

Fios ortodônticos: conhecer para otimizar a aplicação clínica

Cátia Cardoso Abdo Quintão*, Ione Helena Vieira Portella Brunharo**

Resumo

A grande variedade de fios ortodônticos presente no mercado pode gerar dúvidas quanto à melhor escolha para situações clínicas. Assim, o conhecimento das propriedades mecânicas dos mesmos facilita a escolha para aplicação do movimento ortodôntico na dependência da fase em que o tratamento se encontra. A evolução da tecnologia de manufatura dos fios e a elaboração de novas técnicas ortodônticas geraram a busca por uma melhor qualidade das ligas, a fim de torná-los biologicamente mais efetivos no que diz respeito aos dentes e tecidos de suporte. O presente artigo resume as principais características dos fios utilizados em Ortodontia, em relação ao histórico, propriedades mecânicas e aplicação clínica, de acordo com fases específicas de tratamento.

Palavras-chave: Fios ortodônticos. Propriedades mecânicas. Efeito memória de forma. Ortodontia.

INTRODUÇÃO

O bom ortodontista deveria possuir a habilidade manual de um artesão e o conhecimento profundo da ciência ortodôntica. Porém, o profissional poderia se questionar: “Estudar fios ortodônticos melhoraria a habilidade manual do ortodontista, ou aumentaria a sua clientela?”. Se apenas a habilidade manual bastasse, grandes artesãos seriam excelentes ortodontistas. Portanto, o conhecimento a respeito de fios ortodônticos permite ao profissional realizar movimentos mais eficientes e evitar danos aos dentes e tecidos de suporte.

A mecânica ortodôntica é baseada no princípio da acumulação de energia elástica e transformação dessa energia em trabalho mecânico, por meio da movimentação dos dentes. Cada ajuste

do aparelho armazena e controla o mecanismo de transferência e distribuição das forças. Um ótimo controle do movimento dentário requer a aplicação de um sistema de forças específico, que é devidamente guiado por meio de acessórios, tais como os fios ortodônticos.

Apesar do grande número de marcas disponíveis no mercado e do grande apelo comercial, os fios ortodônticos mais utilizados atualmente se distribuem em quatro grupos básicos de ligas, sendo elas: o aço inoxidável; as ligas de níquel-titânio (NiTi) com suas variações durante o processo de fabricação (superelásticos, termodinâmicos e com adição de cobre); as ligas de beta-titânio e as estéticas de compósitos, recentemente lançadas no mercado. Portanto, torna-se imprescindível aos ortodontistas o conhecimento das propriedades mecânicas e da

* Doutora em Ortodontia pela UFRJ. Professora adjunta da disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ. Coordenadora do curso de doutorado (área de concentração Ortodontia) da UERJ. Professora convidada da Faculdade de Odontologia da UFJF e da Universidad Mayor San Marcos – Lima/Peru.

** Doutora em Ortodontia pela UERJ. Professora visitante da disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ.

composição dos fios, a fim de que possam fazer a melhor escolha para o seu uso clínico.

COMO FOI A EVOLUÇÃO DOS FIOS ORTODÔNTICOS?

Época do ouro

Desde quando os primeiros profissionais vislumbraram a possibilidade de promover a movimentação dentária, essa era obtida pelo apoio dos dentes nos fios. Edward Angle foi, indubitavelmente, o patrono da Ortodontia mundial. A especialidade foi a primeira reconhecida pela Odontologia e comemorou 100 anos no congresso da American Association of Orthodontists (AAO), em Chicago/EUA, no ano de 2000.

Inicialmente, em 1887, Edward Angle utilizava ligas de níquel-prata para acessórios ortodônticos. Posteriormente, as substituiu pelas ligas de cobre, níquel e zinco, sem prata. Finalmente, as ligas de ouro passaram a ser as de sua escolha¹⁸.

