



**FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTIMULAÇÃO FUNCIONAL PARA PREVENÇÃO DO BRUXISMO-
RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

José Rui Miranda Ribeiro

**Orientadora: Professora Dra. Cristina Maria Ferreira Guimarães Pereira Areias
Responsável pelo Estágio no INESC: Professor Dr. José Machado da Silva**

RESUMO

Este relatório foi elaborado no âmbito da unidade curricular Monografia/Relatório de Estágio do plano de estudos do Mestrado Integrado em Medicina Dentária. Neste resumo consta uma descrição concisa das diferentes partes que o compõe e das atividades que foram desenvolvidas para possibilitar a elaboração do mesmo.

O relatório inicia-se com uma Introdução, destinada a dar a conhecer ao leitor o conceito geral do estágio, o que esperar durante a sua leitura e o seu propósito.

Segue-se uma secção de Discussão dividida em várias partes que pretende elucidar e reportar os conhecimentos adquiridos e os procedimentos realizados.

Esta discussão começa com uma porção de pesquisa oriunda da revisão de literatura que realizei sobre o Bruxismo, esclarecendo vários conceitos associados ao mesmo que determinei ser importante que sejam depreendidos de forma que haja uma compreensão ampla sobre as várias vertentes deste distúrbio, já que o estágio depreende o intuito do seu tratamento.

Após partilha destes conhecimentos, é feita uma descrição concisa sobre a Estimulação Elétrica funcional, descrevendo a mesma, explicando o seu modo de funcionamento e relatando a sua potencial aplicabilidade para o tratamento do Bruxismo.

Na secção seguinte, partilho os resultados da investigação extensa quanto a diferentes sensores de pressão existentes que foram instalados em dispositivos oclusais em estudos prévios, pesquisa que me foi particularmente indicada pelo Professor Doutor José Machado e que foi útil para o processo de elaboração do dispositivo cujo protótipo visamos desenvolver no estágio, sendo que estes sensores são uma das suas componentes.

Segue-se um relato cronológico das atividades presenciais desenvolvidas durante o estágio, já que o seu carácter prático é o que o distingue de uma revisão de literatura. Este capítulo conta com a contextualização do estágio e com a descrição detalhada dos vários testes Laboratoriais realizados no Laboratório do INESC.

principalmente ao Professor Doutor José Machado, que possui o *expertise* das áreas de Engenharia necessário para tal.

Finalmente, uma conclusão em que infiro sobre as conclusões retiradas em relação ao tema em questão.

AGRADECIMENTOS

Nunca teria atingido esta etapa final sem o envolvimento, o auxílio, o carinho, consideração e paciência de diversas pessoas que merecem o meu mais grato agradecimento.

À Professora Doutora Cristina, a minha orientadora, que vou sempre ter como um exemplo imaculado de tudo o que é expectável numa docente universitária, um anjo-da-guarda que me transmitiu sempre tranquilidade e que é uma pessoa profundamente amável e amorosa.

Ao Professor Doutor Francisco e Professor Doutor José Machado pela ajuda preciosa que me deram durante o estágio, assim como aos meus colegas de estágio, Heitor e Éric.

A todos os meus amigos mais próximos.

Aos meus primos direitos, a Raquel, o Zé Pedro, a Teresa que sempre vi como uma irmã mais nova, os gémeos Paulo e João, com que partilhei tanto a infância como todo a vida adulta até agora e, o Luís que além de ter sido sempre para mim como um irmão, foi uma pessoa que teve a coragem, a determinação e a maturidade de procurar ajudar-me quando mais necessitei.

A todos os meus tios e familiares mais próximos, Zé, Ana, Luís e Isabel, sempre do meu lado a dar-me suporte e amabilidade, e aos meus Padrinhos, José António e Lúcia, que não são menos que “segundos pais” para mim. Aos meus avós Leonilde e avô Ribeiro e avô Francisco, que sei que me guarda no coração.

Mais do que qualquer outra pessoa, aos meus pais, José Fernando e Jacinta que nunca desistiram de mim e fizeram de tudo por me ajudar e proporcionar todas as oportunidades, mesmo em momentos por vezes mais difíceis. Devo-lhes tudo o que alcancei e sei que são os melhores pais do mundo.

Índice

RESUMO.....	II
AGRADECIMENTOS	III
1 INDICE DE FIGURAS	1
2 INDICE DE ABREVIATURAS	3
3 INTRODUÇÃO	4
4 DISCUSSÃO	7
4.1 Pesquisa Sobre o Bruxismo	7
4.1.1 Os dois tipos de Bruxismo: Vigília e do Sono	7
4.1.2 Definição, prevalência e consequências do Bruxismo; O conceito de Parafunção	8
4.1.3 As limitações da área da Prostodontia em relação às Parafunções Orofaciais.....	9
4.1.4 As Especificidades do Bruxismo do Sono.	10
4.1.5 Consequências Nefastas do Bruxismo do Sono.	11
4.1.6 Reconhecimento e Diagnóstico do Bruxismo Diurno e do Sono	12
4.1.7 O “Gold Standard” do Diagnóstico do Bruxismo de Sono e as Alternativas Propostas ao mesmo	13
4.1.8 Métodos Atuais de Tratamento Para o Bruxismo Diurno e Bruxismo do Sono	14
4.1.9 Conclusão acerca dos métodos de tratamento do Bruxismo atuais disponíveis.....	20
4.2 A Estimulação Elétrica Funcional e a sua Aplicabilidade no Tratamento do Bruxismo	21
4.3 Investigação Relativa à Elaboração do Dispositivo Relativamente às Propriedades dos Sensores de Tensão.....	23
4.4 Relato Cronológico, Contextualização do Estágio e Testes Laboratoriais realizados do Laboratório do INESC	32

4.5 Testes Laboratoriais realizados no Laboratório do INESC	34
4.5.1 Testes da Sensibilidade de Diferentes Sensores de Pressão Intra-oral.....	35
4.5.2 Testes das Diferentes Antenas de Comunicação Wireless.....	41
4.5.3 Testes da Tolerância à Estimulação Elétrica Funcional	48
4.6 Elaboração da Goteira Oclusal a Receber as Componentes Eletrónicas	55
5 CONCLUSÃO	59
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
7 ANEXOS	62

1. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de Placas + Diafragma	24
Figura 2: Os diferentes componentes do sensor	24
Figura 3: Detecção de contacto oclusal pelo dispositivo	25
Figura 4 A goteira desenvolvida no estudo referido, com os componentes eletrónicos incorporados.....	26
Figura 5 Esquema dos componentes eletrónicos da goteira	27
Figura 6: Esquema do Sensor de pressão inserido na goteira	29
Figura 7: Gráfico do estudo onde o eixo x mostra a hora da recolha de dados e o eixo y o valor de força oclusal detetado pelo dispositivo.	29
Figura 8:Laboratório do INESC onde realizamos os testes	32
Figura 9: Os diferentes pesos a aplicar no articulador	35
Figura 10: Sensor Piezoelétrico (Esquerda) e Force Sensing Resistor (Direita)	36
Figura 11: Esquema do sistema de testagem.....	37
Figura 12: O sistema de Modelos de Gesso montados em articulador + sensor + multímetro	38
Figura 13: Multímetro utilizado para medir variação de resistência.....	39
Figura 14: valores sensor FSH Figura 15: Valores Sensor Piezo-eletrico	39
Figura 16: Tabela Peso aplicado/Resistência	40
Figura 17: Gráfico relativo a Sensor Piezoelétrico.....	41
Figura 18: Gráfico relativo ao Sensor FSR.....	41
Figura 19: As diferentes antenas testadas, 1, 2, 3, de cima para baixo, e o sistema de teste completo.	43
Figura 20:Testagem das Antenas com Osciloscópio	44
Figura 21: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (10Hz)	45
Figura 22: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (30Hz)	45
Figura 23: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (50Hz)	46
Figura 24: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (70Hz)	46

Figura 25: Recobrimento da antena com película isoladora	47
Figura 26: Teste intra-oral.....	47
Figura 27: Simulação da EEF aplicada ao Músculo Masséter	49
Figura 28: Simulação EEF aplicada ao Músculo Temporal	49
Figura 29: Tabela de Simulação EEF para 2hz, Masséter.....	51
Figura 30: Tabela Simulação EEF para 5hz, Masséter.....	51
Figura 31: Tabela Simulação EEF para 2hz, Temporal.....	53
Figura 32: Tabela Simulação EEF para 5hz, Temporal.....	53
Figura 33: Película Piezoresistiva Recortada	56
Figura 34: moldagem em alginato (esquerda) e em gesso (direita)	57
Figura 35: A goteira oclusal modificada, recebida do Dr. Francisco Maligno.....	58

2. ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INESC: Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science

FMDUP: Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

EEF: Estimulação Elétrica Funcional

REM: Rapid Eye Movement

RBD: Rapid eye movement behaviour disorder

EMG: Eletro-Miográfica/Eletromiografia

ECG: Eletrocardiograma

EEC: Estimulação Elétrica Contingente

TS: Tensão de Saída

3. INTRODUÇÃO

No âmbito da unidade curricular Monografia/Relatório de Estágio integrante do plano de estudos do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP) estabeleceu-se um protocolo de Estágios com o INESC (Institute for Systems and Computer Engineering, Technology and Science) do Porto, sobre o tema da Estimulação Funcional para prevenção do Bruxismo.

Segue-se um breve resumo acerca das características gerais do bruxismo e uma descrição da terapia por Estimulação Elétrica Funcional. O objetivo é correlacionar estes dois aspetos e averiguar a possibilidade de aplicar este tratamento para resolução ou melhoramento dos sintomas associados ao distúrbio em questão.

O bruxismo é um distúrbio que tem como característica o apertar ou “ranger” involuntário dos dentes, devido às forças excessivas que são exercidas sobre os músculos mastigatórios. Classifica-se como um hábito oral *parafuncional*, derivado de fenómenos de hiperatividade muscular, provocando um desequilíbrio no sistema estomatognático, particularmente o sistema mastigatório.

Tem como sintomatologia habitual extra-oral as cefaleias (sintoma mais comum), as mialgias faciais e da zona dos pavilhões auriculares, o desconforto da articulação temporo-mandibular, a limitação dos movimentos de abertura da boca e as perturbações ao nível do sono.

A nível intra-oral, destacam-se desgastes irregulares nos dentes e as fissuras e fraturas do esmalte, associados muitas vezes a sensibilidade dentária. Estas particularidades não são congruentes com a manutenção de uma saúde oral estável a longo prazo, mas possibilitam o diagnóstico durante a consulta de Medicina Dentária. Desta forma, é um distúrbio que está intimamente relacionado com o papel do Médico Dentista.

Podemos categorizar o bruxismo em duas variantes principais: o bruxismo do sono e o bruxismo de vigília. Podem ocorrer em conjunto no mesmo paciente, ou exclusivamente.

O Bruxismo de Vigília ocorre durante a vida consciente, estando o paciente desperto, mediante o decorrer da sua rotina diária. Representa a fase em que é possível auto-consciencialização desta parafunção. Normalmente, este tipo não acarreta o ranger audível dos dentes que é frequentemente associado a este distúrbio, no entanto este pormenor não exclui o surgimento de sintomas e consequências nocivas.

Os episódios agudos de Bruxismo de Vigília estão intimamente relacionados com fatores psicossociais, tais como o stress, a ansiedade, o medo e a frustração, que desempenham um papel primordial na sua etiologia. Também podem ser associados a um hábito ou “tique” nervoso.

Já o Bruxismo do Sono ocorre, naturalmente, durante o sono. Era previamente conhecido como bruxismo noturno, no entanto, tendo em conta que é relacionado com o processo fisiológico do sono em si e não com o ciclo circadiano, a nomenclatura foi atualizada. Pode ocorrer várias vezes durante o mesmo ciclo de sono, por vezes perturbando o mesmo. Segundo a Academia Americana de Medicina de Sono, é principalmente durante a fase NREM (Non-Rapid Eye Movement) que este fenómeno surge.

A etiologia do Bruxismo de Sono remete para fatores psicológicos, patofisiológicos e genéticos, reforçando a ideia multifatorial da etiologia do bruxismo. Em certas revisões sistemáticas é enfatizada a associação entre bruxismo, ansiedade, sensibilidade ao stress e depressão. Por outro lado, F.Lobbezoo e D. Mandredini, identificaram 32 publicações que correlacionam o bruxismo e fatores genéticos, demonstrando que o Bruxismo de Sono poderá, em parte, ser geneticamente determinado. (1,2)

Nas crianças, está frequentemente associado à obstrução nasal e queixas respiratórias resultantes de hipertrofia das amígdalas e adenoides.

Não é fácil lidar clinicamente com esta disfunção e a maioria dos médicos dentistas tem dificuldade em determinar com certeza se os seus pacientes sofrem de bruxismo ou se o bruxismo presente é de vigília ou do sono.

Por todos estes motivos, a comunidade científica tem feito um esforço no sentido de medir a atividade bruxómana de forma mais concreta, já que o desgaste dentário por

si só não fornece dados suficientes acerca da mesma. Desta forma, vários autores tentaram fazer esta avaliação utilizando dispositivos intraorais.

Com o intuito de melhorar os métodos de diagnóstico e registo deste distúrbio, eu, conjuntamente com dois colegas, Heitor Lima e Éric Oliveira, e com o Professor Doutor José Machado, visamos desenvolver um protótipo de uma goteira eletrónica que inclua sensores de pressão oclusal intra-oral para deteção de episódios bruxómanos em pacientes que sofrem desta *parafunção* e, conseqüentemente, permita aplicar estimulação elétrica funcional nos músculos faciais em períodos associados a estes episódios, de forma a promover o seu relaxamento, e assim, alívio dos sintomas associados.

Desta forma, esperamos não só melhorar os aspetos do diagnóstico referidos anteriormente como também perceber se esta aplicação de electroestimulação provoca melhorias dos sintomas detetados.

A EEF é um método de tratamento em que se emite um sinal elétrico de baixa frequência ao paciente. Tem-se verificado a redução da atividade EMG dos músculos oro faciais associada à aplicação da mesma durante eventos de hiperatividade muscular bruxómana. Assim, preconiza-se que a EEF possa ser utilizada para reduzir e estabilizar esta hiperatividade muscular, seja por si mesma ou utilizada em associação com outras terapêuticas.

Ficará ao cargo do Professor José Machado o desenvolvimento da parte eletrónica do aparelho relativamente ao circuito e à sua interação com os sensores de forças, e as antenas processo que será acompanhado na sua integridade pelos estudantes.

4. DISCUSSÃO

4.1- PESQUISA SOBRE O BRUXISMO

4.1.1) Os tipos de Bruxismo: Vigília e do Sono

O bruxismo de vigília define-se como o ato consciente do apertar dos maxilares. A sua prevalência ronda 20% na população adulta. Está principalmente associado a tiques nervosos e reações ao stress, considerados o seu fator de risco, mas a fisiologia e a patologia exatas do bruxismo de vigília são ainda desconhecidas.

Já durante o sono, o ranger dos dentes (normalmente percetivo por outrem) é relatado por 8-31% da população. Temos evidências limitadas que apoiem o papel de fatores oclusais na etiologia do bruxismo do sono.

