



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

CAROLINE ANDRADE DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO EXTRA ORAL PARA
DETECÇÃO E DIAGNÓSTICO DA ATIVIDADE MUSCULAR NO
BRUXISMO**

2022

CAROLINE ANDRADE DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO EXTRA ORAL PARA DETECÇÃO E
DIAGNÓSTICO DA ATIVIDADE MUSCULAR NO BRUXISMO**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À ODONTOLOGIA.

Área: Inovação tecnológica multidisciplinar com ênfase em odontologia. Linha de pesquisa: Inovação tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Rocha

Coorientador: Prof. Douglas Soares dos Santos

São José dos Campos

2022

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2022]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Silva, Caroline Andrade Da

Desenvolvimento de dispositivo extra oral para detecção e diagnóstico da atividade muscular no bruxismo / Caroline Andrade Da Silva. - São José dos Campos : [s.n.], 2022.

49 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Aplicada à Odontologia - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2022.

Orientador: João Carlos Rocha

Coorientador: Douglas Soares dos Santos

1. Bruxismo. 2. Músculo masseter. 3. Sensores. I. Rocha, João Carlos, orient. II. Santos, Douglas Soares dos, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCAEXAMINADORA

Prof. Dr. João Carlos Rocha(Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Eduardo Galera da Silva

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Dra.Liana Kalczuk

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Laboratório de Bioengenharia

São José dos Campos

São José dos Campos, 22 de agosto de 2022.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, que vem coroar o encerramento deste ciclo de dois anos de muita dedicação, amadurecimento, aprendizados e estudos dentro do programa de mestrado profissional, à minha querida família que sempre esteve ao meu lado me apoiando, dando suporte e incentivo em todos os momentos, àvocês todo meu amor e eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todo o corpo docente do programa de Mestrado profissional da UNESP por me permitirem fazer parte da 5ª turma e iniciar um mestrado em um tempo tão adverso e incerto como vivíamos em 2020 não foi fácil, mas é na adversidade que também nos reinventamos.

Agradecimento especial ao meu orientador prof. João Carlos Rocha, com certeza uma das coincidências boas da vida foi ser sua orientada no mestrado, obrigada por todo incentivo apoio e até os puxões de orelha, levarei cada aprendizado adiante comigo.

Ao querido prof. Douglas Soares dos Santos, que honra ter sido sua co-orientada, agradeço por seus ensinamentos, paciência e incentivo para me ensinar em cada etapa deste trabalho, sempre instigando ao conhecimento e mostrando que podemos ir além. Que nossa parceria possa seguir adiante em futuros trabalhos.

Gratidão ao meu amigo Henrique Marques, que prontamente me ajudou na minha busca inicial para tornar este trabalho possível, me ouvindo, dando direcionamentos e me apresentando pessoas cruciais para o início deste projeto.

Em especial também a Dra. Liana Kalczuk que nos ajudou no começo deste trabalho e também compondo a banca em um dia tão especial na conclusão desta etapa.

"Consagre ao Senhor tudo o que você faz e os seus planos serão bem sucedidos."

Provérbios 16:3

RESUMO

Silva CA. Desenvolvimento de dispositivo extraoral para detecção e diagnóstico da atividade muscular no bruxismo[dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2022.

Ao analisar as conseqüentes alterações negativas nas funções dos músculos mastigatórios, decorrente do hábito parafuncional do bruxismo, vemos que os métodos diagnósticos existentes, tais como uso de polissonografia e eletromiografia portátil ainda são muito limitados e com custo elevado. Apesar do avanço na utilização de diferentes tipos de eletrodos, sensores e biofeedback o acesso a estas tecnologias não é tão difundido entre os clínicos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um dispositivo extraoral de baixo custo, para detecção do bruxismo/apertamento e monitoramento da movimentação muscular atípica, resultante da AMMR, presente durante o bruxismo do sono, posicionado na região mais anterior do músculo Masseter. Quanto à metodologia, a contração muscular, resultante da atividade bruxista, é captada pelos sensores de deformação mecânica (Strainage), fazendo o registro da frequência, os picos e a intensidade da contração, sendo esse sinal elétrico amplificado por microprocessadores (placa Arduino nano), os quais fazem a leitura e processamento das informações e os dados são armazenados e lançados em um software para posterior análise. Por meio deste trabalho foi possível concluir que o sistema proposto é viável para detecção da atividade muscular em região do músculo Masseter. Adiante será ainda realizada a validação clínica do dispositivo a valer todos os parâmetros pré- estabelecidos neste estudo; sendo possível, portanto traçar um perfil da parafunção do paciente para obtenção do diagnóstico e estabelecendo um tratamento adequado ao quadro clínico apresentado durante a atividade muscular atípica decorrente do bruxismo, de modo que seja facilmente visualizado pelo operador.

Palavras-chave: bruxismo; músculo masseter; sensores.

ABSTRACT

Silva CA. Development of an extra oral device for the detection and diagnosis of muscle activity in bruxism[dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2022.

When analyzing the consequent negative changes in the functions of the masticatory muscles, resulting from the parafunctional habit of bruxism, we see that the existing diagnostic methods, like the use of polysomnography and portable electromyography, are still very limited and expensive. Despite advances in the use of different types of electrodes, sensors and biofeedback, access to these technologies is not so widespread among clinicians. The objective of this work was to develop a low-cost extraoral device for the detection of bruxism/clenching and monitoring of atypical muscle movement, resulting from RMMA, present during sleep bruxism, positioned in the most anterior region of the Masseter muscle. As for the methodology, the muscle contraction resulting from the bruxist activity is captured by the mechanical deformation sensors (Strain gage), recording the frequency, peaks and intensity of the contraction, and this electrical signal is amplified by microprocessors (Arduino nano), which read and process the information and the data are stored and launched in software for further analysis. Through this work it was possible to conclude that the proposed system is viable for detecting muscle activity in the Masseter muscle region. Further on, the clinical validation of the device will be carried out, taking into account all the parameters pre-established in this study; It is therefore possible to trace a profile of the patient's parafunction to obtain the diagnosis and establish an appropriate treatment for the clinical picture presented during the atypical muscle activity resulting from bruxism, so that it is easily visualized by the operator.

Keywords: bruxism; masseter muscle; sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microdespertares x atividade alfa x AMMR	15
Figura 2 - Dispositivo BITESTRIP	18
Figura 3 - Bruxoff e componentes	19
Figura 4 - Interface do leitor.....	20
Figura 5 - Dispositivo Grindcare (posicionado sob a região anterior do músculo Temporal.	21
Figura 6 - Dispositivo Grindcare	21
Figura 7 - Dispositivo Myobox - Neuroup	22
Figura 8 - Interface aplicativo Neuroup.....	23
Figura 9 - Dispositivo empresa Bravrr Incorporated	24
Figura 10 - Extensômetro Strain gage	28
Figura 11 - Especificações	29
Figura 12 - Extensômetro uniaxial (esq.) e roseta (dir.).....	30
Figura 13 - Feixe muscular superficial e profundo.....	30
Figura 14 - Placa Arduino Nano - Atmega 328.....	31
Figura 15 - Arduino IDE	32
Figura 16 - Proposta de solução computacional.....	33
Figura 17 - Protótipo 1	35
Figura 18 - Sensor em posição sob o músculo Masseter	35
Figura 19 - Software para criação de modelo 3D	37
Figura 20 - Primeira simulação e testes de design do protótipo 2	37
Figura 21 - Simulação e desenho do protótipo 2	38
Figura 22 - Modelo 3D do protótipo 2 impresso.....	38
Figura 23 - Arduino IDE: função plotter serial.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Duração média dos episódios	16
Quadro 2 - Comparação dos dispositivos disponíveis.....	25
Quadro 3 - Comparação da média de valores de custo dos diferentes tipos de sensores.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMMR - Atividade muscular mastigatória rítmica

BS – Bruxismo do sono

EMG – Eletromiografia/ atividade eletromiográfica

EEG - Eletroencefalograma

EOG - Eletrooculograma

ECG – Eletrocardiograma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3 OBJETIVOS	26
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1 Sensores	27
4.1.1 Extensômetro Strain gauge	28
4.1.2 Sistema Arduino Nano	31
4.1.3 Proposta de solução: protótipo.....	33
4.1.4 Testes com o sensor Strain Gage: Protótipo.....	34
4.1.5 Adaptações para protótipo 2	36
5 RESULTADO	40
5.1 Previsões para o uso clínico	40
6 DISCUSSÃO	41
7 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE	48

1 INTRODUÇÃO

O bruxismo é uma desordem funcional ou parassonia, caracterizado pelo ato de ranger ou apertar os dentes, o qual quando exacerbado pode levar a um desequilíbrio fisiopatológico do sistema estomatognático (Nogueira et al., 2006). É resultante do contato não funcional dos dentes no período noturno, de movimentos involuntários e principalmente das contrações decorrentes da atividade muscular mastigatória rítmica (AMMR)(Kato et al., 2011) dos músculos, dentre eles destaca-se o Masseter(Alóe et al., 2003).

