

MESTRADO EM REABILITAÇÃO ORAL

Comparação de materiais restauradores provisórios e definitivos por impressão 3D: estudo *in vitro*

Ana Lúcia Barbosa Pereira

M

2024



Comparação de materiais restauradores provisórios e definitivos por impressão 3D: estudo *in vitro*

ESTUDANTE:

Nome Completo: Ana Lúcia Barbosa Pereira

Número de Estudante: 201303297

Contacto Telefónico: 937763954

Contacto Eletrónico: anapereiraofdmdup@gmail.com

Título profissional: Médica Dentista

ORIENTADOR:

Nome Completo: Maria Margarida Ferreira Sampaio Fernandes

Grau Académico: Doutoramento

Título Profissional: Professora Auxiliar Convidada com Agregação da
Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP)

COORIENTADOR:

Nome Completo: Carlos Miguel da Costa Gomes Fernandes

Grau Académico: Doutoramento

Título Profissional: Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto (FEUP)

Resumo

Introdução: As resinas de impressão tridimensional (3D) têm sido cada vez mais utilizadas na fabricação de próteses fixas, tratando-se de uma alternativa promissora aos métodos tradicionais de produção. No entanto, a seleção adequada de materiais é fundamental para garantir a qualidade e a durabilidade destas restaurações.

Objetivo: Estudar e comparar, *in vitro*, a rugosidade de superfície, a microdureza de Vickers, a resistência à flexão e módulo de elasticidade à flexão de duas resinas de impressão tridimensional (provisória vs definitiva) e o efeito da termociclagem nessas mesmas propriedades.

Materiais e métodos: Com recurso a impressora *NextDent* 5100, foram impressos dois tipos de provetes para os dois materiais em estudo: 18 em forma de placa (25×25×2mm) utilizados para a avaliação da rugosidade de superfície e de microdureza de Vickers – 9 placas *NexDent C&B Micro Filled Hybrid (MFH) 3D Systems* (resina de impressão 3D para próteses fixas provisórias - P) e 9 placas *Crowntec NexDent Saremco* (resina de impressão 3D definitiva - D); e 18 em forma de barra (25×2×2mm) utilizados no ensaio de flexão em 3 pontos, com distribuição semelhante. Para cada material os provetes foram divididos em 3 grupos de 3 provetes cada, de acordo com o tempo de envelhecimento térmico: T1 – inicial (sem termociclagem); T2 – submetidos a 2500 ciclos de termociclagem; e T3 – 5000 ciclos. A rugosidade de superfície foi avaliada através de um rugosímetro de contacto *Hommelwerke*. O ensaio de microdureza de Vickers realizou-se num *Micro Hardness Tester*, MXT70, Matsuzawa Seiki CO, LTD, Tokyo, Japan. O ensaio da flexão em 3 pontos foi realizado com recurso a máquina *MultiTest 2.5 dV* e célula de carga *MecMesin* AFG 2500N. Os dados recolhidos foram organizados em tabelas Excel e analisados no software IBM SPSS Statistics v29.0. A normalidade das distribuições foi testada com recurso ao teste de Shapiro-Wilk ($p>0,05$) e foram selecionados os testes estatísticos mais

adequados: paramétricos (teste t) e não paramétricos (teste de U Mann - Whitney).

Resultados: A rugosidade de superfície inicial foi semelhante em ambos os materiais, embora ligeiramente superior no material D (P – T1_Ra=0,64±0,13µm, T1_Rz=3,79±0,52µm; D – T1_Ra=0,72±0,36µm, T1_Rz=4,47±0,32µm), assim como após 2500 (P – T2_Ra=0,63±0,12µm, T2_Rz=3,69±0,59µm; D – T2_Ra=0,74±0,10µm, T2_Rz=4,67±0,51µm) e 5000 ciclos de termociclagem (P – T3_Ra=0,64±0,07µm, T3_Rz=4,12±0,64µm; D – T3_Ra=0,70±0,07µm, T3_Rz=4,39±0,33µm). A microdureza de Vickers foi significativamente superior no material D, em T1 (14,28±0,77HV) e em T2 (18,42±2,56HV) (p<0,001 e p=0,011). No que respeita à resistência à flexão e ao módulo de elasticidade à flexão, não existiram diferenças entre os materiais, em todos os tempos de envelhecimento. A termociclagem produziu efeitos estatisticamente significativos na microdureza do material P, sendo que esta propriedade aumentou com o tempo de termociclagem, de T1 para T2 (p=0,047), e de T1 para T3 (p=0,004) e T2 para T3 (p=0,013).

Conclusão: As resinas de impressão 3D estudadas apresentam um bom comportamento mecânico, mesmo quando submetidas a um envelhecimento térmico. Estes materiais são uma alternativa cada vez mais promissora aos métodos tradicionais de produção de próteses fixas provisórias e definitivas. É necessária mais investigação sobre as características destes materiais, de modo a permitir uma escolha mais criteriosa dos materiais impressos, particularmente quando é necessária uma restauração de longa duração.

Palavras-chave: Impressão 3D, materiais dentários impressos em 3D, propriedades mecânicas, prótese dentária fixa, restauração provisória, definitiva

Abstract

Introduction: Three-dimensional (3D) printing resins have been increasingly used to manufacture fixed prostheses and are a promising alternative to traditional production methods. However, the appropriate selection of materials is essential to guarantee the quality and durability of these restorations.

Objective: To study and compare, *in vitro*, the surface roughness, Vickers microhardness, flexural strength and flexural modulus of elasticity of two three-dimensional impression resins (provisional vs. definitive) and the effect of thermocycling on these properties.

Materials and methods: Using the *NextDent* 5100 printer, two types of specimens were printed for the two materials under study: 18 plate-shaped specimens (25×25×2mm) used to assess surface roughness and Vickers microhardness - 9 *NexDent C&B Micro Filled Hybrid* (MFH) 3D Systems plates (3D printing resin for temporary fixed prostheses - P) and 9 *Crowntec NexDent Saremco* plates (definitive 3D printing resin – D); and 18 bar-shaped specimens (25×2×2mm) which were used in the 3-point bending test, with similar distribution.. For each material, the specimens were divided into 3 groups of 3 specimens each, according to the thermal ageing time: T1 - initial (without thermal cycling); T2 - subjected to 2500 thermal cycling cycles; and T3 - 5000 cycles. Surface roughness was assessed using a Hommelwerke contact roughness meter. The Vickers microhardness test was carried out on a Micro Hardness Tester, MXT70, Matsuzawa Seiki CO, LTD, Tokyo, Japan. The 3-point bending test was carried out using a MultiTest 2.5 dV machine and a MecMesin AFG 2500N load cell. The data collected was organized in excel tables and analyzed using the IBM SPSS Statistics v29.0 software. The normality of the distributions was tested using the Shapiro-Wilk test ($p>0,05$) and the most appropriate statistical tests, parametric (t-tests), and non-parametric (Mann-Whitney U-test).

Results: The initial surface roughness was similar for both materials although slightly higher in material D (P-T1_Ra=0,64±0,13µm, T1_Rz=3,79±0,52µm; D-T1_Ra=0,72±0,36µm, T1_Rz=4,47±0,32µm), as well as after 2500 (P-T2_Ra=0,63±0,12µm, T2_Rz=3,69±0,59µm; D-T2_Ra=0,74±0,10µm, T2_Rz=4,67±0,51µm) and 5000 thermocycling cycles (P-T3_Ra=0,64±0,07µm, T3_Rz=4,12±0,64µm; D-T3_Ra=0,70±0,07µm, T3_Rz=4,39±0,33µm). Vickers microhardness was higher in material D, in the T1 (14.28 ± 0,77HV) and T2 (18,42±2,56HV) samples (p<0,001 and p=0,011). In terms of flexural strength and flexural modulus, there were no differences between the materials at all ageing times. Thermocycling had a statistically significant effect on the microhardness of material P, increasing this property from T1 to T2 (p=0,047), from T1 to T3 (p=0,004) and from T2 to T3 (p=0,013).

Conclusion: The studied 3D printing resins show good mechanical behaviour, despite being subjected to thermal ageing. These materials are an increasingly promising alternative to traditional methods of producing provisional and definitive fixed prostheses. More research is needed into the characteristics of these materials, in order to allow a more discerning choice of printed materials, particularly when a long- lasting restoration is needed.

Key-words: 3D printing, 3D printed dental materials, mechanical properties, fixed dental prosthesis, provisional restoration, definitive

Agradecimentos

À Professora Doutora Margarida Sampaio Fernandes, minha orientadora, pela manifestação de incondicional apoio e disponibilidade, pela compreensão por algumas dilações, pelo aconselhamento assertivo e pelo estímulo permanente, que muito contribuíram para aumentar o desafio e melhorar a profundidade e a clareza da investigação.

Ao Professor Carlos Fernandes, meu co-orientador, a minha sincera gratidão pela orientação e dedicação, pela pronta disponibilidade em contribuir na realização do trabalho experimental e pela execução dos testes de rugosidade de superfície. A sua colaboração foi determinante para a concretização deste trabalho.

Ao Professor Jorge Figueiredo, o meu agradecimento pela disponibilidade, colaboração e boa disposição na realização do ensaio à microdureza.

À Professora Ana Pais, um sincero agradecimento pela ajuda na realização dos testes de resistência à flexão, pela gentileza em sempre acompanhar o processo e esclarecer todas as dúvidas.

À dona Alice e Sr. Paulo, pela amizade e prontidão a ajudar sempre que precisei.

A todos os professores doutores do Mestrado de Reabilitação Oral da Faculdade de Medicina Dentária, por todos os ensinamentos práticos e teóricos, pela amizade e importante contribuição no meu percurso profissional.

À minha família, amigos e colegas de trabalho, pela motivação e tudo de bom que sempre desejam para mim.

Índice de Figuras

Figura 1. Resina de impressão 3D definitivos Crowntec NexDent Saremco.	13
Figura 2. Resina de impressão 3D provisórios NexDent C&B MFH	13
Figura 3. Modelo do provete em barra (a) e do provete em placa (b).....	14
Figura 4. Desenho da mesa de impressão.....	14
Figura 5. Aparelho de impressão 3D NexDent 5100.....	15
Figura 6. Unidade de pós-processamento NextDent Cure.....	16
Figura 7. Representação esquemática do estudo.....	18
Figura 8. Termocicladora <i>Ethik® Technology, São Paulo, Brasil</i>	19
Figura 9. Rugosímetro de contacto Hommelwerke.....	20
Figura 10. Perfil de rugosidade com identificação da rugosidade média aritmética.....	21
Figura 11. Perfil de rugosidade com identificação das máximas alturas pico vale por comprimento de base l_r	21
Figura 12. Micro Hardness Tester, MXT70.....	22
Figura 13. Pesquisa das diagonais através da ampliação 400x.....	22
Figura 14. Representação da indentação criada pelo diamante, nos provetes. d representa uma das diagonais a medir.....	22
Figura 15. Fotografia dos provetes em barra.....	23
Figura 16. Paquímetro digital.....	23
Figura 17. Máquina MultiTest 2.5 – dV.....	24
Figura 18. Ensaio de flexão em cada provete.....	24
Figura 19. Gráfico tensão deformação, com reta linear e respetiva equação, resultado do ensaio de resistência à flexão em 3 pontos de um provete D em T2.....	25
Figura 20. Perfil de rugosidade de um provete P-T1.....	27
Figura 21. Perfil de rugosidade de um provete D-T1.....	27
Figura 22. Perfil de rugosidade de um provete D-T3.....	27
Figura 23. Perfil de rugosidade de um provete P-T3.....	28
Figura 24. Gráfico de bigodes com a distribuição dos resultados dos dois materiais em T1.....	30

Figura 25. Gráfico de bigodes com a distribuição dos resultados dos dois materiais em T2.....	30
Figura 26. Cálculo da resistência à flexão esquematizado.....	31

Índice de Tabelas

Tabela I Materiais e parâmetros de impressão utilizados.....	15
Tabela II Distribuição de provetes impressos segundo os ensaios e os tempos do estudo.	188
Tabela III Resultados da rugosidade de superfície de cada material (P e D) e tempo de envelhecimento (T1, T2, T3).....	26
Tabela IV Resultados da microdureza de Vickers, para cada material (P e D) e tempo de envelhecimento (T1, T2, T3).	299
Tabela V Resistência à flexão (RF) e Módulo de elasticidade à flexão (MF) para cada provete, em MPa.....	32
Tabela VI Resistência à flexão de cada material em cada tempo estudado...	32
Tabela VII Módulo de elasticidade à flexão, em MPa, de cada material em cada tempo estudado.	333

Abreviaturas

3D – tridimensional

D – resina de impressão 3D para próteses fixas definitivas

DLP – processamento digital de luz

FDM – modelagem de deposição fundida

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FMDUP – Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

HV – microdureza de Vickers

MF – módulo de elasticidade à flexão

MFH – Micro Filled Hybrid

P – resina de impressão 3D para próteses fixas provisórias

PEEK – polietereetercetona

PMMA – polimetacrilato

Ra – rugosidade média de superfície

Rz – média das alturas picos/vales da superfície

SLA – estereolitografia

SLS – sinterização seletiva a laser

T – tempo simulado através da termociclagem

T1 – 0 ciclos de termociclagem

T2 – 2500 ciclos de termociclagem

T3 – 5000 ciclos de termociclagem

σ – resistência à flexão

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Abreviaturas.....	xiii
I. Introdução.....	9
II. Materiais e Métodos.....	13
II.1. Preparação dos provetes.....	13
II.2. Desenho do estudo.....	17
II.3. Termociclagem.....	19
II.4. Ensaaios mecânicos.....	20
II.4.1. Rugosidade de superfície.....	20
II.4.2. Microdureza de Vickers.....	21
II.4.3. Resistência à flexão e módulo de elasticidade à flexão.....	23
II.5. Análise estatística.....	25
III. Resultados.....	26
III.1. Rugosidade de superfície.....	26
III.2. Microdureza de Vickers.....	29
III.3. Resistência à flexão.....	31
IV. Discussão.....	34
V. Conclusão.....	42
Referências bibliográficas.....	45
ANEXOS	

I. Introdução

A tecnologia de impressão tridimensional (3D) ou método de fabricação aditiva existe há mais de 30 anos, e desde 2009, ano em que expirou a sua última patente, tem ganho cada vez mais terreno na indústria, na biomedicina e na medicina dentária (1).

Na Medicina Dentária tem vindo a fornecer uma alternativa promissora aos métodos tradicionais de produção de próteses dentárias e outros dispositivos, assim como aos métodos de produção por subtração (fresagem). Existem vantagens significativas em termos de personalização, precisão, eficiência, variedade de materiais disponíveis, produção de geometrias complexas (1, 2). Quando comparada aos métodos subtrativos, a impressão tridimensional, sendo um método aditivo, contribui para a redução de custos e resíduos de produção, tornando-a uma escolha atraente em comparação com os outros métodos de fabrico (1-7). Ainda assim, existem algumas desvantagens relacionadas com a anisotropia das propriedades mecânicas, devido à produção por camadas e, por vezes, o baixo conteúdo em *fillers* das resinas escolhidas (2, 7).

