim como a explicação do conceito de cada uma delas. Serão também referenciadas as características extraídas para o ambiente estatístico.

O conceito da análise de sinais de eletrocardiografia refere a extração de características que nos permitam identificar alterações nos sinais, tais como: batidas por minuto (BPM), medidas de *jitter* e ainda o período fundamental médio (T0).

Como medidas de *jitter* foram usadas *jitter* simples, Relative Average Perturbation (RAP), Five-Point Period Perturbation Quotient (PPQ5) e Eleven-Point Period Perturbation Quotient (PPQ11). O PPQ11 foi extraído em raras situações uma vez que o tamanho da amostra não permitia que a característica tivesse sempre relevância. As fórmulas para estes parâmetros foram explicadas no Capítulo 2, secção 2.2, à exceção do parâmetro BPM:

$$BPM = \sum_{i=1}^N \text{pico}(i)$$

Foram admitidas várias abordagens que serão posteriormente explicadas, sendo que para qualquer uma delas foi gerada uma imagem com todos os nove segmentos de estímulos de cada parte, tendo assim uma visão global e crítica do segmento em questão (ver Figura 5.x).

Todos os parâmetros anteriormente mencionados foram extraídos automaticamente para um ficheiro XLS (*Microsoft Excel Format*) para ser mais fácil a sua exportação para o ambiente estatístico SPSS.

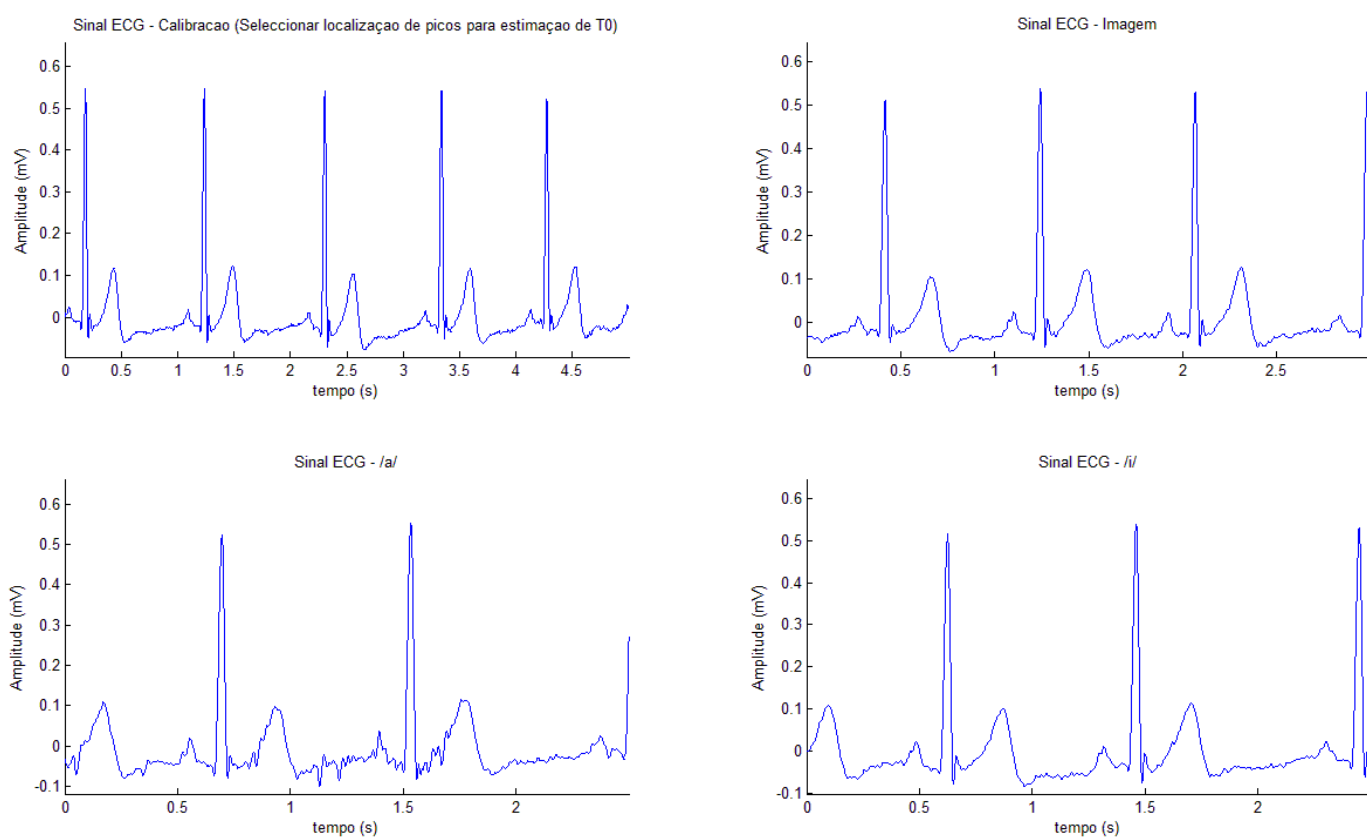


Figura 5.1 Quatro partes de Calibrao.

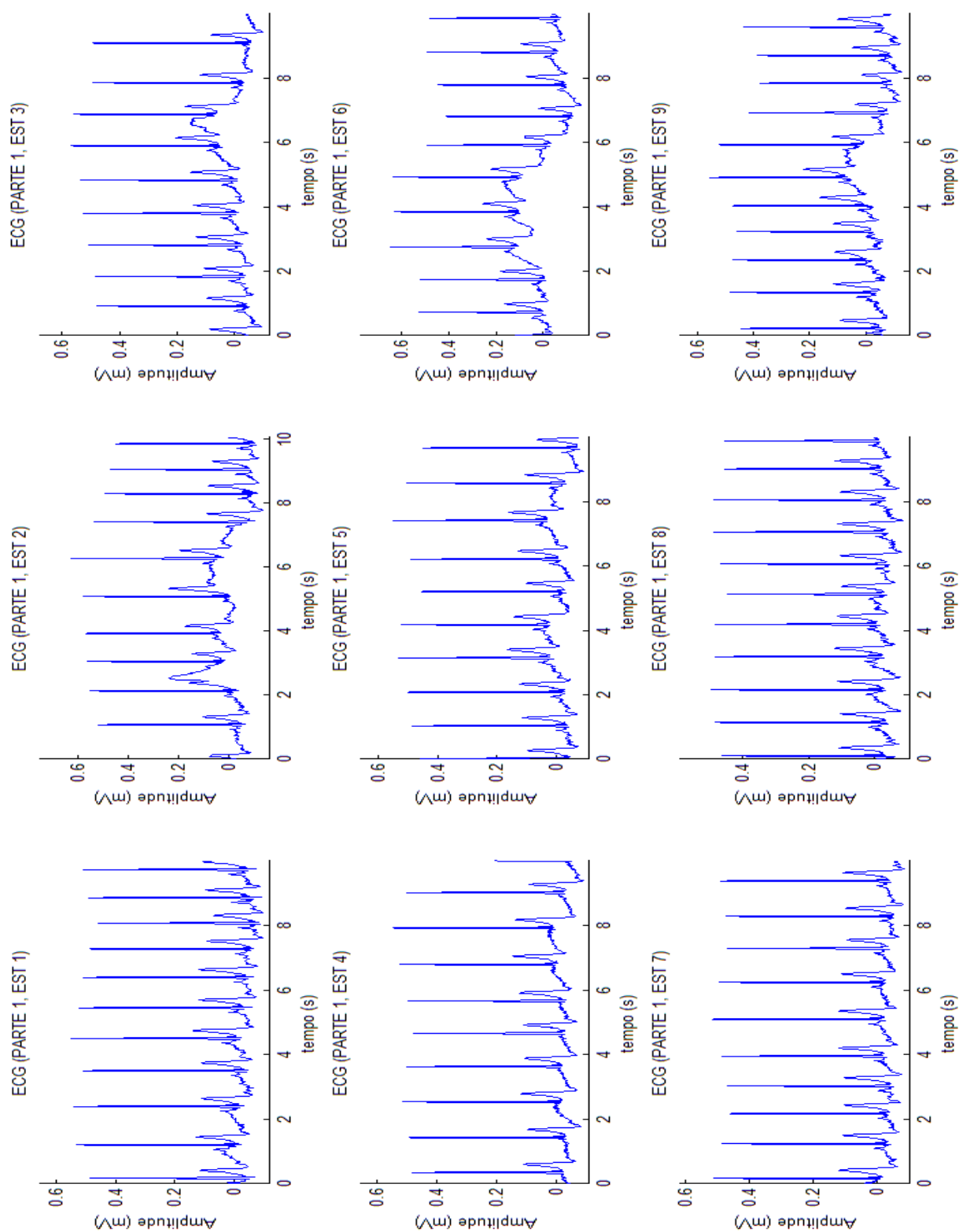


Figura 5.2 Conjunto de 9 estímulos da parte 1.

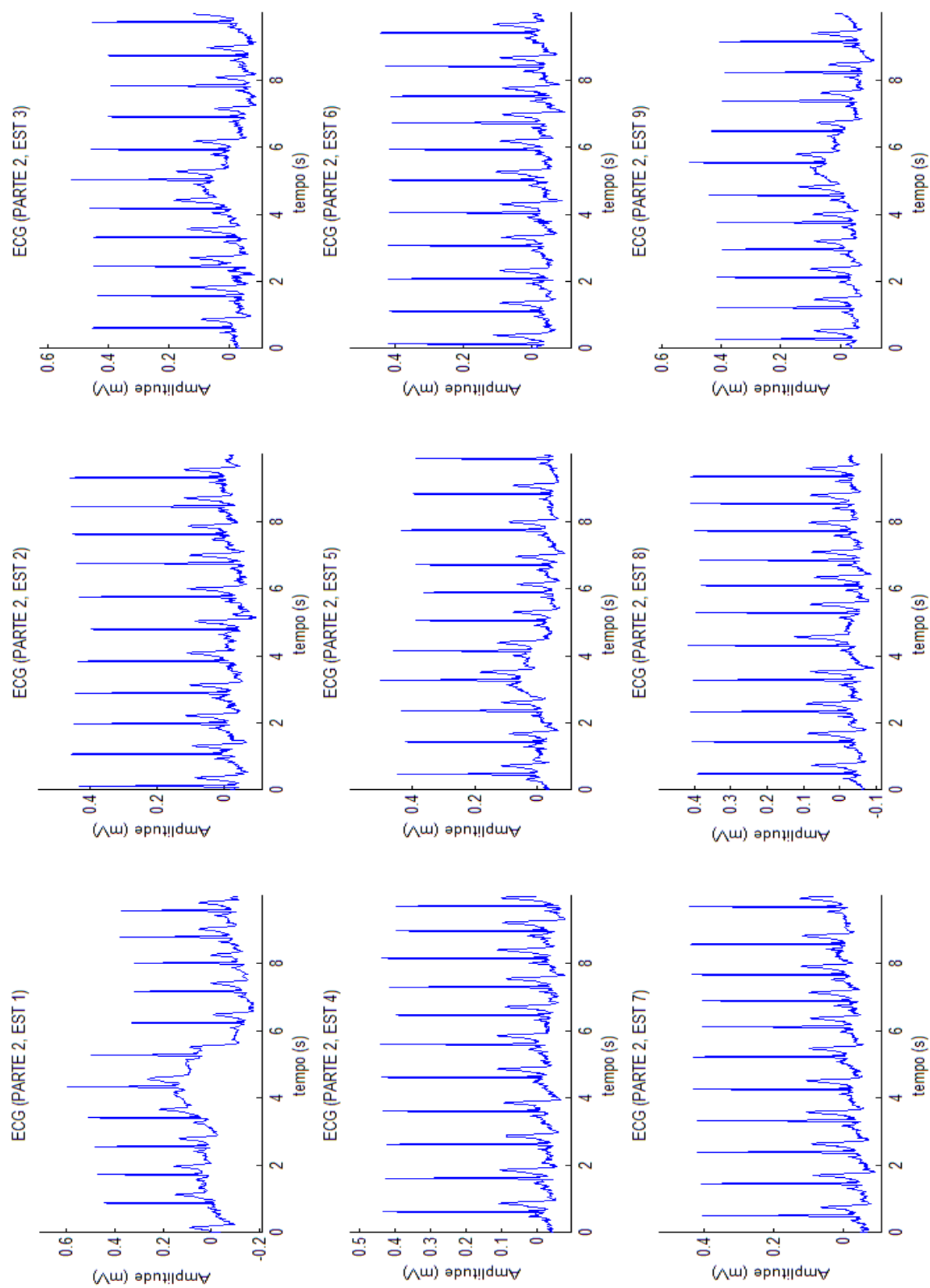


Figura 5.3 Conjunto de 9 estímulos da parte 2.

5.1.1 - Método Automático

O primeiro método a ser testado foi o método automático recorrendo ao algoritmo *Peak Finder*, desenvolvido por Yoder em 2009. Este algoritmo tem como procedimento base a correlação entre um qualquer complexo P-QRS-T e o restante sinal. Em teoria este método retornaria sem erros as posições dos picos do sinal, acima de um certo limiar de correlação e de uma estimação arbitrária de T_0 .

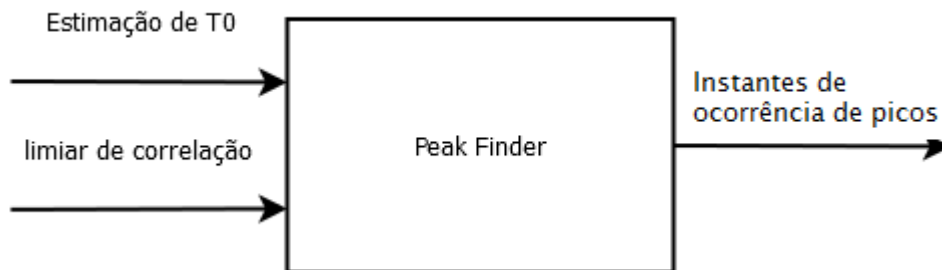


Figura 5.4 Diagrama Funcional do Método Automático usando *Peak Finder*.

O problema encontrado neste método foi a deteção de falsos positivos - falsos picos. Este problema deve-se ao facto de ter sido escolhido uma derivação do exame de eletrocardiografia de apenas três derivações o que introduz algum ruído e ainda que alguns voluntários apresentavam uma elevada amplitude na onda T, que teria uma elevada correlação levando a que normalmente fosse confundida com um pico (confundido a onda T com o complexo QRS).

O passo seguinte foi uma tentativa de adaptação deste método, tornando-o semiautomático e assim mais eficiente.

5.1.2 - Método SemiAutomático

A elaboração deste método partiu dos erros do método automático, por forma a garantir uma maior eficácia ao algoritmo.

O princípio de funcionamento para garantir esta melhoria foi a seleção de todos os picos e todos os intervalos entre picos, períodos. Partindo deste princípio, e recorrendo à ferramenta gráfica proporcionada pelo *Matlab*, que foi realizado a seleção manual de dois pontos, dois picos, para a estimacão do período, T_0 , a usar no algoritmo *Peak Finder*. Foi também, escolhida a amostra de sinal que seria usada para a correlação. Inicialmente a amostra escolhida, também através de dois pontos, foi um complexo QRS completo ao invés de um P-QRS-T. A Figura 5.5 apresenta um caso de insucesso de deteção.

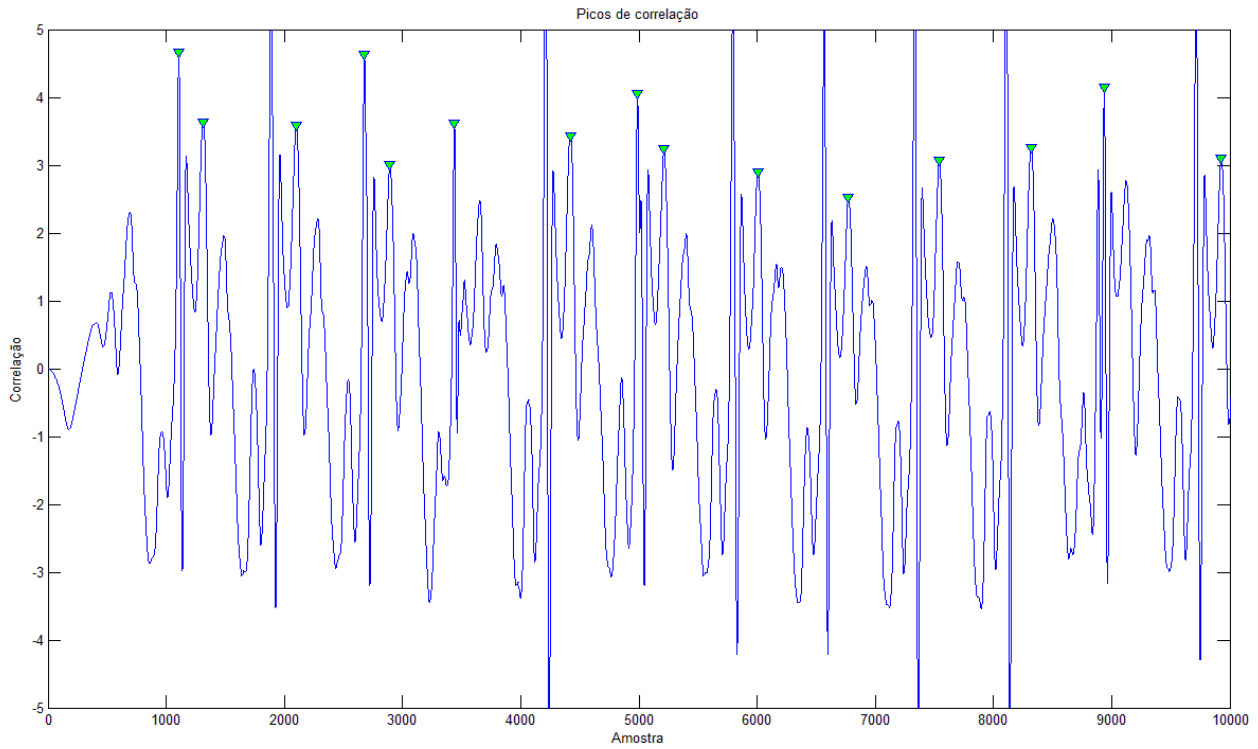


Figura 5.5 Caso de insucesso.

Uma outra melhoria sobre este método foi a introdução de uma nova condição de que teria de haver no mínimo $T0/2$ amostras de tempo entre picos, desta forma garantia de forma mais segura que a onda T não seria considerada como pico.

A Figura 5.6 representa a segmentação usando os dois pontos do complexo QRS.

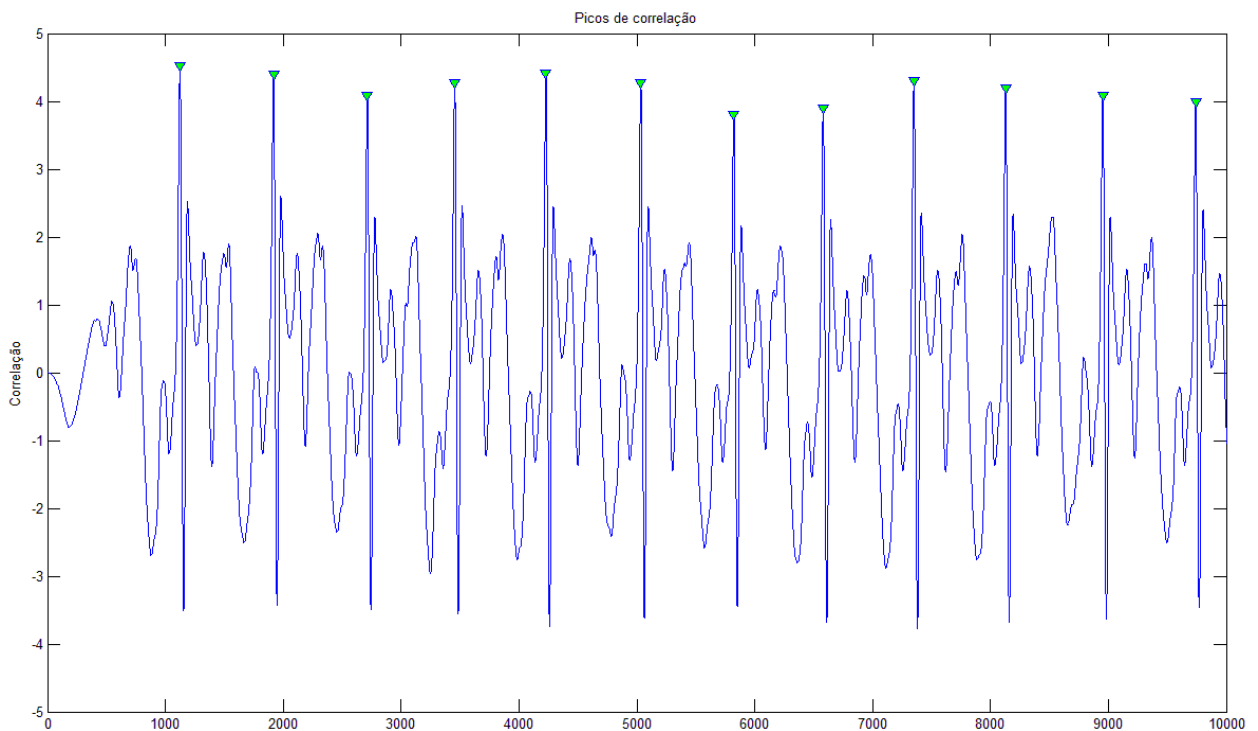
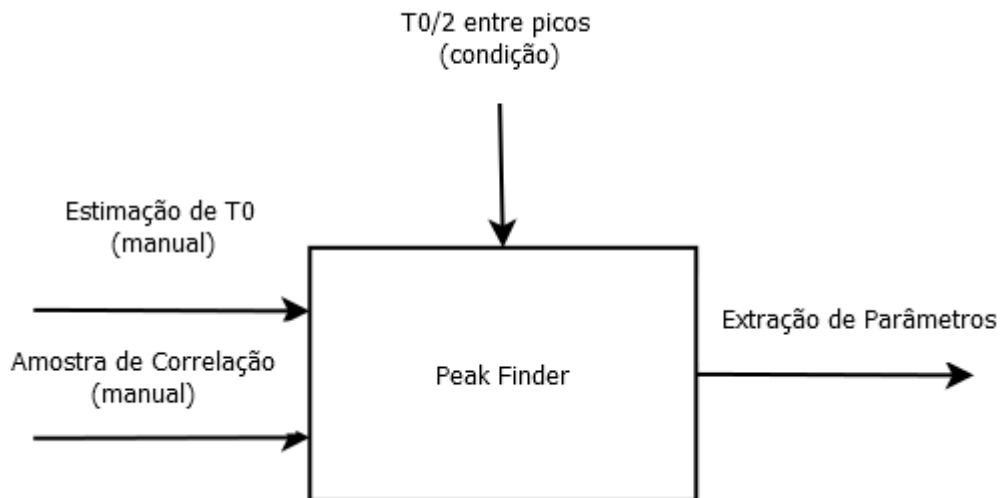


Figura 5.6 Caso de Sucesso.

