

**UNIVERSIDADE SAGRADO CORAÇÃO**

**BRUNO DE LIMA MONACO ALVES**

**EVOLUÇÃO DOS FIOS ORTODÔNTICOS NA  
ODONTOLOGIA**

BAURU  
2015

**BRUNO DE LIMA MONACO ALVES**

**EVOLUÇÃO DOS FIOS ORTODÔNTICOS NA  
ODONTOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Odontologia, sob orientação da Profa. Dra. Luciana Monti Lima Rivera.

BAURU  
2015

Alves, Bruno de Lima Monaco

A474e

Evolução dos fios ortodônticos na odontologia / Bruno de Lima Monaco Alves. -- 2015.

25f.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Monti Lima Rivera.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia)  
– Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Fios ortodônticos. 2. Propriedades físicas. 3. Níquel-Titânio (NiTi). 4. Ortodontia. 5. Ligas dos fios. I. Rivera, Luciana Monti Lima. II. Título.



## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia de Bruno de Lima Mônaco Alves.

Ao dia dezoito de novembro de dois mil e quinze, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia de BRUNO DE LIMA MÔNACO ALVES, intitulado: "**Evolução dos fios ortodônticos na Odontologia.**" Compuseram a banca examinadora os professores Dra. Luciana Monti Lima Rivera (orientadora), Dra. Cristiane de Almeida Baldini Cardoso e Dra. Solange de Oliveira Braga Franzolin. Após a exposição oral, o candidato foi arguido pelos componentes da banca que se reuniram, e decidiram, APROVADO, com a nota 10 a monografia. Para constar, fica redigida a presente Ata, que aprovada por todos os presentes, segue assinada pela Orientadora e pelos demais membros da banca.



Dra. Luciana Monti Lima Rivera (Orientadora)



Dra. Cristiane de Almeida Baldini Cardoso (Avaliador 1)



Dra. Solange de Oliveira Braga Franzolin (Avaliador 2)

Dedico este trabalho a minha mãe, que sempre me apoiou e me passou os seus ensinamentos da vida, aos meus familiares, aos meus amigos por estarem sempre presentes em minha vida, me dando muita alegria, e forças para encarar cada dia de luta.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela minha vida, minha saúde, e por ter me iluminado para concluir esse trabalho.

À minha orientadora Profa. Dra. Luciana Monti Lima Rivera, pelo seu incentivo, sua dedicação, sua confiança por acreditar no meu potencial.

Aos meus professores da USC, funcionários e colaboradores por me proporcionar um ensino de qualidade, uma boa estrutura acadêmica, um ambiente clínico excelente e agradável.

À minha Mãe Renata, que sempre me ajudou nas horas difíceis, onde estive ao meu lado em todas as horas, sempre me ajudando e não deixando eu desanimar e desistir nas dificuldades.

À minha Madrinha Cintia que me proporcionou que eu estudasse na Universidade, me dando todo suporte financeiro, me orientando com seus conhecimentos, sabedoria e inspiração profissional.

À minha avó Nair que me ajuda todos os dias com sua determinação, apoio, amor, carinho, gentileza.

Aos meus amigos que me ajudaram nas horas de felicidade, com comemorações.

Sou eternamente grato à todos vocês.

Muito Obrigado por tudo.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre o histórico e evolução dos fios ortodônticos na Odontologia, mostrando as diferentes ligas metálicas utilizadas na Ortodontia, suas vantagens, desvantagens, sua aplicação clínica e a composição metálica dos fios ortodônticos. Foram consultadas as bases de dados PubMed, MedLine e Scielo, utilizando as palavras chaves: fios ortodônticos, propriedades físicas, níquel-titânio (NiTi), histórico ,ortodontia, *biomechanics*, ligas dos fios, *metals*, *orthodonticwires*. Foram encontrados trabalhos publicados entre 1990 até 2014, os resumos foram lidos e 21 foram selecionados para compor esta revisão de literatura. Pôde-se constatar que muitos materiais foram evoluindo com o tempo, e deixando de ser utilizados por ter aplicabilidade clínica desfavorável em relação a outros fios metálicos, mas isso permitiu variedade de materiais no mercado e proporciona ao cirurgião dentista a possibilidade de escolher o melhor material e a melhor liga metálica de acordo com as particularidades do caso clínico a ser tratado. Muitas propriedades são específicas para cada liga metálica, com isso o cirurgião dentista deve ter conhecimento sobre a superelasticidade, modo de resiliência, baixa fricção, formabilidade, deflexão, biocompatibilidade, rigidez e temperatura dos fios ortodônticos. Toda esta evolução dos fios ortodônticos permite hoje um tratamento mais conservador, com movimentos mais lentos e mais seguros para os pacientes, desde que o profissional saiba usufruir as características exclusivas, vantagens e desvantagens de cada liga, elegendo sua utilização de acordo com o tipo de tratamento escolhido, o tipo da movimentação dentária realizada e as forças que serão necessárias.