Em vez disso, as publicações mais recentes sugerem antes que é fortemente associado a *micro-despertares* (definidos como aumentos da atividade cardíaca e respiratória autónoma que tendem a repetir-se de 8 a 14 vezes por hora de sono). A importância de fatores hereditários genéticos e a envolvimento das vias aéreas na origem da atividade alterada dos músculos mastigatórios durante o bruxismo do sono está ainda em investigação, sendo provável que sejam fatores de predisposição.

Sabe-se que a atividade rítmica dos músculos mastigatórios no bruxismo do sono atinge o seu pico nos minutos antes do início do sono REM (*Rapid Eye Movement*), o que nos sugere que os mecanismos associados às transições entre as diferentes fases do sono exerçam influência sobre os neurónios motores e propiciem o episódio bruxómano.

É importante definir claramente quando é que o bruxismo, sendo um comportamento encontrado frequentemente em indivíduos, na generalidade, saudáveis, requer intervenção direta de um clínico devido às suas consequências (como danos nos dentes, dor e até mesmo conflito social/conjugal).(3–5)

4.1.2) Definição, prevalência e consequências do Bruxismo;

O Conceito de *Parafunção*

Embora possa estar associado a tiques nervosos o bruxismo de vigília é principalmente uma *Parafunção*, que se acredita estar relacionada com o stress quotidiano mediante experiência prática de clínicos que acompanham este tipo de pacientes.

Como se define então uma *Parafunção*? As atividades orofaciais diurnas incomuns necessitam de ser discriminadas dos vários tipos de atividades normais:

- As atividades orofaciais *normais* são óbvias, destacando-se a mastigação funcional, deglutição e fala. São exercícios comuns e espectáveis do Sistema Estomatognático, essenciais à sobrevivência e às ações sociais e comunicativas de um indivíduo comum.

- As atividades *incomuns* (ou *Parafunções*) são atividades orofaciais não funcionais como o apertar excessivo dos maxilares, ranger audível dos dentes (raramente observado em fase de vigília na ausência de medicação específica ou de um distúrbio neurológico como a *Discinesia Tardia**), morder dos tecidos moles orais, a *oncofagia* (“roer as unhas”) , o empurrar agressivo da língua contra os dentes, lamber dos lábios constante mesmo na ausência de secura dos mesmos, protrusão da língua, morder de objetos não nutritivos, ou posturas desadequadas da cabeça ou mandíbula.

A maioria das parafunções persiste ao longo dos anos. Convém que o Médico Dentista avalie se a parafunção é voluntariamente induzida ou se é uma atividade involuntária relacionada a um hábito ou tique.

Existem casos em que é muito difícil discriminar o bruxismo de vigília dos primeiros sinais de doença de Parkinson ou de outras doenças neurodegenerativas, como a *Discinesia Tardia**, referida anteriormente. Desta forma, os médicos dentistas devem ser capazes de reconhecer as manifestações oro faciais destes tipos de patologias para encaminhem os pacientes a um neurologista para diagnóstico e tratamento mais especializados. (5)

**(Distúrbio que se caracteriza por movimentos involuntários e anormais, especialmente na região facial, língua e extremidades.)*

4.1.3) As limitações na área da Prostodontia em relação às Parafunções Orofaciais

Uma vertente importante da prática de Medicina Dentária em pacientes com Parafunções Orofaciais é a capacidade de os clínicos avaliarem e considerarem muito bem a qualidade, extensão, adaptação e aplicabilidade de próteses dentárias neste grupo. Próteses dentárias defeituosas, incorretamente elaboradas ou desadaptadas à dentição e morfologia da cavidade oral exacerbam as manifestações orofaciais em casos de parafunção.

Por estes motivos, qualquer tipo de tratamento protético, principalmente os que englobam uma porção considerável da boca, deve ter precauções extremas quanto à correta moldagem, elaboração laboratorial, e rebasamentos ou modificações necessárias das próteses.

Em casos de gravidade e frequência extremas destes episódios, os tratamentos dentários devem ser restritos ao essencial, focando-se principalmente na manutenção periodontal. Reabilitações orais extensas e tratamentos ortodônticos poderão não estar indicados, pelo menos até que estas manifestações sejam abordadas e se tente reduzir ativamente a frequência e intensidade das mesmas dentro das possibilidades de cada paciente. (5)

4.1.4) As Especificidades do Bruxismo do Sono

Os distúrbios dos movimentos durante o sono podem ser classificados como simples, tais como o Bruxismo do sono, ou como complexos, como o “Rapid eye movement behaviour disorder” (RBD) ^{*2} ou a Atividade Motora Epiléptica. (5)

Na presença de distúrbios neurológicos ou administração farmacológica de medicamentos ou drogas recreativas, o ranger de dentes é frequentemente descrito como secundário ou iatrogénico. Já em indivíduos sem patologias diagnosticadas ou terapias farmacológicas, é descrito como primário (apenas relatado por 8% da população adulta). Segundo relatos autónomos, a prevalência tende a diminuir com a idade em ambos os sexos, sendo reportada apenas por 3% dos idosos.

Os seguintes fatores de risco têm sido sugeridos como exacerbadores do bruxismo do sono:

- Tabagismo, consumo de cafeína e ingestão excessiva de álcool;
- Personalidade ansiosa com tendência ao nervosismo e ao stress crónico.

-Distúrbios do sono, tais como a apneia do sono, ou movimento periódico dos membros concomitante^{*3}. É de notar que aproximadamente de 60% a 80% dos episódios de bruxismo do sono estão associados a breves movimentos corporais não periódicos. (6)(5)

O sono é dividido em fases *não-REM* (estágios leves 1 e 2, e estágios profundos 3 e 4 do sono) e estágios REM (sono ativo), repetidos a cada 90-110 minutos. As evidências sugerem que a maioria dos episódios bruxómanos tendem a ocorrer durante os estágios leves *não-REM* do sono, com apenas cerca de 10% dos episódios de bruxismo do sono detetados durante o sono REM, e que a frequência dos episódios atinge o pico durante o período de transição do sono que antecede o sono REM. (3,5)

**2 O distúrbio comportamental do movimento rápido dos olhos é uma condição em que os mecanismos de paralisia muscular que normalmente ocorrem durante o sono REM são prejudicados.*

**3 condição neurológica caracterizada por sensações desconfortáveis nas pernas, geralmente durante o repouso ou à noite, que são aliviadas pelo movimento dos membros inferiores. “síndrome das pernas inquietas”.*

4.1.5) Consequências Nefastas do Bruxismo do Sono.

A magnitude das forças oclusais que somos capazes de atingir durante períodos inconscientes é notoriamente superior à alcançável de forma consciente e voluntária. Este é um dos motivos principais para as consequências frequentemente severas desta variante do Bruxismo

Destas, destacam-se a destruição dos dentes, dores na articulação temporomandibular e nos músculos faciais, bloqueio da mandíbula, as cefaleias, os traumas dos tecidos moles orais (normalmente mais intensos na presença de xerostomia^{*4}) e os sons audíveis e perceptíveis do ranger dos dentes, seja por parte de parceiros e até do próprio paciente, que podem naturalmente prejudicar o descanso e levar à exasperação e problemas conjugais.

Até 65% dos pacientes com bruxismo do sono relata dores de cabeça. Frequentemente surgem ao acordar na região temporal, permitindo o seu diagnóstico mais diferenciado e a possibilidade de que sejam associadas à parafunção orofacial.

O ruído gerado pelo ranger de dentes pode perturbar muito o sono dos parceiros de quarto; alguns pacientes preferem dormir sozinhos por causa dos sons constrangedores gerados durante o sono, que tem portanto fortes implicações sociais. (5,7,8)

**4 Xerostomia: Secura da boca provocada por diminuição ou ausência do fluxo salivar.*

4.1.6) Reconhecimento e Diagnóstico do Bruxismo Diurno e do Sono

Os investigadores identificam *parafunções* que ocorrem durante o estado de vigília via questionários adequados e observação visual do comportamento do paciente.

São reconhecidas empiricamente pela sua intensidade, frequência e interferência na função e nas atividades de caráter social. Se o Médico Dentista, por exemplo, suspeitar da presença de Discinesia Tardia, com base na descrição de movimentos incomuns por parte do paciente, pode sugerir a utilização de gravações de vídeo em casa para que se possa confirmar e analisar cuidadosamente tais relatos, já que os movimentos atípicos podem não se manifestar durante uma consulta relativamente rápida de Medicina Dentária.

Em teoria, poderíamos considerar a análise de eletromiogramas (EMG) nestes casos, mas discriminar entre movimentos usuais e incomuns por via deste tipo de exame é um desafio significativo.

Durante o sono, os movimentos oro faciais incomuns podem ser discriminados ou diagnosticados com base em:

- Relatos de parceiros de quarto ou dos pais sobre a atividade ou os sons peculiares gerados pela mesma;

- Exame clínico intraoral que confirme a presença de desgastes dentários ou extra oral que evidencie a hipertrofia dos músculos mandibulares (preconiza-se que estes sejam sempre realizados atentamente e descritos quando observados, já que são sinais que podem não ter qualquer relação causal ou cronológica direta com a queixa do paciente ou motivo da consulta).

- Gravação poligráfica e de áudio-vídeo da atividade muscular, associada a registo Electro Miográfico (EMG) dos outros músculos faciais associados à oclusão, registo da frequência cardíaca via Eletrocardiograma, da atividade cerebral via Eletroencefalograma, e dos movimentos oculares via Eletro-oculograma.(5)

4.1.7) O “Gold Standard” do Diagnóstico do Bruxismo de Sono e as Alternativas Propostas ao mesmo

As gravações durante o sono podem ser feitas em ambiente domiciliar, mediante sistemas ambulatoriais, ou em ambiente clínico num “Laboratório do Sono”, com recurso a um sistema especializado para esse efeito. Estas últimas são normalmente mais precisas devido à presença de amplificadores munidos de software dedicado especificamente à aquisição e análise destes dados, no entanto o desafio principal é discriminar a atividade oro facial de interesse clínico ao diagnóstico do Bruxismo de outros comportamentos motores não associados ao mesmo.

Analises nestes ambientes laboratoriais especializados continuam a ser o “Gold Standard” para a avaliação dos distúrbios dos movimentos durante o sono, permitindo uma análise quantitativa de diversos parâmetros e a sua associação, sendo a opção mais válida e confiável.

No entanto, são análises caras e demoradas e que além disso frequentemente não simulam nem representam da forma mais fiável o sono rotineiro em ambiente doméstico. Propuseram-se então alternativas que colmatem estas falhas.

Essas alternativas incluem gravações feitas com uma câmara digital posicionada ao lado da cama no ambiente domiciliar e o uso de um sensor de contactos dentários inserido num dispositivo intraoral, a ser utilizado durante o sono.

É relativamente a esta última alternativa que surgiu o propósito e o conceito do Aparelho Intraoral que decidimos tentar desenvolver. Tendo em conta que já são conhecidos os benefícios que uma Goteira de Relaxamento Oclusal standard pode trazer para a qualidade de vida destes pacientes e a diminuição severa das consequências nefastas do bruxismo de sono devido à proteção fornecida pela mesma (pontos descritos na seção seguinte), é o dispositivo ideal para receber métodos adicionais de diagnostico preciso. (5)

4.1.8) Métodos Atuais de Tratamento Para o Bruxismo Diurno e Noturno

-Ajustes Oclusais e Terapia do Equilíbrio

Os contatos prematuros e as interferências oclusais foram associados ao desenvolvimento de bruxismo no passado, e ainda é por vezes defendida a realização de ajustes oclusais para tratamento do mesmo. No entanto, parece não haver base em evidências concretas para a realização destes procedimentos, notoriamente irreversíveis, uma vez que a etiologia do distúrbio agora sabe-se ser regulada a nível neurológico central, não a um nível periférico.

A ideia proposta de que o bruxismo poderá dever-se à má oclusão tornaria, em teoria, os tratamentos ortodônticos em opções viáveis para o controlo da *parafunção*, mas esta noção ainda é controversa entre clínicos, sem evidências suficientes que a apoiem. (9)

-Goteiras Oclusais

As goteiras oclusais são utilizadas durante a noite, cobrindo as superfícies oclusais de todos os dentes. Embora não existam evidências suficientes para afirmar que as placas oclusais previnam o fenómeno do bruxismo do sono em si, demonstram benefícios na proteção contra o desgaste dentário resultante do mesmo.

A sua eficácia na redução do número de episódios mastigatórios por hora de sono parece ser transitória, com efeito máximo observado durante as primeiras 2 semanas, voltando à linha de base após períodos mais longos de uso. São assim indicadas principalmente para proteger os dentes e as restaurações contra carga traumática e desgaste dentário.

Os aparelhos variam em aparência e nas suas características, podendo ser construídos na clínica ou em laboratório e fabricados com materiais duros ou macios.

As goteiras de estabilização de resina acrílica dura sugerem mais eficácia na proteção da atividade do bruxismo do que as macias. Certos estudos reportam também

que alguns pacientes demonstram atividade eletromiográfica aumentada quando usam uma goteira oclusal durante o sono, particularmente as macias.

No entanto as goteiras macias podem ajudar a amortecer o impacto dos movimentos da mandíbula, proporcionando uma sensação de alívio e relaxamento muscular. Estas podem oferecer um ajuste mais tolerável e também ser preferidas por pacientes com histórico de problemas de articulação temporomandibular (ATM) (9)

Convém referir que, raramente, podem dificultar a respiração em pacientes com apneia obstrutiva do sono, sendo necessários cuidados especiais ao tratar o bruxismo do sono nessa população. Um dispositivo de avanço mandibular pode ser um tratamento alternativo em pacientes com apneia obstrutiva concomitante com bruxismo do sono, pois diminui simultaneamente o número de eventos respiratórios derivados da primeira e a atividade mastigatória relacionada ao bruxismo. (9,10)

-Higiene do Sono

É recomendado aconselhamento dirigido à promoção de práticas de higiene de sono, incluindo evitar o uso de cafeína e outros estimulantes após a hora do almoço (muitas pessoas não tem noção do tempo de semivida da cafeína na corrente sanguínea), a limitação da estimulação visual nas horas próximas de deitar, e a prática de dormir num quarto com ausência de luz e de ruído, respeitando sempre que possível o ciclo circadiano. (9,10)

-Psicoterapia

Abordagens psicoterapêuticas tem o potencial de ser implementadas para fomentar o relaxamento e a descontração. O aconselhamento profissional pode levar a uma diminuição na tensão apresentada pelo paciente no dia-a-dia, ou à noção das circunstâncias que despoletam o hábito e à consciencialização do mesmo. Esta consciencialização só por si vai aumentar o controlo voluntário e diminuir a frequência dos movimentos parafuncionais.

O “cue conditioning” pode ser uma opção a aplicar particularmente em casos infantis, ou de pessoas com capacidade cognitiva reduzida. Estas “cues” podem ser vocais ou físicas, e devem ser repetidas constantemente quando o paciente demonstra movimentos parafuncionais, como um “ah!” ou um toque no queixo. Estas medidas são uma alternativa eficaz em casos em que a realização e auto-consciencialização do hábito são menos prováveis. (9)

-Fisioterapia

Sessões de fisioterapia são uma opção que pode ser considerada quando ao bruxismo está associada queixa de dores e rigidez muscular.