Figura 5.7 Diagrama Funcional do Método semiautomático usando *Peak Finder*.

5.1.3 - Método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias)

Este método baseia-se num conceito totalmente diferente dos anteriores algoritmos. O algoritmo consiste em desenhar manualmente uma reta e assumir que todos os valores acima dessa reta são considerados possíveis picos. Ao encontrar uma zona de possíveis picos, o algoritmo procura matematicamente o maior valor dessa zona - que corresponde a um pico.

Devido a erros de captação, ou mesmo da elevada amplitude das ondas T, é difícil desenhar uma recta que abranja todos os picos e ignore todos os falsos positivos.

Para resolver este problema, foi utilizada a ideia de que entre dois picos (batimentos) ocorre sempre $T0/2$, porque uma pessoa nas condições apresentadas nunca aumentaria o seu ritmo cardíaco para o dobro nem o diminuiria para metade.

Por fim, para uma correta aproximação de $T0$ assume-se que os dois primeiros picos são bem apresentados e sem ruído.

A Figura 5.8 demonstra um caso em que a reta detetou um falso pico (entre o pico numero cinco e o pico numero 6). Como podemos ver graficamente, e para uma confirmação manual posterior, todos os possíveis picos estão marcados com esferas verdes.

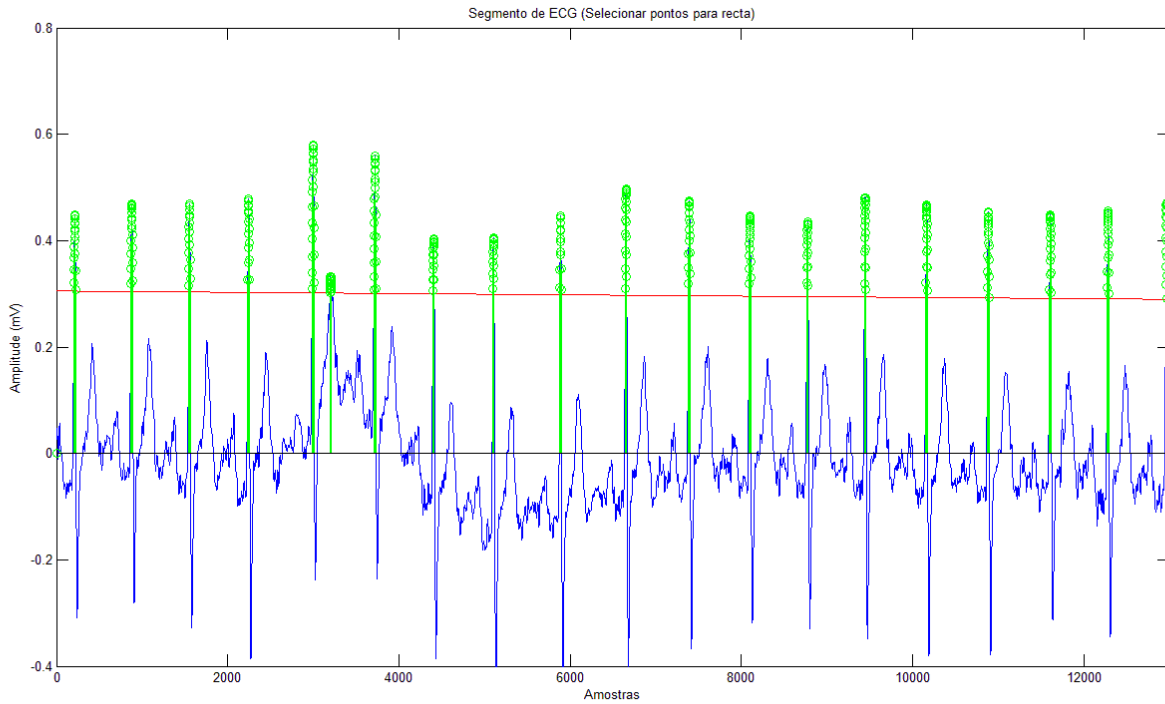


Figura 5.8 Segmento de ECG com detecção de um falso pico usando o método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias).

A Figura 5.9 mostra de forma mais evidente a detecção de um falso pico.

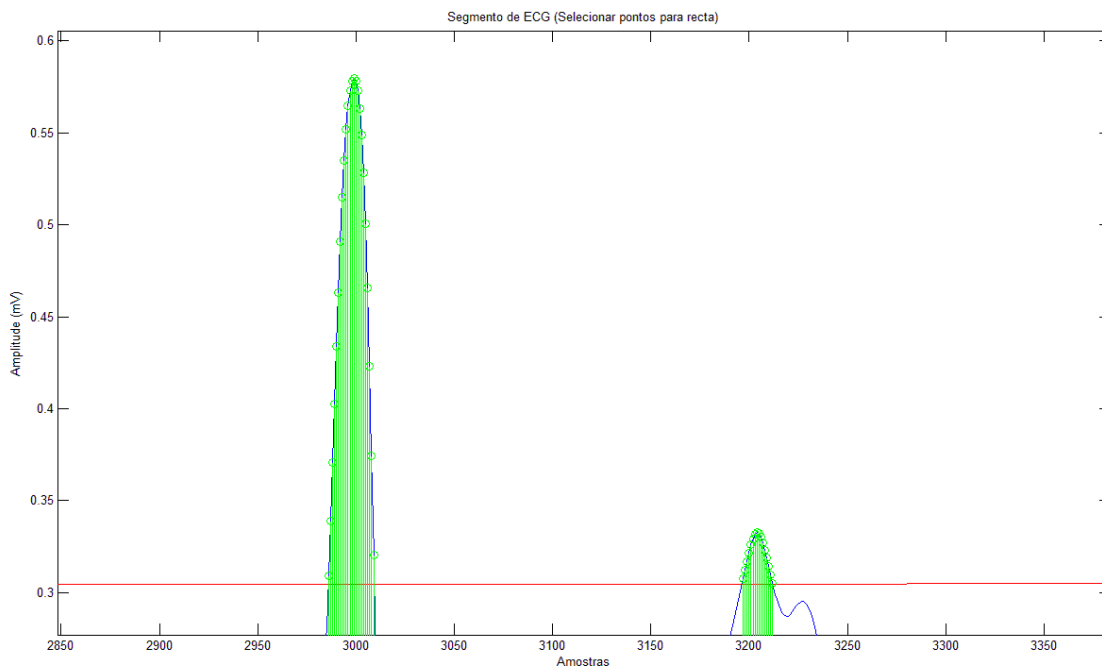


Figura 5.9 Evidência de um falso pico usando o algoritmo dos Limiares (Barbosa-Dias).

Como foi explicado anteriormente, este tipo de erros são colmatados pelo facto da estimação de que entre picos tem que existir no mínimo T0/2 amostras de tempo, como anteriormente mencionado.

Quer o exemplo anterior, quer o referido na Figura 5.10 produziram 100% de eficácia, uma vez que estes erros são tratados no algoritmo.

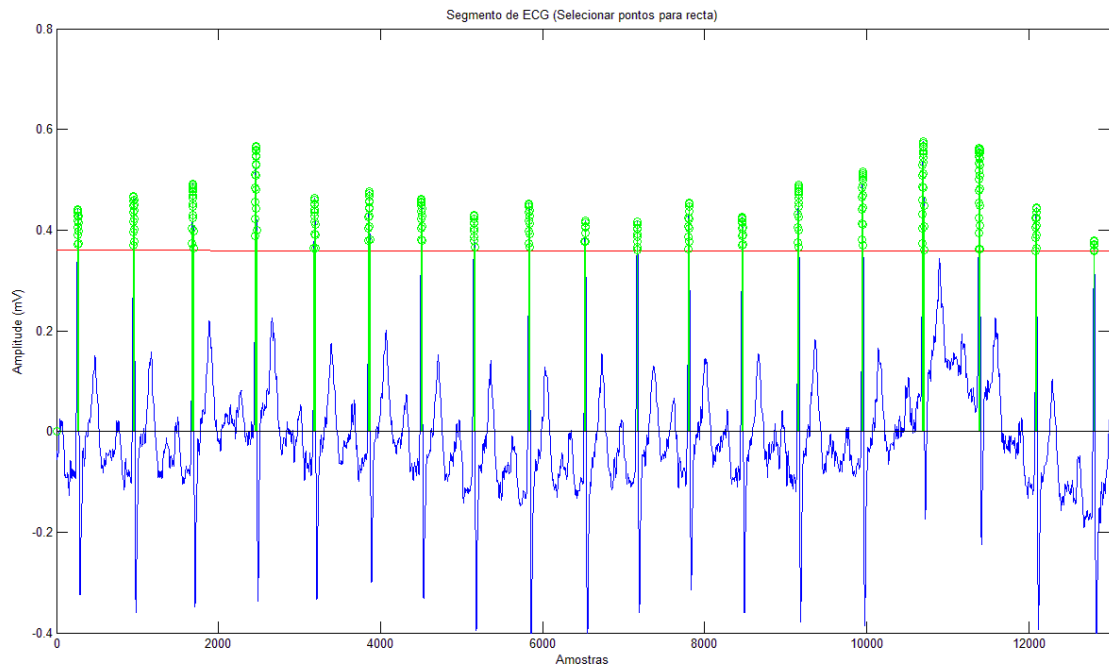


Figura 5.10 Segmento de ECG sem deteção de falsos picos usando o algoritmo dos Limiares (Barbosa-Dias).

A extração de parâmetros é igual à dos anteriores algoritmos, na qual os valores dos parâmetros são gravados para um ficheiro XLS por forma a otimizar o tempo na construção da tabela para o ambiente estatístico SPSS.

Considerando que este algoritmo, desenvolvido de raiz, apresentava à primeira vista melhores resultados que os anteriores, para o tipo de sinais captados, foi realizado um teste de eficácia. Para esta prova foram seleccionadas de forma aleatória 10% de amostras que foram testadas manualmente por forma a garantir a credibilidade do algoritmo. Para as amostras seleccionadas foram obtidos 100% de resultados corretos, pelo que garantiu uma boa robustez ao algoritmo.

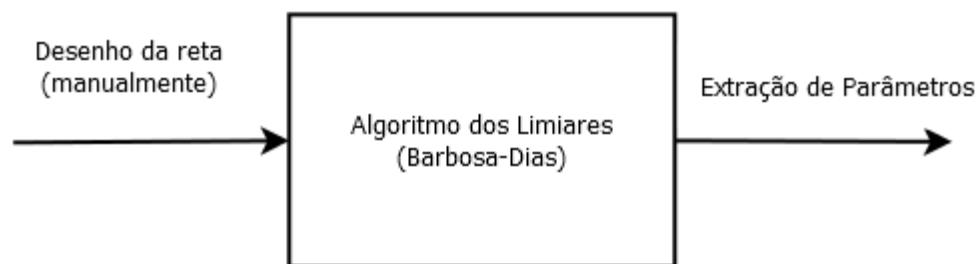


Figura 5.11 Diagrama Funcional do Método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias).

A extração dos parâmetros representa um conjunto de valores que foram gravados para todos os segmentos. Os parâmetros calculados e gravados foram: número de amostras, número de picos (QRS), *jitter* simples, *jitter* das diferenças quadráticas, RAP, PPQ5, PPQ11, BPM (batimentos por minuto) e ainda o período fundamental médio (T0 medio).

5.2 - Processamento de sinais de eletrodermografia

Neste subcapítulo será explicado todo o processamento e a sua lógica de implementação tendo em conta os sinais fisiológicos de eletrodermografia.

Para este tipo de sinal, o processamento começou com uma tentativa de reconhecimento de padrões da onda do sinal de EDR. Devido à vasta variedade de formatos e comportamentos, conclui-se que a abordagem teria que ser outra para além de reconhecimento de padrões, uma abordagem de raiz e intuitiva.

O algoritmo começa com a aplicação de uma média, para eliminar o efeito de quantização do sinal captado, o qual pode ser observado na Figura 5.12.

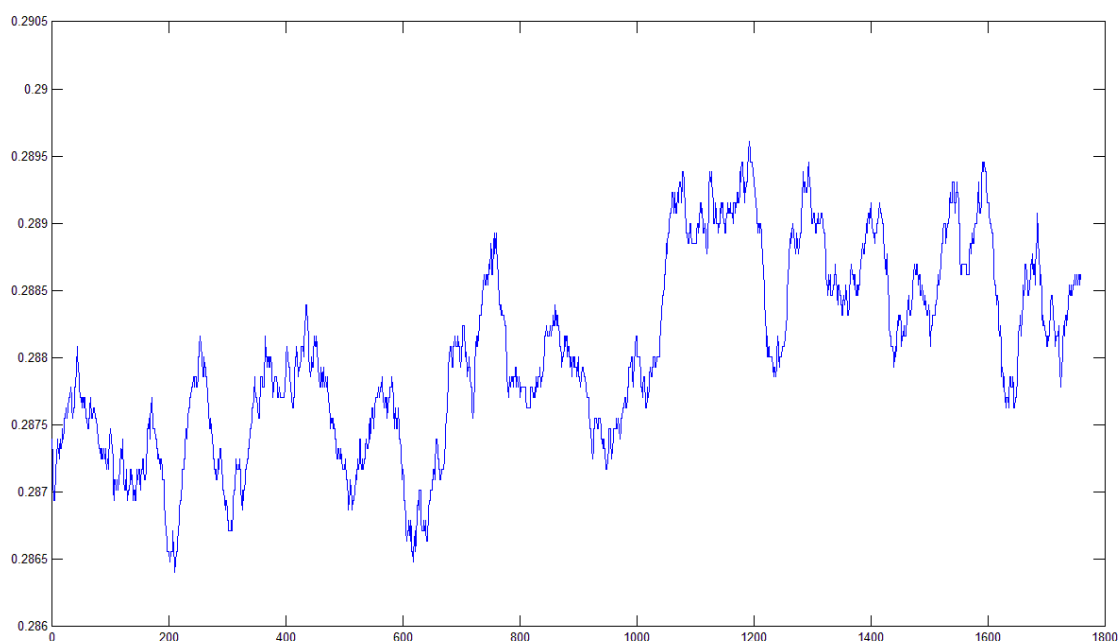


Figura 5.12 Segmento de EDR original sem processamento (efeito de quantização).

Para cada voluntário foi capturada uma amostra de sinal de calibração. Foi realizada uma normalização do sinal, pela subtração do valor da média de calibração pelos valores do sinal referente a cada estímulo (ver Figura 5.13).

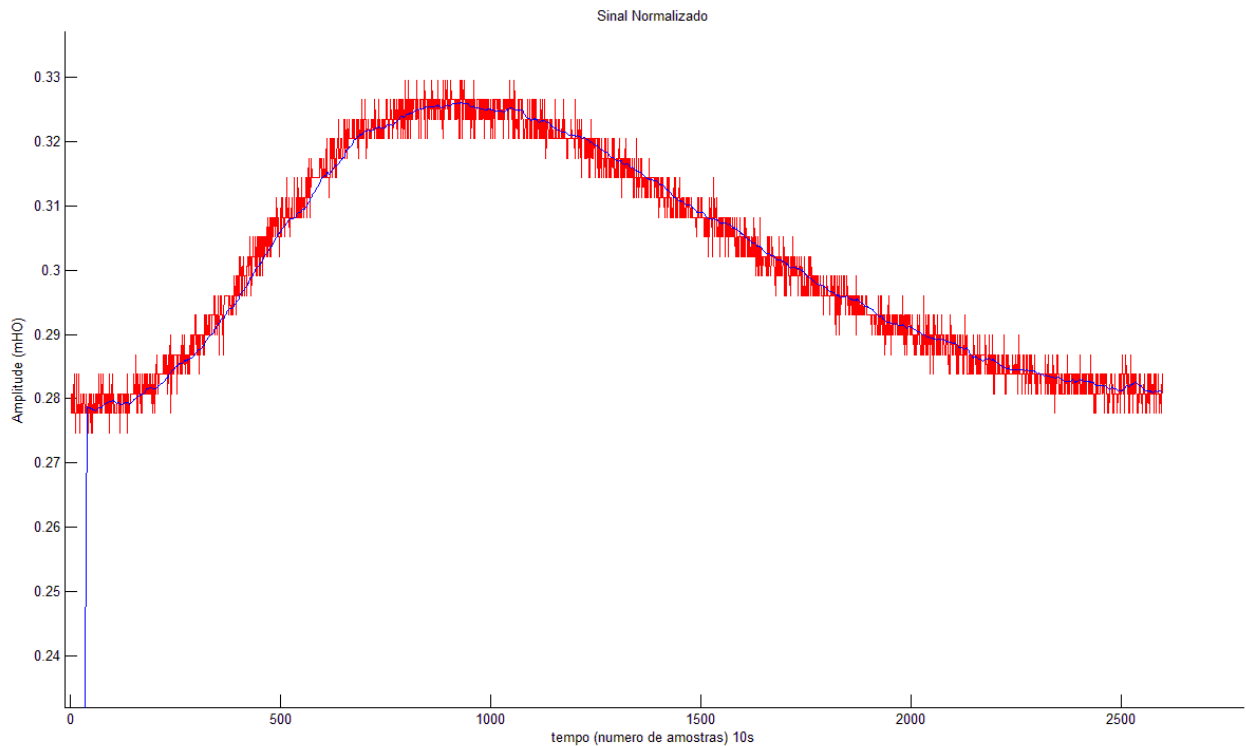


Figura 5.13 Segmento de EDR normalizado (azul).

Uma vez que o comportamento do sinal foi impossível prever, foi adotada uma abordagem diferente. Esta abordagem tem como principio o cálculo da derivada do sinal normalizado que corresponde a uma representação mais fiel dos valores de reação mais rápidos do sinal, onde o voluntário apresentou uma variação mais significativa. Após o cálculo do sinal da derivada, valores relacionados com a velocidade de reação, foram calculados os seus máximos e mínimos. O valor máximo global positivo de velocidade de reação corresponde ao ponto em que o voluntário apresentou uma máxima reação ao estímulo, e o mínimo global negativo corresponde ao valor onde o voluntário apresentou uma máxima reposição (quanto maior e mais rápida for a reação, maior a e mais rápida será a reposição).

Segundo esta lógica, a forma temporal do sinal foi dividida em três partes equivalentes (1/3 do sinal original). Para cada uma das partes, e numa tentativa de previsão foram calculados os seus máximos e mínimos de aceleração bem com um conjunto de parâmetros a serem extraídos para o ambiente estatístico (ver Figura 5.14).

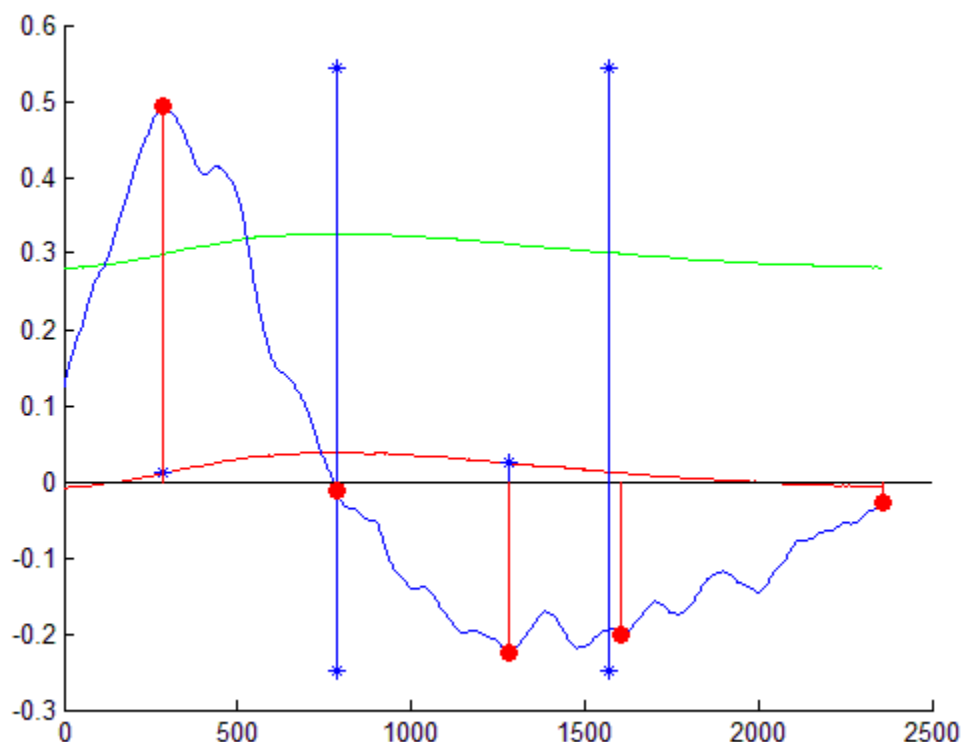


Figura 5.14 Segmento de EDR do Estimulo 1 para o voluntario 1 em que o sinal verde corresponde ao sinal original, sinal vermelho corresponde ao sinal normalizado e o sinal azul corresponde à derivada. As esferas vermelhas correspondem aos máximos e mínimos totais e locais.

5.3 - Processamento de sinais de voz

Neste subcapítulo será descrito todo o processamento aplicado a sinais de voz. Como explicado no procedimento experimental o voluntário teria de dizer a palavra ‘imagem’ da forma mais vozeada possível e ainda pronunciar-se subjetivamente acerca do estímulo em questão.

Tendo sido gravadas num único ficheiro estas duas componentes de fala, o primeiro passo foi a segmentação manual das mesmas. Após a segmentação da palavra ‘imagem’ procedeu-se à segmentação manual usando o ambiente *Praat* das partes mais vozeadas da palavra: a vogal /i/ e /a/ para cada estímulo da segunda parte do procedimento. A Figura 5.15 apresenta o interface do *Praat* onde foi realizada a segmentação.