Até o início da década de 1930, a liga de ouro (tipo IV) foi a mais empregada na fabricação de acessórios ortodônticos. O ouro de 14 a 18 quilates foi rotineiramente utilizado, naquela época, para fios, bandas, ganchos e ligaduras, assim como as bandas e os arcos de irídio-platina. A vantagem das ligas de ouro residia no fato de serem tratadas termicamente, de forma a variar sua rigidez em cerca de 30%, e possuírem excelente resistência à corrosão¹⁸.

No Brasil, as ligas de ouro foram utilizadas pe-

los pioneiros da Ortodontia brasileira, professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro, até o início da década de 1950 (Fig. 1).

A chegada do aço

Os aços inoxidáveis foram introduzidos na Ortodontia em 1929, quando a empresa americana Renfert Company começou a vender fios dessa liga, produzida pela empresa alemã Krupp².

No Congresso da AAO de 1931, Norris Taylor e George Paffenbarger introduziram o aço como substituto ao ouro, alegando possuir maior resiliência e menor possibilidade de rompimento sob tensão. Em 1933, o fundador da empresa Rocky Mountain, Archie Brusse, sugeriu o primeiro sistema de aplicação clínica do aço inoxidável em Ortodontia, durante o encontro da Sociedade Americana, na cidade de Oklahoma. A partir de então, a rivalidade entre o ouro e o aço se iniciou formalmente. Fatores econômicos, indubitavelmente, influenciaram, em todo o mundo, esta vasta aceitação do aço em relação ao ouro¹⁸.

No Brasil, o aço inoxidável passou a ser utilizado para acessórios ortodônticos no final da década de 40. Até essa época, os aparelhos ortodônticos fixos eram ainda confeccionados em ouro. A disciplina de Ortodontia da Universidade Federal do Rio de Janeiro criou o curso pioneiro na especialidade no Brasil. Em 2008, completou 50 anos, e seu fundador foi o Professor Dr. José Édimo Soares Martins - patrono da Ortodontia brasileira³⁰.



FIGURA 1 - **A)** Embalagem de braquetes de ouro. **B)** Vidro contendo *eyelets* utilizados para correções de giros de dentes, agulha de tungstênio para auxílio na soldagem de *eyelets*, banda de ouro com *eyelets* soldados **C)** Braquete soldado a banda, ambos de ouro (Fonte: material obtido em arquivos dos professores da UFRJ, Drs. Antonio Carlos Peixoto da Silva e Hélio de Oliveira Fernandes – componentes do grupo de pioneiros da Ortodontia brasileira).

As ligas de cobalto-cromo

Foi a Elgin Watch Company que, na década de 40, desenvolveu a liga de cobalto-cromo composta por cobalto (40%), cromo (20%), prata (16%) e níquel (15%), primeiramente utilizada na fabricação de molas para relógios. Na década de 60, as ligas de cobalto-cromo foram introduzidas na Ortodontia e patenteadas como Elgiloy®, pela Rocky Mountain Orthodontics¹⁸.

Essas apresentam propriedades mecânicas semelhantes às do aço inoxidável e, para fios com iguais dimensões, geram forças de magnitude semelhante¹⁸. Entretanto, para que se possa utilizar seu pleno potencial de resposta, torna-se necessário realizar tratamento térmico após a confecção de dobras, antes de se amarrar o fio aos braquetes. A maioria dos ortodontistas nunca explorou essa liga no seu total potencial e muitas vezes sequer conseguem distingui-las das de aço, devido à semelhança física entre as mesmas.

Alguns anos depois, novas ligas surgiram

A liga de beta-titânio

As ligas de beta-titânio são constituídas de titânio e, quando submetidas ao tratamento térmico, apresentam alteração no rearranjo estrutural de seus átomos, sendo referidas como ligas de titânio em fase “beta”¹¹.

A liga de beta-titânio tem sido utilizada como material estrutural desde 1952. Porém, até 1979, a tecnologia de trefilação não permitia a fabricação de fios com secções transversais compatíveis com as aplicadas em Ortodontia. Em 1977, a fase beta do titânio foi estabilizada à temperatura ambiente¹⁸.