-Treino de Relaxamento

De acordo com este método, o paciente é treinado e instruído para relaxar o grupo muscular voluntariamente, prática que deve ser associada à consciencialização do hábito, referida anteriormente, para obtenção de melhores resultados.

-Biofeedback

O biofeedback é uma técnica que utiliza medições fisiológicas detetadas eletronicamente durante comportamentos desadequados e que são conectadas a um sinal de feedback que é iniciado quando critérios pré-especificados são atingidos e finalizado apenas quando ocorre a mudança desejada no comportamento.

O biofeedback visa gerar uma resposta adquirida que persiste nos períodos mesmo após a interrupção da técnica.

Normalmente envolve um estímulo imediato, gerado em resposta ao ranger ou apertar dos maxilares. A identificação pode ser mediada por sensores mecânicos integrados em goteiras, ou por análise electro-miográfica.

O feedback associado pode ser auditivo, vibratório, elétrico ou gustativo estando o paciente acordado ou não acordado e destina-se a promover a consciência do apertamento e consequente relaxamento imediato dos músculos da mandíbula, bem como permitir a reflexão sobre o contexto ou padrões de pensamento que podem ter dado origem ao bruxismo.

O estímulo não tem a intenção de ser nocivo, mas de magnitude suficiente para, pelo menos inicialmente, interferir no pensamento consciente e alertar o paciente. A descoberta recente de que a aprendizagem condicionada pode ocorrer durante o sono em humanos sugere que o biofeedback não necessita necessariamente de acordar o paciente para ser eficaz, o que confere óbvios benefícios à aplicação no bruxismo de sono.(9,11)

-Estimulação elétrica contingente (EEC)

A estimulação elétrica contingente (EEC) visa diminuir a atividade dos músculos mastigatórios aplicando uma estimulação elétrica de baixo nível quando os músculos responsáveis pelo bruxismo se tornam ativos. Porém, são necessários mais estudos para elucidar os resultados a longo prazo.

Note-se que é uma técnica distinta da EEF, uma vez que a estimulação elétrica contingente está mais relacionada ao condicionamento comportamental e a conceitos de biofeedback, enquanto a estimulação elétrica funcional está focada na modulação direta dos músculos envolvidos no bruxismo.

Dois estudos experimentais aplicaram a EEC em pacientes com sinais e sintomas de bruxismo do sono e dor miofascial e denotaram uma redução dos episódios eletromiográficos por hora de sono, mas sem alterações nos níveis de dor e tensão muscular.(11) (9) (12)

-Medicação

A utilização de medicamentos no tratamento do bruxismo deve ser limitada a períodos curtos e casos graves em que dispositivos oclusais e abordagens psicológicas foram ineficazes.

O registo farmacológico inclui o uso de agentes ansiolíticos, tranquilizantes, sedativos e relaxantes musculares. Medicamentos como o *Diazepam* podem ser prescritos por alguns dias para lidar com situações de distúrbio do sono e controlar o nível de ansiedade. Baixas doses de antidepressivos tricíclicos podem inibir a quantidade de sono REM e consequentemente diminuir os períodos de transição para o mesmo que despoletam episódios bruxómanos.

Foi analisado o efeito agudo da *Levodopa* (fármaco do grupo dos anti parkinsonianos) em 10 bruxómanos severos e reportou-se uma diminuição no número de eventos mastigatórios relacionados ao sono em 7 deles quando comparados ao placebo. No entanto, dada a relevância clínica desconhecida e a falta de mais pesquisas que apoiem a sua utilização, a *Levodopa* não é ainda considerada como um tratamento

oficializado para o bruxismo do sono. Outras terapias farmacológicas, como *Bromocriptina* e *Propranolol*, também foram investigadas, mas falharam em demonstrar resultados significativos.

Por outro lado, um tratamento experimental de uma noite de duração com recurso a *Clonidina* (agonista α_2 adrenérgico), demonstrou reduzir a atividade do bruxismo em 60%, no entanto esta terapia também apresentou efeitos adversos significativos, tais como hipotensão matinal, e xerostomia, esta última frequentemente associada ao desenvolvimento de cáries dentárias.

Em pacientes com comorbidades psiquiátricas e bruxómanas, foi relatado que o uso agudo de clonazepam reduz a atividade do bruxismo do sono e melhora a qualidade do sono, mas esta administração ainda carece de estudos mais aprofundados. (9,10)

-Toxinas da Botulina

A toxina botulínica, uma neurotoxina sintetizada pelo *Clostridium botulinum*, atua impedindo a produção de acetilcolina e bloqueando os canais de cálcio nas terminações nervosas, inibindo temporariamente a contração muscular.

A aplicação da neurotoxina demonstrou que a amplitude da contração muscular durante os eventos de bruxismo foi reduzida após 4 semanas de injeção, mas sem alterações no ritmo ou número de episódios de bruxismo por hora de sono. No entanto, não foram observadas diferenças no alívio dos sons de ranger de dentes e rigidez matinal da mandíbula em comparação com injeções salinas em qualquer momento do estudo (9)

4.1.9) Conclusão acerca dos métodos de tratamento do Bruxismo atualmente disponíveis

Sendo o bruxismo uma condição multifatorial, uma equipa multidisciplinar deve trabalhar em conjunto para controlar o distúrbio e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

O tratamento do bruxismo é inerente ao reconhecimento de potenciais fatores de causa e padrões associados. O prognóstico na maioria dos pacientes é cauteloso; apesar do tratamento, em muitos casos, a condição é recorrente.

Na ausência de um tratamento causal, a abordagem é focada na prevenção da progressão do desgaste dentário, na redução dos sons de ranger dos dentes e no melhoramento do desconforto muscular e da disfunção mandibular nos casos mais graves.

Estratégias comportamentais, terapia com goteiras, medicamentos e estimulação elétrica mostraram resultados heterogéneos na resolução dos eventos electro miográficos associados ao bruxismo do sono, mas a maioria dos estudos de investigação não avaliaram suficientemente os efeitos no caso dos outros sintomas, como dor ou progressão do desgaste dentário.

Estudos de longo prazo com amplo espectro de gravidade em pacientes com bruxismo do sono, que comparem o efeito de diferentes tratamentos, são ainda necessários para elucidar a importância de cada intervenção na resolução dos sinais e sintomas comumente referidos pelos pacientes.

4.2 A Estimulação Elétrica Funcional e a sua Aplicabilidade no Tratamento do Bruxismo

A estimulação elétrica funcional (EEF) é uma técnica terapêutica que envolve a aplicação de corrente elétrica de baixa intensidade em músculos específicos, previamente determinados. Esta terapêutica tem sido amplamente utilizada para promoção do relaxamento muscular, melhoramento da função muscular e alívio dos sintomas de várias patologias neuromusculares. No contexto do tratamento do bruxismo, a EEF tem sido explorada como uma abordagem promissora para reduzir a atividade muscular excessiva e aliviar os sintomas associados a esta *parafunção*.

A teoria sugere que a EEF vai atuar através da estimulação dos nervos motores que controlam os músculos responsáveis pela atividade bruxómana. Mediante a aplicação controlada de corrente elétrica, a EEF pode modular a atividade desses músculos, promovendo relaxamento muscular e diminuição da intensidade do ranger ou apertar dos dentes durante o sono.

Existem diferentes maneiras de aplicar a EEF durante um caso terapêutico de tratamento do bruxismo. Uma abordagem comum é o uso de elétrodos, colocados sobre a pele, que fornecem estímulos elétricos direcionados aos músculos envolvidos. Estes estímulos elétricos podem ser ajustados ao pormenor quanto à sua intensidade, frequência e duração, para atingir os melhores resultados terapêuticos, sempre em compromisso com o conforto e bem-estar do paciente.

Acredita-se que a EEF promove relaxamento muscular no contexto da atividade bruxómana a partir de diversos mecanismos: por um lado a estimulação elétrica aumenta a atividade dos nervos sensoriais que inibem a contração muscular, levando a um efeito relaxante nos músculos envolvidos no bruxismo; por outro lado, a EEF também pode ativar os mecanismos de controle central do sistema nervoso, resultando desta maneira

numa redução geral da atividade muscular no organismo e, conseqüentemente, no relaxamento muscular.

Um benefício da EEF é a sua natureza não invasiva nem farmacológica. Contrariamente a outras abordagens terapêuticas, não apresenta efeitos colaterais significativos e pode ser aplicada de forma segura e confortável.

É fulcral lembrar que a utilização da EEF como método de tratamento do bruxismo ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento, mas os resultados preliminares têm sido encorajadores. Diversos estudos clínicos têm demonstrado a eficácia da estimulação elétrica de baixa frequência na redução da atividade muscular associada ao bruxismo e no alívio dos sintomas, como o ranger dos dentes e a mialgia facial.

Mesmo assim, como método de tratamento do bruxismo, não é ainda amplamente utilizada na prática clínica. São necessárias pesquisas mais aprofundadas, e mais testes que correlacionem diferentes parâmetros e populações para avaliar sua eficácia a longo prazo, determinar os protocolos ideais de estimulação e identificar os pacientes que podem se beneficiar mais desta abordagem terapêutica.(9,11,17)

4.3: Investigação Relativa à Elaboração do Dispositivo Relativamente às Propriedades dos Sensores de Tensão

Como parte do processo de desenvolvimento da Goteira, foram-nos incumbidos vários temas de pesquisa por parte do Professor José Machado, ficando diversos parâmetros da morfologia e das características da mesma encarregados a cada um dos alunos a realizar o estágio. Uma das pesquisas que me ficou encarregada foi a das propriedades dos sensores de tensão que o dispositivo vai incluir para poder detetar com precisão fenómenos bruxómanos.

Existem já alguns estudos relativos à elaboração, aplicabilidade e utilização de dispositivos intra-orais como meios de detetar atividade bruxómana com elevada especificidade e precisão.

Note-se que embora a capacidade de detetar esta *parafunção* é essencial ao funcionamento correto do nosso dispositivo, convém elucidar as “guidelines” que a goteira deve seguir de modo a não comprometer a segurança, o conforto da sua utilização e as funções tradicionais que vai ter como uma goteira de relaxamento oclusal “standard”.

Vou então referir alguns dos estudos mais recentes e adequados a este propósito.

Inicialmente, foquemo-nos no estudo “*Design of a Pressure Sensor to Monitor Teeth Grinding*”. (13)

O design inclui três partes principais: diafragma, um par de placas de capacitadores e um acoplamento mecânico. A figura seguinte mostra como o diafragma é preso e como as placas são fixas:

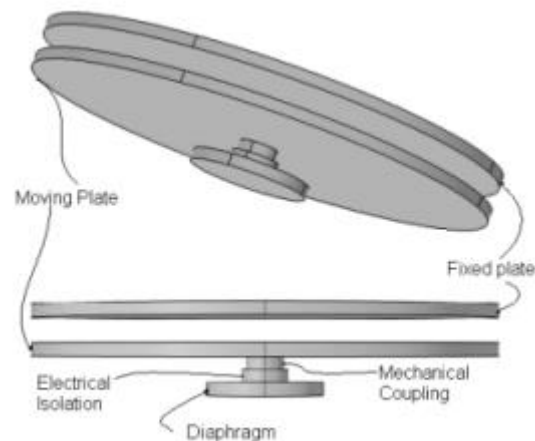


Figura 1 Sistema de Placas + Diafragma

Um desenho esquemático do sensor mostra a localização dos diferentes componentes:

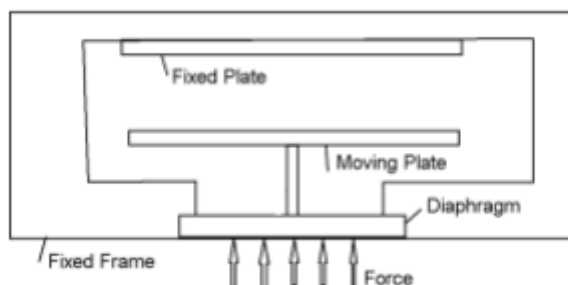


Figura 2: Os diferentes componentes do sensor

A placa móvel está conectada ao centro de um diafragma e isolada eletricamente. O tamanho deste elemento é reduzido para ter um efeito desprezível na deflexão do diafragma.

Quando o diafragma desvia sob pressão, a placa móvel desvia na mesma proporção a partir do ponto central, causando uma mudança na capacitância, que será detetável e registada pelo dispositivo. É desta forma que a força na superfície oclusal é transferida para os sensores.

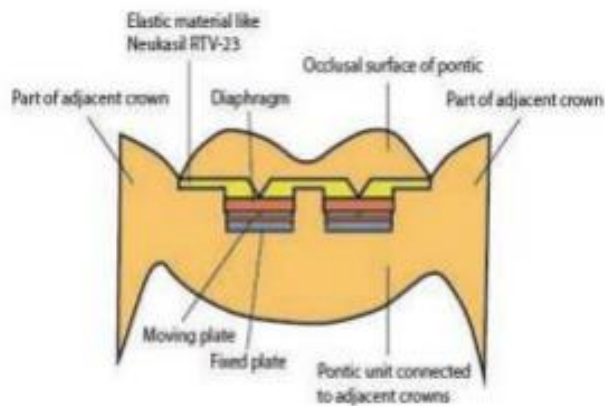


Figura 3: Detecção de contacto oclusal pelo dispositivo

Acabamos por não optar por um sensor deste género.

Um artigo que considerei essencial é o denominado “*A sleep bruxism detection system based on sensors in a split- pilot clinical data*” por P. McAuliffe, J.H. Kim, D. Diamond, K.T.Lau e B.C. O’Connel. (14)

Este estudo descreve o teste clínico de um sistema de deteção de bruxismo baseado em sensores de força aplicados numa goteira e avalia o seu desempenho na percepção de padrões de mordida consistentemente observados em pacientes bruxómanos.