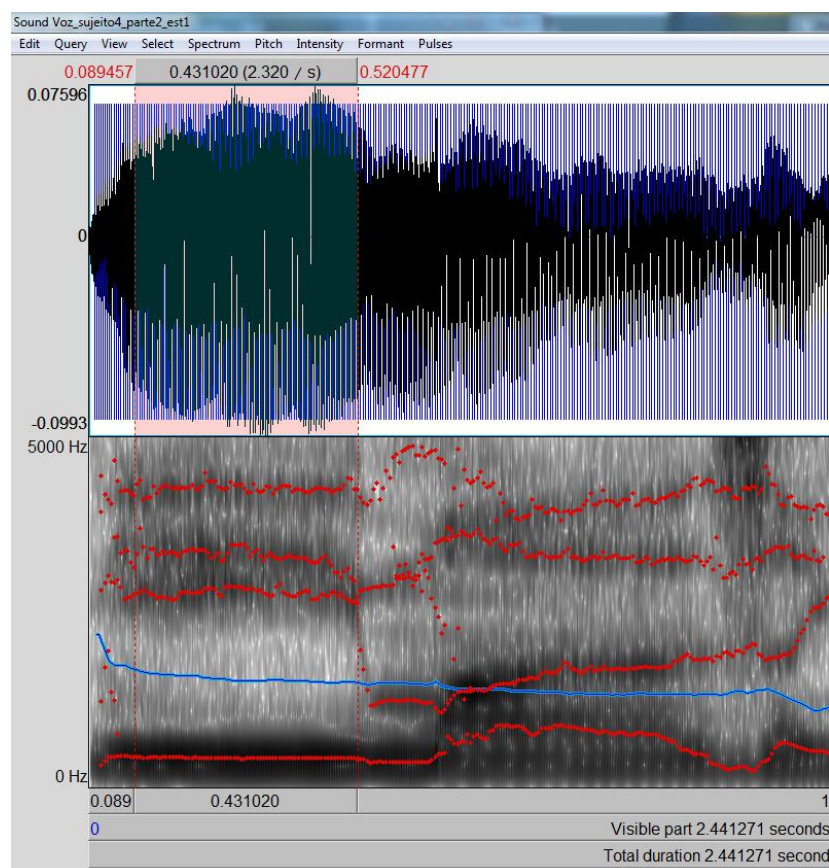


Figura 5.15 Segmento da vogal /i/ da palavra ‘imagem’ para o voluntário 4, parte 2 e estímulo 1.

Usando uma funcionalidade do *Praat - Voice Report* - foi possível aceder a um relatório com os parâmetros que seriam usados para a análise estatística. Os parâmetros retirados para cada vogal foram: número de impulsos, número de períodos, média, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo da frequência fundamental (*Pitch*), ainda *jitter* simples, *jitter* RAP e *jitter* DDP (*Difference of Differences of Period*).

Uma vez que o *Voice Report* gera um ficheiro TXT (Text File) foi usado um script para transformar em tabelas do formato XLS por forma a facilitar a transição e poupar tempo.

5.4 - Conclusão

Neste capítulo foi explicado todo o processamento envolvidos nas três componentes de análise previstas para este estudo.

No caso do processamento de sinais de eletrocardiografia foi introduzida alguma inovação com a implementação de um método completamente independente do algoritmo previsto - *Peak Finder*. Foi encontrada uma solução que permitiu mais garantias para o tipo de sinais em questão - método Semiautomático dos Limiares (Barbosa-Dias).

Nesta fase optou-se por uma tentativa de extração do número máximo de características possíveis uma vez que poderiam posteriormente revelar-se importantes estatisticamente.

Capítulo 6

Análise Estatística

Neste capítulo serão descritos os métodos estatísticos usados bem como todos os seus racionais para todas as hipóteses testadas.

A análise feita neste estudo com mais relevância, foi uma análise inferencial, levantando hipóteses que podem ou não ter importância estatística. Para estes testes foi usado o ambiente de tratamento estatístico SPSS, como mencionado anteriormente.

Devido à organização aquando da extração de parâmetros dos fatores em estudo, a transição para o SPSS foi relativamente equivalente.

O procedimento definido no início dos testes foi angariar vinte voluntários para satisfazer algumas condições estatísticas que serão explicadas nas próximas secções.

Tabela 6.1 – Variáveis Independentes (Fatores) de análise estatística.

Fator	Gama
Género	Feminino / Masculino
Tipo	Agradável, Neutro e Desagradável
Parte	Parte 1 e Parte 2
Momento	Momento 1, Momento 2 e Momento 3
Classificação Subjectiva	[-5;5]

A tabela anterior evidencia as três variáveis independentes usadas para a estipulação de vinte voluntários, dez de cada gênero, perfazendo um total de 30 respostas por gênero.

Devido à natureza dos dados ser do tipo, nominal e ordinal, foi optado pelos testes de *Kruskal-Wallis* e para os casos em que os dados sejam do tipo ordinal e nominal binário foi optado o teste de *Mann-Whitney* [23]. Para ambos os testes os valores de significância foram de 5%. A hipótese nula para ambos os testes é rejeitada para valores de significância inferiores ao valor referido.

Ainda foi considerada a estatística *H* como *score* de capacidade discriminativa dos parâmetros. Quanto maior for este valor maior é a capacidade discriminativa dos parâmetros.

Nos gráficos abaixo apresentados podem ser consultados alguns valores espúrios devido a erros de medição ou movimento involuntários dos sujeitos. Estes valores não foram removidos uma vez que não tiveram impacto estatístico no estudo.

6.1 - Relação entre a classificação subjetiva e fatores

Os fatores que serão postos em prova nesta análise serão: o gênero, a parte, o tipo e por fim o momento.

O fator gênero corresponde a uma variável do tipo nominal binária, uma vez que só tem duas possibilidades: masculino ou feminino.

O fator Parte corresponde a uma variável do tipo nominal e tem três possibilidades: parte de calibração, parte sem resposta e parte com resposta.

No que diz respeito ao fator Tipo, corresponde a uma variável do tipo nominal e tem três hipóteses: estímulo agradável, neutro e desagradável.

Quanto ao fator Momento corresponde a uma variável do tipo nominal e corresponde ao momento em que os estímulos são mostrados, tendo para cada parte três momentos.

Por fim, o fator Classificação subjetiva corresponde a uma variável do tipo ordinal e representa a um valor subjetivo de -5 a 5 numa escala crescente de agradabilidade, em que 5 é muito agradável, 0 corresponde ao neutro e -5 a muito desagradável.

Todos os parâmetros de Voz, Eletrodermografia e Eletrocardiografia são variáveis do tipo escalar.

6.1.1 - Classificação subjetiva em função do Gênero

Este teste foi efetuado para verificar a variabilidade da Classificação subjetiva em função do Gênero. A variável Classificação é do tipo ordinal e a variável Gênero é do tipo nominal binário, levando a que o teste efetuado fosse o *Mann-Whitney* [23].

Para este teste, a hipótese nula foi aceita com $p=0.973$, $H=0,001$ e $df=1$. O gráfico de quartis pode ser consultado na Figura 6.1.

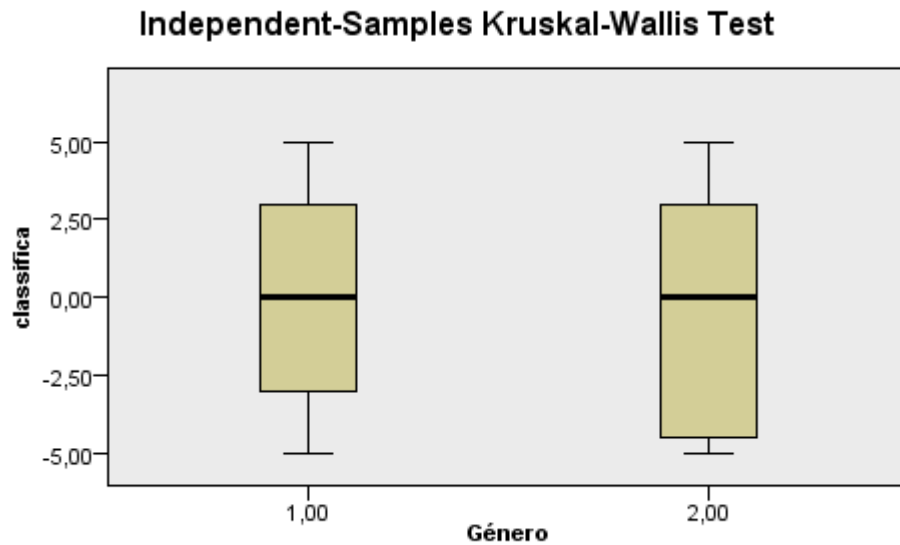


Figura 6.1 Gráfico de quartis referente à classificação em função do gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

A conclusão deste teste é que os grupos são estatisticamente equivalentes, como pode ser verificado no gráfico anterior. A classificação não parece depender do gênero.

6.1.2 - Classificação subjetiva em função do Tipo

Este teste foi efetuado para verificar a correspondência entre a Classificação subjetiva e a classificação objetiva do IAPS (Agradável, Neutro e Desagradável). A variável Classificação é do tipo ordinal e a variável Tipo é do tipo nominal levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A hipótese nula foi rejeitada com $p < 0.005$, $H = 135.176$ e $df = 2$. O gráfico de quartis pode ser consultado Figura 6.2.

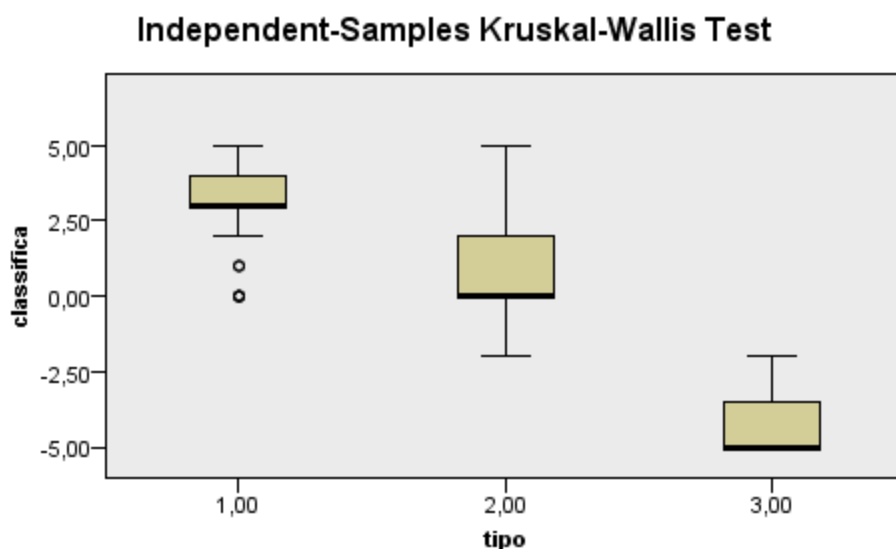


Figura 6.2 Gráfico de quartis referente à Classificação em função do Tipo, sendo que o valor 1 representa um estímulo agradável, o 2 neutro e o 3 desagradável.

A conclusão deste teste é que existe uma correspondência estatisticamente significativa entre a Classificação subjetiva e a classificação objetiva do IAPS.

6.1.3 - Classificação subjetiva em função do Momento

Este teste foi efetuado para verificar se a Classificação subjetiva depende do Momento em que o estímulo é mostrado. A variável Classificação é do tipo ordinal e a variável Momento é do tipo nominal levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A hipótese nula foi aceita com $p=0.684$, $H=0.760$ e $df=2$. O gráfico de é ilustrado na Figura 6.3.

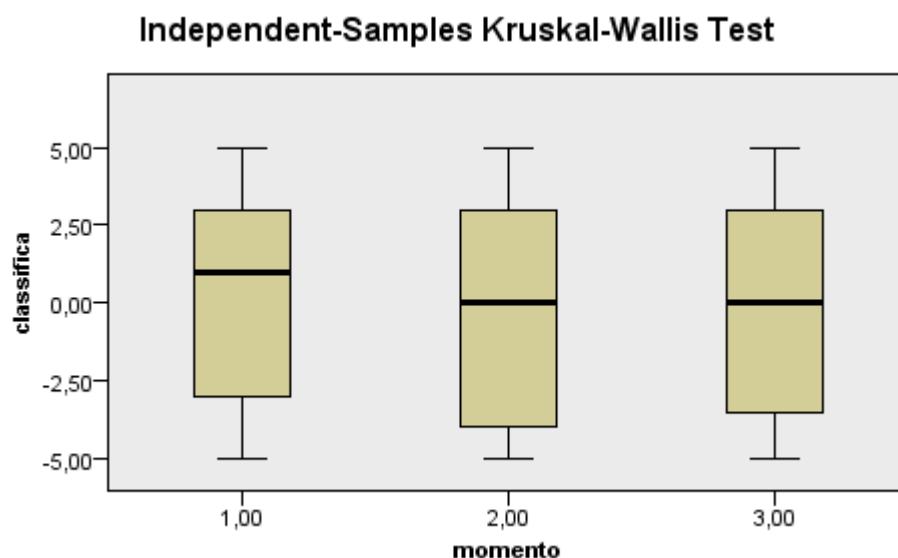


Figura 6.3 Gráfico de quartis referente à Classificação em função do Momento, sendo que o momento 1 corresponde ao primeiro conjunto de 3 estímulos (agradável, neutro e desagradável).

A conclusão deste teste é que a Classificação Subjetiva não depende do momento em que é feita.

6.2 - Relação entre os Parâmetros de Voz e os fatores

Os fatores que serão postos em prova nesta análise serão: o gênero, a parte, o tipo e por fim o momento. Estes fatores serão testados em relação com os parâmetros extraídos da análise da componente de Voz. Os parâmetros da Frequência fundamental (F0) para verificar a influência no tom de voz, e os parâmetros de *jitter* para verificar a influência na perturbação da frequência fundamental da voz.

6.2.1 - Parâmetros de Voz em função do Gênero

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de Voz que sejam dependentes do Gênero. A variável Gênero é do tipo nominal binária e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.2 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.2 – Parâmetros de Voz em função do Gênero.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padiao	
				Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Mean_pitch_i	<0.005	129.367	1	117.04	194.13	21.671	31.51
Std_deviation_i	<0.005	16.432	1	4.3202	6.9821	2.031	6.423
Jitter_local_i	0.242	1.370	1	0.7311	0.6867	0.3671	0.4001
Jitter_ppq5_i	0.944	0.005	1	0.3532	0.3477	0.1855	0.1806
Mean_pitch_a	<0.005	123.488	1	112.60	185.89	22.541	31.936
Std_deviation_a	0.059	3.567	1	2.090	4.104	1.2504	8.4309
Jitter_local_a	0.588	0.293	1	0.5812	0.5444	0.3604	0.3105
Jitter_ppq5_a	0.879	0.023	1	0.3255	0.3007	0.1708	0.1801

Considerando os valores de H o Mean_pitch_i e o Mean_pitch_a são os parâmetros mais discriminativos.

Para o parâmetro Mean_pitch_i - que corresponde ao *pitch* médio para a vogal /i/ - verifica-se que a média da Frequência Fundamental é dependente do Género e que as mulheres (media mulheres) apresentam uma frequência maior do que os homens (media homens)[10] . O gráfico de quartis é ilustrado na Figura 6.4.

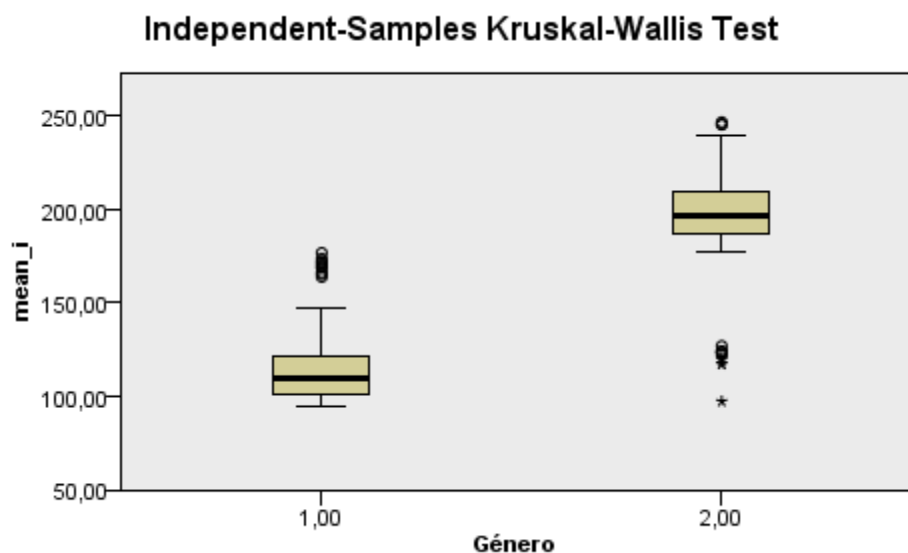


Figura 6.4 Gráfico de quartis referente à Média do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Género, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

Para o parâmetro Std_deviation_i - que corresponde ao desvio padrao do *pitch* para a vogal /i/ - verifica-se que a variabilidade é maior no género feminino e que tem um comportamento diferente para o género masculino. O gráfico de quartis pode ser consultado na Figura 6.5.

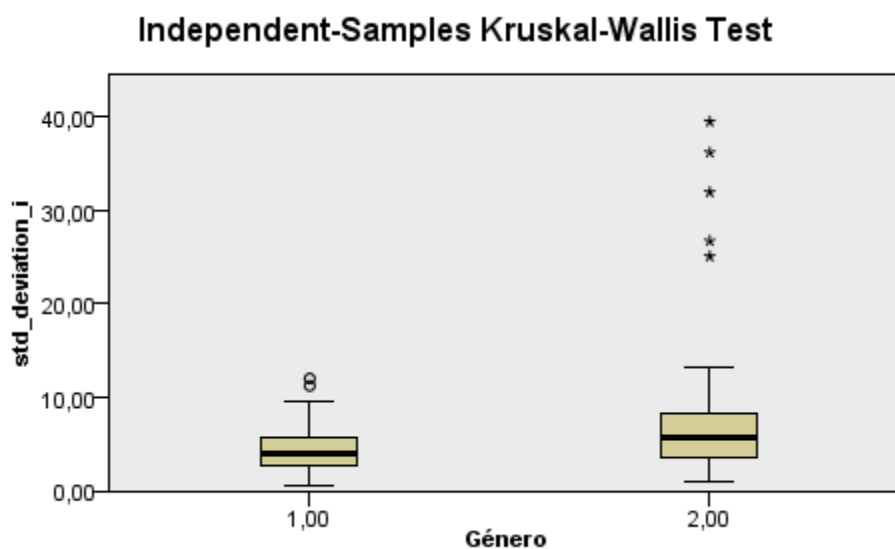


Figura 6.5 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Género, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

Para o parâmetro *jitter_local_i* - variabilidade a perturbações de frequência fundamental para a vogal /i/ - verifica-se que o Género não influencia o parâmetro de *jitter*, ambos os géneros tem a mesma perturbação de frequência fundamental. Esta conclusão aplica-se também ao parâmetro *jitter_ppq5_i*. O gráfico de quartis está ilustrado na Figura 6.6.

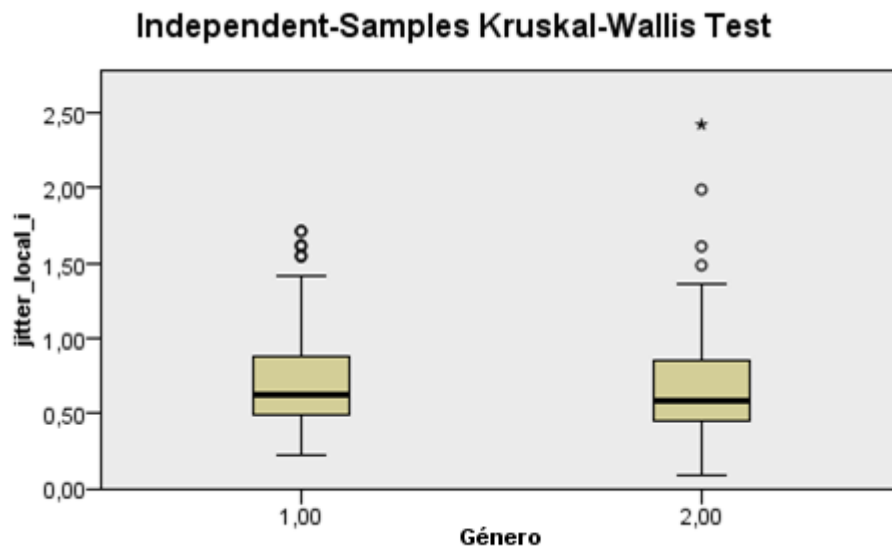


Figura 6.6 Gráfico de quartis referente ao *jitter* para a vogal /i/ em função do Género, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

Para o parâmetro *Mean_pitch_a* - que corresponde ao *pitch* médio para a vogal /a/ - verifica-se que a média da Frequência Fundamental é dependente do Género e que as mulheres apresentam uma frequência maior do que os homens [10]. O gráfico de quartis é ilustrado na Figura 6.7.

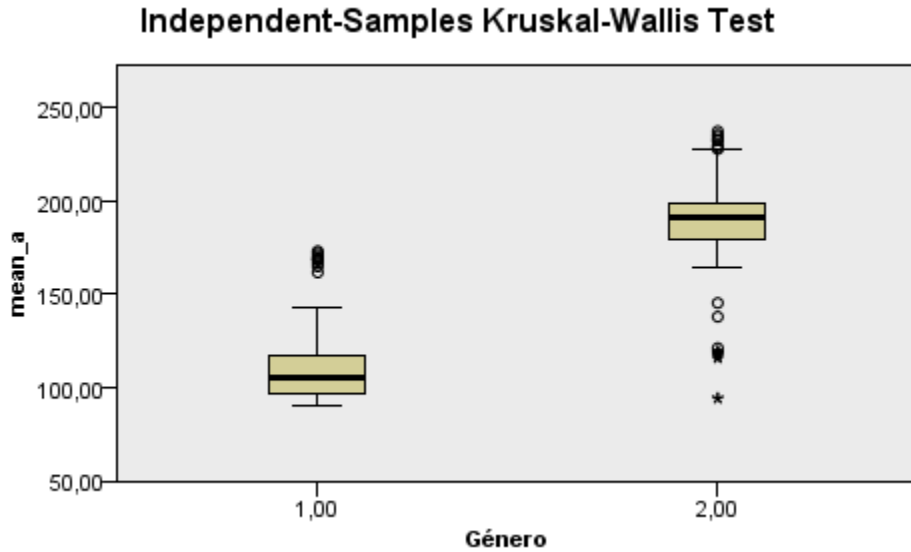


Figura 6.7 Gráfico de quartis referente à Média do *Pitch* para a vogal /a/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2, o feminino.

