



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**Rodrigo Figueiredo Cinelli**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA A  
FADIGA CÍCLICA DE INSTRUMENTOS AUTOMATIZADOS:  
REVISÃO DA LITERATURA**

Florianópolis

2021

**RODRIGO FIGUEIREDO CINELLI**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA A  
FADIGA CÍCLICA DE INSTRUMENTOS AUTOMATIZADOS:  
REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Odontologia, da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para aprovação.

Orientador: Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia

Co-orientadora: Profa. Patrícia da Agostim Cancelier

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cinelli, Rodrigo Figueiredo

Efeito do tratamento térmico na resistência a fadiga  
cíclica de instrumentos automatizados - revisão da  
literatura / Rodrigo Figueiredo Cinelli ; orientador,  
Lucas da Fonseca Roberti Garcia, coorientador, Patrícia da  
Agostim Cancelier, 2021.

31 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
da Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Tratamento térmico. 3. Fadiga  
cíclica. 4. Níquel titânio. I. Garcia, Lucas da Fonseca  
Roberti. II. Cancelier, Patrícia da Agostim. III.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Odontologia. IV. Título.

Rodrigo Figueiredo Cinelli

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA A FADIGA  
CÍCLICA DE INSTRUMENTOS AUTOMATIZADOS - REVISÃO DA  
LITERATURA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 16 de abril de 2021

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Lucas da Fonseca Roberti Garcia  
Data: 14/05/2021 11:17:19 -0300  
CPF: 277.525.859-81  
Verifique as assinaturas em <http://v.ufrsc.br>

---

Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Cleonice da Silveira Teixeira  
Data: 14/05/2021 21:51:49-0300  
CPF: 726.119.886-93  
Verifique as assinaturas em <http://v.ufrsc.br>

---

Prof.ª Dra. Cleonice da Silveira Teixeira  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Thais Mageste Duque  
Data: 14/05/2021 13:44:21 -0300  
CPF: 859.552.740-35  
Verifique as assinaturas em <http://v.ufrsc.br>

---

Prof.ª Dra. Thais Mageste Duque  
Universidade Federal de Santa Catarina

*Dedico este trabalho à minha família: NAIR (minha mãe), MILTON (meu pai) e PATRICIA (minha irmã), fonte de perseverança e dedicação.*

## Agradecimentos

*A construção do conhecimento e a reflexão sobre fatos só ocorrem verdadeiramente quando são construídos coletivamente. Por isso gostaria de lembrar de modo especial algumas pessoas que foram significativas para a produção deste trabalho.*

Ao **Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia**, meu orientador, que desde o primeiro momento me deu suporte com compromisso, que soube aceitar minhas dificuldades e apoiou minhas decisões sempre com entusiasmo e alegria genuínos.

Aos **professores Nair Pereira Figueiredo Cinelli e Milton José Cinelli**, meus pais, que souberam aceitar e me proporcionar condições de realizar longas jornadas de estudos.

À minha irmã, **Patricia Cinelli**, que colaborou para a realização deste objetivo.

Às minhas amigas **Giovana Aparecida Wosniak e Renee Ashley Marie Batts** que escutaram meus anseios e me ofereceram amparo tornando a realização deste trabalho mais leve.

À família que a UFSC me deu concedeu, estas que serão carregadas para sempre **Édina Zapparoli, Larissa Serafin, Laura Mazini Alves, Thayná Ferreira Simões de Oliveira**.

Ao meu amigo de infância **André Felipe de França Vieira** pelo companheirismo e, principalmente, pelas risadas que certamente fizeram este período da minha vida mais aprazível e divertido.

## Resumo

Instrumentos automatizados fabricados a partir da liga de níquel-titânio (NiTi) começaram a ser comercializados no início dos anos 1990, sendo utilizados até os dias atuais. Na tentativa de melhorar a resistência à fratura, constantemente são introduzidos no mercado novos instrumentos, porém, com diferentes modalidades de tratamento térmico. De acordo com o tipo de tratamento térmico empregado na liga de NiTi, instrumentos com diferentes características físicas podem ser obtidos. Instrumentos feitos a partir de ligas austeníticas possuem como principal característica a superelasticidade, e aqueles feitos a partir de martensita possuem controle de memória. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão da literatura científica, considerando o tratamento térmico da qual os diferentes instrumentos endodônticos são fabricados e sua influência sobre a resistência à fadiga cíclica. **Métodos:** A pesquisa bibliográfica dos artigos científicos foi realizada através de palavras-chave, combinadas de diferentes formas, nas bases eletrônicas de dados PubMed, SciELO, LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe de Informações em Ciências da Saúde) e Periódicos Capes. Após a remoção dos artigos em duplicata, a leitura dos resumos e dos textos completos foi realizada a fim de verificar se o tema era pertinente à pesquisa. Então foram selecionados treze artigos que possuíam escopo compatível com o tema desta revisão. **Resultado:** Os instrumentos martensíticos são mais resistentes a fadiga cíclica por isso são indicados para canais com grandes curvaturas ou em formato de “S”, já os austeníticos são mais indicados para canais retos ou levemente curvados. **Conclusão:** A maioria das fraturas causadas por fadiga cíclica ocorre em canais com grande complexidade anatômica. Em tais casos, os instrumentos martensíticos mostram-se mais resistentes à fratura