Os métodos de impressão 3D incluem, por exemplo, a estereolitografia (SLA), o Processamento Digital de luz (DLP), a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) e a Modelagem de deposição fundida (FDM) (6). Entre estes, DLP e SLS são os métodos mais utilizados em medicina dentária (8). Apesar da impressão de modelos em SLA ser considerada mais precisa, o método DLP (com fotopolimerização adicional após impressão) é considerado mais rápido do que o método SLA (7, 9), utiliza uma fonte de luz para polimerizar a resina líquida, em que uma tela de projeção digital polimeriza uma única camada simultaneamente, à medida que a plataforma de construção aumenta (1, 10). Através dos métodos DPL e SLA, uma das principais vantagens é a variedade de resinas existentes no mercado (11).

Paralelamente ao desenvolvimento das novas tecnologias digitais e respetivos equipamentos, também os materiais têm sofrido grande evolução, com o surgimento de novas soluções e produtos. Para a fabricação de próteses dentárias, vários materiais podem ser utilizados pelo método de impressão 3D: cerâmicas, compósitos, resinas poliméricas tipo a polietereetercetona (PEEK) e o polimetilmetacrilato (PMMA) e, os mais recentes, compósitos poliméricos cerâmicos (7, 12). O desenvolvimento destes últimos materiais tem vindo a produzir restaurações impressas de elevada estética, ultrapassando a desvantagem das cerâmicas convencionais que provocam desgaste nos dentes naturais antagonistas (7).

No contexto prático, a escolha do material prende-se com a indicação clínica da situação. Consoante a fase reabilitadora, é, muitas vezes, crucial desenhar e colocar restaurações fixas, de curto e médio ou longo prazo, que transmitam confiança para o profissional de saúde e para o paciente, seja em termos funcionais como estéticos. É inquestionável que as restaurações provisórias, independentemente da extensão, são essenciais para o sucesso da reabilitação fixa sobre dentes, pois asseguram a saúde periodontal e a remodelação dos tecidos moles de suporte, protegem as preparações dentárias das agressões químicas e físicas, providenciam conforto, aumentam o grau de satisfação do paciente, restaurando a função mastigatória e a estética, permitindo ajustes (caso necessários), até à cimentação ou colagem da restauração final (3). Os materiais escolhidos para fabricar estas restaurações são maioritariamente compósitos à base de resina, com algumas desvantagens associadas, devido às suas propriedades mecânicas inferiores, como a baixa resistência à fratura que pode contribuir para o insucesso e/ou a falha da restauração (8, 11). Normalmente, estas resinas de impressão 3D são misturadas com monómeros de metacrilatos ou dimetacrilatos, *fillers* inorgânicos, foto-iniciadores, agentes de silano e pigmentos (4, 8, 13).

Para se conseguir atingir resultados adequados através da impressão 3D são necessárias resinas compostas pré polimerizadas fluídas, com baixa percentagem de inclusões inorgânicas. No entanto, é a baixa percentagem de *fillers* inorgânicos que determina as baixas propriedades mecânicas das resinas

de impressão tridimensional, fazendo com que sejam majoritariamente selecionadas para fases intermédias da reabilitação em curso (14, 15). Mais recentemente, têm surgido novas resinas para impressão 3D com inclusões cerâmicas, destinadas a reabilitação fixa dento-suportada definitiva (4, 14).

As próteses dentárias fixas definitivas têm sido descritas como tendo longevidade de 7 a 14 anos (15). As propriedades mecânicas destas restaurações devem ser adequadas de forma a evitar o desgaste causado pelo antagonista, a fratura e a deterioração do material durante a sua permanência em boca (15).

Na área da prostodontia é importante conhecer e compreender as propriedades mecânicas dos materiais escolhidos para cada cenário clínico, devendo ser escolhidos os materiais mais resistentes para reabilitações que demandem maior longevidade, ou mesmo em fases provisórias mais longas. O consenso na literatura é de que as resinas de impressão 3D são promissoras nas suas várias aplicações clínicas, pois comparativamente aos métodos tradicionais de produção de próteses dentárias, têm apresentado boas propriedades mecânicas e baixa adesão de fungos (3), no entanto deve ser considerado que o ambiente da cavidade oral é pejorativo para qualquer restauração. Nas próteses fixas provisórias é mais notório este efeito pela degradação gradual da matriz polimérica, pela libertação de monómeros que não reagiram, a degradação do produto e o vazamento dos iões dos fillers (2).

Atualmente, na literatura, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos, com vista ao estudo biomecânico, biológico e do comportamento clínico dos novos materiais impressos disponíveis para reabilitação oral. Parâmetros de impressão (orientação de impressão e espessura de camada) e de pós-processamento têm sido considerados fatores críticos que conduzem a diferentes propriedades físicas e mecânicas dos materiais impressos (2). Para melhor compreensão da influência destes parâmetros nos diversos materiais é fundamental a realização de mais estudos laboratoriais e clínicos.

Deste modo, este estudo tem como objetivos:

- Caracterizar e comparar duas resinas de impressão 3D comercializadas para restaurações dentárias fixas: provisórias – NexDent C&B MFH (3D Systems); e, definitivas – Crowntec for NextDent (Saremco, 3D Systems);

- E, compreender qual o efeito do envelhecimento térmico nas propriedades mecânicas: rugosidade de superfície (Ra e Rz), microdureza de Vickers (representado por HV – *Hardness Vickers*), resistência à flexão (representado matematicamente por sigma, σ) e o módulo de elasticidade à flexão destes materiais.

As hipóteses nulas formuladas são:

H01. Não existem diferenças estatisticamente significativas nas propriedades mecânicas entre as duas resinas de impressão 3D (provisória ou definitiva);

H02. O envelhecimento por termociclagem não influencia as propriedades mecânicas das resinas 3D.

II. Materiais e Métodos

Este estudo *in vitro* foi realizado na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP), em colaboração com o Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

II.1. Preparação dos provetes

Neste trabalho foram utilizadas duas resinas de impressão 3D específicas para restaurações dentárias fixas: uma para restaurações provisórias (NexDent C&B MFH, 3D Systems – Figura 1) e outra para próteses fixas definitivas (Crowntec for NextDent, Saremco, 3D Systems – Figura 2).

Foram produzidos provetes com duas formas distintas (Figura 3), de acordo com a norma ISO 4049 aplicadas em Dentisteria – Materiais restauradores à base de polímeros (16) ou literatura de referência (17): placa 25×25×2mm, para realização dos testes de rugosidade e microdureza de Vickers; e barra 25±2 × 2,0±0,1 × 2,0±0,1mm, para a realização de testes de flexão.



Figura 1. Resina de impressão 3D definitivos Crowntec NexDent Saremco



Figura 2. Resina de impressão 3D provisórias NexDent C&B MFH N1

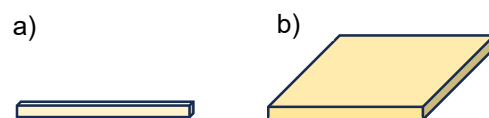


Figura 3. Modelo do provete em barra (a) e do provete em placa (b).

Todos os provetes foram desenhados e preparados no software de apoio à impressão 3D Sprint (3D Systems) (Figura 4) e produzidos na impressora DLP NextDent 5100 da Medical3DPrinting (3D Systems) (Figura 5).

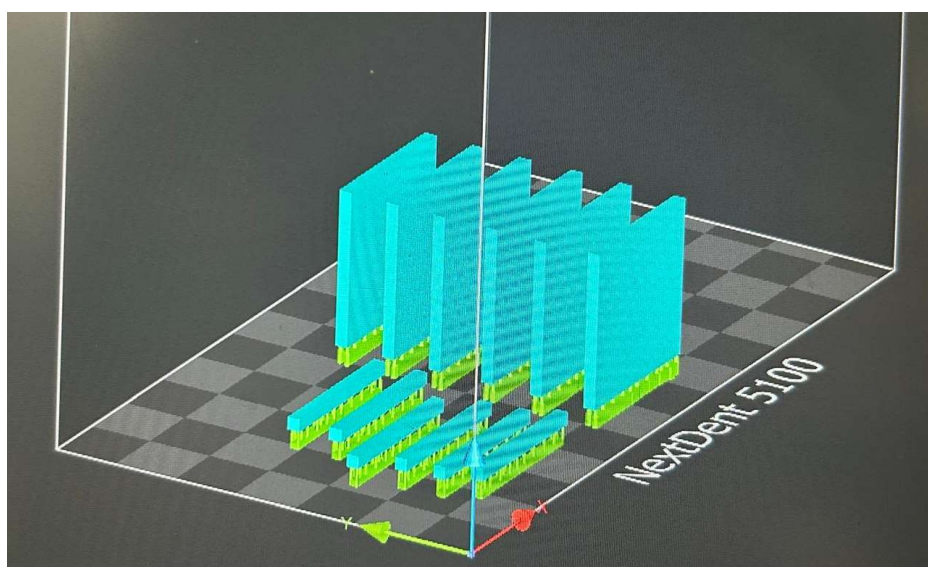


Figura 4. Desenho da mesa de impressão.



Figura 5. Aparelho de impressão 3D NexDent 5100.

Na tabela I apresentam-se todos os dados dos materiais e parâmetros de impressão utilizados na preparação dos provetes.

Tabela I Materiais e parâmetros de impressão utilizados.

Material	Lote	validade	Parâmetros de impressão
NextDent C&B Micro Filled Hybrid (MFH) – 3D Systems Cor N1	XG085N21	21/02/2025	Espessura de camada 50µm Inclinação de impressão 0° para provetes barra e 90° para provetes placa. Estilo de construção Standard
Crowntec for NextDent Saremco (3D Systems) Cor A3	E393	30/06/2025	Espessura de camada 50µm Inclinação de impressão 0° para provetes barra e 90° para provetes placa. Estilo de construção Premium

Os procedimentos pós impressão respeitaram as instruções do fabricante, para ambas as resinas. Inicialmente os provetes foram sujeitos a lavagem ultrassônica em álcool isopropílico durante 3 minutos, seguidos de mais 2 minutos em álcool isopropílico renovado, terminando com um período de repouso de 10 minutos. A polimerização final realizou-se em unidade de pós-processamento NextDent Cure (modelo 450110) (figura 6), durante 30 minutos.



Figura 6. Unidade de pós-processamento NextDent Cure (modelo 450110).

Todos os provetes foram sujeitos ao seguinte protocolo simplificado de polimento: 1. Broca de polimento cinza (Grão Iso.524), 2. Broca de polimento silicone amarelo (Grão Iso.514), 3. Broca de polimento de pelo de cabra. As brocas foram montadas em peça de mão e acionadas em baixa velocidade por 30 segundos em cada superfície dos provetes.

II.2. Desenho do estudo

Para ambos os materiais, foram avaliadas 4 propriedades (rugosidade de superfície, microdureza de Vickers, resistência à flexão e módulo de flexão), e para cada um dos ensaios, foram avaliados 3 provetes (de cada material) em 3 tempos diferentes (T1 – inicial; T2 – após 2500 ciclos de envelhecimento térmico, T3 – após 5000 ciclos de envelhecimento térmico). O desenho do estudo está representado na Figura 7.

No total foram produzidos provetes 36, 18 em forma de barra e 18 em forma de placa, e a sua distribuição está compilada na Tabela II.

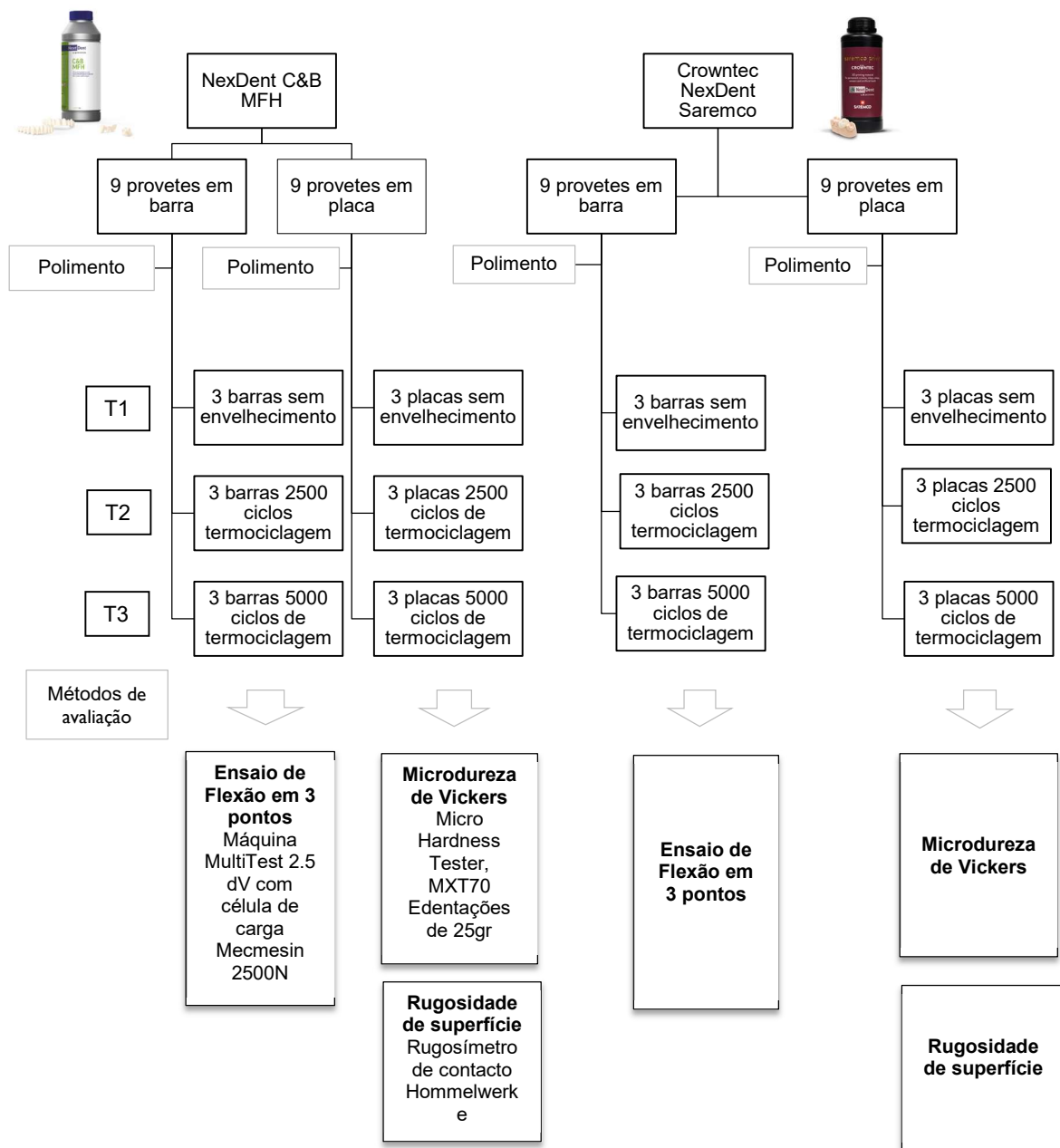


Figura 7. Representação esquemática do estudo.

