

ANDRÉ CAMILO DE OLIVEIRA

**Estudo in vitro das marcas de desgaste na resina acrílica
em relação à força de mordida**

São Paulo

2018

ANDRÉ CAMILO DE OLIVEIRA

**Estudo in vitro das marcas de desgaste na resina acrílica
em relação à força de mordida**

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Diagnóstico Bucal) para obter o título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Lusvarghi Witzel

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Oliveira, André Camilo de.

Estudo in vitro das marcas de desgaste na resina acrílica em relação à força de mordida / André Camilo de Oliveira; orientadora Andrea Lusvarghi Witzel -- São Paulo, 2018.

127 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Diagnóstico Bucal. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Bruxismo. 2. Força de mordida. 3. Disfunção da articulação temporomandibular. I. Witzel, Andrea Lusvarghi. II. Título.

Oliveira AC. Estudo in vitro das marcas de desgaste na resina acrílica em relação à força de mordida. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: / /2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

A Deus, nosso Grande Arquiteto do Universo, por permitir-me a graça da vida e a possibilidade de aprender e evoluir a cada dia que levanto...

Em especial para a minha esposa amada Viviane Miziara, que me apoiou incondicionalmente nesta empreitada.

Aos meus amados pais Nelson Camilo e Regina Marta.

Meus queridos irmãos Nicoli e Davi.

Ao meu filho amado Artur Antonini.

E a todas as pessoas que fizeram este trabalho tornar-se realidade e por todo o apoio prestado, pois sem vocês nada disso tornar-se-ia realidade.

AGRADECIMENTO

A minha orientadora, Profa. Dra. Andrea Lusvarghi Witzel primeiramente por acreditar e dar uma oportunidade a mim, agradeço imensamente às orientações na área acadêmica, sempre apoiando e incentivando as minhas ideias e auxiliando-me no crescimento profissional e pessoal.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Marcelo Costa Bolzan, por ter dado todo o apoio e incentivo necessário para a realização deste projeto, sendo um amigo e mentor.

Ao Prof. Dr. Rafael Yagüe Ballester do Departamento de Biomateriais por toda ajuda e orientação na condução dos testes e dissertação do projeto.

A Profa. Dra. Maria Aparecida Borsatti pelo convite a integrar a clínica de urgências odontológicas e ter aberto o caminho acadêmico em minha vida

A Profa. Dra. Carina Domaneschi por ter me apresentado a Profa. Dra. Andrea Witzel e por todo conhecimento compartilhado.

Em especial a grande amiga Dra. Gisele Ebling Artes por toda ajuda e apoio na elaboração deste projeto.

Ao Prof. Dr. Paulo Francisco Cesar por disponibilizar os equipamentos necessários para o desenvolvimento deste projeto e por todo apoio.

A amiga Giovanna Florezi que iniciou este projeto por toda ajuda e apoio.

Especialmente aos professores doutores: Camila de Barros Gallo, Celso Augusto Lemos, Fábio de Abreu Alves e Norberto Nobuo Sugaya da disciplina de Estomatologia Clínica pela acolhida e ensinamentos na área de Estomatologia.

Ao amigo técnico Laerte Zanon por todo o apoio e conselhos, no início, meio e fim do mestrado.

Ao técnico do laboratório do Departamento de Biomateriais Antônio Lascalea por toda ajuda e as secretárias Rosa Nogueira e Elidamar Guimarães pelo acolhimento junto ao departamento.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação: Andresa Gonçalves, Rosane Gallo, Sabrina Pinho, Camilla Esteves, Thais Miniello, Lígia Gonzaga e Rennan Santos por todos os momentos de descontração e apoio, o que tornaram a realização do trabalho mais suave.

Para Aparecida Ferreira Andrade (Cida), Iracema Mascarenhas Pires (Nina) e Maria Cecília Forte Munis pela amizade e pela disponibilidade ímpar em ajudar.

A Glauci Elaine Damasio Fidelis, do SDO/FOUSP, por sua disponibilidade, conhecimento e cooperação em ajudar nos momentos finais deste trabalho.

A todos os amigos, que incondicionalmente estiveram presentes em todos os momentos da minha vida, seja pessoalmente ou apenas com mensagens de apoio.

A CAPES pela bolsa de Mestrado do programa Demanda Social.

"A sorte favorece os bravos (Fortis Fortuna Adiuvat)"

Terêncio

"Não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez"

Jean Cocteau

"O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância, é a ilusão do conhecimento"

Daniel Boorstin

RESUMO

Oliveira AC. Estudo in vitro das marcas de desgaste na resina acrílica em relação à força de mordida [Dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Dentre os fatores etiológicos das Disfunções Temporomandibulares (DTMs) merecem destaque os hábitos parafuncionais, que muitas vezes são responsáveis pela manutenção da dor, perda de estrutura dental, como as facetas de desgaste, abfrações e por alterações na mucosa jugal e língua. Uma das terapêuticas mais utilizadas para o tratamento da DTM, está relacionada ao uso da placa estabilizadora oclusal (PEO). Apesar de seu uso ser estudado em vários artigos, não são encontrados relatos sobre as marcas encontradas nesse dispositivo devido ao atrito sofrido pelos dentes, tampouco quais são os parâmetros e variáveis que estão relacionados à estas marcas. O presente estudo procurou reproduzir as marcas observadas na PEO, em 36 corpos de prova de resina acrílica ativada quimicamente, em ambiente controlado e analisou os parâmetros e variáveis para avaliação entre marcas fracas e fortes. Para reprodução das marcas nas amostras, foram utilizadas esferas de aço com diâmetros de 3 mm, 4 mm e 5 mm. Para cada diâmetro de esfera foram utilizados os seguintes parâmetros: carga de 2 kgf e 65 kgf e ciclos de repetições de 600 e 1200 vezes. As amostras foram randomizadas com números aleatórios e estabelecido padrão entre marcas fracas e fortes para cada diâmetro de esfera, com apenas uma amostra de cada triplicata. Na sequência, 3 observadores cegos fizeram suas classificações para correlação do padrão. Para correlação do padrão vs. observadores e observadores entre observadores, foi realizado o teste kappa de Fleiss. Foram obtidos níveis excelentes em todos os testes, quando não havia mistura de diâmetro de esfera, e nível razoável quando os observadores avaliaram as amostras com os diâmetros de esferas misturados. Relacionado aos resultados, as variáveis consideradas foram, dureza Brinell, diâmetro da calota impressa e profundidade da calota. As variáveis, dureza e diâmetro de calota impressa, não demonstraram robustez para estabelecer critério na avaliação entre marca forte e fraca. Já a variável profundidade de calota demonstrou que ao passo que aumentava a profundidade da calota, a marca tinha maior

tendência a ser classificada como forte. Desta forma, pode-se concluir que o parâmetro carga foi o fator de maior relevância na classificação entre as marcas fracas e fortes. A variável profundidade da calota mostrou relevância na classificação das marcas fortes e fracas e os diâmetros de esferas diferentes, com mesma carga e quantidade de ciclos geraram marcas diferentes.

Palavras-chave: Bruxismo, Marcas de Apertamento, DTM, Força de Mordida, Força de Apertamento, Carga de Mordida, Profundidade da Marca.

ABSTRACT

Oliveira AC. In vitro study of the wear marks on the acrylic resin in relation to the bite force [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Among the etiological factors of TMDs is the parafunctional habits, which are often responsible for the loss of dental structure, such as the wear facets and abfraction and changes in the oral mucosa, such as cheeks and tongue. One of the most used therapies for the treatment of TMD is related to the use of the occlusal splint (OS). Although its use is reported in several articles, no reports are found on the marks found in this device due to the friction suffered by the teeth, nor are the parameters and variables that are related to these marks. The present study reproduced the observed marks in the OS in 36 chemically activated acrylic resin samples in a controlled environment and analyzed the parameters and variables for evaluation between weak and strong marks. For the reproduction of the marks in the samples, stainless steel sphere with different diameters of 3 mm, 4 mm and 5 mm were used. For each sphere diameter the following parameters were used: load of 2 kgf and 65 kgf and repetition cycles of 600 and 1200 times. Samples were randomized with random numbers and established pattern between weak and strong marks for each sphere diameter, with only one sample from each triplicate. Subsequently, 3 observers made their classifications for pattern correlation. For correlation of the Standard vs. Observers and Between Observers, the Fleiss kappa test was performed. Excellent levels were obtained in all tests, when there was no sphere diameter crossing, and fair level when observers evaluated the samples with the sphere diameters crossed. Regarding the results, the variables considered were Brinell hardness, diameter of the printed cap and depth of the cap. The variables, hardness and diameter of printed cap, did not demonstrate the robustness to establish standard in the evaluation between weak and Strong marks. The variable depth of printed cap proves that while the depth of the printed cap increased, the mark had a more tendency to be classified as strong. In this way, we can conclude that the load parameter is the factor of greater relevance in the classification between the weak and strong marks. The variable depth of the printed cap demonstrated

relevance in the classification of the weak and strong marks, and finally the diameters of different spheres with the same load and number of cycles created different marks.

Keywords: Sleep Bruxism, Clenching Marks, TMD, Clenching, Bite Load, Bite force, Mark Depth.

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1	Gabarito padrão para classificação de marca, em fraca ou forte	54
Quadro 4.2	Índices adaptados para classificação dos valores k obtidos	57
Quadro 4.3	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação A)	57
Quadro 4.4	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação A), porém, os valores foram agrupados em 3 grupos.....	59
Quadro 4.5	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação B)	60
Quadro 4.6	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação B), porém, os valores foram agrupados em 3 grupos.....	61
Quadro 4.7	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação C).....	62
Quadro 4.8	Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação C), porém, os valores foram agrupados em 3 grupos.....	63
Quadro 4.9	Resultados obtidos na segunda avaliação	65
Quadro 4.10	Resultados obtidos na segunda avaliação, porém, os valores foram agrupados em 3 grupos	67
Quadro 4.11	Valores obtidos na avaliação fraca.....	68
Quadro 4.12	Valores obtidos na avaliação forte	69
Quadro 5.1	– Valor referente ao diâmetro da calota impressa em cada amostra	73
Quadro 5.2	– Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra do padrão das marcas fracas.....	73

Quadro 5.3 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fracas.....	74
Quadro 5.4 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra do padrão das marcas fortes	76
Quadro 5.5 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fortes	77
Quadro 5.6 – Valor referente ao cálculo da dureza Brinell HB em cada amostra.....	78
Quadro 5.7 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra do padrão das marcas fracas	79
Quadro 5.8 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3, das marcas fracas.....	80
Quadro 5.9 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra do padrão das marcas fortes.....	81
Quadro 5.10 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fortes.	82
Quadro 5.11 – Valores referentes a profundidade em cada amostra do padrão das marcas fracas	83
Quadro 5.12 – Valores referentes a profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fracas.....	84
Quadro 5.13 – Valores referentes a profundidade em cada amostra do padrão das marcas fortes.....	85
Quadro 5.14 – Valores referentes a profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fortes	86
Quadro 5.15 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão relacionando todos os diâmetros de esferas entre amostras com marcas fracas e fortes.....	87

Quadro 5.16 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão das marcas fracas	89
Quadro 5.17 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 1, marcas fracas	90
Quadro 5.18 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 2 e 3 marcas fracas.....	91
Quadro 5.19 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão das marcas fortes	92
Quadro 5.20 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 1, marcas fortes	93
Quadro 5.21 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 2, marcas fortes	94
Quadro 5.22 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 3, marcas fortes	95

LISTA DE FIGURAS

Figura - 4.1 – Molde em latão para confecção das amostras (A) e amostra confeccionada (B)	43
Figura 4.2 – Amostra confeccionada pronta para o teste.....	44
Figura 4.3 – Desenho industrial para confecção do suporte de esfera (A) e suporte de esfera confeccionado e montado com a esfera (B)	45
Figura 4.4 - Esferas em inox 420 diâmetro 5, 4 e 3 mm, da esquerda para a direita	45
Figura 4.5 – Dente de estoque projetado com escala milimetrada (A) e dente de estoque com projeção para captura de medidas de diâmetro(B)	46
Figura 4.6 – Ciclodora mecânica pneumática Biopdi (A) e (B)	46
Figura 4.7 – Controlador lógico programável da ciclodora mecânica pneumática	46
Figura 4.8 – Medidor de carga Biopdi	47
Figura 4.9 – Base para a amostra durante o teste (A) e base com suporte de esfera na ciclodora mecânica pneumática (B)	50
Figura 4.10 – Amostra com marca considerada fraca.....	50
Figura 4.11 – Amostra com marca considerada forte.....	51
Figura 4.12– Marcas observadas na PEO	52
Figura 4.13 – Base de apoio das amostras com a sequência do primeiro teste, lado esquerdo mais fraca e lado direito mais forte	56
Figura 4.14 – Base de apoio das amostras com a sequência do segundo teste, lado esquerdo mais fraca e lado direito mais forte	56

Figura 4.15 – Recipiente para classificação das amostras em fraca ou forte da terceira avaliação	56
Figura 4.16 – Medição do diâmetro da calota impressa na amostra, tangenciando a linha tracejada no início da marca(A). Tangenciando a linha tracejada no final da marca (B).....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Sequência das triplicatas com as variações de diâmetro de esfera, ciclo e carga	49
Tabela 4.2	Sequência de teste realizado e correspondente numeral randomizado	53
Tabela 4.3	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	58
Tabela 4.4	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	58
Tabela 4.5	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	59
Tabela 4.6	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	59
Tabela 4.7	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	60
Tabela 4.8	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	60
Tabela 4.9	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	61
Tabela 4.10	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	62
Tabela 4.11	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	62
Tabela 4.12	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	63
Tabela 4.13	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	64
Tabela 4.14	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	64
Tabela 4.15	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão	65

Tabela 4.16	Valor obtido (observadores x padrão).....	66
Tabela 4.17	Valor obtido (entre observadores)	66
Tabela 4.18	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão.....	67
Tabela 4.19	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	68
Tabela 4.20	Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão.....	69
Tabela 4.21	Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
AISI	Sistema americano para classificação do aço
ATM	Articulação Temporomandibular
CLP	Controlador Lógico Programável
D	Diâmetro
Dp	Diâmetro da profundidade
DTM	Disfunção Temporomandibular
Fn	Força normal
HB	Dureza Brinell
HV	Dureza Vickers
Kgf	Quilograma força
Mm	milímetro
P	Pressão
PEO	Placa estabilizadora oclusal
Seg	Segundos

LISTA DE SÍMBOLOS

\emptyset	Diámetro
κ	Kappa
π	Pi

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	33
3	PROPOSIÇÃO	41
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
5	RESULTADOS	73
6	DISCUSSÃO	97
7	CONCLUSÃO.....	103
	REFERÊNCIAS	105
	APÊNDICES.....	111

1 INTRODUÇÃO

Dor é uma experiência sensitiva e emocional desagradável que resulta em dano real ou potencial aos tecidos, é a percepção dos estímulos nociceptivos pelo indivíduo, além do sofrimento, que está associado à resposta emocional e social do processo doloroso (Merskey et al., 1994; Forssell, 1999).

As dores orofaciais por sua vez, compreendem as dores associadas aos tecidos moles e duros da cabeça, face e pescoço (Okeson, 2013). Uma grande parte das dores orofaciais é causada por distúrbios temporomandibulares (DTM), definidas por Okeson (2013) como um grupo de condições que envolvem distúrbios musculares e da articulação temporomandibular (ATM), que podem possuir etiologia multifatorial, tendo estalos e dor como sinal e sintomas mais comuns. Segundo Loeser (2001) dois terços da população de países industrializados sofrem de dores orofaciais crônicas, as quais além dos danos físicos geram consequências emocionais e sociais.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo National Institute of Dental and Craniofacial Research nos Estados Unidos da América, a DTM é a segunda maior desordem musculoesquelética no país sendo sua prevalência de 5 a 12%, podendo ser considerada uma questão de saúde pública, já que são gastos bilhões de dólares por ano em tratamento, afastamentos médicos, perda de trabalho e diminuição da produtividade (Lipton et al., 1993).

Um levantamento epidemiológico realizado na população brasileira revelou que 39,2% dos participantes apresentavam ao menos um sintoma de DTM, sendo a dor o sintoma mais comum relatado entre eles, e sua prevalência foi significativamente maior em mulheres, comparada aos homens (Gonçalves et al., 2010).

Dentre os fatores etiológicos das DTMs estão os hábitos parafuncionais (Paesani, 2010; Okeson, 2013; Aguilera et al., 2014). Já há evidência na literatura das consequências destes hábitos na estrutura dental, como facetas de desgastes (Carlsson et al., 1985; Holmgren et al., 1993) e abfrações (Michael et al., 2009); e na mucosa oral, marcas em língua e mucosa jugal (Poveda et al., 2007; Paesani, 2010).

Diversas terapêuticas são estudadas para o tratamento da DTM, como fisioterapia (Truelove et al., 2006; France et al., 2014), tratamentos farmacológicos (Clark et al., 2009; Inchingolo et al., 2011; Okeson, 2013), laser (Dermikol et al., 2014; Manca et al., 2014), infiltrações tanto em músculos (Venâncio et al., 2008; France et al., 2014; Zhou; Wang, 2014) quanto na ATM (Machado et al., 2013) e os dispositivos interoclusais (Truelove et al., 2006; Okeson, 2013), sendo esta uma das terapêuticas mais antigas e mais estudadas (Ramfjord; Ash, 1994; Tecco et al., 2004).

O dispositivo interoclusal é um aparelho removível rígido, que pode ser chamado de placa estabilizadora oclusal (PEO), geralmente confeccionado em resina acrílica, que se encaixa sobre a superfície oclusal dos dentes, considerado um tratamento reversível e não invasivo, sendo eficiente de 70 a 90% dos casos (Clark et al., 2009; Okeson, 2013).

Os hábitos parafuncionais podem deixar marcas nas PEO utilizadas no tratamento das DTMs. Clinicamente essas marcas são diferentes e podem ou não ter profundidade, o que poderia conotar uma diferença na força exercida durante o apertamento. Se bem estudadas, essas marcas poderiam ser utilizadas como critério de avaliação da intensidade e do tipo de hábito parafuncional. Também poderiam direcionar a terapêutica medicamentosa para modulação do hábito, determinar o melhor tipo de material restaurador em eventual necessidade de reabilitação oral e orientar o processo de alta terapêutica. Apesar de parecerem importantes para o diagnóstico e tratamento da DTM, essas marcas, ainda são pouco estudadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Bruxismo e DTM

O sistema mastigatório é responsável por funções vitais como mastigar, falar e deglutir. Qualquer atividade não relacionada a estas é considerada não funcional, portanto, uma parafunção. São considerados hábitos parafuncionais: apertamento, ranger dos dentes, contração muscular prolongada sem contato dentário, morder lábios, bochechas e língua, roer unhas ou cutículas, morder objetos e alteração da postura mandibular (Paesani, 2010). Em acordo com Okeson (2013), as funções do sistema mastigatório podem ter duas classificações básicas: funcional, quando inclui a mastigação, a deglutição e a fala; e parafuncional, quando trata-se de apertamento e rangimento dos dentes.

Há diversas evidências na literatura da relação entre hábitos parafuncionais e a ocorrência de disfunções temporomandibulares, tanto em populações de adultos (Akhter et al., 2011; Aguilera et al., 2014) quanto de adolescentes (Cortese et al., 2013; Fernandes et al., 2015), sendo categorizado como um fator de risco para o desenvolvimento de alguma das patologias em questão (Poveda-Roda et al., 2007).

O bruxismo é um dos principais hábitos parafuncionais, que vem despertando o interesse da comunidade clínica e científica por se tratar de uma desordem de interesse dental, neurológico e da medicina do sono (Lavigne et al., 2005; Paesani, 2010).

De acordo com um consenso realizado entre autores considerados experts no assunto, o bruxismo pode ser definido como uma atividade muscular repetitiva caracterizada pelo apertar ou ranger dos dentes e/ou por travar ou empurrar a mandíbula. O bruxismo apresenta duas manifestações circadianas: pode ocorrer durante o sono (indicado como bruxismo do sono) ou durante a vigília (considerado como bruxismo em vigília) (Lobezoo et al., 2013).

A polissonografia é considerada o padrão ouro no diagnóstico do bruxismo do sono (Lobezoo et al., 2013), portanto deve ser utilizado um sistema de graduação

para o diagnóstico do bruxismo do sono, no qual se classifica em “possível” quando baseado em relato pessoal contido em questionários e anamnese; “provável”, incluindo além do relato pessoal, o exame clínico e “definitivo”, apenas quando se associam os dados de questionários, exame clínico e polissonografia. Já para o bruxismo em vigília o diagnóstico definitivo vem através do relato pessoal, exame clínico e registros eletromiográficos, além do chamado Ecological Momentary Assessment, um meio de analisar um evento específico em diversos momentos da vida do paciente, através de diários escritos, eletrônicos ou através de sensores fisiológicos (Lobbezoo et al., 2013, Shiffman et al., 2008).

Karakis e Dogan (2015) compararam a força máxima voluntária aplicada por pacientes com e sem bruxismo. O grupo de homens com a parafunção apresentou uma média de força de 43,83 kg, havendo diferença estatística em relação ao grupo de não bruxistas. Não houve diferença entre os grupos femininos, sendo 33,62 kg a média de força máxima aplicada por mulheres com o hábito parafuncional e 30,50kg a de mulheres sem o hábito. Diversos autores realizaram estudos nos quais comparavam as forças aplicadas durante o apertamento utilizando como base o primeiro molar superior, levando a uma variação de 30 a 60 kg de força (Kogawa et al., 2006; Hansdottir et al., 2004; Narita et al., 2009; Karakis et al., 2015).

De acordo com a Academia Americana de Dor Orofacial o Bruxismo pode ser encontrado entre os fatores etiológicos das DTMs, mas deve ser levado em consideração que o hábito de apertar os dentes pode causar uma dor muscular transitória, não sendo o suficiente para levar a desordens temporomandibulares crônicas (Leeuw, 2013). A correlação, entretanto, ainda é polêmica já que há a necessidade de trabalhos com maior especificidade para correlacionar às duas desordens ou dissociá-las definitivamente (Manfredini; Lobbezoo, 2010).

Molina et al. (1999) descrevem que o sinais e sintomas dos músculos e da articulação aumentam em pacientes com disfunção temporomandibular que apresentam hábitos de bruxismo severo.

A DTM é uma coletânea de sinais e sintomas que podem envolver a musculatura mastigatória e/ou a ATM e estruturas associadas (Sundqvist; Magnusson, 2001), sendo identificada como a principal causa de dor não dental na região orofacial e classificada como uma subclasse das desordens

musculoesqueléticas (Okeson, 2013).

Pacientes acometidos por DTMs tem como sinais e sintomas mais comuns: dores nas articulações e/ou na face, abertura bucal limitada, dificuldade para abrir a boca confortavelmente, desvios e deflexões mandibulares, travamento mandibular ao abrir ou fechar a boca e presença de ruídos articulares. Também podem apresentar comorbidades associadas aos sintomas da DTM, como cefaleias tensionais e migrâneas, fibromialgia e distúrbios psicológicos como depressão e ansiedade (Gonçalves 2010; Speciali, 2015; Leeuw, 2013, De Kanter et al., 1993).

Gonçalves et al. (2010) realizaram um estudo epidemiológico transversal em uma população urbana brasileira, o qual concluiu que 39,2% da população estudada apresentava pelo menos um sintoma de disfunção temporomandibular, sendo os mais comuns os ruídos e dores articulares. Outro estudo brasileiro com jovens de ensino médio e superior que não estavam em tratamento encontrou dores de cabeça (20,97%) e sons (16,13%) em região de articulação como sintomas mais comuns e revelou uma prevalência de 41,3% da população estudada, apresentando sinais de DTM (Conti et al., 1996).

O diagnóstico da DTM é de fundamental importância para que se possa fazer um correto planejamento para o tratamento, haja vista que sua etiologia, por muitas vezes, é multifatorial, podendo abranger muitas variáveis interdependentes, o que a torna interdisciplinar (Stevens et al., 1999). Comumente, um diagnóstico preciso de DTM exige a combinação entre sinais e sintomas clínicos e exames imaginológicos, possibilitando a escolha da terapêutica mais adequada ao caso (Robinson de Senna et al., 2009).