**Palavras-chave:** Fios ortodônticos. Propriedades físicas. Níquel-Titânio (NiTi). Ortodontia. Ligas dos fios.

## ABSTRACT

The aim of this study was to conduct a literature review on the history and evolution of orthodontic wires in dentistry, showing the different alloys used in orthodontics, its advantages, disadvantages, its clinical application and the metallic composition of orthodontic wires. Databases were consulted PubMed, MedLine and Scielo using key words: orthodontic wires, physical properties, nickel-titanium (NiTi), historical, orthodontics, biomechanics, wire alloys, metals, and orthodontic wires. Works were found from 1990 to 2014, the abstracts were read and 21 were selected to compose this review literature. Be noted that many materials have evolved over time and no longer being used to have unfavorable clinical applicability in relation to other wires, but it materials market and provides the surgeon dentist the ability to choose the best material and the best alloy according to the particularities of the case to be treated. Many properties are specific to each alloy, thus the dentist must have knowledge of super elasticity, resiliency mode, low friction, formability, deflection, biocompatibility, rigidity and temperature orthodontic wires. This whole evolution of orthodontic wires allows today a more conservative treatment, with slower movements and are safer for patients, provided that the professional know enjoy the unique characteristics, advantages and disadvantages of each league, electing its use according to the type of treatment of choice, the type of tooth movement performed and the forces that will be required.

**Keywords:** Orthodontic wires. Physical properties. Nickel-Titanium (NiTi). Orthodontics. Wire alloys.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
4.1	FIOS DE OURO.....	14
4.2	FIOS DE AÇO.....	14
4.3	LIGAS DE COBALTO-CROMO .....	16
4.4	NÍQUEL-TITÂNIO .....	17
4.5	NOVAS LIGAS.....	19
4.6	FIOS DE RESINA E FIBRA DE VIDRO .....	20
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia dos fios ortodônticos devido a busca por uma melhor qualidade de ligas proporcionou o desenvolvimento de novas técnicas ortodônticas, tornando os tratamentos atuais biologicamente mais efetivos para os dentes e tecidos de suporte. (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009). Várias características dos fios têm grande influência e são desejáveis para uma boa performance durante os tratamentos ortodônticos. (HIDALGO, 2007). Muitos fios foram modificados, surgindo novas técnicas de tratamento aceitas, tanto pelos bons resultados obtidos, como pela satisfação dos pacientes e profissionais. (BURSTONE, 1981).

Os fios ortodônticos devem permitir que o profissional realize movimentos eficientes, não gerar danos aos dentes e aos tecidos de suporte bucais. As propriedades mecânicas dos fios ortodônticos são de grande importância no dia-dia do ortodontista, tornando-se a escolha correta dos fios ortodônticos essenciais para um correto tratamento reabilitador. (MURAVIET et al., 2001). No início do tratamento ortodôntico cada paciente apresenta uma má oclusão, a escolha correta do fio deve ser baseada em estimativas de forças geradas de diferentes arcos, no entanto, para que a movimentação dentária ocorra com a força exata que produza um eficaz movimento aos dentes, é necessário que o fio possua características como: rigidez, resistência, biocompatibilidade, forma e atrito, e ainda é difícil encontrar todas essas características citadas juntas em um único fio. (KUSY, 1997).

Com a grande variedade de fios ortodônticos no mercado, com diferentes propriedades mecânicas, o ortodontista passou a ter muitas opções adicionais para obter o controle e a magnitude da força aplicada. (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009). Evolutivamente, primeiro foram utilizadas ligas de níquel e prata para acessórios ortodônticos em 1887, em seguida estas foram substituídas por ligas de cobre, níquel e zinco, sem prata e por último as ligas de ouro foram utilizadas. De acordo com os dados de Quintão e Brunharo (2009) em 1929 os aços inoxidáveis também foram introduzidos na Ortodontia no Brasil, passando a ser utilizado para acessórios ortodônticos no final da década de 40. A liga de Cobalto-Cromo, foi desenvolvida na década de 40, já a liga de Beta-titânio tem sido utilizada como material estrutural desde 1952.

Dentre as ligas de titânio as ligas superelásticas foram usadas clinicamente e em laboratório por um período, a partir de 1985.

Fios ortodônticos estéticos foram introduzidos no final da década de 70 e atualmente existem diversos tipos de fios ortodônticos estéticos lançados no mercado: fios metálicos com resina epóxica, fios ortodônticos compostos com uma matriz a base de nylon contendo fibras de silicone para reforço, e fios ortodônticos feitos de material compósito polimérico reforçado com fibra de vidro. (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009).

Acredita-se que as forças aplicadas leves e contínuas seriam favoráveis para a realização de um movimento fisiológico e controlado dos dentes e estruturas. No mercado entra em destaque o fio de níquel-titânio, pois gera tais forças, são flexíveis, resistentes, transmitindo forças contínuas aos dentes e tecidos de suporte. (GRAVINA, 2007). São classificados como superelásticos e compõem os fios termo-ativados, apresentam diferentes temperaturas, possibilitando o uso onde necessita menor ou maior rigidez, uma vez que quanto maior a temperatura do fio ortodôntico, maior sua flexibilidade e menor a força. (GURGEL; RAMOS; KERR, 2001; SAKIMA et al., 2006).

## **2 OBJETIVO**

O objetivo desse trabalho é mostrar o quanto as evoluções dos fios ortodônticos beneficiaram profissionais, pacientes e o tratamento ortodôntico de forma geral..