Para o parâmetro *Std_deviation_a* - que corresponde ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /a/ - verifica-se o contrário do que para a vogal /i/ uma vez que a hipótese nula foi aceite com um $p=0.059$. O gráfico de quartis pode ser verificado na Figura 6.8.

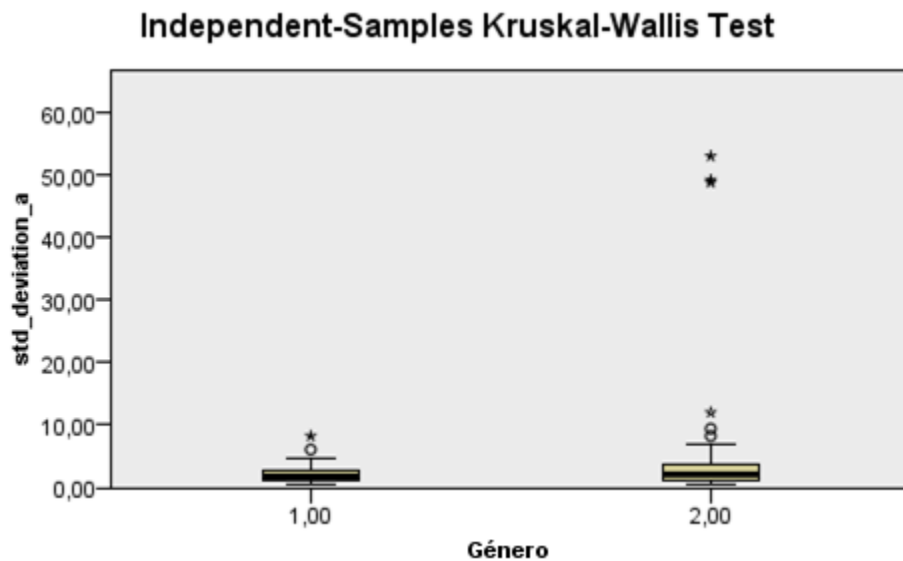


Figura 6.8 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2, o feminino.

Para o parâmetro *jitter_local_a* - variabilidade a perturbações de frequência fundamental para a vogal /a/ - verifica-se que o Gênero é inferente do *jitter*, ambos os gêneros tem a mesma perturbação de frequência fundamental. Esta conclusão aplica-se também ao parâmetro *jitter_ppq5_a*. O gráfico de quartis pode ser consultado na Figura 6.9.

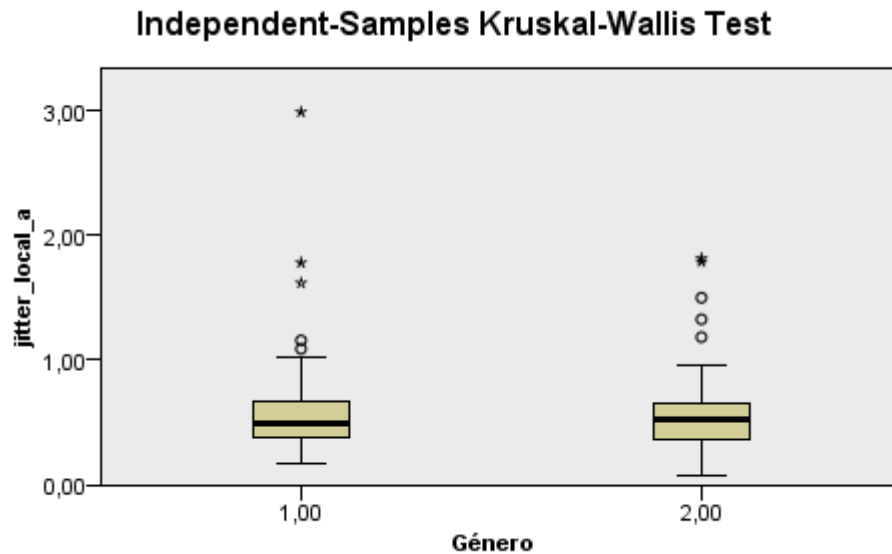


Figura 6.9 Gráfico de quartis referente ao *jitter* para a vogal /i/ em função do Gênero, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

6.2.2 - Parâmetros de Voz em função do Tipo

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de voz que sejam dependentes do Tipo de estímulo (Agradável, Neutro e Desagradável). A variável Tipo é do tipo nominal e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A seguinte tabela demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.3 – Parâmetros de Voz em função do Tipo (sendo que a letra A corresponde a um estímulo Agradável, N a um estímulo Neutro e D a um estímulo Desagradável).

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padiao		
				A	N	D	A	N	D
Mean_pitch_i	0.970	0.061	2	155.98	153.80	155.52	47.05	47.92	46.89
Std_deviation_i	0.236	2.886	2	5.60	4.92	6.20	3.49	3.71	7.15
Jitter_local_i	0.522	1.301	2	0.68	0.65	0.74	0.38	0.32	0.40
Jitter_ppq5_i	0.368	2.002	2	0.33	0.32	0.36	0.18	0.15	0.18
Mean_pitch_a	0.929	0.147	2	148.94	150.64	148.06	45.78	46.35	46.58
Std_deviation_a	0.300	2.409	2	3.18	2.50	2.74	6.24	1.78	6.15
Jitter_local_a	0.914	0.180	2	0.55	0.55	0.56	0.29	0.29	0.39
Jitter_ppq5_a	0.982	0.036	2	0.30	0.31	0.31	0.15	0.16	0.18

Verificou-se que nenhum parâmetro de voz é igualmente afetado pelo Tipo de estímulo, por esta razão, conclui-se não existir influência na voz.

6.2.3 - Parâmetros de Voz em função da Parte

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de voz que sejam dependentes da Parte em que são apresentados, se precedem uma resposta verbal ou não (sendo que o valor 1 representa sem resposta e o valor 2 representa com resposta). A variável Parte é do tipo nominal e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.4 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.4 – Parâmetros de Voz em função da Parte.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padiao	
				Parte1	Parte2	Parte1	Parte2
Mean_pitch_i	0.479	0.502	1	-	155.30	-	47.09
Std_deviation_i	0.239	1.385	1	-	5.64	-	4.93
Jitter_local_i	0.230	1.443	1	-	0.71	-	0.38
Jitter_ppq5_i	0.281	1.160	1	-	0.34	-	0.18
Mean_pitch_a	0.807	0.600	1	-	149.24	-	45.92
Std_deviation_a	0.082	3.031	1	-	3.10	-	6.10
Jitter_local_a	0.688	0.161	1	-	0.56	-	0.33
Jitter_ppq5_a	0.834	0.044	1	-	0.31	-	0.17

Verificou-se que nenhum parâmetro de voz é igualmente afetado pela Parte do teste a que surgem os estímulos, conclui-se não existir influência na voz.

6.2.3 - Parâmetros de Voz em função do Momento

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de voz que sejam dependentes do Momento em que o estímulo é mostrado. A variável Momento é do tipo nominal e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.5 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.5 – Parâmetros de Voz em função do Momento.

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padrao		
				M1	M2	M3	M1	M2	M3
Mean_pitch_i	0.884	0.248	2	157.05	154.53	153.74	48.02	46.60	47.19
Std_deviation_i	0.022	7.641	2	5.64	4.97	6.19	2.42	4.68	7.05
Jitter_local_i	0.747	0.583	2	0.72	0.66	0.70	0.43	0.32	0.34
Jitter_ppq5_i	0.909	0.192	2	0.34	0.34	0.32	0.19	0.16	0.15
Mean_pitch_a	0.881	0.254	2	151.60	148.74	147.82	46.13	46.31	46.44
Std_deviation_a	0.140	3.934	2	3.19	2.47	2.77	6.27	1.57	6.22
Jitter_local_a	0.905	0.200	2	0.54	0.60	0.53	0.22	0.44	0.27
Jitter_ppq5_a	0.984	0.033	2	0.29	0.33	0.30	0.12	0.21	0.15

Verificou-se que nenhum parâmetro de voz à exceção do Std_deviation_i - que corresponde ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ - é igualmente afetado pelo Momento do teste a que surgem os estímulos, conclui-se assim não existir influência na voz. O parâmetro Std_deviation_i que corresponde à variação do nível tonal, teve hipótese nula rejeitada mas sem grande relevância. O gráfico de quartis pode ser consultado na Figura 6.9.

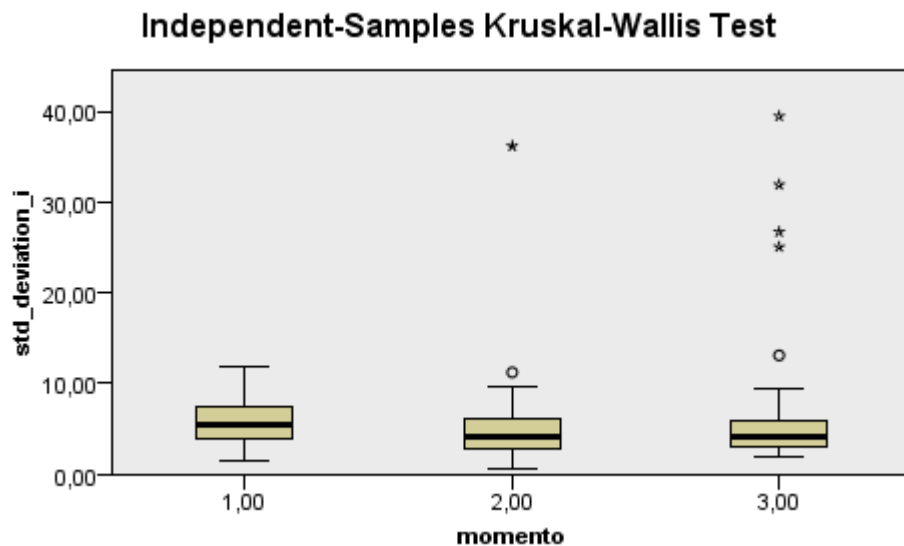


Figura 6.9 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão do *Pitch* para a vogal /i/ em função do Momento.

6.3 - Relação entre os Parâmetros de EDR e os fatores

Os fatores que serão postos em prova nesta análise serão: o gênero, a parte, o tipo e por fim o momento. Estes fatores serão testados em relação com os parâmetros extraídos da análise da componente de EDR.

Os parâmetros de eletrodermografia são: *media_total* - corresponde ao valor da reação para cada estímulo em mHO -, *despd_total* - corresponde ao valor do desvio padrão da reação para cada estímulo em mHO-, *D_max_y* - corresponde ao valor da velocidade máxima de reação a um estímulo-, *D_min_y* - corresponde ao valor da velocidade máxima de reposição a um estímulo - , *media_zona1* - ao valor da reação na primeira zona para cada estímulo em mHO -, *desvdpd_zona1* - corresponde ao valor do desvio padrão da reação da zona 1 para cada estímulo em mHO -, *Dmax_zona1_y* - corresponde ao valor da velocidade máxima de reação da zona 1 a um estímulo -, *Dmin_zona1_y* - - corresponde ao valor da velocidade máxima de reposição da zona 1 a um estímulo .

6.3.1 - Parâmetros de EDR em função do Gênero

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de Eletrodermografia que sejam dependentes do Gênero. A variável Gênero é do tipo nominal binária e os parâmetros de EDR são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.6 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.6 – Parâmetros de EDR em função do Género.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padiao	
				Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Media_total	0.592	0.287	1	0,016869	0,015353	0,024141	0,023912
despd_total	0.344	0.895	1	0,01358	0,013775	0,014141	0,017331
D_max_y	0.482	0.494	1	0,008961	0,009165	0,009807	0,012191
D_min_y	0.453	0.563	1	-0,00508	-0,00543	0,005523	0,009094
media_zona1	0.399	0.712	1	0,011783	0,008591	0,025178	0,024721
desvpd_zona1	0.257	1.285	1	0,00646	0,0083	0,007707	0,013095
Dmax_zona1_y	0.438	0.600	1	0,007142	0,006764	0,008966	0,009881
Dmin_zona1_y	0.471	0.520	1	-0,00141	-0,00182	0,0026	0,003341
media_zona2	0.832	0.045	1	0,025385	0,024665	0,034495	0,035473
desvpd_zona2	0.306	1.047	1	0,007025	0,007097	0,009355	0,01005
Dmax_zona2_y	0.516	0.422	1	0,005089	0,005301	0,007333	0,00875
Dmin_zona2_y	0.074	3.198	1	-0,00389	-0,00364	0,005318	0,005498
media_zona3	0.897	0.017	1	0,013439	0,012803	0,024113	0,026587
desvpd_zona3	0.729	0.120	1	0,005777	0,006691	0,006936	0,010182
Dmax_zona3_y	0.341	0.908	1	0,00083	0,000846	0,003662	0,006896
Dmin_zona3_y	0.942	0.005	1	-0,00395	-0,00463	0,004334	0,008709

Verificou-se que nenhum parâmetro da resposta eletrodérmica depende do Género, evidenciando que a resposta não varia, para o tipo de estímulos em questão, entre todos os voluntários.

6.3.2 - Parâmetros de EDR em função do Tipo

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de eletrodermografia que variem com o Tipo de estímulo (Agradável, Neutro e Desagradável). A variável Tipo é do tipo nominal e os parâmetros de EDR são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.7 apresenta o resultado do teste.

Tabela 6.7 – Parâmetros de EDR em função do Tipo.

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padiao		
				A	N	D	A	N	D
Media_total	0.245	2.817	2	0,0172	0,0125	0,0181	0,0282	0,0193	0,0233
despd_total	0.422	1.726	2	0.0146	0.0116	0.0146	0.0162	0.0142	0.0167
D_max_y	0.393	1.870	2	0.0083	0.0083	0.0104	0.0086	0.0110	0.0129
D_min_y	0.334	2.192	2	-0.005	-0.005	-0.005	0.0062	0.0099	0.0056
media_zona1	0.615	0.971	2	0.0150	0.0061	0.0092	0.0325	0.0185	0.020
desvpd_zona1	0.863	0.295	2	0.0068	0.0069	0.0083	0.0094	0.0111	0.0116
Dmax_zona1_y	0.733	0.621	2	0.0063	0.0067	0.0078	0.0078	0.0095	0.0106
Dmin_zona1_y	0.035 (<0.05)	6.693	2	-0.002	-0.001	-0.001	0.0041	0.0022	0.0022
media_zona2	0.211	3.107	2	0.0248	0.0211	0.0286	0.0392	0.0297	0.0351
desvpd_zona2	0.212	3.105	2	0.0076	0.0060	0.0073	0.0096	0.0098	0.0096
Dmax_zona2_y	0.121	4.217	2	0.0043	0.0050	0.0060	0.0071	0.0084	0.0085
Dmin_zona2_y	0.519	1.311	2	-0.004	-0.003	-0.003	0.0060	0.0049	0.0052
media_zona3	0.133	4.037	2	0.0118	0.0104	0.0166	0.0274	0.0201	0.0275
desvpd_zona3	0.282	2.533	2	0.0066	0.0050	0.0069	0.0081	0.0074	0.0102
Dmax_zona3_y	0.200	3.219	2	0.0027	0.0005	0.0017	0.0029	0.0022	0.0089
Dmin_zona3_y	0.341	2.151	2	-0.004	-0.004	-0.004	0.0051	0.0095	0.0050

Verifica-se que nenhum parâmetro da resposta eletrodérmica depende do Tipo à exceção do parâmetro Dmin_zona1_y - que corresponde à velocidade de reposição na primeira zona. No entanto, é muito próximo do limiar de decisão dos 5%. Este facto pode ser observado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.10.

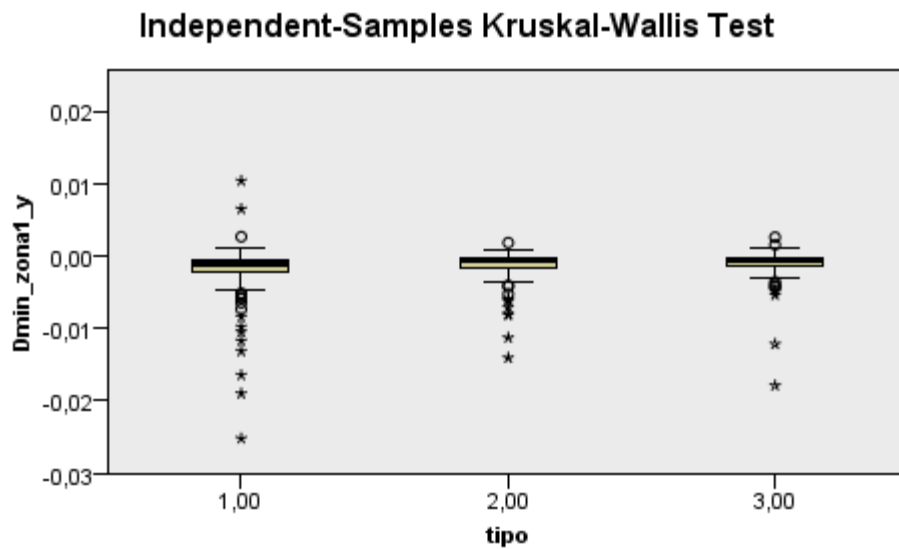


Figura 6.10 Gráfico de quartis do parâmetro Dmin_zona1_y que corresponde à velocidade de reposição na primeira zona em função do Tipo de estímulo.

6.3.2 - Parâmetros de EDR em função do Momento

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de eletrodermografia que sejam dependentes do Momento em que o estímulo é classificado. A variável Momento é do tipo nominal e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.8 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.8 – Parâmetros de EDR em função do Momento.

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padrazo		
				M1	M2	M3	M1	M2	M3
Media_total	0.009	9.493	2	0.0232	0.0123	0.0127	0.0295	0.0201	0.0196
despd_total	<0.005	27.821	2	0.0194	0.0121	0.0094	0.0188	0.0132	0.0130
D_max_y	<0.005	20.698	2	0.0121	0.0085	0.0064	0.0132	0.0097	0.0090
D_min_y	<0.005	31.205	2	-0.008	-0.004	-0.003	0.0112	0.0043	0.0035
media_zona1	0.011	9.066	2	0.0177	0.0073	0.0055	0.0308	0.0227	0.0180
desvpd_zona1	<0.005	33.544	2	0.0115	0.0065	0.0040	0.0146	0.0080	0.0063
Dmax_zona1_y	<0.005	32.204	2	0.0109	0.0059	0.0040	0.0127	0.0071	0.0053
Dmin_zona1_y	0.206	3.164	2	-0.002	-0.002	-0.001	0.0042	0.0027	0.0011
media_zona2	<0.005	16.732	2	0.0379	0.0193	0.0177	0.0448	0.0283	0.0247
desvpd_zona2	<0.005	26.228	2	0.0094	0.0068	0.0048	0.0099	0.0105	0.0079
Dmax_zona2_y	0.227	2.969	2	0.0064	0.0047	0.0043	0.0089	0.0085	0.0063
Dmin_zona2_y	<0.005	30.770	2	-0.006	-0.003	-0.002	0.0075	0.0037	0.0028
media_zona3	0.462	1.543	2	0.0138	0.0105	0.0148	0.0283	0.0209	0.0262
desvpd_zona3	<0.005	17.379	2	0.0085	0.0055	0.0046	0.0098	0.0073	0.0083
Dmax_zona3_y	0.458	1.561	2	0.0004	0.0009	0.0012	0.0053	0.0041	0.0067
Dmin_zona3_y	<0.005	24.779	2	-0.007	-0.003	-0.003	0.0103	0.0037	0.0035

Na Tabela 6.8 Verifica-se que a maior parte dos parâmetros do EDR variam em função do Momento em que o estímulo é apresentado.

Para o parâmetro Media_total consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.11 e também pelas médias dos três grupos. Isto evidencia que um voluntário reage de forma mais significativa ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a resposta eletrodérmica diminui com o tempo.

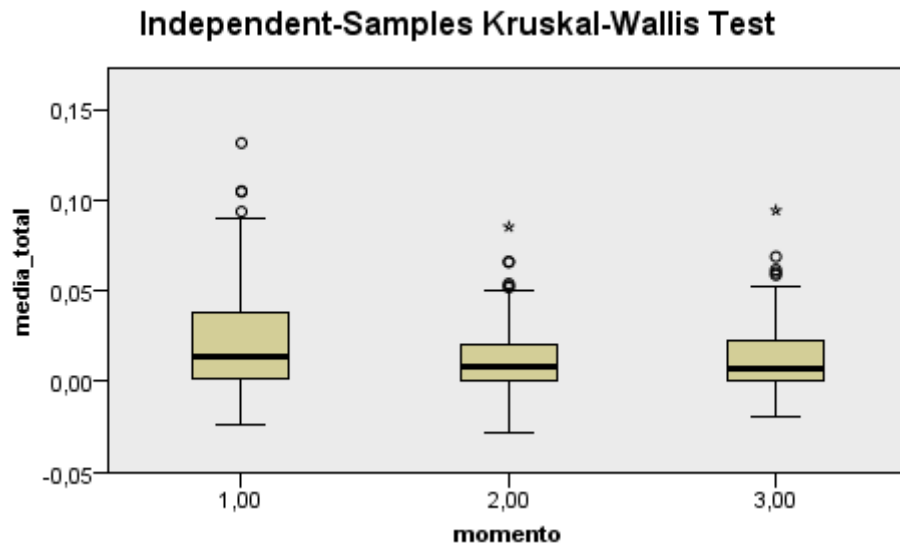


Figura 6.11 Gráfico de quartis referente à média total de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro `despd_total` consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.12.

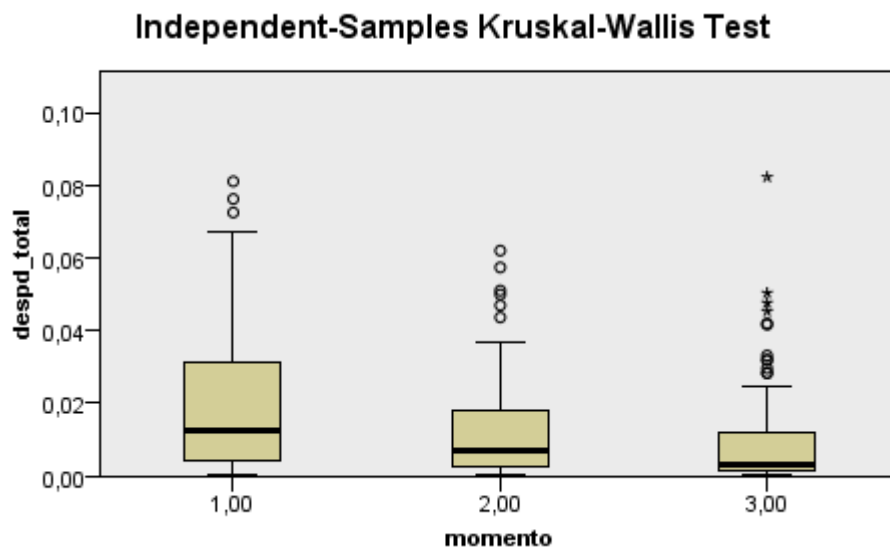


Figura 6.12 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão total de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro D_{max_y} consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da velocidade de reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.13. Evidenciando que um voluntário reage de forma mais rápida ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a resposta eletrodérmica diminui com o tempo.