O tratamento das DTMs tem por objetivo diminuir a dor, restaurar a mobilidade mandibular e as funções mastigatórias (Romero-Reyes; Uyanik, 2014). Por sua multidisciplinaridade, diferentes tipos de terapêuticas já foram propostas e são utilizadas para o manejo das DTMs (Okeson, 2013).

2.2 Placa estabilizadora oclusal (PEO) e marcas de apertamento

A PEO (placa oclusal, placa de mordida, placa de Michigan ou placa mio-relaxante) é amplamente utilizada e quando ajustada de acordo com os princípios da oclusão ideal (mantendo contatos bilaterais simultâneos) tem eficácia comprovada na redução de dores causadas pela DTM (Fricton, 2006; Al-Rafah et al., 2014; Dermirkol et al., 2014; Shaffer et al., 2014) e alguns autores também comprovam seu sucesso a longo prazo (Davies; Gray, 1997).

Em 2006, o *Journal of Evidence-Based Dental Practice* publicou um resumo de uma revisão sistemática que avaliou o uso de dispositivos intra-orais e terapia de ajuste oclusal. Nesta revisão foi concluída a eficácia das placas oclusais em relação aos grupos placebos e foi salientada a importância da orientação aos pacientes quanto aos hábitos parafuncionais, para um tratamento em longo prazo. Evidencia-se também a necessidade de estudos que comparem diferentes tipos de placas para os subtipos e severidade de DTMs (Fricton, 2006).

Segundo Okeson (2013), os dispositivos interoclusais têm como características e mecanismos de função: a alteração da condição oclusal, e da posição da cabeça da mandíbula; o aumento da dimensão vertical; a consciência cognitiva; a alteração dos estímulos na entrada periférica do Sistema Nervoso Central; a recuperação musculoesquelética natural; o efeito placebo e a regressão à média, ou seja, contribuir com a melhora clínica dos sintomas apresentados pelos pacientes.

Holmgren et al. (1993) fizeram um estudo com o objetivo de observar os efeitos a longo prazo da placa plana de acrílico, sobre a atividade mecânica mandibular em pacientes com hábitos parafuncionais. Os autores observaram a presença de facetas de desgaste na superfície das PEO que denotavam um padrão de formato e direção a cada consulta e também verificaram que as marcas tinham tendência a diminuir ao longo do tratamento. Outros estudos, inclusive livros, registram a presença destes sinais dos hábitos parafuncionais em questão (Korioth et al., 1998; Yap, 1998; Paesani, 2010, Okeson, 2013).

Yap (1998) descreve as marcas deixadas sobre a placa por pacientes com

parafunção noturna, como sendo marcas brilhantes correspondentes com a relação cêntrica, entretanto com área ligeiramente maior. Neste estudo também foi observado a presença de marcas nas rampas das guias caninas, em pacientes que apresentavam bruxismo ativo, essas marcas eram correspondentes à posição anatômica dos caninos antagonistas. As marcas registradas também sugerem que os movimentos de lateralidade excedem os limites da relação dos contatos dentais entre os caninos.

Existem no mercado algumas alternativas para analisar os movimentos mandibulares e a oclusão, como o BruxChecker®, que é uma placa de 0.1mm de espessura, composta de polyvinyl chloride que, quando aplicada sobre a superfície dental ou do dispositivo interoclusal, forma uma película de cor diferente, retirada e impressa pelo contato dos dentes. Entretanto, a película formada pelo material não consegue mensurar a força aplicada, apenas os contatos oclusais e movimentos excursivos (Onodera et al., 2006).

Recentemente foi lançado um estudo sobre uma PEO com sensores de movimentos, ou seja, ao apertamento ela aciona um sistema de vibração, com o objetivo de interromper o apertamento noturno. Nos testes realizados demonstrou significativa redução na contração do músculo masseter durante o sono (Haras et al., 2018).

2.3 Microdureza superficial dentária, forças, eventos e tempos dos apertamentos

A microdureza superficial é uma medida relacionada entre a resistência e à deformação plástica que os materiais podem apresentar (Mecholsky, 1995). Podemos realizar sua medida através de três maneiras diferentes: ensaios de penetração, risco ou choque. O ensaio mais utilizado na área odontológica é o de penetração. Este ensaio é realizado quando se aplica uma determinada carga em um equipamento que possui uma extremidade (penetrador) em forma de pirâmide ou esfera, ao qual penetra ou marca a superfície do material ou amostra a ser testado (são os seguintes teste de dureza Vickers, Knoop, Rockwell e Brinell). Após a

realização da marca pelo equipamento, esta é mensurada e convertida em índices de dureza (Callister; William, 2007). Gutiérrez-Salazar (2003) realizaram um trabalho avaliando a microdureza superficial do esmalte em elementos dentários, foi encontrado valores entre 250 a 360 HV (dureza Vickers).

O método Brinell, um dos métodos de medição da dureza, é utilizado principalmente nos materiais metálicos. O teste típico consiste em um penetrador de formato esférico com 10 mm de diâmetro, feito de aço de elevada dureza ou de carbetto de tungstênio. Este método foi proposto em 1900, pelo engenheiro sueco Johan August Brinell. Foi o primeiro ensaio de penetração padronizado reconhecido industrialmente (Alvares et al.,2000).

Nishigawa et al. (2001) avaliou em 10 pacientes com diagnóstico de DTM, por três noites consecutivas, as variações de forças, episódios de apertamento por hora e duração de cada episódio, através de dispositivo oclusal projetado com transdutores de medições. Os dispositivos tinham capacidade de medição de cargas até 100 kgf. Os pacientes foram orientados a realizar a colocação do dispositivo antes de dormir e remover imediatamente ao acordar, os valores referentes aos primeiros e últimos trinta minutos foram descartados. Foram realizadas três medições com intervalo de 5 minutos entre as repetições, para verificação das cargas com os pacientes em vigília, para tal, colocavam o dispositivo e pediam para o paciente morder o mais forte possível. Para os valores durante o sono foram descartadas cargas inferiores a 5 kgf e tempo do evento menor que 2 segundos. Neste estudo foram encontrados os seguintes valores: força de apertamento durante sono, máxima de 81,2 kgf e mínima de 15,6 kgf (média 42,3 kgf); força de apertamento em vigília máxima de 99,7 kgf e mínima de 51,8 kgf (média 79,0 kgf); números de episódios de bruxismo por hora, máximo 11,5 e mínimo 0,3 (média 3,6) e duração do episódio, máxima de 10,2 segundos e mínima de 3,6 segundos (média 7,1 segundos).

Gibbs et al. (1986) descrevem que pacientes com bruxismo podem desenvolver força de mordida mais elevada, devido à hiperatividade dos músculos mastigatórios.

Em alguns estudos por meio do eletromiografia, foi avaliada a duração total dos episódios de bruxismo durante uma noite de sono, foram encontrados valores

entre 38 minutos (Trenouth, 1979) e 11,4 minutos (Kidd; Daly, 1985).

Okeson (2013) verificou que a duração de cada episódio de bruxismo variava entre 3,82 a 6,68 segundos, enquanto em outro estudo foram observados de 3,6 a 10,2 segundos por episódio (Nishigawa et al., 2001).

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi reproduzir as marcas observadas na PEO, nos corpos de prova constituídos de resina acrílica ativada quimicamente, em ambiente controlado e estabelecer critérios para avaliação entre marcas fracas e fortes.

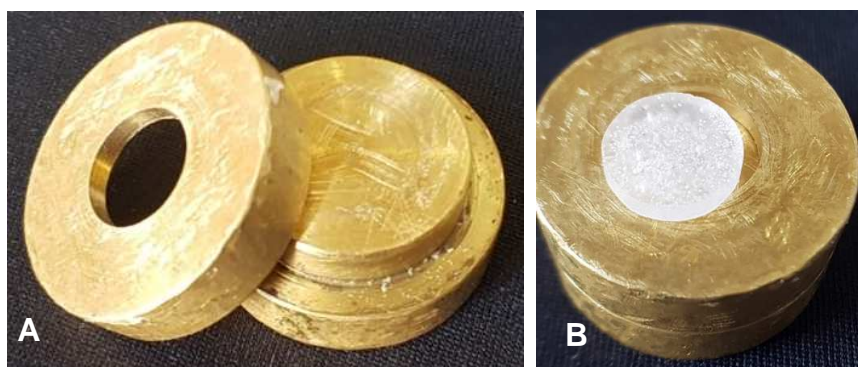
4 MATERIAL E MÉTODOS

Para mimetizar em laboratório as marcas sobre a PEO, deixadas pelos dentes de pacientes com parafunção, confeccionou-se corpos de prova de resina que com o auxílio de uma cicladora mecânica, foram marcados com esferas de aço inox. Cada passo foi separado por tópicos para melhor entendimento.

4.1 Confeções dos corpos de prova

Foram confeccionados 36 corpos de prova em resina acrílica ativada quimicamente (RAAQ) (Jet, Artigos Odontológicos Clássico Ltda.), utilizando moldes de latão padronizados nas dimensões de 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, permitindo assim a equidade dimensional dos corpos de prova (Figura 4.1).

Figura - 4.1 – Molde em latão para confecção das amostras (A) e amostra confeccionada (B)



Fonte: O autor

A manipulação da RAAQ foi realizada conforme recomendado por Anusavice (2005), em que a relação entre pó e líquido (monômero) é de 3:1 em volumes (três partes de pó para uma parte de líquido) reduzindo assim a possibilidade de contração do material. Para a correta proporção do pó e do monômero, foi utilizado Becker em polipropileno com graduação de 100 mililitros (Nalgon Equipamentos

Científicos Ltda.). Ambos foram depositados e manipulados em pote Paladon de silicone (Nova OGP indústria e comercio EIRELI) que foi tampado e aguardado até a fase plástica da RAAQ, a melhor para conformação da resina, segundo Anusavice (2005). Com auxílio da espátula de manipulação trinta e seis (Golgran Ind. Com Intr. Odontológicos) a resina foi colocada nos moldes de latão e deixada sobre uma placa de vidro polida retangular com 10 mm de espessura (Prisma Instrumentos Odontológicos Ltda.) para polimerização. Após total polimerização da RAAQ os corpos de prova foram finalizados com broca de carbeto de tungstênio maxicut (Wilcos Produtos Odontológicos Ltda.) para conferir uma espessura de 2 mm (comprovada com paquímetro digital (Mitutoyo Sul Americana Ltda.) e o despolimento dos corpos de prova (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Amostra confeccionada pronta para o teste

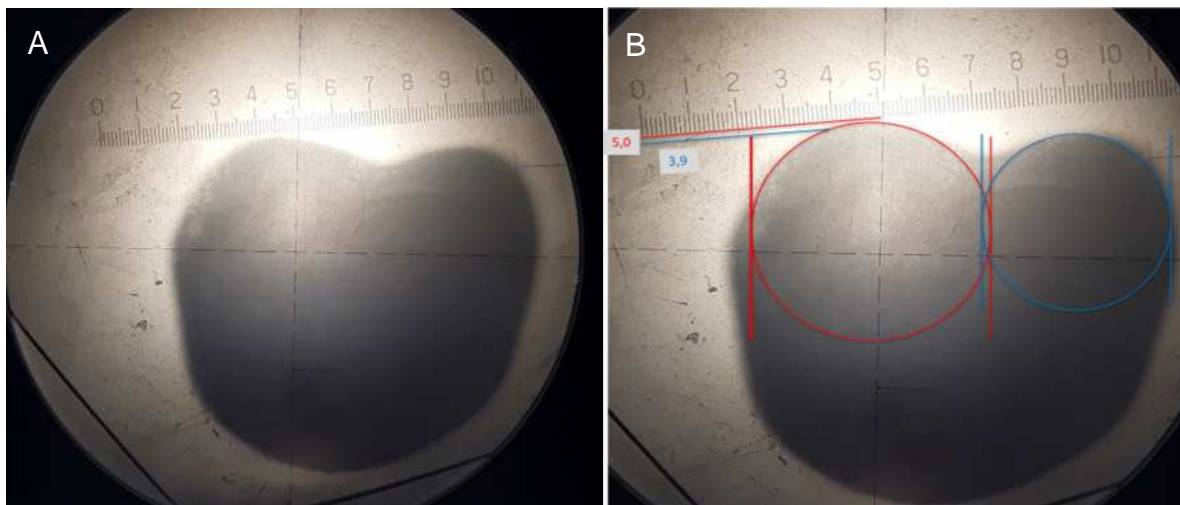


Fonte: O autor

4.2 Escolha das esferas e confecção dos seus suportes

Foram utilizadas esferas de aço inox AISI 420 (Só Esferas Comércio de esferas Ltda.). O diâmetro das esferas foi determinado a partir do tamanho da cúspide de trabalho do primeiro molar superior, conforme avaliação das cúspides em dentes de estoque (Figura 4.3) no projetor de perfil (Optimus 300 Werth S/A.).

Figura 4.3 – Dente de estoque projetado com escala milimetrada (A) e dente de estoque com projeção para captura de medidas de diâmetro(B).



Fonte: O autor

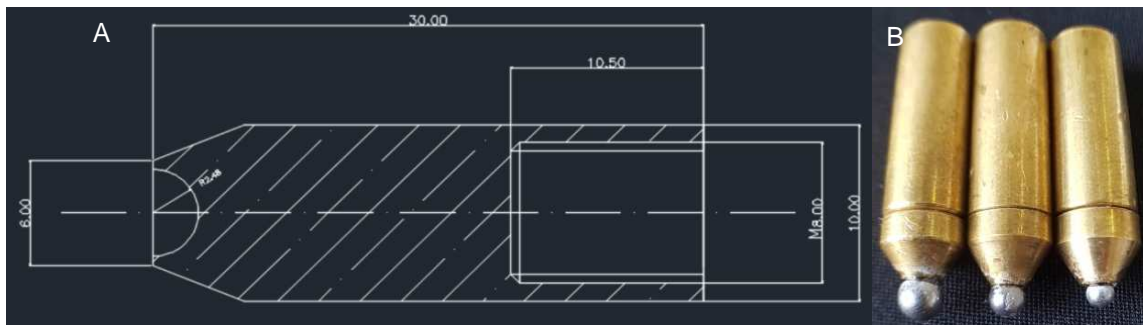
Optou-se pela variação no diâmetro das esferas entre 3 mm, 4 mm e 5 mm (Figura 4.4). As esferas foram fixadas a um suporte, usinado em latão (Barra de latão Coppermetal comércio LTDA) (Figura 4.5) que foi aparafusado em um pistão na máquina Biocycle V1 cicladora mecânica pneumática (Biopdi Equipamentos Científicos Ltda.) representada pela Figura 4.6. Este equipamento é responsável por reproduzir movimentos similares ao de apertamento com forças, tempos e quantidade de ciclos determinados no controlador lógico programável (CLP) (Figura 4.7). Para escolher os padrões do teste foi realizado inicialmente um teste piloto e para conferência das cargas aplicadas, foi utilizado um medidor de carga no início e fim de cada teste (Biopdi Equipamentos Científicos Ltda.) (Figura 4.8).

Figura 4.4 - Esferas em inox 420 diâmetro 5, 4 e 3 mm, da esquerda para a direita



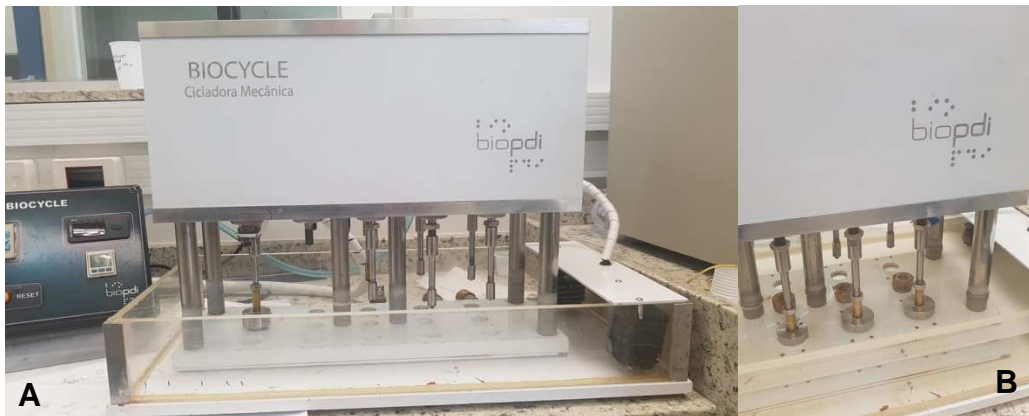
Fonte: O autor

Figura 4.5 – Desenho industrial para confecção do suporte de esfera (A) e suporte de esfera confeccionado e montado com a esfera (B)



Fonte: O autor

Figura 4.6 – Cicladora mecânica pneumática Biopdi (A) e (B)



Fonte: O autor

Figura 4.7 – Controlador lógico programável da cicladora mecânica pneumática



Fonte: O autor

Figura 4.8 – Medidor de carga Biopdi



Fonte: O autor

4.3 Teste piloto para escolha dos parâmetros

Os testes pilotos foram realizados com variações na carga, duração e quantidade do ciclo, a título de manuseio e balizamento na configuração dos parâmetros da cicladora pneumática. É mencionado como ciclo o momento do apertamento. Os testes foram realizados com cargas entre 20 N e 750 N. Todas as variáveis dos testes realizados estão no Apêndice A.

Foi utilizado o método Brinell para medição de dureza, portanto utilizou-se uma tabela para conversão das unidades das demais durezas (Apêndice B).

As esferas de aço selecionadas tinham 3, 4 e 5 mm, as com menor diâmetro foram desprezadas. Durante os testes foram verificadas que as esferas com diâmetro de 1 mm, produziam marcas durante o próprio ajuste do suporte da esfera na amostra de resina, que também foram evidenciadas nas esferas de 2 mm de diâmetro, porém em menor intensidade.

Em relação aos testes realizados foi possível avaliar que as variáveis da quantidade de ciclos e tempo de duração do ciclo não foram significativos, sendo que a variável principal e muito importante foi à carga, esta quando alterada era possível verificar as variações nas marcas geradas nas amostras. Desta forma, foram estabelecidos os primeiros padrões relacionados à quantidade de ciclos e duração do ciclo. Os valores estabelecidos foram: 2 segundos para o tempo de

duração de cada ciclo e 600 e 1200 ciclos para cada valor de carga. A escolha da quantidade de ciclos foi baseada no seguinte cálculo: por hora ocorrem em média 11 ciclos, vezes a quantidade de horas dormidas que em média (nos artigos avaliados) são oito horas, vezes sete dias, resultando em 616 ciclos que foram arredondados para 600 ciclos. Para 14 dias foram 1200 ciclos, sendo que o tempo do ciclo foi entre 2 e 20 segundos de duração, estes valores seguem os parâmetros obtidos no estudo de Nishigawa (2001).

Com relação à carga, foram estabelecidos valores referentes aos encontrados na literatura e ao máximo que foi possível no equipamento, sem que houvesse falha nos testes, pois foi constatado que valores de carga acima de 65 kgf, trincavam as amostras. Sendo assim, as cargas foram estabelecidas em acordo com os extremos da capacidade, a fim de não danificar a amostra e ao mesmo tempo realizar uma marca visível, ou seja, 2 kgf e 65 kgf.

O padrão para a sequência dos testes foi estabelecido da seguinte forma: teste em triplicatas, com cargas de 2 kgf e 65 kgf, ciclos de 600 e 1200 e tempo de ciclo de 2 segundos, totalizando 36 amostras obtidas ao final do processo, conforme Tabela 4.1.

4.4 Reproduções (impressão) das marcas de apertamento

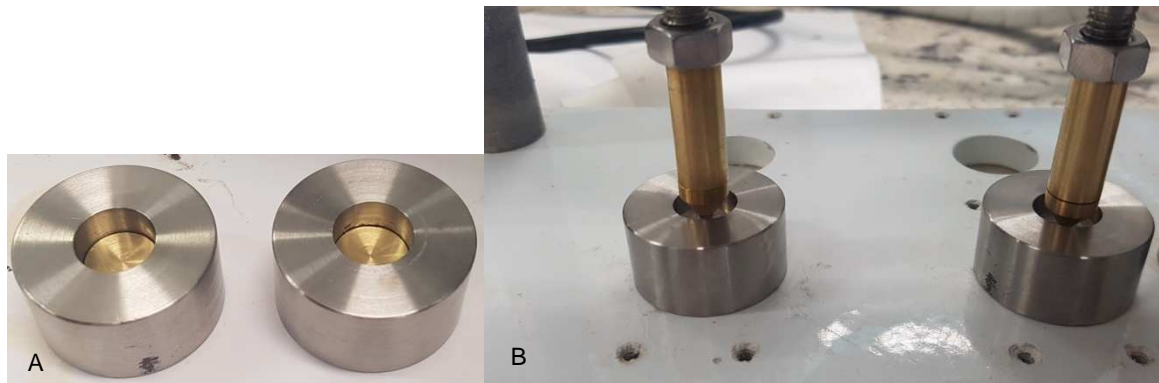
Os corpos de prova devidamente prontos foram posicionados sobre base confeccionada em aço carbono 1020 (Coppermetal comercio LTDA) (Figura 4.9 A), colocados e centralizados na cicladora pneumática com o suporte da esfera de aço (Figura 4.9 B). A base contentora da cicladora pneumática foi preenchida com solução aquosa. Em seu CLP foram programadas as sequências conforme relatadas no item 4.3. A Figura 4.10 representa a marca deixada na amostra considerada fraca e a Figura 4.11 representa a marca deixada na amostra considerada forte, a Figura 4.12 representa as marcas observadas na PEO.