### **3 METODOLOGIA**

Para esta revisão de literatura foram consultadas as seguintes bases de dados: PubMed, MedLine, Scielo em busca de evidências científicas as palavras chaves utilizadas em português e em inglês foram: fios ortodônticos, propriedades físicas, níquel-titânio (NiTi), ortodontia, ligas dos fios.

Foram encontrados artigos publicados entre 1990 até 2014. Os resumos dos artigos foram lidos e aqueles mais interessantes foram selecionados para compor esta revisão de literatura.

#### 4 REVISÃO DA LITERATURA

Para se praticar uma Ortodontia de excelência é necessário conhecer as propriedades mecânicas, físicas e químicas dos fios para poder otimizar seu uso, assim como a localização anatômica em que se aplicará a força e os princípios biomecânicos utilizados. (LANGLADE, 1993). Um desafio para todos ortodontistas é conhecer bem todas as ligas usadas nos fios ortodônticos e ter uma noção geral sobre os tipos de fios existentes no mercado.

Os fios ortodônticos foram desenvolvidos a partir da evolução humana em relação aos metais, por meio do conhecimento das propriedades fisicoquímicas e mecânicas, com a ideia de facilitar a vida clínica do profissional. (BURSTONE, 1981). Na verdade, não existe um único fio que seja ideal para todas as fases do tratamento e o conhecimento se torna importante visto o grande número de lançamento de novos materiais no mercado. (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009).

De acordo com Ferreira et al. (1998), na Ortodontia, a correta força aplicada sobre os dentes tem papel fundamental para que ocorra o movimento dos dentes. Segundo Ferreira (2000), os fios ortodônticos constituem a parte ativa da ortodontia. A movimentação dentária e a força aplicada na coroa clínica do dente é transformada nas reações biológicas das estruturas periodontais adjacentes, causando um ambiente adequado para formação óssea, promovendo a movimentação dentária induzida.

A força ótima em ortodontia deve ser de magnitude suave, para preservar as estruturas do periodonto, que é caracterizada pelo declínio a partir do momento da aplicação da força até um nível biologicamente inócuo. De um modo geral as características desejáveis em um fio ortodôntico para uma movimentação dentária eficiente são: biocompatibilidade, estabilidade ambiental, grande flexibilidade, baixa dureza, boa resistência, alta formalidade, baixa fricção superficial e capacidade de receber solda a maçarico (solda de prata) ou solda elétrica a ponto.

A maioria dos materiais usados em Ortodontia são metálicos, como por exemplo, os braquetes, molas, tubos, fios e bandas ortodônticas, portanto se faz necessário o conhecimento desses metais. (ALMEIDA, 2008). Uma liga metálica é a união sólida de vários tipos de metais, com objetivo de aproveitar as melhores características de cada elemento. (PHILIPS, 1993). O ideal terapêutico clínico tem

se aproximado com os novos materiais disponíveis no mercado, entretanto, o conhecimento dos fios ortodônticos dá a liberdade e segurança ao ortodontista para escolher qual material usar sem a influência de propagandas e pesquisas.

De acordo com os dados de Quintão e Brunharo (2009) em 1929 os aços inoxidáveis também foram introduzidos na ortodontia. No Brasil o aço inoxidável passou a ser utilizado para acessórios ortodônticos no final da década de 40. Existem diferentes tipos de materiais. A liga de Cobalto-Cromo, foi desenvolvida na década de 40, já a liga de Beta-titânio tem sido utilizada como material estrutural desde 1952, dentre as ligas de titânio as ligas superelásticas foram usadas clinicamente e em laboratório no período de 1985, sendo denominadas "ChineseNiti". A liga ChineseNiti foi originalmente desenvolvida na China, sendo posteriormente melhorada e permitindo que o fio apresente maior recuperação elástica e menor rigidez que o de níquel titânio (NiTi) convencional, além de menor deformação permanente após flexão. Com a tentativa de produzir fios ortodônticos com propriedades similares em 1986 esse objetivo foi alcançado com a introdução do "JapaneseNiti".

As ligas termodinâmicas de níquel titânio surgiram na década de 90 e seus fios possuem a característica de serem ativados pela temperatura bucal. Além das ligas termodinâmicas os fios de níquel titânio gradualmente termodinâmicos surgiram no mercado na década de 90 que corresponde a aplicação de força e quantidade de movimento dentário obtida dependendo da área da superfície do periodonto. Também na década de 90 foram adicionados as ligas de níquel titânio o Cobre (CuNiTi), que são compostos basicamente por níquel titânio Cobre e cromo, sendo essa incorporação do cobre uma definição das propriedades termo ativas, melhor do que os fios superelásticos de Niti, que permitem obtenção de um sistema ótimo de forças com controle acentuado do movimento dental. Os fios ortodônticos estéticos foram introduzidos no final da década de 70. Existem diversos tipos de fios ortodônticos estéticos lançados no mercado, fios metálicos com resina epóxia, fios ortodônticos compostos com uma matriz a base de nylon contendo fibras de silicone para reforço, e fios ortodônticos feitos de material compósito polimérico reforçado com fibra de vidro. (QUINTAO; BRUNHARO, 2009).