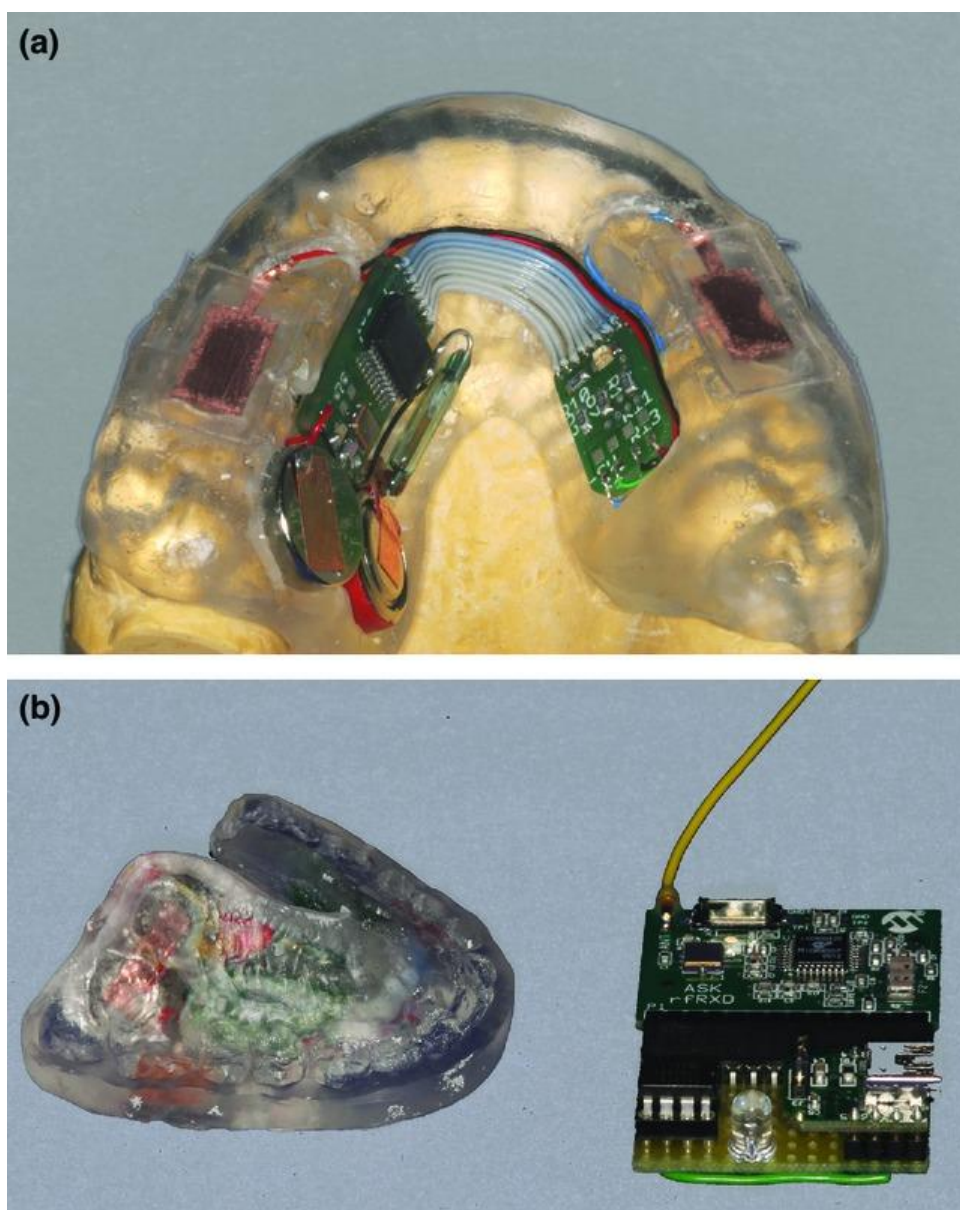


Figura 4 A goteira desenvolvida no estudo referido, com os componentes eletrónicos incorporados.

Neste caso, o sensor de forças foi colocado dentro de uma goteira de acrílico transparente, com o material do sensor “enterrado” aproximadamente 1 mm abaixo da superfície oclusal na região do segundo pré-molares e dos primeiros molares, região associada a fortes forças oclusais e mastigatórias.

Devido ao desempenho do dispositivo referido no que toca à deteção e análise de tensões associados a episódios bruxómanos parafuncionais, decidi que deveríamos avaliar cuidadosamente as guidelines mais técnicas da elaboração do mesmo, e aplicar os conhecimentos e particularidades descritas na sua elaboração para o planeamento da elaboração do nosso dispositivo.

Este esquema representa o conceito do mesmo, evidenciando as componentes eletrónicas necessárias e a sua posição, assim como o seu aspeto após a *assembly*. Os detalhes mais específicos da elaboração do dispositivo e das suas características estão descritos com elevado grau de pormenor no artigo “*Development of bite guard for wireless monitoring of bruxism under pressure-sensitive polymer*”, por parte dos mesmos autores e referenciado neste relatório.(13)

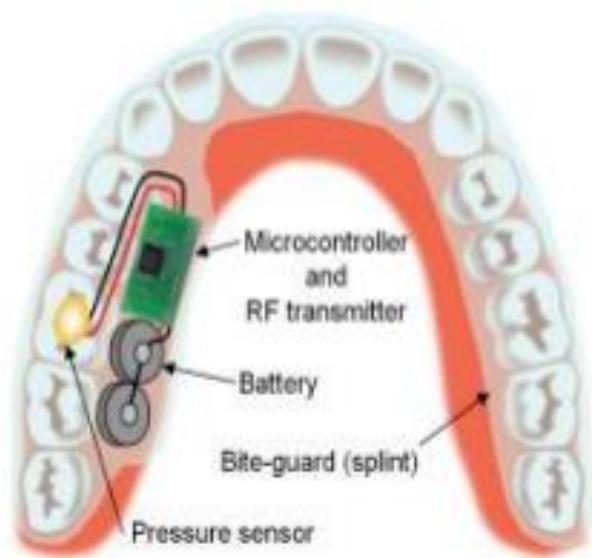


Figura 5 Esquema dos componentes eletrónicos da goteira

Quanto ao estudo descrito, simularam-se dez movimentos típicos de episódios de bruxismo, registados no aparelho eletrónico intra-oral e também dez ações fisiológicas normais com o dispositivo colocado na cavidade oral.

Os cinco primeiros movimentos simularam episódios de bruxismo faseado, em que a intensidade das forças oclusais ocorre em ciclos de diferentes intensidades, e os outros cinco simularam bruxismo tónico, com apertamento estático e constante ao longo do tempo. Os participantes tentavam um fechamento vertical muito vigoroso da mandíbula, com a contração máxima consciente alcançável.

As dez ações fisiológicas incluíram cinco movimentos de deglutição e cinco movimentos mandibulares fisiológicos aleatórios, como falar, estalar os lábios, e ligeira oclusão das arcadas.

O “output” foi registado numa tabela e apresentado sob a forma de um gráfico de linha, sendo que o eixo “x” representa o tempo decorrido e o eixo “y” o valor convertido das mudanças de resistência do sensor.

Foram registadas e descritas as características primárias de cada padrão de movimento, sendo que os elementos definidos como críticos para discernir o tipo de padrão representado eram o número de “inputs” de força oclusal aparentemente parafuncional, o número repetições da mesma, a sua duração e possíveis alterações erráticas ou “artefactos” que possam ocorrer durante o processo. (14)

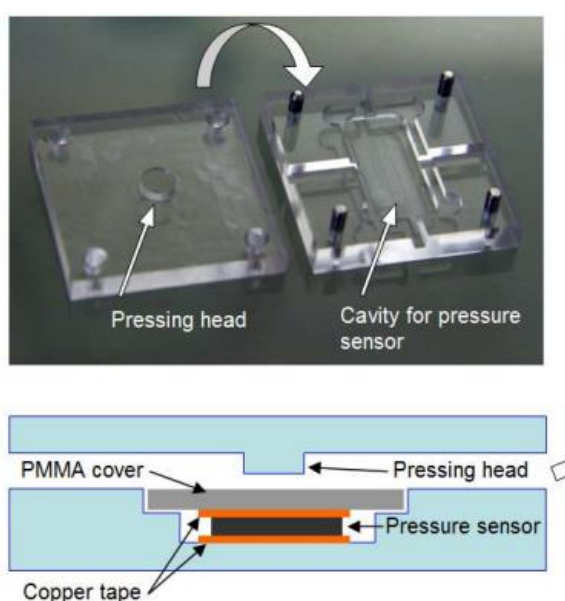


Figura 6: Esquema do Sensor de pressão inserido na goteira

Segue o exemplo de um dos gráficos referidos, neste caso relativo aos movimentos simuladores de bruxismo faseado:

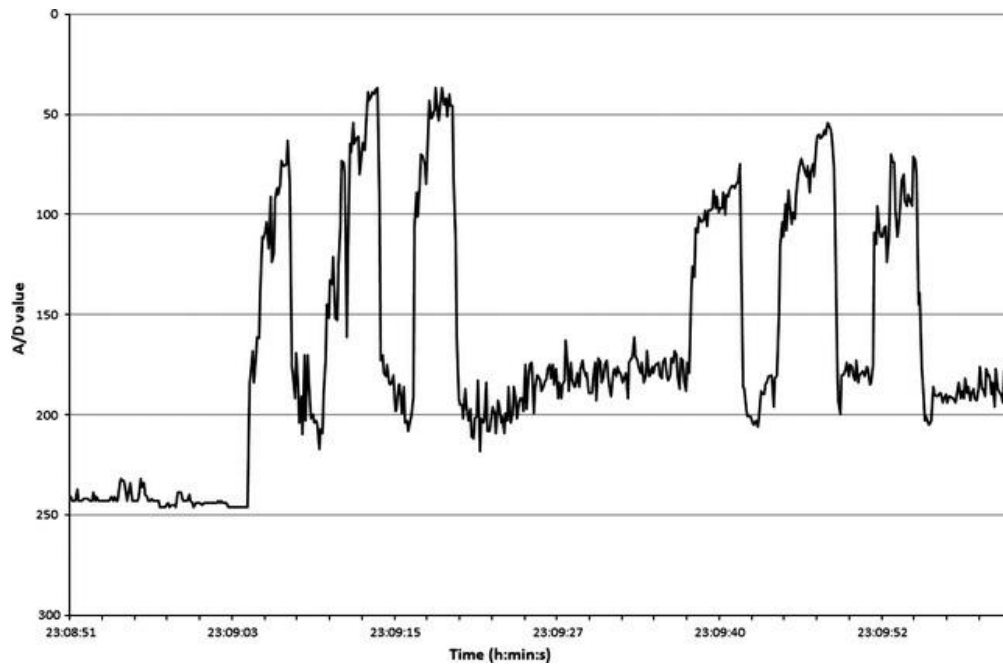


Figura 7: Gráfico do estudo onde o eixo x mostra a hora da recolha de dados e o eixo y o valor de força oclusal detetado pelo dispositivo.

O conjunto de dados registados neste estudo foi diminuto e pretendia ser uma prova inicial do conceito de um protótipo. Seria necessária uma amostra mais ampla, contemplando um elevado número de pacientes com episódios reais para criar algoritmos robustos que permitam desenvolver uma análise mais automatizada e discriminada dos sinais.

Mesmo assim, este tipo de dispositivo assemelha-se muito ao tipo de dispositivo que almejamos desenvolver, pelo que muitas das características da deteção de forças oclusais se assemelham às que procuramos mimetizar na nossa versão da Goteira Oclusal Eletrónica. (14)

Em períodos anteriores ao deste estudo outros autores aplicaram e tentaram implementar sistemas de detecção de forças embutidos em dispositivos oclusais, embora muitas vezes com objetivos distintos. Mesmo com estas diferenças, estes estudos continuam a fornecer detalhes críticos acerca da viabilidade de um dispositivo deste género.

Tekeuchi examinou a correlação entre os sinais indicativos de pressão oclusal e a atividade eletromiográfica dos músculos faciais. Concluiu-se mediante uma análise detalhada da relação cronológica entre os resultados do Eletromiograma (EMG) e dos sensores de pressão que estes forneceram excelentes dados relativamente a movimentos de trituração, superando o EMG como método de diagnóstico. No entanto, o EMG apresentou uma distinção mais clara e detalhada em relação a movimentos de oclusão dos maxilares. (15)

Este último resultado está provavelmente relacionado com as características do sensor de pressão de polímero que foi utilizado, mais apropriado a detetar forças “on-off” dinâmicas do que tensão estática sustentada. De destacar que os sensores que nós queremos utilizar no nosso protótipo não apresentam, de todo, esta limitação e são capazes de detetar “apertamento” de forma mais confiável que qualquer outro movimento.

Dispositivos descritos em estudos mais antigos utilizam uma abordagem de detecção digital onde apenas o número de eventos ocorridos que ultrapassam o limiar de um *threshold*, ou valor mínimo, são contabilizados. No entanto, tinham dificuldade em distinguir quando isso acontecia em situações de bruxismo ou apenas situações fisiológicas de aumento da pressão Intra oclusal.

Contrariamente, goteiras sensíveis de pressão mais recentes como a do estudo “*A sleep bruxism detection system based on sensors in a split-pilot clinical data*”, referido anteriormente, no qual me baseei principalmente na minha pesquisa, contém sensores altamente customizáveis de acordo com o perfil de forças esperado numa faixa dinâmica de valores, dando resultados mais conclusivos.

A capacidade aprimorada para distinguir e diferenciar diferentes tipos de movimentos permite uma análise mais concreta dos padrões obtidos e reduz a probabilidade de erros e falsos-positivos.(14)

Ao contrário de dispositivos mais desatualizados, esta goteira não continha qualquer fio, ou componente elétrica a sair da cavidade oral durante a utilização, característica que providencia segurança, conforto e evita resultados enviesados. Desta forma, a comunicação com os aparelhos de registo exteriores é feita de forma wireless (sem fios), tendo o volume do dispositivo que ser um pouco maior para acomodar uma fonte de energia. (14)

Vale a pena também mencionar o estudo de Nishigawa, onde os investigadores registaram as forças de mordida de 15 indivíduos com mais precisão a partir de uma abordagem técnica ligeiramente diferente, com transdutores de “strain gauge”.

Os transdutores *strain gauge* são compostos por material condutor elétrico, como uma fina folha metálica. Quando a sua superfície é submetida a qualquer deformação ou tensão, o *strain gauge* também se deforma, sendo possível determinar com muita precisão a magnitude da deformação.

Estes transdutores foram incorporados numa goteira de acrílico simples, conectada a um recetor externo em tempo-real, num ambiente clínico laboratorial. Os resultados são particularmente interessantes pela sua tentativa de quantificar concretamente as forças mecânicas exatas exercidas pelos indivíduos, especificamente durante episódios bruxómanos. A força média observada foi de 220N, com a força máxima registada a atingir os 896N. (16) (18)

4.4: Relato Cronológico e Contextualização do Estágio e Testes Laboratoriais realizados do Laboratório do INESC

Demos início à vertente presencial do estágio em 13 de Fevereiro, no INES TEC INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores Tecnologia e Ciência na sala do Professor Doutor José Alberto Peixoto Machado da Silva no segundo andar (edifício I, departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, gabinete 232).

Contamos ainda com a participação ativa do João, estudante de Engenharia que, a pedido do professor Machado, esteve presente na maioria dos procedimentos, já que ele próprio tinha desenvolvido previamente uma Tese de Mestrado relacionada com o tema das goteiras oclusais com sensores de contacto oclusal.

Os locais específicos de que usufruímos foram o próprio gabinete do Professor, bem como o laboratório no piso zero da FEUP, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, local mais apropriado aos diversos testes e medições que foram necessários durante o estágio e que, naturalmente, requerem dispositivos e materiais muito mais específicos.

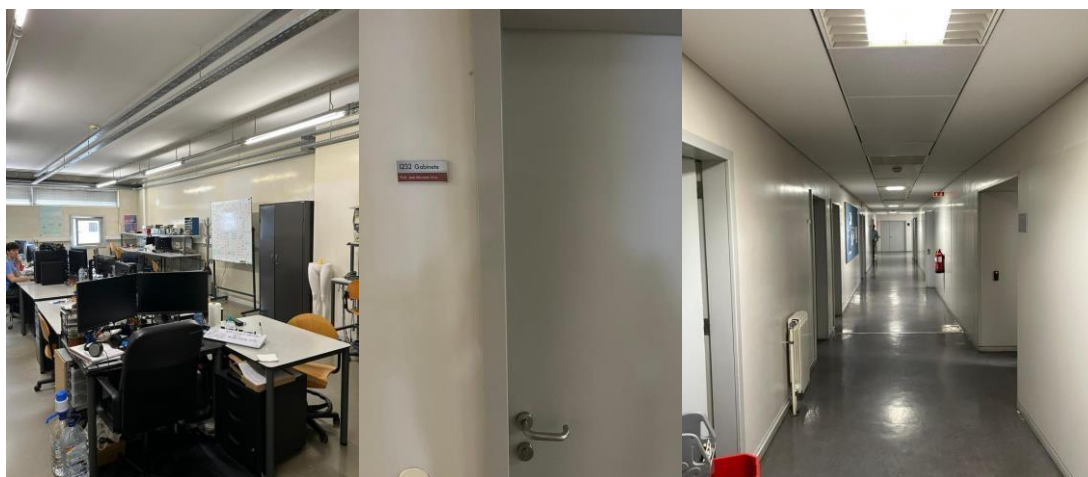


Figura 8: Laboratório do INESC onde realizamos os testes

Depois de uma reunião inicial e de um planeamento das diferentes vertentes com o Professor, começamos a desenvolver as diversas atividades projetadas, semana a semana, reunindo semanalmente no INESC para discussão, troca de feedback, e definir os próximos passos após cada semana.