Pode ser classificado em primário quando as causas não são totalmente evidenciadas (idiopático) quanto à sua origem sistêmica ou psiquiátrica e secundário quando associado a outros tipos de distúrbios de movimentos, ao uso de medicamentos e transtornos do sono(Alóe et al., 2003). Subdividido também em periférico quando relacionado à fatores oclusais e em central quando associado à um desequilíbrio aminérgico do sistema nervoso central.

Dentre os demais fatores etiológicos associados ao tipo secundário do bruxismo, diversos deles são citados pelos autores, os quais se destacam: uso de medicamentos antidepressivos inibidores seletivos na recaptção da serotonina, inibidores dos canais de cálcio (flunarizina), levodopa, drogas antidopaminérgicas; uso de substâncias estimulantes como cafeína, tabaco (fumantes apresentam risco aumentado em 2x para BS), álcool, cocaína; dos transtornos do sono: a apneia obstrutiva, distúrbio comportamental do sono REM; transtornos neurológicos: Síndrome de Rett, doença de Huntington, doença de Parkinson, transtornos psiquiátricos como: bulimia nervosa e esquizofrenia e outras doenças relacionadas ao bruxismo como: síndrome de Sjögren e a fibromialgia(Alóe et al., 2003;Kuhn, Türp, 2018).

Além de ser classificado quanto aos fatores etiológicos, pode ser dividido ainda em bruxismo de vigília e bruxismo do sono. O bruxismo de vigília é caracterizado como atividade parafuncional oral semivoluntária, no qual o apertamento ocorre enquanto o paciente se encontra consciente e pode estar associado à contrações prolongadas dos músculos da mastigação(de Macedo, 2008).

Frequentemente relacionado à execução de atividades físicas e laborais de grande esforço, que levam a um contato dental repetitivo ou sustentado, assim como o aumento de tensões da musculatura mastigatória e sendo também um fator de risco para a ocorrência de DTM.

O bruxismo do sono é caracterizado pelo ato de apertar ou ranger os dentes durante o sono, resultante de movimentos involuntários, tais como as contrações decorrentes da AMMR (destaque para o músculo Masseter) e estando associado aos microdespertares noturnos (3 a 15seg) (de Macedo, 2008).

Quanto ao quadro clínico apresentado pelo paciente, diversos sinais e sintomas podem estar presentes dependendo da gravidade da parafunção dentre os quais podemos citar: desgaste, abrasão e perda do esmalte; dor ou hipersensibilidade dentária; dentes partidos, exarcebação de doenças periodontais, Parotidite, redução do fluxo salivar, cortes na língua, hipertrofia muscular do Masseter e Temporal, fadiga, sonolência diurna.

Sintomas de uma atividade parafuncional mais intensa podem incluir também cervicalgias, dor orofacial (40%) com rigidez mandibular matinal, mobilização dolorosa e problemas de disfunção da ATM pela sobrecarga de força gerada na região (Klasser et al., 2015; Magalhães et al., 2018).

Entender como ocorrem os episódios de bruxismo do sono bem como sua relação com a AMMR e os microdespertares noturnos durante o ciclo do sono, torna-se importante dentro do estabelecimento do diagnóstico e determinação da ocorrência da parafunção.

O ciclo do sono é separado em dois períodos: sono não-REM e sono REM, subdivididos em quatro estágios, nos quais as fases 1 e 2 temos a predominância de ondas cerebrais do tipo alfa (rápidas) e nas fases 3 e 4 ondas do tipo delta (lentas), nos quais ocorrem os períodos de sono leve e sono profundo respectivamente (Okeson, 2008).

Durante a mudança para as fases do sono profundo, diferentes eventos fisiológicos estão acontecendo como: contração dos músculos das extremidades e da face, alterações nas frequências respiratória e cardíaca e os movimentos rápidos dos olhos sob as pálpebras. Cada ciclo tem uma duração média de 60 a 90 min, ocorrendo entre 4 a 6 ciclos por noite.

A literatura mostra que os episódios de bruxismo podem acontecer tanto durante o

sono não-REM como no sono-REM, contudo a maior parte dos eventos está associada aos estágios de sono mais leve 1 e 2 do sono não-REM e também à mudança do sono profundo para o sono leve.

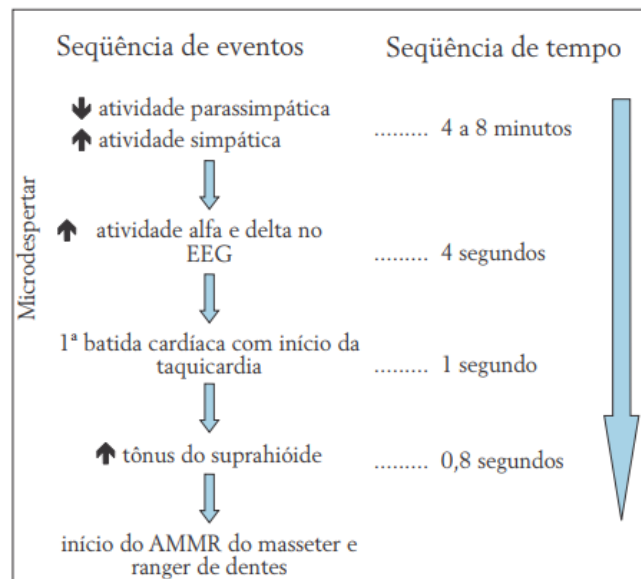
Estima-se que cerca de 50% dos episódios individuais de ranger dos dentes são precedidos de surtos breves de atividade alfa no EEG da polissonografia, observados durante o sono leve (estágios 1 e 2) e menos frequentemente durante o sono delta e o sono REM e que 86% dos episódios em adultos jovens ocorram durante o estágio 2 do sono NREM (Alóe et al., 2003).

A AMMR (Atividade Muscular Mastigatória Rítmica) é uma manifestação orofacial normal presente em pacientes com e sem bruxismo, contudo com relação aos pacientes com BS, há diferenças quantitativas e qualitativas em relação a sua ocorrência, tendo uma frequência de três a oito vezes maior (Alóe et al., 2003), com um aumento na duração, amplitude e redução dos intervalos dos episódios de AMMR.

Os episódios de AMMR ocorrem em associação com o ranger de dentes, sendo precedidos por microdespertares e acompanhados de um aumento fásico da frequência cardíaca (Alóe et al., 2003), os quais podem ser registrados e documentados via EEG. Os microdespertares constituem-se como um fator primário no desencadeamento da AMMR no BS.

Em resumo a sequência de eventos que precedem a ocorrência do bruxismo do sono são:

Figura 1 - Microdespertares x atividade alfa x AMMR



Fonte: de Macedo, 2008

A ocorrência dos microdespertares está associada à alta frequência da atividade muscular mastigatória, magnitude dos episódios de AMMR (com início mais rápido da aceleração do ritmo cardíaco) e segundo Lavigne et al., (2001) a uma maior força do contato dentário com ranger de dentes (difere entre os indivíduos com BS dos sem BS (Lavigne et al., 2001).

Com relação à duração dos eventos de atividade de bruxismo do sono podem variar bastante em quantidade e duração, no quadro abaixo apresentamos alguns dados encontrados na literatura:

Quadro 1 - Duração média dos episódios

Estudos/ autores	Duração dos episódios durante o sono
Kidd e Daly	11,4 minutos/ noite – ep. De 20 a 40s
Reding et. al	≈9seg. (variando de 2,7 a 66,5s). Média total de 40seg/h
Clarke e Townsend	5 ep./noite (média de 8seg/ ep.
Trenouth	38,7min em 8h de sono

Fonte: Okeson, 2008

Diante do conteúdo apresentado, vemos que estabelecer um diagnóstico clínico torna-se uma tarefa difícil levando-se em conta que o bruxismo pode ser confundido com outros movimentos orofaciais ocorridos durante o sono relativos à movimentação de corpo, deglutição, contraturas faciais, contrações mioelétricas e movimentos de mastigação.

Um correto diagnóstico é de suma importância para a indicação do melhor tratamento e método de controle do bruxismo e seus efeitos, nesse contexto o desenvolvimento de novas ferramentas que auxiliem nesse processo torna-se um fator chave.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Diante da necessidade de novos métodos e ferramentas de auxílio no diagnóstico do bruxismo, na análise dos sinais e sintomas apresentados pelos pacientes, vimos nos últimos quinze anos o avanço e a criação de diferentes tipos de dispositivos para monitoramento da atividade bruxomana.