Tabela 4.1 – Sequência das triplicatas com as variações de diâmetro de esfera, ciclo e carga

SEQ	TRIPPLICATAS	DIAM. ESFERA (mm)	CICLOS	CARGA (kgf)
1	1	3	600	2
2	2			
3	3			
4	1	4		
5	2			
6	3			
7	1	5		
8	2			
9	3			
10	1	3	1200	
11	2			
12	3			
13	1	4		
14	2			
15	3			
16	1	5		
17	2			
18	3			
19	1	3	600	65
20	2			
21	3			
22	1	4		
23	2			
24	3			
25	1	5		
26	2			
27	3			
28	1	3	1200	
29	2			
30	3			
31	1	4		
32	2			
33	3			
34	1	5		
35	2			
36	3			

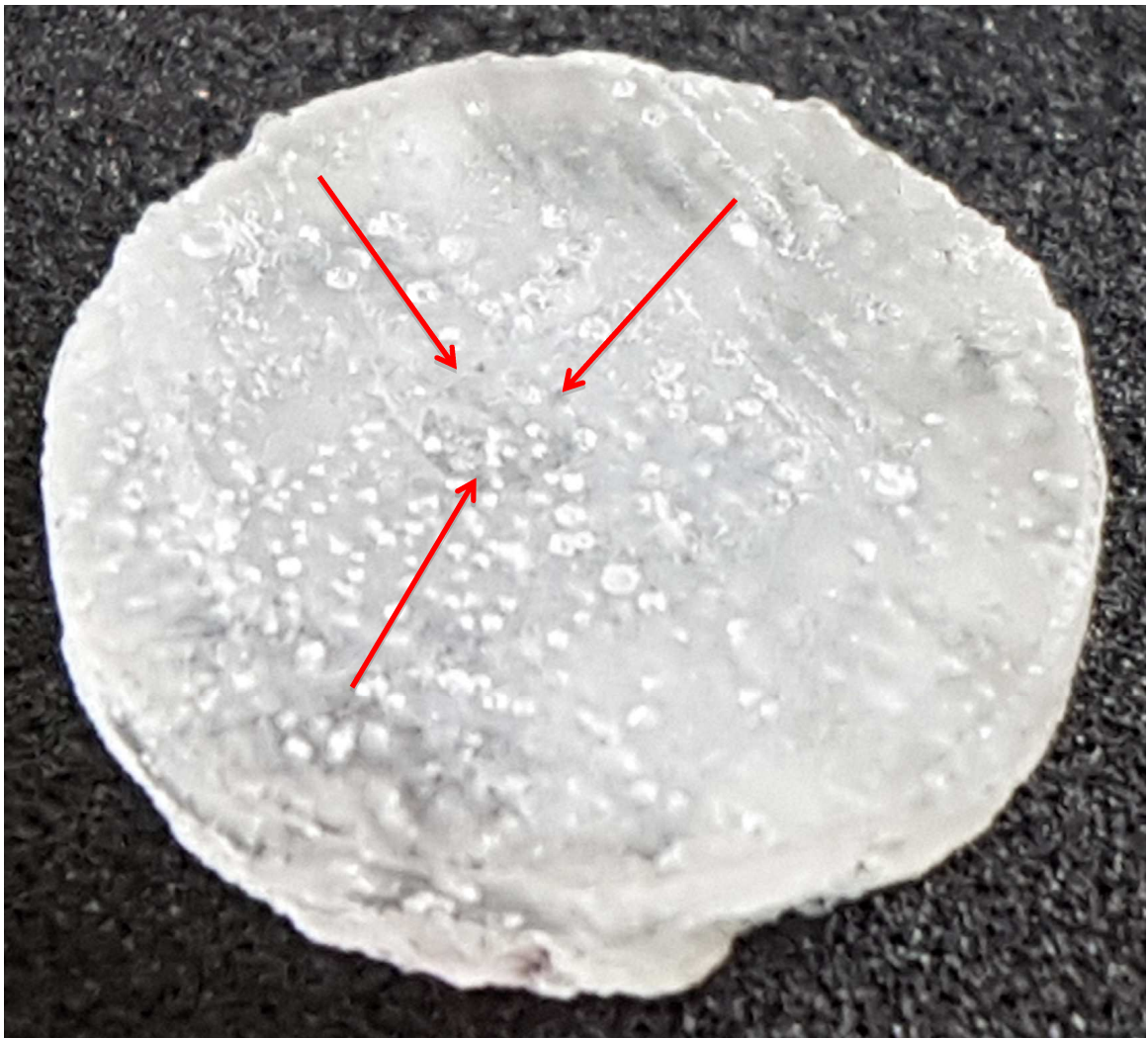
Fonte: O autor

Figura 4.9 – Base para a amostra durante o teste (A) e base com suporte de esfera na cicladora mecânica pneumática (B)



Fonte: O autor

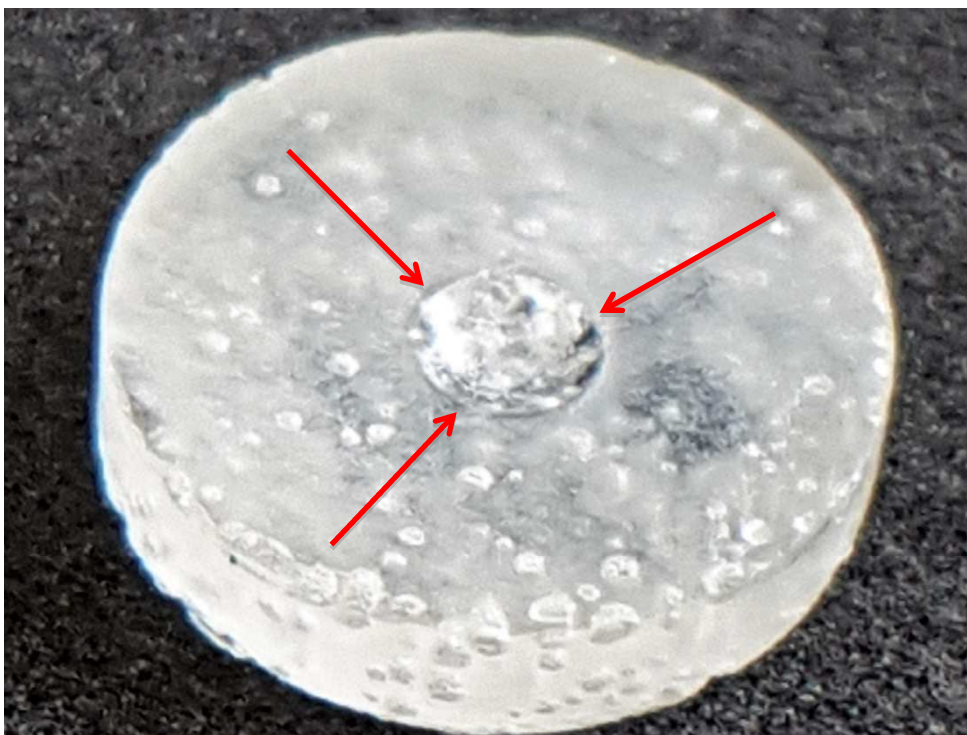
Figura 4.10 – Amostra com marca considerada fraca



Setas vermelhas indicam a região da marca

Fonte: O autor

Figura 4.11 – Amostra com marca considerada forte



Setas vermelhas indicam a região da marca

Fonte: O autor

Figura 4.12– Marcas observadas na PEO



Setas vermelhas indicam a região da marca

Fonte: O autor

4.5 Randomização das amostras

Após a finalização dos testes, as amostras com suas devidas impressões foram enumeradas e após este processo as amostras foram renomeadas em acordo com o número randomizado correspondente. Para a randomização, utilizou-se a plataforma virtual Random.org (www.random.org). O gabarito da randomização está na Tabela 4.2. Para facilitar a identificação das amostras foi utilizado o seguinte critério: número da amostra (de 1 a 54) seguido do valor do diâmetro (3, 4 ou 5 mm), depois uma letra que representa o número de ciclos (S para 600 repetições e M para 1200 repetições) e a carga (2 kgf ou 65 kgf). Por exemplo: 13-4M2 seria a amostra 13 que foi realizada com esfera de 4 mm com 1200 repetições com carga de 2 kgf.

Tabela 4.2 – Sequência de teste realizado e correspondente numeral randomizado

Sequência	Randomização	Legenda para identificação dos números randomizados*	Ø esfera (mm)	Ciclos	Carga (kgf)
1	30	30-3S2	3	600	2
2	17	17-3S2			
3	8	08-3S2			
4	52	52-4S2	4		
5	24	24-4S2			
6	31	31-4S2			
7	13	13-5S2	5		
8	35	35-5S2			
9	42	42-5S2			
10	50	50-3M2	3	1200	
11	54	54-3M2			
12	14	14-3M2			
13	29	29-4M2	4		
14	11	11-4M2			
15	44	44-4M2			
16	43	43-5M2	5		
17	45	45-5M2			
18	22	22-5M2			
19	19	19-3S65	3	600	65
20	1	01-3S65			
21	37	37-3S65			
22	32	32-4S65	4		
23	23	23-4S65			
24	34	34-4S65			
25	39	39-5S65	5		
26	40	40-5S65			
27	12	12-5S65			
28	4	04-3M65	3	1200	
29	21	21-3M65			
30	15	15-3M65			
31	3	03-4M65	4		
32	26	26-4M65			
33	33	26-4M65			
34	16	16-5M65	5		
35	48	48-5M65			
36	28	28-5M65			

*Legenda para facilitar leitura e interpretação das variáveis nas amostras, exemplo: primeiro valor referente ao número randomizado, próximo valor referente ao Ø (3, 4 ou 5), valor S referente a 600 ciclos e valor M referente a 1200 ciclos e o último valor referente a carga (2 kgf ou 65 kgf)

Fonte: O autor

4.7 Examinadores e avaliações

Para realizar os critérios de avaliação das amostras, foi necessária a composição de banca por 3 observadores (1, 2 e 3) com experiência clínica relevante no tratamento de pacientes com PEO e que desconheciam os testes realizados (cegos). Entretanto, para a correta avaliação entre todos os observadores, foram estabelecidos alguns parâmetros para o momento da verificação das amostras. As quais deveriam ser realizadas sempre no mesmo ambiente com luz focalizada e controlada por refletor odontológico com potência de 35.000 lumens (Belmont, Takara Belmont comercio de aparelhos odontológicos Ltda), bancada de apoio (Haydée moveis odontológicos ltda), mocho (Belmont, Takara Belmont comércio de aparelhos odontológicos Ltda), lupa manual de 3 aumentos (Maquira comércio de produtos odontológicos Ltda), recipiente plástico (RRN comércio de embalagens e artigos ART Ltda) para as amostras figura e base para apoio e manuseio das amostras confeccionado com manta E.V.A (etil, vinil e acetado) na cor preta. Com estes parâmetros estabelecidos, os observadores desenvolveram um padrão entre as amostras do teste, das quais foram escolhidas apenas 1 amostra de cada triplicata e elencadas linearmente da marca impressa mais fraca para a mais forte. Sendo assim, o padrão estabelecido segue conforme Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Gabarito padrão para classificação de marca, em fraca ou forte

GABARITO FRACA X FORTE			
LEVE grupo (1)		FORTE grupo (2)	
Ø3mm (A)			
8-3S2	14-3M2	19-3S65	21-3M65
Ø4mm (B)			
52-4S2	44-4M2	23-4S65	26-4M65
Ø5mm (C)			
13-5S2	43-5M2	40-5S65	48-5M65

Legenda para facilitar leitura e interpretação das variáveis nas amostras, exemplo: primeiro valor referente ao número randomizado, próximo valor referente ao Ø (3, 4 ou 5), valor S referente a 600 ciclos e valor M referente a 1200 ciclos e o último valor referente a carga (2 kgf ou 65 kgf)

Fonte: O autor

Após o padrão para avaliação ter sido devidamente elaborado, no momento da avaliação os três observadores (cegos em relação aos padrões) foram instruídos individualmente por um examinador para que classificassem as amostras conforme suas instruções. O local e os parâmetros de avaliação foram os mesmos utilizados pelos três observadores.

Para a primeira avaliação o observador deveria colocar as amostras em sequência linear da mais fraca (lado esquerdo) para a mais forte (lado direito) (Figura 4.13). Após cada avaliação realizada os dados eram coletados pelo examinador e registrados em uma Ficha de Avaliação dos Observadores (Apêndice C), a qual os observadores não tinham acesso. A primeira avaliação foi realizada para cada um dos grupos com 4 amostras cada, ou seja, aos diâmetros de 3 mm, 4 mm e 5 mm. As avaliações foram classificadas com letras correspondente ao diâmetro das esferas, como: "A" diâmetro 3 mm, "B" diâmetro 4 mm e "C" diâmetro 5 mm.

Em seguida para a segunda avaliação, todas as amostras foram misturadas em um recipiente, (fora da presença do observador) e mais uma vez foi solicitado ao observador que as colocassem em uma sequência linear, da mais fraca para a mais forte (Figura 4.14), que no final da avaliação totalizou 12 amostras. Por fim, para a terceira avaliação, todas as amostras foram misturadas novamente, fora da presença do observador, que foi orientado a separar as amostras por fraca e forte, em dois recipientes com essas denominações (Figura 4.15). Os observadores não obtiveram os resultados dos testes.

Figura 4.13 – Base de apoio das amostras com a sequência do primeiro teste, lado esquerdo mais fraca e lado direito mais forte



Fonte: O autor

Figura 4.14 – Base de apoio das amostras com a sequência do segundo teste, lado esquerdo mais fraca e lado direito mais forte



Fonte: O autor

Figura 4.15 – Recipiente para classificação das amostras em fraca ou forte da terceira avaliação



Fonte: O autor

4.8 Análise estatística para validação do padrão fraco e forte

4.8.1 Análise de correlação entre padrão e observadores

Para análise estatística da correlação entre observadores, foram utilizados testes kappa “k” de Fleiss, que é uma generalização do teste kappa de Cohen para mais de dois observadores. Todos os testes foram processados no software de estatística Minitab 2018. Para avaliação dos resultados kappa de Fleiss obtidos, utilizou-se a escala adaptada de Lands e Koch (1977) para avaliação (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 – Índices adaptados para classificação dos valores k obtidos

Valor kappa	Classificação
<0,00	Péssimo
0,00 - 0,20	Ruim
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 - 0,80	Muito Boa
0,81 - 1,00	Excelente

Lands e Koch (1977)

4.8.2 Avaliação “A”

Nesta avaliação os observadores deveriam classificar as amostras obtidas com a esfera de 3 mm em uma sequência linear da marca mais fraca para a mais forte. Os resultados foram obtidos, por meio da avaliação individual de cada amostra, conforme Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Quadro referente aos resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação A)

A			
PADRAO (A)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
8-3S2	8+	8+	8+
14-3M2	14+	14+	14+
19-3S65	19+	19+	19+
21-3M65	21+	21+	21+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre observador com o padrão.

Fonte: O autor

Tabela 4.3 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência.

Tabela 4.4 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta	Kappa
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.4) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.3 Avaliação “GRUPO A”

Nesta avaliação, os resultados obtidos da avaliação “A”, foram agrupados em acordo com a carga referente. Grupo 1 com carga de 2 kgf, grupo 2 com carga de 65 kgf. Entretanto, como cada grupo tinha 2 amostras correspondentes aos ciclos de 600 e 1200, as duas amostras foram classificadas com o mesmo número referente a carga, conforme Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação A), porém, os valores foram agrupados em 2 grupos

GRUPO A			
PADRAO GRUPO (A)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
1	1+	1+	1+
	1+	1+	1+
2	2+	2+	2+
	2+	2+	2+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.5 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.5) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.6 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta Kappa

Geral 1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.6) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância

4.8.4 Avaliação “B”

Nesta avaliação os observadores deveriam classificar as amostras obtidas com a esfera de 4 mm em uma sequência linear da marca mais fraca para a mais forte. Os resultados foram obtidos, através da avaliação individual de cada amostra, conforme Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação B)

B			
PADRAO (B)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
52-4S2	52+	52+	52+
44-4M2	44+	44+	44+
23-4S65	23+	23+	23+
26-4M65	26+	26+	26+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.7 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.7) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.8 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta	Kappa
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.8) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “ Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.5 Avaliação “GRUPO B”

Nesta avaliação, os resultados obtidos da avaliação “B”, foram agrupados em acordo com a carga referente. Grupo 1 com carga de 2 kgf, grupo 2 com carga de 65 kgf. Entretanto, como cada grupo tinha 2 amostras correspondente aos ciclos de 600 e 1200, as duas amostras foram classificadas com o mesmo número referente a carga, conforme Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação B), porém, os valores foram agrupados em 2 grupos

GRUPO B			
PADRAO GRUPO (B)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
1	1+	1+	1+
	1+	1+	1+
2	2+	2+	2+
	2+	2+	2+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.9 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.9) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.10 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta	Kappa
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.10) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.6 Avaliação “C”

Nesta avaliação os observadores deveriam classificar as amostras obtidas com as esferas de 5 mm em uma sequência linear da marca mais fraca para a mais forte. Os resultados foram obtidos, através da avaliação individual de cada amostra, conforme Quadro 4.7.

Quadro 4.7 – Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação C)

C			
PADRAO (C)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
13-5S2	13+	13+	13+
43-5M2	43+	43+	43+
40-5S65	40+	40+	40+
48-5M65	48+	48+	48+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro ente o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.11 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.11) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.12 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta Kappa	
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.12) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.7 Avaliação “GRUPO C”

Nesta avaliação, os resultados obtidos da avaliação “C”, foram agrupados em acordo com a carga referente. Grupo 1 com carga de 2 kgf, grupo 2 com carga de 65 kgf. Entretanto, como cada grupo tinha 2 amostras correspondentes aos ciclos de 600 e 1200, as duas amostras foram classificadas com o mesmo número referente a carga, conforme Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Resultados obtidos na primeira avaliação (avaliação C), porém, os valores foram agrupados em 3 grupos

GRUPO C			
PADRAO GRUPO (C)	Observador 1	Observador 2	Observador 3
1	1+	1+	1+
	2+	2+	2+
2	2+	3+	3+
	3+	3+	3+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.13 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	4	4	100,00	(100,00)
Observador 2	4	4	100,00	(100,00)
Observador 3	4	4	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (tabela 4.13) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.14 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta Kappa	
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.14) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “ Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.8 Avaliação “TODAS MISTURADAS”

Nesta avaliação, todas as amostras foram misturadas em um único recipiente e o observador fez a classificação das marcas nas amostras em uma sequência linear, da marca mais fraca para a mais forte. Os resultados foram obtidos, através da avaliação individual de cada amostra, conforme Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Resultados obtidos na segunda avaliação

PADRÃO TODOS	Observador 1	Observador 2	Observador 3
13-5S2	13+	13+	13+
43-5M2	52-	52-	52-
52-4S2	43-	44-	44-
44-4M2	44+	43-	43-
8-3S2	14-	8+	8+
14-3M2	8-	14+	14+
40-5S65	40+	40+	48-
48-5M65	48+	23-	19-
23-4S65	23+	19-	23+
26-4M65	21-	48-	40-
19-3S65	26-	26-	21-
21-3M65	19-	21+	26-

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.15 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	12	5	41,67	(72,33)
Observador 2	12	5	41,67	(72,33)
Observador 3	12	4	33,33	(65,11)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” pode-se avaliar, que o observador 1 conseguiu uma correspondência de 41,67%, o observador 2 de 41,67% e o observador 3 de 33,33%.

Tabela 4.16 – Valor obtido (observadores x padrão)

Resposta	Kappa
Geral	0,30
	*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.16) dos “Observadores versus o Padrão”, apresentou valor de 0,30, representando assim, uma concordância razoável.

Tabela 4.17 – Valor obtido (entre observadores)

Resposta	Kappa
Geral	0,33
	*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.17) “Entre Observadores”, apresentou valor de 0,33, representando assim, uma concordância razoável.

4.8.9 Avaliação “TODAS MISTURADAS-GRUPO”

Nesta avaliação, os resultados obtidos da avaliação “Todas Misturadas”, foram agrupados em acordo com a carga referente: Grupo 1 com carga de 2 kgf e Grupo 2 com carga de 65 kgf. Entretanto, como cada grupo tinha 2 amostras correspondentes aos ciclos de 600 e 1200, as duas amostras foram classificadas com o com o mesmo número referente à carga, conforme Quadro 4.10.

Quadro 4.10 – Resultados obtidos na segunda avaliação, porém, os valores foram agrupados em 2 grupos

Padrão Todas Misturadas	Observador 1	Observador 2	Observador 3
1	1+	1+	1+
1	1+	1+	1+
1	1+	1+	1+
1	1+	1+	1+
1	1+	1+	1+
1	1+	1+	1+
2	2+	2+	2+
2	2+	2+	2+
2	2+	2+	2+
2	2+	2+	2+
2	2+	2+	2+
2	2+	2+	2+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro ente o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.18 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	12	12	100,00	(100,00)
Observador 2	12	12	100,00	(100,00)
Observador 3	12	12	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.18) pode-se avaliar, que todos os observadores alcançaram 100% de correspondência

Tabela 4.19 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta Kappa	
Geral	1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.19) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “ Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.10 Avaliação FRACA X FORTE

Nesta avaliação, os observadores deveriam classificar cada marca nas amostras entre fraca e forte e colocar em um de 2 recipientes, sendo os recipientes nomeados em “Fraca” e o outro “Forte”. Os valores deveriam corresponder com o padrão, conforme Quadro 4.11 e Quadro 4.12.

Quadro 4.11 – Valores obtidos na avaliação fraca

FRACA			
PADRÃO ESPERADO	Observador 1	Observador 2	Observador 3
8-3S2	8+	8+	8+
13-5S2	13+	13+	13+
14-3M2			14+
43-5M2	43+	43+	43+
44-4M2	44+	44+	44+
52-4S2	52+	52+	52+

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Quadro 4.12 – Valores obtidos na avaliação forte

FORTE			
PADRÃO ESPERADO	Observador 1	Observador 2	Observador 3
19-3S65	19+	19+	19+
21-3M65	21+	21+	21+
23-4S65	23+	23+	23+
26-4M65	26+	26+	26+
40-5S65	40+	40+	40+
48-5M65	48+	48+	48+
	14-	14-	

*Legenda: Sinal + refere acerto entre o observador com o padrão, sinal – refere erro entre o observador com o padrão

Fonte: O autor

Tabela 4.20 – Concordância de Avaliação, cada Observador versus Padrão

Observador	Nº de Inspeccionados	Nº de Correspondências	Percentual	IC de 95%
Observador 1	12	11	91,67	(99,79)
Observador 2	12	11	91,67	(99,79)
Observador 3	12	12	100,00	(100,00)

Fonte: O autor

Na análise de correspondência “Observador versus Padrão” (Tabela 4.20) podemos avaliar, que o observador 1 conseguiu uma correspondência de 91,67%, o observador 2 conseguiu correspondência de 91,67% e o observador 3 conseguiu correspondência de 100%.

Tabela 4.21 – Valores obtidos (observadores x padrão) e (entre observadores)

Resposta Kappa

Geral 1

*K de Fleiss

Fonte: O autor

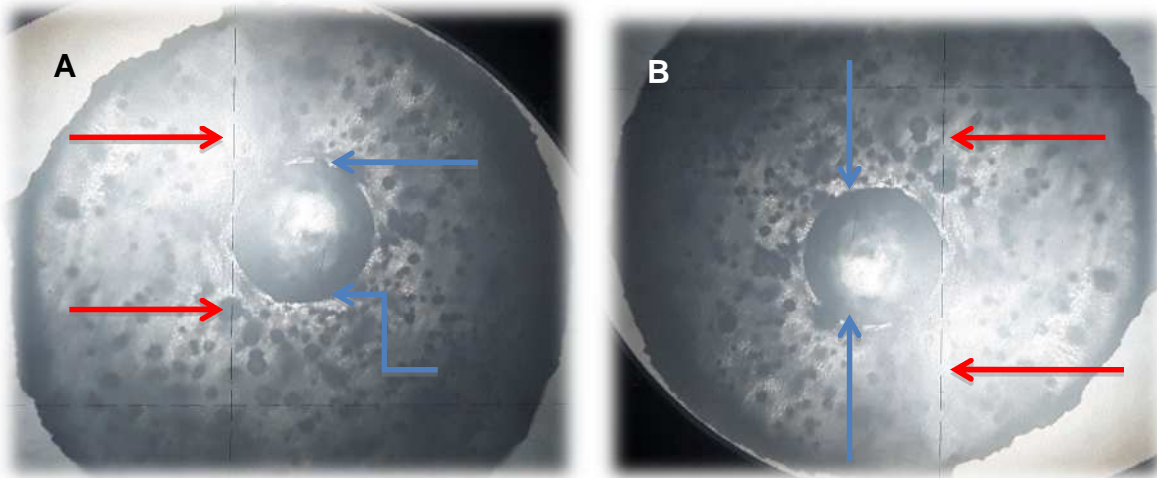
O resultado referente ao teste kappa de Fleiss (Tabela 4.21) tanto dos “Observadores versus o Padrão” e “Entre Observadores”, apresentaram valor de 1, representando assim, uma excelente concordância.

4.8.11 Variáveis que influenciam a avaliação das marcas

A análise das variáveis que geraram as marcas foi realizada para melhor entendimento de qual variável teria maior influência no momento da classificação entre fraca e forte, sendo elas: a dureza, o diâmetro da calota impressa (diâmetro impresso na amostra de RAAQ pelo suporte da esfera) e profundidade da marca.

Para medição do diâmetro da calota impressa na amostra foi utilizado o projetor de perfil Werth, ao qual a amostra era posicionada em sua mesa de coordenadas, com a imagem projetada na tela e com as linhas tracejadas de referencia a amostra tinha sua marca tangenciada (de uma extremidade para a outra) e com a mesa de coordenadas através de micrometros digitais que a movimentava, foram realizadas as medidas necessárias, conforme Figura 5.1.

Figura 4.16 – Medição do diâmetro da calota impressa na amostra, tangenciando a linha tracejada no início da marca(A). Tangenciando a linha tracejada no final da marca (B)



*Legenda: Setas azuis indicam calota impressa. Setas vermelhas indicam linha tangenciando o diâmetro da calota impressa, para medição.

Fonte: O autor

O valor obtido foi correlacionado com a escolha entre marcas fracas e fortes pelos observadores.

A variável dureza foi obtida através da fórmula de dureza Brinell pelo diâmetro da impressão da calota, sendo expressa como:

(HB= dureza Brinell, F= força, $\pi= 3,1416$, D= diâmetro da esfera de inox)

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Para obtenção dos valores referentes à profundidade, foi utilizada a fórmula (P= profundidade, F= força, $\pi= 3,1416$, Dp= diâmetro da calota impressa):

$$P = \frac{F}{\pi D_p HB}$$

5 RESULTADOS

5.1 Cálculos das variáveis encontradas nas marcas

O Quadro 5.1 contém os valores do diâmetro da calota impressa em cada amostra.