Este estágio dividiu-se em 3 fases:

- A fase inicial de índole muito Teórica, baseada na pesquisa por parte de cada elemento sobre diversos assuntos, alguns sugeridos pelo Professor Doutor José Machado, que definimos que seriam fulcrais para o desenvolvimento correto do dispositivo.

Após as diversas pesquisas, partilhávamos descobertas conhecimentos adquiridos com os outros elementos e com o Professor através de trocas de e-mail e das reuniões semanais no INESC para garantir a simbiose entre todos os participantes e a fluidez do processo. No final de cada reunião definíamos as diretivas da semana seguinte. A minha participação nesta pesquisa está contemplada neste relatório

-A fase de Testagem e Recolha de Valores, focada na obtenção de resultados exatos e na delineação de parâmetros concretos, com recurso a diferentes dispositivos tecnológicos presentes no INESC que foram devidamente tabelados, já que serão estes valores que vão garantir o funcionamento apropriado do dispositivo.

Estes testes foram combinados com as teorias desenvolvidas durante a fase de pesquisa de modo a serem aplicados no desenvolvimento do Aparelho Oclusal, devido à forte componente eletrónica do mesmo.

-A fase de Moldagem e Desenvolvimento da Goteira Oclusal a receber posteriormente todas as componentes eletrónicas estudadas e desenvolvidas.

Nesta fase, contamos com os materiais e meios disponíveis na própria Clínica da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, onde realizamos todas as moldagens e registos necessários à elaboração da Goteira, e com a ajuda do Professor Dr. Francisco Maligno, que supervisionou todo o processo e se disponibilizou para elaborar as Goteiras em si, no seu próprio consultório de Medicina Dentária.

4.5 Testes e Recolha de Valores no Laboratório do INESC

Após um período de extensa pesquisa sobre os vários tópicos mencionados, começamos os testes Laboratoriais no INESC, para inferir conclusões necessárias à elaboração da Goteira Eletrónica propriamente dita.

Deve ser realçado que a goteira a desenvolver associa então duas vertentes eletrónicas importantes no seu funcionamento, que vão atuar em paralelo durante o mesmo, sendo isso a característica distintiva deste protótipo em relação a modelos prévios de goteiras oclusais de relaxamento que contemplavam apenas uma destas vertentes, ou até nenhuma (caso das goteiras de acrílico simples, extensivamente utilizadas atualmente).

-A primeira vertente é a vertente da deteção, identificação e distinção clara de episódios bruxómanos no paciente quando estes são despoletados durante períodos de utilização, principalmente os eventos inconscientes, pela impossibilidade da consciencialização dos mesmos por parte do próprio.

Mediante sensores de pressão oclusal, que podem funcionar através de diferentes metodologias tecnológicas, o dispositivo deve reconhecer e registar com precisão a ocorrência destes episódios

-A segunda vertente é a comunicação destas ocorrências à porção eletrónica do dispositivo responsável por aplicar a corrente elétrica necessária à Estimulação Elétrica Funcional, aquando das mesmas, e a descarga elétrica adequada associada.

Desta forma, esta porção, que pode, ou não, estar colocada intra-oralmente, vai tentar promover o relaxamento muscular durante o episódio, e contrariar as consequências do mesmo.

4.5.1 Testes da Sensibilidade de Diferentes Sensores de Pressão Intra-oral

O primeiro conjunto de testes foi realizado no dia 9 de Abril, e está relacionado com a primeira vertente eletrónica da goteira, a da deteção de episódios bruxómanos.

O objetivo do teste era simular diferentes forças oclusais, aplicadas a partir de pesos sucessivamente maiores colocados num articulador, em 2 tipos diferentes de sensores. Deste modo, podemos avaliar a sensibilidade e as características de cada um, e inferir acerca do mais adequado ao nosso propósito.

Os pesos referidos podem ver-se na seguinte imagem:



Figura 9: Os diferentes pesos a aplicar no articulador

Os diferentes sensores utilizados foram o Sensor *Piezoelétrico* e o “*Force Sensing Resistor*” de natureza *Piezo-resistiva*, representados nesta imagem. Ambos detetam a pressão oclusal aplicada, mas fazem-no a partir de princípios tecnológicos distintos.

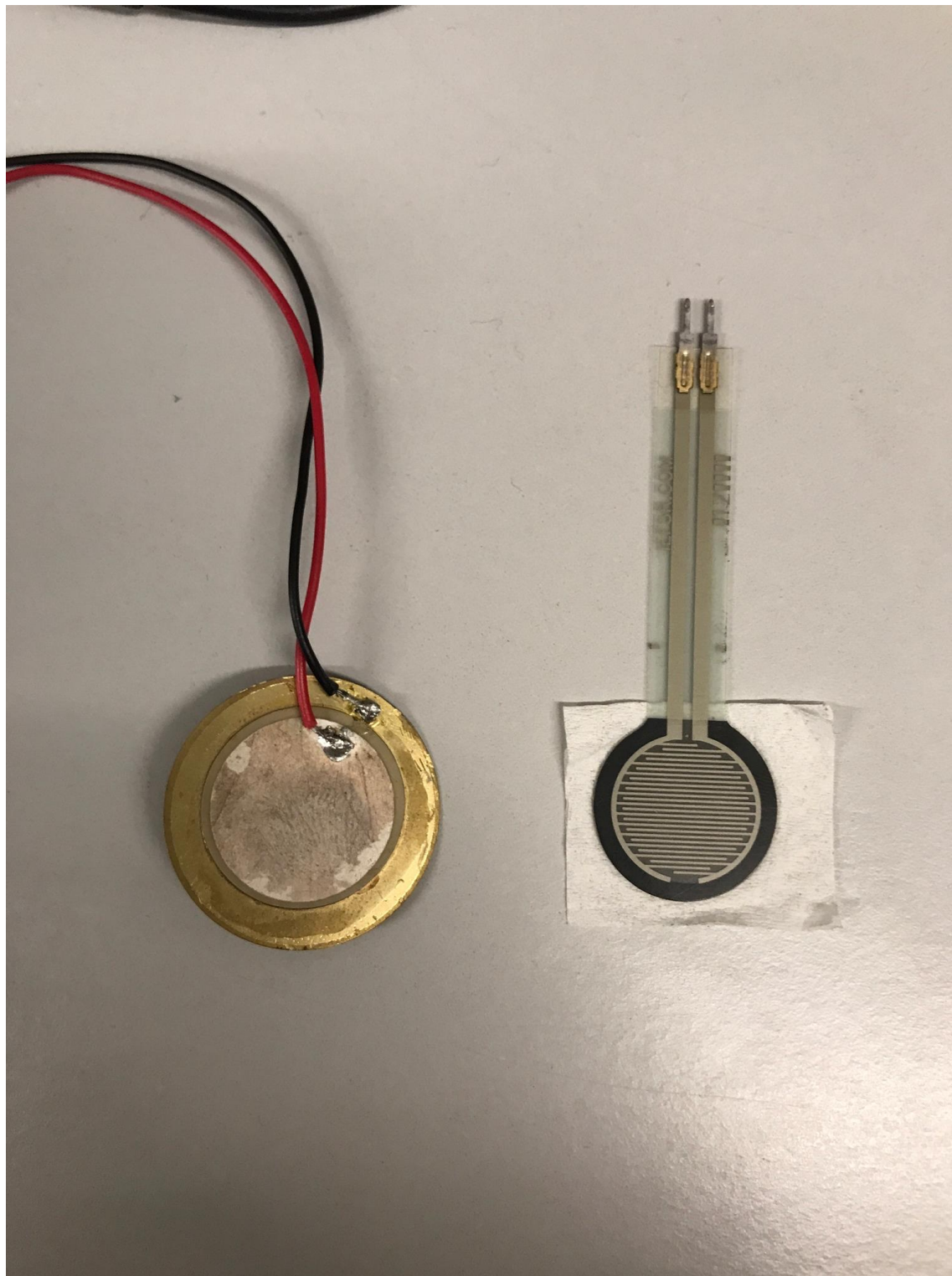


Figura 10: Sensor *Piezoelétrico* (Esquerda) e *Force Sensing Resistor* (Direita)

Os pesos (P) foram então colocados na porção anterior do braço horizontal do articulador, que incluía Modelo de Gesso para replicar os maxilares do paciente, como se pode observar na seguinte Figura Esquemática.

No mesmo articulador, colocamos, na superfície oclusal, os dois dispositivos, estando o sensor Piezoelétrico colocado na zona mais posterior dos modelos (círculo roxo) e o sensor Force Sensing Resistor colocado na zona anterior (círculo azul). A direção da Força Aplicada pelos pesos está representada pela seta vertical (F).

Os pesos (P) foram sucessivamente colocados na porção anterior do braço horizontal do articulador.

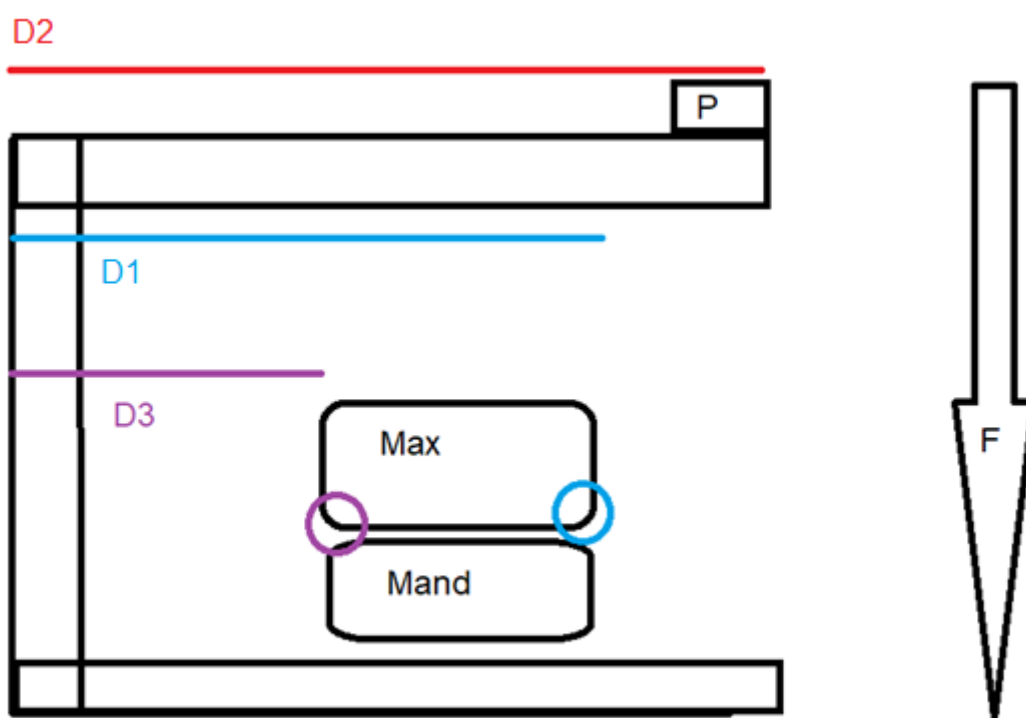


Figura 11: Esquema do sistema de testagem.

Os sensores estavam ligados eletronicamente a um Multímetro, aparelho que realiza a medição dos diferentes valores de resistência transmitidos pelos mesmos, em unidade de *kilohms* (símbolo $k\Omega$). Desta forma, conseguimos avaliar e anotar a variação de resistência nos sensores mediante a aplicação das diferentes forças oclusais



Figura 12: O sistema de Modelos de Gesso montados em articulador + sensor + multímetro



Figura 13: Multímetro utilizado para medir variação de resistência

Registamos então as variações dos valores de resistência com a adição sucessiva de pesos maiores, simulação de forças oclusais progressivamente superiores.

MEDIDAS ARTICULADOR (EIXO ROTACIONAL)

- BRANCO HORIZONTAL: 12,5 cm DE ACTORA
- DISTÂNCIA VERTICAL ENTRE SENSOR AO BRANCO LIXIAL SUPERIOR E O BRANCO HORIZONTAL: 3,5 mm
- DISTÂNCIA HORIZONTAL ENTRE BRANCO VERTICAL E SENSOR LIXIAL: 9,5 mm
- VALOR BASE SEM PESO ADICIONADO: 3,86 KΩ
- PESO 20g ADICIONADO: 3,81 KΩ
- PESO 35g ADICIONADO: 3,8 KΩ
- PESO 50g ADICIONADO: 3,75 KΩ
- PESO 80g ADICIONADO: 3,0 KΩ
- PESO 100g ADICIONADO: 2,6 KΩ
- PESO 200g ADICIONADO: 6,6 KΩ
- PESO 250g ADICIONADO: 6,33 KΩ
- PESO 500g ADICIONADO: 5,38 KΩ
- PESO 1Kg ADICIONADO: 4,88 KΩ

MEDIDAS ARTICULADOR

- EIXO AO SENSOR: 6 mm
- BASELINE: 4,777 KΩ (mm peso)
- PESO 20g ADICIONADO: 4,777 KΩ
- PESO 35g ADICIONADO: 4,775 KΩ
- PESO 50g ADICIONADO: 4,771 KΩ
- PESO 80g ADICIONADO: 4,767 KΩ
- PESO 100g ADICIONADO: 4,762 KΩ
- PESO 200g ADICIONADO: 4,746 KΩ
- PESO 250g ADICIONADO: 4,742 KΩ
- PESO 500g ADICIONADO: 4,730 KΩ
- PESO 1kg ADICIONADO: 4,713 KΩ