Segundo Togerio e Smith; (2005), a polissonografia é tida até os dias atuais como padrão ouro no diagnóstico dos distúrbios do sono, incluindo o bruxismo do sono (Togeiro, Smith, 2005), permitindo o registro de dados de eletroencefalograma (EEG), eletrooculograma (EOG), eletrocardiograma (ECG), eletromiografia (EMG) e movimento tóraco-abdominal, obtendo dessa forma diferentes parâmetros para o fechamento de um diagnóstico. Especificamente sobre o bruxismo, permite também os registros de som e imagem, sendo possível verificar se ruídos do apertamento e ranger de dentes estão ou não presentes.

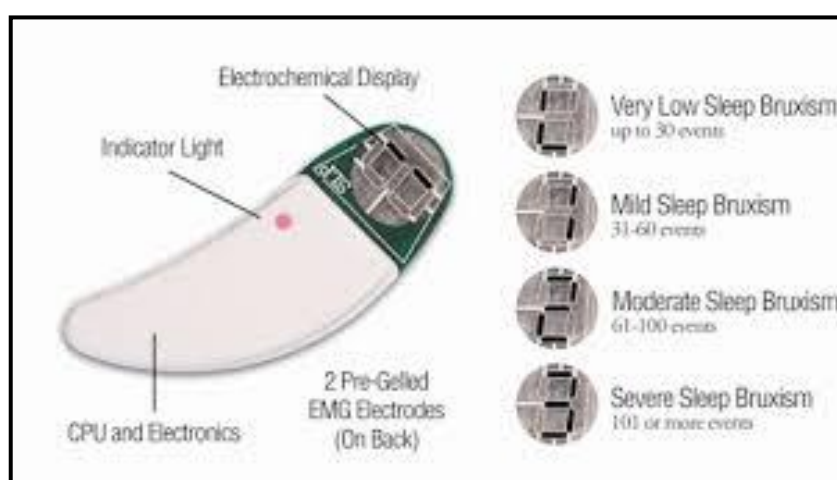
A respeito da polissonografia portátil (nível 2) os autores citam que, mesmo sendo uma versão reduzida e de menor custo e utilizados os mesmos canais na coleta de dados, como na polissonografia padrão (nível 1), ainda é um sistema dependente de uma pessoa especializada para fazer o monitoramento e lidar com os problemas técnicos.

Para Miettinen et al. (2020), analisando a leitura da atividade muscular mastigatória (AMM), os exames de polissonografia com áudio e vídeo (PSG-AV) e a eletroencefalografia frontal (FES-A), ambos apresentam parâmetros quase comparáveis, contudo a análise isolada dos dados obtidos de eletromiografia não apresentavam grau de confiabilidade quando vistos isoladamente (Miettinen et al., 2020).

Em busca de um dispositivo especificamente para a análise da atividade eletromiográfica encontramos na literatura o Bitestrip (fig. 2), sendo atestada sua validação pelos autores Shochat et al. (2007)(Shochat et al., 2007), no qual demonstram que quando comparado aos métodos tradicionais como a polissonografia, o Bitestrip ofereceria bons parâmetros para o diagnóstico do bruxismo.

O Bitestrip (ScientificLaboratoryProducts, Ltd.Tel Aviv, Israel) é um pequeno dispositivo de 7,2 cm, leve (4g), posicionado na bochecha sob a região do músculo masseter(Shochat et al., 2007). O sistema consiste em dois eletrodos eletromiográficos ligados a um mini amplificador, um software de análise em tempo real e uma bateria de lítio e todo o conjunto é calibrado previamente ao início do registro.

Figura 2 - Dispositivo BITESTRIP



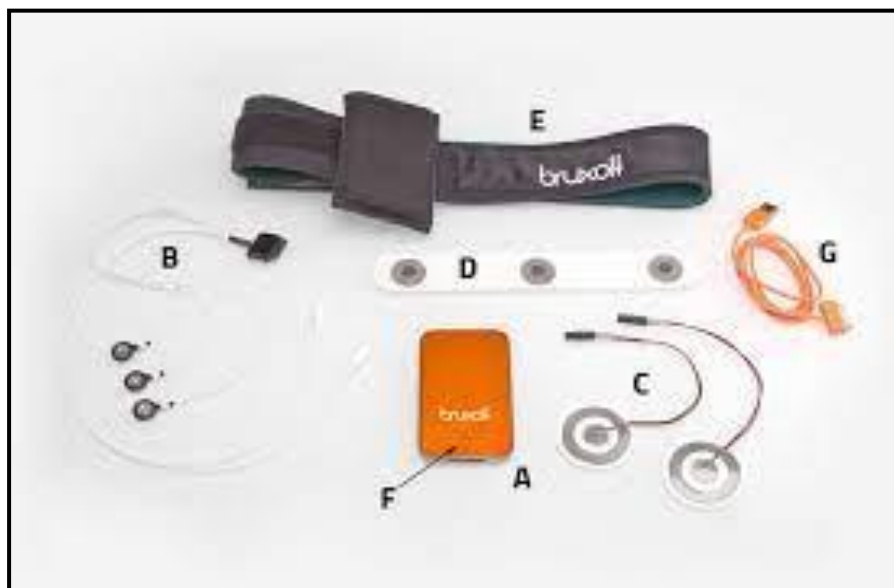
Fonte:Scientific Laboratory Products Ltd (2021).

A respeito das limitações o autor relata que a amplitude elétrica obtida na eletromiografia é totalmente ligada à atividade muscular da mastigação e Lavigne et al. (2010), cita anteriormente, que 60% da população adulta normal apresenta atividade rítmica dos músculos mastigatórios; no entanto, a taxa e a amplitude dos eventos são menores na população sem bruxismo, explicando os baixos valores obtidos de MEMG e BiteStrip. Em segundo o estudo mostra que o dispositivo também captava outros tipos de movimentos oromandibulares, necessitando de uma leitura cuidadosa dos resultados seguindo os parâmetros estabelecidos.

Mainieri et al. (2012), compara o BiteStrip com a polissonografia como método para diagnóstico do bruxismo. O dispositivo por meio de sensores, compara em uma escala pré determinada contando as contrações e apertamentos dentro de um período de 5 horas classificando em: L (nulo), 1 (leve), 2 (moderado), 3 (grave), E

(erro de medição) (S.L.P. Ltd; www.bitestrip.com) após conclusão do estudo ele ressalta que o dispositivo pode ser considerado como um método moderado para diagnóstico, pois é mais preciso na detecção de presença ou ausência da atividade, porém ainda é menos preciso em determinar a intensidade. (Mainieri et al., 2012) Saczuk et al. (2019), atesta a validação de outro dispositivo, o Bruxoff (Spes Medica - Genova/Itália) (fig. 3), o aparelho portátil consiste em dois eletrodos EMG concêntricos, três eletrodos de ECG e um holter. Os eletrodos EMG monitoram bilateralmente a atividade do músculo masseter, enquanto os eletrodos ECG registram a frequência cardíaca. Após a aplicação do dispositivo, os pacientes são instruídos fazer três apertamentos voluntários máximos por 3 s separados por 10 s para calibração do aparelho que fará os registros durante o sono (Saczuk et al., 2019). Basicamente o dispositivo aponta a relação do aumento da frequência cardíaca com o aumento da atividade muscular mastigatória rítmica e que pode ser útil aos clínicos para diagnóstico dos pacientes.

Figura 3 - Bruxoff e componentes



Fonte: Saczuk et al., 2019

Figura 4 - Interface do leitor



Fonte: Saczuk et al., 2019

Needham e Davies publicaram um estudo com o desenvolvimento de uma nova ferramenta conhecido com Grindcare® (fig. 5), produzido pela empresa Medotech (Needham and Davies, 2013). Consiste em uma unidade que atua com os estímulos elétricos (Grindcare stimulator unit) e o leitor/ sensor (The Grindock) (fig. 5) posicionado na região anterior do músculo temporal, que além da leitura da atividade muscular presente durante o apertamento, atua por meio da terapia de biofeedback, sendo capaz de reduzir o nível da atividade parafuncional e trazer melhora dos sintomas.

Figura 5 - Dispositivo Grindcare (posicionado sob a região anterior do músculo Temporal



Fonte:Needham, Davies, 2013

Figura 6 - Dispositivo Grindcare



Fonte:Needham, Davies, 2013

A terapia pelo biofeedback ocorre por meio da emissão de impulsos elétricos de baixa voltagem ao detectar um episódio de apertamento ou no ranger os dentes, promovendo relaxamento muscular (Needham, Davies, 2013; Lobbezoo et al., 2020).

Ainda relacionado ao uso do biofeedback, outra ferramenta que podemos citar é o Myobox 2.0 (figura 7) em conjunto com seu aplicativo o Neuroup (figura 8). O dispositivo Myobox constitui-se de uma bateria recarregável, via USB, apresentando na superfície voltada para a região de interesse, eletrodos adesivos pelos quais é feita a captação dos sinais devendo ser posicionados no sentido das fibras musculares.