**Palavras-chave:** Tratamento térmico; Fadiga cíclica; Níquel titânio

## Abstract

Automated instruments manufactured from the nickel-titanium alloy (NiTi), which became commercialized in the early 1990s, are still being used today. In an attempt to improve fracture resistance, new instruments are constantly introduced to the market, however, with different heat treatment modalities. According to the type of heat treatment used in the NiTi alloy, instruments with different physical characteristics can be obtained. Instruments made from austenitic alloys have superelasticity as their main characteristic and those made from martensite have shape memory. **Objective:** The objective of this study was to conduct a review of the scientific literature, considering the heat treatment from which the different endodontic instruments are manufactured and their influence on the resistance to cyclic fatigue. **Methods:** The bibliographic search of scientific articles was carried out using keywords, combined in different ways, in the electronic databases PubMed, SciELO, LILACS (Latin American and Caribbean Literature on Health Sciences Information) and CAPES portal for periodic publications. After removing duplicate articles, abstracts and full texts were read to verify that the topic was relevant to the research. Then, thirteen articles were selected that had a theme compatible with the theme of the review. **Result:** Austenitic instruments are more suitable for straight or slightly curved canals. The martensitic instruments, on the other hand, are more suitable for canals with large curvatures or those that are S-shaped. **Conclusion:** Most fractures caused by cyclic fatigue occur in canals with high anatomical complexity. In these cases, martensitic instruments are more resistant to fracture cyclic.

**Keywords:** Heat treatment; Cyclic fatigue; Nickel titanium

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1 HISTÓRICO .....	20
2.2 TRATAMENTO TÉRMICO.....	20
2.3 LIGAS AUSTENÍTICAS DE NiTi .....	23
2.4 LIGAS MARTENSÍTICAS DE NiTi .....	25
2.5 TRATAMENTO TÉRMICO GOLD E BLUE .....	27
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A fratura de um instrumento endodôntico não é rara durante a prática clínica (Serefoglu B et al. 2020). Diversos estudos sugerem algumas das causas mais comuns para tal falha: inexperiência do operador (Mandel et al. 1999, Yared et al. 2002), velocidade de rotação (Zelada et al. 2002, Mart in et al. 2003), número de usos (Parashos et al. 2004), número de rotações (Ferreira et al. 2017), alargamento prévio do canal radicular (Roland et al. 2002), não criação de um *glide-path* adequado previamente à instrumentação (Patino et al. 2005), ângulo e raio de curvatura das raízes (Li et al. 2002, Zelada et al. 2002), forma e quantidade de ciclos de esterilização dos instrumentos (Hilfer et al., 2011).

As fraturas geralmente ocorrem de duas formas distintas, por fadiga cíclica e/ou por torção (Al-Obaida et al. 2019). A fadiga por torção ocorre quando a ponta do instrumento trava no interior do canal e sua haste continua a operar (Duque et al. 2019) produzindo mais tensões na periferia do que no centro do instrumento (Serefoglu et al. 2020). Já a fadiga cíclica ocorre pelo acúmulo de tensões e compressões na área de curvatura máxima do canal após vários ciclos de rotação do instrumento em torno de seu longo eixo (Duque et al. 2019). Esses instrumentos tendem a fraturar nas áreas curvadas (Serefoglu B et al. 2020).

Instrumentos automatizados fabricados a partir da liga de níquel-titânio (NiTi) começaram a ser comercializados no início dos anos 1990, sendo utilizados até os dias atuais (Serefoglu et al. 2020). Constantemente, são introduzidos no mercado novos instrumentos fabricados a partir da liga de NiTi, porém, com diferentes modalidades de tratamento térmico (Scott et al. 2019) na tentativa de melhorar sua flexibilidade, eficácia de corte e resistência à fratura (Hülsmann et al. 2019).

De acordo com o tipo de tratamento térmico empregado na liga de NiTi, instrumentos com diferentes características físicas podem ser obtidos (Zupanc et al. 2018). O tratamento térmico é aplicado com o intuito de transformar a fase austenítica da liga em martensítica (Serefoglu B et al. 2020), desta forma, a flexibilidade do instrumento pode ser aumentada com a elevação da temperatura austenítica final (Serefoglu B et al. 2020).

Instrumentos feitos a partir de ligas austeníticas possuem como principal característica a superelasticidade (Zupanc et al. 2018). A fase austenítica é transformada em martensítica quando o instrumento é submetido à carga, voltando para sua forma original quando não há mais forças atuando (Zupanc et al. 2018). Por outro lado, os instrumentos martensíticos podem ser facilmente curvados pela reorientação da martensita e retornam a sua forma original apenas quando aquecidos (Zupanc et al. 2018). Vale ainda ressaltar que a composição da fase e suas respectivas propriedades mecânicas variam de acordo com a temperatura ambiente, e se a liga é resfriada ou aquecida nessa temperatura (Zupanc et al. 2018).

Instrumentos fabricados com NiTi convencional, M-Wire e R-phase possuem principalmente a fase austenítica na composição da liga (Zupanc et al. 2018). Já as do tipo CM-Wire, Gold e Blue possuem em maior quantidade a fase martensítica (Zupanc et al. 2018). Assim sendo, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão da literatura, correlacionando as características físicas de instrumentos endodônticos fabricados com diferentes ligas de NiTi e suas respectivas resistências à fratura por fadiga cíclica.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 HISTÓRICO**

A liga de NiTi foi desenvolvida pelo Laboratório Naval Ordnance (White Oak, MD, EUA), que batizou a liga como “nitinol”, referência as iniciais das palavras em inglês: nickel (ni), titanium (ti) e Naval Ordnance Laboratory (nol) (Martins et al., 2020). A estrutura é considerada equiatômica, pois contém 56% de níquel e 44% de titânio (Pedullà et al. 2020). Dependendo da temperatura e da carga submetida, a liga pode transitar entre as fases martensíticas (baixa temperatura e propriedades de efeito de memória) e austeníticas (alta temperatura e propriedades de superelasticidade) (Silva et al. 2020).

Ao aplicar tensões, também é possível transformar a austenita em martensita (Hülsmann et al. 2019). A temperatura dessa fase de transição pode variar dependendo da liga e do tratamento térmico utilizados na fabricação (Hülsmann et al. 2019).