Tabela II Distribuição de provetes impressos segundo os ensaios e os tempos do estudo.

Testes mecânicos	Número de provetes	Dimensões dos provetes
Rugosidade de superfície	2x(n=3) x 3 (T1, T2, T3) = 18 provetes	25x25x2 mm
Microdureza de Vickers	reutilizados	25x25x2 mm
Resistência à flexão	2x(n=3) x 3 (T1, T2, T3) = 18 provetes	25x2x2 mm

II.3. Termociclagem

O processo de envelhecimento por termociclagem foi realizado num equipamento termociclador (Ethik® Technology, São Paulo, Brasil) (Figura 8) onde os provetes foram sujeitos a banhos alternados de água destilada a diferentes temperaturas (5°C e 55°C). Cada banho teve a duração de 25 segundos e cada transição a duração de 5 segundos.

Em T1, os provetes não sofreram qualquer ciclo de envelhecimento térmico. Para simular a utilização na cavidade oral por 3 e 6 meses, alguns provetes foram sujeitos a 2500 (T2) e outros a 5000 ciclos (T3), respetivamente (2).



Figura 8. Termocicladora *Ethik® Technology, São Paulo, Brasil.*

II.4. Ensaios mecânicos

II.4.1. Rugosidade de superfície

A rugosidade de superfície foi avaliada através de um rugosímetro de contacto *Hommelwerke* (Figura 9) com controlador T8000 e unidade linear LV-50. Foi utilizada uma ponteira com raio de ponta de 5 µm e com uma amplitude de medição vertical de ±300 µm. O comprimento de análise por cada perfil foi de 4,8 mm, seguindo as recomendações estabelecidas na norma DIN 4768 para análises de rugosidade. Os resultados foram processados para a remoção de forma da superfície e um filtro gaussiano ($L_c=0,8$ mm de acordo com as normas DIN 4768) foi utilizado para separação da rugosidade e ondulação da superfície. Os resultados serão apresentados segundo a média aritmética da superfície (R_a , Figura 10) e a média das alturas picos/vales (R_z , Figura 11), de acordo com as equações (1) e (2). Os valores dos parâmetros de rugosidade são apresentados em micrómetros (µm).

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |z(x)| dx \quad (1)$$

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{zi} \quad (2)$$

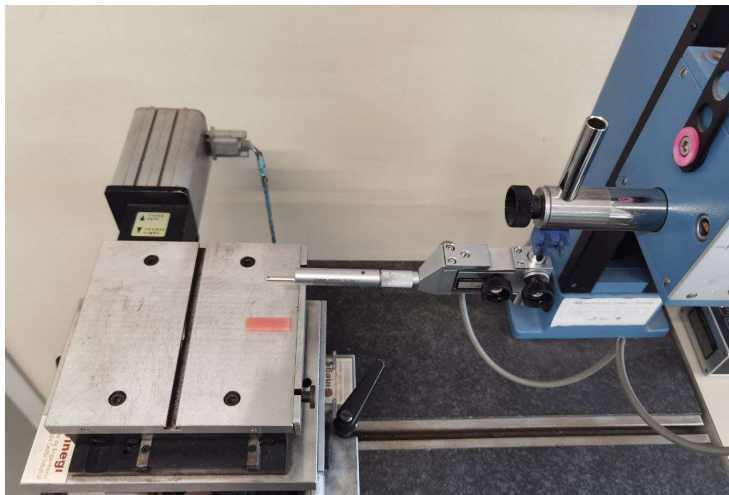


Figura 9. Rugosímetro de contacto Hommelwerke.

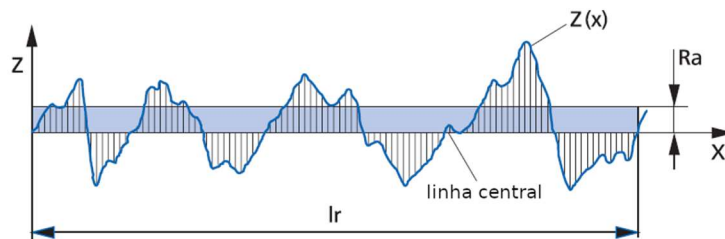


Figura 10. Perfil de rugosidade com identificação da rugosidade média aritmética.

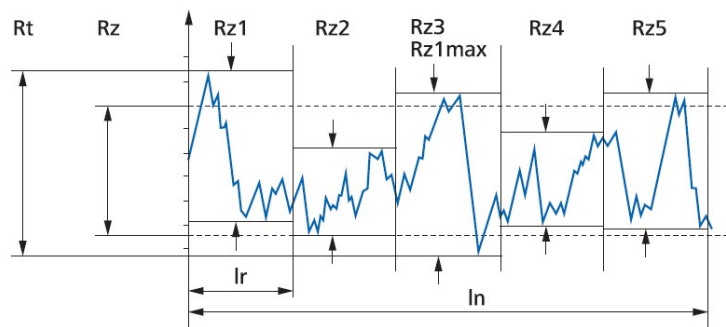


Figura 11. Perfil de rugosidade com identificação das máximas alturas pico vale por comprimento de base l_r .

II.4.2. Microdureza de Vickers

O ensaio de microdureza de Vickers realizou-se num *Micro Hardness Tester*, MXT70, Matsuzawa Seiki CO, LTD, Tokyo, Japan (Figura 12). Três indentações em cada placa 25x25x2 foram realizadas com 25g de carga, e seguidamente, medidas as diagonais produzidas pelo diamante em carga com recurso a microscopia multifocal da máquina com ampliação de 400x (Figuras 13 e 14).

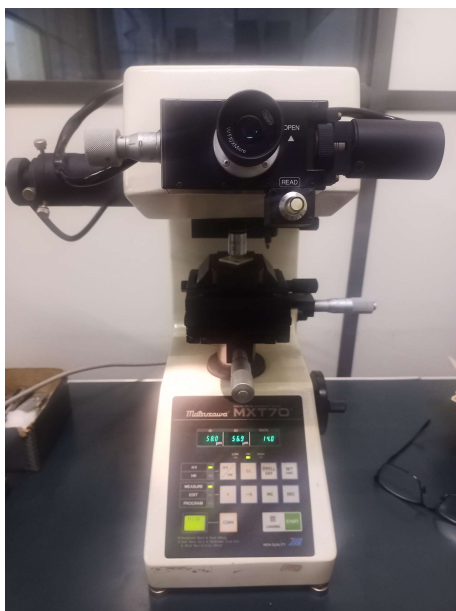


Figura 12. Micro Hardness Tester, MXT70.



Figura 13. Pesquisa das diagonais através da ampliação 400x.

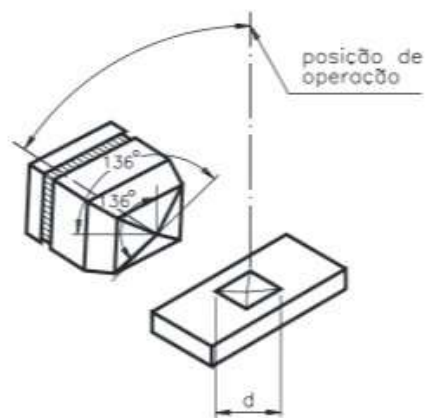


Figura 14. Representação da indentação criada pelo diamante, nos provetes. d representa uma das diagonais a medir.

<https://rijeza.com.br/blog/conheca-mais-sobre-a-dureza-vickers/>

II.4.3. Resistência à flexão e módulo de flexão

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados em provetes de dimensões de acordo com as normas ISO 4049/2019: $(25 \pm 2) \text{ mm} \times (2,0 \pm 0,1) \text{ mm} \times (2,0 \pm 0,1) \text{ mm}$ (16).

O ensaio realizou-se em 3 provetes de cada material, nos 3 tempos de envelhecimento simulado, correspondendo a um total de 18 provetes, sendo 9 de cada material (3 provetes x 3 tempos) – Figura 15.



Figura 15. Fotografia dos provetes em barra.

Previamente à realização dos ensaios, foram avaliadas as dimensões dos provetes produzidos, com recurso a paquímetro – Figura 16.



Figura 16. Paquímetro.

A máquina de testes universal (MultiTest 2.5-dv – Mecmesin) foi preparada de acordo com indicações da norma ISO – 4049:2019 (16). O aparelho de ensaio

de resistência à flexão é constituído por duas hastes montadas paralelas, com uma distância de $20 \pm 0,1$ mm entre os centros, e uma terceira haste paralela às outras duas, mas posicionada na zona superior do provete de modo que as três hastes em combinação possam ser usadas para aplicar uma força em 3 pontos do provete. A célula de carga Mecmesin AFG 2500N aplicou uma força à velocidade de $0,75 \pm 0,25$ mm/min – Figuras 17 e 18.



Figura 17. Máquina MultiTest 2.5 – dV.



Figura 18. Ensaio de flexão em cada provete.

O módulo de elasticidade à flexão avalia a rigidez do material no regime elástico quantificando quanto é que o material se deforma sob aplicação de uma determinada carga. Foi determinado através do declive da reta dada pelo gráfico tensão-deformação resultante do ensaio realizado em cada provete. Na figura 19 apresenta-se exemplo de um gráfico tensão-deformação, a reta linear respetiva e a sua equação. A negrito, o declive da reta corresponde ao módulo de flexão desse provete.

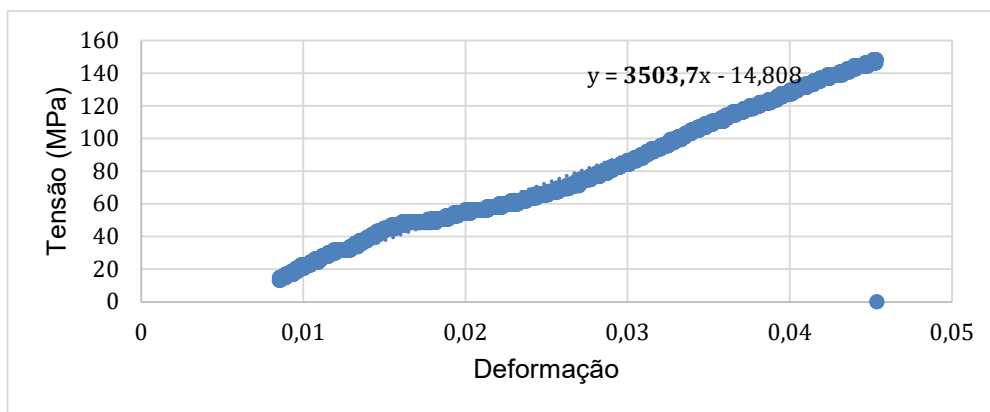


Figura 19. Gráfico tensão-deformação, com reta linear e respetiva equação, resultado do ensaio de resistência à flexão em 3 pontos de um provete D em T2.

II.5. Análise estatística

Os dados recolhidos foram organizados em tabelas do excel e depois software IBM SPSS Statistics v29.0.

A normalidade das distribuições foi testada com recurso ao teste de Shapiro-Wilk. Quando se confirmou este requisito, procedeu-se à realização de testes paramétricos. Quando os dados recolhidos são mais frágeis, procedeu-se à realização de testes não paramétricos.

A média e o desvio padrão, assim como a mediana e o intervalo interquartil de cada uma das propriedades mecânicas estudadas, para cada material, foram calculadas e comparadas entre si, nos diferentes tempos de estudo, utilizando o teste t – amostras independentes ou teste U-Mann Whitney.

Para cada material, os valores encontrados inicialmente (T1) foram comparados com os obtidos no T2 e no T3, usando o teste estatístico adequado para amostras emparelhadas.

III. Resultados

Todos os resultados são apresentados pela mesma ordem da descrição das propriedades mecânicas estudadas, assim como os respectivos resultados estatísticos. Algumas tabelas mais extensas, extraídas do software de análise estatística, foram incluídas na secção Anexos, no final deste documento.

III.1. Rugosidade de superfície

No que respeita à rugosidade de superfície, foram analisados os parâmetros Ra e Rz, sendo que na Tabela III se apresentam os valores médios, desvio médio, mediana e intervalo interquartil, para cada tempo do estudo.

Tabela III Resultados da rugosidade de superfície de cada material (P e D) e tempo de envelhecimento (T1, T2, T3).

	Rugosidade de superfície (μm)		
Grupo	Média $\pm$ Desvio padrão	Mediana	Intervalo interquartil
P – T1_Ra	0,64 $\pm$ 0,13	0,66	0,25
P – T2_Ra	0,63 $\pm$ 0,12	0,67	0,23
P – T3_Ra	0,64 $\pm$ 0,07	0,65	0,14
P – T1_Rz	3,79 $\pm$ 0,52	3,93	1,01
P – T2_Rz	3,69 $\pm$ 0,59	3,96	1,08
P – T3_Rz	4,12 $\pm$ 0,64	4,31	1,23
D – T1_Ra	0,72 $\pm$ 0,36	0,73	0,07
D – T2_Ra	0,74 $\pm$ 0,10	0,77	0,19
D – T3_Ra	0,70 $\pm$ 0,07	0,68	0,13
D – T1_Rz	4,47 $\pm$ 0,32	4,63	0,57
D – T2_Rz	4,67 $\pm$ 0,51	4,79	1,00
D – T3_Rz	4,39 $\pm$ 0,33	4,47	0,65

Os valores médios de Ra e Rz dos dois materiais são semelhantes em todos os tempos estudados e mantêm-se constantes ao longo do tempo, sendo ligeiramente superiores em D. As Figuras 20 e 21 representam os perfis de rugosidade de um provete P e D em T1, respetivamente, onde se verificam as ligeiras diferenças entre os materiais, inicialmente. No entanto, o teste t de amostras independentes determinou a não existência de diferenças estatisticamente significativas entre os materiais, em todos os grupos T ($p > 0,05$).