Ligas com características nobres como paládio, platina e o cobre também foram utilizadas. (THIENSEN, 2005). Segundo Cabrera e Cabrera (2000) a evolução

dos fios ortodônticos ocorreu paralelamente aos braquetes. A prata, o ouro, o bronze, e o latão eram os materiais disponíveis para os aparelhos ortodônticos, e após a primeira guerra mundial o aço contaminou a indústria e também a ortodontia, que passou a ser muito utilizado. O aço inoxidável é utilizado até hoje, mais vai gradativamente cedendo aos novos e materiais atraentes.

#### 4.1 FIOS DE OURO

Desde o início da Ortodontia, e começo da década de 40, a liga de ouro (tipo IV) foi o material mais utilizado na fabricação dos fios ortodônticos. Foi muito utilizada no Brasil pelos pioneiros da Ortodontia brasileira, professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro até o fim da década 50.

O ouro de 14 a 18 quilates foi muito utilizado, naquela época era empregado para fios ortodônticos, bandas, ganchos e ligaduras e arcos de irídio-palatina. A grande vantagem das ligas de ouro era o fato de serem tratadas termicamente, variando a sua rigidez cerca de 30%, e possuírem uma grande resistência à corrosão (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009), mas grandes desvantagens clínicas como o limite de escoamento baixo, pouca elasticidade, e custo elevado reduziram o seu uso e tratamentos clínicos em todo o mundo. (BURSTONE, 1980).

#### 4.2 FIOS DE AÇO

Os aços inoxidáveis foram lançados na ortodontia em 1929, quando a empresa RenfertCompany americana, começou a comercializar fios da liga de aço no mercado, que era produzida pela empresa alemã Krupp. (ANUSAVICE, 2005). O aço inoxidável era de custo bem menor que o ouro, e com vantagens maiores que os fio de ouro, como: maiores limites de escoamento, menor possibilidade de rompimento sob tensão e módulo de elasticidade maior, então tornou-se mais viável, principalmente quando no tratamento clínico era necessário fios mais rígidos como nos casos de fechamento de espaço (EVANS et al., 1996).

Durante o encontro da sociedade Americana na cidade de Oklahoma, o fundador da empresa Rocky Mountain, ArchieBrusse, sugeriu o primeiro sistema de aplicação clínica do aço inoxidável em Ortodontia, então uma grande disputa entre



as ligas de ouro e ligas de aço de iniciaram fortemente no mercado, mas fatores financeiros influenciaram e fizeram com que a aceitação das ligas de aço fossem mais utilizadas que as das ligas de ouro. (KUSY et al., 2002).

O aço inoxidável muito utilizado em Ortodontia é do tipo austenítico, tendo a sua composição em média de 18% de Cromo, 8% de Níquel, 0,08 a 0,15% de Carbono e o restante de ferro 75%. (PHILLIP, 2007). Possui uma fácil manipulação, e pode ser utilizado em diferentes estágios do tratamento ortodôntico, atualmente o aço é muito utilizado no tratamento dos arcos que o contorno dos arcos deve ser muito estável, verificando a dimensão transversal dos arcos dentários, tendo uma alta rigidez e menor atrito na interface fio/ranhura do braquete quando comparado as outras ligas, faz o aço o principal fio de eleição para fechamento de espaços no arco dentário. (PHILLIP, 2007). Mas a alta rigidez desta liga é um fator que deve ser muito controlado pela diminuição dos calibres dos fios, pois além de depender um grande período de tempo no trabalho profissional, a falta de controle sobre a sua rigidez pode gerar muitas forças excessivas durante o movimento ortodôntico. (PHILLIP, 2007).

Por muito tempo os fios de aço inoxidável predominaram na Ortodontia, mas com o advento de novas ligas metálicas tornou-se diversificado o universo de fios disponíveis e as novas ligas proporcionaram alterações no tratamento odontológico, diminuindo o tempo de tratamento como um todo. (CABRERA; CABRERA, 2000). Ainda hoje maioria das bandas, braquetes e fios ortodônticos são feitos de aço inoxidável contendo aproximadamente 8% a 12% de níquel, 17% a 22% de cromo e proporções diversas de manganês, titânio, ferro e cobre.

O cromo é um elemento que é responsável pela resistência à corrosão apresentada por esses tipos de fios. (GURSOY et al., 2005). Uma camada finíssima de óxido de cromo é formada sobre a superfície, devido à resistência à corrosão dos aços inoxidáveis, porém essa camada pode ser destruída por agressões mecânicas ou químicas, ocorrendo a perda da proteção contra a corrosão. (ALMEIDA; MARIUZZO; FERREIRA, 1996).

Os fios ortodônticos necessitam apresentar alta resistência á corrosão no meio bucal (INTERLANDI, 1999), pois os produtos liberados através da corrosão do aço inoxidável podem causar efeitos adversos no organismo como alergias. (ELIADES; ATHANASIOU, 2002; GURSOY et al., 2005).

No início do tratamento ortodôntico quando ocorre um grau de apinhamento mais severo é necessário e mais indicado a utilização de fios mais finos, ou fios multifilamentados torcidos, os fios de aço inoxidável permitem menor coeficiente de atrito entre os outros fios, permitindo uma baixa fricção na canaleta do braquete e grande potencial de eficiência para promover movimentos e deslizamentos, são poucos resilientes, recendo uma baixa energia de ativação, assim essa propriedade resulta na liberação de força mais elevada para os dentes, com rápida dissipação, tornando necessária a reativação mais frequente do aparelho ortodôntico. (ALMEIDA; MARIUZZO; FERREIRA, 1996).