Sob certa temperatura durante o tratamento térmico é possível gerar uma fase intermediária que transita entre a fase austenítica e a martensítica, a R-phase (romboédrica) (Scott et al. 2019). A martensita apresenta um módulo de elasticidade que pode variar entre 30-40 GPa, a austenita cerca de 80-90 GPa e o módulo de elasticidade da fase R é ainda menor do que o da martensita (Elnaghy et al. 2020).

### **2.2 TRATAMENTO TÉRMICO**

Devido às suas boas propriedades mecânicas, os instrumentos de NiTi são frequentemente utilizados para o preparo mecânico de canais com anatomia complexa (Braga LC et al. 2020). Apesar das suas propriedades favoráveis, o risco à fratura continua a ser um problema durante a terapia endodôntica e a fadiga metálica é a principal razão para tal falha (Braga LC et al. 2020).

Existe um grande esforço por parte dos fabricantes para superar esta limitação e aumentar a confiabilidade do instrumento no uso clínico (Silva et al. 2020). Uma das abordagens mais eficazes para alcançar tal meta é o processamento termomecânico da liga de NiTi (Kim et al. 2020). Por meio desse

processo, tensões internas são liberadas e os defeitos da estrutura cristalina são reduzidos, dando aos átomos energia térmica suficiente para se reorganizarem, assim aumentando a resistência (Topçuoğlu et al. 2019). O tratamento térmico ajusta as temperaturas de transição das ligas de NiTi e a microestrutura da liga, melhorando conseqüentemente, seu desempenho mecânico (Elnaghy et al. 2020).

Nos últimos 10 anos, melhorias significativas de design, de controle das propriedades da matéria-prima e de processos de fabricação foram alcançados (Braga et al. 2020). Exemplo disso é o tratamento termomecânico que é aplicado ao fio de NiTi convencional (Braga et al. 2020). Isto levou ao desenvolvimento do M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA) que é utilizado nos instrumentos ProFile Vortex e GTX (Dentsply Tulsa Dental Specialties) e dos fios de memória controlada, na qual os instrumentos endodônticos são submetidos a um processo térmico especial após serem usinados a partir de fios de NiTi convencionais para aumentar sua resistência à fadiga (Braga et al. 2020).

A lima ProTaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) possui a mesma geometria que a ProTaper Universal (Dentsply Maillefer), porém devido a aplicação de um tratamento térmico específico, ela se torna mais resistente e flexível (Silva et al. 2019). Ligas de NiTi tratadas termo mecanicamente são mais flexíveis, apresentam um ângulo de deflexão, maior assim possuem maior resistência a fadiga cíclica quando comparadas a uma liga de NiTi convencional (Zupanc et al. 2020). Essas propriedades aprimoradas se devem à composição de fase modificada contendo quantidades variáveis de R-phase e martensita (Zupanc et al. 2020).

Constatado que o tratamento térmico é um fator determinante na resistência à fratura do instrumento, o calor gerado durante os ciclos de esterilização pode afetá-los (Kim et al. 2020). O clínico tende a preferir pacotes de limas pré-selecionadas com diferentes diâmetros, mas nem sempre utiliza todas elas (Kim et al. 2020). Mesmo não utilizando as limas no procedimento, estas devem ser submetidas a um novo ciclo de esterilização sem perder suas propriedades (Kim et al. 2020). Porém, ao serem examinados em microscópio de força atômica, os instrumentos apresentam aumento na rugosidade de superfície após ciclo de esterilização (Kim et al. 2020).

Uma vez que a temperatura afeta diretamente a fase em que a liga se encontra, diferentes métodos de esterilização podem modificar o instrumento de diferentes formas (Arias et al. 2020). A irradiação gama beneficiou a conversão para o estado martensítico e a manutenção do estado durante o aquecimento nos instrumentos HyFlex EDM (Arias et al. 2020). No entanto, uma futura esterilização em autoclave reverterá a modificação (Arias et al. 2020).

Kim et al. (2020) demonstraram que o número de ciclos até a falha não foi afetado pela esterilização, independentemente do tipo da lima, resultado que coincide com os de Bulem et al. (2013), que relataram que o uso de até cinco ciclos consecutivos de rotação e esterilização em autoclave não influenciou a resistência à fratura por fadiga cíclica. Isso ocorre, pois, a temperatura da autoclave não é alta o suficiente a ponto de conseguir reorganizar a estrutura atômica da lima (Kim et al., 2020).

A lima K3XF (SybronEndo, Orange, CA, EUA) é produzida utilizando tratamento térmico de fase R após o processo de usinagem. Ha et al. (2017) relataram que K3XF mostrou maior resistência à fadiga cíclica, sem declínio da força de torção comparadas as limas fabricadas a partir de liga de NiTi convencional.

As limas HyFlex EDM (Coltene/Whaledent Inc., Altstätten, Suíça) são produzidas por meio de usinagem por descarga elétrica em fios de memória controlada (CM-Wire) (Peters et al. 2020). Os fios de memória controlada não possuem superelasticidade como as ligas de NiTi convencionais, pois não são submetidos a um tratamento térmico específico (Zupanc et al. 2020). Kaval et al. (2016) e Goo et al. (2017) demonstraram que as limas HyFlex EDM são mais resistentes à fadiga cíclica quando comparadas às limas de NiTi feitas de CM-Wire e M-Wire, assim como às ligas de NiTi convencionais. (Kim et al., 2020).