Quadro 5.1 – Valor referente ao diâmetro da calota impressa em cada amostra

Amostra	Ø Calota
08-3S2	1,383
14-3M2	1,482
19-3S65	2,234
21-3M65	2,542
52-4S2	1,392
44-4M2	1,587
23-4S65	2,433
26-4M65	2,653
13-5S2	1,422
43-5M2	1,600
40-5S65	2,721
48-5M65	2,813

Fonte: O autor

5.1.2 Análise da variável diâmetro da calota impressa

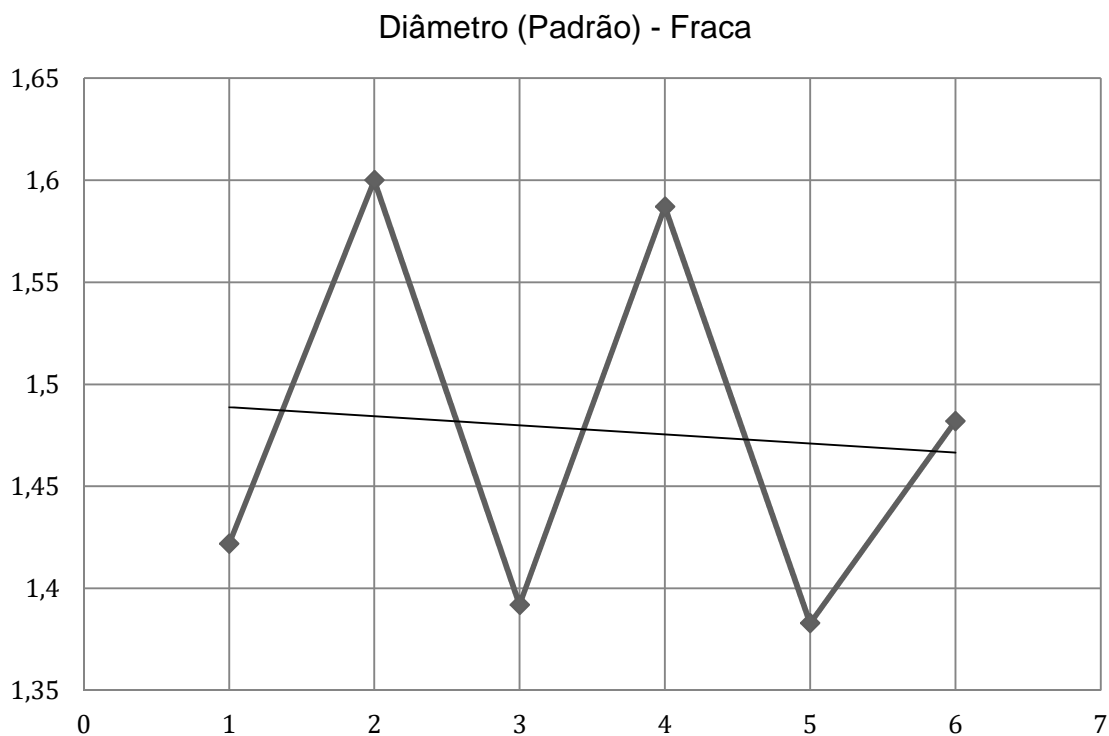
A partir dos valores referentes ao diâmetro da calota impressa nas amostras, tanto padrão (Quadro 5.2), quanto dos observadores 1,2 e 3 (Quadro 5.3), foram gerados gráficos para representar a tendência do diâmetro da calota impressa, em relação à sequência das marcas fracas, tanto pelo padrão estabelecido (Gráfico 5.1) quanto pelos observadores (Gráfico 5.2).

Quadro 5.2 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra do padrão das marcas fracas

Padrão Marca Fraca		
Seq.	Amostra	Ø
1	13-5S2	1,422
2	43-5M2	1,600
3	52-4S2	1,392
4	44-4M2	1,587
5	08-3S2	1,383
6	14-3M2	1,482

Fonte: O autor

Gráfico 5.1 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa em relação a sequência das marcas fracas pelo padrão estabelecido



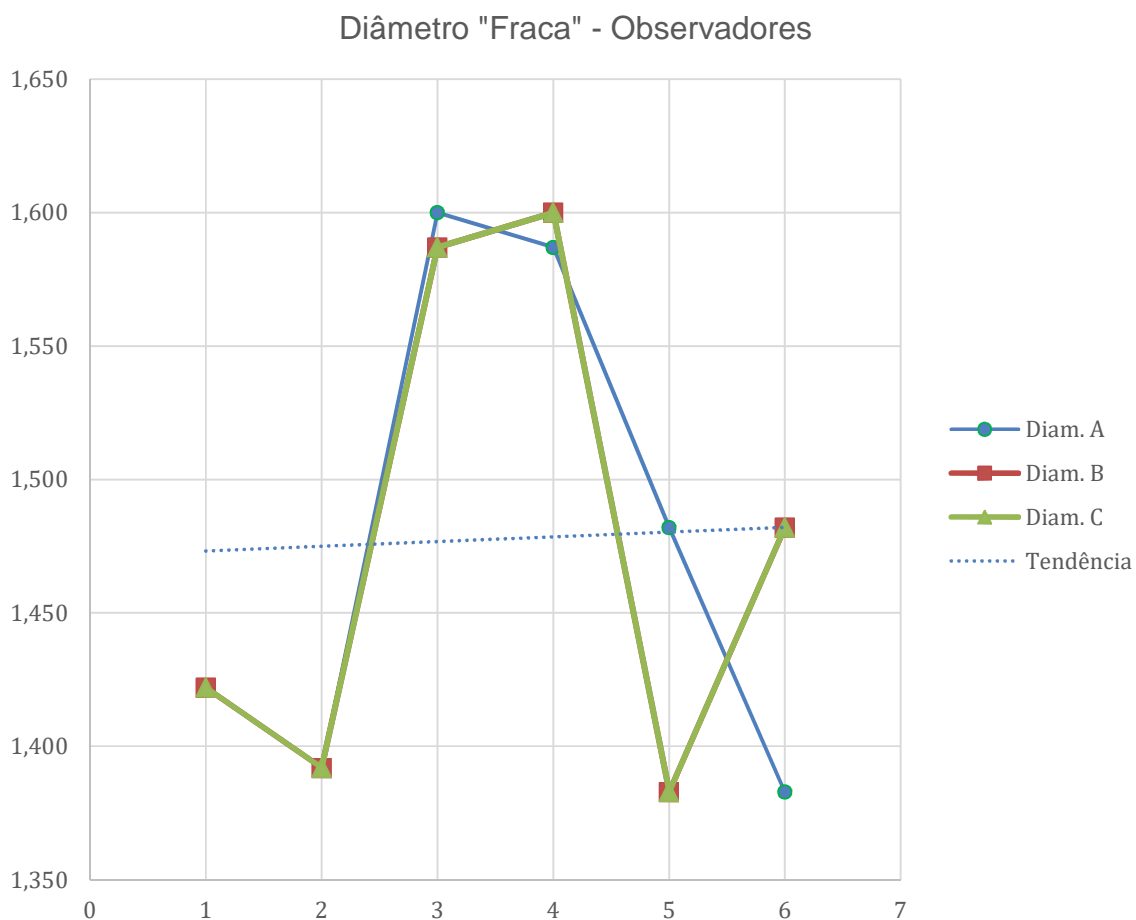
Fonte: O autor

Quadro 5.3 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fracas

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	Ø calota	Amostra	Ø calota	Amostra	Ø calota
1	13-5S2	1,422	13-5S2	1,422	13-5S2	1,422
2	52-4S2	1,392	52-4S2	1,392	52-4S2	1,392
3	43-5M2	1,600	44-4M2	1,587	44-4M2	1,587
4	44-4M2	1,587	43-5M2	1,600	43-5M2	1,600
5	14-3M2	1,482	08-3S2	1,383	08-3S2	1,383
6	08-3S2	1,383	14-3M2	1,482	14-3M2	1,482

Fonte: O autor

Gráfico 5.2 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa em relação à sequência das marcas fracas pelos observadores 1, 2 e 3



Legenda: Linha tracejada representa a tendência dos valores

Fonte: O autor

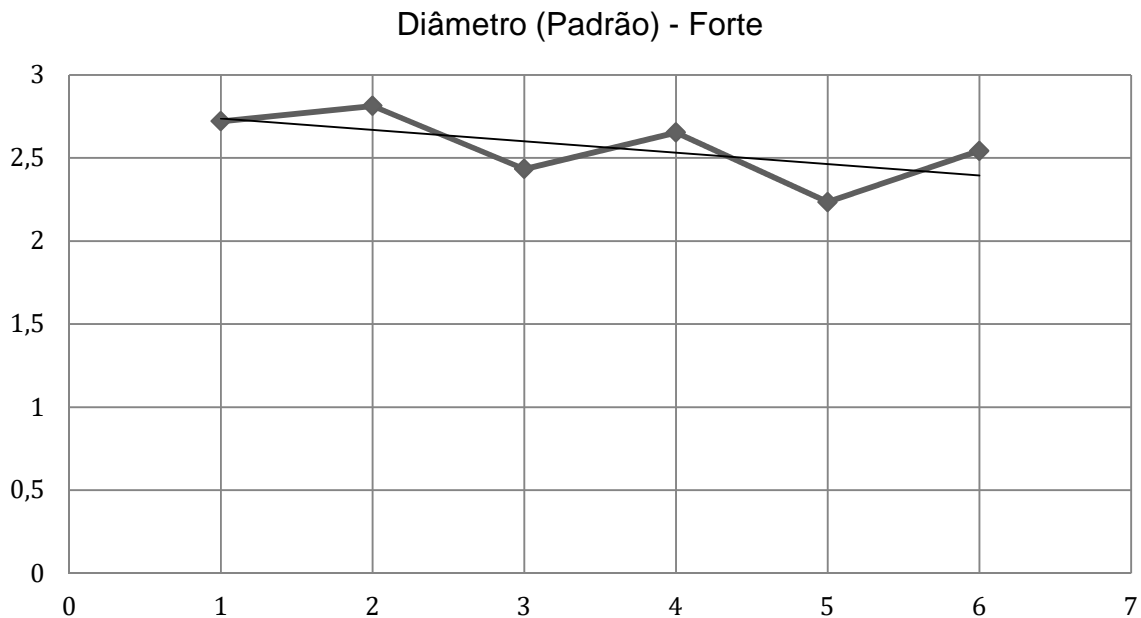
Na sequência estão representados os valores referentes ao diâmetro da calota impressa nas amostras do padrão das marcas fortes (Quadro 5.4) e das avaliações realizadas pelos observadores (Quadro 5.5). Cada quadro está seguido de seu respectivo gráfico, que representa a tendência do diâmetro da calota impressa, em relação à sequência das marcas fortes, tanto pelo padrão estabelecido (Gráfico 5.3) quanto pelos observadores (Gráfico 5.4).

Quadro 5.4 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra do padrão das marcas fortes

Padrão Marca Forte		
Seq.	Amostra	Ø
1	40-5S65	2,721
2	48-5M65	2,813
3	23-4S65	2,433
4	26-4M65	2,653
5	19-3S65	2,234
6	21-3M65	2,542

Fonte: O autor

Gráfico 5.3 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa em relação a sequência das marcas fortes pelo padrão estabelecido



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

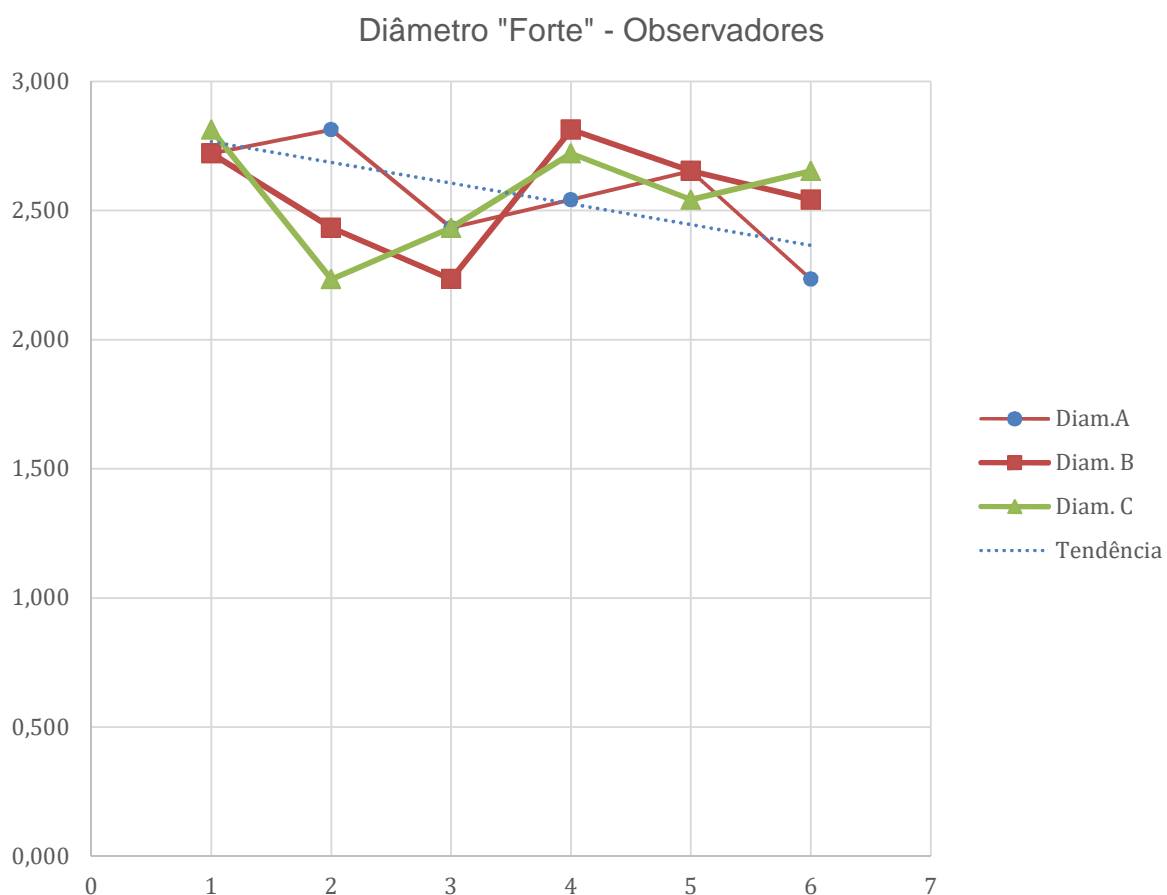
Fonte: O autor

Quadro 5.5 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores: marcas fortes

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	Ø calota	Amostra	Ø calota	Amostra	Ø calota
1	40-5S65	2,721	40-5S65	2,721	48-5M65	2,813
2	48-5M65	2,813	23-4S65	2,433	19-3S65	2,234
3	23-4S65	2,433	19-3S65	2,234	23-4S65	2,433
4	21-3M65	2,542	48-5M65	2,813	40-5S65	2,721
5	26-4M65	2,653	26-4M65	2,653	21-3M65	2,542
6	19-3S65	2,234	21-3M65	2,542	26-4M65	2,653

Fonte: O autor

Gráfico 5.4 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa em relação a sequência das marcas fortes pelos observadores 1, 2 e 3



Legenda: Linha tracejada representa a tendência dos valores

Fonte: O autor

5.1.3 Análise da variável dureza

A variável dureza foi obtida através da fórmula de dureza Brinell pelo diâmetro da impressão da calota, sendo expressa como:

(HB= dureza Brinell, F= força, $\pi= 3,1416$, D= diâmetro da esfera de inox)

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Os valores calculados da dureza HB seguem na Tabela 5.6.

Quadro 5.6 – Valor referente ao cálculo da dureza Brinell HB em cada amostra

Amostra	HB
14-3M2	1,7
08-3S2	1,3
19-3S65	13,8
21-3M65	9,8
52-4S2	1,3
44-4M2	1,0
23-4S65	12,5
26-4M65	10,3
13-5S2	1,2
43-5M2	1,0
40-5S65	10,3
48-5M65	9,6

Fonte: O autor

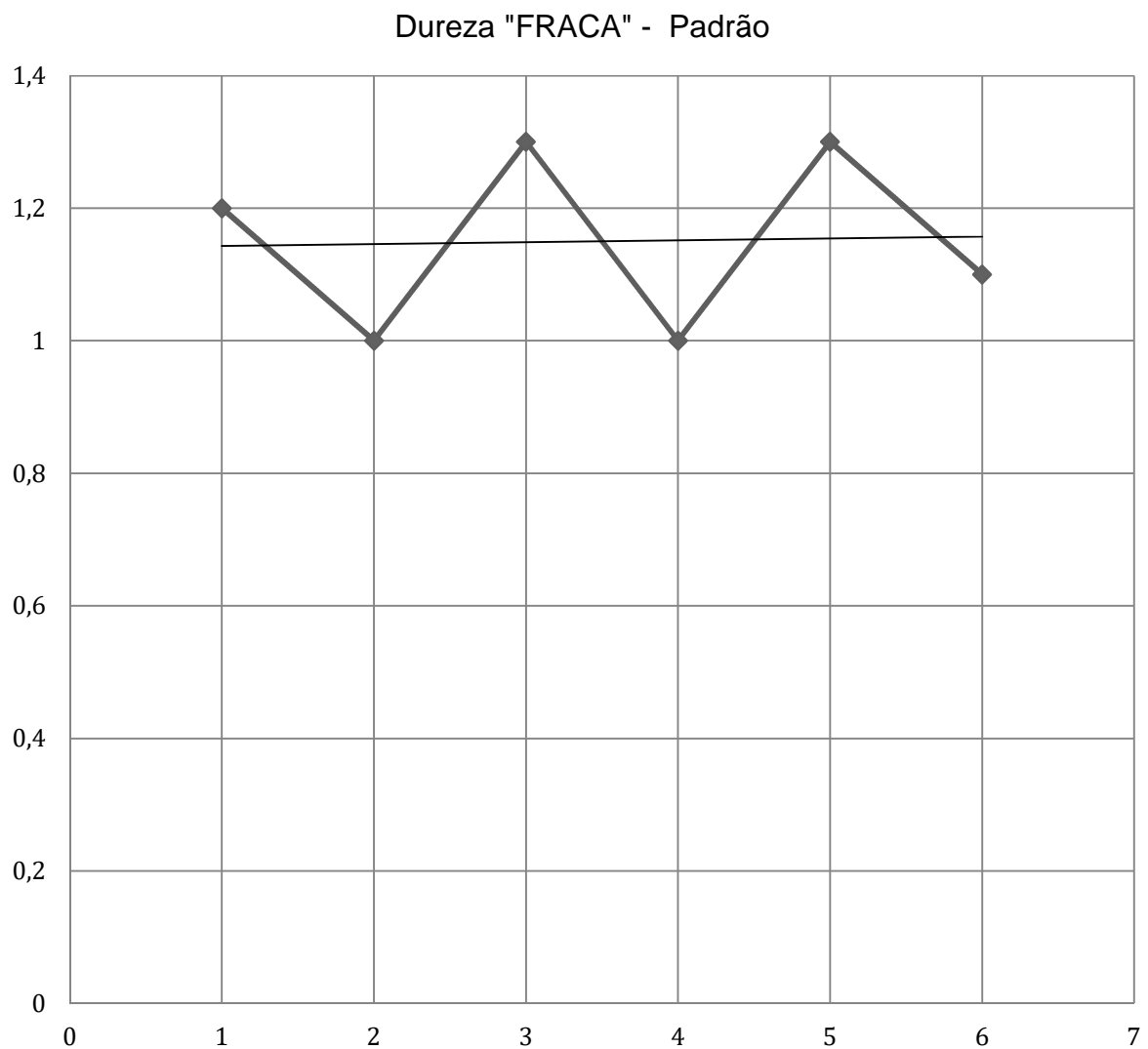
Com os valores referentes à dureza HB nas amostras, foram gerados os gráficos pelo software de planilhas e gráficos EXCEL (Microsoft Corporation S/A). Baseado no Quadro 5.7, foi gerado o primeiro gráfico (Gráfico 5.5), que representa a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fracas pelo padrão estabelecido, seguido do quadro 5.8 e gráfico 5.6 que representam os valores e a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fracas, pelos observadores.

Quadro 5.7 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra do padrão das marcas fracas

Padrão Marca Fraca		
Seq.	Amostra	HB
1	13-5S2	1,2
2	43-5M2	1,0
3	52-4S2	1,3
4	44-4M2	1,0
5	08-3S2	1,3
6	14-3M2	1,1

Fonte: O autor

Gráfico 5.5 – Representando a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fracas pelo padrão estabelecido



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

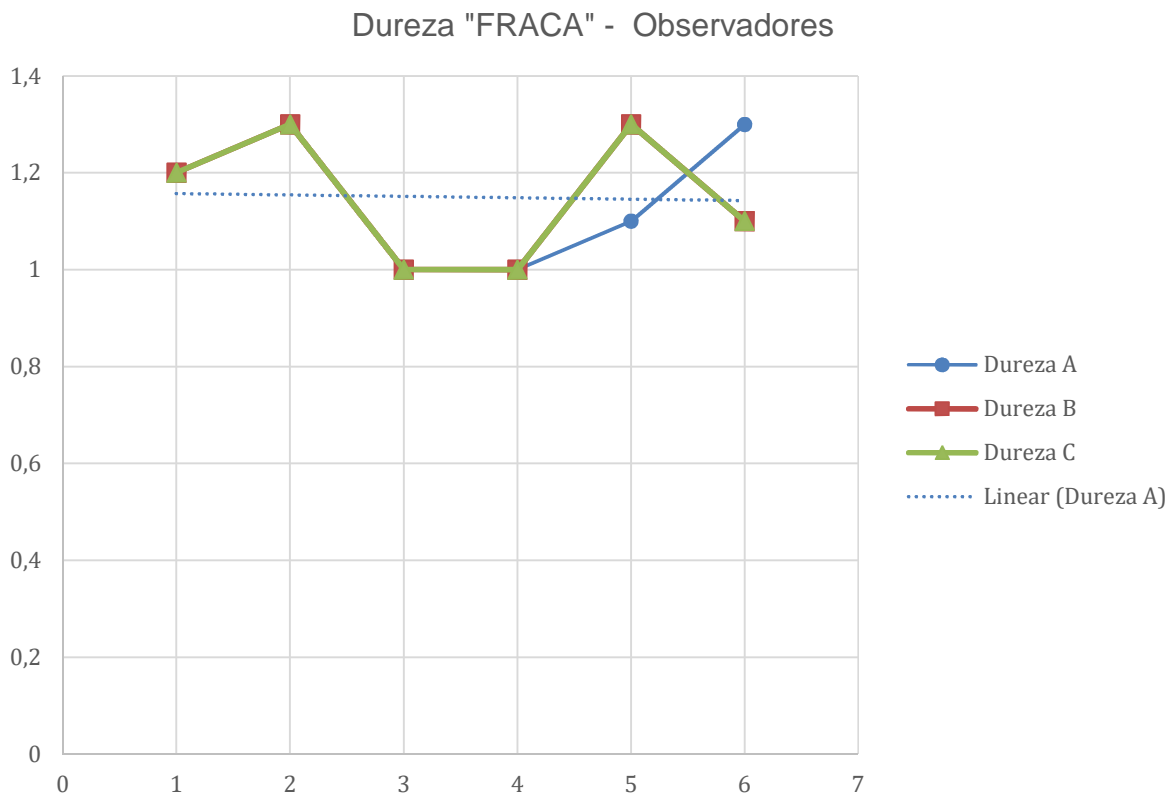
Fonte: O autor

Quadro 5.8 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3, das marcas fracas

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	Dureza	Amostra	Dureza	Amostra	Dureza
1	13-5S2	1,2	13-5S2	1,2	13-5S2	1,2
2	52-4S2	1,3	52-4S2	1,3	52-4S2	1,3
3	43-5M2	1	44-4M2	1	44-4M2	1
4	44-4M2	1	43-5M2	1	43-5M2	1
5	14-3M2	1,1	08-3S2	1,3	08-3S2	1,3
6	08-3S2	1,3	14-3M2	1,1	14-3M2	1,1

Fonte: O autor

Gráfico 5.6 – Representando a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fracas pelos observadores 1, 2 e 3



Legenda: Linhas tracejadas representam a tendência dos valores de cada observador

Fonte: O autor

Na sequência estão representados os valores referentes à dureza HB em cada amostra do padrão das marcas fortes (Quadro 5.9) e das avaliações realizadas pelos observadores (Quadro 5.10). Cada quadro está seguido de seu respectivo gráfico,

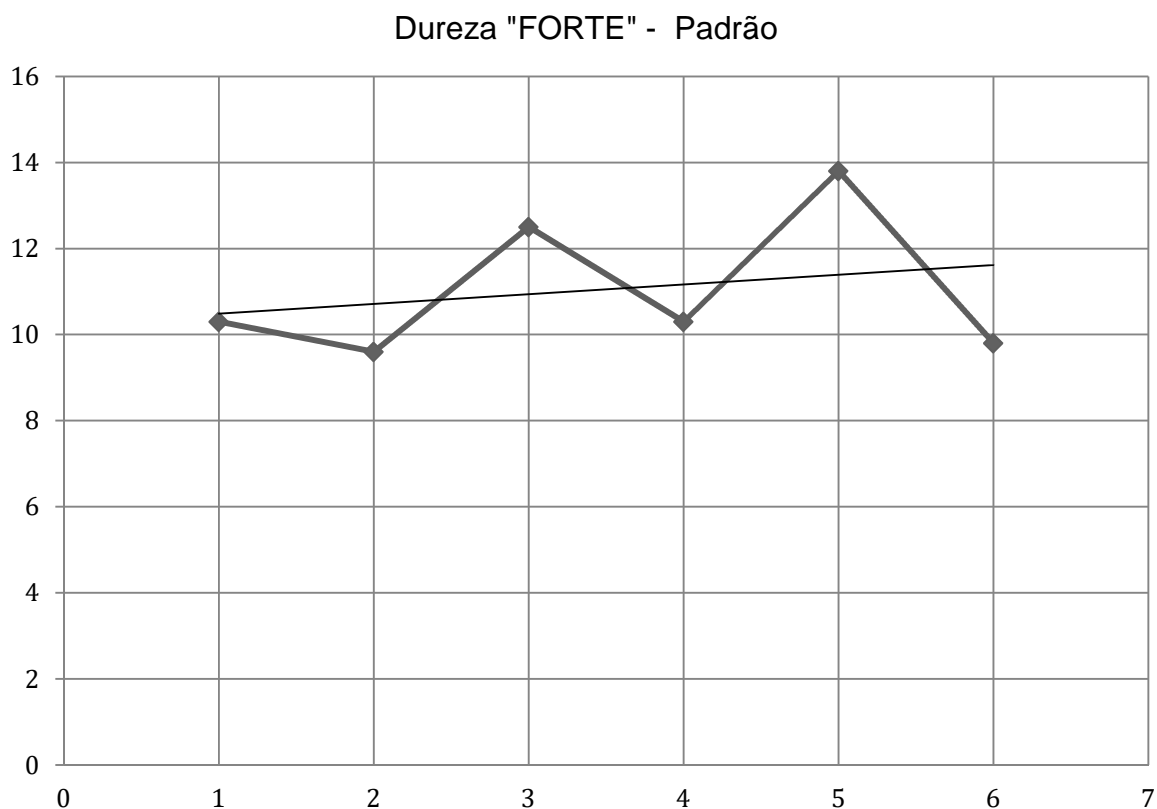
que representa a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fortes pelo padrão estabelecido (Gráfico 5.6) e pelos observadores (Gráfico 5.7).