As primeiras aplicações clínicas dessa liga para a Ortodontia ocorreram na década de 80, quando uma forma diferente de titânio, chamado “de alta temperatura”, foi sugerida. A partir de então, ganharam vasta aceitação clínica e popularidade, sendo comercialmente disponibilizados como “TMA” (*titanium molybdenum alloy*) e, durante muitos anos, apenas uma empresa possuía o direi-

to de fabricação. Atualmente, o mercado oferece um maior número de marcas comerciais¹¹.

As ligas de níquel-titânio (NiTi)

Em 1963, as ligas de níquel-titânio foram desenvolvidas no Laboratório Naval Americano, em Silver Springs – Maryland, pelo pesquisador William Buehler. Ele observou pela primeira vez o chamado “efeito memória de forma” desse material. Não havia ainda aplicação dessa liga na Ortodontia^{11,23}.

Em 1972, a Unitek Corporation produziu essa liga para uso clínico, sob o nome comercial de Nitinol®, composta por 55% de níquel e 45% de titânio, numa estrutura equiatômica³. Entretanto, naquela época, a liga não possuía efeito memória de forma ou superelasticidade. Mesmo assim, foi considerada como um avanço para a obtenção de forças leves sob grandes ativações. Em 1976, várias marcas de fios de níquel-titânio foram colocadas no mercado ortodôntico e os mesmos foram caracterizados como materiais de alta recuperação elástica e baixa rigidez, ganhando vasta aceitação clínica por essas propriedades. Não apresentavam, entretanto, efeitos de termoativação nem superelasticidade.

A evolução das ligas de níquel-titânio

As ligas superelásticas de níquel-titânio

Em 1985, foi relatado o uso clínico e laboratorial de uma nova liga superelástica de níquel-titânio, chamada “Chinese NiTi”, desenvolvida especialmente para aplicações em Ortodontia. O termo “superelasticidade” ainda não havia sido empregado até aquela época. O fio de níquel-titânio chinês foi o primeiro a exibir potencial superelástico. Originalmente desenvolvido na China, e posteriormente tendo suas propriedades melhoradas, foi relatado que tal fio possuía maior recuperação elástica e menor rigidez que o de níquel-titânio convencional de mesma secção transversal, além de menor deformação permanente após flexão. A partir daí, vários estudos foram conduzidos

na tentativa de se produzir fios ortodônticos com propriedades similares, sendo esse objetivo alcançado em 1986, com a introdução do “Japanese NiTi”. Essas ligas foram produzidas pela GAC (GAC Int., NY, EUA) sob o nome comercial de Sentalloy^{6,8,24}.

As ligas termodinâmicas de níquel-titânio

As ligas termodinâmicas de níquel-titânio surgiram, para fins comerciais, na década de 90. Além das propriedades de recuperação elástica e resiliência dos fios superelásticos, os fios de níquel-titânio termodinâmicos possuem a característica adicional da ativação pela temperatura bucal¹.

Os fios de níquel-titânio gradualmente termodinâmicos

Na década de 90, surgiram no mercado os fios de níquel-titânio gradualmente termodinâmicos, por existir um consenso que a resposta dentária à aplicação de força e à quantidade de movimento dentário obtida são dependentes da área da superfície do periodonto. Isso significa que um arco ideal não só deve gerar forças constantes e suaves, como também ser capaz de variar o nível de força de acordo com a área periodontal envolvida. Dessa forma, é necessário que ocorra a variação da força gerada, em um mesmo fio, nos diferentes segmentos do arco. O nível de força aplicada é graduado através de toda a extensão da parábola, de acordo com o tamanho dos dentes do paciente¹⁸.