Martins JNR et al. (2020) compararam a resistência à fadiga cíclica das limas ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) e ProTaper Gold (Dentsply Maillefer) com suas respectivas réplicas (U-File [Dentmark, Ludhiana, India], Super Files (Shenzhen Flydent Medical, Shenzhen, China) e Super Files Blue (Shenzhen Flydent Medical), utilizando as cinemáticas OTR (*optimun torque reverse*) e rotatória. A cinemática OTR demonstrou maior tempo de resistência

à fratura quando comparada ao rotatório (Martins JNR et al. 2020). Quanto à comparação entre os sistemas originais e as réplicas, as réplicas apresentaram um tempo significativamente maior para a fratura, em comparação aos respectivos instrumentos da marca original, independentemente da cinemática empregada (Martins et al. 2020). Cada fabricante aplica um tratamento térmico próprio, onde não há existência de especificações internacionais para orientar a produção de instrumentos em NiTi, ferramentas regulatórias e critérios de avaliação da qualidade, o que dificulta a imposição de padrões de controle de qualidade (Martins JNR et al. 2020).

É possível avaliar a resistência à fadiga cíclica de um instrumento por meio de testes estático e dinâmico (Thu M et al. 2020). No teste estático não há presença de movimentos axiais, portanto, o instrumento gira em um comprimento designado no canal até que o instrumento frature (Thu et al. 2020). No teste dinâmico, existe a presença do movimento axial, simulando melhor o movimento de bicada que é feito na clínica (Thu et al. 2020). Esse movimento é capaz de distribuir melhor as tensões ao longo do instrumento, prolongando assim a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos rotatórios, porém não há diferença quando os instrumentos recíprocos são utilizados (Thu M et al. 2020).

### **2.3 LIGAS AUSTENÍTICAS DE NiTi**

Os instrumentos que possuem na maior parte de sua liga de NiTi a fase austenítica apresentam como principal propriedade a superelasticidade (Zupanc et al. 2020). Durante seu uso há incidência de diversas forças que são capazes de transformar a austenita em martensita (martensita induzida por *stress*) (Hülsmann et al. 2019). A martensita induzida por *stress* não é estável, portanto, quando não há mais forças curvando o instrumento, ela tende a voltar a sua forma original semelhante a uma mola (Zupanc et al. 2020).

Diferentemente dos instrumentos de aço-inoxidável convencionais que, no seu processo de fabricação, são torcidos, os de NiTi austeníticos são fresados (Zupanc et al. 2020). Este processo causa imperfeições na sua superfície e consequente diminuição na resistência à fratura, poder de corte e resistência à

corrosão (Zupanc et al. 2018). Com o intuito de remover as irregularidades, rachaduras e *stress* residual decorrentes do processo de fabricação, o eletropolimento pode ser aplicado resultando em uma superfície mais lisa e com brilho (Zupanc et al. 2020). Estudos demonstraram que o eletropolimento não é capaz de impedir o aparecimento de microfaturas durante o uso, porém, quando comparados aos instrumentos que não foram submetidos a esse processo, apresentam uma resistência à fadiga cíclica maior (Zupanc et al. 2020).

Em 2007, a Sportswire LLC (Langley, OK, EUA) utilizou a já existente liga de Nitinol (composta aproximadamente por 55,8% de Ni e 44,2% de Ti) e aplicou seu próprio tratamento termomecânico, dando assim origem as ligas M-Wire (Zupanc et al. 2020). Em condições clínicas, a liga M-Wire é composta majoritariamente de austenita, pequenas quantidades de martensita e R-phase (Zupanc et al. 2020). Por isso, essa liga consegue manter suas propriedades de superelasticidade, além de ser mais flexível (Zupanc et al. 2018). A M-Wire apresenta maior resistência à fadiga cíclica que a liga de NiTi convencional, e isso deve-se a maior capacidade de reorientação de sua estrutura, aumentando a resistência à propagação de fissuras (Zupanc et al. 2020).

Já em 2008, a SybronEndo (Orange, CA, EUA) criou um novo sistema de instrumentos denominado Twisted File (Zupanc et al. 2020). O processo de fabricação consiste em um tratamento térmico próprio, transformando um fio bruto de NiTi na fase austenítica em R-phase (Zupanc et al. 2020). Essa fase possui um baixo módulo de cisalhamento, e com pouca força é possível causar uma deformação plástica no fio (Zupanc et al. 2020). Desta forma, a peça de trabalho é torcida e por meio de um novo tratamento térmico é convertida de volta para a fase austenítica (Zupanc et al. 2020). Assim, sua nova forma é mantida com a propriedade superelástica (Zupanc et al. 2020).

Tanto a resistência à fadiga cíclica, quanto a flexibilidade de um instrumento R-phase são superiores quando comparadas a uma liga convencional de NiTi sem tratamento térmico (Zupanc et al. 2018). Quando comparadas aos M-Wire, esses instrumentos apresentam resistência à fadiga cíclica semelhante (Zupanc et al. 2020).

Considerando a resistência a torção, os instrumentos R-phase apresentam maior resistência que os instrumentos convencionais e M-Wire por possuírem um maior ângulo de deflexão (Zupanc et al. 2020). Porém, é o que apresenta o menor torque dos três (Zupanc et al. 2020).

Informações precisas sobre o comportamento desses novos instrumentos em relação à fadiga cíclica permanecem limitadas, particularmente porque as dimensões do instrumento e a seção transversal devem ser consideradas ao comparar suas propriedades mecânicas (Braga et al. 2020).

## **2.4 LIGAS MARTENSÍTICAS DE NiTi**

As ligas martensíticas são mais macias, facilmente deformadas e apresentam efeito de memória quando aquecidas, por isso são consideradas “pseudoplásticas” (Zupanc et al. 2020). Devido à essas características, são mais resistentes quando comparadas as ligas austeníticas, porém, por serem macias, sua eficiência de corte é menor (Zupanc et al. 2020). Portanto, a associação dessas duas fases se mostra extremamente eficiente para o uso clínico (Zupanc et al. 2020).

Em 2010, foi introduzido no mercado a primeira liga tratada termomecânicamente que não possuía propriedades superelásticas: a CM-Wire (Zupanc et al. 2018). Em temperatura ambiente, uma análise das limas Hyflex CM e Typhoon CM revelaram que elas possuem uma mistura de austenita e martensita, com uma pequena quantidade de R-phase, tanto em instrumentos novos quanto em usados (Zupanc et al. 2018).

