



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS VIII – PROFESSORA MARIA DA PENHA – ARARUNA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**CURSO DE ODONTOLOGIA**

**SILVIO DA SILVA NUNES**

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE DOIS TIPOS DE  
RESINA ACRÍLICA A BASE DE POLIMETILMETACRILATO: REVISÃO DA  
LITERATURA**

**ARARUNA-PB**

**2021**

SILVIO DA SILVA NUNES

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE DOIS TIPOS DE  
RESINA ACRÍLICA A BASE DE POLIMETILMETACRILATO: REVISÃO DA  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Odontologia.

**Área de concentração:** Prótese Dentária

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Me. Danielle do Nascimento Barbosa.

**ARARUNA-PB**

**2021**

## Ficha catalográfica

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

N972a Nunes, Silvio da Silva.  
Análise e comparação da resistência flexural de dois tipos de resina acrílica a base de polimetilmetacrilato [manuscrito] : revisão da literatura / Silvio da Silva Nunes. - 2021.  
23 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2022.

"Orientação : Profa. Ma. Danielle do Nascimento Barbosa, Coordenação do Curso de Odontologia - CCTS."

1. Prótese dentária. 2. Resina acrílica. 3. Odontologia. I.

Título

21. ed. CDD 617.69

SILVIO DA SILVA NUNES

**ANÁLISE E COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE DOIS TIPOS DE  
RESINA ACRÍLICA A BASE DE POLIMETILMETACRILATO: REVISÃO DA  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Coordenação do Curso de  
odontologia da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção  
do título de graduado em Odontologia.

**Área de concentração:** Prótese Dentária

Aprovada em: 22/12/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

*Danielle do Nascimento Barbosa*

---

Profa. Me. Danielle do Nascimento Barbosa (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Amanda Lira Rufino de Lucena*

---

Profa. Me. Amanda Lira Rufino de Lucena

FACENE

*Brenna Louise Cavalcanti Gondim Castellano*

---

Profa. Dra. Brenna Louise Cavalcanti Gondim Castellano

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Quadro 1</b> - Fluxograma de seleção de artigos.....	12
<b>Quadro 2</b> - Sintetização da metodologia e resultados das pesquisas selecionadas.	12

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ADA</b>	American Dental Association
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>PMMA</b>	Polimetilmetacrilato
<b>PUBMED</b>	National Library Of Medicine
<b>RAAQ</b>	Resina Acrílica de Ativação Química
<b>RAAT</b>	Resina Acrílica de Ativação Térmica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>10</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## RESUMO

Resinas acrílicas a base de Polimetilmetacrilato (PMMA) são aplicadas na odontologia na confecção de aparelhos protéticos, placas oclusais, aparelhos ortopédicos maxilares, coroas, implantes, dentre outros. Dentro das propriedades físicas, a resina acrílica deve apresentar resiliência, resistência à compressão diante das forças mastigatórias, ter estabilidade dimensional nas condições de uso e variações de carga. A resistência flexural corresponde a uma propriedade mecânica dos materiais, normalmente avaliada por meio de um teste de carga de três pontos, que dá valores às cargas suportadas por esses materiais submetidos à flexão até a sua fratura. Desde o início do uso da resina acrílica na odontologia, foram desenvolvidas modificações na composição e nas técnicas de polimerização, com o objetivo de melhorar suas propriedades. Surgiram então várias formas de polimerização, entre elas o método de ativação por luz, técnicas de injeção fluida, sob pressão e termopolimerização por micro-ondas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo revisar a literatura pertinente analisando e comparando duas resinas acrílicas termicamente ativadas, sendo uma polimerizada pelo processo convencional e outra polimerizada por energia de micro-ondas. Foi realizada uma revisão da literatura por meio de buscas em base de dados da PubMed e Google Acadêmico. A busca pelos artigos foi realizada através das palavras-chave polimetilmetacrilato, resistência à flexão, polimerização e micro-ondas e resultou em um total de 647 trabalhos científicos relacionados aos descritores. Foram incluídas neste estudo pesquisas *in vitro* relacionadas ao tema, publicados entre os anos de 2010 e 2020. A eleição do método de polimerização mais adequado deve levar em conta vários fatores, entre eles, o tempo necessário para realizar o procedimento de acrilização e a quantidade de energia gasta nesse processamento, tão importante atualmente pela busca por energias limpas e renováveis. Concluiu-se nessa revisão que as duas resinas apresentam resultados satisfatórios quanto a resistência à flexão, apesar de apresentarem resultados diferentes quando comparadas entre si. Observou-se que os dois tipos de resinas apresentam resultados superiores ao valor mínimo de resistência à flexão preconizado pela especificação nº 12 para polímeros acrílicos da *American Dental Association*.

**Palavras-chave:** Polimetilmetacrilato. Resistência à flexão. Polimerização. Micro-ondas.

## ABSTRACT

Acrylic resins based on Polymethylmethacrylate (PMMA) are used in dentistry in the manufacture of prosthetic appliances, occlusal plates, maxillary orthopedic appliances, crowns, implants, among others. Within the physical properties, the acrylic resin must have resilience, resistance to compression in the face of masticatory forces, have dimensional stability under conditions of use and load variations. Flexural strength corresponds to a mechanical property of materials, normally evaluated through a three-point load test, which gives values to the loads supported by these materials submitted to flexion until their fracture. Since the beginning of the use of acrylic resin in dentistry, changes in composition and polymerization techniques have been developed, with the aim of improving its properties. Several forms of polymerization emerged, including the



light activation method, fluid injection techniques, under pressure and microwave thermopolymerization. Therefore, this work aimed to review the relevant literature analyzing and comparing two thermally activated acrylic resins, one polymerized by the conventional process and the other polymerized by microwave energy. A literature review was carried out through searches in the PubMed and Google Scholar databases. The search for articles was performed using the keywords polymethylmethacrylate, flexural strength, polymerization and microwave and resulted in a total of 647 scientific papers related to the descriptors. In vitro researches related to the topic, published between 2010 and 2020, were included in this study. The choice of the most adequate polymerization method should take into account several factors, including the time needed to perform the acrylization procedure and the quantity of energy spent in this processing, so important today for the search for clean and renewable energy. It was concluded in this review that the two resins show satisfactory results in terms of flexural strength, despite showing different results when compared to each other. It was observed that the two types of resins present results superior to the minimum value of flexural strength recommended by the specification nº 12 for acrylic polymers of the American Dental Association.