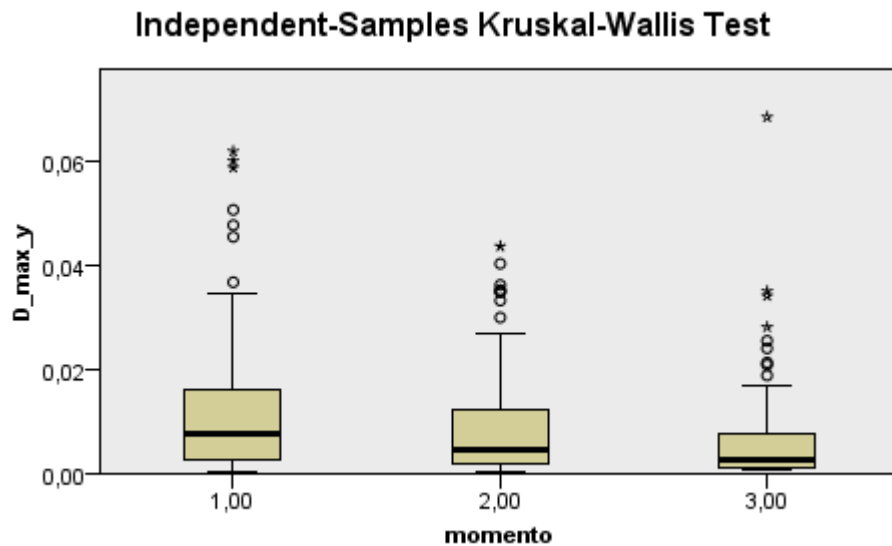


Figura 6.13 Gráfico de quartis referente à velocidade de reação a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro D_{min_y} consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica ao estímulo com o Momento em que é apresentado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.14. Os resultados evidenciam que um voluntário reage na reposição de forma mais rápida ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a reposição eletrodérmica diminui com o tempo (aproximando-se de 0).

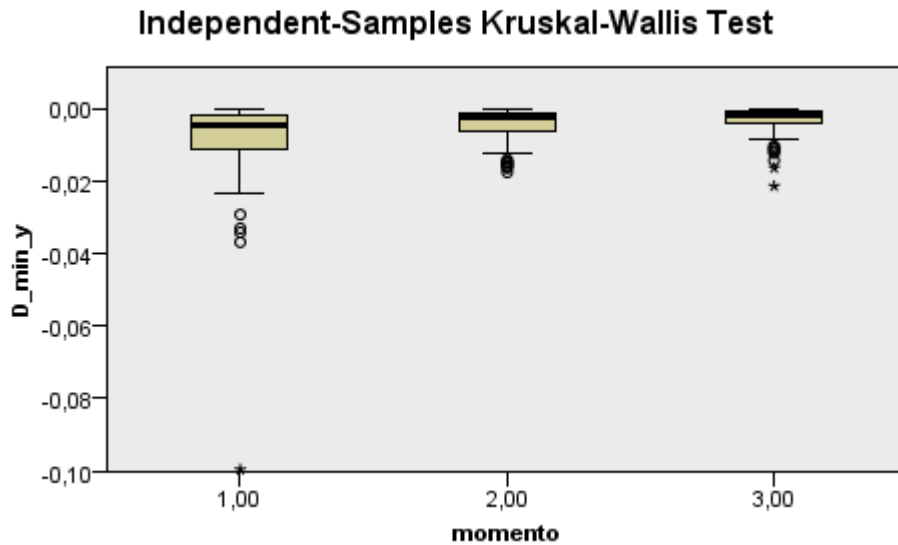


Figura 6.14 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro *media_zona1*, tal como na média total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.15.

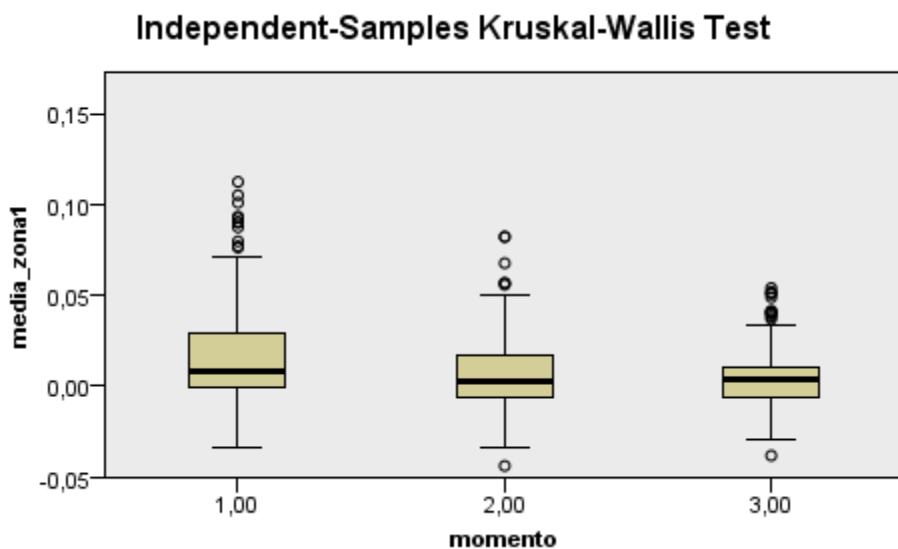


Figura 6.15 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 1 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro `desvpd_zona1`, tal como o desvio padrão total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.16.

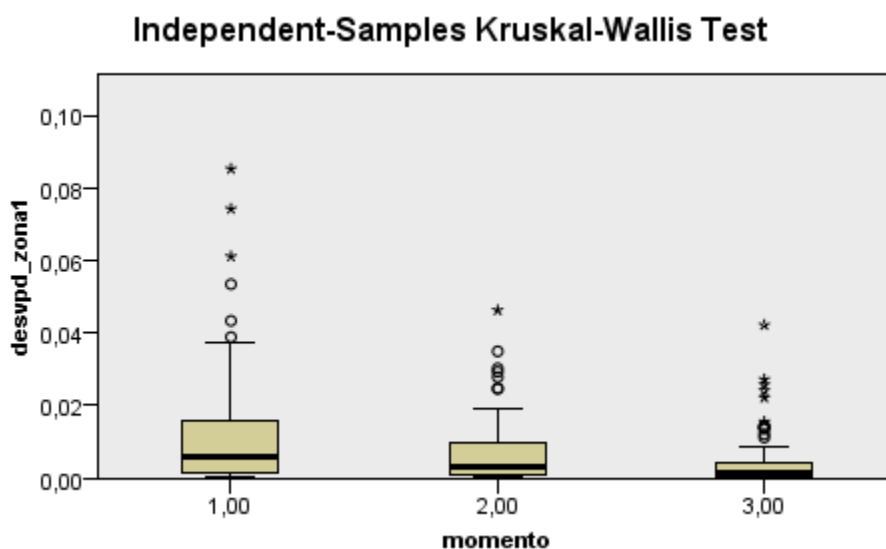


Figura 6.16 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 1 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro `D_max_zona1_y`, tal como `D_max_y` que representa um estímulo completo, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da velocidade de reação na zona 1 do estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.17. Os resultados evidenciam que um voluntário reage de forma mais rápida na zona 1 do primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a resposta eletrodérmica na zona 1 do estímulo diminui com o tempo. O facto de haver esta relação deve-se a premissa de que na primeira zona ocorre normalmente um pico de reação.

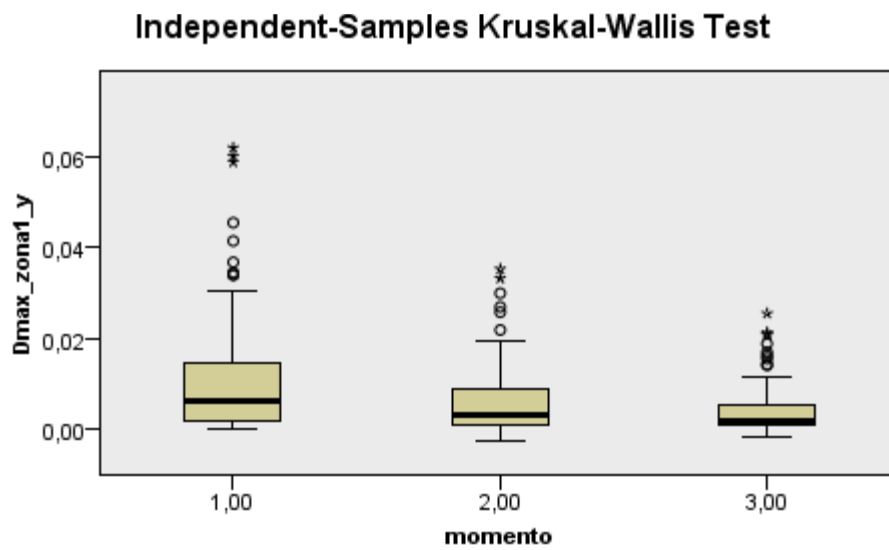


Figura 6.17 Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 1 de um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\min_zona1_y}$ a hipótese nula é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos, o máximo da reposição na zona 1 não varia com o momento em que é mostrado. Tal facto pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.18.

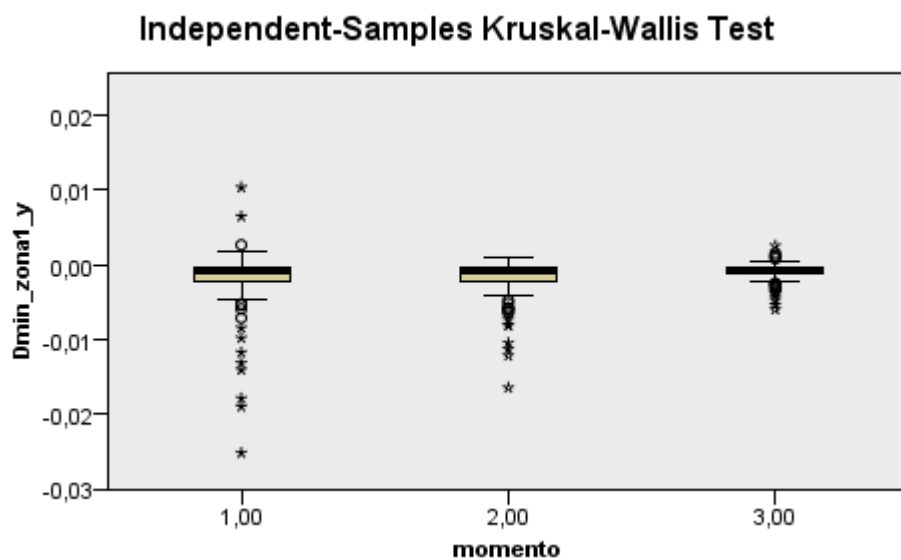


Figura 6.18 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 1 um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro *media_zona2*, tal como na média total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.19.

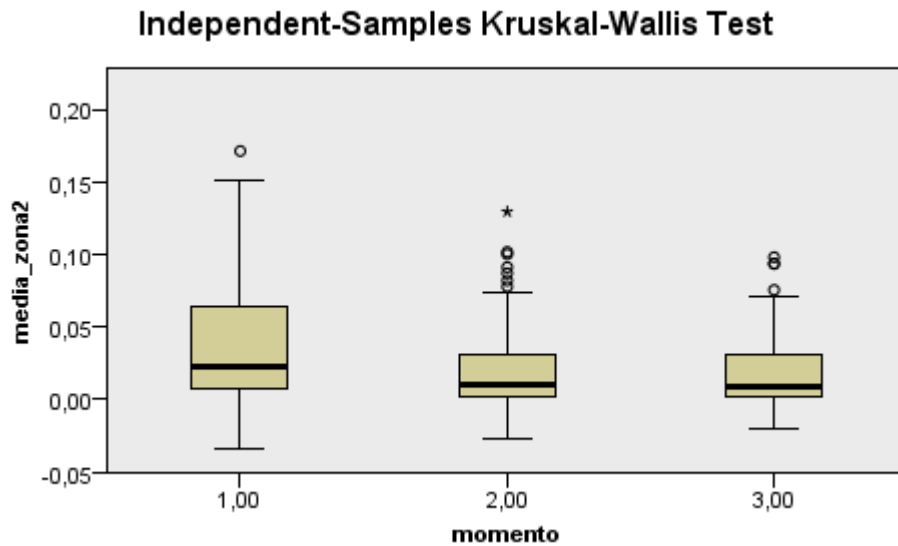


Figura 6.19 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro *despd_zona2*, tal como o desvio padrão total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo que os valores da tabela, assim como pode ser verificado no gráfico de quartis, diminuem do momento 1 para o momento 3 (verificar imagem 6.20).

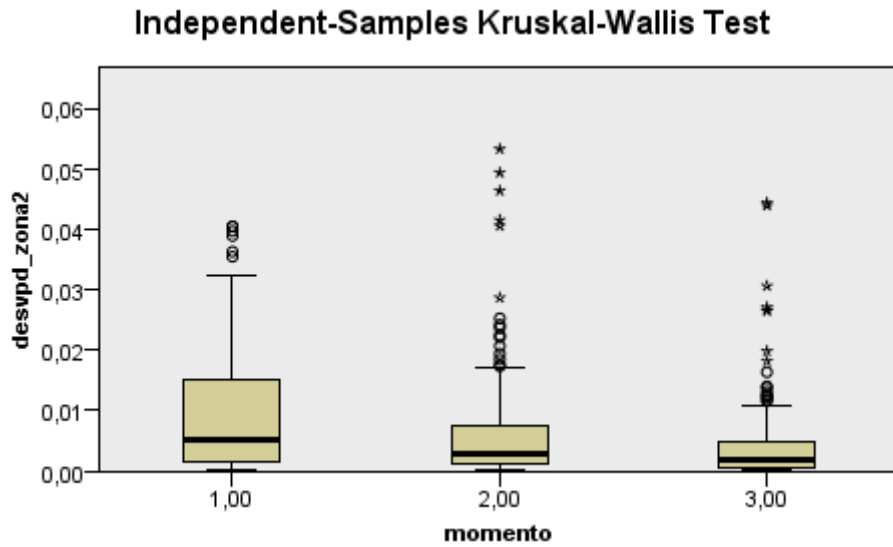


Figura 6.20 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\max_zona2_y}$ a hipótese nula é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos, o máximo da reação na zona 2 não varia com o momento em que é mostrado. Tal facto, pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.21.

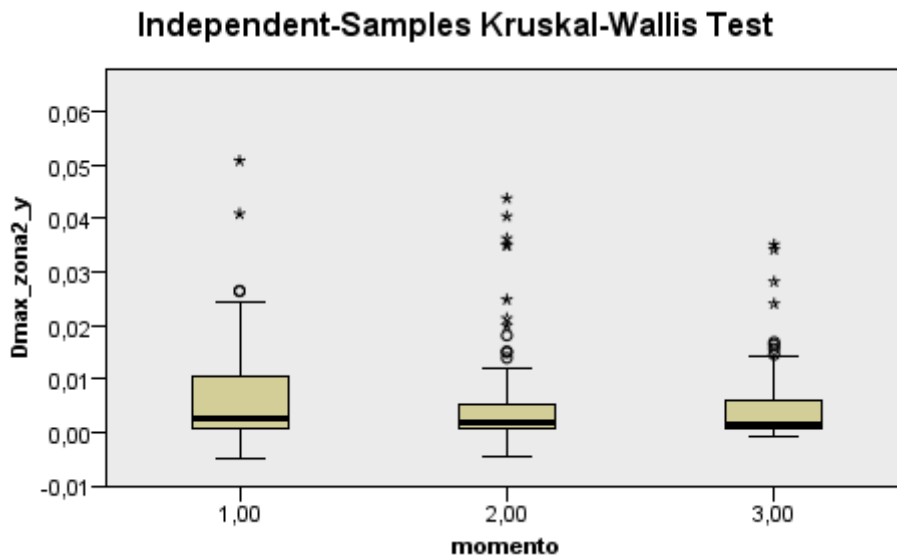


Figura 6.21 Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 2 um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\text{min_zona2_y}}$, tal como D_{min} total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.22. Os resultados evidenciam que um voluntário reage na reposição de forma mais rápida ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a reposição eletrodérmica diminui com o tempo (aproximando-se de 0).

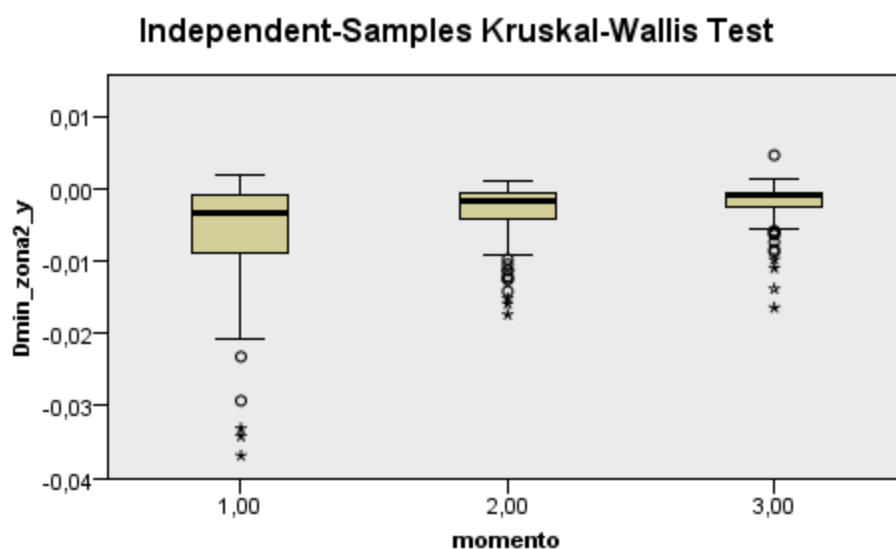


Figura 6.22 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 2 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $media_zona3$, ao contrário da média total, a hipótese nula é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos. A média da reação na zona 2 não varia com o momento em que é mostrado, tal como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.23.

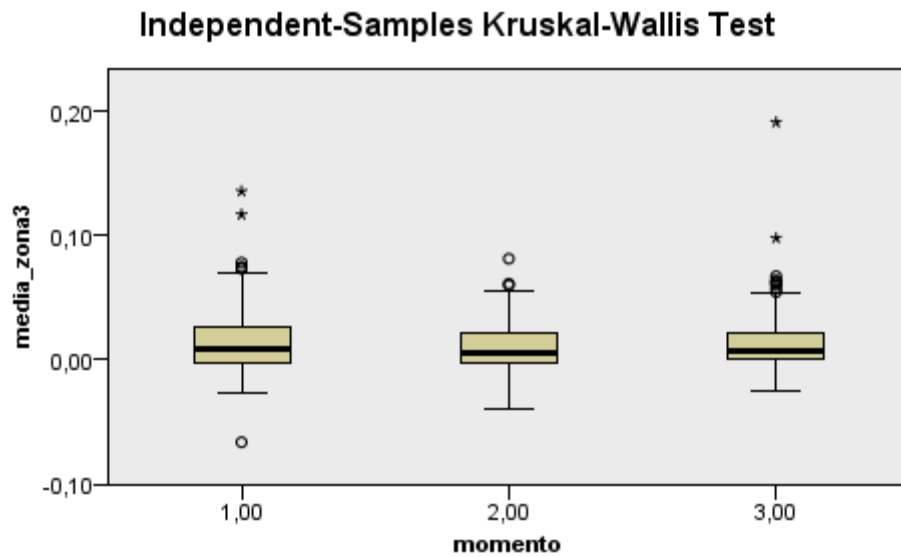


Figura 6.23 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro `desvpd_zona3`, tal como o desvio padrão total, consegue-se verificar uma diminuição da reação ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.24.

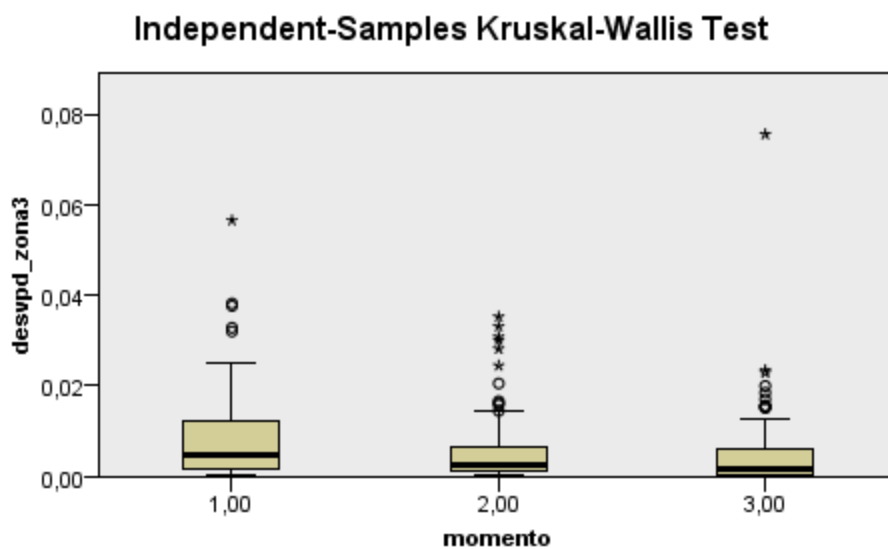


Figura 6.24 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\text{max_zona3_y}}$, ao contrário de $D_{\text{max_zon2_y}}$, a hipótese nula é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos, o máximo da reação na zona 3 não varia com o momento em que é mostrado. Este facto pode ser observado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.25.