Os instrumentos HyFlex CM são fabricados com liga CM-Wire tratada termicamente, que controla a memória do instrumento, o que permite uma manutenção superior da curvatura do canal original e maior eficiência no preparo do canal radicular (Elnaghy et al. 2020). Porém, diversos estudos indicam que o transporte do longo eixo dos canais, promovido com o uso das limas Hyflex CM (Coltène/Whaledent, Altstätten, Suíça) quando comparadas a outras ligas austeníticas, foi semelhante (Zupanc et al. 2018). Apenas quando comparadas a Revo-S (Micro Méga, Besançon, França), ProTaper Next (Dentsply Sirona

Endodontics, Ballaigues, Suíça) e Reciproc (VDW, Munich, Alemanha), a Hyflex CM apresentou menor retificação de canal (Zupanc et al. 2018).

As limas HyFlex CM são fabricadas de liga de NiTi convencional, envolvendo um processo específico de aquecimento e resfriamento, resultando em instrumentos extremamente flexíveis com resistência à fadiga cíclica 300% maior do que a liga original (Hülsmann et al. 2019).

Os fios CM-Wire, por apresentarem o estado martensítico em sua composição, apresentam uma melhora significativa na resistência à fadiga cíclica quando comparados aos M-Wire e aos convencionais, além de exibirem um melhor ângulo de deflexão a falha semelhante (Zupanc et al. 2018).

Topçuoğlu et al. (2019) compararam a resistência à fadiga cíclica das ligas de memória controladas (One Curve, EdgeFile and HyFlex CM) com as M-Wire (ProTaper Next) em temperatura ambiente e temperatura intracanal, em canais em formato de S. Em temperatura ambiente não houve diferença entre as três ligas de memória controlada. Já em temperatura intracanal, One Curve e EdgeFile exibiram maior resistência à fadiga cíclica que a HyFlex CM (Topçuoğlu et al. 2020). Tanto na temperatura ambiente, quanto intracanal, o sistema ProTaper Next obteve os menores valores de resistência à fadiga cíclica em comparação com todas as ligas de memória controlada (Topçuoğlu et al. 2020). O estudo constatou ainda que, quando as limas foram testadas em temperatura intracanal, elas apresentaram valores de resistência à fadiga cíclica diferentes dos valores obtidos em temperatura ambiente (Topçuoğlu et al. 2020). Portanto, estudos futuros devem ser realizados em temperatura intracanal para melhor simular situações clínicas (Topçuoğlu et al. 2020).

O instrumento HyFlex CM apresentou os maiores valores de resistência à fadiga cíclica, por outro lado, o sistema FlexMaster apresentou os piores resultados (Elnaghy et al. 2020). A liga do instrumento HyFlex CM é baseada em controle de memória, que, aliada a secção transversal favorável e a todo o processo de fabricação, atribui uma melhor resistência à fadiga e aumentada flexibilidade durante o preparo do canal radicular (Elnaghy et al. 2020).

A lima Hyflex EDM (Coltène/Whaledent) foi o primeiro instrumento endodôntico usinado por descarga elétrica (Silva et al. 2020). Segundo o próprio fabricante, esse processo é capaz de enrijecer a superfície, aumentar o poder

de corte, aumentar a resistência à fratura e manter a flexibilidade semelhante a de outros instrumentos CM-Wire. Esse processo inovador remove de maneira precisa material em excesso da peça de trabalho por meio de pulsos elétricos (Zupanc et al. 2018). Como não há contato direto entre o instrumento de usinagem e a peça de trabalho não há *stress* mecânico (Zupanc et al. 2018). Tanto a ferramenta de usinagem, quanto a peça de trabalho são imersas em um fluido dielétrico (Zupanc et al. 2018). Então, a ferramenta de usinagem se move em direção a peça de trabalho até que a distância entre elas seja suficiente para que a voltagem seja capaz de ionizar o fluido gerando uma faísca que dissolve parte do material que re-solidifica e se dispersa no fluido dielétrico (Zupanc et al. 2018).

Avaliações mostraram que apesar da fase de austenita reduzida, os instrumentos Hyflex EDM exibiram uma dureza maior do que as limas CM-Wire convencionais, conseqüentemente comprovando os efeitos benéficos de endurecimento da superfície (Zupanc et al. 2018). Além disso, depois do preparo de canais severamente curvos, a rugosidade de superfície das limas Hyflex EDM não foram expressivos, porém, a Hyflex CM apresentou alterações de superfície significativamente maiores (Zupanc et al. 2018). As limas Hyflex EDM têm uma maior resistência à fadiga cíclica quando comparadas aos instrumentos Hyflex CM, M-Wire e outros instrumentos convencionais de NiTi (Zupanc et al. 2018). Segundo Kim W et al. (2019), instrumentos produzidos por meio de usinagem por descarga elétrica, além de possuírem maior flexibilidade, realizam sete vezes mais ciclos até a falha que instrumentos convencionais e tratados termicamente.

## **2.5 TRATAMENTO TÉRMICO GOLD E BLUE**

Atualmente estão disponíveis sistemas rotatórios (ProFile Vortex Blue; ProTaper Gold, Dentsply Sirona Endodontics) e sistemas reciprocantes (Reciproc Blue, VDW; WaveOne Gold, Dentsply Sirona Endodontics) (Zupanc et al. 2018).

Para os instrumentos Vortex Blue (Dentsply Sirona, Ballaigues, Suíça), sabe-se que uma camada visível de óxido de titânio resultante do tratamento térmico pós-usinagem é responsável pela sua cor distinta (Elnaghy et al. 2020).