**Keywords:** Polymethylmethacrylate. Flexural strength. Polymerization. Microwave.

## 1 INTRODUÇÃO

O Polimetilmetacrilato (PMMA), resina acrílica utilizada na odontologia desde meados dos anos 40, é um polímero sintético utilizado na confecção de aparelhos protéticos, dentes artificiais, placas oclusais, aparelhos ortopédicos maxilares, coroas, implantes, dentre outros. Uma vantagem definitiva do polimetilmetacrilato é a relativa facilidade de processamento (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Vários fatores levaram a resina acrílica a ser utilizada largamente na odontologia, e esse polímero foi selecionado com base em sua disponibilidade, estabilidade dimensional, características de manipulação, cor e compatibilidade com os tecidos orais, além de não apresentar gosto e nem odor e apresentar propriedades mecânicas, físicas e térmicas satisfatórias (AL DOORI *et al.*, 1988; ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Dentro das propriedades físicas, a resina acrílica deve apresentar resiliência, resistência à compressão diante das forças mastigatórias e de impacto que são comuns no ambiente bucal, ter estabilidade dimensional nas condições de uso como as mudanças de temperatura e variações de carga dentro da cavidade oral (DURKAN *et al.*, 2018). A especificação nº 12 para polímeros acrílicos da *American Dental Association* (ADA) determinou que o valor mínimo de resistência flexural para a resina acrílica termopolimerizável utilizada na confecção de bases de dentaduras maxilar e mandibular é de 65 MPa. A resistência flexural corresponde a uma propriedade mecânica dos materiais, normalmente avaliada por meio de um teste de carga de três pontos, que dá valores às cargas suportadas por esses materiais submetidos à flexão até a sua fratura ou deformação permanente (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

A maior parte dos sistemas de resinas à base de polimetilmetacrilato é apresentado na forma pó-líquido, e podem ser quimicamente ativadas (RAAQ) ou termicamente ativadas (RAAT). O pó consiste em esferas pré-polimerizadas de

polimetilmetacrilato e uma pequena quantidade de peróxido de benzoíla, que funciona como o iniciador e é responsável por começar o processo de polimerização do sistema. Já o líquido é composto predominantemente de monômero de metilmetacrilato com pequenas quantidades de hidroquinona. A hidroquinona funciona como um inibidor, que evita a polimerização indesejável, ou a “cura”, do líquido durante o período de armazenamento. Os inibidores também retardam o processo de polimerização, aumentando o tempo de trabalho. A mistura pó-líquido é realizada respeitando a proporção de 3 partes de pó para 1 parte de líquido, em volume (CANADAS *et al.*, 2010).

O método de polimerização mais usado para o PMMA é o de banho em água aquecida. Esse método de polimerização pode ser longo ou curto e são realizados em aparelhos específicos que controlam o tempo, temperatura e pressão do meio em que será realizado o processo. Os fabricantes, geralmente, indicam o ciclo ideal para seus produtos em suas instruções de uso.

Desde o início do uso da resina acrílica na odontologia, foram desenvolvidas modificações na composição e nas técnicas de polimerização, com o objetivo de melhorar suas propriedades e a forma de produção de próteses dentárias, aparelhos ortodônticos, placas oclusais, e outros. Surgiram então várias formas de polimerização, entre elas o método de ativação por luz, técnicas de injeção fluida, sob pressão e termopolimerização por micro-ondas.

Em seu estudo pioneiro, Nishii (1968) usou a energia de micro-ondas para polimerizar a resina acrílica. De acordo com seu experimento, o tempo do ciclo de polimerização foi diminuído, houve um aquecimento uniforme da base, foi encontrada pouca porosidade e as propriedades físicas foram equivalentes às do processo convencional de polimerização por água aquecida.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo revisar a literatura pertinente analisando e comparando, quanto à resistência à flexão, duas resinas acrílicas termicamente ativadas, sendo uma polimerizada pelo processo convencional e outra polimerizada por energia de micro-ondas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O PMMA é o material mais usado na confecção de próteses dentárias totais e parciais há várias décadas. Ele tem sido o material de escolha por apresentar propriedades físicas e mecânicas suficientes para suportar as forças do ambiente bucal, além de suas características de manuseio favorecerem todo o desenvolvimento do trabalho (ANUSAVICE *et al.*, 2013). Vários tipos de resina acrílica e técnicas de processamento surgiram ao longo desses anos, visando-se melhorar suas propriedades e aperfeiçoar a confecção de próteses dentárias totais e parciais removíveis (Al DOORI *et al.*, 1988).

A eleição do método de polimerização mais adequado deve levar em conta vários fatores, entre eles, o tempo necessário para realizar o procedimento de acrilização e a quantidade de energia gasta nesse processamento, tão importante atualmente pela busca por energias limpas e renováveis.