Quadro 5.9 – Valores referentes à dureza HB em cada amostra do padrão das marcas fortes

Padrão Marca Forte		
Seq.	Amostra	Dureza
1	40-5S65	10,3
2	48-5M65	9,6
3	23-4S65	12,5
4	26-4M65	10,3
5	19-3S65	13,8
6	21-3M65	9,8

Fonte: O autor

Gráfico 5.7 – Representando a tendência da dureza em relação a sequência das marcas fortes pelo padrão estabelecido



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

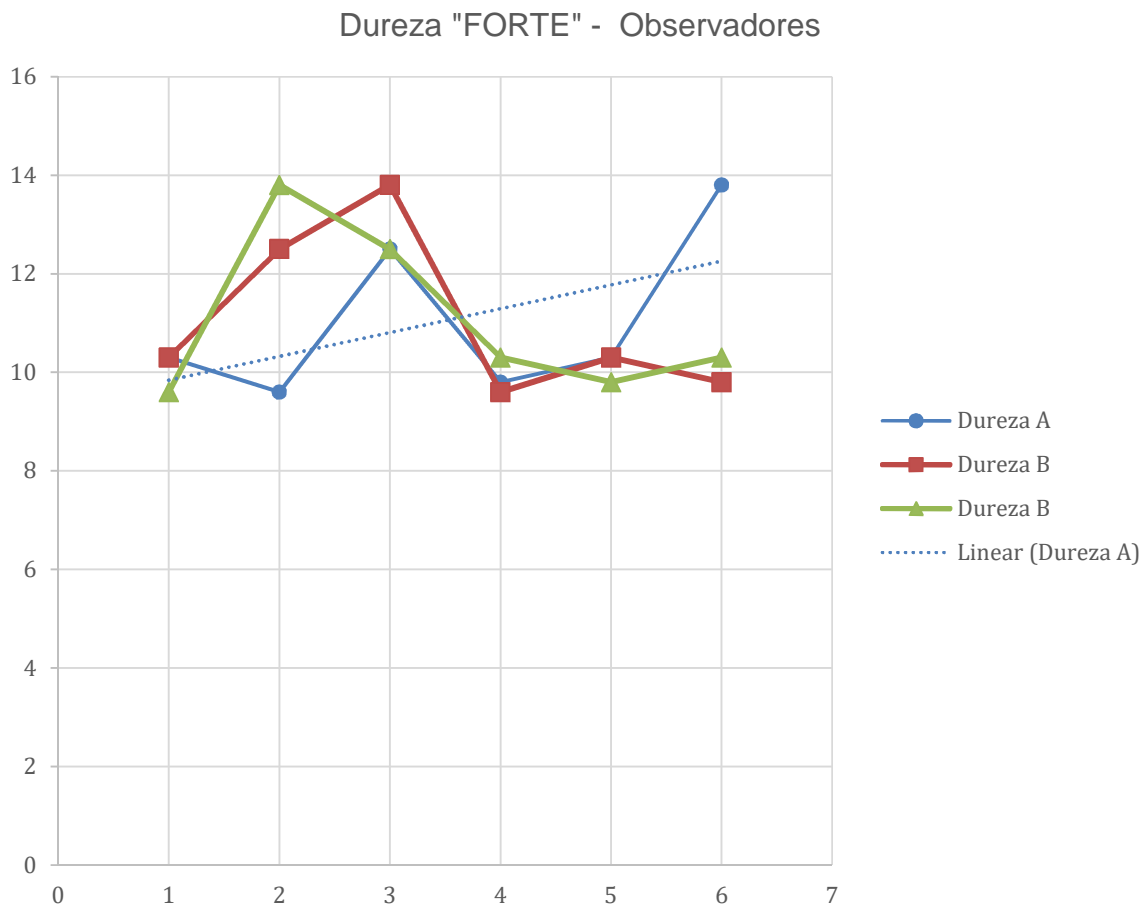
Fonte: O autor

Quadro 5.10 – Valores referentes a dureza HB em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 marcas fortes.

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	Dureza	Amostra	Dureza	Amostra	Dureza
1	40-5S65	10,3	40-5S65	10,3	48-5M65	9,6
2	48-5M65	9,6	23-4S65	12,5	19-3S65	13,8
3	23-4S65	12,5	19-3S65	13,8	23-4S65	12,5
4	21-3M65	9,8	48-5M65	9,6	40-5S65	10,3
5	26-4M65	10,3	26-4M65	10,3	21-3M65	9,8
6	19-3S65	13,8	21-3M65	9,8	26-4M65	10,3

Fonte: O autor

Gráfico 5.8 – Representando a tendência da dureza em relação à sequência das marcas fortes pelos observadores 1, 2 e 3.



Legenda: Linha tracejada representa a tendência dos valores

Fonte: O autor

5.1.4 Análise da variável profundidade

Para obtenção dos valores referentes à profundidade, foi utilizada a fórmula (P= profundidade, F= força, $\pi = 3,1416$, Dp= diâmetro da calota impressa)

$$P = \frac{F}{\pi D p HB}$$

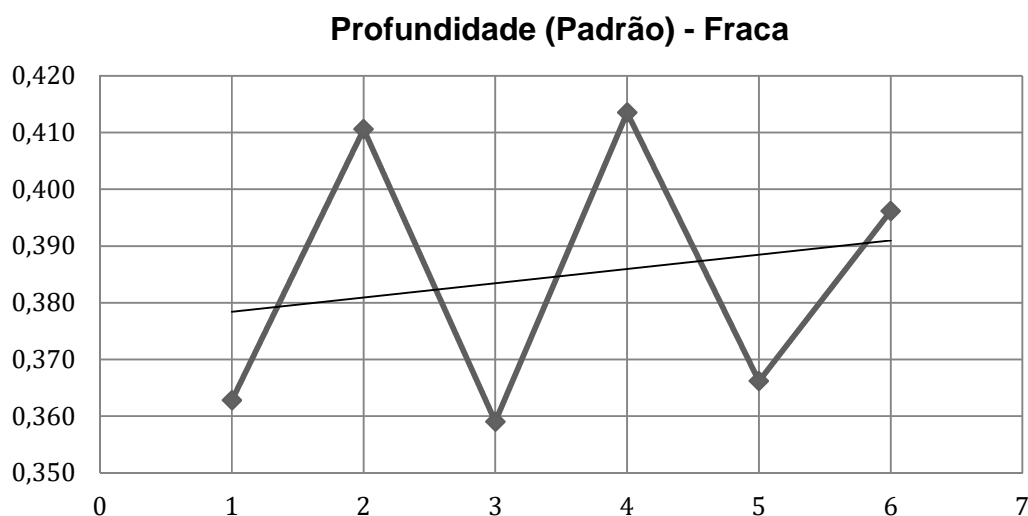
Com os valores referentes à profundidade nas amostras (Quadros 5.11; 5.12; 5.13 e 5.14), também foram gerados gráficos representando a tendência da profundidade em relação à sequência das marcas, tanto fortes quanto fracas, pelo padrão estabelecido (Gráfico 5.9 e 5.10) e pelos observadores (Gráficos 5.11 e 5.12) respectivamente.

Quadro 5.11 – Valores referentes a profundidade em cada amostra do padrão das marcas fracas

Padrão Marca Fraca		
Seq.	Amostra	Profundidade
1	13-5S2	0,363
2	43-5M2	0,411
3	52-4S2	0,359
4	44-4M2	0,414
5	08-3S2	0,366
6	14-3M2	0,396

Fonte: O autor

Gráfico 5.9 – Representando a tendência da profundidade em relação a sequência das marcas fracas pelo padrão estabelecido



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

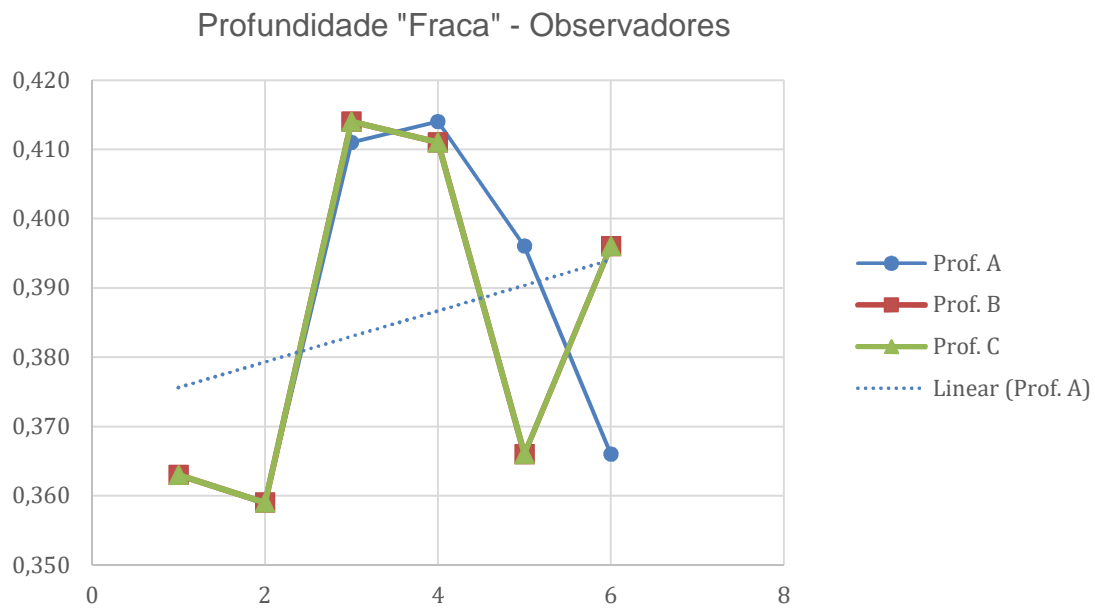
Fonte: O autor

Quadro 5.12 – Valores referentes a profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 - marcas fracas

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	PROF.	Amostra	PROF.	Amostra	PROF.
1	13-5S2	0,363	13-5S2	0,363	13-5S2	0,363
2	52-4S2	0,359	52-4S2	0,359	52-4S2	0,359
3	43-5M2	0,411	44-4M2	0,414	44-4M2	0,414
4	44-4M2	0,414	43-5M2	0,411	43-5M2	0,411
5	14-3M2	0,396	08-3S2	0,366	08-3S2	0,366
6	08-3S2	0,366	14-3M2	0,396	14-3M2	0,396

Fonte: O autor

Gráfico 5.10 – Representando a tendência da profundidade em relação a sequência das marcas fracas pelos observadores 1, 2 e 3



Legenda: Linha tracejada representa a tendência dos valores

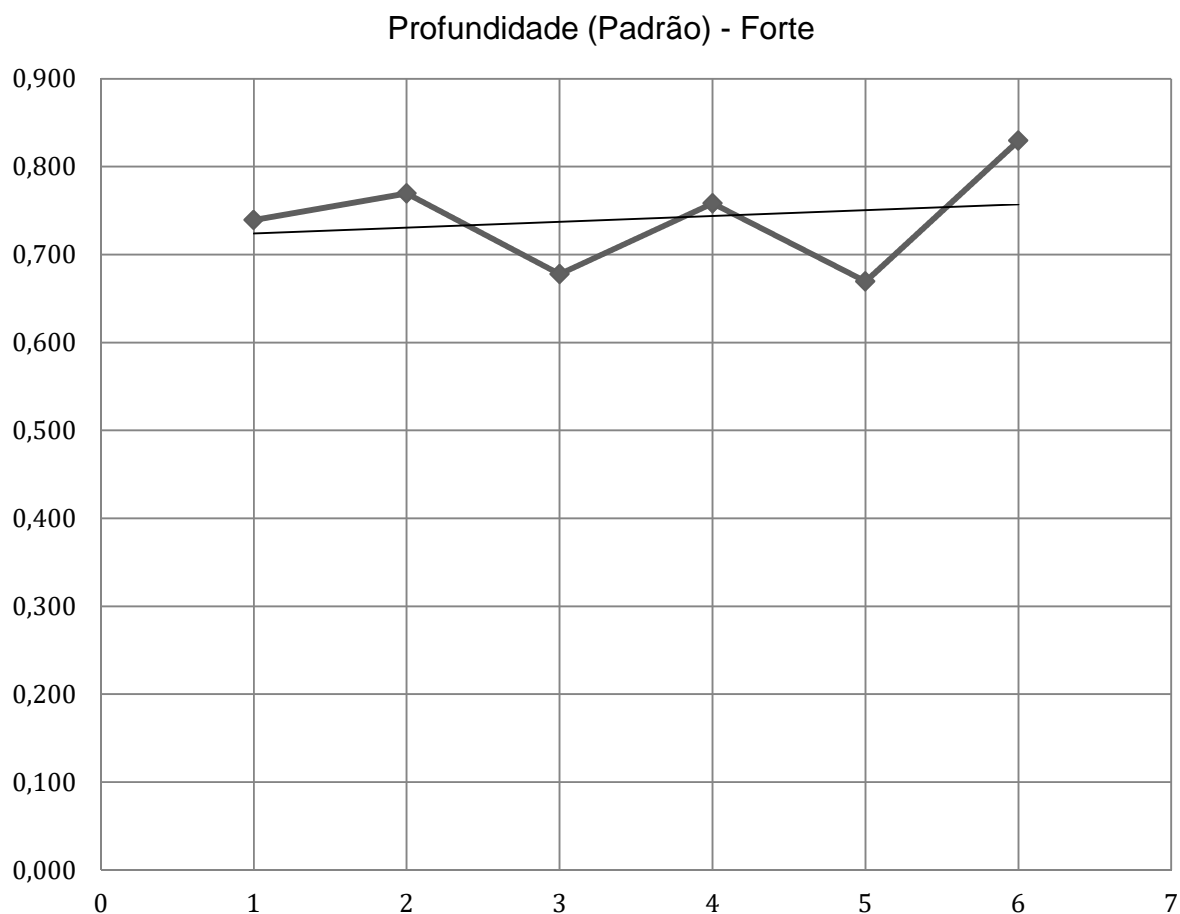
Fonte: O autor

Quadro 5.13 – Valores referentes à profundidade em cada amostra do padrão das marcas fortes

Padrão Marca Forte		
Seq.	Amostra	Profundidade
1	40-5S65	0,739
2	48-5M65	0,770
3	23-4S65	0,678
4	26-4M65	0,758
5	19-3S65	0,670
6	21-3M65	0,830

Fonte: O autor

Gráfico 5.11 – Representando a tendência da profundidade em relação a sequência das marcas fortes pelo padrão estabelecido



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

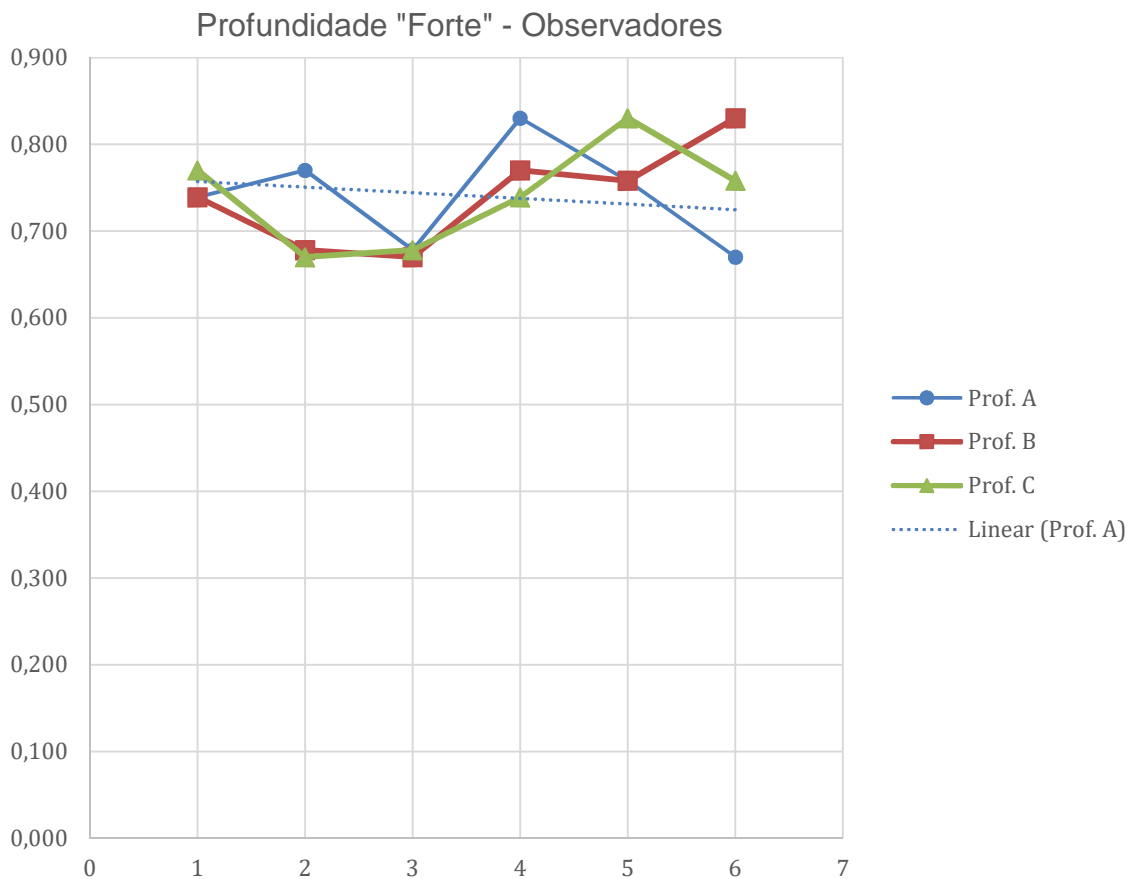
Fonte: O autor

Quadro 5.14 – Valores referentes à profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 1, 2 e 3 - marcas fortes

OBSERVADOR 1			OBSERVADOR 2		OBSERVADOR 3	
Seq.	Amostra	PROF.	Amostra	PROF.	Amostra	PROF.
1	40-5S65	0,739	40-5S65	0,739	48-5M65	0,770
2	48-5M65	0,770	23-4S65	0,678	19-3S65	0,670
3	23-4S65	0,678	19-3S65	0,670	23-4S65	0,678
4	21-3M65	0,830	48-5M65	0,770	40-5S65	0,739
5	26-4M65	0,758	26-4M65	0,758	21-3M65	0,830
6	19-3S65	0,670	21-3M65	0,830	26-4M65	0,758

Fonte: O autor

Gráfico 5.12 – Representando a tendência da profundidade em relação a sequência das marcas fortes pelos observadores 1, 2 e 3



Legenda: Linha tracejada representa a tendência dos valores

Fonte: O autor

5.1.5 Análise da variável diâmetro de calota vs. profundidade

Foi relacionado à marca fraca e forte e os diâmetros de esfera do padrão estabelecido (Quadro 5.15), em sequência realizado gráfico relacionando as variáveis diâmetro da calota impressa e profundidade entre as marcas fracas e as fortes nas amostras do padrão e dos observadores com linha de tendência.