Figura 7– Dispositivo Myobox - Neuroup

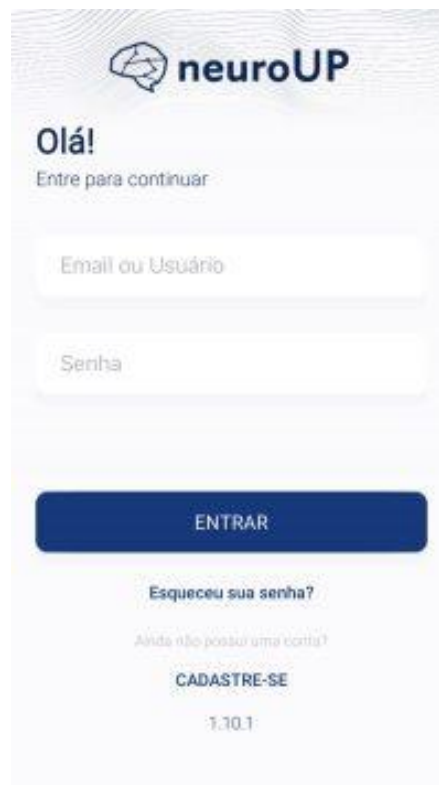


Fonte: Biofeedback: tudo o que você precisa saber sobre a tecnologia | neuroUP (2022)

O aplicativo para celular, o Neuroup, fornece dados gráficos resultantes da leitura do dispositivo para posteriores análises, que são realizadas por profissional treinado. No aplicativo tanto o clínico quanto paciente têm acesso aos módulos de biofeedback com diferentes “sessões” para treinamento e condicionamento da musculatura, exemplos: módulo maestro, recovery e control, que se adequam aos

diferentes quadros clínicos que os pacientes apresentam. (Biofeedback: tudo o que você precisa saber sobre a tecnologia | neuroUP)

Figura 8 - Interface aplicativo Neuroup

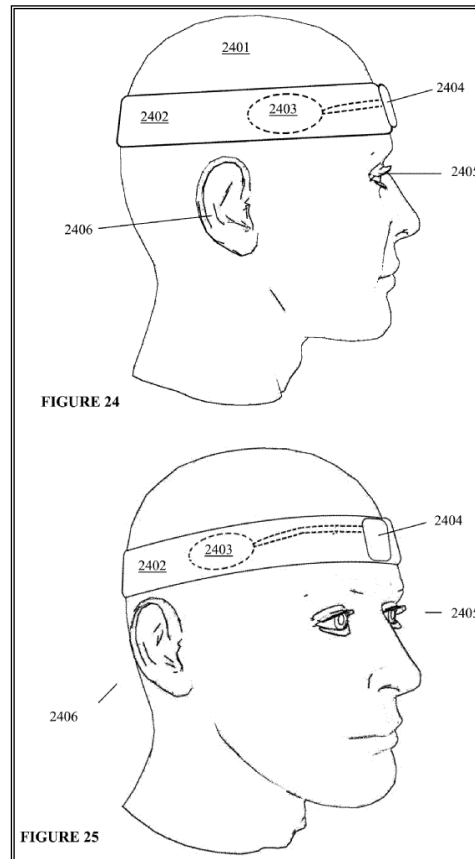


Fonte: Biofeedback: tudo o que você precisa saber sobre a tecnologia | neuroUP(2022)

Outro trabalho recente que podemos encontrar na literatura é a respeito do dispositivo desenvolvido pela empresa Bravrr Incorporated (fig. 9), no qual é descrito o aparelho e método de detecção do bruxismo por meio da colocação de um sensor resistivo piezoelétrico na região acima do músculo Temporal fazendo o registro do ranger dos dentes com base na movimentação deste músculo.

O sensor é composto por poliolefina impregnada de carbono com espaçadores entre uma pluralidade de camadas da poliolefina impregnada de carbono. Uma vez que o bruxismo é detectado, um paciente é notificado e usa biofeedback para diminuição do ranger dos dentes. (Figura 9)

Figura 9 - Dispositivo empresa Bravrr Incorporated



Fonte: Predovich (2021)

Não especificamente sobre a leitura da atividade muscular, mas que são ferramentas que podem auxiliar os clínicos no estabelecimento do diagnóstico e coleta de informações, encontramos outras ferramentas capazes de captar os sons do apertamento noturno e do ranger os dentes, quantificando e medindo a força aplicada.

Dentre as ferramentas existentes temos ainda o BRUXLAB, um aplicativo para celular estando disponível nas plataformas IOS e Android para os usuários de forma gratuita. A aplicação deve ser usada durante a noite sendo feita uma calibração prévia ao seu uso, os dados são armazenados e podem ser vistos posteriormente por um profissional (Home - Bruxlab).

Quanto mais se tem avançado nos estudos em busca de novas ferramentas diagnósticas, mais se tem procurado por materiais que possibilitem a criação de um protótipo final com um custo reduzido também.

A seguir temos um quadro comparativo sobre os dispositivos disponíveis:

Quadro 2 - Comparação dos dispositivos disponíveis

Dispositivo	Empresa	Diagnóstico	Tratamento	Estímulo	Custos	Posição do dispositivo
Bruxoff	Spes Medica	Sim	Não	N/A	-	Bilateral
BiteStrip	Up2Dent	Sim	Não	N/A	\$46,00	Unilateral
Grindcare	Sunstar	Sim	Sim	Pulso/biofeedback	\$567	Unilateral
Bruxlab	Bruxlab	Sim	Não	Não	Gratuito	-
Myobox	Neuroup	Sim	Sim	Biofeedback	-	Unilateral
Dispositivo	BravrrInc orp.	Sim	Sim	Biofeedback	-	Músculo Temporal

Fonte: Sepulveda(2018); Predovich(2021); Biofeedback: tudo o que você precisa saber sobre a tecnologia | neuroUP(2022).

3PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo piloto é desenvolver um dispositivo extraoral de baixo custo para detecção da atividade eletromiográfica durante a movimentação muscular atípica presente no bruxismo.

3.1 Objetivos específicos

- Diagnóstico da atividade muscular atípica durante o bruxismo do sono.
- Elaboração do protótipo e determinação da funcionalidade do sistema escolhido, verificando sua capacidade de leitura das contrações musculares atípicas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Tendo como base as tecnologias já existentes para detecção do bruxismo, os diferentes fatores associados e os efeitos gerados pela parafunção; foi elaborado um protótipo contendo os sensores Strain gage para detecção do grau de deformação muscular.

Os sensores presentes no protótipo têm seu sinal amplificado por microprocessadores, Arduino nano, os quais realizam a leitura e processamento das informações a serem armazenadas em software para posterior análise do profissional. Os sensores são posicionados sob a região mais anterior do músculo Masseter fazendo o registro da atividade muscular atípica e da amplitude da atividade eletromiográfica durante o bruxismo.

A elaboração do protótipo e execução dos testes laboratoriais da ferramenta desenvolvida foi realizada em parceria com Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

4.1 Sensores

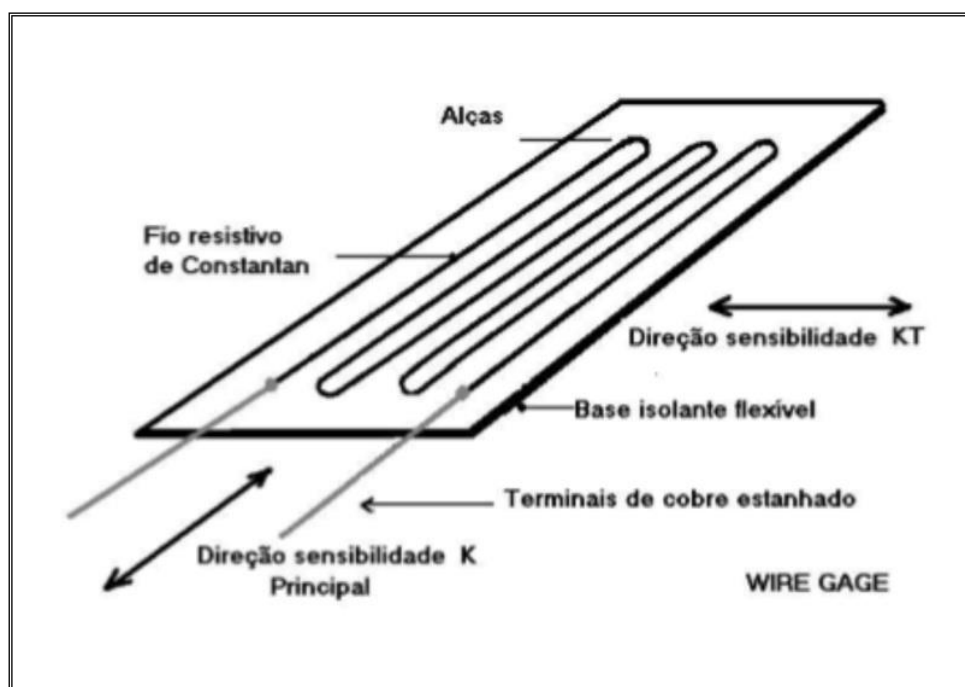
Sensores são dispositivos responsivos a um estímulo específico, seja físico ou químico, capaz de produzir um sinal, o qual pode ser mensurado para fins de monitoramento. Os diferentes tipos incluem: sensores de pressão, mecânicos, sensores de força, de movimento, entre outros. Quando o sensor é associado a um módulo de transformação do estímulo, pode ser definido como um transdutor (Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus).