Figura 14: valores sensor FSH

Figura 15: Valores Sensor Piezo-eletrico

Depois de registados todos os valores, estes foram copiados para uma tabela em Excel, e a partir da equação do Momento e de fórmulas que relacionam as distâncias o

sensor ao eixo de rotação (D1 e D3 na figura), com a massa dos pesos e a constante de aceleração gravítica traduzimos os diferentes pesos em valores de Força Aplicada aos sensores, já que é esta variante que queremos relacionar com a variação de resistência detetada pelo multímetro.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Peso Kg	Resist. Kw	Mom. N	P (m x a)	Dispos.	Peso (Kg)	Resist (kw)	Mom. (N)	p (mxa)	
2	FSH	0 (Base)	8,9Kw			PElec	0	4,779	0		
3		0,02	8,61	0,17	0,20		0,02	4,777	0,0955	0,2	
4		0,04	8,5	0,30	0,40		0,04	4,775	0,1671	0,4	
5		0,05	8,25	0,41	0,50		0,05	4,771	0,2386	0,5	
6		0,08	8	0,64	0,80		0,08	4,767	0,3814	0,8	
7		0,10	7,6	0,76	1,00		0,10	4,762	0,4762	1	
8		0,20	6,66	1,33	2,00		0,20	4,746	0,9492	2	
9		0,25	6,33	1,58	2,50		0,25	4,792	1,198	2,5	
10		0,50	5,38	2,69	5,00		0,50	4,73	2,365	5	
11		1,00	4,57	4,57	10,00		1,00	4,718	4,718	10	
12											
13											
14											
15		força									
16		M1			D2 x F2	D2	F2	D3	F3	D1	F1
17					2,5	12,5	0,2	6,5	0,38	8	0,31
18		a:	10 m/s ²		5	12,5	0,4	6,5	0,76	8	0,62
19		D2	12,5		6,25	12,5	0,5	6,5	0,96	8	0,78
20		D1	8		10	12,5	0,8	6,5	1,66	8	1,25
21		D3	5,5		12,5	12,5	1	6,5	1,92	8	1,56
22					25	12,5	2	6,5	3,84	8	3,12
23		F = m x a			31,25	12,5	2,5	6,5	4,8	8	3,9
24		P = m x a			62,5	12,5	5	6,5	9,61	8	7,81
25					125	12,5	10	6,5	19,23	8	15,62
26		F3									
27											
28		f1	sensor in								
29		f3	sensor post								

Figura 16: Tabela Peso aplicado/Resistência

A conclusão do teste foi a elaboração dos seguintes gráficos, que relacionam então a Força à variação de Resistência medida.:

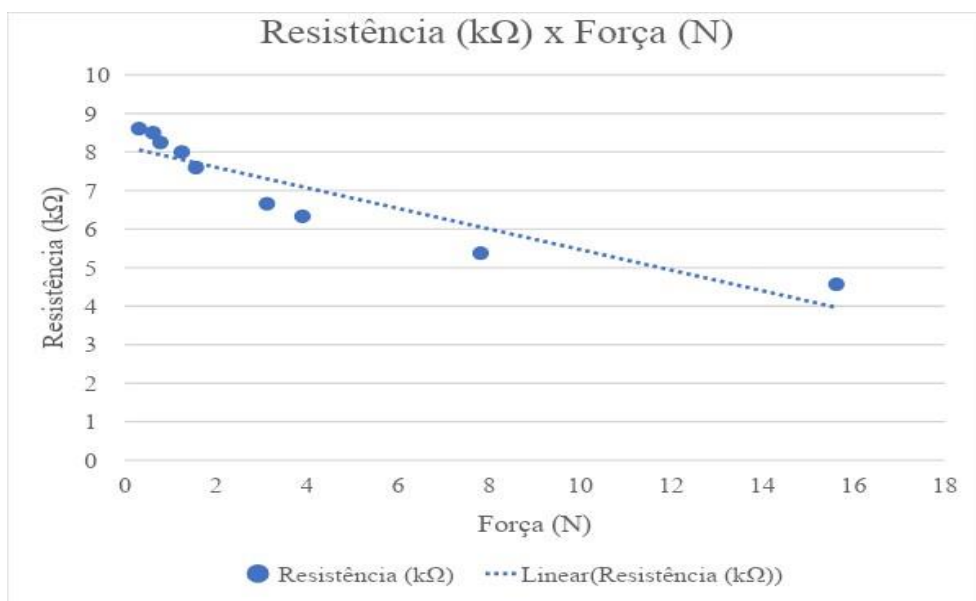


Figura 17: Gráfico relativo a Sensor Piezoelétrico

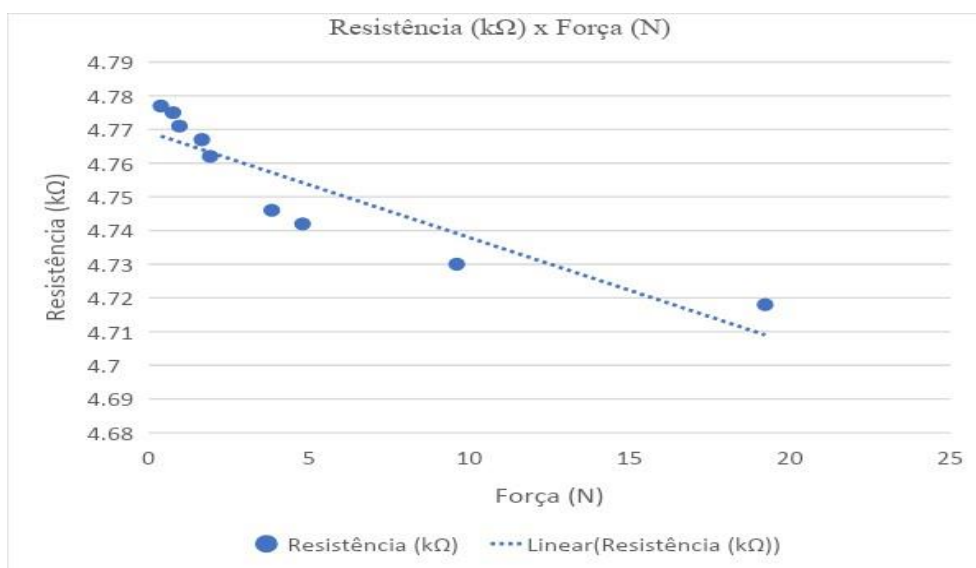


Figura 18: Gráfico relativo ao Sensor FSR

Concluiu-se que em ambos os casos, os sensores detetaram com sucesso variações, mesmo diminutas, de força oclusal aplicada. A Resistência diminui consoante aplicamos uma Força oclusal maior, sendo que esta diminuição é mais acentuada no caso do sensor Piezoelétrico.

4.5.2 Testes das Diferentes Antenas de Comunicação Wireless

O segundo conjunto de testes relaciona-se com a comunicação que necessita de existir entre as duas vertentes da goteira eletrónica, já que ambas funcionam em conjunto para o sucesso do aparelho e que a informação tem de ser transmitida com sucesso entre os sensores das forças oclusais e o dispositivo de descarga elétrica associado à Estimulação Elétrica Funcional.

Nestes testes, durante Abril, o objetivo foi testar diferentes tipos de antenas com características variantes para este propósito de modo a determinar a melhor escolha para o dispositivo. Durante os testes, variamos os valores de frequência do sinal transmitido, para determinar a mais recomendada. Variamos também a distância entre a antena emissora do sinal e o recetor, para averiguar a distância máxima a que a porção da EEF do dispositivo pode estar da porção intra-oral destinada à deteção da pressão oclusal, caso optemos pela colocação extra-oral da primeira (de forma a poder estimular diretamente os músculos faciais).

Para podermos “quantificar” a qualidade do sinal, utilizamos um Osciloscópio, aparelho que nos proporcionou diferentes valores de “Tensão de Saída” (TS) para cada cenário. A tensão de saída de um sinal refere-se à magnitude da tensão elétrica produzida por este, e mede o valor elétrico do sinal após ter passado por processamento, amplificação ou modulação.

A tensão de saída é geralmente expressa em volts (V) e é uma característica importante a ser considerada em muitos sistemas, pois informa sobre o desempenho e a qualidade do sinal transmitido ou produzido. É necessário garantir que a tensão de saída esteja dentro dos níveis adequados para uma correta interpretação ou utilização do sinal por dispositivos eletrónicos ou circuitos conectados.

À medida que variávamos a distância entre a antena e o recetor do sinal, assim como a frequência do mesmo, fomos registando para cada modelo de antena, e para cada valor de distancia e de frequência, o valor da tensão de saída correspondente (dada em *kilohertz* (símbolo kHz) recebida pelo recetor.

Estes valores de tensão foram medidos por um osciloscópio, aparelho destinado a este propósito, ligado a uma fonte de alimentação e a um dispositivo de amplificação do sinal.

As três diferentes antenas estão representadas na imagem da esquerda:

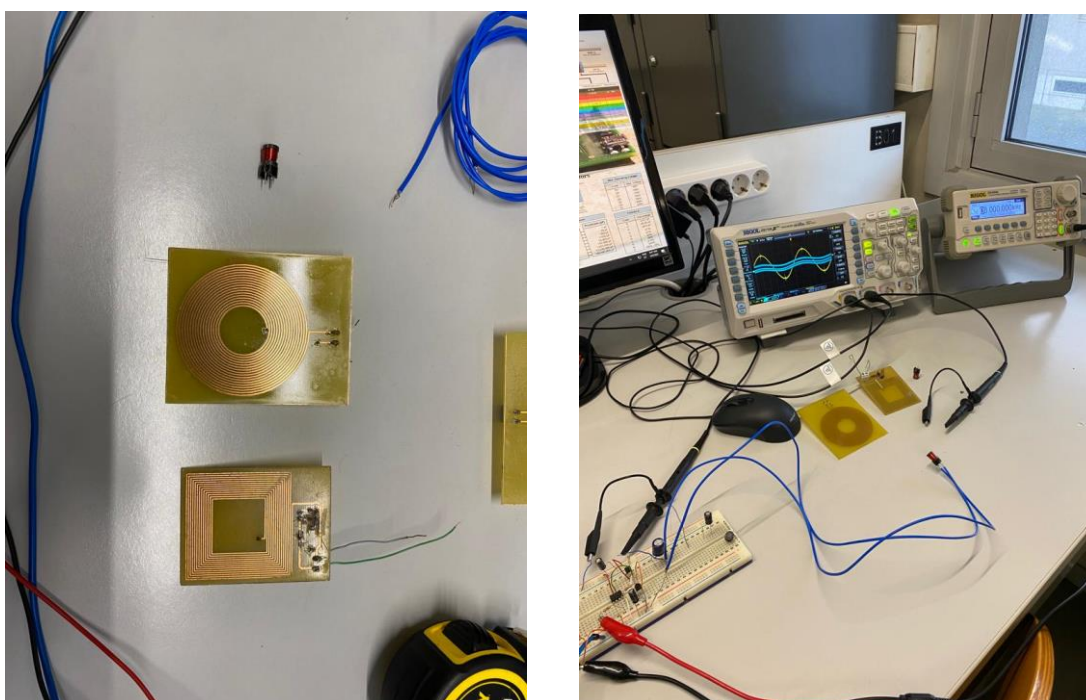


Figura 19: As diferentes antenas testadas, 1, 2, 3, de cima para baixo, e o sistema de teste completo.

Podemos também observar todo o conjunto, contendo a antena emissora, associada ao Osciloscópio, à fonte de alimentação e ao amplificador de sinal, todos conectados via uma matriz condutora.

O procedimento descrito é observável nesta imagem:

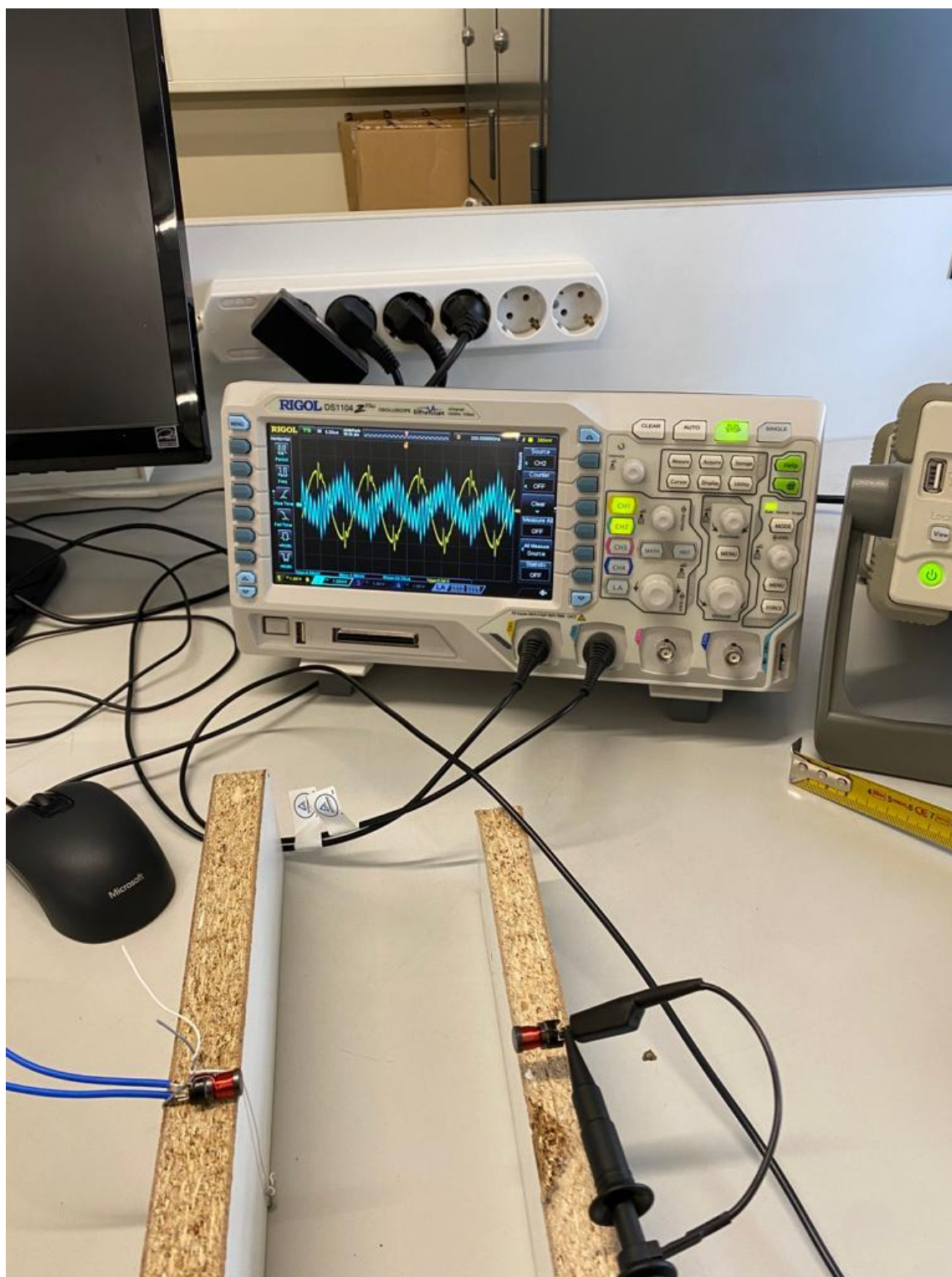


Figura 20: Testagem das Antenas com Osciloscópio

Os resultados do teste foram detalhados nos seguintes gráficos, relativos a cada uma das antenas, que relacionam então os valores de tensão de saída recebidos pelo recetor com a distância à fonte emissora, e com as diferentes frequências do sinal.

Note-se que quanto maior a quantidade de espiras da antena, maior o campo magnético, e o sinal emitido pode assim percorrer maior distância sem sofrer distorção.