#### 4.3 LIGAS DE COBALTO-CROMO

O uso das ligas de cobalto-cromo para o uso odontológico ocorreu um pouco depois das de aço inoxidável convencional e apresenta propriedades mecânicas bastante similares as de aço inoxidável como o seu módulo de elasticidade e resiliência, As ligas de cobalto-cromo apresentam boa soldabilidade, alta formalidade, e resistência á corrosão. Estas foram submetidas a tratamentos térmicos e demonstram serem superiores as ligas de aço inoxidável, pois apresentaram resultados de maior formabilidade, resistência a fadiga e resistência à distorção. (THIENSEN, 2005).

No início da década de 1960 a Elgin WatchCompany , desenvolveu uma liga de metal contendo 40% de Cobalto, 20% de Cromo, 15% de Níquel, 15,8%de Ferro, 7% de Molibidênio, 2% de Manganês, 0.10"de Carbono e 0.04% de Berílio, a empresa americana Rocky Mountain começou a comercializar essas ligas que foram chamadas de Elgilloy, que são nada mais que ligas de aço acrescida de outros metais, e atualmente possui vários similares no mercado. (CABRERA; CABRERA, 2000). O fio Elgilloy pode ser facilmente dobrado sem o risco de fraturas, é comercializado em 4 tipos de cores, o azul (macio), amarelo (dúctil), verde (semi-resiliente) e vermelho (resiliente).

O fio com maior capacidade de dobramento é o azul, sendo muito utilizado para confecção de alas, o de mais resiliência é o vermelho, porem deve-se tomar cuidado nas dobraduras, pois apresentam maior coeficiente de atrito comparado as ligas de aço inoxidável. (FERREIRA, 1996).

As ligas de cobalto-cromo são muito utilizadas pelos seguidores da filosofia ortodôntica de Ricketts, utilizando a técnica progressiva, pois as ligas são maleáveis. (CABRERA; CABRERA, 2000). Os fios Elgiolly possibilitam a realização de dobras e helicóides com mais facilidade, diminuindo o tempo de trabalho e o fato de utilizá-las em fios retangulares, assim proporcionam maior movimentação dentária, mas após as dobras confeccionadas a formabilidade é desnecessária e a resiliência torna-se fundamental para o movimento dentário. Mas para que seja alcançado esse objetivo é necessário o tratamento térmico do fio, sendo o procedimento processar o fio num forno por 5 horas na temperatura de 480° C. (KAPILA et al., 1990).

Desta forma, muitos ortodontistas nunca utilizaram essa liga, e muitas vezes não são distinguidas do aço inoxidável puro por serem muito semelhantes fisicamente, e embora o procedimento de processar o fio aquecendo seja correto, tornou-se inviável para o uso clínico, e o tratamento térmico realizado de uma maneira não controlada, aumenta a rigidez, ocorrendo a perda das propriedades inerentes. (KUSY, 1997).

#### 4.4 NÍQUEL-TITÂNIO

As ligas de NiTi podem apresentar duas características que seriam a superelasticidade e a memória de forma. (DAYANANDA; SUBBARAO, 2008). As ligas de memória não exibem apenas o efeito de memória de forma, mas também o comportamento de superelasticidade. As ligas de níquel-titânio são derivadas das mudanças microestruturais que podem ocorrer devido à aplicação de tensão ou devido à variação de temperatura, o termo memória de forma é derivado da habilidade da liga de níquel titânio em lembrar uma forma pré determinada no aquecimento e na solicitação mecânica. (EVANS et al., 2008).

No processo de fabricação os fios de NiTi são moldados no formato estabelecido e desejado em temperaturas elevadas, e quando resfriados, podem ser feitas dobras com facilidade dentro dos braquetes, mas quando esses fios atingem a temperatura da boca, eles voltam à forma estabelecida pelo fabricante, gerando a ativação. (MARINS; PROCACI, 2008). Os fios de NiTi podem ser encontrados em diferentes temperaturas de transição indicando a ação em intervalos de força estabelecidos previamente. (ROSANI, 2001). Assim, os fios de NiTi podem ser

utilizados em diferentes situações clínicas, podendo requerer maior ou menor rigidez. (GOUVEA, 2006).

A biocompatibilidade das ligas de NiTi ocorre quando entram em contato com um determinado material e não apresentam efeitos tóxicos, irritantes, inflamatórios, alérgicos e carcinogênico. A reação adversa é chamada de toxicidade, para que ocorra a biocompatibilidade de um material é necessário em odontologia a não ocorrência de reações adversas, ou reações adversas toleráveis ao organismo. (MENEZES; FREITAS; GONÇALVES, 2009).

Existe uma preocupação muito grande em definir a resistência a corrosão das ligas de NiTi, pois caso ocorra a liberação do níquel este poderá sensibilizar alguns pacientes produzindo alergias ou até poderá afetar a integridade mecânica do fio causando sua fratura. (BUCCI; CÂNDIDO; GOMES, 2003).