Para desenvolvimento deste trabalho foi escolhido o transdutor conhecido como Extensômetro Strain gauge ou “Strain gage”.

4.1.1 Extensômetro Strain gauge

O extensômetro Strain gauge é um sensor responsável por medir uma deformação diante da aplicação de tensões. Esse método é usado para verificar os níveis de força, torque e deslocamento diante de condição de uma movimentação específica(Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus, 2021), neste caso aplicado ao apertamento e atividade muscular atípica.

Figura 10 - Extensômetro Strain gage



Fonte:Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus (2021)

Figura 11 – Especificações do sensor Strain Gauge BF 350

<p>Sensor Strain Gauge BF350 - Especificações:</p> <ul style="list-style-type: none">- Modelo: BF350;- Resistencia: 350Ω;- Tolerância de resistência (média): 0,1%;- Fator de sensibilidade: 2 - 2.20;- Sensibilidade do coeficiente de dispersão: 1%;- Limite de deformação: 2%;- Coeficiente de compensação de temperatura: 9 / 11 / 16 / 23 / 27;- Temperatura de operação: -30° a 80°C;- Dimensões: 4.4mm x 7.4mm;

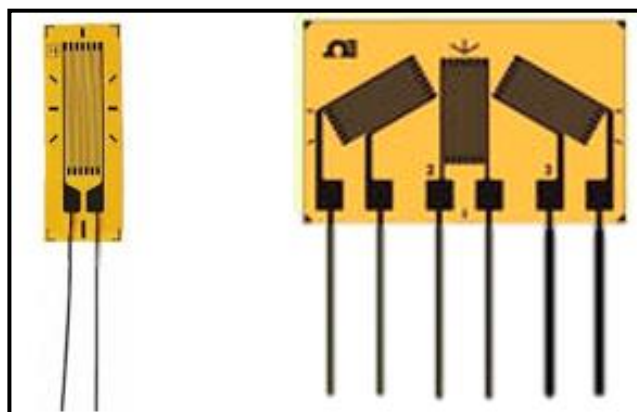
Fonte: Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus(2021)

Quanto ao funcionamento, fio resistivo ou um semicondutor (Figura 10), muda sua resistência de acordo com o estiramento da superfície em que está colocado, gerando dessa maneira sinais elétricos que são interpretados pela placa de aquisição, transformando os valores em deformação (Strain). Os valores de deformação por sua vez podem ser convertidos em tensão mecânica (ex. MPa) (Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus, 2021)

Dentro da literatura encontramos dois tipos de extensômetros, chamados uniaxiais e rosetas sendo a mais importante diferença entre eles dada pela forma que medem as deformações:

- Extensômetro uniaxial; capaz de medir a aplicação de forças em apenas uma direção.
- Roseta: tipo mais usado onde as tensões se dissipam em mais de uma direção, podendo ser posicionado em qualquer orientação e posteriormente calcular as forças e determinar sua direção.

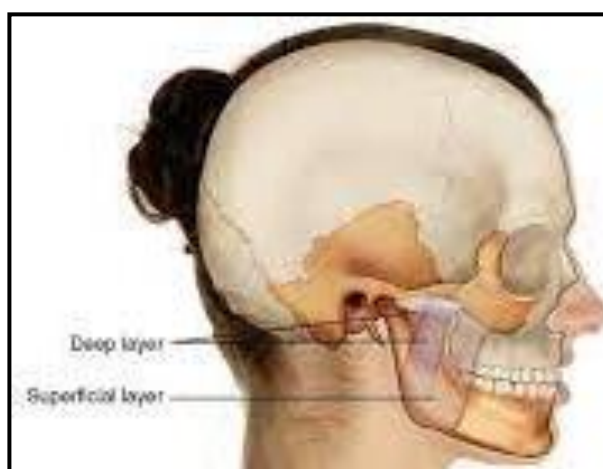
Figura 12 - Extensômetro uniaxial (esq.) e roseta (dir.)



Fonte: Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus (2021)

Outro ponto importante na escolha do extensômetro, para este estudo, foi observar o sentido das forças presentes durante o apertamento nos feixes musculares do músculo Masseter (fig.13), o qual atua como músculo elevador da mandíbula, tem seus feixes superficiais tracionando a mandíbula supero – anteriormente, enquanto as fibras profundas se movimentam para cima e levemente para trás (D’Amico et al., 2013).

Figura 13 - Feixe muscular superficial e profundo



Fonte: D’Amico et al., 2013

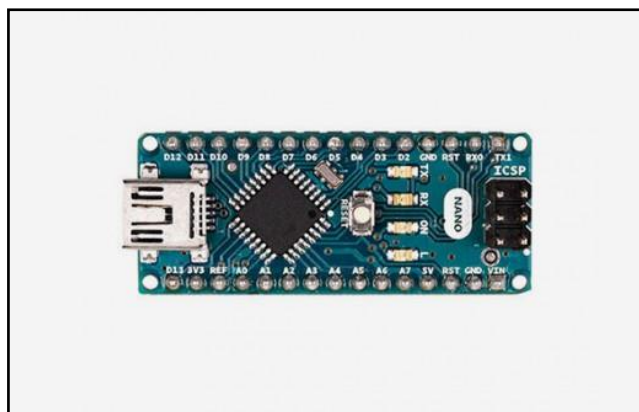
Após a realização da captação das tensões pelos extensores será necessária uma amplificação dos sinais obtidos para leitura dos dados, sendo feita por um sistema de microprocessamento o Arduino Nano.

4.1.2 Sistema Arduino Nano

O Sistema Arduino Nano é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software flexíveis e de fácil uso (fig. 14). O Nano corresponde a placa com base no microcontrolador Atmega328 de 8 bits da Atmel (Microchip Technology) com conector de alimentação sendo o cabo USB Mini – B.

A alimentação do sistema pode ser feita de dois modos: via conector USB mini-B, ligado a um computador e via pino VIN com uma fonte externa regulada entre 6 a 20 v (Getting Started with the Arduino Nano | Arduino).

Figura 14 - Placa Arduino Nano - Atmega 328



Fonte: Nano | Arduino Documentation [internet](2021).

O sistema Arduino Nano deverá ser programado utilizando o Arduino Software IDE, um ambiente de desenvolvimento integrado comum a todas as placas rodando tanto online como off-line. A plataforma Arduino IDE 1.8.13 poderá ser baixada em computador para realizar o up-load dos dados, sendo compatível com Windows, Linux e Mac OS X (Getting Started with the Arduino Nano | Arduino)

Figura15 - Arduino IDE

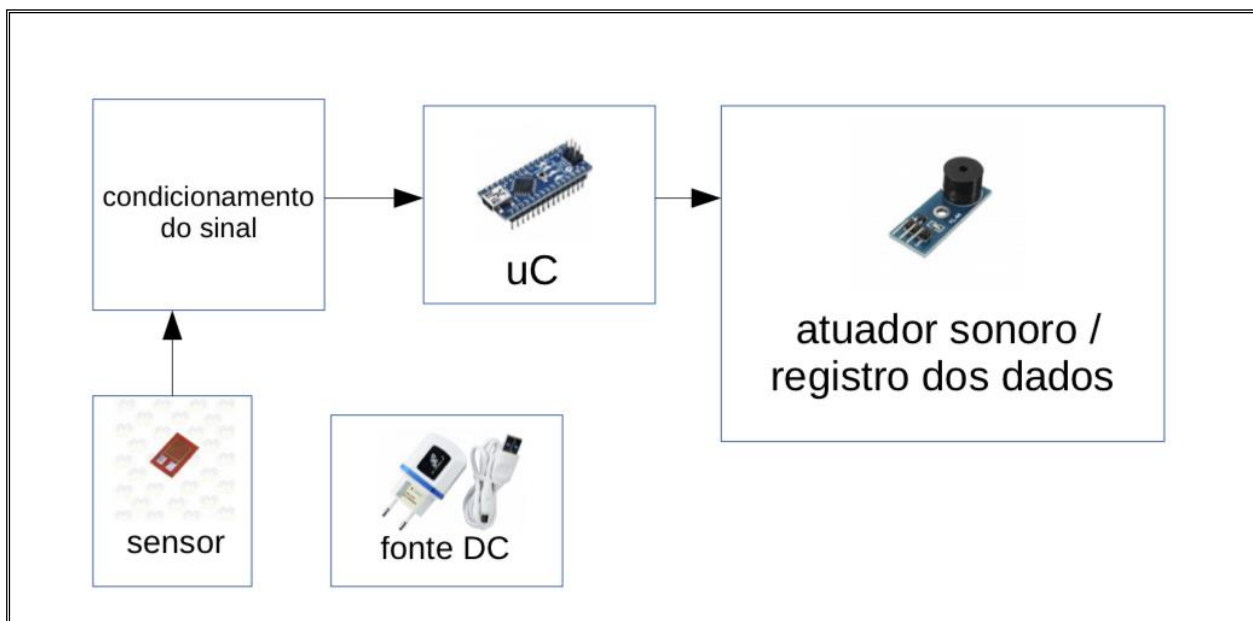


Fonte: Nano | Arduino Documentation [internet](2021)

4.1.3 Proposta de solução: protótipo

Esquematização da proposta de solução computacional com a elaboração do protótipo.