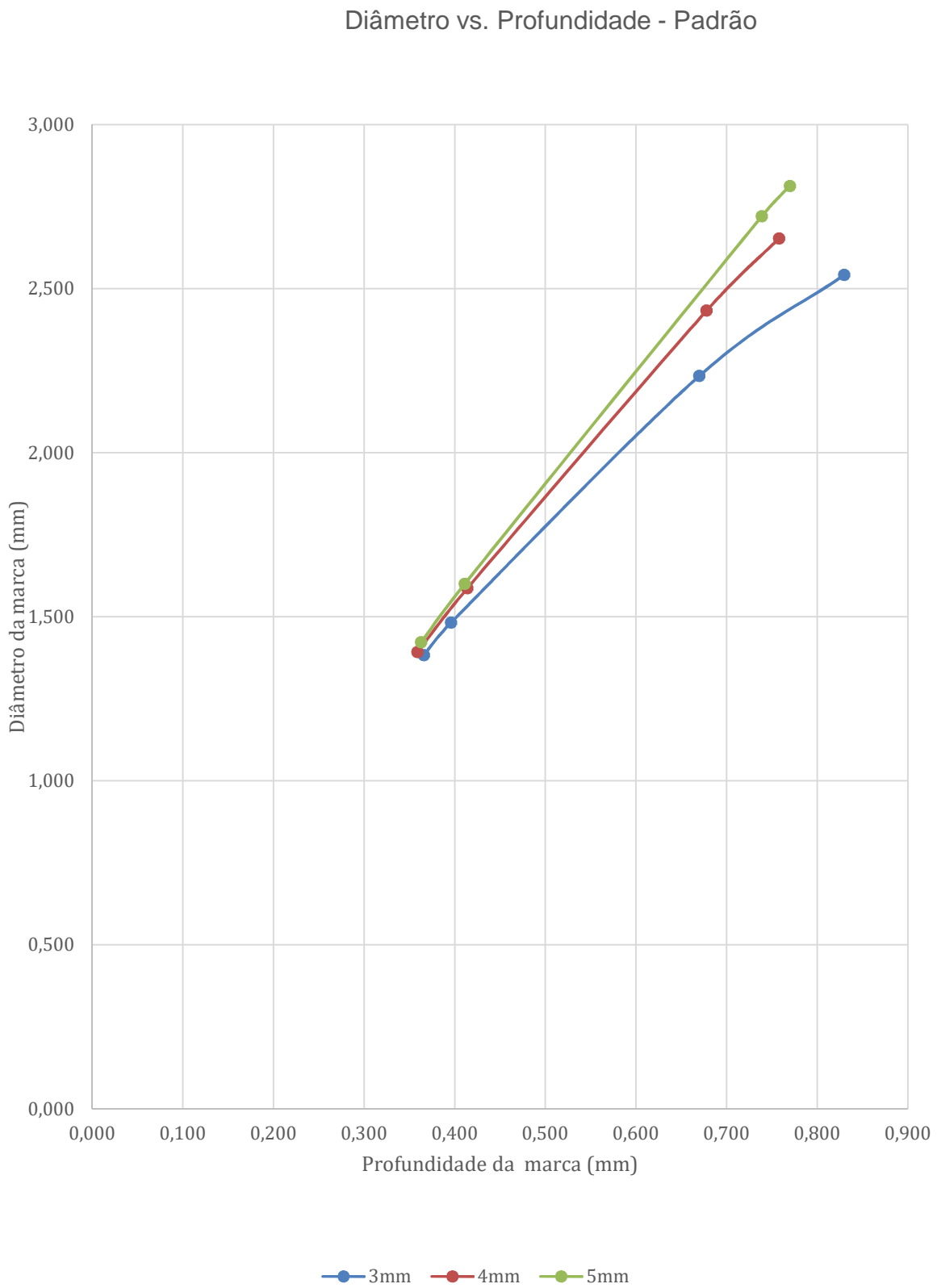
Quadro 5.15 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão relacionando todos os diâmetros de esferas entre amostras com marcas fracas e fortes

		Padrão Marca Fraca			
		Seq.	Amostra	Ø Calota	Profundidade
Padrão FRACA	1	13-5S2	1,422	0,363	
	2	43-5M2	1,600	0,411	
	3	52-4S2	1,392	0,359	
	4	44-4M2	1,587	0,414	
	5	08-3S2	1,383	0,366	
	6	14-3M2	1,482	0,396	
Padrão FORTE	1	40-5S65	2,721	0,739	
	2	48-5M65	2,813	0,770	
	3	23-4S65	2,433	0,678	
	4	26-4M65	2,653	0,758	
	5	19-3S65	2,234	0,670	
	6	21-3M65	2,542	0,830	

Legenda: Cor verde claro referente a marca realizada com esfera de Ø5 mm, cor vermelho marca realizada com esfera de Ø4 mm e cor azul marca realizada com esfera de Ø3 mm

Fonte: O autor

Gráfico 5.13 – Referente a cada diâmetro de esfera de inox utilizada no teste e seus respectivos valores de diâmetro de calota impressa e profundidade em cada amostra do padrão

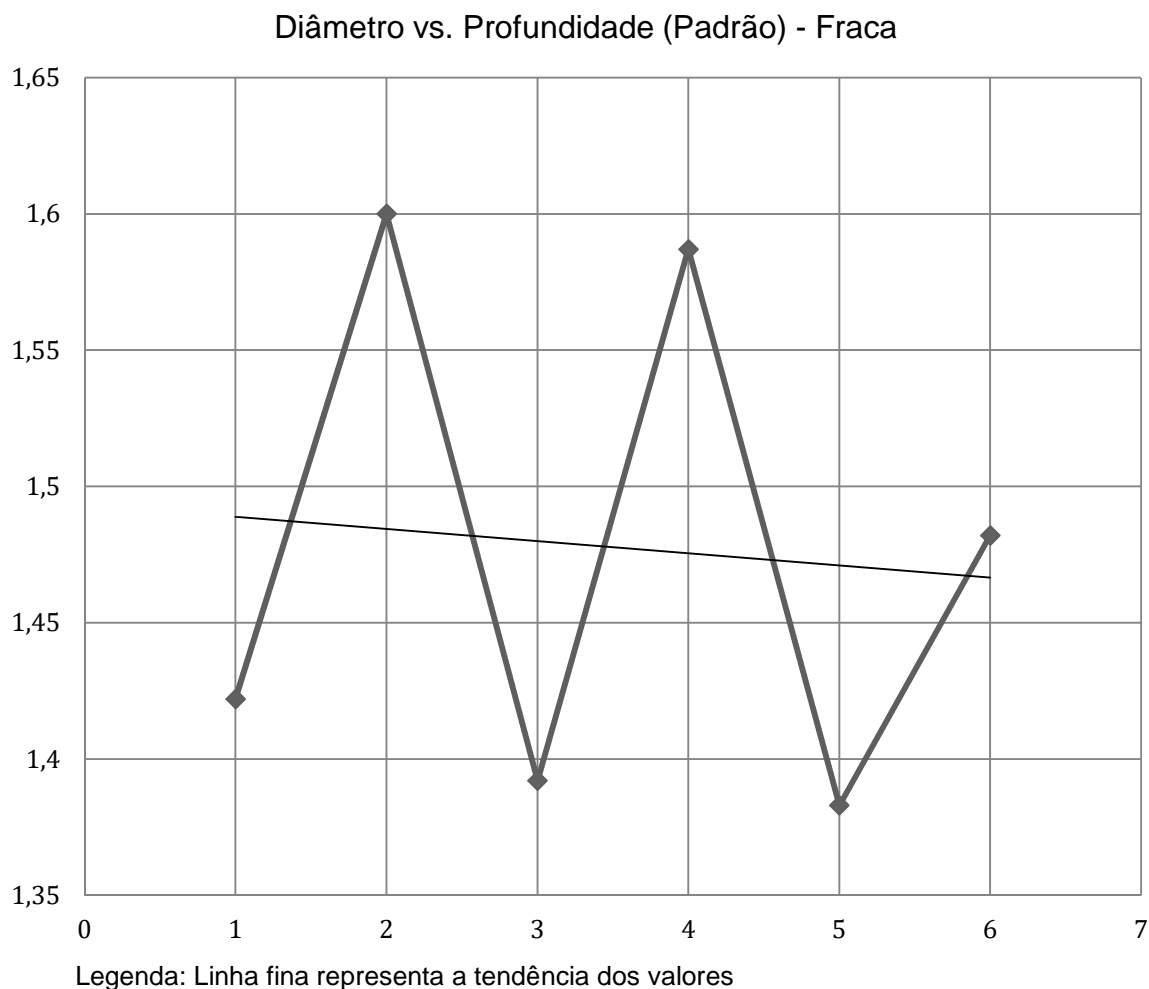


Quadro 5.16 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão das marcas fracas

Padrão Marca Fraca			
Seq.	Amostra	ØCalota	Profundidade
1	13-5S2	1,422	0,363
2	43-5M2	1,600	0,411
3	52-4S2	1,392	0,359
4	44-4M2	1,587	0,414
5	08-3S2	1,383	0,366
6	14-3M2	1,482	0,396

Fonte: O autor

Gráfico 5.14 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação sequência das marcas fracas pelo padrão estabelecido



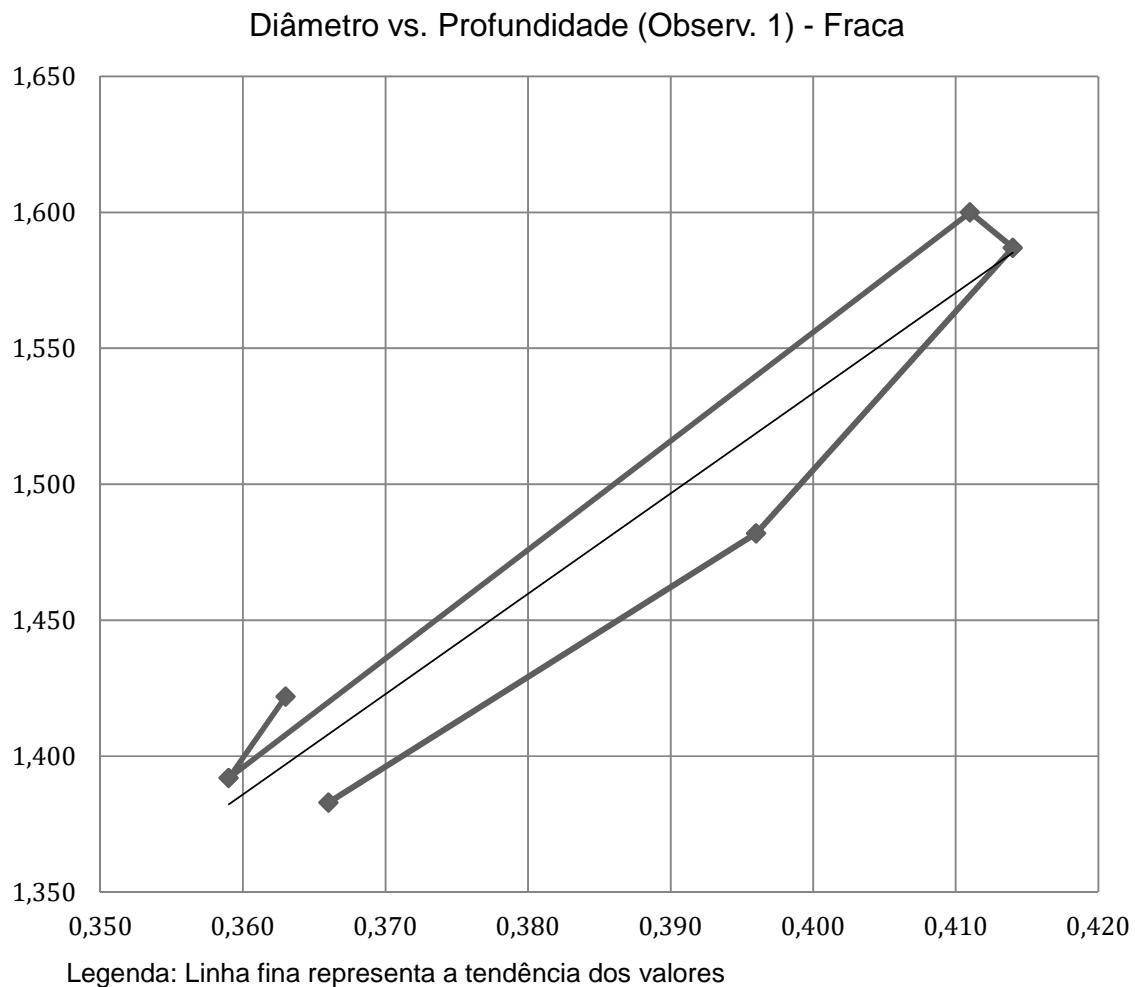
Fonte: O autor

Quadro 5.17 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 1, marcas fracas

OBSERVADOR 1			
Seq.	Amostra	Profundidade	Ø Calota
1	13-5S2	0,363	1,422
2	52-4S2	0,359	1,392
3	43-5M2	0,411	1,600
4	44-4M2	0,414	1,587
5	14-3M2	0,396	1,482
6	08-3S2	0,366	1,383

Fonte: O autor

Gráfico 5.15 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a sequência das marcas fracas pelo Observador 1



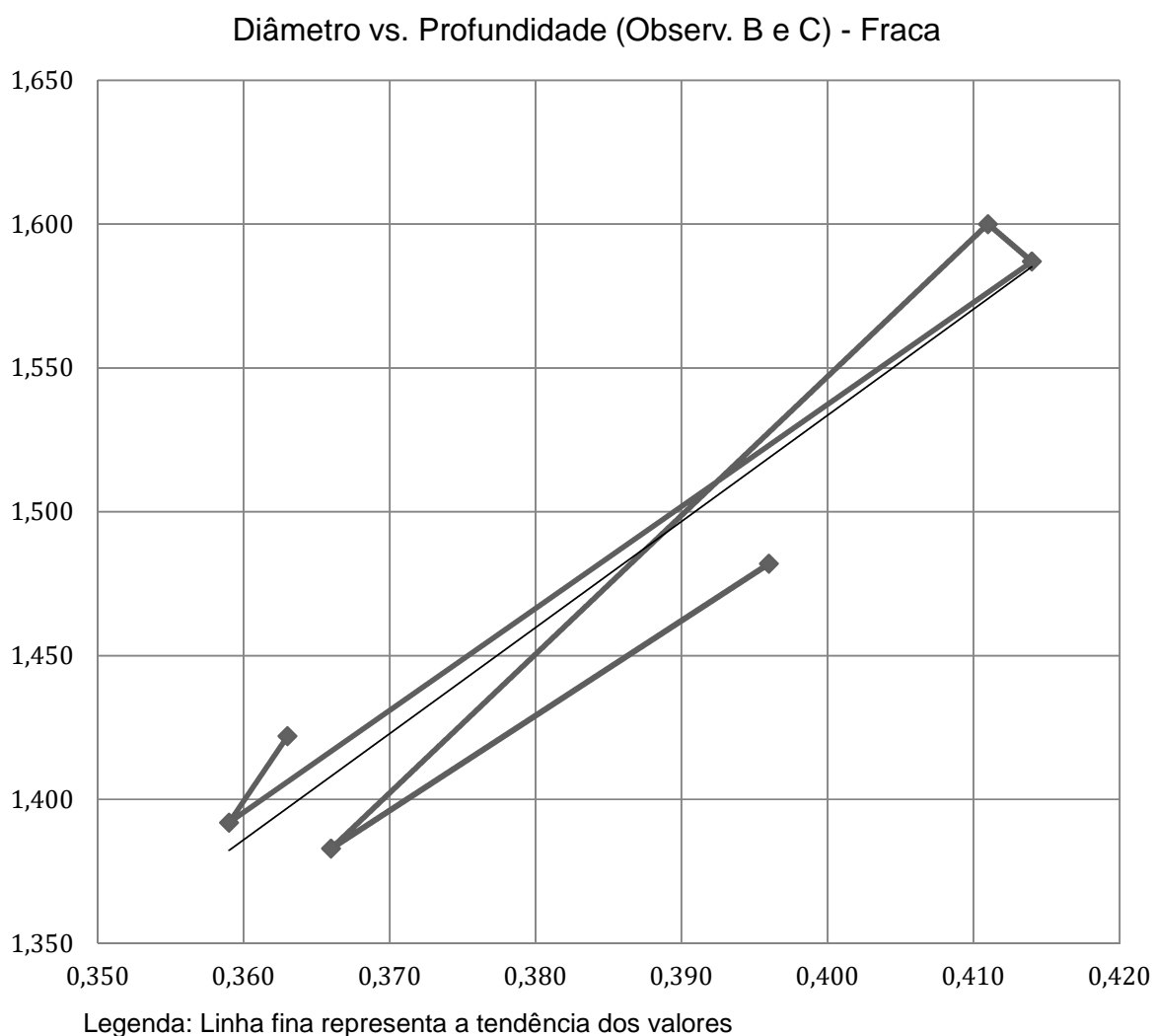
Fonte: O autor

Quadro 5.18 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelos observadores 2 e 3 marcas fracas

OBSERVADORES 2 e 3			
Seq.	Amostra	Profundidade	Ø Calota
1	13-5S2	0,363	1,422
2	52-4S2	0,359	1,392
3	44-4M2	0,414	1,587
4	43-5M2	0,411	1,600
5	08-3S2	0,366	1,383
6	14-3M2	0,396	1,482

Fonte: O autor

Gráfico 5.16 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a seqüência das marcas fracas pelos observadores 2 e 3



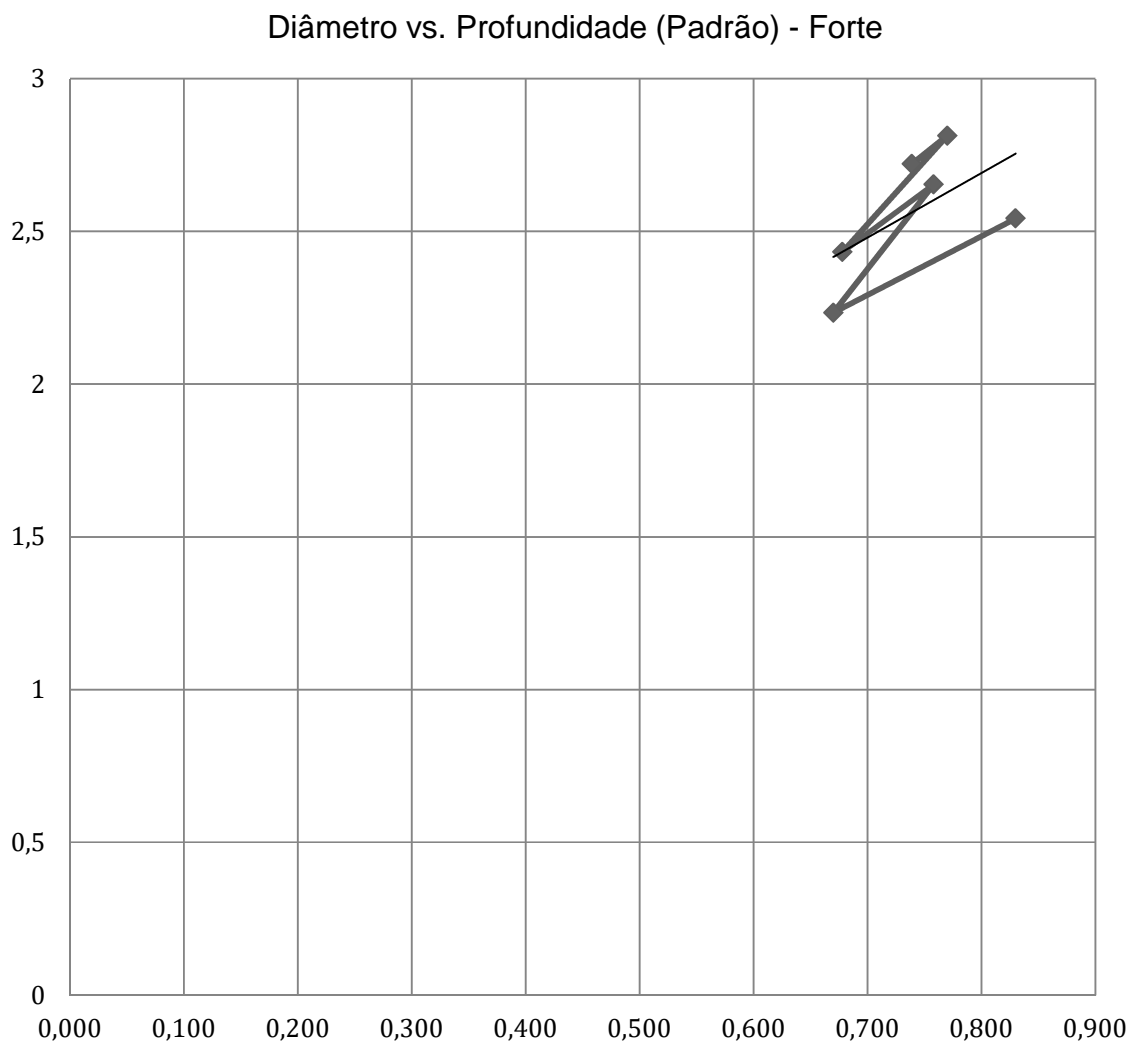
Fonte: O autor

Quadro 5.19 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra do padrão das marcas fortes

Padrão Marca Forte			
Seq.	Amostra	Ø Calota	Profundidade
1	40-5S65	2,721	0,739
2	48-5M65	2,813	0,770
3	23-4S65	2,433	0,678
4	26-4M65	2,653	0,758
5	19-3S65	2,234	0,670
6	21-3M65	2,542	0,830

Fonte: O autor

Gráfico 5.17 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a sequência das marcas fortes pelo padrão estabelecido



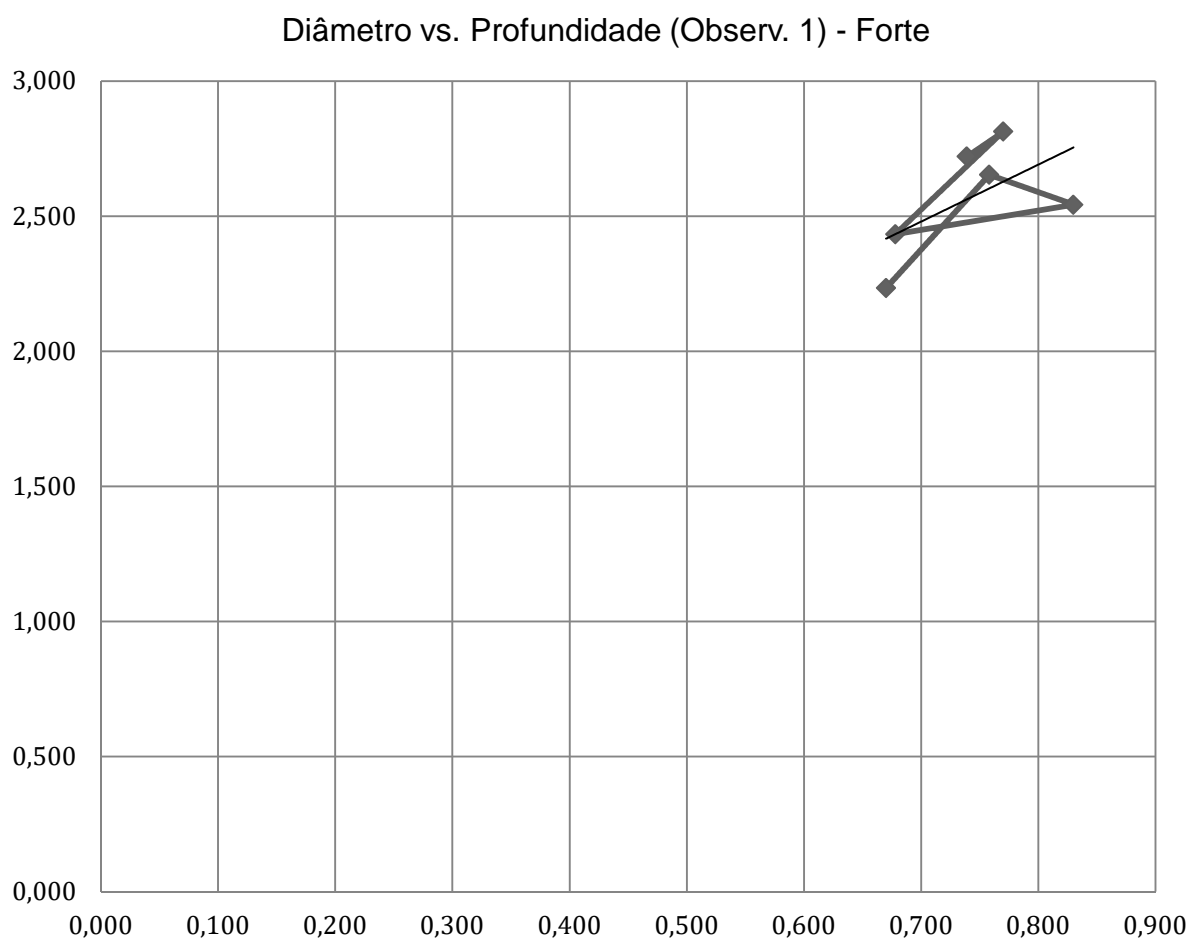
Fonte: O autor

Quadro 5.20 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 1, marcas fortes

OBSERVADOR 1			
Seq.	Amostra	Profundidade	Ø Calota
1	40-5S65	0,739	2,721
2	48-5M65	0,770	2,813
3	23-4S65	0,678	2,433
4	21-3M65	0,830	2,542
5	26-4M65	0,758	2,653
6	19-3S65	0,670	2,234

Fonte: O autor

Gráfico 5.18 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a sequência das marcas fortes pelo Observador 1