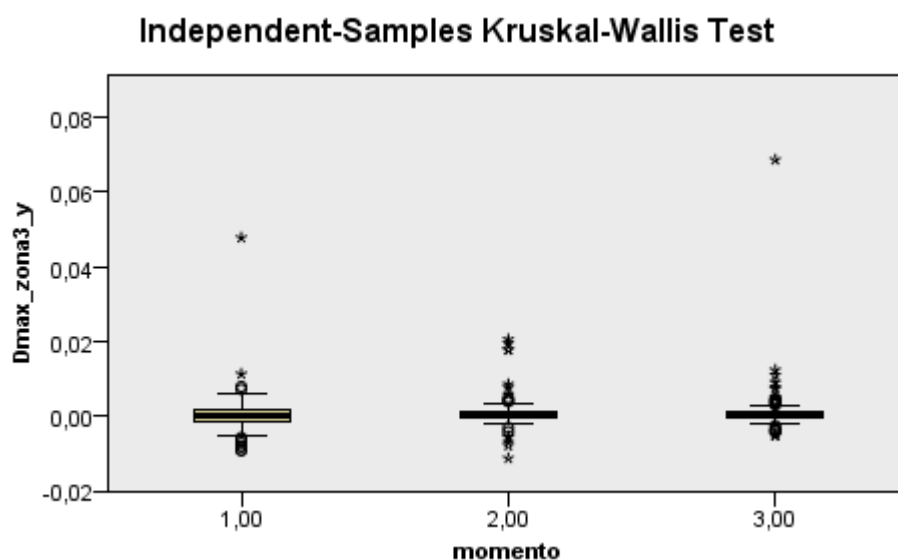


Figura 6.25 Gráfico de quartis referente à velocidade de reação à zona 3 um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\text{min_zona3_y}}$, tal como D_{min} total, consegue-se verificar uma tendência para a diminuição da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica ao estímulo com o Momento em que é mostrado. Sendo uma tendência decrescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.26. Estes resultados evidenciam que um voluntário reage na reposição de forma mais rápida ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a reposição eletrodérmica diminui com o tempo (aproximando-se de 0).

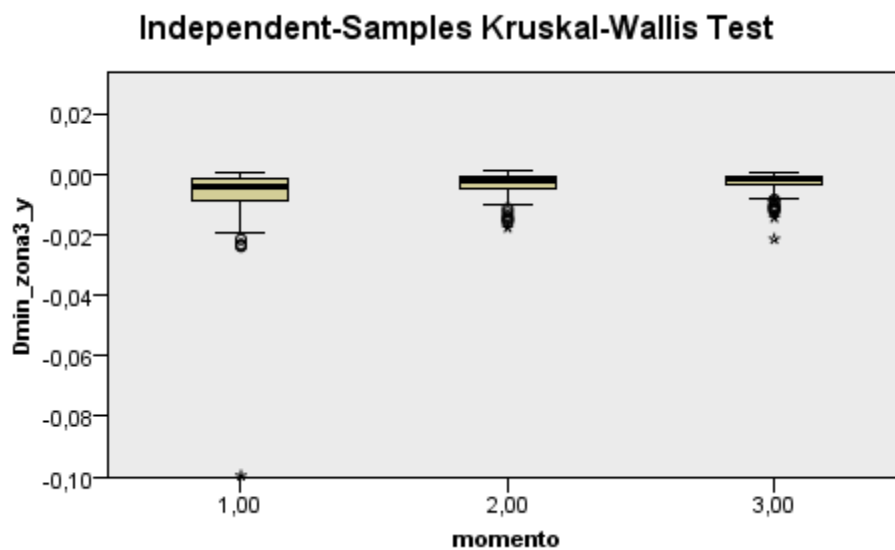


Figura 6.26 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição à zona 3 a um estímulo em função do Momento em que é apresentado.

6.3.3 - Parâmetros de EDR em função da Parte

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de eletrodermografia que sejam dependentes da Parte em que o estímulo é mostrado. A variável Parte é do tipo nominal e os parâmetros de Voz são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.9 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.9 – Parâmetros de EDR em função da Parte.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padrao	
				Parte1	Parte2	Parte1	Parte2
Media_total	<0.001	11.227	1	0,011703	0,02052	0,020264	0,026571
despd_total	<0.001	43.027	1	0,008955	0,0184	0,012101	0,01758
D_max_y	<0.001	41.552	1	0,006068	0,012058	0,008447	0,012467
D_min_y	<0.001	50.877	1	-0,00329	-0,00721	0,003877	0,009513
media_zona1	0.815	0.055	1	0,010093	0,01028	0,022269	0,027463
desvpd_zona1	<0.001	23.002	1	0,005253	0,009507	0,007793	0,012757
Dmax_zona1_y	<0.005	28.939	1	0,004858	0,009048	0,00696	0,010992
Dmin_zona1_y	0.410	0.680	1	-0,0014	-0,00182	0,002274	0,003571
media_zona2	<0.001	21.044	1	0,015853	0,034197	0,025872	0,040125
desvpd_zona2	<0.001	54.748	1	0,004087	0,010035	0,006074	0,011569
Dmax_zona2_y	<0.001	54.120	1	0,002425	0,007965	0,004213	0,009858
Dmin_zona2_y	<0.001	14.144	1	-0,00261	-0,00492	0,003505	0,0066
media_zona3	<0.001	12.204	1	0,009162	0,017081	0,022641	0,027284
desvpd_zona3	<0.001	46.151	1	0,003896	0,008572	0,00717	0,009476
Dmax_zona3_y	<0.001	12.482	1	0,001396	0,00028	0,005861	0,005097
Dmin_zona3_y	<0.001	51.022	1	-0,00249	-0,00609	0,00327	0,008813

Verificou-se que a maior parte dos parâmetros do EDR variam em função da Parte em que o estímulo é apresentado. O voluntario apresenta, como será verificado pela análise individual dos parâmetros, maior reação e por consequência reposição quando tem que falar.

Para o parâmetro Media_total consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Sendo uma tendência crescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.27. Isto evidencia que um voluntário reage de forma mais significativa na segunda parte, o que leva a concluir que a resposta eletrodérmica aumenta com a necessidade de resposta.

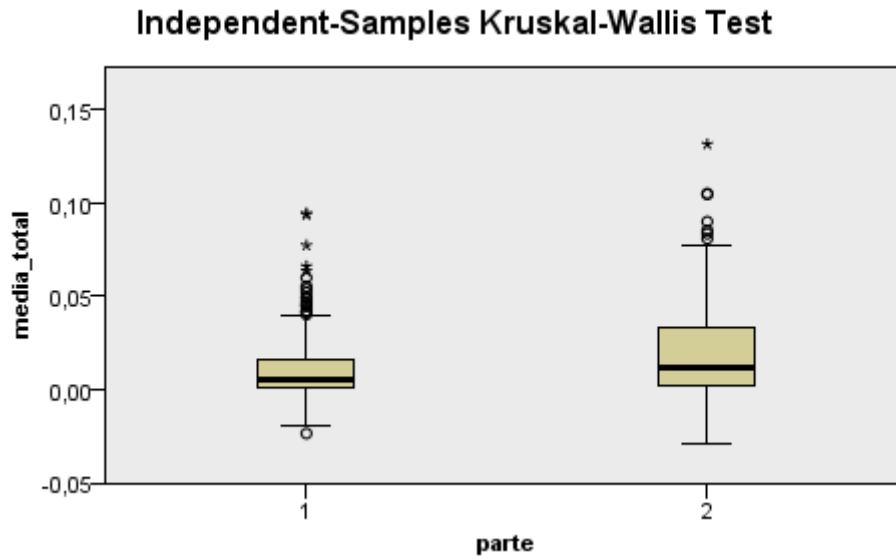


Figura 6.27 Gráfico de quartis referente à média total de reação à Parte de estímulos, com e sem resposta, em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `despd_total` consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Sendo uma tendência crescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado Figura 6.28.

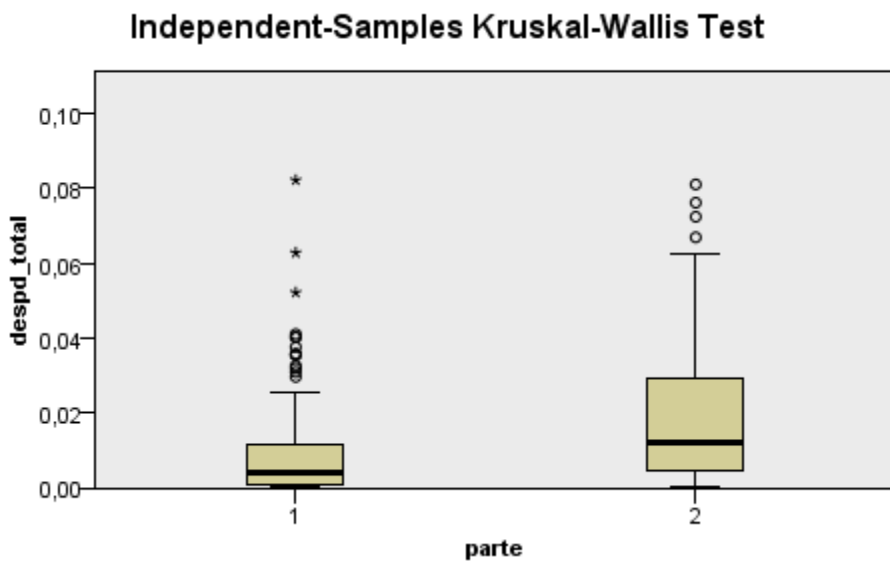


Figura 6.28 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação à Parte de estímulos, com e sem resposta, em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro D_{max_y} consegue-se verificar uma tendência para a aumento da velocidade de reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. A velocidade é maior na parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.29, e evidenciando que um voluntário reage de forma mais rápida à segunda parte de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a resposta eletrodérmica aumenta com a necessidade de resposta.

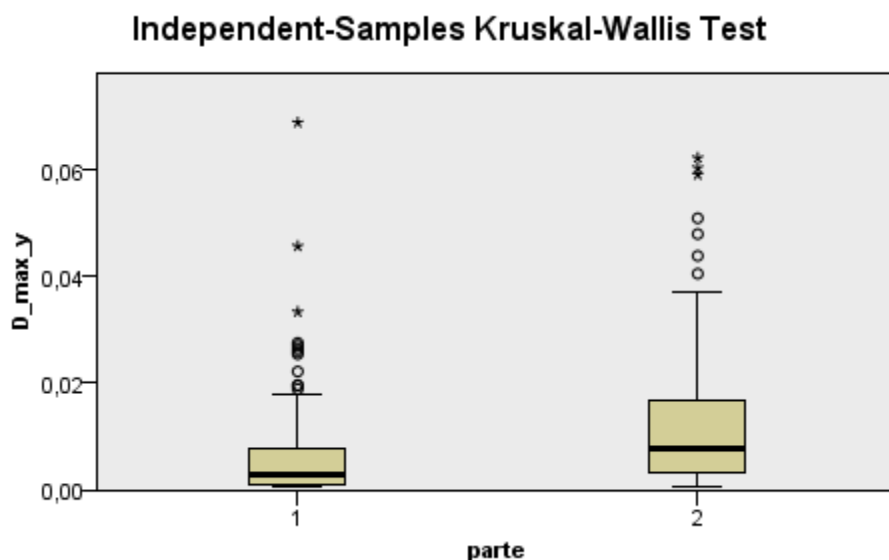


Figura 6.29 Gráfico de quartis referente à velocidade de reação a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro D_{min_y} consegue-se verificar uma tendência para o aumento da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Sendo uma tendência crescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.30, evidenciando que um voluntário reage na reposição de forma mais rápida à segunda Parte de estímulos que são mostrados, o que leva a concluir que a reposição eletrodérmica aumenta com a necessidade de resposta.

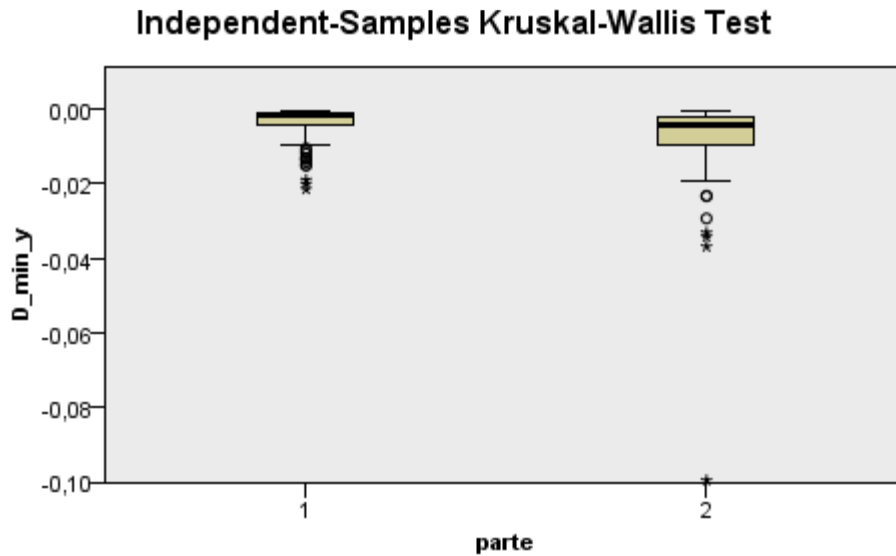


Figura 6.30 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro *media_zona1* a hipótese é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos. A média de reação na zona 1 não varia com a Parte em que é mostrado, tal como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.31.

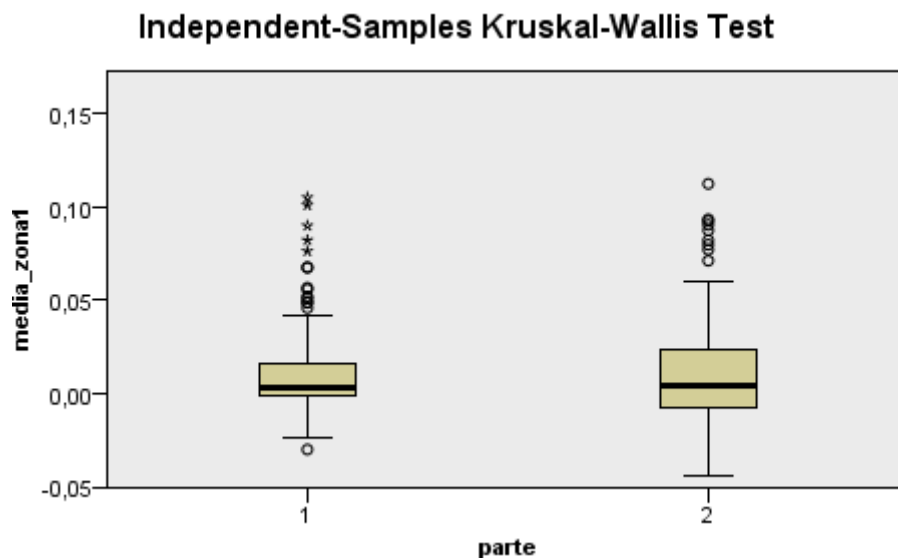


Figura 6.31 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `desvpd_zona1` consegue-se verificar um aumento da reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Verifica-se que o valor de `desvpd_zona1` é superior na parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.32.

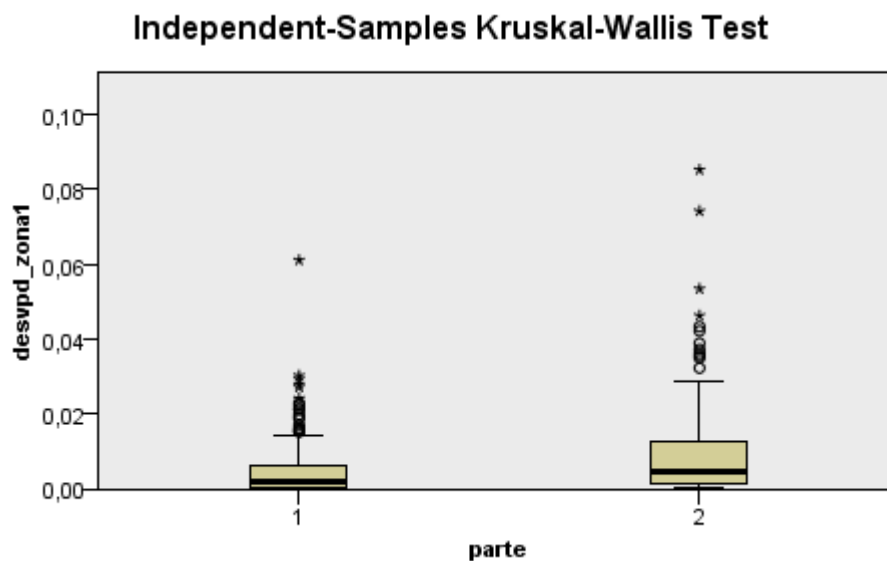


Figura 6.32 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `D_max_zona1_y` consegue-se verificar uma tendência para o aumento da velocidade de reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Verifica-se que a parte 2 assume valores superiores de `D_max_zona1_y`, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.33.

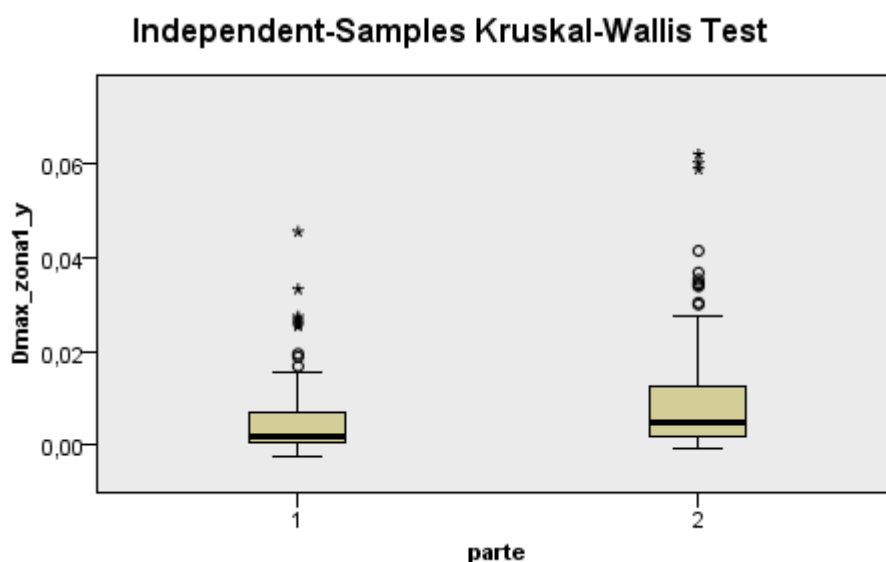


Figura 6.33 Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\min_zona1_y}$ a hipótese nula é aceite o que leva a concluir que os grupos são estatisticamente idênticos, o máximo do aumento da velocidade de reposição na zona 1 não varia com a Parte em que é mostrado. Como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.34.

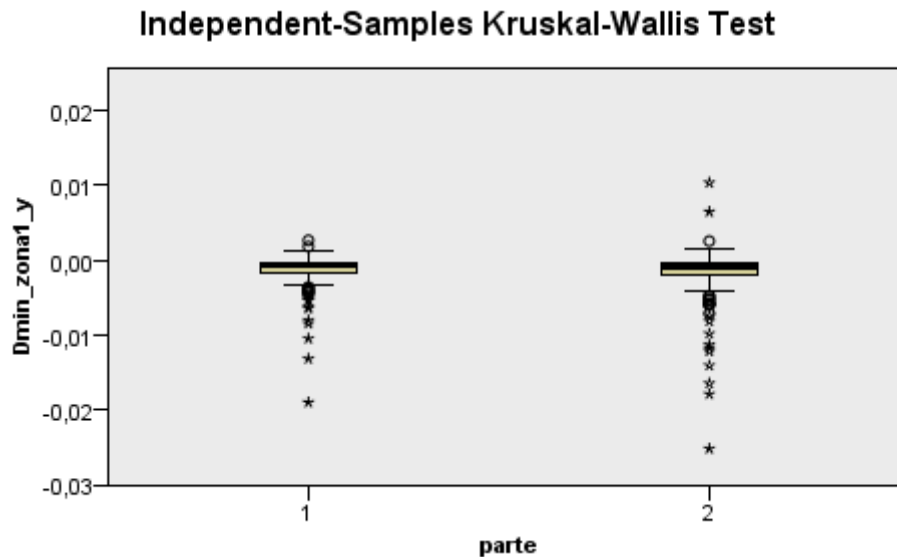


Figura 6.34 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 1 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro $media_zona2$ consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação da zona 2 ao estímulo com a Parte em que é mostrado. A parte 2 apresenta valores superiores para $media_zona2$, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.35.

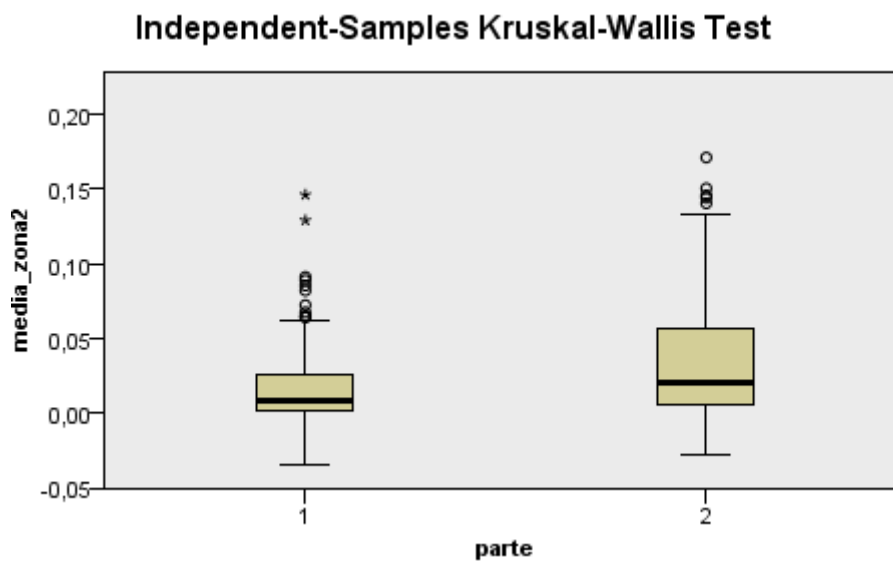


Figura 6.35 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `desvpd_zona2` consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Os valores de `desvpd_zona2` assumem valores superiores para a parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.36.