De acordo com a especificação da ISO (*International Organization for Standardization*) 20795-1: 2013 (E), as resinas acrílicas de uso odontológico são

classificadas em Tipo 1 (polímeros termopolimerizáveis), Tipo 2 (polímeros autopolimerizáveis), Tipo 3 (polímeros termoplásticos), Tipo 4 (materiais fotoativados) e Tipo 5 (materiais polimerizados através de micro-ondas).

A polimerização da resina acrílica que ocorre através da energia térmica é iniciada quando a temperatura da resina atinge 65°C, que é a quantidade de calor suficiente para decompor a molécula de peróxido de benzoíla, formando radicais livres que desencadeiam a reação de polimerização. Em um ciclo longo de polimerização, a mufla com a resina em seu interior é imersa em água a 74°C por um período de, no mínimo, 8 horas, e sem fervura final. Já em um ciclo curto de polimerização, a mufla com a resina em seu interior é imersa em água a 74°C por um período de 90 minutos e posteriormente a temperatura é elevada para 100°C e mantida por mais 60 minutos. Após o processo de polimerização, para minimizar o risco de distorção por resfriamento rápido, a mufla deve ser removida da água e resfriada sobre a bancada por 30 minutos. Subsequentemente, a mufla deve ser imersa em água em temperatura ambiente por 15 minutos (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Al Doori *et al.* (1988) descreveram o princípio de aquecimento por micro-ondas: a micro-onda é uma onda eletromagnética cujo comprimento é comumente considerado como se estendendo de 300.000 mega ciclos até 100 mega ciclos por segundos (MHz.). Isto corresponde a comprimentos de onda entre 1 mm e 30 cm - comprimentos maiores (portanto de menor energia) que os dos raios infravermelhos, porém menores que os das ondas de rádio e TV. Um forno de micro-ondas para fins de cozimento geral produz micro-ondas de 2.450 Hz. Isto significa que o campo eletrostático que é gerado muda sua direção 2.450 vezes por segundo. As micro-ondas geradas têm diversas características típicas. Elas podem ser absorvidas, refletidas ou transmitidas dependendo do material presente.

Nishii (1968), ao utilizar pela primeira vez a energia de micro-ondas para a polimerização de resina acrílica, tinha o objetivo de diminuir o tempo de polimerização e também diminuir a porosidade interna na resina acrílica. A resina acrílica específica para polimerização por micro-ondas surgiu comercialmente no final da década de 80 com o objetivo de se reduzir as características indesejáveis que a RAAT convencional apresentava ao ser polimerizado através desse método.

As maiores vantagens da utilização de energia de micro-ondas em relação ao banho de água aquecida estão relacionadas ao fato de que a energia de micro-ondas independe de condutividade térmica para polimerizar a resina. No processo de polimerização por energia de micro-ondas a mistura do polímero com o monômero é aquecida diretamente antes da mufla plástica, de modo que qualquer calor gerado é dissipado para a mufla, enquanto no banho de água aquecida temos primeiramente o aquecimento da água, depois a mufla e por último a mistura é aquecida (CANADAS MD, *et al.*, 2010). O método convencional exige mais tempo e energia, o que torna desvantajoso em relação à polimerização por energia de micro-ondas. Também é importante salientar outra vantagem da utilização da energia de micro-ondas por ser um método de processamento mais limpo (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

De acordo com Spartali *et al.* (2015), a polimerização de resinas acrílicas de polimetilmetacrilato sem a criação de porosidades não seria possível em temperaturas elevadas (em torno de 100°C e 150°C) devido à sua alta pressão de vapor. A polimerização por micro-ondas é influenciada pela disponibilidade de peróxido de benzoíla. As meias vidas do peróxido de benzoíla são 7,3 horas, 1,4 horas e 19,8 min a 70°C, 85°C e 100°C, respectivamente. Quanto maior a potência aplicada ao sistema,

mais rapidamente o peróxido de benzoíla se decompõe, resultando em uma reação de polimerização mais rápida.

Wallace *et al.* (1991) compararam a precisão dimensional de bases de próteses processadas por energia de micro-ondas e método convencional de água aquecida (grupo controle), sendo 4 o número de grupos experimentais, variando os tempos e as temperaturas de polimerização por micro-ondas. Depois de polimerizadas, as amostras foram armazenadas em água destilada à temperatura ambiente por 30 dias. Os autores concluíram que as bases das próteses polimerizadas através da energia de micro-ondas apresentaram-se iguais ou com melhor precisão dimensional do que as bases polimerizadas convencionalmente; nenhum dos grupos polimerizados por micro-ondas apresentou resultado superior quando comparados entre si; o processo de polimerização através da energia de micro-ondas era limpo; o tempo gasto era menor do que na técnica convencional e forneceu excelente precisão dimensional.

Ao estudar a energia de micro-ondas como método alternativo de polimerização da resina acrílica, Kimura *et al.* (1993), modificando ciclos de polimerização e aplicando diferentes tempos e potências no forno de micro-ondas, conseguiram uma grande redução no tempo de processamento para a polimerização da resina acrílica. Além disso, constatou que a adaptação da base de próteses totais foi superior à de próteses polimerizadas pelo método convencional com água aquecida, quando se utilizou um ciclo de 500W por 3 minutos.

Com o objetivo de evitar um superaquecimento do monômero no interior da mufla, o que poderia levar à rápida degradação do peróxido de benzoíla, possível porosidade do material, e conseqüente prejuízo às propriedades físicas e mecânicas do material, mais atenção vem sendo dada à importância de escolher adequadamente o método de polimerização da RAAT (SPARTALI *et al.*, 2015).