A corrosão das ligas de NiTi se dá pela formação de um filme de passivação constituído de  $TiO_2$  (BUCCI; CANDIDO; GOMES, 2003), pois a superfície do NiTi possui uma grande quantidade de óxido de titânio, pequenas quantidades de óxidos de níquel e níquel metálico na camada interna constituída de níquel titânio. (PERTILE, 2005).

Com o grande aumento de tratamento ortodôntico com dispositivos que contém níquel, o aumento de alergias a esse elemento, levaram o desenvolvimento de pesquisas buscando avaliar a resistência e corrosão desse material no meio bucal. Figueira et al. (2009) realizaram um estudo sobre a corrosão das ligas de NiTi, utilizando um método eletroquímico, e comparando com o níquel comercialmente puro, com a liga  $Ti-6^{a}1-4V$  e aço inoxidável 316L, que são matérias utilizados diariamente em implantes dentários, foi relatado que a corrosão foi de menor intensidade na superfície do titânio que na superfície do níquel, de acordo com a curva de polarização, devido a formação de uma camada passiva de óxido, assim pode se declarar que os fluoretos são inimigos em meio ácido dos metais reativos como titânio e suas ligas, pois ocorre uma corrosão da camada passiva e perda de propriedades mecânicas. (AL-MAYOUF, 2004).

O flúor é amplamente utilizado na odontologia para manutenção da boa higiene oral e auxilia na diminuição do índice de cárie, promovendo a formação de compostos fluoretados que aderem aos dentes e estimulam a remineralização, enquanto protegem os dentes contra os ataques de ácidos (SHIFF; GROSGOGGAT;

DALARD, 2004). Os efeitos dos fluoretos na resistência à corrosão do titânio e suas ligas foram avaliadas por Kaneko et al. (2004). Os autores concluíram que a degradação de quatro fios ortodônticos (NiTi, Beta Titânio, aço inoxidável e níquel-cromo-cobalto) após a imersão desses materiais em soluções acidulada do fluoreto do fosfato de 2.0%, em temperatura de 37°C por 60 minutos. Relatou-se que as propriedades do NiTi e titânio beta foram alteradas sensivelmente, sendo que o modo de fratura alterou-se para frágil, mas em outro lado a resistência a tração dos arcos de aço inoxidável e de níquel-cromo cobalto foi apenas afetada pela imersão, assim os autores concluíram que a degradação dos arcos ortodônticos de ligas de titânio ocorre devido a absorção de hidrogênio em período curto de imersão em soluções de fluoreto. (KANEKO et al., 2004).

#### 4.5 NOVAS LIGAS

Como o tratamento ortodôntico tem duração de alguns meses, o fator estético da aparência da aparelhagem é um fator que é significativo e deve ser considerado. Diversas empresas começaram a produzir no final da década de 70 braquetes não metálicos, de policarbonato ou cerâmicos, devido a grande procura por estética no mercado. Atualmente os braquetes estéticos são bastante utilizados na clínica de ortodontia, oferecendo uma alternativa aos metálicos, o mesmo não aconteceu com os fios ortodônticos, em relação aos fios estéticos, que foram pouco relatados na literatura até meados da primeira década do século XXI. (HERSHEY, 1998).

Fios ortodônticos que foram lançados no mercado foram os fios metálicos com cobertura de teflon, fios metálicos recobertos por resina epoxídica, fios ortodônticos compostos por uma matriz à base de nylon contendo fibras de silicone para reforço e fios ortodônticos feitos de material reforçados com o material fibra de vidro. (QUINTÃO; BRUNHARO, 2009).

A opção pelo fio ortodôntico mais adequado para cada etapa do tratamento requer uma avaliação clínica e o conhecimento das diversas ligas metálicas no mercado. (BURSTONE, 1981).

Alguns fatores que influenciam a escolha adequada de um fio são condições do elemento dentário e a situação do periodonto de sustentação, e são determinantes para a quantidade de força a ser aplicada. Além disso, devem-se

considerar as propriedades mecânicas da liga, a secção transversal e a distância interbráquetes, pois estas ditarão a obtenção da força desejada. (PROFFIT; FIELDS, 2000).

Uma grande resiliência e uma baixa formabilidade são desejáveis para a primeira etapa do tratamento, quando possui um grande desnivelamento e desalinhamento. Os fios de aço de reduzida secção, aço trançado ou fios de M-NiTi, estão entre os mais indicados, resolvendo os apinhamentos mais acentuados. (JONES; STANIFORD, 1990).

Ainda como a melhor opção o uso dos fios superelástico (A-NiTi) são preferidos, pois liberam forças de baixa intensidade, independente da quantidade de deflexão, mas num estágio mais avançado do tratamento, diante de uma necessidade de movimentação dentária individualizada, pode se associar diferentes ligas de fios no protocolo de tratamento. (SEGNER; IBE, 1995).

No estágio final do tratamento, a adequação dos arcos dentários requer um fio que aceite ser conformado, deve se empregar uma liga com melhor formabilidade. (KAPILA et al., 1990).