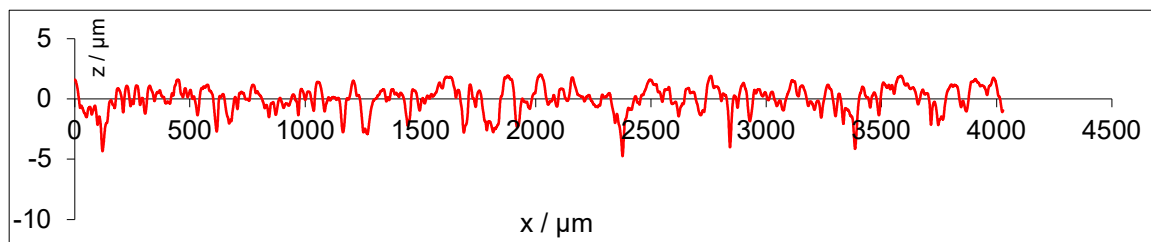


Figura 20. Perfil de rugosidade de um provete P-T1.

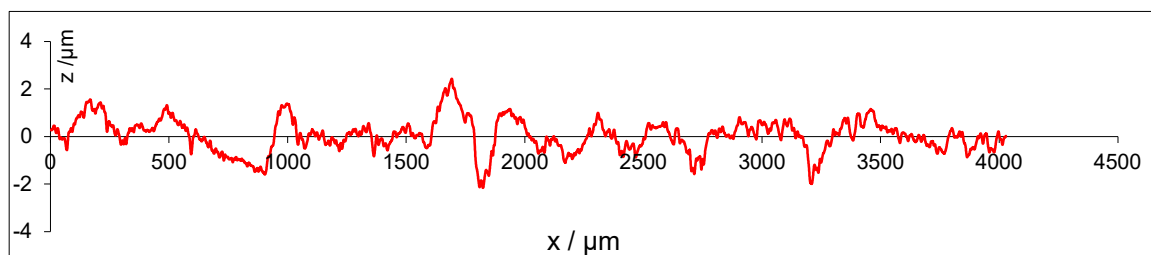


Figura 21. Perfil de rugosidade de um provete D-T1.

Para cada tipo de material, o aumento de T não demonstrou ter efeito nos valores dos parâmetros estudados. Através das figuras 22 e 23, observa-se os perfis de rugosidade de um provete D e P, respetivamente, ambos em T3, e verifica-se a similaridade com os perfis de rugosidade apresentados para T1 (figura 20 e 21) de cada material. O teste t de amostras emparelhadas ($p > 0.05$) não demonstrou diferenças significativas entre os grupos T de cada material.

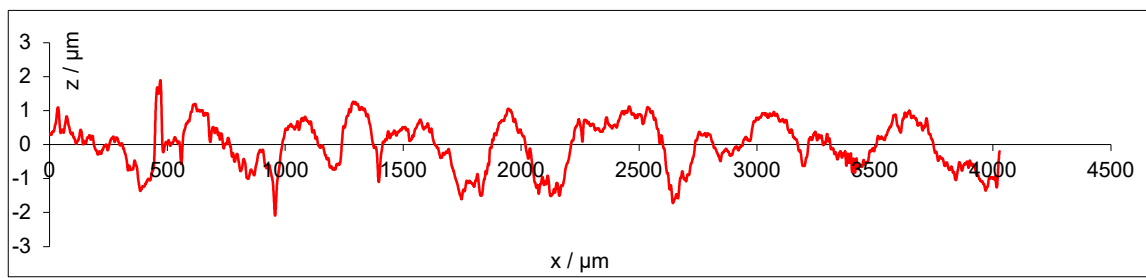


Figura 22. Perfil de rugosidade de um provete D-T3.

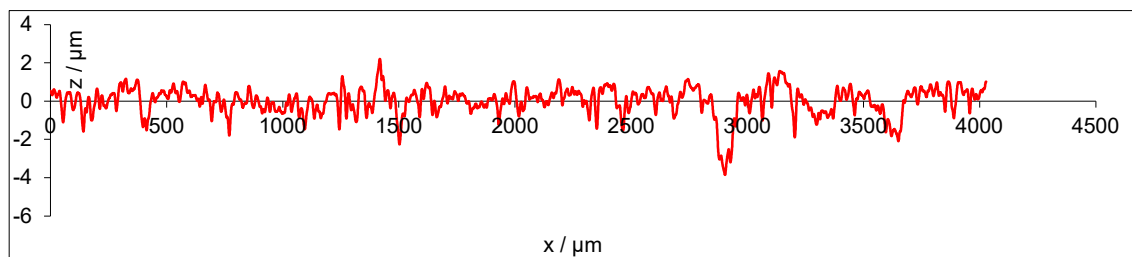


Figura 23. Perfil de rugosidade de um provete P-T3.

Conclui-se assim que a rugosidade inicial era semelhante e que o envelhecimento não teve efeito significativo nesta propriedade.

III.2. Microdureza de Vickers

Pela Tabela IV, é possível observar os valores médios de microdureza, que são sempre inferiores em P, comparativamente a D e, em ambos os materiais, modo geral, o aumento de número de ciclos na termociclagem conduziu a um aumento dos valores médios encontrados para esta propriedade.

Tabela IV Resultados da microdureza de Vickers, para cada material (P e D) e tempo de envelhecimento (T1, T2, T3).

Grupo	Microdureza de Vickers (HV)		
	Média $\pm$ Desvio padrão	Mediana e	Intervalo interquartil
P – T1	8,89 $\pm$ 0,71	9,00	1,40
P – T2	11,29 $\pm$ 0,98	11,03	1,90
P – T3	17,17 $\pm$ 0,21	17,10	0,40
D – T1	14,28 $\pm$ 0,77	14,23	1,54
D – T2	18,42 $\pm$ 2,56	17,40	4,80
D – T3	17,7 $\pm$ 2,82	17,00	5,50

Depois de testada a normalidade da amostra ($p > 0.05$), foram realizados testes paramétricos para esta propriedade (ver anexos).

Através do teste t de amostras independentes podemos concluir que existem diferenças entre os materiais, em T1 ($p < 0,001$) e em T2 ($p = 0,011$), mas não em T3 ($p = 0,760$). Isto significa que o material D apresenta uma microdureza superior ao material P, estatisticamente significativa, inicialmente e após 2500 ciclos de envelhecimento térmico (Figuras 24 e 25).

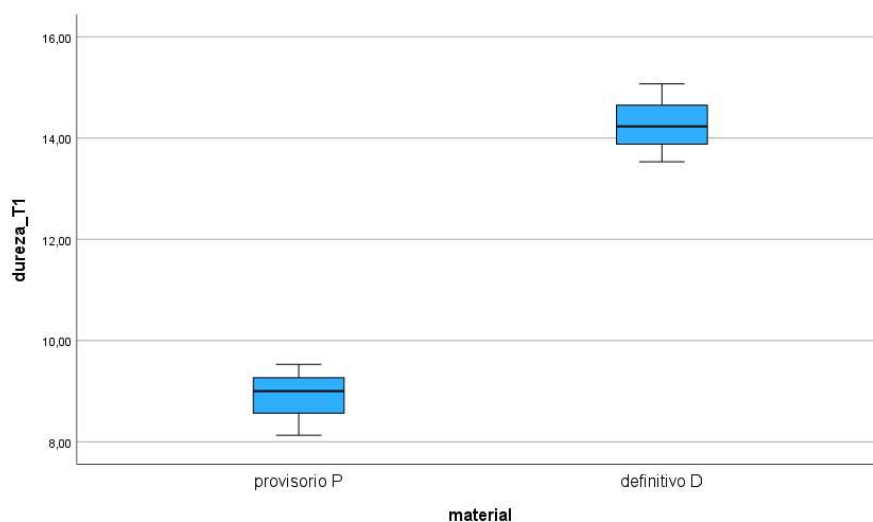


Figura 24. Gráfico de bigodes com a distribuição dos resultados dos dois materiais em T1.

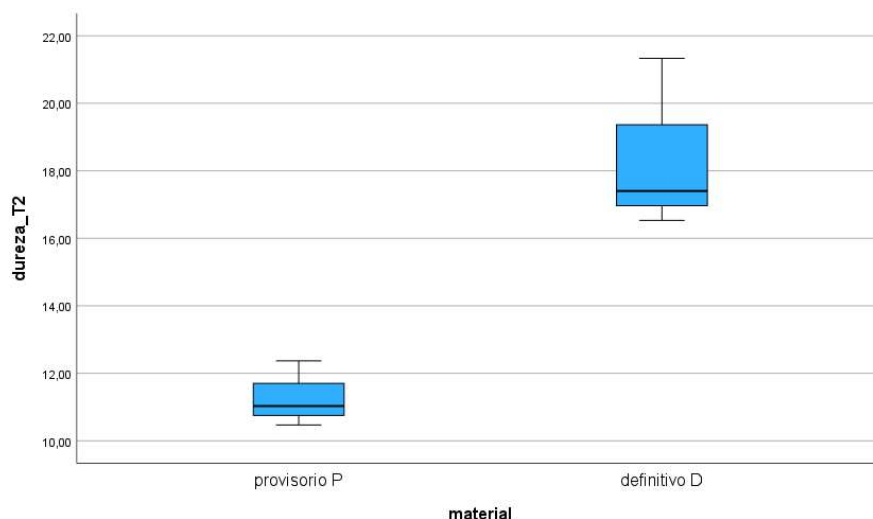


Figura 25. Gráfico de bigodes com a distribuição dos resultados dos dois materiais em T2.

Quando o material é provisório (P), existem diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de envelhecimento. Observaram-se aumentos significativos de HV ($p < 0,05$) em todos os pares testados: T1 vs T2 ($p = 0,047$), T1 vs T3 ($p = 0,004$) e T2 vs T3 ($p = 0,013$). Assim, conclui-se que a termociclagem teve efeito significativo sobre a microdureza do material P.

Quanto ao material D, não foram encontradas diferenças na microdureza quando comparados os tempos de termociclagem (T1/T2/T3). O teste de amostras emparelhadas realizado nos vários pares obteve valores de p superiores a 0,05, pelo que se conclui que o envelhecimento térmico não teve efeito significativo sobre a microdureza do material D (*Crowntec NextDent Saremco*).

III.3. Resistência à flexão

Após observação dos valores obtidos no controlo dimensional dos provetes (ver Anexos), não se verificaram desvios consideráveis, cumprindo os desvios mínimo exigidos pela norma ISO de referência ISO 4049/2019.

Da realização dos ensaios, foi possível calcular a força necessária para fraturar cada provete em Newton. A resistência à flexão em Mega Pascal (MPa), representada por sigma σ , foi calculada através da equação $\frac{3FL}{2bd^2}$, sendo F (com unidade de Newton) a força aplicada no provete durante o ensaio, L é a distância entre os pontos de apoio em mm (centro das hastes onde fica colocado o provete), b é a largura do provete em mm e d é a espessura do provete em mm (Figura 26).

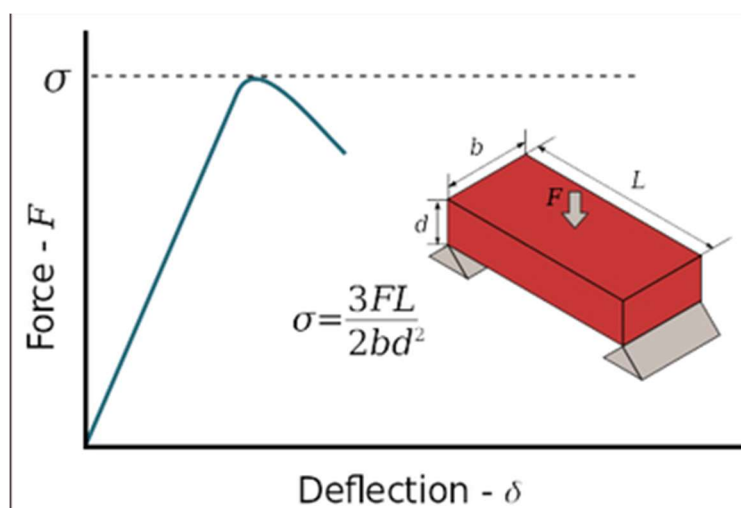


Figura 26. Cálculo da resistência à flexão esquematizado.
<http://pt.hlc-metalparts.com/news/what-is-flexural-strength-78854124.html>

Os resultados foram obtidos e organizados na forma de tabela e o valor de resistência à flexão (σ) foi calculado para cada provete. Através do declive da reta no gráfico tensão-deformação, obtiveram-se os valores do módulo de elasticidade à flexão (MF) de cada provete, em MPa. A tabela V apresenta ambos os resultados.

Tabela V Resistência à flexão (σ) e Módulo de elasticidade à flexão (MF) para cada provete, em MPa

	$\sigma^* T1$	$\sigma^* T2$	$\sigma^* T3$	MF* T1	MF* T2	MF* T3
PROVISÓRIO (P) - C&B						
provete 1	135,00	125,63	133,13	1109	1851	2004
provete 2	133,13	118,13	140,63	1524	1144	1585
provete 3	112,50	120,00	120,00	2091	2053	2251
DEFINITIVO (D) - CROWNTEC						
provete 1	127,50	110,63	-	2365	3925	-
provete 2	86,25	148,13	112,50	1716	3503	4176
provete 3	125,63	75,00	106,88	3987	2649	2957

Devido a um acidente durante o teste, não foi possível obter leitura de um provete do material D em T3, e não foi possível substituir atempadamente.

A tabela VI apresenta a média dos resultados da resistência à flexão, em MPa, para cada material em cada tempo de envelhecimento. A tabela VII resume a média do módulo de elasticidade à flexão de cada material em cada tempo estudado, em MPa.

Tabela VI Resistência à flexão de cada material em cada tempo estudado.

	Resistência à flexão, MPa
Grupo	Média $\pm$ Desvio padrão
P – T1	126,87 $\pm$ 12,48
P – T2	121,25 $\pm$ 3,90
P – T3	131,25 $\pm$ 10,44
D – T1	113,13 $\pm$ 23,29
D – T2	111,25 $\pm$ 36,57
D – T3	109,69 $\pm$ 63,39

Tabela VII Módulo de elasticidade à flexão, em MPa, de cada material em cada tempo estudado.

	Módulo de elasticidade à flexão, MPa
Grupo	Média ± Desvio padrão
P – T1	1575±492
P – T2	1683±477
P – T3	1947±337
D – T1	2689±1170
D – T2	3359±650
D – T3	3566±2147

O valor médio mais elevado para a resistência à flexão foi observado no material P, após 5000 ciclos de termociclagem (131,25±10,44MPa) e dentro do mesmo grupo de envelhecimento, o material D obteve o valor mais baixo de todos os grupos (109,69±63,39MPa). Já o MF foi superior no material D em T3 (3566±2147MPa) e o mais baixo no material P em T1 (1575±492MPa).

A normalidade das distribuições foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p>0,05$). No entanto, considerando apenas uma leitura por provete (ao contrário das outras propriedades estudadas), foram realizados testes não paramétricos.

O teste de amostras independentes U-Mann Whitney revelou não existirem diferenças estatisticamente significativas entre os materiais em nenhum tempo de envelhecimento térmico, tanto para σ como para MF ($p>0,05$ em todas as comparações).