As resinas odontológicas devem apresentar resistência e resiliência suficientes para resistir às forças oclusais, além de tenacidade e resistência à fratura e à fadiga para manter a forma e a função por muitos anos. O material também deve ter estabilidade dimensional sob todas as condições de uso, incluindo alterações térmicas e variações no carregamento. Quando utilizada como base de prótese total na região maxilar, uma resina também deve apresentar baixa densidade para garantir um baixo peso e deve apresentar boa condutividade térmica para manter a capacidade do paciente em detectar alterações de temperatura (ANUSAVICE *et al.*, 2013).

Estudando a resistência à flexão de reparos em resina acrílica, Arioli Filho *et al.* (2011) relataram que as fraturas de próteses totais que ocorrem fora do ambiente oral é frequentemente conseqüência de impactos, como resultado da expulsão da prótese da boca ao tossir ou simplesmente por deixar cair a prótese. Já no interior, as causas da fratura podem ser por força de mordida excessiva, plano oclusal impróprio, falta de oclusão equilibrada, ajuste inadequado ou limitações no material da base da dentadura. Também relataram que a fratura na linha média é o resultado da fadiga flexural causada pela deformação cíclica da base e é mais provável de ocorrer devido à flexão da base da prótese ocorrer ao longo da linha média.

Uma prótese total com resistência à flexão adequada deve resistir à fratura e não deformar sob a ação de forças, de modo a permitir uma distribuição adequada das cargas nas estruturas subjacentes. As propriedades de resistência à flexão e módulo de elasticidade representam parâmetros importantes, fornecendo uma

estimativa da longevidade clínica de materiais submetidos a cargas mastigatórias (SPARTALI *et al.* 2015).

A resistência à flexão corresponde a uma das propriedades mecânicas dos materiais, e geralmente é mensurado por meio de um teste de carga de três pontos, onde é simulada a tensão aplicada à dentadura durante a mastigação, portanto, é usado para encontrar a resistência à flexão de um material. Através desse teste é possível conhecer os valores de cargas suportadas por esses materiais submetidos à flexão até a sua fratura. De acordo com a especificação nº 12 para polímeros acrílicos da *American Dental Association*, os espécimes de resina acrílica polimerizados por calor e utilizados no teste de três pontos devem ter as dimensões 65 mm x 10 mm x 2,5 mm.

Kasina *et al.* (2014) pesquisaram a porosidade em bases de próteses dentárias, confeccionadas com resinas acrílicas polimerizadas termicamente por micro-ondas e banho de água quente. A porosidade pode influenciar diretamente na resistência à flexão da resina acrílica. Foram confeccionadas 48 bases de provas mandibulares, que foram divididas em 4 grupos diferentes: banho térmico a 74°C por 2 horas e 100°C por 1 hora; ciclo em micro-ondas por 13 minutos a 85/100 Watts e 90 segundos a 500 Watts. Após todo o processamento de polimerização, foi realizada a análise de porosidade por meio de balança 19 analítica digital. Os resultados mostraram que os grupos polimerizados por banho de água quente apresentaram um percentual mais baixo de porosidade, quando comparados ao grupo em micro-ondas. Isso indica que a formulação do material pode estar muito mais relacionada com a porosidade do que o método de polimerização, pois, a presença de agentes de ligação cruzada eleva a temperatura de evaporação do monômero, dificultando a formação de poros. O calor gerado pelas micro-ondas age diretamente sobre as moléculas do monômero, sendo necessário um cuidado maior com a temperatura a ser utilizada, com o intuito de minimizar a criação de porosidade.

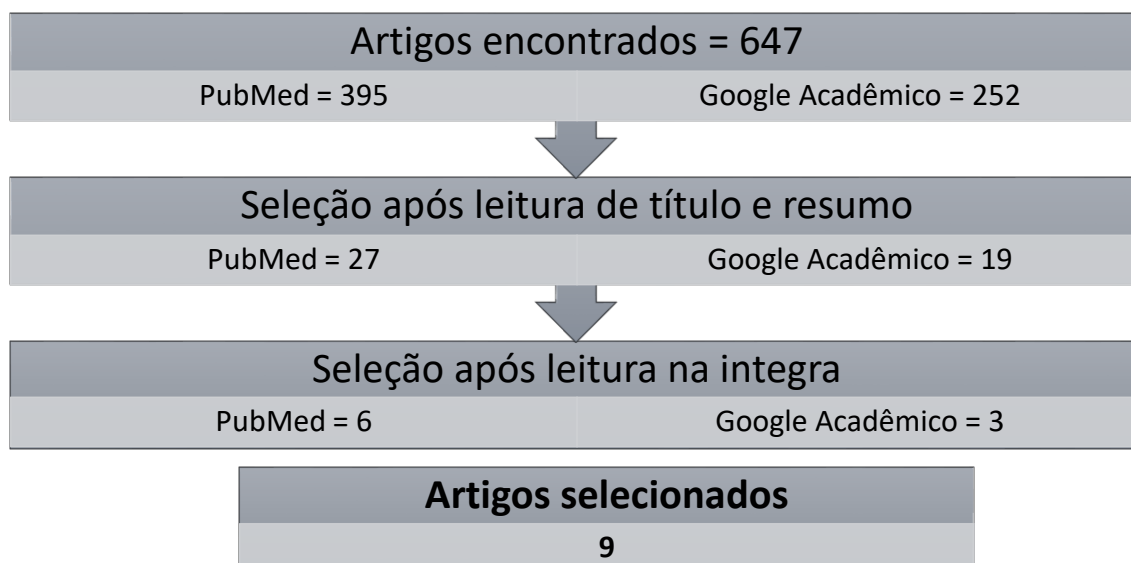
O processamento da resina acrílica na confecção da prótese utilizando a micro-ondas é bem mais limpo, mais rápido, proporciona mistura homogênea do material com excelente adaptação, e menos monômero residual no trabalho final (SOMKUWAR *et al.*, 2017).