Todas as três antenas emitiram com as mesmas frequências: 10kHz, 30kHz, 50kHz, 70kHz e com as distâncias de 0mm (azul), 30mm(laranja), 60mm (cinza), 90mm (amarelo)

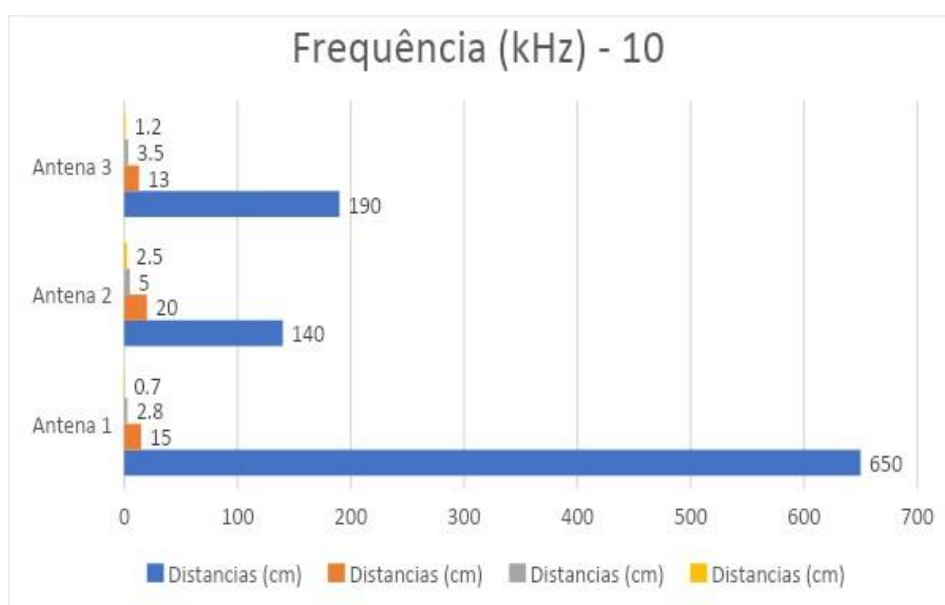


Figura 21: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (10Hz)

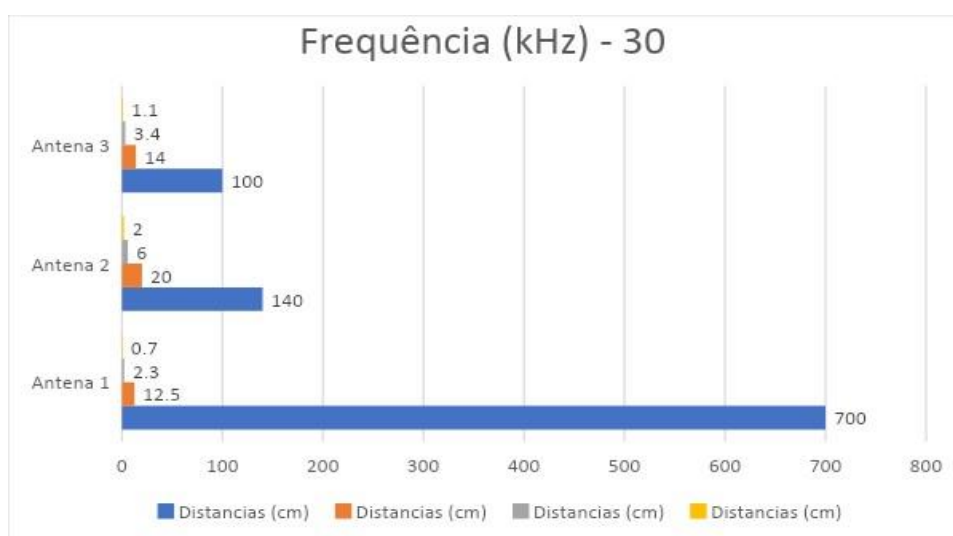


Figura 22: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (30Hz)

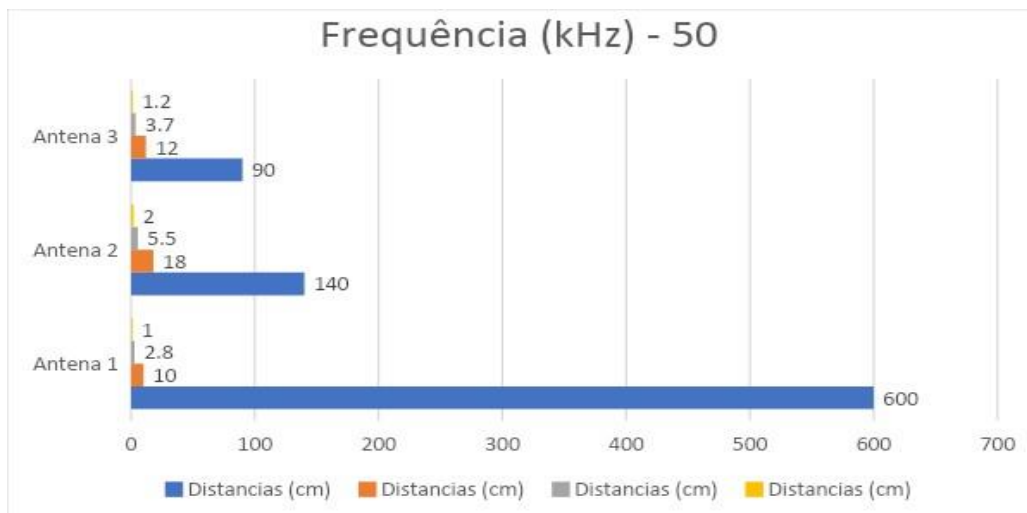


Figura 23: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (50Hz)

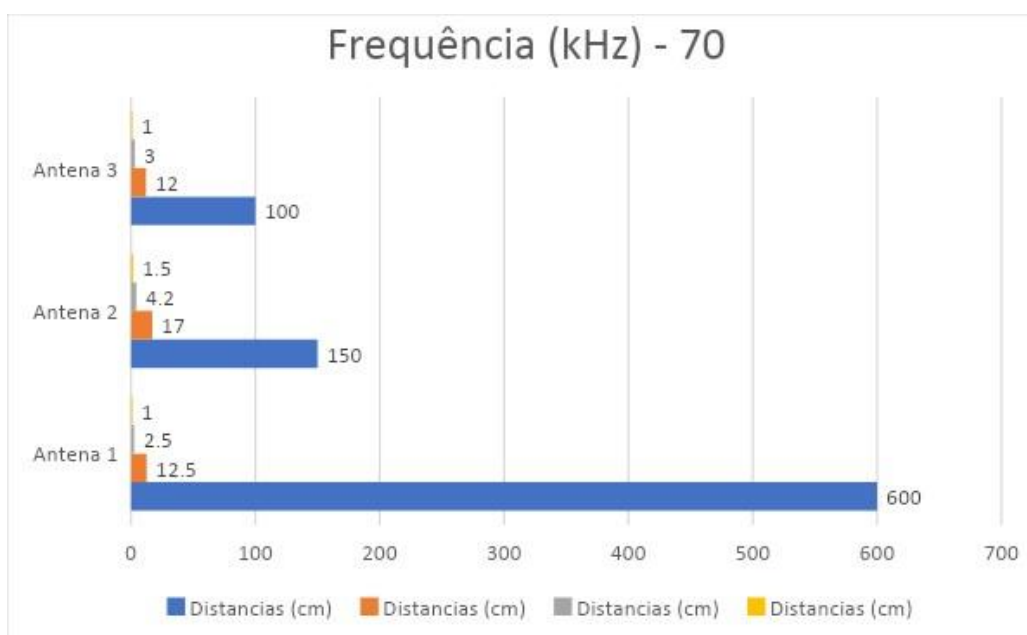


Figura 24: Variação da tensão de saída de acordo com as diferenças distancias (70Hz)

Concluimos que a antena número 1 era definitivamente a mais apropriada ao objetivo, tendo sido a frequência de 30hz a que apresentou resultados mais promissores.

Para distâncias superiores a 30 cm, a Tensão de Saída diminuía drasticamente e a consequente qualidade do sinal transmitido era notória, assim como a distorção associada ao mesmo registada pelo dispositivo. Não devemos exceder essas distâncias.

Note-se que no caso dos testes, a única barreira existente entre a antena e o recetor é o próprio ar. Assim, testamos também a transmissão do sinal através de tecidos moles orais para analisar as diferenças na distorção e perda de sinal.

Para este propósito, colocamos uma película a envolver a antena e procedemos a colocá-la intra-oralmente na zona dos molares superiores, estando o recetor extra-oral.

O Osciloscópio detetou alguma perda de sinal e aumento da distorção mas não o suficiente para inviabilizar o uso da antena escolhida.



Figura 25: Recobrimento da antena com película isoladora



Figura 26: Teste intra-oral

4.5.3 Testes da Tolerância à Estimulação Elétrica Funcional

Tendo sido realizados testes laboratoriais relacionados com a vertente da identificação dos registos bruxómanos e com a comunicação entre esta e a vertente direcionada à Estimulação Elétrica Funcional, o terceiro conjunto de testes será, logicamente, referente a esta última,

O objetivo deste último conjunto de testes foi testar a aplicação de corrente elétrica de baixa voltagem nos músculos faciais de um dos elementos do estágio, e registar a partir de que valores de frequência, amplitude e intervalos de tempo de aplicação do estímulo, é que esta era perceptível pelo mesmo, assim como a partir de quais se torna desconfortável.

Desta forma, pretendemos simular a perspetiva de um paciente bruxómano e definir com mais precisão as frequências e amplitudes com que um futuro dispositivo que administre estas descargas elétricas deverá ser configurado.

O músculo visados primariamente foram o Masséter e o Temporal, músculos superficiais de área extensa que estão altamente envolvidos em episódios bruxomómanos e que são facilmente atingidos pela colocação do eletrodo.

Iniciamos a testagem com colocação de eletrodos na superfície da face do nosso *test subject*. A descarga elétrica foi sucessivamente aplicada a partir destes, com o Professor Dr. José Machado a supervisionar os valores de frequência, intervalo de tempo dos estímulos e amplitude da mesma no aparelho elétrico laboratorial. O “modo” da corrente elétrica aplicada foi o modo “Bipolar”, mais recomendado nestes casos.

O elemento a quem foi aplicada a estimulação foi relatando vocalmente a partir de que valores começava a sentir a estimulação, quando esta se tornava incómoda, quando percecionava contração ou reações musculares involuntárias associadas à mesma e quando se tornava desconfortável ou até mesmo intolerável.

Os restantes elementos foram registando em tabelas em Excel todos estes parâmetros e valores limite, especificando para cada um o valor de frequência, amplitude, e duração da estimulação referente a cada um. O procedimento pode ser observado nas seguintes figuras:

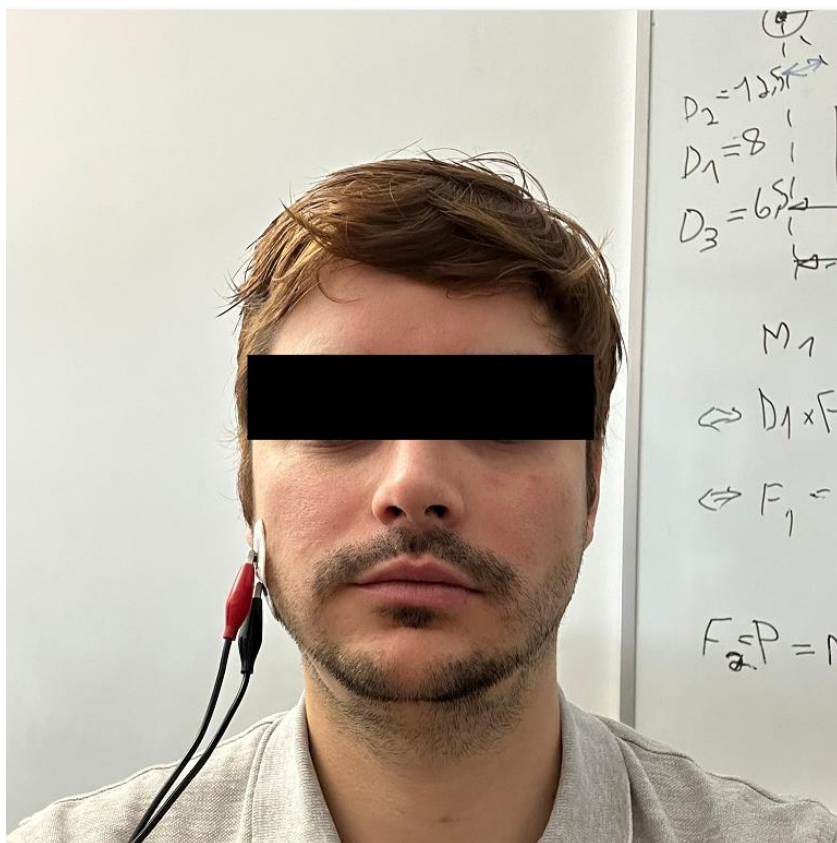


Figura 27: Simulação da EEF aplicada ao Músculo Masséter



Figura 28: Simulação EEF aplicada ao Músculo Temporal

Os valores de frequência testados e tabelados foram de 2Hz e de 5hz, respetivamente. Já as amplitudes variaram progressivamente entre 1 e 10 miliamperes (mA) e os intervalos de tempo do estímulo variaram entre 100 e 400 microssegundos (us).

O elemento estimulado foi relatando vocalmente “nada” quando não identificava qualquer sensação associada ao estímulo, “sente” quando a estimulação se tornava perceptível e “desconforto” quando ultrapassava o limiar do conforto. À medida que aumentávamos a amplitude para valores fixos de frequência e intervalo de tempo, registávamos os valores da mesma em que ocorria mudança.

A utilidade destes testes prende-se com o fato de ser um dispositivo que vai ser aplicado em seres humanos e contempla uma descarga elétrica que deverá ser forte o suficiente para atingir os objetivos propostos, mas sem nunca ultrapassar o limite do que é viável e cómodo durante sua utilização, sob pena de que a esta se torne desconfortável e acabe por ser evitada ou tida como desagradável.

Apresento então as tabelas elaboradas com base nestes testes, para as frequências de 2hz e 5hz, respetivamente, em relação à estimulação do Masséter e do Temporal:

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	100us	BIPOLAR	Nada	
2	100us	BIPOLAR	Nada	
3	100us	BIPOLAR	Nada	
4	100us	BIPOLAR	Nada	
5	100us	BIPOLAR	Nada	
5,2	100us	BIPOLAR	Sente	Mínimo

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	200us	BIPOLAR	Nada	
2	200us	BIPOLAR	Nada	
3,3	200us	BIPOLAR	Sente	Mínimo

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	300us	BIPOLAR	Nada	
2	300us	BIPOLAR	Nada	
2,9	300us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
6	300us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	400us	BIPOLAR	Nada	
2	400us	BIPOLAR	Nada	
2,3	400us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
5	400us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Figura 29: Tabela de Simulação EEF para 2hz, Masséter

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	100us	BIPOLAR	Nada	
2	100us	BIPOLAR	Nada	
3	100us	BIPOLAR	Nada	
3,2	100us	Bipolar	Sente	Mínimo

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	200us	BIPOLAR	Nada	
2	200us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
4,8	200us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Figura 30: Tabela Simulação EEF para 5hz, Masséter

Relativamente ao músculo Masséter, para frequência de 2Hz, registamos então que, para valores de EEF com duração do estímulo de 100us, a estimulação apenas se tornou perceptível a partir dos 5.2 mA, sem relatos de desconforto. Quando duplicamos o intervalo de tempo para 200 us, o valor-base da percepção ocorreu a uma amplitude inferior, de apenas 3.3mA, ainda sem relatos de desconforto.