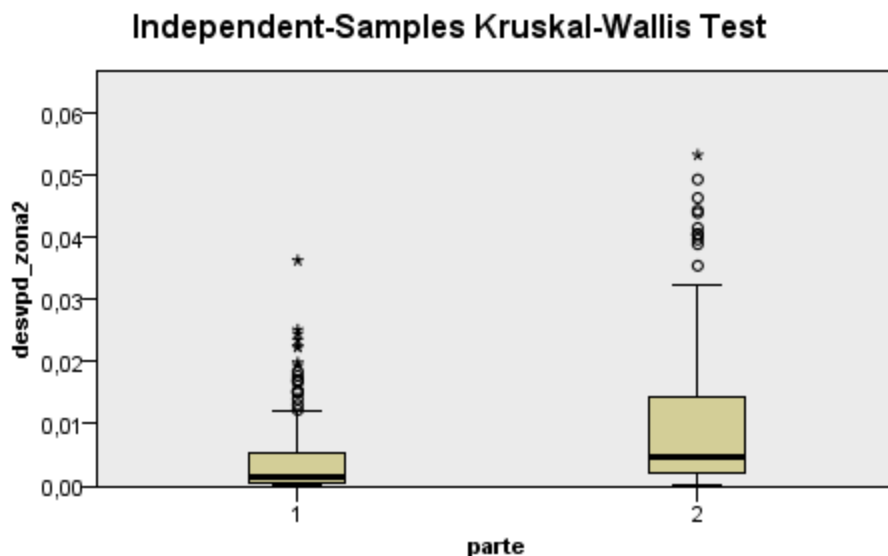


Figura 6.36 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `D_max_zona2_y` consegue-se verificar uma tendência para a aumento da velocidade de reação ao estímulo com a Parte em que é mostrado. O valor de `D_max_zona2_y` é superior na parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.37.

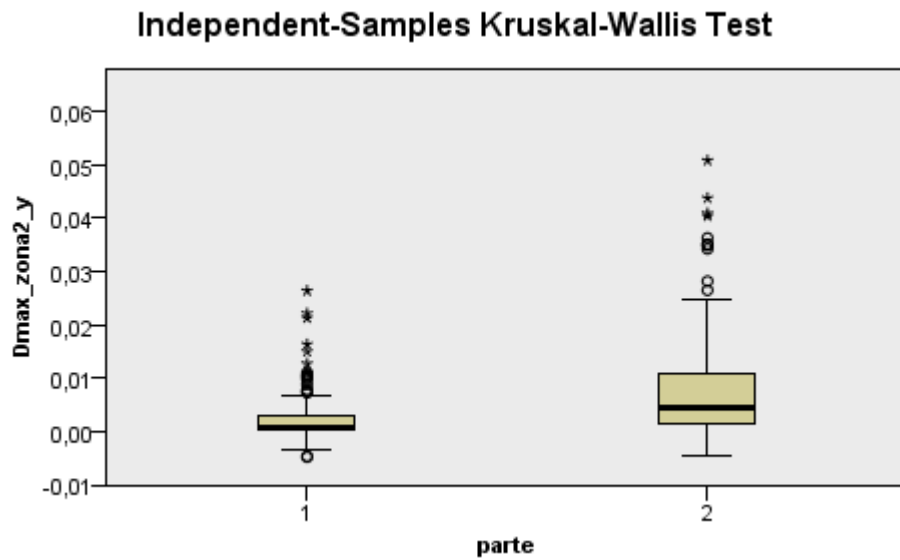


Figura 6.37 Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{min_zona2_y}$ consegue-se verificar uma tendência para o aumento da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica da zona 2 ao estímulo com a Parte em que é mostrado. O valor deste parâmetro é mais negativo na parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.38.

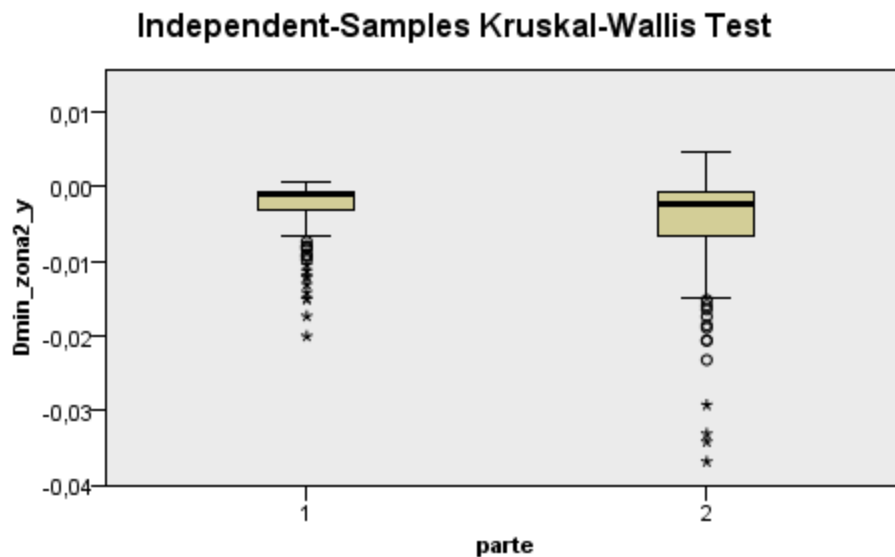


Figura 6.38 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 2 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `media_zona3` consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação da zona 2 ao estímulo com a Parte em que é mostrado, sendo uma tendência crescente, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.39.

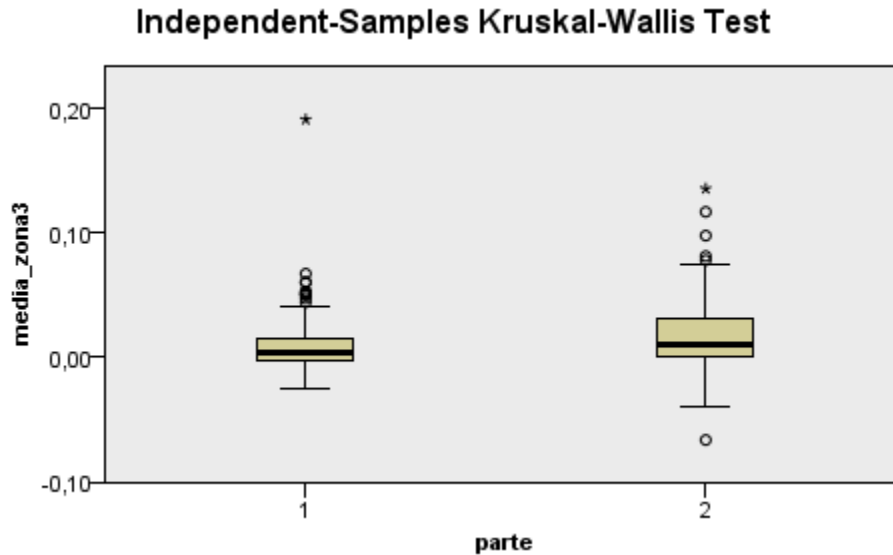


Figura 6.39 Gráfico de quartis referente à média de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro `desvpd_zona 3` consegue-se verificar uma tendência para o aumento da reação da zona 3 ao estímulo com a Parte em que é mostrado. São observados valores superiores na parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.40.

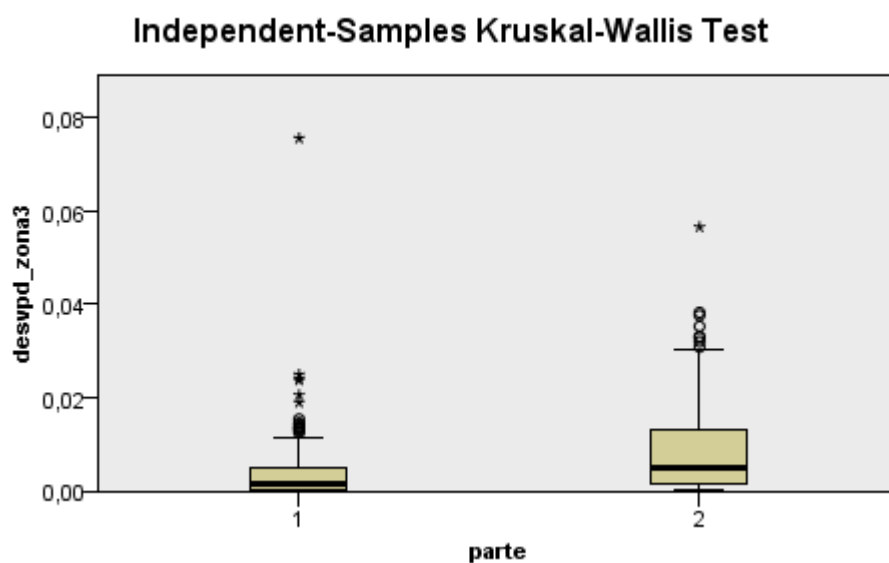


Figura 6.40 Gráfico de quartis referente ao desvio padrão de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\max_zona3_y}$ consegue-se verificar uma tendência para a aumento da velocidade de reação da zona 3 ao estímulo com a Parte em que é mostrado. O gráfico de quartis é apresentado na Figura 6.41.

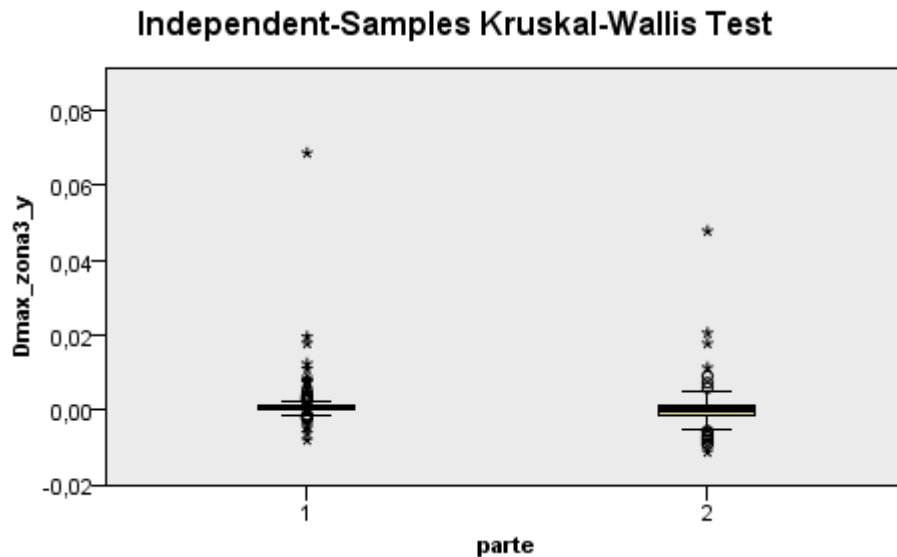


Figura 6.41 Gráfico de quartis referente ao máximo de reação da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

Para o parâmetro $D_{\min_zona3_y}$ consegue-se verificar uma tendência para a aumento da velocidade de reposição da resposta eletrodérmica da zona 3 ao estímulo com a Parte em que é mostrado. Sendo os valores deste parâmetro superiores para a parte 2, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.42.

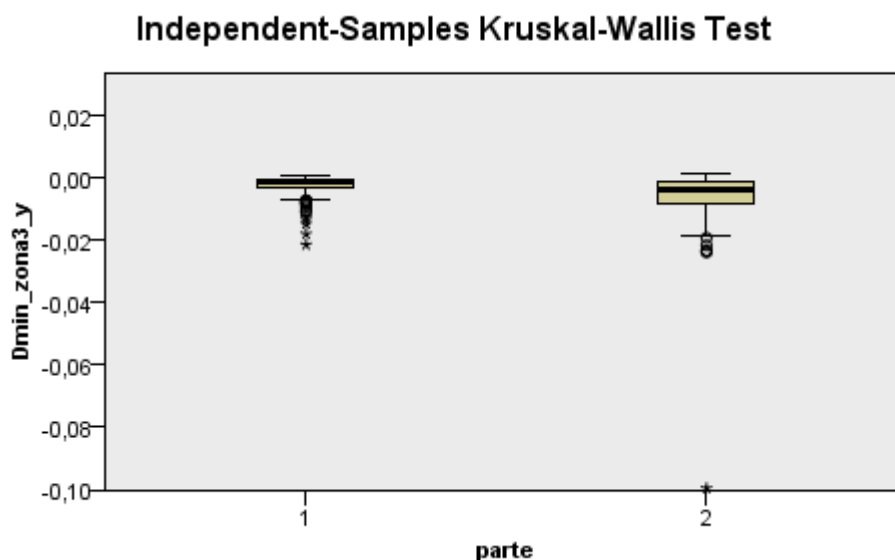


Figura 6.42 Gráfico de quartis referente à velocidade de reposição da zona 3 a um estímulo em função da Parte em que é apresentado.

6.4 - Relação entre os Parâmetros de ECG e os fatores

Os fatores que serão postos em prova nesta análise serão: o género, a parte, o tipo e por fim o momento. Estes fatores serão testados em relação com os parâmetros extraídos da análise da componente de ECG.

Os parâmetros de eletrocardiografia que foram usados para extração de características foram maioritariamente parâmetros *jitter* para verificar a influência de frequência fundamental: *jitter* simples, *jitter* quadrático, RAP, *jitter* PPQ5 e *jitter* PPQ11. E ainda BPM - batidas por minuto - e por fim T0 médio. Foram ainda extraídos mais dois parâmetros que não tiveram influência estatística, servindo apenas para a prova de conceito: números de picos (complexo QRS) e tamanho da amostra.

6.4.1 - Parâmetros de ECG em função do Género

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de Eletrocardiografia que sejam dependentes do Género. A variável Género é do tipo nominal binária e os parâmetros de ECG são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.10 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.10 – Parâmetros de ECG em função do Género.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padiao	
				Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Jitter simples	0.569	0.324	1	4,303201	4,270879	3,889529	3,670548
Jitter quad	0.817	0.053	1	0,683407	0,50946	3,177208	2,984452
RAP	0.072	3.245	1	0,250269	0,26209	0,265703	0,267151
PPQ5	0.021	5.308	1	0,277997	0,300059	0,211407	0,207254
PPQ11	0.594	0.284	1	0,045854	0,049654	0,032016	0,045983
BPM	0.254	1.302	1	81,79515	82,41951	13,91185	11,52075
T0 medio	0.632	0.230	1	0,759883	0,746317	0,135122	0,109996

Verificou-se que nenhum parâmetro da resposta do ECG depende do Género à exceção do parâmetro PPQ5 ainda que com um valor de significância alto. Verificou-se que os grupos são estatisticamente idênticos. O Género não parece ter influência nos parâmetros retirados no ECG.

Para o parâmetro PPQ5 consegue-se verificar apenas uma maior variabilidade para o Género feminino, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado Figura 6.43.

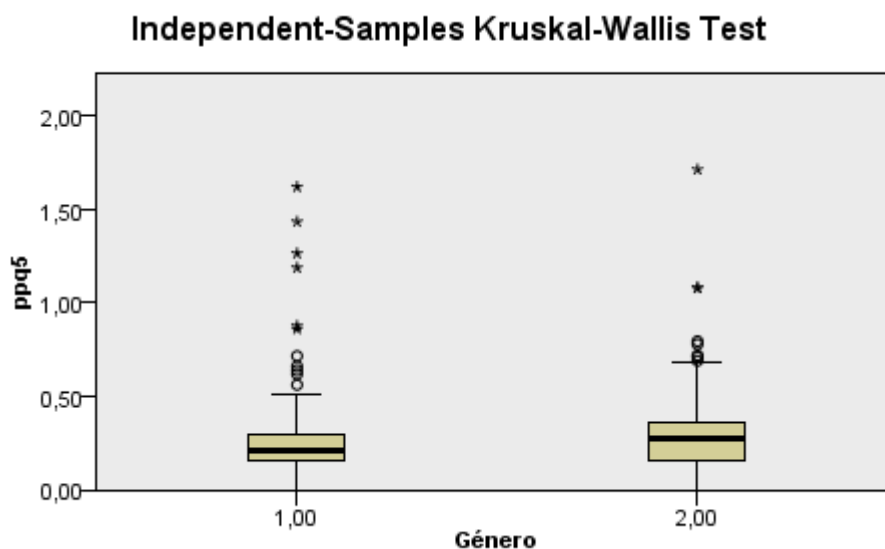


Figura 6.43 Gráfico de quartis referente ao parâmetro PPQ5 em função do Género, sendo que o valor 1 representa o masculino e o 2 o feminino.

6.4.2 - Parâmetros de ECG em função do Tipo

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de Eletrocardiografia que sejam dependentes do Tipo de estímulo (Agradável, Neutro e Desagradável). A variável Tipo é do tipo nominal e os parâmetros de ECG são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.11 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.11 – Parâmetros de ECG em função do Tipo.

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padrao		
				A	N	D	A	N	D
<i>Jitter</i> simples	0.808	0.425	2	4,0330	4,5150	4,4336	2,4257	4,8571	3,9767
<i>Jitter</i> quad	0.785	0.485	2	0,3540	0,8778	0,6521	0,8477	4,5292	3,1957
RAP	0.749	0.577	2	0,2550	0,2782	0,2710	0,1994	0,3236	0,2783
PPQ5	0.622	0.950	2	0,2833	0,2988	0,2952	0,1921	0,2266	0,2137
PPQ11	0.987	0.026	2	0,0433	0,0508	0,0505	0,0259	0,0438	0,0466
BPM	0.998	0.005	2	82,010	81,660	81,901	12,632	12,865	12,614
T0 medio	0.962	0.077	2	0,7525	0,7590	0,7546	0,1185	0,1308	0,1211

Verificou-se que nenhum parâmetro de ECG é igualmente afetado pelo Tipo de estímulo, não existe influência no ritmo cardíaco. Conclui-se que este teste não tem relevância estatística.

6.4.3 - Parâmetros de ECG em função do Momento

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de Eletrocardiografia que sejam dependentes do Momento em que o estímulo é mostrado. A variável Momento é do tipo nominal e os parâmetros de ECG são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23].

A Tabela 6.12 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.12 – Parâmetros de ECG em função do Momento.

Parâmetro	P	H	DF	Média			Des.Padrao		
				M1	M2	M3	M1	M2	M3
Jitter simples	0.808	0.425	2	4,5756	4,3355	4,1128	4,5155	4,2598	2,6232
Jitter quad	0.776	0.507	2	0,8458	0,7028	0,3465	3,8826	3,9078	1,1109
RAP	0.872	0.274	2	0,2864	0,2768	0,2429	0,3085	0,3138	0,1676
PPQ5	0.664	0.820	2	0,3101	0,3009	0,2689	0,2410	0,2278	0,1524
PPQ11	0.002	12.301	2	0,0605	0,0448	0,0374	0,0473	0,0340	0,0314
BPM	0.115	4.333	2	83,722	81,307	80,553	13,889	12,046	11,838
T0 medio	0.270	2.617	2	0,7429	0,7587	0,7642	0,1349	0,1188	0,1151

Verificou-se que nenhum parâmetro de ECG à exceção do PPQ11 - que representa uma medida de perturbação da frequência cardíaca, de baixas frequências - é igualmente afetado pelo Momento do teste a que surgem os estímulos, o que conduz à conclusão que não parece existir influência no ritmo cardíaco.

Para o parâmetro PPQ11 consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca vai diminuindo ao longo do momento em que os estímulos são apresentados, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.44.

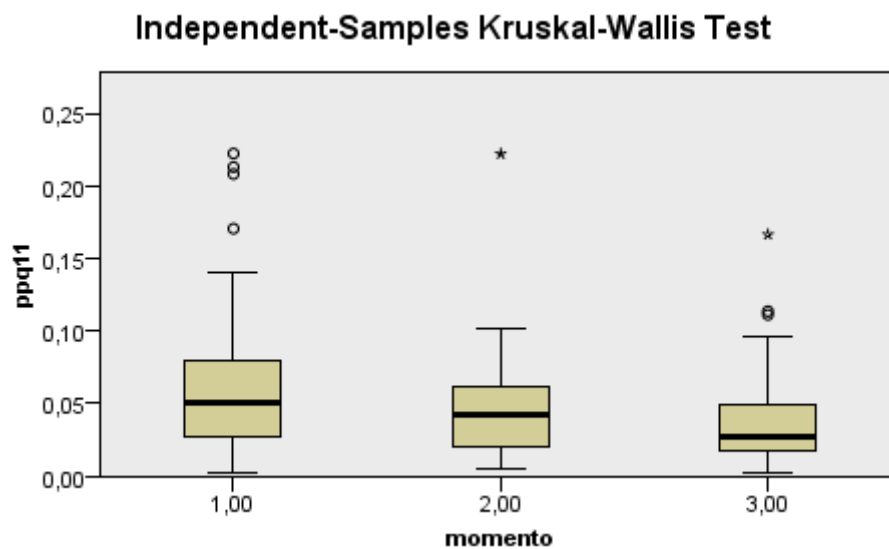


Figura 6.44 Gráfico de quartis referente ao parâmetro PPQ11 em função do Momento.

6.4.2 - Parâmetros de ECG em função da Parte

Este teste foi efetuado para verificar se existem parâmetros de eletrocardiografia que sejam dependentes da Parte em que o estímulo é mostrado, a parte 1 corresponde a valores sem resposta verbal e a parte 2 corresponde a valores com resposta verbal. A variável Parte é do tipo nominal e os parâmetros de ECG são do tipo escalar levando a que o teste efetuado fosse o *Kruskal-Wallis* [23]. 3,882633

A Tabela 6.13 demonstra o resultado do teste.

Tabela 6.23 – Parâmetros de ECG em função da Parte.

Parâmetro	P	H	DF	Média		Des.Padrao	
				Parte1	Parte2	Parte1	Parte2
<i>Jitter</i> simples	0.004	8.322	1	4,4891	4,1915	3,2662	4,4327
<i>Jitter</i> quad	0.002	9.506	1	0,5291	0,7371	2,1127	4,0875
RAP	0.014	6.083	1	0,2710	0,2663	0,2061	0,3259
PPQ5	0.130	2.293	1	0,2950	0,2916	0,1910	0,2299
PPQ11	0.001	10.438	1	0,0374	0,0553	0,0311	0,0431
BPM	<0.005	20.757	1	78,317	85,501	12,017	12,314
T0 medio	<0.005	26.806	1	0,7888	0,7208	0,1288	0,1072

Verificou-se que o facto de haver necessidade de uma resposta verbal tem impacto nos parâmetros de ECG.

Para o parâmetro *jitter* simples consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca apresenta maior variabilidade para a segunda parte - parte com necessidade de fala, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.45.