Apesar das temperaturas de transformação mais baixas da lima tratada termicamente Blue, esses instrumentos contêm uma quantidade maior de martensita estável do que o M-Wire, levando a uma liga de NiTi mais macia e dúctil (Elnaghy et al. 2020).

Reciproc Blue (VDW, Munich, Germany) tem a cor azul pois é produzido por um processo térmico de aquecimento, seguido de um resfriamento que modifica a estrutura molecular da liga, aumentando a flexibilidade e a resistência a fratura (Serefoglu B et al. 2020) Segundo a fabricante, ela deve ser utilizada apenas uma vez, porém, não especifica o número de canais que podem ser tratados (Serefoglu B et al. 2020).

Suponhamos que a mesma lima consiga preparar um molar com 3 canais, ela também seria capaz de tratar 3 dentes unirradiculares separadamente antes do seu descarte (Serefoglu B et al. 2020). Assim, determinar a quantidade de canais que o instrumento suporta o preparo implicaria em um menor custo do tratamento (Serefoglu B et al. 2020). Serefoglu B et al. (2020), concluíram que o instrumento Reciproc Blue R25 pode ser utilizado no retratamento endodôntico de no máximo 2 molares.

A lima ProTaper Gold apresenta uma temperatura austenítica final de aproximadamente 50°C, indicando que esses instrumentos contêm principalmente a fase martensita ou R-fase em condições clínicas (Zupanc et al. 2018).

As limas Gold e Blue apresentam flexibilidade melhorada e maior resistência a fadiga quando comparadas as ligas convencionais e M-Wire graças ao seu estado martensítico (Zupanc et al. 2018). Apenas a Hyflex EDM tem uma resistência à fadiga cíclica significativamente maior quando comparas aos instrumentos dos sistemas ProTaper Gold, WaveOne Gold e Reciproc Blue (Zupanc et al. 2018).

A ProTaper Gold tem uma melhor ação de corte lateral que a ProTaper Universal, e isso se deve a superfície mais dura que consegue compensar a microdureza diminuída (Zupanc et al. 2018).

Os instrumentos HyFlex CM e TruNatomy (Dentsply Sirona) apresentaram maior resistência à fadiga cíclica do que os instrumentos Vortex Blue (Dentsply

Sirona) e RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça) (Elnaghy et al. 2020b).

A resistência à fadiga cíclica dos instrumentos reciprocantes e rotatórios fabricados com o tratamento térmico Blue foram maiores do que aquelas dos instrumentos reciprocantes M-Wire e rotatórios convencionais de NiTi (Keskin C et al. 2020).

Elnaghy et al. (2020a) analisaram a resistência à fadiga cíclica dos instrumentos TruNatomy e compararam com os HyFlex CM, Vortex Blue e FlexMaster. Para isso, foi utilizado um canal com raio de 5 mm e 90° de curvatura. Os instrumentos HyFlex CM apresentaram maior resistência à fadiga em todos os parâmetros quando comparados aos demais sistemas (Elnaghy et al. 2020a). Por outro lado, o sistema FlexMaster apresentou maior resistência a fadiga por torção e menor número de ciclos até a falha (Elnaghy et al. 2020a).

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar uma revisão da literatura considerando o tratamento térmico da qual os diferentes instrumentos endodônticos são fabricados e sua influência sobre a resistência à fadiga cíclica.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar as diferentes fases e composições das ligas metálicas utilizadas para confecção de instrumentos endodônticos automatizados.
- Avaliar os diferentes tipos de tratamento térmico que podem ser aplicados nas ligas utilizadas para a fabricação de instrumentos endodônticos.
- Avaliar qual tipo de liga metálica confere maior resistência dos instrumentos à fadiga cíclica.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado por meio de um levantamento bibliográfico de artigos científicos da área médica e odontológica, utilizando como base eletrônica de dados os seguintes sites: PubMed (MedLine), Science Direct, Scopus, Web of Science, Latin American and Caribbean Health Sciences (LILACS), SciELO e Google Scholar. Buscas adicionais foram realizadas em revistas científicas pertinentes à área de endodontia, a saber: Australian Endodontic Journal; Dental Traumatology (antigamente chamada Endodontics and Dental Traumatology); International Endodontic Journal; Journal of Endodontics; Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology (antigamente chamada Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics); Restorative Dentistry & Endodontics e European Endodontic Journal. A pesquisa incluiu artigos publicados em periódicos somente na língua inglesa, cobrindo o último ano (setembro de 2019 a setembro de 2020).

As palavras-chave que serviram de base para a pesquisa foram: (cyclic[All Fields]) AND (fatigue[MeSH Terms] OR fatigue[All Fields]) AND (nitinol[Supplementary Concept] OR nickel titanium[ All Fields]) OR nitinol[All Fields]. Após a remoção dos artigos em duplicata, foi realizada a leitura dos resumos e dos textos completos para verificar se o tema era pertinente à pesquisa. Então foram selecionados 13 artigos.

## 5 RESULTADOS

Na Tabela 1, de acordo os artigos selecionados para este estudo, podem ser vistas as principais características e exemplos comerciais de instrumentos endodônticos automatizados fabricados em NiTi submetidos a diferentes tipos de tratamento térmico.

Tabela 1 - Distribuição dos tipos de instrumentos endodônticos disponíveis comercialmente, de acordo com os diferentes tipos de tratamento térmico do NiTi.