Para intervalos de tempo superiores (300 us), o valor-base de amplitude da percepção do sinal desceu para 2.9 mA, e a partir de valores de amplitude de 6mA já era relatada sensação desconfortável. Finalmente, com estímulos de 400 us, o valor-base da percepção era de apenas 2.3 mA, com desconforto relatado a partir dos 5mA.

Quanto à frequência de 5Hz da estimulação elétrica, a estimulação torna-se perceptível imediatamente a partir dos 3.2 mA, mesmo com intervalos de tempo de apenas 100 us. Alterando o intervalo de tempo dos estímulos para 200 us, a sensação é detetada logo a partir dos 2 mA, com desconforto a partir dos 4.8 mA.

Para valores de amplitude superior, o desconforto era virtualmente constante, pelo que não foi necessário a sua tabulação, nem a exposição notoriamente incómoda do *test subject* aos mesmos.

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	200us	BIPOLAR	Nada	
2,2	200us	BIPOLAR	Sente	Mínimo

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	300us	BIPOLAR	Nada	
2,1	300us	BIPOLAR	Sente	Mínimo

Figura 31: Tabela Simulação EEF para 2hz, Temporal

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	100us	BIPOLAR	Nada	
2	100us	BIPOLAR	Nada	
3	100us	BIPOLAR	Sente	Mínimo

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	200us	BIPOLAR	Nada	
2	200us	BIPOLAR	Nada	
2,5	200us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
5,5	200us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	300us	BIPOLAR	Nada	
2	300us	BIPOLAR	Nada	
2,9	300us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
6	300us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Amplitude (mA)	TEMPO	MODO	Sensibilidade	
1	400us	BIPOLAR	Nada	
2	400us	BIPOLAR	Nada	
2,3	400us	BIPOLAR	Sente	Mínimo
5	400us	BIPOLAR	Sente	Desconforto

Figura 32: Tabela Simulação EEF para 5hz, Temporal

Relativamente ao músculo Temporal, registamos para a frequência de 2Hz, uma percepção do sinal mínima a partir de 2.2 mA de amplitude, com intervalos de tempo do estímulo aplicado de 200 us.

Para intervalos de tempo superiores, de 300us, o sinal era perceptível a partir dos 2.9 mA de amplitude. Para este intervalo de tempo, o desconforto é notório a partir de 6mA de amplitude. Para intervalos de tempo de 400us, a sensibilidade mínima desce para 2.3mA e o desconforto surge a partir dos 5mA de amplitude.

Quanto à frequência de 5Hz, obtemos sensação mínima detetada a partir de amplitudes de 3 mA para intervalos de tempo de 100 us, sem relatos de desconforto. Este valor mínimo que desce para os 2.5 mA quando duplicamos o intervalo de tempo para 200us.

Para intervalos de tempo superiores (300 us), o valor-base de amplitude da percepção do sinal desceu para 2.9 mA, e a partir de valores de amplitude de 6mA já era relatada sensação desconfortável. Finalmente, com estímulos de 400 us, o valor-base da percepção era de apenas 2.3 mA, com desconforto relatado a partir dos 5mA.

Para valores de amplitude superior, o desconforto era virtualmente constante, pelo que não foi necessário a sua tabulação, nem a exposição notoriamente incómoda do *test subject* aos mesmos.

A estimulação provocou mais contração muscular quando aplicada ao músculo Temporal, e o desconforto relativo a este prende-se mais com os tremores musculares involuntários associados, particularmente em redor dos olhos. Quando aplicada ao musculo Masséter, detetou-se menos contração muscular mas mais mialgia desconfortável a partir de certas amplitudes.

4.6: Elaboração da Goteira Oclusal a Receber as Componentes Elétronicas

A vertente prática final do nosso estágio foi a elaboração da Goteira Oclusal em Acrílico destinada então a receber os diferentes aparelhos e componentes eletrónicas que estudamos e testamos.

Para este propósito, contamos com a ajuda e supervisão preciosas do Professor Dr. Francisco Maligno, professor da área de Oclusão e Distúrbios Temporomandibulares na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

Cada uma das goteiras a ser desenvolvida necessitou naturalmente de um processo de moldagem e registo apropriado, comum na elaboração de goteiras de relaxamento standard, ao qual foram adicionadas pequenas indicações de modificações concordantes com especificidades da goteira eletrónica a ser desenvolvida por cada um. Estas especificidades foram contempladas na elaboração laboratorial das mesmas pelo Professor Dr. Francisco Maligno.

No caso particular da minha goteira, distingue-se pela sua metodologia tecnológica particular relativa à vertente de deteção das forças oclusais. Especificamente, o seu design contempla a instalação de uma película piezoresistiva. Ao analisar as mudanças na sua resistência elétrica, é possível determinar a magnitude e distribuição da pressão ou força aplicada à película. Este tipo de modalidade do sensor tem algumas vantagens:

- Baseia-se num princípio que já testamos durante o estágio obtendo sucesso nos resultados, sendo que lhe foram aplicados os mesmos testes com resultados positivos.

- Pela sua natureza muito fina será fácil de incorporar sem necessidade de elaboração de uma goteira muito grossa, e devido à sua área superior permite abranger praticamente toda a superfície oclusal na sua função.

Estas características são, a meu ver, importantes, uma vez que simultaneamente ultrapassam muitos dos constrangimentos relacionados com a dificuldade de implementação dos sensores na goteira e também permitem que o episódio bruxómano ser passível de ser detetado mediante praticamente qualquer contacto interdentário, em vez de apenas o de zonas específicas.

A seguinte imagem demonstra a película mencionada, já depois de recortada com o tamanho e formato adequados com recurso a uma moldeira metálica universal perfurada, tamanho 3.



Figura 33: Película Piezoresistiva Recortada

Na clínica da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, realizamos então todos os registos e moldagens necessários, que vou descrever sucintamente:

Em primeiro lugar, realizamos a moldagem em alginato, mimetizando assim no alginato todas as características das minhas arcadas dentárias, seguindo com atenção todos os cuidados e práticas requeridas para assegurar precisão e qualidade da moldagem, conhecimentos que foram desenvolvidos e estudados mediante a aprendizagem realizada durante o Mestrado Integrado.

De seguida, fez-se o registo de mordida com silicone de adição para obter com o máximo de precisão as características e detalhes mais pormenorizados da superfície oclusal das várias peças dentárias.

Por fim, os moldes em alginato foram então passados a gesso, procedimento que foi efetuado no laboratório protético da própria universidade.



Figura 34: moldagem em alginato (esquerda) e em gesso (direita)

Todo este conjunto foi entregue ao Professor Doutor Francisco Maligno, que teve a amabilidade e disponibilidade de supervisionar os procedimentos descritos e, a partir dos registos que lhe foram entregues, elaborar então no laboratório da sua própria Clínica de Medicina Dentária as goteiras em acrílico com a devida precisão e qualidade, e ainda respeitando as pequenas sugestões de alterações necessárias ao eventual acrescento de componente eletrónicas nas mesmas.

No meu caso, estas pequenas modificações sugeridas foram a espessura oclusal um pouco mais pronunciada para a possibilidade de receber a película piezoresistiva, e a porção palatina um pouco mais volumosa, para que possa proporcionar espaço suficiente a que lhe sejam adicionados os componentes eletrónicos (fonte de alimentação, componentes do circuito ou da unidade de comunicação wireless, entre outros) necessários ao funcionamento da goteira, sendo que o palato será à partida a melhor zona para este propósito.



Figura 35: A goteira oclusal modificada, recebida do Dr. Francisco Maligno

5 CONCLUSÃO

Concluído o estágio, vejo, mediante toda a pesquisa efetuada e os conhecimentos que adquiri que esta é terapêutica que tem fortes possibilidades de ser útil no futuro para tratamento deste distúrbio, mas que ainda necessita de mais testagem e de pesquisa extensas relativamente a este propósito.

Destaco que o Bruxismo é um distúrbio multifacetado em todos os seus aspetos, muitos deles ainda desconhecidos na sua integridade, e que é tanto difícil de diagnosticar como de tratar efetiva e objetivamente.

Cheguei à conclusão de que os sensores de pressão eletrónicos tanto piezoelétricos como piezorresistivos têm potencial de ser aplicados com sucesso numa goteira oclusal e que permitem detetar com precisão episódios bruxomanos. Cheguei também à conclusão de que é possível estabelecer um sistema de comunicação eficiente entre estes e um aparelho de descarga elétrica funcional, e que esta descarga pode ser aplicada de forma segura e confortável aos diversos músculos faciais envolvidos.

Não tendo o estágio qualquer componente de observação de consultas clínicas com pacientes bruxómanos em que este tipo de terapêutica fosse administrada e registo dos progressos obtidos com a Estimulação Funcional aplicada terapeuticamente, não posso inferir diretamente sobre o impacto observado in vivo desta terapêutica neste tipo de pacientes.

Embora não possamos ter desenvolvido o dispositivo na sua integridade, devido a todas as implicações complexas associadas e ao tempo limitado alocado ao estágio fizemos progressos significativos quanto à elaboração do mesmo, e providenciamos conhecimentos e testes que serão uteis no futuro e aplicáveis ao desenvolvimento de futuros dispositivos intraorais destinados ao tratamento de Pacientes Bruxómanos.

Destaco o profissionalismo do Professor Doutor José Machado, da minha orientadora, a Professora Doutora Cristina Areias, do Professor Doutor Francisco Maligno e principalmente a cooperação completa e camaradagem por parte dos meus colegas de estágio, Éric e Heitor com os quais desenvolvi eventualmente laços de amizade saudáveis e robustos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manfredini D. The triangle bruxism, pain, and psychosocial factors.
2. Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ, et al. Bruxism defined and graded: An international consensus. *J Oral Rehabil*. 2013 Jan;40(1):2–4.
3. Shetty S, Pitti V, Babu CLS, Kumar GPS, Deepthi BC. Bruxism: A literature review. *Journal of Indian Prosthodontist Society*. 2010 Sep;10(3):141–8.
4. Carra MC, Huynh N, Lavigne G. Sleep Bruxism: A Comprehensive Overview for the Dental Clinician Interested in Sleep Medicine. *Dent Clin North Am*. 2012 Apr;56(2):387–413.
5. Lavigne GJ, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: An overview for clinicians. *J Oral Rehabil*. 2008 Jul;35(7):476–94.
6. Ohayon MM, Li KK, Guilleminault C. Risk factors for sleep bruxism in the general population. *Chest*. 2001;119(1):53–61.
7. Kwak YT, Han IW, Lee PH, Yoon JK, Suk SH. Associated conditions and clinical significance of awake bruxism. *Geriatr Gerontol Int*. 2009;9(4):382–90.
8. Beddis H, Pemberton M, Davies S. Sleep bruxism: An overview for clinicians. *Br Dent J*. 2018 Sep 28;225(6):497–501.
9. Guaita M, Högl B. Current Treatments of Bruxism. *Curr Treat Options Neurol* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2023 Mar 9];18(2):1–15. Available from: /pmc/articles/PMC4761372/
10. Pierce CJ, Gale EN. A Comparison of Different Treatments for Nocturnal Bruxism. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345880670031501> [Internet]. 2016 Nov 9 [cited 2023 Jan 31];67(3):597–601. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345880670031501>

11. Ilover S, Zolger D, Castrillon E, Car J, Huckvale K. Biofeedback for treatment of awake and sleep bruxism in adults: systematic review protocol. *Syst Rev* [Internet]. 2014 [cited 2023 Mar 9];3(1):42. Available from: [/pmc/articles/PMC4028105/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24028105/)
12. Cassisi JE, McGlynn FD, Belles DR. EMG-activated feedback alarms for the treatment of nocturnal bruxism: Current status and future directions. *Biofeedback Self Regul* [Internet]. 1987 Mar [cited 2023 Jan 31];12(1):13–30. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01000075>
13. Kim JH, Mcauliffe P, O'connell B, Diamond D, Lau KT. Development of wireless bruxism monitoring device based on pressure-sensitive polymer.
14. Mcauliffe P, Kim JH, Diamond D, Lau KT, O'Connell BC. A sleep bruxism detection system based on sensors in a splint – pilot clinical data. *J Oral Rehabil* [Internet]. 2015 Jan 1 [cited 2023 Mar 9];42(1):34–9. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/joor.12223>
15. Takeuchi H, Ikeda T, Clark GT. A piezoelectric film-based intrasplint detection method for bruxism. *J Prosthet Dent*. 2001 Aug 1;86(2):195–202.
16. Gao J, Liu L, Gao P, Zheng Y, Hou W, Wang J. Intelligent occlusion stabilization splint with stress-sensor system for bruxism diagnosis and treatment. *Sensors (Switzerland)*. 2020 Jan 1;20(1).
17. Hambrecht FT. Functional electrical stimulation: an overview. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1989 May;12(5):840-3. doi: 10.1111/j.1540-8159.1989.tb01907.x. PMID: 2471171.
18. K. Nishigawa, E. Bando, M. Nakano Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. The University of Tokushima, 3-Kuramoto-cho, Tokushima 770-8504, Japan <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.200>

7 ANEXOS

ANEXO I

DECLARAÇÃO DA AUTORIA DO TRABALHO APRESENTADO



DECLARAÇÃO

Monografia/Relatório de Estágio

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia/Relatório de Estágio, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

24 / 05 2023



O / A Estudante

ANEXO II

PARECER PARA ENTREGA DEFINITIVA DO TRABALHO APRESENTADO



Informo que o Trabalho de Monografia/Relatório de Estágio desenvolvido pelo(a)
Estudante José Rui Miranda Ribeiro
com o título: Estimulação Elétrica Funcional para Prevenção do Bruxismo - Relatório de Estágio
está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

24 /05 /2023

O(A) Orientador(a)/Coorientador(a)

Assinado por: **Cristina Maria Ferreira Guimarães
Pereira Areias**

Num. de Identificação: 11207155

Data: 2023.06.25 11:26:12 +0100

ANEXO III

Declaração de forma de divulgação do trabalho

Identificação do autor

Nome completo José Rui Miranda Ribeiro
N.º de identificação civil 14673331 2 ZW4 N.º de estudante 201306339
Email institucional up201306339@fmd.up.pt
Email alternativo jrmribeiro64@gmail.com Tlf/Tlm 916648776
Faculdade/Instituto Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Identificação da publicação

Dissertação de Mestrado Integrado (Monografia) ☐ Relatório de Estágio ☒

Título completo

Estimulação Funcional para Prevenção do Bruxismo - Relatório de Estágio

Orientador Professora Doutora Cristina Maria Ferreira Guimarães Pereira Areias

Coorientador _____

Palavras-chave Bruxismo, Estimulação Funcional, Goteira Elettronica, _____

Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto: X (x)

Não Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto : _____ (x)

Autorizo a disponibilização do texto integral no Repositório da U.Porto, com período de embargo, no prazo de:

6 Meses: _____; 12 Meses: _____; 18 Meses: _____; 24 Meses: _____; 36 Meses: _____; 120 Meses: _____.

Justificação para a não autorização imediata _____