Legenda: Linha fina representa a tendência dos valores

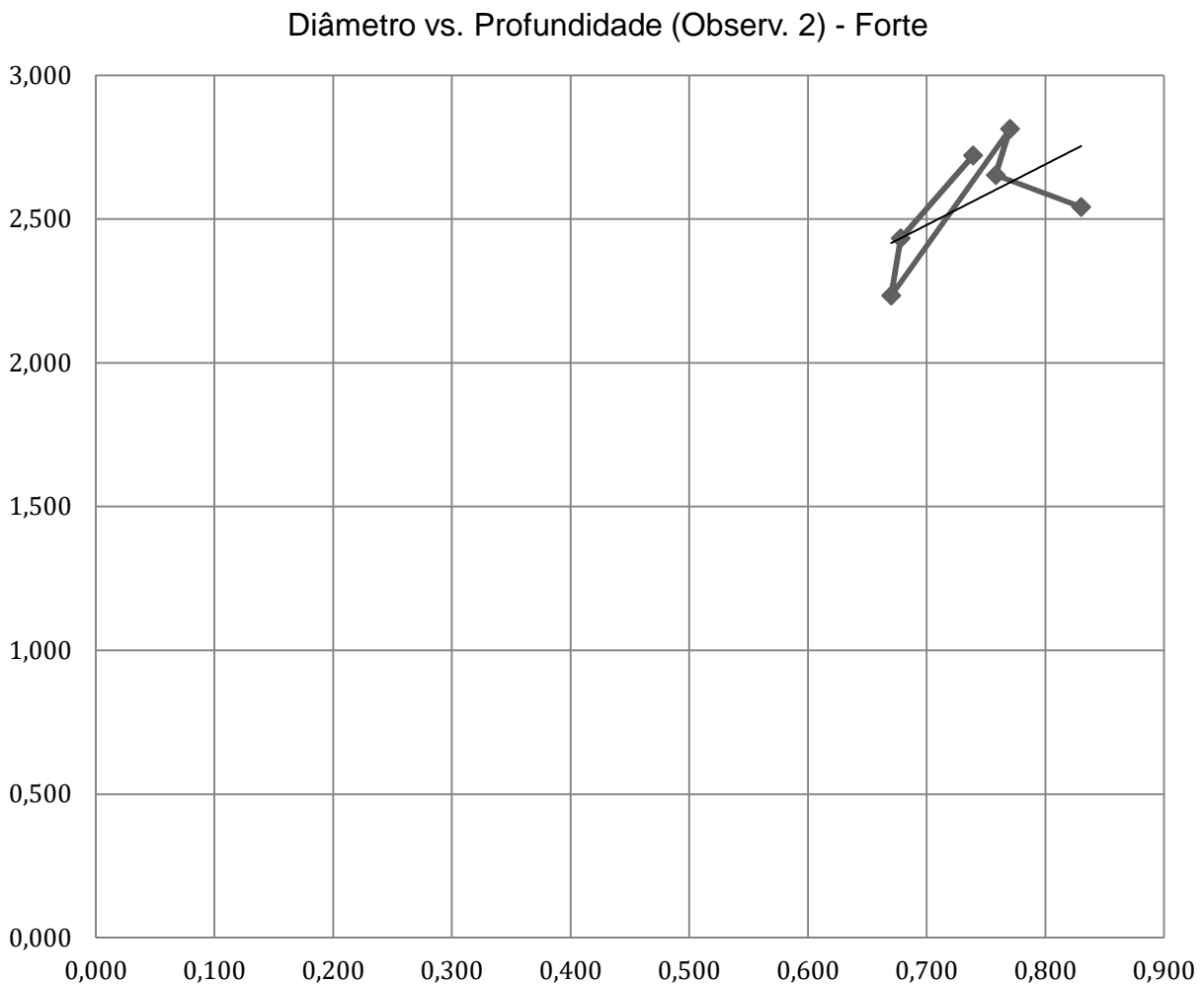
Fonte: O autor

Quadro 5.21 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 2, marcas fortes

OBSERVADOR 2			
Seq.	Amostra	Profundidade	Ø Calota
1	40-5S65	0,739	2,721
2	23-4S65	0,678	2,433
3	19-3S65	0,670	2,234
4	48-5M65	0,770	2,813
5	26-4M65	0,758	2,653
6	21-3M65	0,830	2,542

Fonte: O autor

Gráfico 5.19 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a sequencia das marcas fortes pelo Observador B



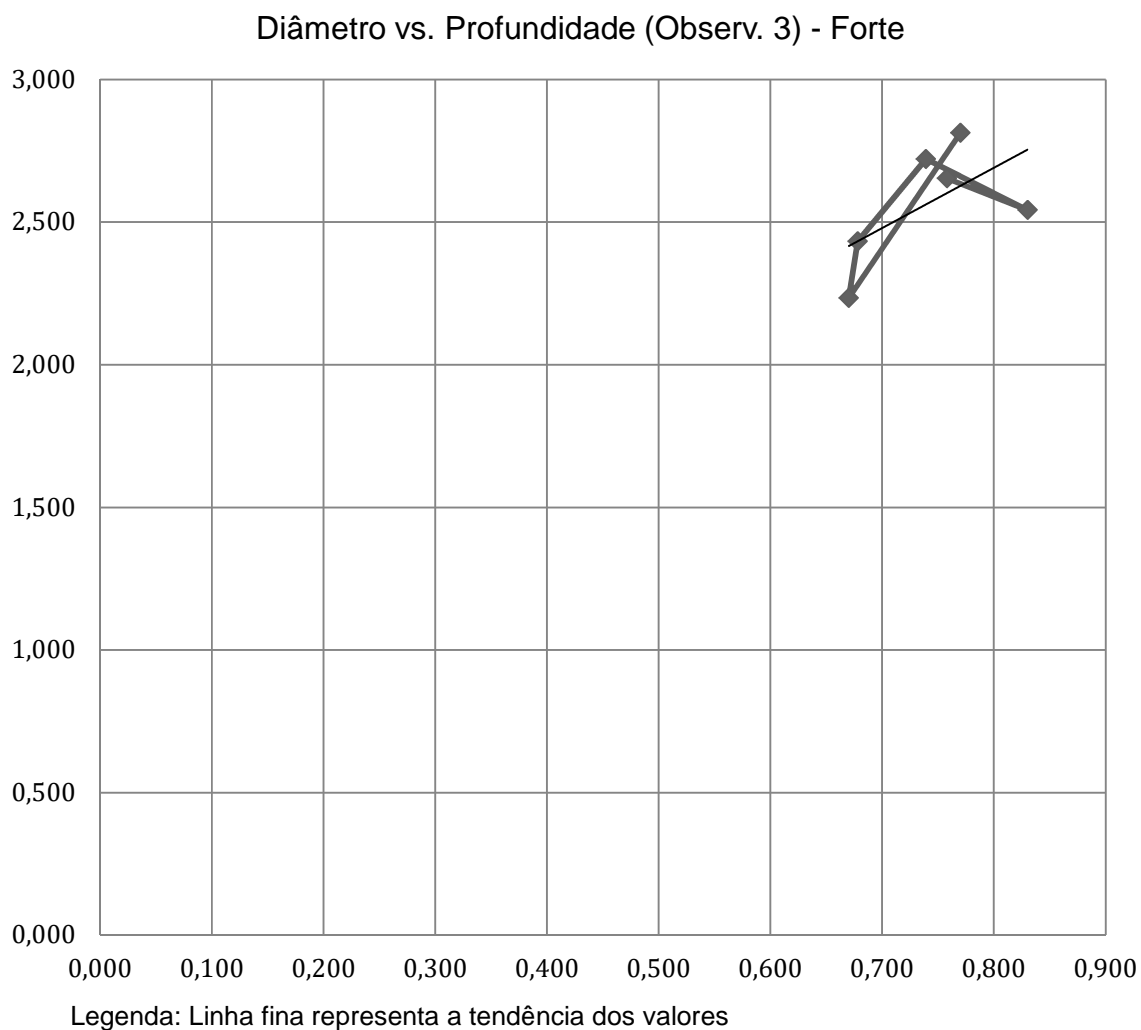
Fonte: O autor

Quadro 5.22 – Valores referentes ao diâmetro da calota impressa vs. profundidade em cada amostra da avaliação realizada pelo Observador 3, marcas fortes

OBSERVADOR 3			
Seq.	Amostra	Profundidade	Ø Calota
1	48-5M65	0,770	2,813
2	19-3S65	0,670	2,234
3	23-4S65	0,678	2,433
4	40-5S65	0,739	2,721
5	21-3M65	0,830	2,542
6	26-4M65	0,758	2,653

Fonte: O autor

Gráfico 5.20 – Representando a tendência do diâmetro da calota impressa vs. profundidade em relação a sequência das marcas fortes pelo Observador 3



Fonte: O autor

6 DISCUSSÃO

Podemos encontrar na literatura algumas menções às cargas exercidas durante os movimentos de apertamentos, bruxismo em vigília e bruxismo do sono (Kogawa et al., 2006; Hansdottir et al., 2004; Narita et al., 2009; Nishigawa et al., 2001, Karakis et al., 2015) Porém, não temos nenhum trabalho específico mensurando a carga exercida por cada dente. Sendo assim, o presente estudo foi baseado em valores encontrados por Nishigawa et al, (2001), tanto de carga (que variaram entre 5 kgf e 99,7 kgf) quanto de tempo de ciclo de apertamento e quantidade de ciclos por noite. Com estes parâmetros iniciais, foram realizados os testes pilotos para validação dos parâmetros e resolução de eventuais desvios no processo.

Para a escolha das esferas foram levadas em consideração a dureza do material e a resistência à oxidação, já que os testes foram realizados imersos em solução aquosa. A dureza média do esmalte dentário é em torno de 350 HV, dessa forma esferas de cerâmicas, que apresentam durezas mais elevadas, com valores acima de 1250 HV (apêndice E), não foram à escolha. As que mais se assemelham são as esferas de aço inox AISI 420, que têm dureza de material em torno de 520 HV (apêndice D). A dureza das esferas de aço carbono é semelhante à das esferas de aço inox AISI 420, porém não foram utilizadas pela facilidade de oxidação. (apêndice F). Outro parâmetro que tivemos dificuldade para estabelecer foi o diâmetro das esferas de inox, que foi determinado a partir do tamanho da cúspide de trabalho do primeiro molar superior, conforme avaliação das cúspides em dentes de estoque. O valor médio do diâmetro da ponta de cúspide encontrado foi de 5,11 mm, entretanto, devido ao desgaste natural, traumas, apertamento e rangimento dos dentes (Korioth et al., 1998; Yap, 1998; Paesani, 2010, Okeson, 2013), optamou-se pela variação no diâmetro das esferas entre 3 mm, 4 mm e 5 mm.

Mesmo com o valor médio do diâmetro da esfera estabelecido, foram realizados testes com diâmetros menores, para verificar possível correspondência com as marcas observadas clinicamente na PEO. Alguns diâmetros de esfera como, 1 mm e 2 mm também foram testados. A de 1 mm já deixava marca no momento de ajuste do suporte da esfera, onde a esfera penetrava a amostra de resina, deixando

uma marca sem mesmo a cicladora iniciar o processo. Estas marcas eram evidenciadas também com as esferas de 2 mm de diâmetro, porém em menor intensidade. Este fato, pode ser explicado pelo conceito de pressão sob uma superfície (Beer et al., 2011), ao qual a grandeza física depende da área de contato: Pressão é a relação entre a intensidade de uma força que age perpendicularmente sobre uma superfície e a área dessa superfície. Matematicamente, a pressão é expressa pela seguinte formula: $P = F_n/A$, em que P é a pressão exercida pela força, F_n é a componente da força normal à superfície e A é a área de contato entre a força e a superfície. Lembrando que, força é uma grandeza vetorial e se a força não for perpendicular à superfície, apenas a componente da força perpendicular à superfície é responsável pela pressão. Portanto diâmetros menores do que 3 mm não foram inclusos no teste.

Os testes foram realizados com cargas entre 20 N e 750 N, que atingiu a capacidade máxima de carga da cicladora pneumática, e se assemelharam às cargas entre 10 N e 1000 N, encontradas na literatura referente à força aplicada durante o apertamento em pacientes saudáveis e com DTM (Kogawa et al., 2006; Hansdottir et al., 2004; Narita et al., 2009; Karakis et al., 2015).

A randomização foi realizada para que os observadores não tivessem a possibilidade de associação do tipo de marca, da mais fraca para a mais forte, com a numeração crescente. A validação do processo de avaliação, através do teste Kappa, foi realizado para confirmar se as marcas eram passíveis de correlação com os critérios de classificação entre fracas e fortes.

Foi necessário validar também um padrão, para servir de referência junto à análise dos observadores. Durante este processo de validação do padrão, o fator quantidade de ciclo não apresentou significância na avaliação visual, com uma diferença bem sutil entre os valores. Já o diâmetro da calota, influenciou os observadores na escolha das marcas fracas e fortes, mostrando que à medida que o diâmetro aumentava, havia maior tendência a ser classificada como mais fraca, e à medida que diminuía, foram classificadas como mais fracas, independente da carga aplicada ter sido de 2 kgf ou 65 kgf. Esperava-se um resultado inverso, já que os observadores acabam comparando, mesmo que instintivamente, essas marcas às marcas registradas nas placas de pacientes que apertam ou rangem os dentes,

onde os desgastes que abrangem maior área na placa são causados geralmente por dentes que já possuem facetas de desgaste, em que as cúspides foram previamente desgastadas pelo atrito com os dentes antagonistas, mostrando que esses pacientes apresentam um quadro de bruxismo mais severo (Holmgren et al, 1993). Este fato, pode ser novamente explicado pelo conceito de pressão sob uma superfície (Beer et al., 2011), ao qual a grandeza física depende da área de contato.

Após todo este processo o consenso foi de que o parâmetro carga é o principal parâmetro da classificação, já que foi preponderante entre os demais, levando a crer que a sua variação é o fator decisivo na definição entre marca fraca e forte, entretanto, o ideal é que as amostras sejam sempre avaliadas em acordo com o diâmetro de esfera correspondente.

Este achado poderia validar a utilização clínica das marcas na PEO como correlação entre gravidade de hábito parafuncional (maior força de mordida) e marcas mais fortes

A polissonografia é considerada o padrão ouro no diagnóstico do bruxismo do sono (Lobbezoo et al., 2013), mas é um exame caro e não acessível a maioria da população, se a avaliação da marca na PEO puder ser usada para esta finalidade, seria um grande benefício para a saúde pública.

Os resultados dos testes Kappa de Fleiss foram classificados em excelente concordância quando avaliou-se sempre amostras do mesmo diâmetro, porém, quando foram avaliados os diâmetros misturados, a concordância ficou classificada em razoável. Já na mesma avaliação, mas com os diâmetros misturados, para serem separados e classificados como marca fraca ou forte, o resultado foi excelente. Estas observações reforçam a hipótese levantada de que a carga é o fator preponderante e que a avaliação deve ser sempre com a mesma referência, relacionando a fonte geradora da marca, neste caso o diâmetro da esfera.

Após a validação do padrão para classificação das amostras entre fraca e forte, buscou-se avaliar algumas hipóteses sobre qual ou quais as variáveis seriam mais relevantes para realizar a classificação entre as marcas de um mesmo grupo, ou seja, dentro do grupo com mesma carga, porém com diâmetros de esferas

diferentes. As variáveis possíveis foram: a dureza, o diâmetro da calota impressa e a profundidade da calota impressa na amostra.

Na avaliação do padrão de marcas fortes relacionados com a variável dureza, encontramos uma sutil tendência de que ao passo que a dureza aumenta as marcas tendem a ficarem mais fortes. Esta observação é confirmada pela avaliação do Observador 1, entretanto, os Observadores 2 e 3 fizeram classificações demonstrando que a dureza diminui ao encontrar marcas mais fortes.

Em relação a variável diâmetro da calota impressa na amostra, esta se mostra mais complexa para a elaboração de um critério de relação entre as marcas fracas e fortes. Em ambos os padrões fracas e fortes, existe uma relação em que quanto menor o diâmetro da calota impressa, a marca possivelmente seria classificada como forte, entretanto nas avaliações dos observadores há divergências, principalmente quando se trata das amostras que seriam classificadas como fortes.

Avaliando a variável profundidade da calota impressa, quando se trata das amostras fracas tanto o padrão quanto os observadores fizeram avaliações semelhantes, sendo que quanto maior a profundidade mais forte foi classificada a marca da amostra. Esta opinião se mantém nos critérios das marcas consideradas forte, por exceção do observador 1, que demonstrou leve tendência de que quanto maior a profundidade mais fraca a classificação da marca na amostra.

Foi realizada também, uma relação entre o diâmetro da calota impressa e sua profundidade. Nesta avaliação fica evidente que quando a avaliação é realizada através de marcas originadas de um único diâmetro de esfera, as marcas demonstram uma avaliação confiável, entretanto quando ocorre a mistura dos diâmetros de esferas, há uma variação muito grande na classificação. Tanto nos padrões quanto as avaliações dos observadores foram desordenadas, tornando muito difícil estabelecer critério robusto para avaliação. Assim caso as marcas na PEO sejam utilizadas para acompanhamento clínico do habito parafuncional, seria indicado utilizar sempre a marca deixada pelo mesmo dente, pois seria uma comparação com as mesmas características dimensionais.

Extrapolar resultados in vitro para a clinica é bastante difícil, entretanto, os dados obtidos neste trabalho podem ser utilizados como base para futuras

pesquisas envolvendo as marcas nas PEO, com o objetivo de melhorar a compreensão das variáveis envolvidas.

7 CONCLUSÕES

A carga é o fator de maior relevância para a classificação entre marcas fracas e fortes, ou seja, quanto maior a carga aplicada, mais forte foi a marca gerada.

As variáveis das marcas, dureza e diâmetro da calota impressa, não demonstram robustez satisfatória como elementos para elaboração de critério de avaliação de marcas fracas e fortes.

A variável profundidade da calota na amostra, mostrou relevância para a classificação das marcas nas amostras. Mesmo com diâmetros de calotas impressas diferentes a relação profundidade foi mais significativa.

REFERÊNCIAS¹

Al-Rafah EM, Alammari MR, Banasr FH. The Efficacy of Bilateral Balanced and Canine Guidance Occlusal Splints in the Treatment of Temporomandibular Joint Disorder. *Oral Health Dent Manag.* 2014; 13(2): 536-42.

Akhter R, Morita M, Esaki M, Nakamura K, Kanehira T. Development of temporomandibular disorder symptoms: a 3-year cohort study of university students. *J Oral Rehabil.* 2011 Jun;38(6):395-03

Alvares S, Santos J, Alexandre C. *Ensaio dos materiais.* [S.l.]: LTC; 2000.

Anusavice KJ. *Phillips science of dental materials.* 11a ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 2005.

Aguilera AB, Lopez LG, Aguilera EB, De La Hoz Aizpurua JL, Torrontera AR, Saint-Gerons RS, HUNGRIA AB. Relationship between self-reported sleep bruxism and pain in patients with temporomandibular disorders. *J of Oral Rehabil* 2014; 41:564-72.

Beer FP, Russell E, Johnston Jr, JT Dewolf. *Mecânica dos materiais.* 5ª : Rio de Janeiro: McGraw-Hill 2011.

Callister, William. *Ciência e engenharia dos materiais: uma introdução.* Rio de Janeiro: LTC; 2007.

Carlsson GE, Johansson A, Lundqvist S. Occlusal wear. A follow-up study of 18 subjects with extensively worn dentitions. *Acta Odontol Scand.* 1985; 43(2):83-90.

Clark GT, Baba K, McCreary CP. Predicting the Outcome of a Physical Medicine Treatment for Temporomandibular Disorder Patients. *J Orofac Pain.* 2009 Summer;23(3):221-9.

Conti PC, Ferreira PM, Pegoraro LF, Conti JV, Salvador MC. A cross-sectional study of prevalence and etiology of signs and symptoms of temporomandibular disorders in high school and university students. *J Orofac Pain.* 1996 Summer;10(3):254-62

De acordo com Estilo Vancouver.

Cortese SG, Fridman DE, Farah CL, Bielsa F, Grinberg J, Biondi AM. Frequency of oral habits, dysfunctions, and personality traits in bruxing and nonbruxing children: a comparative study. *Cranio*. 2013 Oct;31(4):283-90.

Davies SJ, Gray RJ. The pattern of splint usage in the management of two common temporomandibular disorders. Part III: Long-term follow-up in an assessment of splint therapy in the management of disc displacement with reduction and pain dysfunction syndrome. *Br Dent J*. 1997; 183(8): 279-83.

De Kanter RJ, Truin GJ, Burgersdijk RC, Van 't Hof MA, Battistuzzi PG, Kalsbeek H, Käyser AF. Prevalence in the Dutch adult population and a meta-analysis of signs and symptoms of temporomandibular disorder. *J Dent Res*. 1993 Nov;72(11):1509-18.

Demirkol N, Sari F, Bulbul M, Demirkol M, Simsek I, Usumez A. Effectiveness of occlusal splints and low-level laser therapy on myofascial pain. *Lasers Med Sci*. 2015 Apr;30(3):1007-12.

Fernandes G, Van Selms MKA, Gonçalves DAG, Lobbezoo F, Camparis CM. Factors associated with temporomandibular disorders pain in adolescents. *J of Oral Rehabil*. 2015; 42:113-19.

Ficnar T, Middelberg C, Rademacher B, Hessling S, Koch R, Figgenger L. Evaluation of the effectiveness of a semi-finished occlusal appliance – a randomized, controlled clinical trial. *Head Face Medicine*. 2013; 9: 5.

Forsell H, Kalso E, Koskela P, Vehmanen R, Puukka P, Alanen P. Occlusal treatments in temporomandibular disorders: a qualitative systematic review of randomized controlled trials. *Pain*. 1999; 83: 549-60.

France S, Bown J, Nowosilsky M, Mott M, Rand S, Walter J. Evidence for the use of dry needling and physiotherapy in the management of cervicogenic or tension-type headache: A systematic review. *Cephalalgia*. 2014; 0(0) 1–10.

Fricton J. Current Evidence Providing Clarity^[1] in Management of Temporomandibular Disorders: Summary of a Systematic Review of Randomized Clinical Trials for Intra-oral Appliances and Occlusal Therapies. *J Evid Based Dent Pract*. 2006; 6(1): 48-52.

Gibbs CH, Mahan PE, Mauderli A, Lundeen HC, Walsh EK. Limits of human bite strength. *J Prosthet Dent*. 1986 Aug;56(2):226-9.

Gonçalves DAG, Dal Fabbro AL, Campos JADB, Bigal ME, Speciali JG. Symptoms of Temporomandibular Disorders in the Population: An Epidemiological Study. *J Orofac Pain.* 2010; 24(3): 270-8.

Gutiérrez-Salazar M del P, Reyes-Gasga J. Microhardness and chemical composition of human tooth. *Mater Res.* 2003.

Hansdottir R, Bakke M. Joint tenderness, jaw opening, chewing velocity, and bite force in patients with temporomandibular joint pain and matched healthy control subjects. *J Orofac Pain.* 2004 Spring;18(2):108-13.

Hara ES, Witzel AL, Minakuchi H, de Pitta CE, Gallo RT, Okada M, Matsumoto T, Kuboki T, Bolzan MC. Vibratory splint therapy for decreasing sleep clenching: A pilot study. *Cranio.* 2018 Jul 13:1-7.

Holmgren K, Sheikholeslam A, Riise, C. Effect of a full-arch maxillary occlusal splint on parafunctional activity during sleep in patients with nocturnal bruxism and signs and symptoms of craniomandibular disorders *J Prosthet Dent.* 1993; 69(3):293-7.

Inchingolo F, Tatullo M, Marrelli M, Inchingolo AM, Tarullo A, Inchingolo AD, Dipalma G, Brunettu SP, Tarullo A, Cagiano R. Combined occlusal and pharmacological therapy in the treatment of temporomandibular disorders. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2011; 15: 1296-1300.

Karakis D, Dogan A. The craniofacial morphology and maximum bite force in sleep bruxism patients with signs and symptoms of temporomandibular disorders. *Cranio.* 2015 Jan;33(1):32-7.

Kydd WL, Daly C. Duration of nocturnal tooth contacts during bruxing. *J Prosthet Dent.* 1985 May;53(5):717-21.

Kogawa EM, Calderon PS, Lauris JR, Araujo CR, Conti PC. Evaluation of maximal bite force in temporomandibular disorders patients. *J Oral Rehabil.* 2006 Aug;33(8):559-65.

Korioth TWP, Bohlig KG, Anderson GC. Digital assessment of occlusal wear patterns on occlusal stabilization splints: A pilot study. *J Prosthet Dent* 1998; 80:209-13.

Lands JR.; Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1997; 33(1): 159-74.

Lavigne GJ., Rompre PH, Montplaisir JY. Sleep Bruxism: Validity of Clinical Research Diagnostic Criteria in a Controlled Polysomnographic Study
J Dent Res. 1996; 75: 546.

Leeuw R. Dor orofacial: guia de avaliação, diagnostico e tratamento, ed 4. Sao Paulo: Quintessense; 2010.

Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ, De Leeuw R, Manfredini D, Svensson P, Winocur E. Bruxism defined and graded: an international consensus. J Oral Rehabil. 2013; 40:2-4.

Loeser JD, Butler SH, Chapman R, Turk DC (eds). Bonica's Management of Pain, ed 3. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.

Lipton JA, Ship JA, Larach-Robinson D. Estimated prevalence and distribution of reported orofacial pain in the United States. J Am Dent Assoc 1993;124:115–121.

Machado E, Bonotto D, Cunalli PA. Intra-articular injections with corticosteroids and sodium hyaluronate for treating temporomandibular joint disorders: A systematic review. Dental Press J Orthod. 2013; 18(5): 128-33.