### 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura por meio de buscas em base de dados da PubMed (*National Library Of Medicine*) e Google Acadêmico. A busca pelos artigos foi realizada através das palavras chave, de acordo com Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), polimetilmetacrilato (*polymethyl methacrylate*), resistência a flexão (*flexural strength*), polimerização (*polymerization*) e micro-ondas (*microwave*). A busca resultou em um total de 647 trabalhos científicos relacionados aos descritores.

Foram incluídas neste estudo pesquisas *in vitro* relacionadas ao tema, publicados entre os anos de 2010 e 2020 e nos idiomas inglês e português. Revisões de literatura, pesquisas que não tratavam de forma direta sobre resistência a flexão e pesquisas anteriores ao período selecionado foram excluídos deste trabalho. A base para a fundamentação teórica também foi apoiada em livros, na ADA (*American Dental Association*), na ISO (*International Organization for Standardization*) 20795-1: 2013 (E) e nas primeiras pesquisas realizadas sobre o tema.

**Quadro 1-** Fluxograma de seleção de artigos.



Fonte: Autor, 2021.

**Quadro 2** – Sintetização da metodologia e resultados das pesquisas selecionadas.

AUTOR - ANO	METODOLOGIA	RESULTADOS E CONCLUSÃO
<b>BANERJEE R, et al. (2010)</b>	<p>Foram confeccionadas 60 amostras e divididas em 6 grupos, de acordo com o tipo de resina e o ciclo de polimerização.</p> <p>A resistência à fadiga flexural foi medida utilizando um método cíclico de carga de 3 pontos.</p>	<p>A avaliação comparativa mostrou que a técnica de micro-ondas produziu valores de resistência à fadiga flexural superiores aos da técnica de banho de água aquecida.</p> <p>Em todas as técnicas, o ciclo de cura longa mostrou-se melhor na produção de bases de dentadura com maior força de fadiga flexural em comparação com o ciclo de cura curto.</p>

<p><b>ARIOLI FILHO JN, et al. (2011)</b></p>	<p>Foram confeccionadas 60 amostras de resina acrílica e agrupados de acordo com o tipo de resina usado para realizar o reparo: 1) Sem reparo (grupo controle); 2) Reparada com resina convencional (banho de água quente); 3) Reparada com resina de micro-ondas; 4) Reparada com resina quimicamente ativada.</p> <p>A força flexural foi medida com a dobra de três pontos.</p>	<p>O melhor resultado foi demonstrado pelo grupo 1 (controle) seguido pelo grupo 3 (micro-ondas), 2 (banho de água quente) e 4 (polimerização química).</p> <p>Das amostras reparadas, a resina de micro-ondas mostrou os melhores resultados de resistência à flexão.</p>
<p><b>TAKAHASHI Y, et al. (2011)</b></p>	<p>Foram confeccionadas 50 próteses totais maxilar de resina acrílica com 5 tipos diferentes de resina para base de prótese.</p> <p>As amostras foram acondicionadas em água destilada por 50 e 180 dias e depois foi realizado o teste de flexão.</p>	<p>A resistência à flexão de próteses totais de resina acrílica maxilar não mudou significativamente após imersão em água destilada a longo prazo.</p> <p>A resistência à flexão das próteses totais de resina fabricadas a partir dos 5 tipos de resina não foram significativamente diferentes uma da outra.</p>

<p><b>ANDRADE de JPM, <i>et al.</i> (2014)</b></p>	<p>Foram confeccionados 80 corpos de provas, sendo 40 com resina convencional (banho de água quente) e 40 com resina de micro-ondas. As amostras foram divididas em 8 grupos de acordo com o tipo de resina, o ciclo de polimerização, tempo de armazenamento e tipo de substância acondicionada.</p> <p>O ensaio mecânico para registro da resistência flexural foi realizado através de um teste de carga em três pontos.</p>	<p>Foi encontrado um efeito estatisticamente significativo quanto ao tipo de polimerização na resistência flexural das resinas.</p> <p>Os resultados deste estudo mostraram que a polimerização da resina ativada por energia de micro-ondas apresentou maior resistência flexural do que a técnica convencional.</p>
<p><b>SPARTALIS GK, <i>et al.</i> (2015)</b></p>	<p>Foram confeccionadas 10 amostras em resina de micro-ondas e convencional e divididos em grupos de acordo com o tipo de resina e o ciclo de polimerização. O teste de resistência à flexão foi realizado em máquina de ensaio universal.</p>	<p>A resina de banho-maria convencional apresentou maiores propriedades de flexão em comparação com a resina de polimerização em micro-ondas, independentemente do ciclo de polimerização utilizado.</p> <p>Os parâmetros de flexão na resina de micro-ondas não diferiram daqueles observados quando o banho-maria convencional foi usado.</p>