<b>Liga</b>	<b>Fase</b>	<b>Propriedades e características</b>	<b>Exemplos comerciais</b>
Liga convencional	Austenítica	-Superelasticidade	ProTaper Universal OneShape
R-Phase	Austenítica	-Superelasticidade -Fabricada por torção	Twisted File
M-Wire	Austenítica com pequenas quantidades de R-phase e martensita	-Superelasticidade	ProFile Vortex WaveOne ProTaper Next
CM-Wire	Martensítica com quantidades variáveis de austenita e R-phase	-Controle de memória -Flexibilidade superior -Mais resistente a fadiga cíclica -Pseudoplasticidade	Hyflex CM Hyflex EDM
Gold heat-treated			ProTaper Gold WaveOne Gold
Blue heat-treated			Reciproc Blue Vortex Blue

## 6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo realizar uma revisão da literatura considerando o tratamento térmico da qual os diferentes instrumentos endodônticos são fabricados e sua influência sobre a resistência à fadiga cíclica. Com base nos resultados encontrados, foi possível determinar as diferentes fases e composições das ligas metálicas utilizadas para confecção de instrumentos endodônticos automatizados, os diferentes tipos de tratamento térmico que podem ser aplicados nas ligas de NiTi e qual tipo de liga metálica confere maior resistência dos instrumentos à fadiga cíclica.

Entretanto, é importante salientar que não só a composição da liga tem efeito sobre a resistência à fadiga cíclica do instrumento. O diâmetro do, o design e o emprego de uma cinemática adequada também contribuem para a integridade do instrumento (Topçuoğlu et al. 2019).

Kim et al. (2019) constataram que a fratura dos instrumentos depende de um efeito acumulativo, não sendo garantida a performance dentro da faixa elástica do material após o primeiro uso. Por outro lado, Pirani et al. (2014) avaliaram a alteração na superfície de instrumentos dos sistemas Reciproc (R25) e WaveOne (Primary) quando utilizados em dentes unirradiculares extraídos. Após três modelagens, houve deformações na ponta do instrumento, porém, sem sinal de deformação plástica. Além disso, Bueno et al. (2017) investigaram a incidência de fratura das limas Reciproc (R25) e WaveOne (Primary) (Dentsply Maillefer) utilizadas em até três dentes posteriores. Os pesquisadores removeram o anel de silicone após a esterilização para viabilizar o uso e constataram baixo índice de fratura. Pirani et al. e Bueno et al. (2014) relatam que o reuso desses instrumentos podem ser aplicados na prática clínica.

Desta forma, entende-se que a literatura sobre o assunto ainda é controversa e mais estudos são necessários para que se obtenham mais dados referentes à resistência mecânica dos instrumentos endodônticos automatizados e sua correlação com o tratamento térmico do NiTi.

## **7 CONCLUSÃO**

- Todos os sistemas fabricados em NiTi tratados termicamente são capazes de preparar canais severamente curvos e causando mínimos desvios.

- Os instrumentos austeníticos são os mais indicados para canais retos ou levemente curvados. Já os martensíticos são indicados para canais com grandes curvaturas ou em formato de "S".

- Visto que a maioria das fraturas causadas por fadiga cíclica ocorrem em canais com grande complexidade anatômica, nesses casos, os instrumentos martensíticos são mais resistentes.

## REFERÊNCIAS

- 1** - Serefoglu B, Miçooğulları Kurt S, Kaval ME, Güneri P, Kandemir Demirci G, Çalışkan MK. Cyclic Fatigue Resistance of Multiused Reciproc Blue Instruments during Retreatment Procedure. *J Endod.* 2020 Feb;46(2):277-282. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.024. Epub 2019 Dec 5. PMID: 31812359.
- 2** - Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Kafdağ Ö, Balkaya H. Effect of two different temperatures on resistance to cyclic fatigue of one Curve, EdgeFile, HyFlex CM and ProTaper next files. *Aust Endod J.* 2020 Apr;46(1):68-72. doi: 10.1111/aej.12369. Epub 2019 Aug 13. PMID: 31410934.
- 3** - Elnaghy AM, Elsaka SE, Elshazli AH. Dynamic cyclic and torsional fatigue resistance of TruNatomy compared with different nickel-titanium rotary instruments. *Aust Endod J.* 2020 Aug;46(2):226-233. doi: 10.1111/aej.12396. Epub 2020 Feb 5. PMID: 32022376.
- 4** - Scott R, Arias A, Macorra JC, Govindjee S, Peters OA. Resistance to cyclic fatigue of reciprocating instruments determined at body temperature and phase transformation analysis. *Aust Endod J.* 2019 Dec;45(3):400-406. doi: 10.1111/aej.12374. Epub 2019 Sep 27. PMID: 31562682.
- 5** - Pedullà E, La Rosa GRM, Virgillito C, Rapisarda E, Kim HC, Generali L. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary Instruments according to the Angle of File Access and Radius of Root Canal. *J Endod.* 2020 Mar;46(3):431-436. doi: 10.1016/j.joen.2019.11.015. Epub 2020 Jan 3. PMID: 31911005.
- 6** - Peters OA, Arias A, Choi A. Mechanical Properties of a Novel Nickel-titanium Root Canal Instrument: Stationary and Dynamic Tests. *J Endod.* 2020 Jul;46(7):994-1001. doi: 10.1016/j.joen.2020.03.016. Epub 2020 May 7. PMID: 32389382.
- 7** - Duque JA, Bramante CM, Duarte MAH, Alcalde MP, Silva EJNL, Vivan RR. Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Reciprocating Instruments after Simulated Clinical Use. *J Endod.* 2020 Aug 18:S0099-2399(20)30607-5. doi: 10.1016/j.joen.2020.08.010. Epub ahead of print. PMID: 32818567.

**8** - Elnaghy AM, Elsaka SE, Mandorah AO. In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of TruNatomy in single and double curvature canals compared with different nickel-titanium rotary instruments. *BMC Oral Health*. 2020 Feb 4;20(1):38. doi: 10.1186/s12903-020-1027-7. PMID: 32019522; PMCID: PMC7001210.

**9** - Arias A, Macorra JC, Govindjee S, Peters OA. Effect of gamma-ray sterilization on phase transformation behavior and fatigue resistance of contemporary nickel-titanium instruments. *Clin Oral Investig*. 2020 Sep;24(9):3113-3120. doi: 10.1007/s00784-019-03185-4. Epub 2020 Jan 20. PMID: 31956927.