O teste de amostras emparelhadas pelo método *Pairwise* revelou não existirem diferenças estatisticamente significativas na σ e no MF, em nenhum dos tempos, para ambos os materiais. Ou seja, a termociclagem parece não causar diferenças significativas nestas propriedades de flexão, para ambos os materiais.

IV. Discussão

Este estudo pretendeu comparar quatro propriedades (rugosidade de superfície – Ra e Rz, microdureza de Vickers – HV, resistência à flexão – σ e módulo de elasticidade à flexão – MF) de dois materiais de resina de impressão 3D da marca *Saremco*: um destinado à produção de restaurações provisórias – *NexDent C&B MFH* (P) e outro de restaurações definitivas – *Crowntec* (D). Ambos foram impressos no mesmo equipamento com os mesmos parâmetros de impressão, e o pós-processamento foi realizado de acordo com as instruções do fabricante. Adicionalmente, foi avaliado o potencial efeito da termociclagem ou envelhecimento térmico sobre as propriedades mecânicas estudadas.

Considerando os resultados obtidos neste trabalho ambas as hipóteses nulas foram parcialmente rejeitadas porque a microdureza dos materiais foi significativamente diferente (superior no definitivo), e a termociclagem teve efeito significativo sobre esta propriedade do material P (tendência crescente até aos 6 meses de simulação).

A termociclagem foi realizada a temperaturas 5-55°C, valores que simulam a variação de temperatura dos alimentos ingeridos sem provocar danos na cavidade oral, sendo por isso uma técnica de simulação de envelhecimento biológico (3, 5, 7). É ainda reportado na literatura que a região sublingual é utilizada frequentemente como indicador de temperatura da cavidade oral, quando medida sob condições específicas, e ronda os 37°C para a grande parte dos indivíduos (18). O intervalo de temperaturas 5-55°C é o mais escolhido para testar materiais dentários por ser o mais próximo da temperatura fisiológica da cavidade oral (18). Cada banho neste estudo teve a duração de 25 segundos, representando assim uma estimativa para a mudança abrupta de temperaturas na cavidade oral, nomeadamente quando em contacto com dentes vitais, já que é reportado que temperaturas muito altas ou muito baixas não são bem toleradas (18). Quanto à tradução do número de ciclos para tempo decorrido na cavidade oral, a literatura não apresenta dados concretos e uniformizados, existindo autores que assumem que 10.000 ciclos simulam 1 ano de permanência e suscetibilidade às condições da cavidade oral (3, 6, 19) e um outro autor que, para estimar 3 anos de desgaste

oral, realizou 3500 ciclos de termociclagem em concomitância com o que considera 3 anos de simulação de escovagem através de um dispositivo para o efeito (5). Para esta investigação, consideramos que 2500 ciclos equivalem a 3 meses (T2) e 5000 ciclos a 6 meses (T3) de utilização intraoral, assim como consideraram Bergamo *et al.* (2). O envelhecimento térmico, nesta investigação teve efeitos diferentes nas três propriedades estudadas: aumentou ligeiramente a microdureza, com significado estatístico no material P, mas não produziu alterações significativas em nenhuma das outras propriedades estudadas (rugosidade de superfície, resistência à flexão e módulo de flexão). Contudo, uma redução no desempenho mecânico causada pelo envelhecimento térmico tem sido reportada por outros estudos (19).

A rugosidade reflete a qualidade da superfície dos materiais e pode ser sempre melhorada com um polimento mais eficaz (20). Ambos os materiais testados neste estudo obtiveram resultados semelhantes e sem grande variação devido ao envelhecimento. O valor mais elevado de rugosidade de superfície média (Ra) foi encontrado nos provetes D após 2500 ciclos de envelhecimento térmico ($0,74 \pm 0,10 \mu\text{m}$). No grupo de P, o parâmetro Ra foi praticamente igual em todos os sub-grupos de T (T1: $Ra = 0,64 \pm 0,13 \mu\text{m}$; T2: $Ra = 0,63 \pm 0,12 \mu\text{m}$; T3: $Ra = 0,64 \pm 0,07 \mu\text{m}$). Estes valores foram superiores aos registados por Ribeiro *et al.* para uma resina de impressão 3D temporária ($Ra = 0,21 \pm 0,04 \mu\text{m}$, sem envelhecimento) e também aos de Alageel *et al.* (3, 5). Esta diferença pode ser explicada por diferenças no grau de polimento (20), já que o protocolo utilizado foi uniformizado em tempo mas simplificado (30 segundos em cada superfície do provete da sequência: 1. Broca de polimento cinza (Grão Iso.524), 2. Broca de polimento silicone amarelo (Grão Iso.514), 3. Broca de polimento de pelo de cabra).

Um aspeto importante a discutir é a relação das propriedades de superfície (mesmo após polimento) com a direção de impressão utilizada em ambas as resinas (6, 21, 22). O ângulo de impressão desempenha um papel significativo na rugosidade da superfície porque a impressão 3D constrói o objeto num padrão de camada por camada e a junção entre as camadas pode resultar no aumento da rugosidade da superfície (5). Shim *et al.* observaram diferentes características na

superfície de provetes impressos em 3 direções diferentes: 0, 45 e 90°, onde observou a maior rugosidade de superfície nos impressos a 45°, mas não encontrou diferenças significativas entre os impressos a 0 e 90° (22). No entanto, encontrou a menor deposição de *Candida albicans* no grupo impresso a 90° e a maior no grupo impresso a 0°, provavelmente devido a uma geometria de superfície rica em “crateras” deste último grupo (22). Um resultado clínico importante, que deve ser explorado em investigações futuras, já que a adesão de microrganismos está também associada ao grau de rugosidade da superfície das nossas restaurações (23). Além da adesão, a literatura reporta que a direção de impressão parece influenciar a resistência à flexão, embora os resultados ainda não sejam consensuais. Shim *et al.* observaram que provetes impressos a 90° apresentaram menor resistência à fratura em comparação aos impressos a 0° e 45°, enquanto Alageel *et al.* relataram maior resistência à flexão nos provetes impressos a 90° (5, 22). Outros estudos indicaram que as propriedades mecânicas são melhoradas quando a impressão é feita perpendicularmente à carga (0°), pois as camadas comprimem-se, eliminando espaços que poderiam degradar essas propriedades (6, 24).

No nosso estudo não temos resultados no que concerne a este fator já que cada teste mecânico foi feito em provetes impressos apenas numa direção de impressão, selecionada para não prejudicar os ensaios: provetes em placa impressos numa direção vertical para que os pilares de alimentação não ficassem na superfície de maior área para análise da rugosidade de superfície e dureza; e, provetes em barra impressos horizontalmente, para que a ação da célula de carga no teste de resistência à flexão em 3 pontos fosse perpendicular à direção de construção das camadas. Por outro lado, importa referir que a orientação da impressão com ângulos mais verticais permite o fabrico simultâneo de vários itens, enquanto a impressão com ângulos horizontais requer um tempo mais curto. É, portanto, um parâmetro que pode ser ajustado para otimizar o processo de produção das restaurações e/ou até influenciar as propriedades mecânicas das mesmas (22). Mais investigação é necessária para entender a extensão dessa influência.

No que respeita à microdureza de Vickers, esta propriedade reflete a resistência plástica à deformação e é importante, por exemplo, para proteger as restaurações fixas do desgaste decorrente da força de mastigação, de hábitos parafuncionais, da fratura e do impacto da escovagem (4, 24). O valor mais alto registado foi no material D em todos os T (T1:14,28±0,77HV; T2:18,42±2,56HV; T3:17,7±2,82HV), quando comparado a P (T1:8,89±0,71HV; T2:11,29±0,98HV; T3:17,17±0,21HV), algo que seria expectável devido à diferença em composição dos dois materiais. Segundo a marca *Saremco*, a resina de impressão 3D *Crowntec Saremco* (grupo D) é composta por produtos de esterificação de 4,4'-isopropilidifenol, ácido etoxilado e 2-metilprop-2-enóico, vidro dentário silanizado, sílica pirogénica, iniciadores e o conteúdo total de cargas inorgânicas (tamanho de partícula de 0,7 µm) é de 30-50% em massa. Já a resina de impressão 3D *NextDent C&B MFH* (grupo P) é descrita como um monómero à base de ésteres acrílicos. A incorporação de fillers inorgânicos e a formação de múltiplas ligações intermoleculares entre os monómeros torna a resina D um material mais resistente para ser utilizado como prótese fixa definitiva (4, 7, 24), assim como o próprio fabricante indica, em contraste com o material P, indicado para restaurações provisórias.

Os valores médios de dureza encontrados neste trabalho são inferiores aos apresentados por Ellakany *et al.*, que obtiveram, sem pré-envelhecimento, uma microdureza de Vickers de 21,19±0,91HV para a resina *NexDent C&B MFH* impressa através do método de SLA e registaram 16,16±0,43HV, para uma outra resina impressa através do método DLP (o mesmo método de impressão utilizado neste estudo) (7). Também Alageel *et al.*, para a resina *NexDent C&B* impressa por DLP, observaram valores superiores aos registados neste estudo, tanto antes como após envelhecimento (25,9HV e 25,0HV, respetivamente) (5).

A termociclagem altera as características físicas dos materiais por infiltração de moléculas de água na resina, fazendo com que esta expanda, provocando a quebra da matriz polimérica, o que pode explicar uma descida na microdureza após este processo (5). Pelo contrário, foi detetada uma subida de HV após simulação de envelhecimento nos provetes P e D, que pode ser explicada pelo aumento do grau de conversão dos monómeros (2). Assim como referem

Bergamo *et al.*, a sujeição dos provetes a temperatura elevada (55°), pode promover o aumento das propriedades mecânicas através do aumento do grau de conversão (2). Estes autores encontraram um aumento de 5% no grau de conversão de todos os grupos após a termociclagem, ainda que não tivesse sido estatisticamente significativo (2). O efeito positivo nas propriedades mecânicas dos materiais após termociclagem também se relaciona com o movimento das moléculas do sistema, pela absorção de água, permitindo que monómeros que não tinham reagido ou estavam bloqueados, assim como cadeias duplas de carbono pendentes e fotoiniciadores continuem o processo de polimerização (2). Por outro lado, os resultados de microdureza Vickers estão sujeitos a uma margem de erro relacionada com o operador. Neste trabalho, foi detectável alguma dispersão dos valores encontrados quando avaliada a dureza em 3 locais diferentes do mesmo provete do material D em T3, onde a visualização das linhas da indentação criadas pelo diamante foi difícil. Embora seja reconhecida experiência ao operador que realizou os ensaios, aumentar o *n* para avaliação da variabilidade intra operador seria interessante para verificar a consistência dos resultados. Por outro lado, adotar um protocolo de polimento mais rigoroso poderia ajudar na leitura mais precisa das diagonais criadas pelo diamante na superfície da amostra.

A resistência à flexão, apesar de não ser uma propriedade que replique completamente as condições a que estão sujeitas as restaurações na cavidade oral, serve como parâmetro de desempenho mecânico para comparar materiais dentários em ambientes controlados. O seu estudo é importante já que a causa número um para substituir uma restauração é a fratura (25). Esta propriedade assim como as propriedades elásticas do material (módulo de elasticidade à flexão), que refletem a capacidade para sofrer deformação sem fraturar, devem ser consideradas na seleção dum material confiável perante a indicação de uma restauração de longa duração (25). No contexto clínico, os profissionais deparam-se com a necessidade de produção próteses fixas provisórias de curta ou longa duração e próteses fixas “definitivas”. Estes conceitos de duração são muito discutíveis, mas numa tentativa de simplificar os conceitos, este estudo considera que até 6 meses está indicado o uso de um material provisório e acima dos 6 meses a indicação é de um material definitivo. Esta simplificação está de acordo

com as recomendações do fabricante para os dois materiais estudados. Por este motivo foi selecionado o tempo máximo de envelhecimento aos 6 meses, de forma a entender se uma prótese fixa feita com resina indicada para provisórios aos 6 meses tem um comportamento inferior, superior ou comparável a uma feita com resina indicada para restaurações definitivas. Em todo o caso, uma restauração de curto ou longo período de permanência em boca deve apresentar uma resistência à flexão aceitável. Esta é uma propriedade dos materiais que deve respeitar, segundo as normas ISO 4049:2019 *Dentistry — Polymer-based restorative materials*, o valor mínimo de 100MPa (16), de forma a assegurar a longevidade das restaurações, pois está diretamente relacionada com a capacidade para resistir à fratura. Ambos os materiais estudados cumpriram este requisito mínimo em termos médios e os resultados coincidem com os valores de referência fornecidos pela marca *Saremco* nas suas especificações técnicas.

Os valores médios de σ registados neste estudo, nomeadamente os resultados do grupo P ($126,87 \pm 12,48$ MPa), estão em concordância com os valores de Borella *et al.*, que obtiveram $\sigma = 125,1 \pm 5,3$ MPa para a mesma resina impressa em camadas de 50 μ m (4). O valor máximo foi do material P em T1 ($131,25 \pm 10,44$ MPa), um valor semelhante ao de Atria *et al.* para uma resina provisória de impressão 3D (143,6MPa) (11). Alageel *et al.* registaram no seu estudo o valor máximo do módulo de elasticidade à flexão para a resina *NexDent C&B* impressa a 90° (3606 ± 305 MPa) e um valor a rondar os 2200MPa para a mesma resina impressa a 0°, valores superiores aos registados neste estudo para a mesma resina impressa a 0° (1575 ± 492 MPa) (5).

O efeito prejudicial do termoenvelhecimento na resistência à flexão e módulo de elasticidade à flexão pode ser atribuído à tensão residual resultante da absorção de água e das alterações de temperatura que provocam o descolamento das camadas da impressão 3D, podendo provocar fissuras e resultar em falhas estruturais a longo prazo (19). Apesar disso, neste estudo, a termociclagem não provocou diferenças na resistência à flexão nem no módulo de elasticidade à flexão dos materiais (P - $\sigma_{T1} = 126,87 \pm 12,48$ MPa, $\sigma_{T2} = 121,25 \pm 3,90$ MPa, $\sigma_{T3} = 131,25 \pm 10,44$ MPa, MF_T1= 1575 ± 492 MPa, MF_T2= 1683 ± 477 MPa, MF_T3= 1947 ± 337 MPa; D - $\sigma_{T1} = 113,13 \pm 23,29$ MPa, $\sigma_{T2} = 111,25 \pm 36,57$ MPa,

$\sigma_{T3}=109,69\pm63,39\text{MPa}$, $MF_{T1}=2689\pm1170\text{MPa}$, $MF_{T2}=3359\pm650\text{MPa}$, $MF_{T3}=3566\pm2147\text{MPa}$) . Estes resultados contrastam em certa parte com os de Alageel et al. que também não obtiveram diferenças no módulo de elasticidade à flexão, mas detetaram diferenças na resistência à flexão dos provetes *NexDent C&B* após as sujeitar a 3500 ciclos de termociclagem, no seguimento do uso de um simulador de escovagem de dentes equivalente a uma estimativa de 3 anos (5). A justificação para este contraste pode residir no efeito pejorativo adicional que o simulador de escovagem teve sobre os provetes de Alageel *et al.*(5). Por outro lado, os resultados de Ribeiro *et al.* não estão de acordo com os anteriores, os quais observaram no seu estudo, após 10000 ciclos de envelhecimento por termociclagem, a resistência à flexão do grupo das resinas impressas (para coroas provisórias) aumentar significativamente (3).