Segundo Kapila et al. (1990) no estudo feito sobre as ligas ortodônticas, citaram as suas propriedades mecânicas e aplicações clínicas. Algumas propriedades mecânicas desses fios são obtidas, geralmente, pelos ensaios de tração, dobramento e torção, apesar das características clínicas dos fios determinadas por esses ensaios não interferirem totalmente no comportamento e condição clínica, devido ao grande espectro das propriedades dos fios ortodônticos, o seu uso pode ser melhor direcionado pela seleção de um tipo de fio adequado para uma situação clínica específica. (BURSTONE, 1995).

#### 4.6 FIOS DE RESINA E FIBRA DE VIDRO

São fios confeccionados de fibras cerâmicas embebidas em uma matriz polimérica que ainda são encontrados como protótipo. Possuem uma excelente compatibilidade com a coloração dos dentes, mas em aspecto de desvantagem apresenta um risco muito alto em relação às fraturas e por isso foram recolhidos do mercado. Tais fios encontrados como fio Optiflex (Ormco/Sybron) demonstraram boa

liberação de forças, mas com perda da sua efetividade após ser submetido ao meio aquoso. (IMAI et al., 1999).

Em geral as suas características clínicas são a sua elasticidade, muito próximas a dos fios M-NiTi; possui baixo coeficiente de atrito; formabilidade e soldabilidade não conhecidas. A sua aplicação clínica possui o uso e praticidade em diferentes estágios do tratamento, em secções redonda e retangular, a sua limitação possibilita a fragilidade e problemas com relação a hidratação da matriz polimérica restringindo o uso dos fios, apesar de melhorias na composição da matriz polimérica. (IMAI et al., 1999).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos em Ortodontia e na Odontologia em geral têm como objetivo dar o melhor tratamento para o paciente, buscando aperfeiçoar técnicas ou materiais para um tratamento eficaz, rápido, seguro, com baixo custo, sem causar danos aos tecidos adjacentes, estruturas dentárias e ósseas.

A Ortodontia, nas últimas décadas tem se tornado uma especialidade de grande importância e muito procurada pelos pacientes, pelo fato de muitas pessoas possuírem má-oclusão, devido a causas multifatoriais, como: hereditárias e hábitos bucais, gerando o desvio da normalidade e grande padrão estético imposto pela mídia e sociedade. Um sorriso alinhado e uma estética agradável podem melhorar a autoestima pessoal, e facilitar a higienização bucal.

Apesar da grande variedade de marcas comerciais disponíveis no mercado, uma vez que diferentes técnicas ortodônticas exigem fios diferentes para um determinado tipo de movimento dentário, poucas são as ligas que promovem uma movimentação dentária mais fisiológica e que se adapte às técnicas ortodônticas.

Toda esta evolução dos fios ortodônticos permite hoje um tratamento mais conservador, com movimentos mais lentos e mais seguros para os pacientes, desde que o profissional saiba usufruir as características exclusivas, vantagens e desvantagens de cada liga, elegendo sua utilização de acordo com o tipo de tratamento escolhido, o tipo da movimentação dentária realizada e as forças que serão necessárias.



## REFERÊNCIAS

- AL-MALUF.; Corrosion behavior of a new titanium alloy for dental implant applications in fluoride media. **Materials Chemistry and Physics**. V.86, n.2-3, p.320-29, aug. 2004.
- ALMEIDA, F.C., MARIUZZO, O.J. e FERREIRA, I. Conceitos da área de Engenharia e Ciência dos Materiais em Ortodontia. **Jornal Brasileiro de Ortodontia e Ortopedia Maxilar**.3: 29-41,1996.
- ALMEIDA. M. R. Emprego racional da Biomecânica em ortodontia: “ arcos inteligentes”. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, Maringá, v.11, n.1, p.122-156, jan./fev. 2008.
- ANUSAVICE, K. J. Ligas trabalhadas e trefiladas. In: BRANTLEY, W. A. **Materiais dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 602-603.
- BUCCI, L.; CÂNDIDO, L.; GOMES, J.A.C.P. Avaliação da resistência a corrosão de fios ortodônticos Ni-Ti em saliva sintética contendo gel flúor acidulado. In: **Conferência sobre Tecnologia e Equipamentos**. 7, 2003. Florianópolis. Anais da 7º Conferência sobre Tecnologia e Equipamentos.
- BURSTONE C. J.; Beta titanium: a new orthodontic alloy. **American Journal of Orthodontics**, St Louis, v. 77, n. 2, p. 121-132, Feb. 1980.
- BURSTONE, C. J. Variable-modulus orthodontics. **American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St Louis, v.80, n.1, p.1-16, July 1981.
- BURSTONE, C. J.; FARZIN-NIA, F. Production of low-friction and colored TMA by ion implantation. **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 29, n. 7, p. 453-461, July 1995.
- CABRERA, C. A. G.; CABRERA, M. C. **Ortodontia operacional**. Curitiba: Produções Interativas; 2000.
- DAYANADA E., SUBBA RAO. Effect of strain rate on properties of superelastic NiTi thin wires. **Materials Science and Engineering A**. v.486, p.96-103, 2008.
- ELIADES, T; PRATSINIS H; KLETSAS D; ELIADES G; MAKOU M - Characterization and cytotoxicity of íons released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys - **Am J OrthodDentofacialOrthop**..n.125(1) p. 24-9,2004.
- ELIADES, T., ATHANASIOU, A.E. In vivo aging of orthodontic Alloy: implications for corrosion potential, níquel. Release, and biocompatibility. **Anlge Orthodontist**, USA. V. 72, n.3, p. 222-37, jun.2002.
- EVANS, J.E.; BARTON, J.M.D.; LITTLE, E. G.; BROWN, I.A. Observations during mechanical testing of Nitinol. **J. Mechanical Engineering Science**. V.222, Part C, p. 97-105, 2008.