Figura 16 - Proposta de solução computacional



Fonte: Elaborado pela autora.

O modelo acima ilustra a base do trabalho realizado com o sensor integrado a placa Arduino de modo que fosse possível posicioná-lo na face em região mais anterior do m. Masseter e assim, o software pudesse exibir as leituras durante a contração muscular.

- Fase de desenvolvimento e testes iniciais:

- Testes de simulação do sensor:

Foi utilizado o potenciômetro para simulação do funcionamento do sensor de deformação mecânica, sendo este conectado na entrada analógica A0 da placa Arduino Nano.

- O pino central (fio azul) conectado no pino A0 da placa.
- Os pinos laterais (amarelo e marrom) conectados nos pinos +5V e GND respectivamente.
- O LED disponível na placa foi usado como sinalizador.

Foram estabelecidos limites (entre 0 e 800) apenas para testes das variações lidas pelo potenciômetro e demonstradas graficamente pela função plotter no IDE Arduino.

-Intervalo de 20 ms entre as leituras.

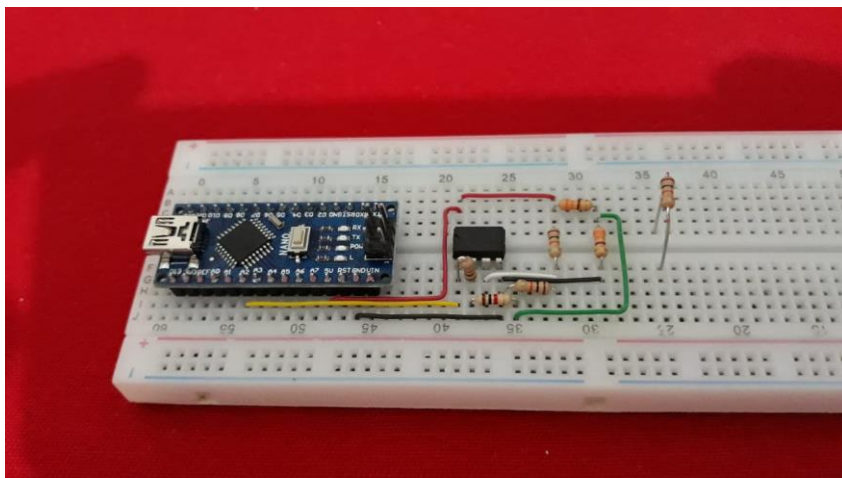
4.1.4 Testes com o sensor Strain Gage: Protótipo1:

O sinal do sensor foi ampliado com uso de um amplificador para baixos sinais estando conectado na entrada analógica A2 (constintanalogInPin = A2) da placa Arduino Nano (vide APÊNDICE A).

- O LED disponível na placa foi usado como sinalizador./ ligado no pino 13 (constint alarme = 13).

As tensões captadas (resultantes da atividade muscular) pelos sensores, sendo seu sinal condicionado e ampliado pelo circuito amplificador junto a placa Arduino nano, foram lidas pelo software e representadas graficamente (fig. 23). O ponto de eleição escolhido para posicionamento do sensor na face do paciente foi na região de feixe muscular mais anterior do músculo Masseter, onde há maior concentração de forças durante os movimentos executados.

Figura 17 -Protótipo 1



Fonte: Elaborado pela autora.

Os testes inicialmente realizados com o protótipo 1, foram executados utilizando-se de simulação com contrações voluntárias provocadas (fig. 18). Quanto à leitura da duração e frequência dos eventos a serem analisados, serão verificados posteriormente após finalização do design do dispositivo já adequado para teste clínico, com os quais poderemos classificar o grau de bruxismo apresentado pelo paciente e o tipo de episódio de AMMR.

Figura 18 - Sensor em posição sob o músculo Masseter



Fonte: Elaborado pela autora.

As adaptações para uso clínico vêm sendo realizadas para elaboração de um design que melhor se adeque ao paciente, possibilitando o uso do dispositivo durante o período noturno, quando há uma elevação da AMMR e dos episódios de apertamento.

Para que sejam feitos os registros, deverão se seguir os seguintes critérios na posterior análise e diagnóstico do bruxismo do sono (Sepúlveda, 2018; Hortelano, 2014):

- A amplitude média do registro EMG deve ser de pelo menos 10% da atividade máxima de compressão voluntária durante o dia.
- Índice de AMMR – número de episódios de AMMR por hora de sono.
- Índice de surtos/episódios: número de surtos de atividade eletromiográfica por hora de sono.
- Índice de tempo de bruxismo (%): tempo total de “bruxismo” / tempo total de sono x 100.
- Ruídos de ranger de dentes: pelo menos 1 episódio de AMMR com presença de ruído de ranger de dentes.

Tipos de episódios de AMMR:

- Episódio fásico: pelo menos 3 episódios de atividade EMG de uma duração entre $\geq 0,25$ segundos e < 2 segundos.
- Episódio tônico: 1 surto de atividade EMG com duração > 2 segundos.
- Episódios mistos: presença de surtos tônicos e fásicos.

4.1.5 Adaptações para o protótipo 2

Pensando adiante do quadro clínico do paciente, no qual queremos avaliar a intensidade e o grau do bruxismo, podendo verificar sua ocorrência ou não bilateralmente, assim como as diferenças existentes das contrações musculares durante o bruxismo em ambos os lados simultaneamente, para o protótipo 2 se seguiram as seguintes adaptações:

- Protótipo com uma estrutura em arco, onde nas extremidades estão posicionados os sensores de deformação
- Placa Arduino integrada ao amplificador e circuito, compartimentada em uma estrutura a ser posicionada na parte posterior do dispositivo.

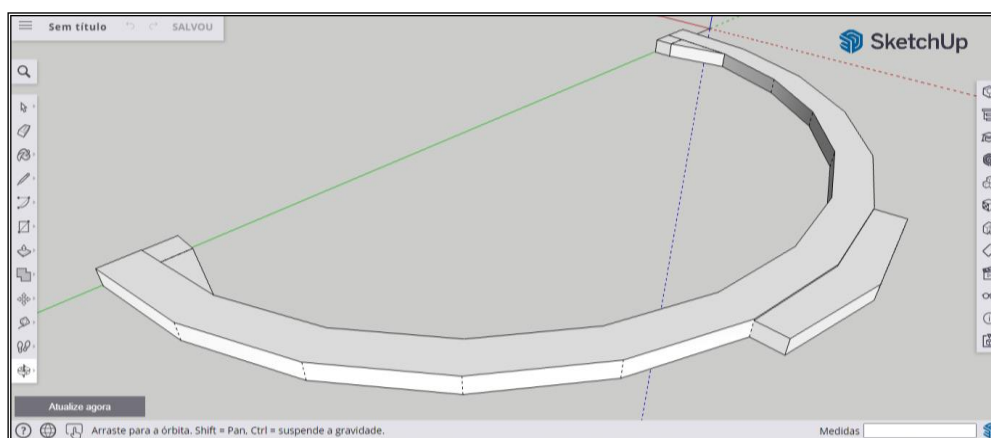
A modelagem e delineamento do protótipo 2 foi realizada por meio do programa SketchUp, sendo feitos alguns testes de forma e contorno baseado nos diferentes tipos de dispositivos encontrados no mercado atual e citados na revisão de literatura deste trabalho. Posteriormente depois de impresso, esse modelo delineado em 3D será integrado ao circuito e serem realizados posteriores testes. (Software de projetos 3D | Modelagem 3D na Web | SketchUp)