Certos autores afirmam que a impressão com deposição vertical (90°) das camadas aumenta a resistência à fratura, assim como camadas finas de impressão, já que fica favorecido o grau de polimerização de cada camada e, portanto, favorece o desempenho mecânico da peça (26, 27). No entanto, nem sempre os resultados na literatura apoiam esta teoria (27). A inclinação da mesa de impressão e a espessura das camadas impressas são variáveis que devem ser estudadas em investigações futuras.

A percentagem de *fillers* inorgânicos superior nos materiais resinosos de impressão 3D parece favorecer o seu desempenho mecânico quando comparados com materiais utilizados no método subtrativo, um fator que pode ser estudado também para comparar materiais resinosos de impressão 3D (6). Para tal, o uso de microscopia eletrónica pode ser feito para quantificar a presença destes elementos e comparar materiais (26). Recentemente, Mangal *et al.* testou as propriedades mecânicas de materiais de impressão 3D fazendo variar a incorporação de nanodiamantes, o que resultou na melhoria significativa da força mecânica e o módulo de elasticidade destes materiais (19). Ainda assim, a adição de conteúdo inorgânico nas resinas de impressão 3D deve ser ponderada, pois está diretamente relacionada com a viscosidade destes materiais (28). Estas resinas devem ser especialmente fluídas para não comprometer o processo de construção camada a camada, fluindo sucessivamente, desde o reservatório, para

a plataforma de construção (28). É importante realçar que os resultados desta investigação, principalmente na propriedade resistência à flexão, são limitados devido ao número reduzido de provetes de cada grupo de material e em cada tempo de envelhecimento testado ($n=3$). Além disso, os resultados podem ser influenciados por inconformidades nas dimensões dos provetes ou pelo posicionamento inconsistente do provete na máquina de testes.

A procura pelo material ideal que além da biocompatibilidade, apresente resistência mecânica suficiente para assegurar a durabilidade das restaurações perante as condições adversas da cavidade oral, sustenta a necessidade de mais estudos para melhor prever e compreender o comportamento dos materiais restauradores emergentes com a tecnologia de impressão 3D e, assim, facilitar a seleção adequada à situação a reabilitar. A literatura reporta que os materiais impressos demonstram ter melhor comportamento mecânico do que os materiais CAD/CAM de método subtrativo (25), já que o próprio método de produção camada a camada favorece as suas propriedades, segundo alguns autores (6, 26). É também uma opção menos dispendiosa e com menos desperdício de material do que o método tradicional, com produção mais rápida e possibilidade de produzir objetos de vários tamanhos e geometrias complexas, sem depender do tamanho dos blocos pré-fabricados para fresagem (26, 27).

A técnica de impressão 3D é uma tecnologia emergente na Medicina Dentária que tem vindo a ser aplicada maioritariamente em restaurações provisórias de curta a longa duração, sendo recomendado pela literatura um tempo máximo destas restaurações em boca de 2 anos (28). Apesar disso, surge recentemente no mercado opções para reabilitar de forma “definitiva”, como aquela que aqui sujeitamos a comparação com uma resina de impressão 3D provisória.

Neste estudo, a resina destinada a próteses fixas definitivas demonstrou ser superior à provisória no que respeita à dureza da superfície, mas os dois materiais foram equiparáveis relativamente à rugosidade de superfície, à resistência à flexão e ao módulo de elasticidade à flexão. No final, há que considerar todas as limitações que este estudo apresenta e, observando pouco consenso entre os resultados desta investigação e entre vários estudos da

literatura, é sensato sujeitar estes materiais a mais estudos *in-vitro* de modo a estudar a suas propriedades mecânicas e como estas são influenciadas pelos vários parâmetros de impressão.

V. Conclusão

Este estudo *in vitro* preliminar permite concluir que, nas condições experimentais testadas:

1. Não existem diferenças estatisticamente significativas na rugosidade de superfície, na resistência à flexão e no módulo de elasticidade à flexão de ambas as resinas;
2. Existem diferenças estatisticamente significativas na microdureza de Vickers entre as duas resinas de impressão 3D (provisória ou definitiva), inicialmente e após 2500 ciclos de termociclagem;
3. O envelhecimento por termociclagem não influenciou a rugosidade de superfície, a resistência à flexão e módulo de elasticidade à flexão das resinas 3D, ao longo do tempo.
4. A microdureza de Vickers da resina de impressão 3D provisória aumentou após sujeição dos provetes a envelhecimento térmico. Não existiram diferenças na resina de impressão 3D definitiva.

O método de impressão 3D para fabricação de próteses fixas, quando bem aplicado, é uma mais-valia para o médico dentista por ser menos dispendioso, de produção mais rápida e de resultado mais previsível do que os métodos tradicionais.

Dada a limitação deste estudo, mais investigação é necessária para verificar consistência nos resultados da comparação entre resinas de impressão 3D comercializadas para restaurações provisórias vs as comercializadas para restauros definitivos.

Mais estudos devem ser realizados para otimizar o processo de produção de próteses fixas por impressão 3D.

Referências bibliográficas

1. Saratti CM, Rocca GT, Krejci I. The potential of three-dimensional printing technologies to unlock the development of new 'bio-inspired' dental materials: an overview and research roadmap. *J. Prosthodont. Res.* 2019;63.
2. Bergamo ETP, Campos TMB, Piza MMT, Gutierrez E, Lopes ACO, Witek L, et al. Temporary materials used in prosthodontics: The effect of composition, fabrication mode, and aging on mechanical properties. *J. Biomed. Mater.* 2022;133.
3. Ribeiro AKC, Freitas RFCPd, Carvalho IHGd, Miranda LMd, Silva NRd, Almeida LdFDd, et al. Flexural strength, surface roughness, micro-CT analysis, and microbiological adhesion of a 3D-printed temporary crown material. *Clin. Oral. Invest.* 2023;27:2207–20
4. Borella PS, Alvares LAS, Ribeiro MTH, Moura GF, Soares CJ, Zancopé C, et al. Physical and mechanical properties of four 3D-printed resins at two different thick layers: An in vitro comparative study. *Dent. Mater.* 2023;39:686-92.
5. Alageel O, Alhijji S, Alsadon O, Alsarani M, Gomawi AA, Alhotan A. Trueness, Flexural Strength, and Surface Properties of Various Three-Dimensional (3D) Printed Interim Restorative Materials after Accelerated Aging. *Polym. J.* 2023;15.
6. Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Wadei MHDA, Gupta SG, et al. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polym. J.* 2022;14.
7. Ellakany P, Fouda SM, Mahrous AA, AlGhamdi MA, Aly NM. Influence of CAD/CAM Milling and 3D-Printing Fabrication Methods on the Mechanical Properties of 3-Unit Interim Fixed Dental Prosthesis after Thermo-Mechanical Aging Process. *Polym. J.* 2022;14.
8. Jin G, Gu H, Jang M, Bayarsaikhan E, Lim J-H, Shim J-S, et al. Influence of postwashing process on the elution of residual monomers, degree of conversion, and mechanical properties of a 3D printed crown and bridge materials. *Dent Mater.* 2022;38:1812-25.

9. Alsandi Q, Ikeda M, Arisaka Y, Nikaido T, Tsuchida Y, Sadr A, et al. Evaluation of Mechanical and Physical Properties of Light and Heat Polymerized UDMA for DLP 3D Printer. *J. Sens.* 2021;21.
10. Bayarsaikhan E, Gu H, Hwangbo N-K, Lim J-H, Shim J-S, Lee K-W, et al. Influence of different postcuring parameters on mechanical properties and biocompatibility of 3D printed crown and bridge resin for temporary restorations. *J. Biomed. Mater.* 2022;128.
11. Pablo J. Atria DDS M, MPhil, Dimorvan Bordin DDS P, DDS FM, MSci VVN, Julian Conejo DDS M, Ernesto Benalcázar Jalkh DDS M, PhD, et al. 3D-printed resins for provisional dental restorations: Comparison of mechanical and biological properties. *J. Esthet. Restor. Dent.* 2022;34:804-15.
12. Hata K, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. Development of Dental Poly(methyl methacrylate)-Based Resin for Stereolithography Additive Manufacturing. *Polym. J.* 2021;13.
13. Ling L, Taremi N, Malyala R. A Novel Low-Shrinkage Resin for 3D Printing. *J. Dent.* 2022;118.
14. Prause E, Tine Malgaj DMD P, MChE AK, Florian Beuer DMD P, Jeremias Hey DMD P, Peter Jevnikar DMD P, et al. Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: An in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior. *J. Esthet. Restor. Dent.* 2024;36:391-401.
15. Ji-Min Lee M, KeunBaDa Son P, Kyu-Bok Lee D, PhD. Evaluation of photopolymer resins for dental prosthetics fabricated via the stereolithography process at different polymerization temperatures—Part I: Conversion rate and mechanical properties. *J. Prosthet. Dent.* 2024.
16. ISO 4049 - Dentistry — Polymer-based restorative materials, (2019).
17. Martinhoa RP, Andrade MFC, Silva FJG, Alexandre RJD, Baptista APM. Micro-abrasion wear behaviour of TiAlCrSiN nanostructured coatings. *Wear.* 2009;267:1160-5.
18. Atalay S, Çakmak G, Fonseca M, Schimmel M, Yilmaz B. Effect of thermocycling on the surface properties of CAD-CAM denture base materials after different surface treatments. *J. Biomed. Mater.* 2021;121.
19. Mangal U, Seo J-Y, Yu J, Kwon J-S, Choi S-H. Incorporating Aminated Nanodiamonds to Improve the Mechanical Properties of 3D-Printed Resin-Based Biomedical Appliances. *J. Nanomater.* 2020;10.

20. Baciu E-R, Savin CN, Tatarciuc M, Mărt I, Butnaru OM, Aungurencei AE, et al. Experimental Study on Mechanical Properties of Different Resins Used in Oral Environments. *J. Med.* 2023;59.
21. Myagmar G, Lee J-H, Ahn J-S, Yeo I-SL, Yoon H-I, Han J-S. Wear of 3D printed and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. *J. Adv. Prosthodont.* 2021;13:144-51.
22. Shim JS, Kim J-E, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *J. Prosthet. Dent.* 2020;124(4):468-75.
23. Pasmore M, Todd P, Pfeifer B, Rhode M, Bowman CN. Effect of Polymer Surface Properties on the Reversibility of Attachment of *Pseudomonas aeruginosa* in the Early Stages of Biofilm Development. *J. Biomed. Mater. Res.* 2002;18(1).
24. Hada T, Manabu Kanazawa, Miyamoto N, Liu H, Iwaki M, Komagamine Y, et al. Effect of Different Filler Contents and Printing Directions on the Mechanical Properties for Photopolymer Resins. *Int. J. Mol. Sci.* 2022;23.
25. Taşın S, Ismatullaev A. Comparative evaluation of the effect of thermocycling on the mechanical properties of conventionally polymerized, CAD-CAM milled, and 3D-printed interim materials. *J. Prosthet. Dent.* 2022;127(1).
26. Ibrahim A, Shehawey DE, El-Naggar G. Fracture resistance of interim restoration constructed by 3D printing versus CAD/CAM technique (In vitro study). *Ain Shams Med. J.* 2020;XXIII.
27. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer C, et al. 3D Printed Versus Conventionally Cured Provisional Crown and Bridge Dental Materials. *Dent Mater.* 2017;34:192-200.
28. Park S, Cho W, Lee H, Bae J, Jeong T, Huh J, et al. Strength and Surface Characteristics of 3D-Printed Resin Crowns for the Primary Molars. *Polym. J.* 2023;15.

ANEXOS

Tabela VIII Análise descritiva da variável rugosidade de superfície

material		Estatística		Estatística do teste Padrão
Ra_T1	provisorio P	Média		,6433
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,3308
			Limite superior	,9559
		5% da média aparada		.
		Mediana		,6600
		Variância		,016
		Erro Padrão		,12583
		Mínimo		,51
		Máximo		,76
		Amplitude		,25
		Amplitude interquartil		.
		Assimetria		-,586
		Curtose		1,225
				.
	definitivo D	Média		,7200
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,6304
			Limite superior	,8096
		5% da média aparada		.
		Mediana		,7300
		Variância		,001
		Erro Padrão		,03606
		Mínimo		,68
		Máximo		,75
		Amplitude		,07
		Amplitude interquartil		.
		Assimetria		-1,152
		Curtose		1,225
				.
Ra_T2	provisorio P	Média		,6267
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,3262
			Limite superior	,9272
		5% da média aparada		.
		Mediana		,6700
		Variância		,015
		Erro Padrão		,12097
		Mínimo		,49
		Máximo		,72
		Amplitude		,23
		Amplitude interquartil		.
		Assimetria		-1,405
		Curtose		1,225
				.
	definitivo D	Média		,7400
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,4953
			Limite superior	,9847
		5% da média aparada		.
		Mediana		,7700
		Variância		,010
		Erro Padrão		,09849
		Mínimo		,63
		Máximo		,82

Ra_T3	provisorio P	Amplitude		,19	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,244	1,225
		Curtose		.	.
		Média		,6433	,04055
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,4689	
			Limite superior	,8178	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		,6500	
		Variância		,005	
		Erro Padrão		,07024	
		Mínimo		,57	
		Máximo		,71	
		Amplitude		,14	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-,423	1,225
		Curtose		.	.
	definitivo D	Média		,7033	,03930
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	,5342	
			Limite superior	,8724	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		,6800	
		Variância		,005	
		Erro Padrão		,06807	
		Mínimo		,65	
		Máximo		,78	
		Amplitude		,13	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		1,361	1,225
		Curtose		.	.
Rz_T1	provisorio P	Média		3,7933	,29946
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,5049	
			Limite superior	5,0818	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		3,9300	
		Variância		,269	
		Erro Padrão		,51868	
		Mínimo		3,22	
		Máximo		4,23	
		Amplitude		1,01	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,103	1,225
		Curtose		.	.
	definitivo D	Média		4,4667	,18370
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	3,6763	
			Limite superior	5,2570	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		4,6300	
		Variância		,101	
		Erro Padrão		,31817	
		Mínimo		4,10	
		Máximo		4,67	
		Amplitude		,57	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,701	1,225

Rz_T2	provisorio P	Curtose		.	.
		Média		3,6867	,34041
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,2220	
			Limite superior	5,1513	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		3,9600	
		Variância		,348	
		Erro Padrão		,58960	
		Mínimo		3,01	
		Máximo		4,09	
		Amplitude		1,08	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,638	1,225
		Curtose		.	.
	definitivo D	Média		4,6700	,29484
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	3,4014	
			Limite superior	5,9386	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		4,7900	
		Variância		,261	
		Erro Padrão		,51069	
		Mínimo		4,11	
		Máximo		5,11	
		Amplitude		1,00	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-,999	1,225
		Curtose		.	.
Rz_T3	provisorio P	Média		4,1200	,36756
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	2,5385	
			Limite superior	5,7015	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		4,3100	
		Variância		,405	
		Erro Padrão		,63663	
		Mínimo		3,41	
		Máximo		4,64	
		Amplitude		1,23	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,223	1,225
		Curtose		.	.
	definitivo D	Média		4,3933	,19151
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	3,5693	
			Limite superior	5,2174	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		4,4700	
		Variância		,110	
		Erro Padrão		,33171	
		Mínimo		4,03	
		Máximo		4,68	
		Amplitude		,65	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-,984	1,225
		Curtose		.	.