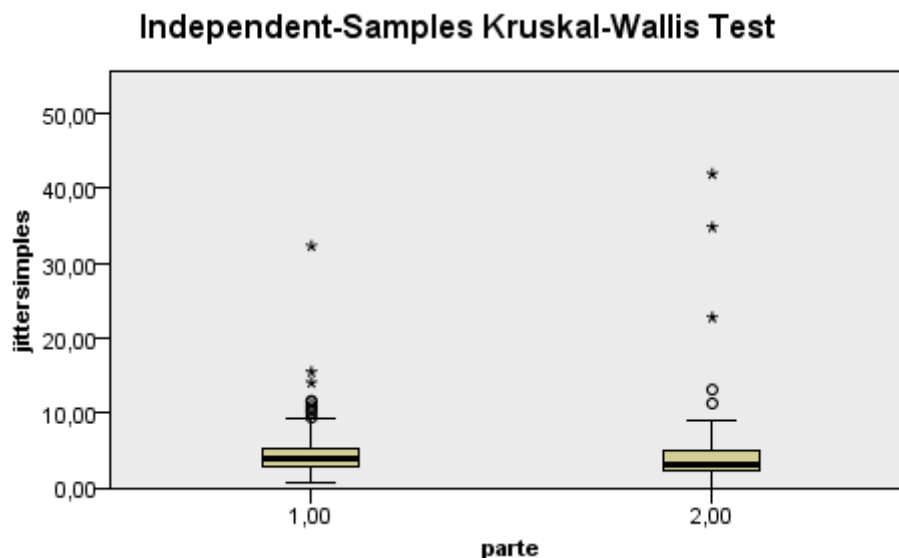


Figura 6.45 Gráfico de quartis referente ao *jitter* simples em função da Parte.

Para o parâmetro *jitter* quadrático consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca apresenta maior variabilidade para a segunda parte - parte com necessidade de fala, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.46.

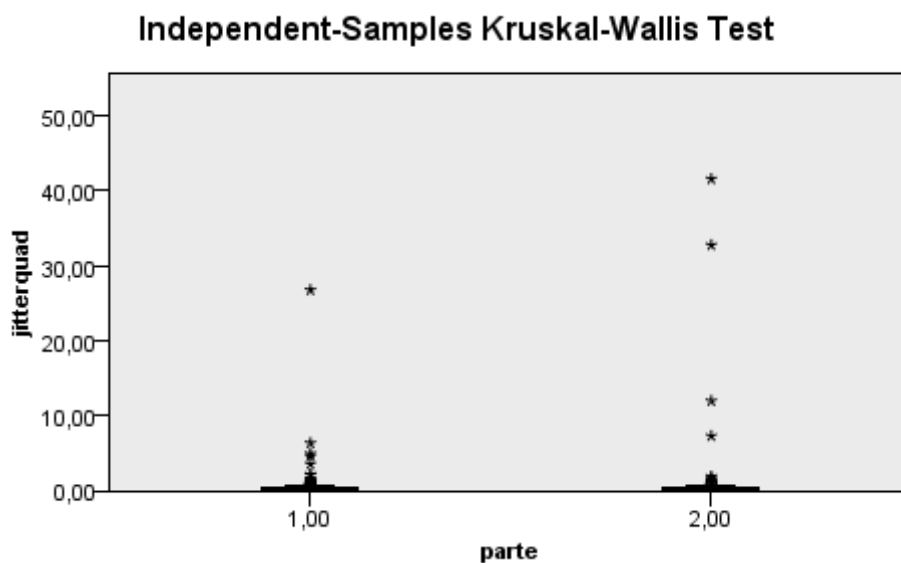


Figura 6.46 Gráfico de quartis referente ao *jitter* quadrático em função da Parte.

Para o parâmetro RAP consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca vai diminuindo ao longo do momento em que os estímulos são apresentados, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.47.

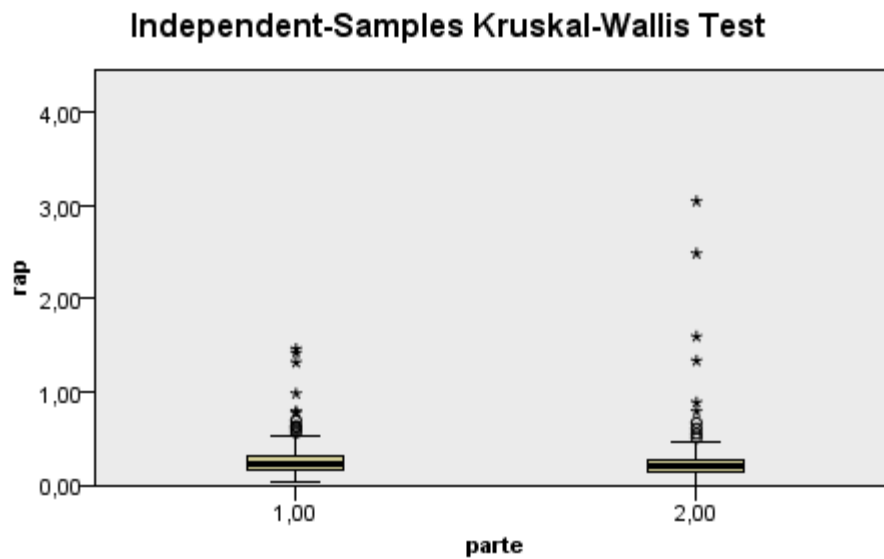


Figura 6.47 Gráfico de quartis referente ao *RAP* em função da Parte.

Para o parâmetro PPQ5 consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca apresenta uma média superior para a primeira parte, mas os grupos são estatisticamente equivalentes com $p=0.130$ (Hipótese nula aceite), como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.48.

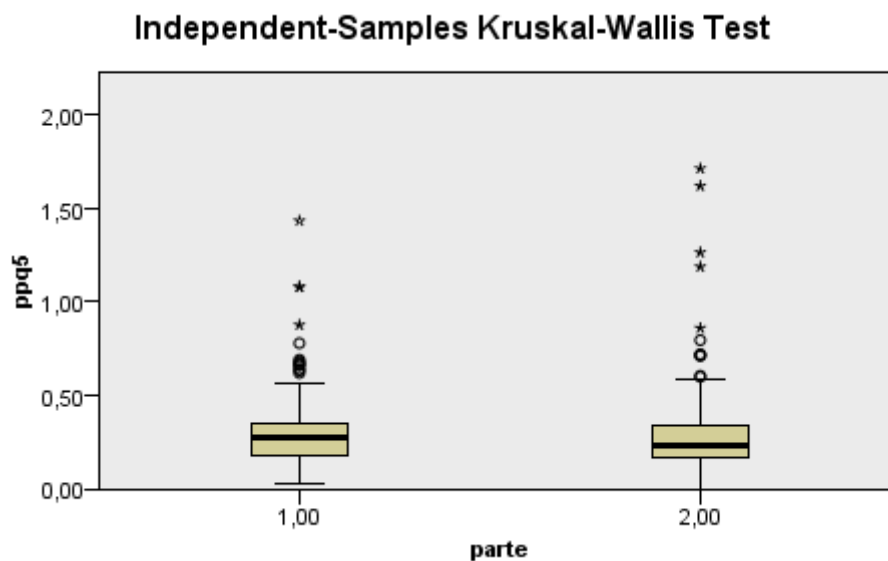


Figura 6.48 Gráfico de quartis referente ao PPQ5 em função da Parte.

Para o parâmetro PPQ11 consegue-se verificar que a perturbação da frequência cardíaca, apresenta maior variabilidade e média para a segunda parte - parte com necessidade de fala, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.49.

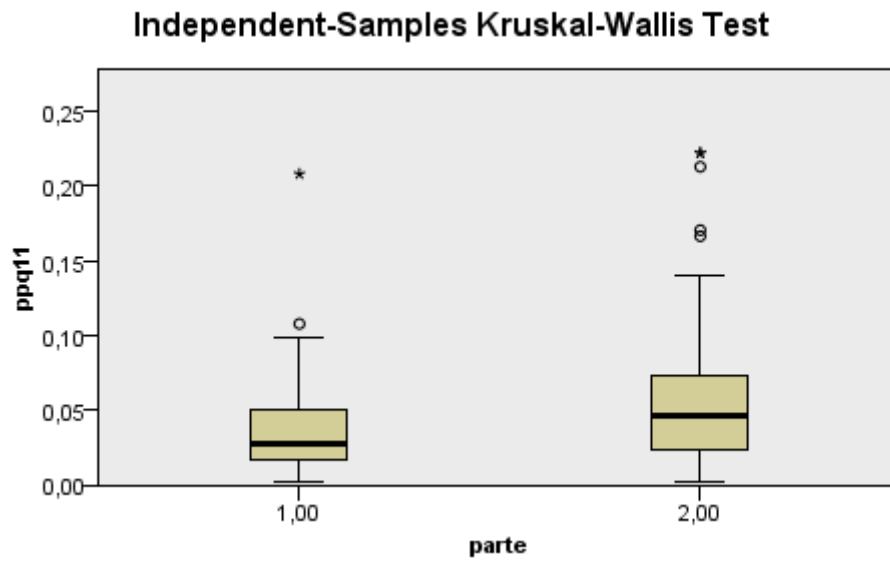


Figura 6.49 Gráfico de quartis referente ao PPQ11 em função da Parte.

Para o parâmetro BPM consegue-se verificar que as batidas por minuto sobem para a segunda parte o que evidencia o aumento da frequência cardíaca quando o voluntário necessita de falar, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.50.

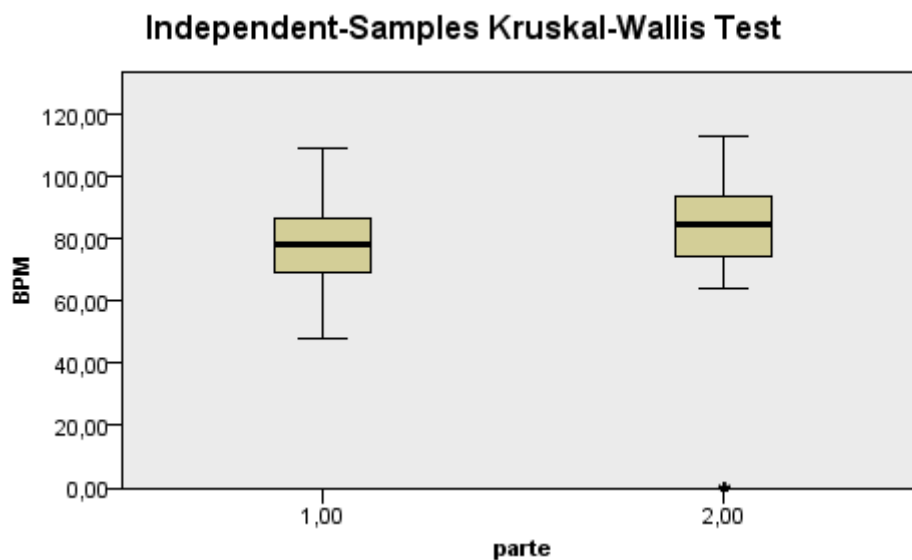


Figura 6.50 Gráfico de quartis referente ao BPM em função da Parte.

Para o parâmetro T0 médio é redundante e prova o resultado anterior, como pode ser verificado no gráfico de quartis apresentado na Figura 6.51.

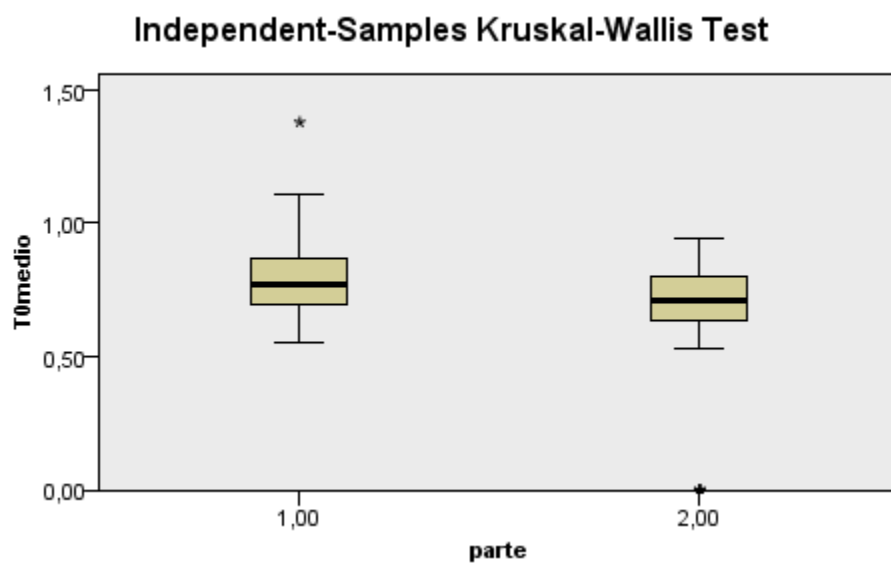


Figura 6.51 Gráfico de quartis referente ao T0 médio em função da Parte.

Capítulo 7

Conclusões

Nesta secção serão apresentadas as principais conclusões assim como a sua importância para este estudo. Serão apresentadas as conclusões com maior contribuição assim como as restantes.

Serão ainda descritas algumas intenções de trabalho futuro.

7.1 - Principais Conclusões

Neste subcapítulo serão apresentadas as principais contribuições para este estudo, bem como uma breve descrição das contribuições secundárias.

Verificou-se a existência de uma correspondência entre a classificação subjetiva e a classificação objetiva do IAPS, que remete para a escolha das imagens serem aprovadas cientificamente, assim como as respostas dos voluntários que refletem essa categorização.

Verificou-se ainda que um voluntário reage de forma mais significativa ao primeiro conjunto de estímulos que são mostrados, evidenciando uma diminuição da resposta eletrodérmica ao longo do tempo. Constatou-se ainda, que existe uma tendência para a

diminuição da velocidade de reação ao estímulo, com o Momento em que é mostrado. Como para cada reação existe uma reposição, verificou-se uma tendência de diminuição da velocidade de reposição para o mesmo caso.

Também se verificou que o voluntário apresenta uma resposta eletrodérmica mais significativa e mais rápida ao estímulo para a segunda Parte - parte em que o voluntário tem necessidade de expressão verbal. Equivalentemente, o voluntário para a mesma parte, apresenta uma reposição eletrodérmica mais rápida. Provou-se que o mínimo da primeira zona de análise do estímulo não varia com a necessidade de resposta. Estes factos poderão ser considerados num cenário de poligrafia para que as suas leituras sejam mais precisas e sem interferências.

Contrariamente ao que seria esperado, verificou-se que nenhum parâmetro do ECG varia de forma estatisticamente significativa com o Tipo (agradável, desagradável e neutro) de estímulo que lhe é apresentado. Para o Momento em que os estímulos são apresentados verificou-se que a perturbação da frequência cardíaca vai diminuindo ao longo do tempo. Em relação às BPM, batidas por minuto, constata-se que existe um crescimento da resposta cardíaca para a segunda parte, o que evidencia o aumento da frequência cardíaca quando o voluntário necessita de falar. Estes factos encontrados poderão ser muito importantes não só num cenário de poligrafia, pelas mesmas razões explicadas anteriormente, mas também para um cenário de leitura eletrocardiográfica, num cenário clínico.

Os resultados considerados complementares poderão ainda ser úteis na interpretação estatística de trabalhos nesta área. Estes poderão ser consultados no Capítulo 6, como por exemplo a influência do Género, Momento ou da Parte na Classificação Subjetiva.

Os objetivos propostos no âmbito desta dissertação, que se encontram definidos no Capítulo 1 foram na sua maioria atingidos.

7.2 - Trabalho futuro

Como trabalho futuro podemos evidenciar o uso de outras ferramentas estatísticas, tentando fazer multiregressões entre os parâmetros usados, optando adicionalmente por outra escolha de parâmetros com poder discriminativo a serem analisados. Por outro lado ainda, este estudo pode ser alargado a outro tipo de sinais biomédicos tais como a eletromiografia (EMG) e a eletroencefalografia (EEG).

No caso da captação dos sinais, uma melhoria seria tentar reduzir o ruído. No caso do sinal de ECG este problema poderia ser ultrapassado passando de uma captação de duas derivações para mais derivações, ficando assim com um sinal de eletrocardiografia mais limpo.

Anexo

Consentimento Informado

Este anexo contém o consentimento informado que se apresentou a cada voluntário antes da recolha efetuada na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação. A sua elaboração foi feita com a colaboração do Laboratório de Neuropsicofisiologia da faculdade mencionada.



[EEC0020] – Dissertação

Correspondência entre alterações da voz e do eletrocardiograma
Estudo e contextualização do Polígrafo quanto a Análise de Voz, ECG e EDR
 Orientador: Prof. Aníbal Ferreira

Consentimento Informado

A investigação para a qual contamos com a sua colaboração desenrola-se no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. As dissertações para as quais os testes a serem feitos irão contribuir pretendem estudar variações em sinais de voz, eletrocardiografia e eletrodermografia em situação de repouso e como reação a um conjunto de estímulos validados pela comunidade científica.

Caso aceite colaborar nesta investigação, o que muito agradecemos, a sua tarefa consistirá simplesmente em observar um conjunto de imagens de carácter agradável, desagradável e neutro. Em alguns dos casos pode ser necessário atribuir-lhes uma classificação, devidamente justificada. Nesta tarefa não existem respostas certas nem erradas.

Durante esta tarefa de observação de imagens, a experiência envolve a realização simultânea de uma eletrocardiografia (colocação de um eléctrodo no pulso e um em cada tornozelo, previamente humedecidos com gel), uma eletrodermografia (colocação de dois eléctrodos na mão esquerda) e captação de sinal de voz com um microfone de *headset*. Será também feita uma filmagem para futuro despiste de distorções inesperadas em algum dos sinais.

Em relação ao exame de eletrocardiografia, as seguintes contra-indicações são eliminatórias: embolia pulmonar, enfermidade aguda, febril ou grave, limitação física ou psicológica, intoxicação medicamentosa.

O equipamento utilizado, bem como os procedimentos adotados, obedecem a todos os padrões de higiene e segurança e não causam qualquer desconforto aos participantes. No entanto, poderá desistir da experiência, se e quando entender. Todos os dados serão registados, tratados e arquivados de forma anónima e confidencial. Não serão analisados dados individuais e apenas se poderá proceder à divulgação científica de resultados de grupo, sendo que as eventuais publicações que decorrerem do estudo poderão ser oferecidas aos participantes que as solicitarem.

A decisão de participar nesta investigação é totalmente livre e voluntária, não resultando dessa decisão, qualquer que ela seja, nenhum prejuízo ou benefício pessoal. Caso tenha alguma questão ou pretenda esclarecimentos complementares, poderá obtê-los junto de Ricardo Dias (ee07135@fe.up.pt) ou Mário Barbosa (ee06157@fe.up.pt).

Aproveitamos, novamente, para agradecer a sua colaboração, que muito contribuirá para o sucesso deste estudo.

Eu, _____ (nome completo em letra legível),
 declaro que li integralmente o texto acima e que me foi dada a oportunidade de esclarecer todas as dúvidas que considere importantes para tomar uma decisão sobre a minha colaboração na investigação em apreço, pelo que me considero esclarecido (a) sobre a mesma e aceito nela participar de forma voluntária.

Porto, ___ de _____ de 2012

(Assinatura legível)

Referências

1. Slavkovic, A., *Evaluating Polygraph Data*, in *Test2002*. p. 1-27.
2. Bhalode, S., et al. *Polygraphic techniques: an expert system approach*. in *Engineering in Medicine and Biology Society, 1995 and 14th Conference of the Biomedical Engineering Society of India. An International Meeting, Proceedings of the First Regional Conference.*, IEEE. 1995.
3. LegalMatch. *Admissability of Polygraph Tests in Court*. 10-02-2012]; Available from: <http://www.legalmatch.com/law-library/article/admissability-of-polygraph-tests-in-court.html>.
4. Polygraph, C.t.R.t.S.E.o.t., et al., *The polygraph and lie detection*2003: National Academies Press.
5. Inc., C.I. *Wen Ho Lee's Problematic Polygraph*. 10-02-2012]; Available from: <http://www.cbsnews.com/stories/2000/02/04/national/main157220.shtml?tag=mnco;lst;7>.
6. ROSS, B. *Investigation Continues: Security Breach at the White House*. 2005 10-02-2012]; Available from: <http://abcnews.go.com/WNT/Investigation/story?id=1190375#.Tzhi6VyyuJ>.
7. Verschuere, B., *Deception, the polygraph, and psychopathy: The role of orienting in the Concealed Information Test*. 2005.
8. Staunton, C. and S. Hammond, *An Investigation of the Guilty Knowledge Test Polygraph Examination*. *Journal of Criminal Psychology*, 2011. 1: p. 1-14.
9. Sousa, R., *Ricardo Sousa. Metodologias de avaliação percetiva e acústica do sinal de voz em aplicações de ensino do canto e diagnóstico/reabilitação da fala (Tese de Doutoramento). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.*, 2011.
10. PEREIRA, F., *Comunicações Audiovisuais - Tecnologias, Normas e Aplicações*2009: 1ª Edição, IST Press.
11. BRAUNWALD, E.e.a., *Braunwald's Heart Disease*, ed. E. edition2008: Elsevier Inc.
12. Handler, M., et al., *An EDA Primer for Polygraph Examiners*. Polygraph, 2010. 39: p. 41.
13. Sennheiser. *Sennheiser ear set 1 - microphone*. Ago.2012]; Available from: <http://en-de.sennheiser.com/ear-set-1>.
14. Roland. *Ua 25ex Products :: Roland*. Ago.2012]; Available from: <http://www.roland.com/products/en/UA-25EX/>.
15. The MathWorks, I. 10-02-2012]; Available from: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>.
16. The MathWorks, I. 13-02-2012]; Available from: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/linkexchange/links/797-voicebox-speech-processing-toolbox-for-matlab>.
17. Research, S. 10-02-2012]; Available from: <http://www.seegnal.pt/products/voicestudio.php>.
18. Weenink, P.B.a.D. 10-02-2012]; Available from: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
19. BIOPAC. 13-02-2012]; Available from: <http://www.biopac.com/data-acquisition-analysis-system-mp36r-system-windows-specifications>.
20. Systems, b. *MP100*. Ago.2012]; Available from: <http://www.biopac.com/Research.asp?Pid=3639>.
21. Inc., B.S., *Physiology Lessons for use with the Biopac Student Lab*. BIOPAC Systems Inc. 2007.
22. al., C.K.-S.e., *Towards long term monitoring of electrodermal activity in daily life*. *Personal and Ubiquitous Computing*, páginas 1-11.
23. Rui Campos Guimarães et al., *Estatística*. McGraw-Hill1997.