Figura 19 - Software para criação de modelo 3D



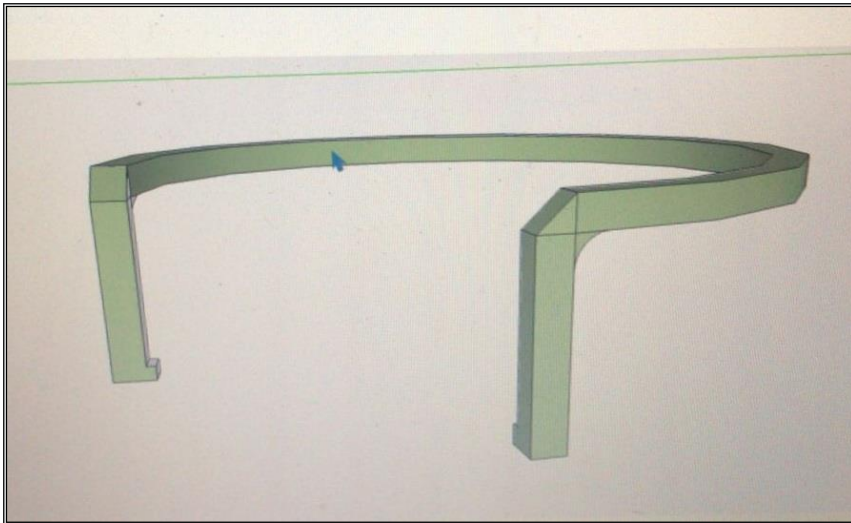
Fonte: Software de projetos 3D | Modelagem 3D na Web | SketchUp (2021)

Figura 20 - Primeira simulação e testes de design do protótipo 2



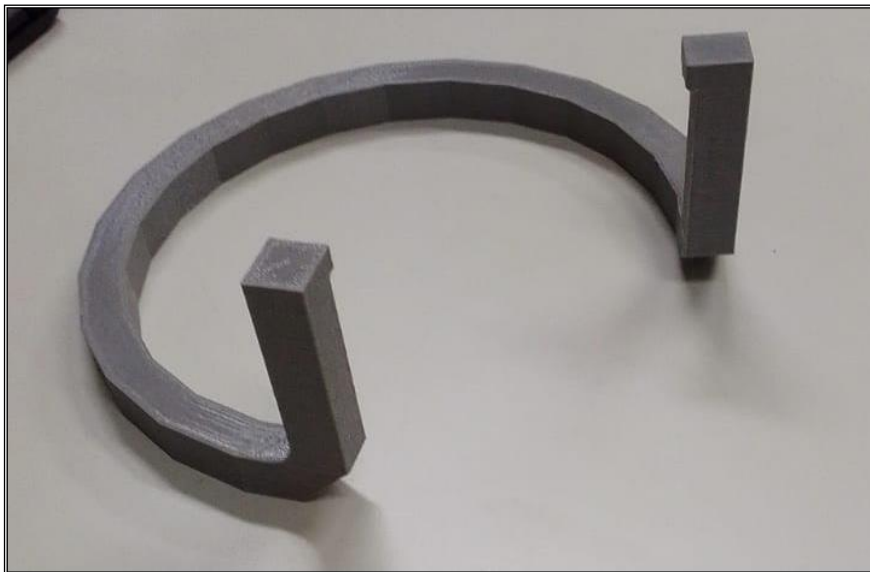
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 21 - Simulação e desenho do protótipo 2



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 22 - Modelo 3D do protótipo 2 impresso



Fonte: Elaborado pela autora.

- O modelo impresso apresenta as seguintes dimensões: 16 cm de diâmetro; hastes esquerda e direita medindo cerca de 6 cm; espessura de 1 cm.
- Os testes seguem em andamento para finalização do design do dispositivo.

5 RESULTADO

O sensor Strain gage integrado ao circuito junto à placa Arduino Nano, demonstrou ser capaz e ter potencial para detecção da atividade muscular em região do músculo Masseter, sendo as variações presentes durante as movimentações visualizadas pelo gráfico na função plotter serial no IDE Arduino.

Figura 23 - Arduino IDE: função plotter serial



Legenda: figuras A e B ambas registrando a visualização gráfica das contrações musculares (linha laranja) quando o sensor Strain gage, conectado ao sistema Arduino nano é posicionado em contato com a pele na região mais anterior do músculo Masseter.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1 Previsões para o uso clínico

A versão final do protótipo visa já sua aplicação para comercialização e uso clínico, tal qual contará posteriormente com o desenvolvimento de aplicativos conectados via Bluetooth, por exemplo, para visualização dos dados de maneira mais prática e simplificada pelos profissionais.

Com a finalização do protótipo 3, será possível a realização da validação clínica do dispositivo, a valer os critérios estabelecidos anteriormente descritos neste trabalho tais como determinação do grau de bruxismo, duração e frequência, tipos de episódios (tônicos, fásicos ou mistos) da AMMR durante o bruxismo do sono.

6 DISCUSSÃO

Baseado nos testes e simulações realizadas com o protótipo 1, nos resultados obtidos dentro deste estudo piloto e comparando com os outros tipos de sistemas descritos na revisão de literatura, vemos que o transdutor elétrico sensível à pressão, Strain gage, apresenta maior versatilidade quanto a sua aplicação, quando comparado aos sensores piezoelétricos e eletrodos de superfície utilizados em EMG, porém sua aplicação para avaliação das tensões musculares em região de músculo Masseter ainda são pouco explorados, o que nos leva a creditar uma importância substancial nos resultados até aqui obtidos neste estudo.

A utilização do sensor Strain gage acoplado a arquitetura do protótipo 1 desenvolvido, demonstrou ter alto poder de captação das tensões musculares, mesmo possuindo dimensões menores (fig. 10) em contrapartida aos eletrodos usados em EMG e os sensores piezoelétricos, que possuem dimensões pouco maiores. A alta sensibilidade a variação de tensões sobre a superfície e região de interesse possibilitou a leitura das contrações mediante a estiramento da superfície em que está colocado (Extensometria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus), gerando dessa maneira sinais elétricos que são interpretados pela placa de aquisição conectada ao sensor como já descrito na metodologia.

Os sensores piezoelétricos, consistem de camadas de cristais piezoelétricos que produzem carga elétrica quando submetidos à compressão, apresentando um eletrodo interposto entre as camadas absorvendo as cargas resultantes, porém a qualidade das leituras provenientes por este sensor é dependente da qualidade do acabamento da superfície do material da estrutura do sensor como também dos cristais (Kleckers 2022).

Os requisitos para a seleção do sensor piezoelétrico, e que acaba por diferir em partes dos critérios que são levados em conta na escolha do Strain gage, são: um espaço confinado para instalação do sensor; medição de pequenas forças com alta carga inicial; medição de temperaturas muito altas e estabilidade de sobrecarga externa (Kleckers 2022).

Os métodos que utilizam a EMG de superfície, tal como no dispositivo Bruxoff, constituem-se como um método não invasivo para captação direta da

função muscular, obtendo-se o somatório dos potenciais de ação, contudo podem sofrer influência de diversos fatores, sendo um dos mais importantes a variação dos sinais recebidos. As variações podem estar relacionadas à posição do eletrodo e não diretamente a alterações de estruturas neuromusculares (Reinold et al., 2004), por este motivo vários estudos que envolvem EMG utilizam o “teste re-teste” para os experimentos, sendo a forma de recolocação dos eletrodos importante no processo (Reinold et al., 2004).

Uma questão importante levantada durante a elaboração do protótipo 1 e também revista após os testes, foi que, sabendo então da ocorrência de movimentações oromandibulares normais (tal como a deglutição, por exemplo) além da atividade muscular rítmica, como isso seria visto e diferenciado na análise das leituras realizadas pelo sensor Strain gage, sem que houvesse erros nas medições, sabendo disso durante a elaboração do protótipo 1, foi proposto aumentar o ganho do sensor de modo que possibilitasse então uma leitura ainda mais fiel das contrações resultantes da atividade bruxista.

Outro ponto chave visto dentro deste trabalho foi a possibilidade elaborar um dispositivo com custo de produção mais baixo e acessível, visto que os que são encontrados atualmente no mercado ainda possuem um preço mais elevado.

O quadro abaixo apresenta os custos médios dos principais tipos de sensores citados na revisão de literatura comparado ao sensor Strain gage:

Quadro 3 - Comparação da média de valores de custo dos diferentes tipos de sensores

Tipo de sensor	Custo médio de mercado
Sensor Strain gage	R\$13,30
Sensor piezoelétrico (micro de alta sensibilidade)	R\$136,00
Sensor eletromiográfico	R\$198,00

Legenda: Informações de valores de custo médio dos sensores retirada de Mercado livre.
Fonte: Mercado livre, 2021

Baseado no breve levantamento da média de custos e nos resultados obtidos dentro deste estudo, vemos ser possível a viabilização de um dispositivo de custo reduzido para detecção da atividade muscular atípica, resultante da atividade bruxista em região de m. Masseter.