Manca A, Limonta E, Pilurzi G, Ginatempo F, De Natale ER, Mercante B, Tolu E, Deriu F. Ultrasound and Laser as Stand-Alone Therapies for Myofascial Trigger Points: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. Physiother Res Int. 2014;19(3):166-75.

Manfredini D, Lobbezoo F. Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: a systematic review of literature from 1998 to 2008. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 109:e26-e50.

Mecholsky JJ Jr. Fracture mechanics principles. Dent Mater. 1995 Mar;11(2):111-2.

Merskey H, Bogduk N. Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. Seattle: IASP Press; 1994

Michael JA, Townsend GC, Greenwood LF, Kaidonis JA. Abfraction: separating fact from fiction. Aust Dent J. 2009; 54(1):2-8.

Minakuchi H, Sakaguchi C, Hara ES, Maekawa K, Matsuka Y, Clark GT, Kuboki T. Multiple sleep bruxism data collected using a self-contained EMG detector/analyzer system in asymptomatic healthy subjects. *Sleep Breath*. 2012; 16:1069–72.

Molina OF, dos Santos Junior, Nelson SJ, Nowlin T. A clinical study of specific signs and symptoms of CMD in bruxers classified by the degree of severity. *Cranio*. 1999 Oct;17(4):268-79.

Narita N, Funato M, Ishii T, Kamiya K, Matsumoto T. Effects of jaw clenching while wearing an occlusal splint on awareness of tiredness, bite force, and EEG power spectrum. *J Prosthodont Res*. 2009 Jul;53(3):120-5.

Nishigawa K, Bando E, Nakano M. Quantitative study of bite force during sleep associated bruxism. *J Oral Rehabil*. 2001 May;28(5):485-91.

Okeson JP. Tratamento das desordens têmporomandibulares e oclusão. 7a ed. EZ2Translate Tecnologia e Serviço. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.; 2013.

Onodera K, Kawagoe T, Sasaguri K, Protacio-Quismundo C, Sato S. The use of a bruxchecker in the evaluation of different grinding patterns during sleep bruxism. *Cranio*. 2006 Oct;24(4):292-9.

Paesani DA. *Bruxism: Theory and Practice*. 1a ed. New Malden: Quintessence Publishing Co Ltd; 2010.

Poveda-Roda R, Bagán JV, Díaz-Fernández JM, Hernández-Bazán S, Jiménez-Soriano Y. Review of temporomandibular joint pathology. Part of temporomandibular joint pathology. Part I: Classification, epidemiology and risk factors. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12:292-8.

Ramfjord SP, Ash MM. Reflections on the Michigan occlusal splint. *J Oral Rehabil* 1994;21:491-500.

Robinson de Senna B, Marques LS, França JP, Ramos-Jorge ML, Pereira LJ. Condyle-disk-fossa position and relationship to clinical signs and symptoms of temporomandibular disorders in women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108(3): e117-24.

Romero-Reyes M, Uyanik JM. Orofacial pain management: current perspectives. *J Pain Res*. 2014 Feb 21;7:99-115. doi: 10.2147/JPR.S37593. eCollection 2014.

Shaffer SM, Brismée JM, Sizer PS, Courtney CA. Temporomandibular disorders. Part 2: conservative management. *J Man Manip Ther.* 2014 Feb;22(1):13-23.

Shiffman S, Stone AA, Hufford MR. Ecological momentary assessment. *Annu Rev Clin Psychol.* 2008;4:1-32.

Speciali JG, Dach F. Temporomandibular dysfunction and headache disorder. *Headache.* 2015 Feb;55 Suppl 1:72-83. doi: 10.1111/head.12515. Epub 2015 Feb 3.

Stevens C, Paiva G, Nunes LJ. Tratamento da dor muscular, eletromiografia. São Paulo: PPA; 1999.

Sundqvist B, Magnusson T. Individual prediction of treatment outcome on patients with temporomandibular disorders. *Surd Dent J.* 2001;25:1-11.

Tecco S, Festa F, Salini V, Epifania E, D'Attilio M. Treatment of joint pain and joint noises associated with [SEP] a recent TMJ internal derangement: a comparison of an anterior repositioning splint, a full-arch maxillary stabilization splint, and an untreated control group. *Cranio.* 2004; 22(3): 209-19.

TRENOUTH, M. J. The relationship between bruxism and temporomandibular joint dysfunction as shown by computer analysis of nocturnal tooth contact patterns. *J Oral Rehabil.* 1979 jan; 6(1):81-7.

Truelove E, Huggins KH, Mancl L, Dworkin SF. The efficacy of traditional, low-cost and nonsplint therapies for temporomandibular disorder - A randomized controlled trial. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137(8): 1099-107.

Venancio RA, Alencar FGP, Zamperini C. Botulinum Toxin, Lidocaine, and Dry-Needling Injections in Patients with Myofascial Pain and Headaches. *Cranio.* 2009; 27(1): 46-53.

Yap AUJ. Effects of stabilization appliances on nocturnal parafunctional activities in patients with and without signs of temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 1998; 25: 64-8.

Zhou JY, Wang D. An Update on Botulinum Toxin A Injections of Trigger Points for Myofascial Pain. *Curr Pain Headache Rep.* 2014; 18(1): 386.

APÊNDICE A – Teste piloto com 50 variações entre diâmetro de esfera, carga, ciclos, duração de ciclo e material da amostra

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
Ø Esfera (mm)	1	3	1	3	2
Carga (kgf)	70	70	70	70	20
Ciclos	30	30	5 (quebrou)	5	30
Duração ciclo (seg)	20	20	5	5	20
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina
	Teste 6	Teste 7	Teste 8	Teste 9	Teste 10
Ø Esfera (mm)	3	1	3	2	3
Carga (kgf)	20	10	10	10	10
Ciclos	30	30	30	30	30
Duração ciclo (seg)	20	5	5	2	2
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina
	Teste 11	Teste 12	Teste 13	Teste 14	Teste 15
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	10	10	10	10	10
Ciclos	30	30	100	100	100
Duração ciclo	3	10	5	20	10
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina
	Teste 16	Teste 17	Teste 18	Teste 19	Teste 20
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	10	15	20	20	20
Ciclos	100	100	30	30	30
Duração ciclo	5	5	5	20	2
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina
	Teste 21	Teste 22	Teste 23	Teste 24	Teste 25
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	5	5	10	30	20
Ciclos	30	30	300	600	600
Duração ciclo	5	20	2	2	2
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina
	Teste 26	Teste 27	Teste 28	Teste 29	Teste 30
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	10	30	10	10	30
Ciclos	600	600	600	1200	1200
Duração ciclo	2	20	20	2	2
Material Amostra	resina	resina	resina	resina	resina

	Teste 31	Teste 32	Teste 33	Teste 34	Teste 35
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	5	45	65	65	5
Ciclos	600	600	600	77	600
Duração ciclo	2	20	20	2	2
Material Amostra	resina	resina	resina	acrílico	acrílico
	Teste 36	Teste 37	Teste 38	Teste 39	Teste 40
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	2	2	2	2	25
Ciclos	600	600	1200	1200	1200
Duração ciclo	2	2	2	2	2
Material Amostra	resina	acrílico	resina	acrílico	resina
	Teste 41	Teste 42	Teste 43	Teste 44	Teste 45
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	25	25	25	65	65
Ciclos	1200	600	600	600	1(quebrou)
Duração ciclo	2	2	2	2	2
Material Amostra	acrílico	resina	acrílico	resina	acrílico
	Teste 46	Teste 47	Teste 48	Teste 49	Teste 50
Ø Esfera (mm)	3	3	3	3	3
Carga (kgf)	45	45	30	30	65
Ciclos	1200	1(quebrou)	1200	500(quebrou)	1200
Duração ciclo	2	2	2	2	2
Material Amostra	resina	acrílico	resina	acrílico	resina

Fonte: O autor

APÊNDICE B – Tabela para conversão de durezas



Hardness Conversion Chart

Approximate equivalent hardness numbers for carbon and alloy steels

Rockwell				Rockwell Superficial			Brinell	Vickers	Knoop	Scleroscope	Approx. Tensile Strength of Steel (PSI)
A Scale 60kg Diam. Brale	B Scale 100kg 1/16" Ball	C Scale 150kg Diam. Brale	D Scale 100kg Diam. Brale	15N Scale 15kg Diam. Brale	30N Scale 30kg Diam. Brale	45N Scale 45kg Diam. Brale	3000kg 10 mm Ball		500g or Greater Load		
92	-	80.0	87	97	92	87	-	1865	-	-	-
92	-	79.0	86	-	92	87	-	1787	-	-	-
91	-	78.0	85	96	91	86	-	1710	-	-	-
91	-	77.0	84	-	91	85	-	1633	-	-	-
90	-	76.0	83	96	90	84	-	1556	-	-	-
90	-	75.0	83	-	89	83	-	1478	-	-	-
89	-	74.0	82	95	89	82	-	1400	-	-	-
89	-	73.0	81	-	88	81	-	1323	-	-	-
88	-	72.0	80	95	87	80	-	1245	-	-	-
87	-	71.0	80	-	87	79	-	1160	-	-	-
87	-	70.0	79	94	86	78	-	1076	-	99	-
86	-	69.0	78	-	85	77	-	1004	-	98	-
85.6	-	68.0	76.9	93.2	84.4	75.4	-	940	920	97	-
85.3	-	67.5	76.5	93.0	84.0	74.8	-	920	908	96	-
85.0	-	67.0	76.1	92.9	83.6	74.2	-	900	895	95	-
84.7	-	66.4	75.7	92.7	83.1	73.6	-	880	882	93	-
84.4	-	65.9	75.3	92.5	82.7	73.1	-	860	867	92	-
84.1	-	65.3	74.8	92.3	82.2	72.2	-	840	852	91	-
83.8	-	64.7	74.3	92.1	81.7	71.8	745*	820	837	90	-
83.4	-	64.0	73.8	91.8	81.1	71.0	-	800	822	88	-
83.0	-	63.3	73.3	91.5	80.4	70.2	-	780	806	87	-
82.6	-	62.5	72.6	91.2	79.7	69.4	710*	760	788	86	-
82.2	-	61.8	72.1	91.0	79.1	68.6	-	740	772	84	-
81.8	-	61.0	71.5	90.7	78.4	67.7	-	720	754	83	-
81.3	-	60.1	70.8	90.3	77.6	66.7	653*	700	735	81	-
81.1	-	59.7	70.5	90.1	77.2	66.2	-	690	725	-	-
80.8	-	59.2	70.1	89.8	76.8	65.7	-	680	716	80	329,000
80.6	-	58.8	69.8	89.7	76.4	65.3	-	670	706	-	324,000
80.3	-	58.3	69.4	89.5	75.9	64.7	620*	660	697	79	-
80.0	-	57.8	69.0	89.2	75.5	64.1	611*	650	687	78	-
79.8	-	57.3	68.7	89.0	75.1	63.5	601*	640	677	77	309,000

Fonte: <https://www.nde-ed.org/GeneralResources/HardnessConv/HardnessConvPrint.pdf>

79.5	-	56.8	68.3	88.8	74.6	63.0	591*	630	667	76	-
79.2	-	56.3	67.9	88.5	74.2	62.4	582*	620	657	75	297,000
78.9	-	55.7	67.5	88.2	73.6	61.7	573*	610	646	-	-
78.6	-	55.2	67.0	88.0	73.2	61.2	564*	600	636	74	-
78.4	-	54.7	66.7	87.8	72.7	60.5	554*	590	625	73	285,000
78.0	-	54.1	66.2	87.5	72.1	59.9	545*	580	615	72	-
77.8	-	53.6	65.8	87.2	71.7	59.3	535*	570	604	-	274,000
77.4	-	53.0	65.4	86.9	71.2	58.6	525*	560	594	71	-
77.0	-	52.3	64.8	86.6	70.5	57.8	517*	550	583	70	263,000
76.7	-	51.7	64.4	86.3	70.0	57.0	507*	540	572	69	-
76.4	-	51.1	63.9	86.0	69.5	56.2	497*	530	561	68	253,000
76.1	-	50.5	63.5	85.7	69.0	55.6	488*	520	550	67	-
75.7	-	49.8	62.9	85.4	68.3	54.7	479*	510	539	-	243,000
75.3	-	49.1	62.2	85.0	67.7	53.9	471*	500	528	66	-
74.9	-	48.4	61.6	84.7	67.1	53.1	460*	490	517	65	235,000
74.5	-	47.7	61.3	84.3	66.4	52.2	452*	480	505	64	-
74.1	-	46.9	60.7	83.9	65.7	51.3	441	470	494	-	225,000
73.6	-	46.1	60.1	83.6	64.9	50.4	433	460	482	62	-
73.3	-	45.3	59.4	83.2	64.3	49.4	425	450	471	-	-
72.8	-	44.5	58.8	82.8	63.5	48.4	415	440	459	59	210,000
72.3	-	43.6	58.2	82.3	62.7	47.4	405	430	447	58	-
71.8	-	42.7	57.5	81.8	61.9	46.4	397	420	435	57	-
71.4	-	41.8	56.8	81.4	61.1	45.3	388	410	423	56	195,000
70.8	-	40.8	56.0	80.8	60.2	44.1	379	400	412	55	-
70.3	-	39.8	55.2	80.3	59.3	42.9	369	390	400	-	-
69.8	-	38.8	54.4	79.8	58.4	41.7	360	380	389	52	-
69.2	-	37.7	53.6	79.2	57.4	40.4	350	370	378	51	176,000
68.7	-	36.6	52.8	78.6	56.4	39.1	341	360	367	50	-
68.1	-	35.5	51.9	78.0	55.4	37.8	331	350	356	48	166,000
67.6	-	34.4	51.1	77.4	54.4	36.5	322	340	346	47	-
67.0	-	33.3	50.2	76.8	53.6	35.2	313	330	337	46	-
66.4	-	32.2	49.4	76.2	52.3	33.9	303	320	328	45	150,000
65.8	-	31.0	48.4	75.6	51.3	32.5	294	310	318	-	-
65.2	-	29.8	47.5	74.9	50.2	31.1	284	300	309	42	141,000
64.8	-	29.2	47.1	74.6	49.7	30.4	280	295	305	-	-
64.5	-	28.5	46.5	74.2	49.0	29.5	275	290	300	41	-
64.2	-	27.8	46.0	73.8	48.4	28.7	270	285	296	-	133,000
63.8	-	27.1	45.3	73.4	47.8	27.9	265	280	291	40	-
63.5	-	26.4	44.9	73.0	47.2	27.1	261	275	286	39	129,000
63.1	-	25.6	44.3	72.6	46.4	26.2	256	270	282	38	-
62.7	-	24.8	43.7	72.1	45.7	25.2	252	265	277	-	-
62.4	-	24.0	43.1	71.6	45.0	24.3	247	260	272	37	122,000
62.0	-	23.1	42.2	71.1	44.2	23.2	243	255	267	-	-
61.6	99.5	22.2	41.7	70.6	43.4	22.2	238	250	262	36	-
61.2	-	21.3	41.1	70.1	42.5	21.1	233	245	258	35	115,000

60.7	98.1	20.3	40.3	69.6	41.7	19.9	228	240	253	34	-
-	-	-	-	-	-	-	-	235	-	-	-
-	96.7	-	-	-	-	-	219	230	243	33	105,000
-	-	-	-	-	-	-	-	225	-	-	-
-	95.0	-	-	-	-	-	209	220	234	32	100,000
-	-	-	-	-	-	-	-	215	-	-	-
-	93.4	-	-	-	-	-	200	210	226	30	98,000
-	-	-	-	-	-	-	-	205	-	-	-
-	91.5	-	-	-	-	-	190	200	216	29	-
-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	90,000
-	89.5	-	-	-	-	-	181	190	206	28	-
-	-	-	-	-	-	-	-	185	-	-	-
-	87.1	-	-	-	-	-	171	180	196	26	83,000
-	-	-	-	-	-	-	-	175	-	-	-
-	85.0	-	-	-	-	-	162	170	185	25	79,000
-	-	-	-	-	-	-	-	165	-	-	-
-	81.7	-	-	-	-	-	152	160	175	23	-
-	-	-	-	-	-	-	-	155	-	-	-
-	78.7	-	-	-	-	-	143	150	164	22	71,000
-	-	-	-	-	-	-	-	145	-	-	-
-	75.0	-	-	-	-	-	133	140	154	21	-
-	-	-	-	-	-	-	-	135	-	-	-
-	71.2	-	-	-	-	-	124	130	143	20	63,000
-	-	-	-	-	-	-	-	125	-	-	-
-	66.7	-	-	-	-	-	114	120	133	18	-
-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-	56,000
-	62.3	-	-	-	-	-	105	110	123	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	105	-	-	-
-	56.2	-	-	-	-	-	95	100	112	-	-
-	52.0	-	-	-	-	-	90	95	107	-	-
-	48.0	-	-	-	-	-	86	90	102	-	-
-	41.0	-	-	-	-	-	81	85	97	-	-

* Values for tungsten carbide ball only

References:

Hardness Testing, ASM Internationals, Metals Park, OH, 1987
www.engineersedge.com
www.corrosionsource.com

APÊNDICE C – Ficha de avaliação dos observadores

FICHA DE AVALIAÇÃO DOS OBSERVADORES

AVALIADOR: _____ DATA: _____

1- CLASSIFICAR MARCAS LEVES PARA FORTES:

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

A

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

B

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

C

2- CLASSIFICAR TODAS AS AMOSTRAS JUNTAS LEVES PARA FORTES:

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18

3- CLASSIFICAR TODAS AS AMOSTRAS ENTRE **LEVE** OU **FORTE**:

LEVE	FORTE
-------------	--------------

APÊNDICE D – Especificações esfera aço inox AISI 420

AISI 420A/420B STAINLESS STEEL BALLS

Martensitic stainless steel hardened balls, they feature good resistance to corrosion and wear. Balls are provided in the passivated condition.

Applications

Similar to that of AISI 420C balls, when required hardness and wear resistance are lower.

Chemical composition

Type	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	-	-	-	-
420A	0,16-0,25	1,00 max	1,50 max	0,040 max	0,030 max	12,00-14,00	-	-	-	-
420B	0,26-0,35	1,00 max	1,50 max	0,040 max	0,030 max	12,00-14,00	-	-	-	-

International standards

ITA	USA	GER	FRA	UK	RUS	CHN	JAP
X20Cr13	420A	1.4021	Z 20 C 13	420 S 37	20 Kh 13	2Cr13	420J1
X30Cr13	420B	1.4028	Z 33 C 13	420 S 45	30 Kh 13	3Cr13	420J2

Physical / mechanical / thermal / electric / magnetic properties

Property	Symbol	U.o.M.	Type	Notes	Values
Density	δ	g/cm ³	Physical	Room temp.	7,73
Young's modulus	E	GPa	Mechanical	-	195
Specific heat	c	J/kg·K	Thermal	Room temp.	450
Coefficient of linear thermal expansion	α	10 ⁻⁶ /°C	Thermal	($\Delta T=0-100^\circ C$)	10,2
Thermal conductivity	λ	W/(m·K)	Thermal	Room temp.	27,4
Electric resistivity	ρ	$\Omega \cdot m \cdot 10^{-9}$	Electric	-	680
Relative magnetic permeability	μ	-	Magnetic	Not hardened	>600

Technical data

Property	Type	U.o.M.	Values	U.o.M.	Values
Hardness	Mechanical	HRC	48 - 58	-	-
Ultimate tensile strength	Mechanical	MPa	1700 - 1900	psix10 ³	250 - 275
Service temperature	Thermal	°C	0 - 400	°F	32 - 752

Range

Diameters (min/max)	U.o.M.	Diameters (min/max)	U.o.M.	Precision grades (ISO 3290-1 / DIN 5401 / AFBMA)
0,300 - 300,000	mm	1/64 - 12	"	See section International Standards: ISO 3290-1 / DIN 5401 / AFBMA

Corrosion Resistance

AISI 420A/420B steels offer a corrosion resistance similar to 420C steel. Balls of these materials resist in contact with water, steam, oil and petrol.

Revision n. 7

APÊNDICE E – Especificações esfera cerâmica

ZIRCONIUM OXIDE (ZrO₂) BALLS

Refractory ceramic material balls, they provide excellent corrosion, wear and heat resistance. They improve their hardness when they are subjected to collisions. Yttrium doped Zirconia Oxide, they provide the best properties between ceramic materials in grinding and milling applications.

Applications

Special bearings, pumps and valves that operate in aggressive environments, check valves, flow meters, measurement instruments. They are used in the medical field (very pure material), Grinding and milling applications.

Commercial name	Other name	Formula	Oxides %
Zirconium Dioxide	Zirconia	ZrO ₂ + Y ₂ O ₃	95% ZrO ₂ / 5% Y ₂ O ₃

Physical / mechanical / thermal / electric / magnetic properties

Property	Symbol	U.o.M.	Type	Notes	Values
Density	δ	g/cm ³	Physical	Room temp.	6
Young's modulus	E	GPa	Mechanical	-	210
Friction coefficient	μ	-	Mechanical	Room temp.	0,2
Specific heat	c	J/kg·K	Thermal	Room temp.	450
Coefficient of linear thermal expansion	α	10 ⁻⁶ /°C	Thermal	($\Delta T=0-100^{\circ}C$)	10,5
Thermal conductivity	λ	W/(m·K)	Thermal	Room temp.	3,5
Volume resistivity	ρ	Ω^*m	Electric	-	> 10 ¹¹
Relative magnetic permeability	μ	-	Magnetic	Diamagnetic	<-1

Technical data

Property	Type	U.o.M.	Values	U.o.M.	Values
Hardness	Mechanical	HRA	87 - 91	-	-
Ultimate compressive strength	Mechanical	MPa	1750 - 2500	psix10 ³	254 - 362
Service temperature	Thermal	°C	0 / 1350	°F	32 / 2462

Range

Diameters (min/max)	U.o.M.	Diameters (min/max)	U.o.M.	Precision grades (ISO 3290 / AFBMA)
0,300 - 101,600	mm	1/64 - 4		G10-16-20-25-28-40-60-100

Corrosion Resistance

Zirconia balls are chemically inert in molten metals, caustic and organic solvents and most acids substances. They are not resisting against hydrochloric acid and strong alkaline solutions.

Revision n. 12

APÊNDICE F – Especificações esfera aço carbono

AISI 1010/1015 LOW CARBON STEEL CEMENTED BALLS

Low cost carbon steel balls, case-hardened only. The thickness of the case hardened layer depends on the diameter of the ball.

Applications

Furniture rails and rollers, drawers and rolling bearings, locks, oilers and greasers, skates, caddies, toys, belt and roller conveyors, tumble finishing.

Chemical composition

Type	%C	%Si	%Mn	%P	%S					
1010	0,08-0,13	0,10-0,35	0,30-0,60	0,040 max	0,050 max	-	-	-	-	-
1015	0,12-0,18	0,10-0,35	0,30-0,60	0,040 max	0,050 max	-	-	-	-	-

International standards

ITA	USA	GER	FRA	UK	RUS	CHN	JPN
C10	1010	1.1121	CC10	040A10	10	10	S10C
C15	1015	1.1141	XC12	080M15	15	15	S15C

Physical / mechanical / thermal / electric / magnetic properties

Property	Symbol	U.o.M.	Type	Notes	Values
Density	δ	g/cm ³	Physical	Room temp.	7,82
Young's modulus	E	GPa	Mechanical	-	200
Specific heat	c	J/kg-K	Thermal	Room temp.	468
Coefficient of linear thermal expansion	α	10 ⁻⁶ /°C	Thermal	($\Delta T=0-100^{\circ}C$)	11,8
Thermal conductivity	λ	W/(m-K)	Thermal	Room temp.	57,9
Electric resistivity	ρ	$\Omega \cdot m \cdot 10^{-9}$	Electric	-	155
Relative magnetic permeability	μ	-	Magnetic	Ferromagnetic	> 500

Technical data

Property	Type	U.o.M.	Values	U.o.M.	Values
Hardness	Mechanical	HRC	55 - 65	-	-
Ultimate tensile strength	Mechanical	MPa	300 - 400	psix10 ³	43 - 58
Service temperature	Thermal	°C	-40 / 500	°F	-40 / 932

Range

Diameters (min/max)	U.o.M.	Diameters (min/max)	U.o.M.	Precision grades (ISO 3290-1 / DIN 5401 / AFBMA)
1,500 - 300,000	mm	1/16 - 12	"	G100-200-300-500-600-700-1000

Revision n. 8