**10** - Thu M, Ebihara A, Maki K, Miki N, Okiji T. Cyclic Fatigue Resistance of Rotary and Reciprocating Nickel-Titanium Instruments Subjected to Static and Dynamic Tests. *J Endod*. 2020 Aug 17:S0099-2399(20)30603-8. doi: 10.1016/j.joen.2020.08.006. Epub ahead of print. PMID: 32818563.

**11** - Keskin C, Sivas Yilmaz Ö, Keleş A, Inan U. Comparison of cyclic fatigue resistance of Rotate instrument with reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments at body temperature in relation to their transformation temperatures. *Clin Oral Investig*. 2020 Jun 15. doi: 10.1007/s00784-020-03346-w. Epub ahead of print. PMID: 32542583.

**12** - Silva EJNL, Martins JNR, Lima CO, Vieira VTL, Braz Fernandes FM, De Deus G, Versiani MA. Mechanical Tests, Metallurgical Characterization, and Shaping Ability of Nickel-Titanium Rotary Instruments: A Multimethod Research. *J Endod*. 2020 Oct;46(10):1485-1494. doi: 10.1016/j.joen.2020.07.016. Epub 2020 Jul 25. PMID: 32721485.

**13** - Martins JNR, Nogueira Leal Silva EJ, Marques D, Ginjeira A, Braz Fernandes FM, De Deus G, Versiani MA. Influence of Kinematics on the Cyclic Fatigue Resistance of Replicallike and Original Brand Rotary Instruments. *J Endod*. 2020 Aug;46(8):1136-1143. doi: 10.1016/j.joen.2020.05.001. Epub 2020 May 13. PMID: 32413441.

**14** - Kim W, Oh S, Ryu GJ, Kim TH, Kim SJ, Kim DH, Lee BN, Kum KY, Chang SW, Jang JH. Effect of autoclave sterilization on cyclic fatigue and torsional

fracture resistance of NiTi rotary instruments. *Odontology*. 2020 Apr;108(2):194-201. doi: 10.1007/s10266-019-00453-3. Epub 2019 Sep 11. PMID: 31512103.

**15** - Bueno CSP, Oliveira DP, Pelegri RA, Fontana CE, Rocha DGP, Bueno CEDS. Fracture Incidence of WaveOne and Reciproc Files during Root Canal Preparation of up to 3 Posterior Teeth: A Prospective Clinical Study. *J Endod*. 2017 May;43(5):705-708. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.024. Epub 2017 Mar 23. PMID: 28343932.

**16** - Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Gatto MR, Gandolfi MG, Prati C. Wear and metallographic analysis of WaveOne and reciproc NiTi instruments before and after three uses in root canals. *Scanning*. 2014 Sep-Oct;36(5):517-25. doi: 10.1002/sca.21150. Epub 2014 Jul 17. PMID: 25042083.

**17** - Braga LC, Faria Silva AC, Buono VT, de Azevedo Bahia MG. Impact of heat treatments on the fatigue resistance of different rotary nickel-titanium instruments. *J Endod*. 2014 Sep;40(9):1494-7. doi: 10.1016/j.joen.2014.03.007. Epub 2014 Apr 29. PMID: 25146041.

**18** - Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J*. 2018 Oct;51(10):1088-1103. doi: 10.1111/iej.12924. Epub 2018 Apr 19. PMID: 29574784.

**19** - Bulem ÜK, Kececi AD, Guldaz HE. Experimental evaluation of cyclic fatigue resistance of four different nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *J Appl Oral Sci*. 2013 Nov-Dec;21(6):505-10. doi: 10.1590/1679-775720130083. PMID: 24473715; PMCID: PMC3891273.

**20** - Goo HJ, Kwak SW, Ha JH, Pedullà E, Kim HC. Mechanical Properties of Various Heat-treated Nickel-titanium Rotary Instruments. *J Endod*. 2017 Nov;43(11):1872-1877. doi: 10.1016/j.joen.2017.05.025. Epub 2017 Sep 23. PMID: 28951028.

21 - Kaval ME, Capar ID, Ertas H. Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties. *J Endod.* 2016 Dec;42(12):1840-1843. doi: 10.1016/j.joen.2016.07.015. Epub 2016 Oct 21. PMID: 27776878.

## Anexo 1 - Ata da Defesa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
CURSO DE ODONTOLOGIA  
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA**

### **ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos 16 dias do mês de abril de 2021, às 16 horas, em sessão pública na plataforma RNP, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia e pelos examinadores:

1 Profa. Dra. Thais Mageste Duque

2 Profa. Dra. Cleonice da Silveira Teixeira

o aluno Rodrigo Figueiredo Cinelli apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado: Efeito da liga metálica na resistência a fadiga cíclica de instrumentos automatizados - Revisão da literatura como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia.

A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.



Documento assinado digitalmente  
Lucas da Fonseca Roberti Garcia  
Data: 16/04/2021 23:02:41-0300  
CPF: 277.929.858-81  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Lucas da Fonseca Roberti Garcia**

**Presidente da Banca Examinadora**



Documento assinado digitalmente  
Thais Mageste Duque  
Data: 19/04/2021 09:56:33-0300  
CPF: 059.952.746-35  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Thais Mageste Duque**  
**Examinador 1**



Documento assinado digitalmente  
Cleonice da Silveira Teixeira  
Data: 17/04/2021 10:21:08-0300  
CPF: 749.310.599-53  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Cleonice da Silveira Teixeira**  
**Examinador 2**



Documento assinado digitalmente  
Rodrigo Figueiredo Cinelli  
Data: 17/04/2021 11:20:43-0300  
CPF: 078.627.469-70  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

**Rodrigo Figueiredo Cinelli**  
**Aluno**