Tabela IX Análise de normalidade da variável rugosidade de superfície.

Testes de Normalidade

material		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
Ra_T1	provisorio P	,219	3	.	,987	3	,780
	definitivo D	,276	3	.	,942	3	,537
Ra_T2	provisorio P	,307	3	.	,904	3	,398
	definitivo D	,286	3	.	,930	3	,490
Ra_T3	provisorio P	,204	3	.	,993	3	,843
	definitivo D	,301	3	.	,912	3	,424
Rz_T1	provisorio P	,271	3	.	,948	3	,560
	definitivo D	,363	3	.	,802	3	,120
Rz_T2	provisorio P	,345	3	.	,839	3	,211
	definitivo D	,260	3	.	,959	3	,609
Rz_T3	provisorio P	,284	3	.	,933	3	,501
	definitivo D	,258	3	.	,960	3	,615

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela X Testes paramétricos para a propriedade rugosidade de superfície.

Teste de amostras independentes

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		Z	Sig.	t	df	Significância Unilateral p	Bilateral p	Diferença média	Erro de diferença padrão	Inferior	Superior
Ra_T1	Variâncias iguais assumidas	2,756	,172	-1,014	4	,184	,368	-,07667	,07557	-,28649	,13315
	Variâncias iguais não assumidas			-1,014	2,326	,202	,404	-,07667	,07557	-,36181	,20848
Ra_T2	Variâncias iguais assumidas	,249	,644	-1,258	4	,138	,277	-,11333	,09006	-,36338	,13672
	Variâncias iguais não assumidas			-1,258	3,842	,140	,279	-,11333	,09006	-,36749	,14082
Ra_T3	Variâncias iguais assumidas	,007	,937	-1,063	4	,174	,348	-,06000	,05647	-,21679	,09679
	Variâncias iguais não assumidas			-1,063	3,996	,174	,348	-,06000	,05647	-,21685	,09685
Rz_T1	Variâncias iguais assumidas	,926	,390	-1,917	4	,064	,128	-,67333	,35131	-1,64874	,30207

	Variâncias iguais não assumidas			- 1,917	3,318,071	,142	-,67333	,35131	- 1,73306	,38639
Rz_T2	Variâncias iguais assumidas	,193	,683	- 2,184	4 ,047	,094	-,98333	,45035	- 2,23369	,26703
	Variâncias iguais não assumidas			- 2,184	3,920,048	,096	-,98333	,45035	- 2,24380	,27713
Rz_T3	Variâncias iguais assumidas	1,756	,256	-,659	4 ,273	,546	-,27333	,41446	- 1,42406	,87739
	Variâncias iguais não assumidas			-,659	3,011,278	,557	-,27333	,41446	- 1,58951	1,04285

Teste de amostras emparelhadas

		Diferenças emparelhadas						Significância		
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença		t	df	Unilateral p	Bilateral p
					Inferior	Superior				
Par 1	Ra_T1 - Ra_T2	-,00167	,08085	,03301	-,08651	,08318	-,050	5	,481	,962
Par 2	Ra_T1 - Ra_T3	,00833	,06047	,02469	-,05513	,07179	,338	5	,375	,749
Par 3	Ra_T2 - Ra_T3	,01000	,05727	,02338	-,05010	,07010	,428	5	,343	,687
Par 4	Rz_T1 - Rz_T2	-,04833	,46232	,18874	-,53350	,43684	-,256	5	,404	,808
Par 5	Rz_T1 - Rz_T3	-,12667	,38713	,15804	-,53293	,27960	-,801	5	,230	,459
Par 6	Rz_T2 - Rz_T3	-,07833	,43074	,17585	-,53037	,37370	-,445	5	,337	,675

Tabela XI Análise descritiva da variável microdureza de Vickers

Descritivas

material		Estatística		Estatística do teste Padrão
dureza_T1	provisorio P	Média	8,8867	,40810
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	7,1308 10,6426
		5% da média aparada	.	.
		Mediana	9,0000	.
		Variância	,500	.
		Erro Padrão	,70685	.
		Mínimo	8,13	.
		Máximo	9,53	.
		Amplitude	1,40	.
		Amplitude interquartil	.	.
		Assimetria	-,703	1,225
		Curtose	.	.
	definitivo D	Média	14,2767	,44517
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	12,3612 16,1921
		5% da média aparada	.	.
		Mediana	14,2300	.
		Variância	,595	.
		Erro Padrão	,77106	.
		Mínimo	13,53	.
		Máximo	15,07	.
		Amplitude	1,54	.
		Amplitude interquartil	.	.
		Assimetria	,271	1,225
		Curtose	.	.
dureza_T2	provisorio P	Média	11,2900	,56368
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	8,8647 13,7153
		5% da média aparada	.	.
		Mediana	11,0300	.
		Variância	,953	.
		Erro Padrão	,97632	.
		Mínimo	10,47	.
		Máximo	12,37	.
		Amplitude	1,90	.
		Amplitude interquartil	.	.
		Assimetria	1,113	1,225
		Curtose	.	.
	definitivo D	Média	18,4200	1,47652
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior Limite superior	12,0671 24,7729
		5% da média aparada	.	.
		Mediana	17,4000	.
		Variância	6,540	.
		Erro Padrão	2,55740	.
		Mínimo	16,53	.
		Máximo	21,33	.
		Amplitude	4,80	.
		Amplitude interquartil	.	.
		Assimetria	1,509	1,225
		Curtose	.	.

Tabela XII Teste de normalidade da variável Microdureza de Vickers.

Testes de Normalidade							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
material		Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
dureza_T1	provisorio P	,230	3	,	,981	3	,734
	definitivo D	,191	3	,	,997	3	,900
dureza_T2	provisorio P	,272	3	,	,947	3	,556
	definitivo D	,322	3	,	,881	3	,326
dureza_T3	provisorio P	,292	3	,	,923	3	,463
	definitivo D	,265	3	,	,954	3	,586

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela XIII Testes paramétricos para a Microdureza de Vickers

Teste de amostras emparelhadas de RP

Diferenças emparelhadas						Significância		
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença	t	df	Unilateral Bilateral
					Inferior Superior			p p
Par 1	dureza_T1 - dureza_T2	-2,4033	,9366	,5408	-4,7300 - ,0767	-4,444	2	,024 ,047
Par 2	dureza_T1 - dureza_T3	8,2800	,8839	,5103	-10,4758 -6,0842	-16,225	2	,002 ,004
Par 3	dureza_T2 - dureza_T3	5,8767	1,1621	,6710	-8,7635 -2,9898	-8,759	2	,006 ,013

Teste de amostras emparelhadas de RD

Diferenças emparelhadas						Significância		
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença	t	df	Unilateral Bilateral
					Inferior Superior			p p
Par 1	dureza_T1 - dureza_T2	-4,143	2,8299	1,6339	-11,1732 2,8866	-2,536	2	,063 ,127
Par 2	dureza_T1 - dureza_T3	-3,423	2,3304	1,3454	-9,2122 2,3656	-2,544	2	,063 ,126
Par 3	dureza_T2 - dureza_T3	,7200	5,1575	2,9777	-12,0918 13,5318	,242	2	,416 ,831

Teste de amostras independentes

Teste de Levene para igualdade de variâncias	teste-t para Igualdade de Médias
--	----------------------------------

		Z	Sig.	t	df	Significância Unilateral p	Bilateral p	Diferença a média	Erro de diferença padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença Inferior	Superior
dureza_T 1	Variâncias iguais assumidas	,006	,941	-8,925	4	<,001	<,001	-5,3900	,6039	-7,0668	-3,7132
	Variâncias iguais não assumidas			-8,925	3,970	<,001	<,001	-5,3900	,6039	-7,0717	-3,7083
dureza_T 2	Variâncias iguais assumidas	4,171	,111	-4,511	4	,005	,011	-7,1300	1,5805	-11,5180	-2,7420
	Variâncias iguais não assumidas			-4,511	2,571	,014	,028	-7,1300	1,5805	-12,6697	-1,5903
dureza_T 3	Variâncias iguais assumidas	7,160	,055	-,327	4	,380	,760	-,5333	1,6303	-5,0597	3,9930
	Variâncias iguais não assumidas			-,327	2,022	,387	,774	-,5333	1,6303	-7,4756	6,4090

Tabela XIII Controlo dimensões dos provetes (mm) em forma de barra (ensaio de flexão) – medidas através de paquímetro após os ciclos de termociclagem correspondentes.

	T1	T2	T3
PROVISÓRIO (P) - C&B			
proвете 1	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1
proвете 2	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1
proвете 3	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1
DEFINITIVO (D) - CROWNTEC			
proвете 1	25,0 x 2,1x 2,1	25,0 x 2,1x 2,1	25,0 x 2,1x 2,1
proвете 2	25,0 x 2,1x 2,1	25,0 x 2,1x 2,1	25,1 x 2,1x 2,1
proвете 3	25,0 x 2,1x 2,1	25,0 x 2,1x 2,05	25,1 x 2,1x 2,1

Tabela XV
Análise

descritiva da variável resistência à flexão (RF), por tipo de material e tempo de envelhecimento térmico.

Descritivas

material		Estatística	Estatística do teste Padrão
RFlexão_T1 provisorio P	Média	126,8767	7,20857
	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior 95,8607	
		Limite superior 157,8927	
	5% da média aparada	.	
	Mediana	133,1300	
	Variância	155,891	

	definitivo D	Erro Padrão		12,48562		
		Mínimo		112,50		
		Máximo		135,00		
		Amplitude		22,50		
		Amplitude interquartil		.		
		Assimetria		-1,688	1,225	
		Curtose		.	.	
		Média		113,1267	13,44917	
		95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	55,2596	
				Limite superior	170,9938	
	5% da média aparada		.			
	Mediana		125,6300			
	Variância		542,641			
	Erro Padrão		23,29465			
	Mínimo		86,25			
	Máximo		127,50			
	Amplitude		41,25			
	Amplitude interquartil		.			
	Assimetria		-1,720	1,225		
	Curtose		.	.		
RFlexao_T2	provisorio P	Média		121,2533	2,25393	
		95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	111,5554	
				Limite superior	130,9512	
		5% da média aparada		.		
		Mediana		120,0000		
		Variância		15,241		
		Erro Padrão		3,90393		
		Mínimo		118,13		
		Máximo		125,63		
		Amplitude		7,50		
	Amplitude interquartil		.			
	Assimetria		1,296	1,225		
	Curtose		.	.		
	Média		111,2533	21,11311		
	95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	20,4109		
			Limite superior	202,0957		
	5% da média aparada		.			
	Mediana		110,6300			
	Variância		1337,291			
	Erro Padrão		36,56898			
Mínimo		75,00				
Máximo		148,13				
Amplitude		73,13				
Amplitude interquartil		.				
Assimetria		,077	1,225			
Curtose		.	.			
RFlexão_T3	provisorio P	Média		131,2533	6,02884	
		95% de Intervalo de Confiança para Média		Limite inferior	105,3133	
				Limite superior	157,1933	
		5% da média aparada		.		
		Mediana		133,1300		
		Variância		109,041		
		Erro Padrão		10,44225		
		Mínimo		120,00		
		Máximo		140,63		

	definitivo D	Amplitude	20,63	
		Amplitude interquartil	.	
		Assimetria	-,783	1,225
		Curtose	.	.
		Média	73,1267	36,59931
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior -84,3474	
			Limite superior 230,6008	
		5% da média aparada	.	
		Mediana	106,8800	
		Variância	4018,528	
		Erro Padrão	63,39186	
		Mínimo	,00	
		Máximo	112,50	
		Amplitude	112,50	
		Amplitude interquartil	.	
		Assimetria	-1,717	1,225
		Curtose	.	.
MFlexão_T1	provisorio P	Média	1574,67	284,609
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior 350,09	
			Limite superior 2799,24	
		5% da média aparada	.	
		Mediana	1524,00	
		Variância	243006,333	
		Erro Padrão	492,957	
		Mínimo	1109	
		Máximo	2091	
		Amplitude	982	
		Amplitude interquartil	.	
		Assimetria	,458	1,225
		Curtose	.	.
	definitivo D	Média	2689,33	675,340
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior -216,42	
			Limite superior 5595,09	
		5% da média aparada	.	
		Mediana	2365,00	
		Variância	1368254,333	
		Erro Padrão	1169,724	
		Mínimo	1716	
		Máximo	3987	
		Amplitude	2271	
		Amplitude interquartil	.	
		Assimetria	1,152	1,225
		Curtose	.	.
MFlexão_T2	provisorio P	Média	1682,67	275,574
		95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior 496,97	
			Limite superior 2868,36	
		5% da média aparada	.	
		Mediana	1851,00	
		Variância	227822,333	
		Erro Padrão	477,307	
		Mínimo	1144	
		Máximo	2053	
		Amplitude	909	
		Amplitude interquartil	.	
		Assimetria	-1,390	1,225

	definitivo D	Curtose		.	.
		Média		3359,00	375,320
		95% de Intervalo de	Limite inferior	1744,13	
		Confiança para Média	Limite superior	4973,87	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		3503,00	
		Variância		422596,000	
		Erro Padrão		650,074	
		Mínimo		2649	
		Máximo		3925	
		Amplitude		1276	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-,948	1,225
		Curtose		.	.
MFlexão_T3	provisorio P	Média		1946,67	194,383
		95% de Intervalo de	Limite inferior	1110,30	
		Confiança para Média	Limite superior	2783,03	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		2004,00	
		Variância		113354,333	
		Erro Padrão		336,681	
		Mínimo		1585	
		Máximo		2251	
		Amplitude		666	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-,744	1,225
		Curtose		.	.
	definitivo D	Média		2377,67	1239,820
		95% de Intervalo de	Limite inferior	-2956,85	
		Confiança para Média	Limite superior	7712,18	
		5% da média aparada		.	
		Mediana		2957,00	
		Variância		4611464,333	
		Erro Padrão		2147,432	
		Mínimo		0	
		Máximo		4176	
		Amplitude		4176	
		Amplitude interquartil		.	
		Assimetria		-1,126	1,225
		Curtose		.	.