<p><b>SOMKUWAR SS, et al. (2017)</b></p>	<p>Foram confeccionados 180 espécimes de resina acrílica e divididos em grupos de banho de água aquecida e grupo de polimerização em micro-ondas com 90 espécimes cada. As amostras foram divididas em grupo de controle e subgrupos contendo reforço de nanotubos de carbono de paredes múltiplas. As amostras passaram por teste de dobra de três pontos na máquina de teste universal para avaliar a resistência à flexão, que foi apresentada em MPa.</p>	<p>A resistência à flexão média do Grupo Controle A (resina convencional) foi de 84,601 MPa. Já a resistência à flexão média do Grupo de Controle B (resina polimerizada em micro-ondas) foi de 92,622 MPa. A resistência à flexão média dos corpos de prova curados pela técnica de banho-maria foi de 95,563 MPa e a técnica de micro-ondas foi de 118,416 MPa.</p> <p>Pode-se concluir que a resina para base de prótese dentária por micro-ondas possui maior resistência à flexão do que a resina para prótese dentária polimerizada pela técnica de banho de água aquecida.</p>
<p><b>DURKAN R, et al. (2018)</b></p>	<p>Três diferentes materiais de prótese foram usados na confecção de 7 corpos de prova. Dois tipos de resina eram materiais de base de próteses polimerizáveis de forma convencional e um era material de base de próteses polimerizáveis por micro-ondas. Vários testes mecânicos foram realizados nas amostras, entre eles o teste de resistência à flexão.</p>	<p>A resina de micro-ondas do grupo de controle apresentou maior resistência à flexão e módulo médios em comparação com as duas resinas de polimerização convencional. As duas resinas de polimerização convencional apresentaram valores semelhantes entre si, quanto à resistência à flexão.</p>

<p><b>ÖZKIR SE, et al. (2018)</b></p>	<p>Foram confeccionadas 40 amostras de resina polimerizada pela técnica convencional e polimerizadas com 4 métodos de polimerização: polimerização convencional a 74°C por 9 h, a 100°C por 40 min e com pressão de 620 kPa a 100°C por 20 min. O grupo restante de espécimes foi polimerizado por micro-ondas a 180 W por 6 min.</p> <p>O teste de flexão de três pontos foi usado para medir a resistência à flexão das amostras.</p>	<p>Os resultados mostraram que houve diferenças significativas entre os grupos em relação à resistência à flexão. O grupo polimerizado por micro-ondas foi significativamente diferente dos grupos polimerizados de forma convencional.</p> <p>A resistência à flexão dos grupos que foram polimerizados de forma convencional usando métodos diferentes foi semelhante.</p> <p>A polimerização da resina de polimerização por calor convencional com energia de micro-ondas resultou em uma diminuição na resistência à flexão.</p>
<p><b>CHANDRAHARI N, et al. (2019)</b></p>	<p>Foram confeccionadas 160 amostras de resina de polimerização convencional. Eles foram divididos em dois grupos, onde cada grupo foi composto por 80 corpos-de-prova, polimerizados por métodos convencionais ou por micro-ondas. Todos os corpos-de prova foram imersos em saliva artificial, por períodos variados de 2 dias, 60 dias, 90 dias e 120 dias. A resistência à flexão foi medida por uma máquina de teste de três pontos universal.</p>	<p>O maior valor de resistência à flexão foi observado após 2 dias de imersão na saliva artificial para a polimerização convencional. Em todos os intervalos, a resistência à flexão das amostras polimerizadas convencionalmente foi maior do que a das amostras polimerizadas por micro-ondas.</p> <p>O estudo conclui que a resina acrílica convencional polimerizada em água aquecida apresentou melhores valores de resistência à flexão quando comparada com a polimerizada por micro-ondas.</p>

Fonte: dados da revisão.

## 4 DISCUSSÃO

Banerjee *et al.* (2010) relataram que o procedimento de polimerização desempenha um papel importante na influência da força de fadiga flexural das resinas acrílicas para base de dentadura. Concluíram que a técnica de polimerização por micro-ondas produziu amostras de base de dentadura com a maior resistência à fadiga flexural, quando comparada a técnica de polimerização convencional, possivelmente devido à polimerização completa da resina e à redução do teor de monômeros residuais e, portanto, às mínimas porosidades. O mesmo resultado foi observado em uma pesquisa que avaliou a resistência flexural de RAAT utilizadas em placas oclusais, na qual verificou-se uma diferença significativa dos resultados entre os métodos convencional e por energia de micro-ondas, evidenciando que a técnica por energia de micro-ondas apresentou maior resistência à flexão que a técnica convencional (ANDRADE *et al.*, 2014).

Comparando a resistência à flexão da resina acrílica ao adicionar nanotubos de carbono de paredes múltiplas à resina, Somkuwar *et al.* (2017) observaram que os espécimes polimerizados por energia de micro-ondas mostraram maior resistência à flexão do que os espécimes polimerizados por calor em água aquecida. Com o método convencional, a temperatura aumenta no final do ciclo de polimerização e o monômero residual é deixado na resina, impedindo a polimerização completa. Já na técnica por micro-ondas, a energia aplicada pelas micro-ondas atua apenas sobre o monômero, que diminui na mesma proporção que aumenta o grau de polimerização. Logo, a mesma quantidade de energia é absorvida por cada vez menos monômero, tornando as moléculas cada vez mais ativas. Isso é importante porque uma forma de autorregulação do processo ocorre e leva à polimerização completa da resina.

Já Spartali *et al.* (2015) não observaram a mesma relação e concluíram que a resina polimerizada pelo método convencional apresentou desempenho superior do que a resina polimerizada pelo método de micro-ondas nas propriedades de flexão, independentemente se o ciclo que foi polimerizado era longo ou curto. Porém o resultado de todas as amostras foi superior aos 65 MPa, que é o valor mínimo que as resinas tipo 1 e 5 devem suportar. Outro estudo obteve resultado semelhante, no qual a resina acrílica convencional polimerizada em banho de água aquecida apresentou melhores valores de resistência à flexão quando comparado com a mesma resina polimerizada por energia de micro-ondas (CHANDRAHARI *et al.* 2019).