Os testes realizados com o protótipo 1, apresentam caráter avaliativo quanto à verificação do potencial de detecção das oscilações e contrações musculares por meio do sensor Strain gage posicionado na área de interesse, nos quais foram executadas contrações provocadas e voluntárias da musculatura.

Quanto aos parâmetros estabelecidos dentro deste trabalho para análise do grau de bruxismo apresentado pelo paciente, serão verificados em posterior estudo de validação após conclusão do protótipo 3 para uso clínico.

7 CONCLUSÃO

Concluimos por meio deste trabalho que o sensor Strain gage integrado ao circuito com a placa Arduino Nano, demonstrou ser viável para detecção da atividade muscular em região do músculo Masseter; sendo possível monitorar também a AMMR e fazer as leituras de intensidade e frequência dos eventos relacionados ao bruxismo do sono, contribuindo para o estabelecimento de um tratamento adequado e avanço na criação de uma nova ferramenta de baixo custo para diagnóstico do bruxismo do sono.

REFERÊNCIAS

Alóe F, Gonçalves LR, Azevedo A, Barbosa RC. Bruxismo durante o Sono. Rev Neurocienc. 2003;11(1):4-17. doi: 10.34024/rnc.2003.v11.8888.

Biofeedback: tudo o que você precisa saber sobre a tecnologia | neuroUP [internet]. [cited 2022 Apr 14]; Available from: <https://neuroup.com.br/biofeedback-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-a-tecnologia/>.

D'Amico JM, Yavuz ŞU, Saraçoğlu A, Atiş ES, Gorassini MA, Türker KS. Activation properties of trigeminal motoneurons in participants with and without bruxism. J Neurophysiol. 2013;110(12):2863–72. doi: Dec; 10.1152/jn.00536.2013.Epub 2013 Sep 25. PMID: 24068753; PMCID: PMC3882820.

Extensômetria (Strain Gauge) – O que é? Quando utilizar? - Ensus [internet]. [cited 2021 Apr 21]. Available from: <https://ensus.com.br/extensometria-strain-gauge-o-que-e-quando-utilizar/>.

Bruxlab [internet]. [cited 2021 Apr 16]. Available from: <https://www.bruxlab.com/>.

Hortelano T. Bruxismo del sueño. Actualización sobre mecanismos etiopatogénicos , diagnóstico y tratamiento. Vigília Sueño. 2014;26(1):1-65.

Kato T, Masuda Y, Yoshida A, Morimoto T. Masseter EMG activity during sleep and sleep bruxism. Arch Ital Biol. 2011;149(4). doi: 10.4449/aib.v149i4.1317. PMID: 22205593.

Klasser GD, Rei N, Lavigne GJ. Sleep bruxism etiology: the evolution of a changing paradigm. J Can Dent Assoc. 2015;81:f2. PMID: 25633110.

Kleckers T. Sensores piezoelétricos: qual o ideal para minha aplicação?[internet]. [cited 2022 Jul 15]; Available from: <https://www.hbm.com/pt/6810/sensores-piezoelétricos-qual-o-ideal-para-minha-aplicacao/>

Kuhn M, Türp JC. Risk factors for bruxism. Swiss Dent J. 2018;128(2):118–24. PMID: 29533049.

Lavigne GJ, Rompré PH, Poirier G, Huard H, Kato T, Montplaisir JY. Rhythmic masticatory muscle activity during sleep in humans. J Dent Res. 2001;80(2):443–8. doi: 10.1177/00220345010800020801. PMID: 11332529.

Lobbezoo F, Aarab G, Ahlers MO, Baad-Hansen L, Bernhardt O, Castrillon EE, et al. Consensus-based clinical guidelines for ambulatory electromyography and contingent electrical stimulation in sleep bruxism. J Oral Rehabil. 2020;47(2):164–9. doi: 10.1111/joor.12876.

Ltd SLP. Instructions for the Professional. [cited 2021 Apr 21]; Disponível: <https://www.bitestrip.com>

de Macedo CR. Bruxismo do sono. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial*. 2008;13(2):18–22.

Magalhães BG, Freitas JL de M, Barbosa AC da S, Gueiros MCSN, Gomes SGF, Rosenblatt A, et al. Temporomandibular disorder: otologic implications and its relationship to sleep bruxism. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2018;84(5):614–9. doi: 10.1016/j.bjorl.2017.07.010. PMID: 28966039.

Mainieri VC, Saueressig AC, Marcos Pascoal Pattussi, Fagundes SC, Grossi ML. Validation of the Bitestrip versus polysomnography in the diagnosis of patients with a clinical history of sleep bruxism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012;113(5):612–7. doi: 10.1016/j.oooo.2011.10.008. PMID: 22668619.

Mercado livre [internet]. [Cited 2022 Jul 15]. Available at: <https://www.mercadolivre.com.br/>

Miettinen T, Myllymaa K, Muraja-Murro A, Westeren-Punnonen S, Hukkanen T, Töyräs J, et al. Polysomnographic scoring of sleep bruxism events is accurate even in the absence of video recording but unreliable with EMG-only setups. *Sleep Breath*. 2020;24(3):893–904. doi: 10.1007/s11325-019-01915-2. PMID: 31402440.

Nano | Arduino Documentation [internet]. [cited 2021 Apr 21]; Available from: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>

Needham R, Davies SJ. Use of the Grindcare ® device in the management of nocturnal bruxism: A pilot study. *Br Dent J*. 2013;215(1):1–4. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.653. PMID: 23846087.

Pereira RP, Negreiros Wa, Scarparo H, Pigozzo M, Consani RL, Mesquita M. Bruxismo e qualidade de vida. *Revista Odonto Ciência*. 2006;21(52):185–90.

Okeson JP. Etiologia dos distúrbios funcionais do sistema mastigatório. In: Okeson JP. *Tratamento das desordens temporomandibulares e oclusão*. Elsevier Brasil; 2008.p 121-2.

Predovich B. Bravrr Incorporated. Sensor Apparatus for Measurement of Muscle Activity in the Detection & Treatment of Bruxism Disorder. US20210052213. 2021 Feb 25.

Reinold MM, Wilk KE, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Chmielewski T, et al. Electromyographic analysis of the rotator cuff and deltoid musculature during common shoulder external rotation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004;34(7):385–94. doi: 10.2519/jospt.2004.34.7.385. PMID: 15296366.

Sepúlveda EW. Diseño de herramienta de control y monitoreo de sensores para el diagnóstico de bruxismo [tesis]. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; 2018.

Saczuk K, Lapinska B, Wilmont P, Pawlak L, Lukomska-Szymanska M. The bruxoff device as a screening method for sleep bruxism in dental practice. *J Clin Med*. 2019;8(7):930. doi: 10.3390/jcm8070930.

Shochat T, Gavish A, Arons E, Hadas N, Molotsky A, Lavie P, et al. Validation of the BiteStrip screener for sleep bruxism. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2007;104(3). doi: 10.1016/j.tripleo.2007.03.009. PMID: 17618147.

Software de projetos 3D | Modelagem 3D na Web | SketchUp [internet]. [cited 2022 Apr 14]; Available from: <https://www.sketchup.com/pt-BR>.

Togeiro SMGP, Smith AK. Métodos diagnósticos nos distúrbios do sono. *Rev Bras Psiquiatr*. 2005;27(SUPPL. 1):8–15. doi: 10.1590/s1516-44462005000500003. PMID: 16082449.

APÊNDICE A—Programa desenvolvido para funcionamento do protótipo 1 na plataforma Arduino IDE.

```

Bruxismo_3.1$
// As constantes foram atribuidas de forma a facilitar o uso.
const int analogInPin = A2; // Entrada analogica onde esta o pino central do potenciometro.
const int alarme = 13; // LED sinalizador ligado no pino 13.

// Variaveis do programa.
int sensorValue = 0; // inicializacao da variavel analogica que recebera o sinal do sensor.
int limitesup = 700; // valor de teste superior para o sinalizador.
int limiteinf = 400; // valor de teste inferior para o sinalizador

void setup() {

  Serial.begin(9600); // configuracao da taxa de comunicacao serial de 9600 bps (bits por segundo):
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); // configura o pino do LED da placa como saida (alarme)
}

void loop() {
  // leitura do sinal analogico:
  sensorValue = analogRead(analogInPin);

  if(sensorValue > limitesup || sensorValue < limiteinf){ // teste do valor lido para verificar os limites, maximo e minimo, para o alarme
    digitalWrite(alarme, HIGH);
  }
  else
    digitalWrite(alarme, LOW);
}

```

```

// interpreta os valores lidos e os representa graficamente atraves da funcao plotter no IDE Arduino.
Serial.print(0);
Serial.print("\t");
Serial.print(limitesup);
Serial.print("\t");
Serial.print(limiteinf);
Serial.print("\t");
Serial.print(sensorValue*4);
Serial.print("\t");
Serial.println(1100);

```

Fonte: Elaborado pelo autor via plataforma Arduino IDE.