FERREIRA, F.A.C.V. Biomecânica do movimento detal. In: Ferreira F.V. **Ortodontia: Diagnóstico e Planejamento Clínico**. 4º Edição. São Paulo: Editora Artes Médicas, 2001, cap. 18, p.363-398, 1996

FIGUEIRA N., SILVA T.M, CARMEZIM M.J., FERNANDES J.C.S. Corrosion behaviour of NiTi alloy. **Electrochimica Acta**, v.54, p921-926, 2009.

GOUVEA, J.A.R., Caracterização mecânica de fios ortodônticos de Nitinol. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais. 2006. Foz do Iguaçu, Paraná, Anais do 17º CBECIMAT-**Congresso Brasileiro de Engenharia e ciências dos materiais**, 2006.

GRAVINA, M.A. **Propriedades mecânicas de fios de NiTi e CuNiTi com efeito de memória de forma utilizados em tratamentos ortodônticos**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia) - Faculdade de Odontologia do Estado do Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GURGEL, J. A.; RAMOS, A. L.; KERR, S. D. Fiosortodônticos. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, Maringá, v. 6, n. 4, p. 103-114, jul./ago. 2001.

HERSHEY, H. G. The orthodontic appliance: Esthetic considerations. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 117, n. 4, p. 29E-34E, sep. 1988.

HIDALGO, L. A. R. **Fios ortodônticos**. 2007. 40 f. Monografia (Especialização em Ortodontia) - Centro Universitário do Norte Paulista, UNORP, São José do Rio Preto, 2007.

IMAI, T. et al. Effects of water immersion on mechanical properties of new esthetic orthodontic wire. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.166, n.5, p.533-538, nov. 1999.

JONES, M. L.; STANIFORD, H.; CHAN, C. Comparasion of superelastic NiTi and multistranded stainless steel wires in initial alignmet, **Journal of Clinical Orthodontics**, Boulder, v. 24, n. 10, p. 611-613, Oct. 1990.

KANEKO K., YOKOYAMA K, MORIYAMA K., ASAOKA K., SAKAI J., Degradation in performance of orthodontic wires caused by hydrogen absorption during short-term immersion in 2.0% acidulated phosphate fluoride solution. **Angle Orthodontist**, USA. V.74, n.4, p.487-95, ago. 2004.

KAPILA, S. Evaluation of friction between edgewise stainless steel brackets and orthodontic wires of four alloys. **Am J Orthod Dento facial Orthop.**, St. Louis, v. 98, n. 2, p. 117-126, aug. 1990

KUSY, R. P. Orthodontic biomaterials: From the past to the present. **Angle Orthod.**, Appeton, v.72, nº6,p. 501-512, 2002.

KUSY, R. P. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 67, n. 3, p. 197-207, may./jun. 1997.

MARINS, E. C.; PROCACI, M.I.M.A. Fios ortodônticos metálicos: visão geral- **caderno UniFOA-** Edição Especial, maio 2008.

MENEZES, L.M., FREITAS, M.PM. GONÇALVES, T.S.G. Biocompatibilidade dos materiais em Ortodontia: mito ou realidade? **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**. Maringá. V.14, n.2, mar-ap., 2009.

PERTILE, L.B. **Caracterização mecânica e eletroquímica in vitro e in vivo da liga NiTi**. 2005.104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PHILLIP; SKINNER. Ligas de metais básicos e ligas de ouro trabalhadas mecanicamente. In: **Materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, ano. Cap. 28, p.310-318, 2007.

PHILIPS, R. W. **Materiais Dentários**.9. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1993.

PROFFIT, W. R.; FIELDS, H. W. Mechanical Principles in Orthodontic Force Control. In: **Contemporary Orthodontics**. 3 ed. St. Louis: Mosby, 2000. Cap. 10, p. 328-331.

QUINTÃO, C. C. A.; BRUNHARO, I. H. V. P. Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica. **R. Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, Maringá, v. 14, n. 6, p. 144-157, nov./dez. 2009.

ROSANI, G.A. Fios ortodônticos, propriedades mecânicas e suas aplicações clínicas. **Monografia**. Faculdade de Odontologia da Universidade São Francisco. 2001.

SAKIMA, M.; DALSTRA, M.; MIELSEN, B. How does temperature influence the properties of rectangular nickel-titanium wires? **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v.28, n.3, p. 282-291, jun. 2006.

SCHIFF, N., GROSGOGGAT, M.L., DALARD, F. Influence of fluoride mouthwashes on corrosion resistance of orthodontics wires. **Biomaterials**, Guildford. V.25, n.19, p.4535-4542, aug. 2004.

SEGNER, D.; IBE, D. Properties of superelastic wires and their relevance to orthodontic treatment. **European Journal of Orthodontics**, London, v.17, n.5, p.395-402, Oct. 1995.