A eficácia de polimerização por energia de micro-ondas já havia sido testada em vários estudos anteriores. Diversos autores (KIMURA *et al.*, 1983; AL DOORI *et al.*, 1988; LEVIN *et al.*, 1989; WALLACE *et al.*, 1991) relataram que a polimerização de RAAT com energia de micro-ondas, por meio de ciclos de polimerização mais longos e com menores potências de irradiação são mais eficazes e não causam prejuízo às propriedades físico-mecânicas da resina.

Estudando a influência do ciclo de polimerização no grau de conversão de uma resina acrílica tipo 5 para base de prótese, Breyer (2010) observou que houve um maior grau de polimerização nos corpos de prova em que o tempo de irradiação foi mais longo e a potência foi mais baixa. Desta forma, concluiu-se que o aumento no grau de conversão levou a uma redução na quantidade de monômeros livres. Também salientou que a presença de monômero livre na resina polimerizada reduz as propriedades físicas e mecânicas do material, podendo alterar negativamente seu desempenho clínico.

Os monômeros residuais, que influenciam nas propriedades físicas e mecânicas da resina acrílica, também influenciam na biocompatibilidade e na relação do material com a mucosa oral. Eles podem gerar alterações nos tecidos adjacentes e diminuir as propriedades mecânicas da resina por reduzir a força entre as cadeias poliméricas (FERNANDES *et al.*, 2015).

Chandrahari *et al.* (2019) observaram que a resina para polimerização convencional pode ser polimerizada de forma eficaz usando o método de energia de micro-ondas, pois viram que as amostras apresentaram valores maiores que 65 MPa e resistências à flexão satisfatórias. No entanto, apresentaram valores menores do que as amostras polimerizadas em banho de água aquecida convencional, mas eram clinicamente adequados. Outro estudo apresentou resultados que corroboram com esses resultados, pois concluíram que RAAT polimerizada por calor convencional pode ser polimerizada no forno de micro-ondas sem comprometer suas propriedades flexurais (SPARTALIS *et al.*, 2015).

No entanto, Özkir *et al.* (2018), estudando o efeito das condições de polimerização por calor e micro-ondas na resistência à flexão do polimetilmetacrilato concluíram que a polimerização da RAAT por calor convencional com energia de micro-ondas resultou na diminuição na resistência à flexão quando comparada com a polimerização da RAAT pelo método de banho em água aquecida. Além disso, os resultados mostraram valores de resistência à flexão abaixo de 65 MPa, estando em desacordo com a especificação nº 12 para polímeros acrílicos da *American Dental Association*.

Quanto à porosidade, Catão (2015) observou que todos os grupos de amostras de RAAT processadas por energia de micro-ondas e banho em água aquecida apresentaram baixa quantidade de poros. No entanto, ao correlacionar as técnicas de polimerização, percebeu uma maior redução dos poros nas amostras polimerizadas por micro-ondas. Assim, concluiu-se que as resinas acrílicas termopolimerizáveis por energia de micro-ondas apresentaram os melhores resultados quanto aos aspectos analisados em seu estudo. Outro estudo mostrou que no método de polimerização por micro-ondas o calor da polimerização se dissipou de forma mais eficaz. Isso evita que o monômero entre em ebulição e faz com que a polimerização tenha menor risco de gerar porosidade (SOMKUWAR *et al.*, 2017).

## 5 CONCLUSÃO

De acordo com os dados observados nesta revisão de literatura, podemos chegar à conclusão de que a RAAT processada pela técnica convencional e a RAAT processada por energia de micro-ondas podem apresentar resultados diferentes quando comparadas entre si em relação a resistência à flexão e ao surgimento de porosidade. Os ciclos de polimerização longos e curtos podem influenciar significativamente na resistência à flexão. Também podemos concluir que os dois tipos de resinas, quando processados de forma adequada e como preconiza o fabricante, apresentam resultados superiores ao valor mínimo de resistência à flexão preconizado pela especificação nº 12 para polímeros acrílicos da *American Dental Association*. É possível polimerizar a RAAT convencional pelo método alternativo de energia de micro-ondas, porém são necessárias mais pesquisas para avaliar se há perda das propriedades físico-mecânicas.

## REFERÊNCIAS

- AL DOORI, D. et al. A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. **Dent. Mater.**, Washington, v. 4, n° 1, p. 25-32, Feb. 1988.
- ANDRADE, J. M. P. M.; LIMA, L. H. M. A.; FARIAS, A. B. L.; RIBEIRO, A. I. A. M.; CATÃO, C. D. S.; ANSELMO, G.C.S. Análise da resistência flexural de resinas acrílicas termopolimerizáveis utilizadas em placas oclusais. **RFO**, Passo Fundo, v. 19, n. 1, p. 94-100, jan./abr. 2014.
- ANUSAVICE, K.J. PHILLIPS, R. W. *Materiais Dentários*. 12ª. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. Cap. 19: **Resinas e Polímeros Protéticos**, p. 474 - 498.
- American Dental Association. Specifications n° 12 for denture base polymers. Councils on dental materials and devices, reports of councils and bureaus. **J Am Dent Assoc** v. 90, p. 39-49. 1975.
- ARIOLI FILHO, J. N.; BUTIGNON, L. E.; PEREIRA, R. P.; LUCAS, M. G.; MOLLO JUNIOR, F. A. Resistência à flexão de reparos de resina acrílica processados por diferentes métodos: banho-maria, energia de micro-ondas e polimerização química. **J Appl Oral Sci**. v. 19, n° 3, p. 249-253, 2011.
- BANERJEE, R.; BANERJEE, S.; PRABHUDESAI, P. S.; BHIDE, S. V. Influence of processing technique on flexural fatigue strength of denture base resins: An in vitro investigation. **Indian Journal of Dental Research** v. 21, n°13, p. 391-399, 2010.
- BREYER, Carolina Falcão. **Influência do ciclo de polimerização no grau de conversão de uma resina acrílica tipo 5 para base de prótese**. 2010. Trabalho de Conclusão do Curso de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2010.
- CANADAS, M.D.; GARCIA, L. F.; CONSANI, S.; PIRES DE SOUZA, F. C. Color stability, surface roughness, and surface porosity of acrylic resins for eye sclera polymerized by different heat sources. **J Prosthodont**. V. 19, n° 1, p. 52-57, Jan 2010.
- CATÃO, C.D.S. *et al.* Avaliação microestrutural de resinas acrílicas utilizadas na confecção de placas oclusais. **Revista Saúde e Ciência On line** v. 4, n° 1, p.12-24, 2015.
- CHANDRAHARI, N.; KUMAR, C.R.; SALGAR, A.R.; PRATHIBHA, N.; SINGH, M.; SINGH, S. Comparação da resistência à fratura de resinas de cura por calor polimerizadas por métodos convencionais e de micro-ondas após imersão em saliva artificial. **J Contemp Dent Pract** v. 20, n°1, p.71-77, 2019.
- DE CLERCK, J. P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. **J Prosthet Dent** v. 57, p. 650-658, 1987.