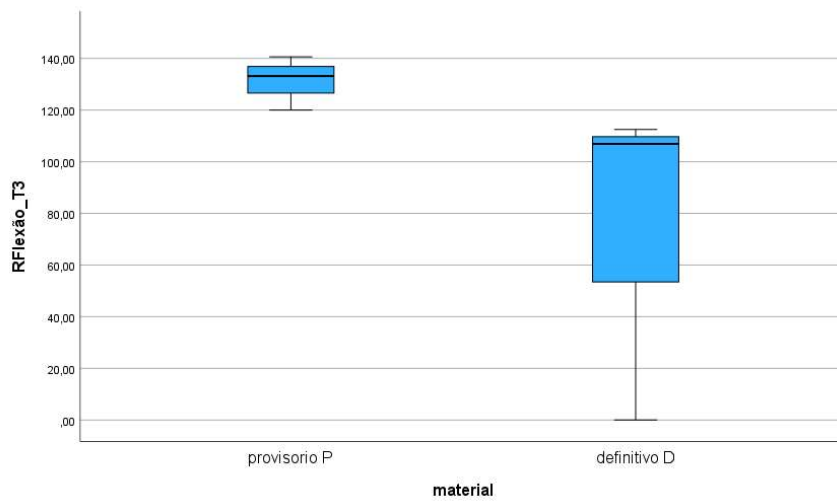
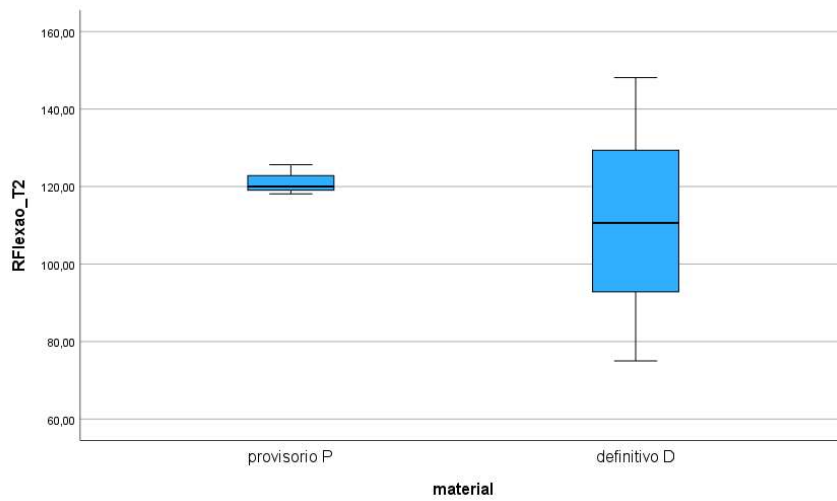
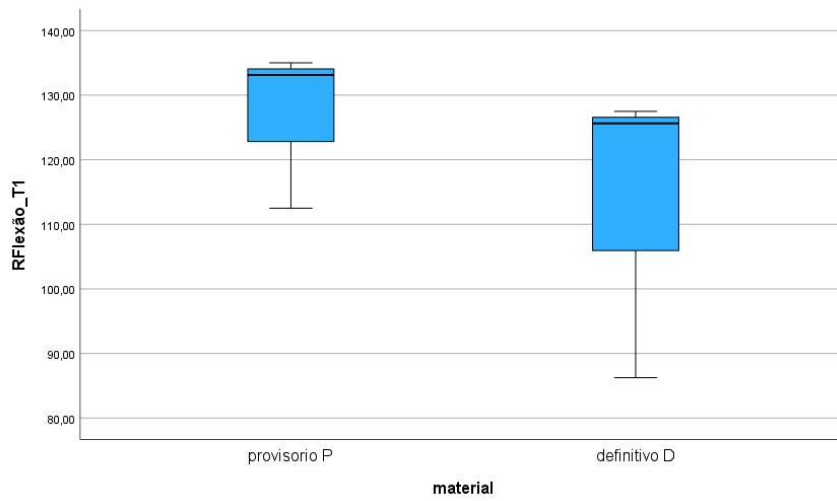


Tabela XVI Teste de normalidade das variáveis RF e MF

Testes de Normalidade

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	material	Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
RFlexão_T1	provisorio P	,358	3	.	,812	3	,143
	definitivo D	,371	3	.	,784	3	,077
RFlexao_T2	provisorio P	,293	3	.	,923	3	,462
	definitivo D	,177	3	.	1,000	3	,972
RFlexão_T3	provisorio P	,238	3	.	,976	3	,702
	definitivo D	,369	3	.	,787	3	,085
MFlexão_T1	provisorio P	,208	3	.	,992	3	,830
	definitivo D	,276	3	.	,942	3	,537
MFlexão_T2	provisorio P	,304	3	.	,907	3	,407
	definitivo D	,254	3	.	,963	3	,631
MFlexão_T3	provisorio P	,234	3	.	,978	3	,717
	definitivo D	,273	3	.	,945	3	,550

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Tabela XVII Teste t – amostras independentes – variáveis RF e MF

Estatísticas de grupo

	material	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
RFlexão_T1	provisorio P	3	126,8767	12,48562	7,20857
	definitivo D	3	113,1267	23,29465	13,44917
RFlexao_T2	provisorio P	3	121,2533	3,90393	2,25393
	definitivo D	3	111,2533	36,56898	21,11311
RFlexão_T3	provisorio P	3	131,2533	10,44225	6,02884
	definitivo D	3	73,1267	63,39186	36,59931
MFlexão_T1	provisorio P	3	1574,67	492,957	284,609
	definitivo D	3	2689,33	1169,724	675,340
MFlexão_T2	provisorio P	3	1682,67	477,307	275,574
	definitivo D	3	3359,00	650,074	375,320
MFlexão_T3	provisorio P	3	1946,67	336,681	194,383
	definitivo D	3	2377,67	2147,432	1239,820

Teste de amostras independentes

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias						
		Z	Sig. t	df	Significância		Diferença média	Erro de padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença	
					Unilateral p	Bilateral p			Inferior	Superior
RFlexão_T1	Variâncias iguais assumidas	2,6320	,180	,9014	,209	,418	13,75000	15,25922	-28,61638	56,11638
	Variâncias iguais não assumidas			,9012	,216	,433	13,75000	15,25922	-34,26425	61,76425
RFlexao_T2	Variâncias iguais assumidas	3,2516	,146	,4714	,331	,662	10,00000	21,23308	-48,95249	68,95249
	Variâncias iguais não assumidas			,4712	,342	,683	10,00000	21,23308	-79,43525	99,43525
RFlexão_T3	Variâncias iguais assumidas	10,676	,031	1,567	,096	,192	58,12667	37,09254	-44,85872	161,11206
	Variâncias iguais não assumidas			1,567	2,108	,251	58,12667	37,09254	-93,85497	210,10830
MFlexão_T1	Variâncias iguais assumidas	2,6181	,181	-1,521	,101	,203	-1114,667	732,862	-3149,418	920,085
	Variâncias iguais não assumidas			-1,521	2,268	,236	-1114,667	732,862	-3607,430	1378,096
MFlexão_T2	Variâncias iguais assumidas	,3240	,600	-3,600	,011	,023	-1676,333	465,624	-2969,114	-383,553
	Variâncias iguais não assumidas			-3,600	3,671	,026	-1676,333	465,624	-3016,144	-336,523

MFlexão_T3	Variâncias iguais assumidas	6,238	,067	-,343	4,374	,749	-431,000	1254,966	-3915,344	3053,344
	Variâncias iguais não assumidas			-,343	2,098	,381	,763	-431,000	1254,966	-5595,449

Tabela XVIII Teste t amostras emparelhadas – RF e MF

Teste de amostras emparelhadas

Diferenças emparelhadas						t	df
Significância							
Diferença		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão		95% Intervalo de Confiança da	
				Unilateral p Inferior	Bilateral p Superior		
Par 1	RFlexão_T1 - RFlexao_T2	23,46237	34,70904	5,62333	11,70857	6,75995	-
			,832	2,246	,493		
Par 2	RFlexão_T1 - RFlexão_T3	17,81529	9,06195	-4,37667	5,40977	3,12333	-
			-1,401	2,148	,296		
Par 3	RFlexao_T2 - RFlexão_T3	38,45937	18,45937	-10,00000	11,45644	6,61438	-
			-1,512	2,135	,270		

Teste de amostras emparelhadas

Diferenças emparelhadas						Significância			
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença		t	df	
					Inferior	Superior			Unilateral p Bilateral p
Par 1	MFlexão_T1 - MFlexão_T2	-108,000	575,072	332,018	-1536,558	1320,558	-,325	2	,388 ,776
Par 2	MFlexão_T1 - MFlexão_T3	-372,000	455,628	263,057	-1503,843	759,843	-1,414	2	,146 ,293
Par 3	MFlexão_T2 - MFlexão_T3	-264,000	154,929	89,448	-648,865	120,865	-2,951	2	,049 ,098

Teste de amostras emparelhadas						Significância			
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença		t	d f	Unilater al p Bilater al p
					Inferior	Superior			
Pa r 1	RFlexão_T1 - RFlexao_T2	1,87333	57,73474	33,33317	-141,54771	145,29437	,056	2	,480 ,960

Pa r 2	RFlexão_T 1 - RFlexão_T 3	40,0000 0	79,0470 6	45,6378 4	- 156,3637 8	236,3637 8	,87 6	2	,237	,473
Pa r 3	RFlexao_T 2 - RFlexão_T 3	38,1266 7	71,2878 0	41,1580 3	- 138,9620 4	215,2153 7	,92 6	2	,226	,452

Teste de amostras emparelhadas										
		Diferenças emparelhadas					Significância			
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença		t	df	Unilater al p	Bilater al p
Pa r 1	RFlexão_T 1 - RFlexao_T 2	5,62333	11,7085 7	6,7599 5	- 23,4623 7	34,7090 4	,832	2	,246	,493
Pa r 2	RFlexão_T 1 - RFlexão_T 3	- 4,37667	5,40977	3,1233 3	- 17,8152 9	9,06195	- 1,40 1	2	,148	,296
Pa r 3	RFlexao_T 2 - RFlexão_T 3	- 10,0000 0	11,4564 4	6,6143 8	- 38,4593 7	18,4593 7	- 1,51 2	2	,135	,270

Teste de amostras emparelhadas										
		Diferenças emparelhadas					Significância			
		Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão	95% Intervalo de Confiança da Diferença		t	df	Unilateral p	Bilateral p
Par 1	MFlexão_T1 - MFlexão_T2	- 669,667	1742,391	1005,970	- 4998,006	3658,672	-,666	2	,287	,574
Par 2	MFlexão_T1 - MFlexão_T3	311,667	2491,417	1438,420	- 5877,356	6500,689	,217	2	,424	,849
Par 3	MFlexão_T2 - MFlexão_T3	981,333	2555,814	1475,600	- 5367,661	7330,328	,665	2	,287	,574

Tabela XIX Testes não paramétricos para a resistência à flexão e módulo da flexão.

AMOSTRAS INDEPENDENTES

Sumarização de Teste de Hipótese				
	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
1	A distribuição de RFlexão_T1 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,400 ^c	Reter a hipótese nula.
2	A distribuição de RFlexao_T2 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,700 ^c	Reter a hipótese nula.
3	A distribuição de RFlexão_T3 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,100 ^c	Reter a hipótese nula.
4	A distribuição de MFlexão_T1 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,200 ^c	Reter a hipótese nula.
5	A distribuição de MFlexão_T2 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,100 ^c	Reter a hipótese nula.
6	A distribuição de MFlexão_T3 é igual nas categorias de material.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,700 ^c	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

c. A exata significância é exibida para este teste.

AMOSTRAS EMPARELHADAS

MATERIAL 1 PROVISORIO

Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
1	As distribuições de RFlexão_T1, RFlexao_T2 e RFlexão_T3 são iguais.	Amostras Relacionadas de Análise de Variância de Dois Fatores de Friedman por Postos	,441	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

Comparações por Método Pairwise

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
RFlexao_T2-RFlexão_T1	,500	,816	,612	,540	1,000
RFlexao_T2-RFlexão_T3	-1,000	,816	-1,225	,221	,662
RFlexão_T1-RFlexão_T3	-,500	,816	-,612	,540	1,000

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais.

São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
1	As distribuições de MFlexão_T1, MFlexão_T2 e MFlexão_T3 são iguais.	Amostras Relacionadas de Análise de Variância de Dois Fatores de Friedman por Postos	1,000	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

Comparações por Método Pairwise

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
MFlexão_T1-MFlexão_T2	,000	,816	,000	1,000	1,000
MFlexão_T1-MFlexão_T3	,000	,816	,000	1,000	1,000
MFlexão_T2-MFlexão_T3	,000	,816	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

MATERIAL 2 DEFINITIVO

Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
1	As distribuições de RFlexão_T1, RFlexão_T2 e RFlexão_T3 são iguais.	Amostras Relacionadas de Análise de Variância de Dois Fatores de Friedman por Postos	,717	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

Comparações por Método Pairwise

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
RFlexão_T3-RFlexão_T2	,333	,816	,408	,683	1,000
RFlexão_T3-RFlexão_T1	,667	,816	,816	,414	1,000
RFlexão_T2-RFlexão_T1	,333	,816	,408	,683	1,000

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

Sumarização de Teste de Hipótese

	Hipótese nula	Teste	Sig. ^{a,b}	Decisão
1	As distribuições de MFlexão_T1, MFlexão_T2 e MFlexão_T3 são iguais.	Amostras Relacionadas de Análise de Variância de Dois Fatores de Friedman por Postos	1,000	Reter a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

Comparações por Método Pairwise

Sample 1-Sample 2	Estatística de teste	Erro Padrão	Estatística de Teste Padrão	Sig.	Adj. Sig. ^a
MFlexão_T1-MFlexão_T2	,000	,816	,000	1,000	1,000
MFlexão_T1-MFlexão_T3	,000	,816	,000	1,000	1,000
MFlexão_T2-MFlexão_T3	,000	,816	,000	1,000	1,000

Cada linha testa a hipótese nula em que as distribuições Amostra 1 e Amostra 2 são iguais. São exibidas significâncias assintóticas (teste de 2 lados). O nível de significância é ,050.

a. Os valores de significância foram ajustados pela correção Bonferroni para vários testes.

FACULDADE DE MEDICINA DENTRIA