DURKAN, R.; OYAR, P. Comparison of mechanical and dynamic mechanical behaviors of different dental resins polymerized by different polymerization techniques. **Niger J Clin Pract** v. 21, p. 1144–1449, 2018.

FERNANDES, F. H.; ORSI, I. A.; VILLABONA, C. A. Effects of the peracetic acid and sodium hypochlorite on the colour stability and surface roughness of the denture base acrylic resins polymerised by microwave and water bath methods. **Gerodontology**. v. 30, nº1, p.18-25. Mar 2013.

International Standards Organization. **(ISO) 20795-1: 2013 (E). Dentistry-denture base polymers**. Disponível em: <https://translate.google.com/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=https://www.iso.org/standard/35350.html&prev=search&pto=que>. Acesso em 20 de set. de 2021.

KIMURA, H.; TERAOKA, F.; OHNIISHI, H.; SAITO, T.; YATO, M. Applications of microwave for dental technique (Part 1). Dough-forming and curing of acrylic resins. **J Osaka Univ Dent Sch**, v.23, p.43-49, 1983.

LEVIN, B.; SANDERS, J. L.; REITZ, P. V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. **J Prosthet Dent**, v. 61, nº 3, p. 381-383, Mar. 1989.

NISHII, M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. **J. Osaka Dental Univ. Osaka**, v. 2, nº 1, p. 23-40, Feb. 1968.

OZKIR, S.E.; YILMAZ, B; UNAL, S.M.; CULHAOGLU, A.; KURKCUOGLU, I. Efeito das condições de polimerização por calor e microondas na resistência à flexão do polimetil metacrilato. **Eur J Dent** V. 12, P.116-119, 2018.

SPARTALIS, G. K.; CAPPELLETTI, L. K.; SCHOEFFEL, A. C.; MICHÉL, M. D.; PEGORARO, T. A.; ARRAIS, C. A. G.; NEPELENBROEK, K. H. e URBAN, V. M. Efeito do banho-maria convencional e dos ciclos experimentais de polimerização por microondas nas propriedades de flexão de resinas acrílicas à base de próteses dentárias. **Dental Materials Journal** v. 34, nº5, p. 623-628, 2015.

SOMKUWAR, S.; MISHRA, S. K.; AGRAWAL, B.; CHOURE, R. Comparação da resistência à flexão de resina de polimetilmetacrilato reforçada com nanotubos de carbono de paredes múltiplas e processada pela técnica convencional de banho-maria e polimerização por micro-ondas. **J Indian Prosthodont Soc** v. 17, p. 332-339, 2017.

TAKAHASHI, Y.; YOSHIDA, K.; SHIMIZU, H. Resistência à fratura de próteses totais superiores submetidas a imersão em água por longo prazo. **Gerodontology** v. 29, p. 1086 – 1091, 2012.

WALLACE, P.W. et al. Dimensional accuracy of denture resin cured by microwave energy. **J. Prosth. Dent.**, St Louis, v. 66, nº 3, p.403-409, Sept. 1991.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por todas as oportunidades dadas a mim em todos os dias da minha vida, porque dEle e para Ele são feitas todas as coisas.

Aos meus pais Marta Lúcia da Silva Nunes e José Ferreira Nunes por me ensinarem os verdadeiros valores da vida, pois sem os ensinamentos e apoio deles não estaria aqui.

Aos meus irmãos Sávio da Silva Nunes e Saulo da Silva Nunes por também me ensinarem como enfrentar a vida e não desistir perante obstáculos.

À minha esposa Renata Batista por todo companheirismo, paciência e dedicação para comigo e nosso filho.

À Universidade Estadual da Paraíba – UEPB Campus VIII e à coordenação do curso de Odontologia, pela oportunidade e apoio para a realização do curso.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Me. Danielle do Nascimento Barbosa por todo conhecimento passado em sala de aula, nas práticas clínicas e por toda atenção e paciência nesse processo.

Às professoras da banca por terem aceitado o convite, pela dedicação na leitura desse trabalho e por todas as suas contribuições na sala de aula e nas clínicas.

A todos os professores e técnicos da UEPB campus VIII pela atenção, presteza e por passarem seus conhecimentos e serviços para toda a turma.

Aos meus amigos de turma que sempre me ajudaram nessa longa caminhada, especialmente a Jordão, Victor e Lucas pela parceria nas clínicas e na vida.

Ao meu amigo Manoel Faustino por tantas ideias e por toda ajuda na elaboração deste trabalho.

A todos o meu muito obrigado!