Ligas de níquel-titânio com adição de cobre (CuNiTi)

Em meados da década de 90, os fios de níquel-titânio com adição de cobre (CuNiTi) surgiram no mercado. Os mesmos são compostos, basicamente, por níquel, titânio, cobre e cromo. Devido à incorporação de cobre, apresentam propriedades termoativas mais definidas do que os fios superelásticos de NiTi, e permitem a obtenção de um sistema ótimo de forças, com controle mais acentuado do movimento dentário. Foram introduzidos

no mercado, pela Ormco Corporation, com três temperaturas de transição (27°C, 35°C e 40°C), possibilitando aos clínicos a quantificação e aplicação de níveis de carga adequados aos objetivos do tratamento ortodôntico²⁷.

FIOS ORTODÔNTICOS ESTÉTICOS

Como o tratamento ortodôntico estende-se por vários meses, a aparência da aparelhagem é avaliada pelos pacientes como um fator significativo a ser considerado. A demanda pela estética fez com que diversas empresas começassem a produzir, no final da década de 70, braquetes não-metálicos, de policarbonato ou cerâmicos. Atualmente, os braquetes estéticos representam uma realidade na clínica ortodôntica, oferecendo uma alternativa aos metálicos. Entretanto, o mesmo não ocorreu em relação aos fios estéticos, que foram pouco relatados na literatura ortodôntica até meados da primeira década do século XXI^{12,13}.

Diferentes tipos de fios ortodônticos estéticos já foram lançados no mercado, tais como: 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 compósito polimérico reforçado com fibra de vidro (Fig. 2).



FIGURA 2 - Aparelhagem ortodôntica com braquetes estéticos. Fio de compósito reforçado com fibra de vidro no arco superior e de NiTi no arco inferior.

O quadro 1 resume, ao longo da especialidade, a evolução de materiais componentes dos fios ortodônticos.

POR QUE É IMPORTANTE CONHECER AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FIOS ORTODÔNTICOS?

Muitos ortodontistas escolhem determinados fios ortodônticos com base em impressões clínicas. O ideal, entretanto, seria que a utilização deles estivesse diretamente relacionada ao conhecimento de suas propriedades mecânicas.

Na época em que a grande maioria dos ortodontistas utilizava apenas arcos de aço inoxidável com módulos de elasticidade praticamente idênticos para o mesmo diâmetro, a ferramenta mais comumente utilizada para dosar a quantidade de força aplicada era a variação da secção transversal do fio. Com a introdução de novas ligas no mercado que apresentam diferentes propriedades mecânicas, assim como ligas de níquel-titânio e beta-titânio, o ortodontista passou a dispor de variáveis adicionais para obter o controle sobre a magnitude da força aplicada⁴.

A sequência tradicional de arcos, considerando-se um mesmo material, oferecia valores de carga-deflexão progressivamente maiores na medida em que a secção transversal do arco era aumentada. Porém, a variação no diâmetro do fio também causava variação na folga entre o fio e o *slot* do braquete. Utilizando-se arcos de secção transversal reduzida, a folga excessiva poderia levar a uma falta de controle sobre o movimento das coroas e raízes dentárias. Ao se empregar materiais que apresentam diferentes módulos de elasticidade, o ortodontista pode determinar o quanto de folga ele deseja entre o fio e o *slot* do braquete, reduzindo o número de arcos necessários para o alinhamento⁴.

A possibilidade de utilizar arcos de secção transversal retangular com módulos de elasticidade adequados para a fase de alinhamento e nivelamento dentários oferece ao ortodontista a

FASES	LIGAS	CRONOLOGIA
FASE I	ouro	da virada do último século ao início da década de 40
	aço inoxidável	década de 40 em diante
FASE II	NiTi estabilizado	década de 70 em diante
	beta-titânio	década de 80
FASE III	NiTi superelástico (austenítico ativo)	meados da década de 80
FASE IV	NiTi termodinâmico (martensítico ativo)	década de 90
FASE V	NiTi gradualmente termodinâmico	década de 90
FASE VI	fios metálicos com cobertura estética	década de 90
FASE VII	fios de compósito polimérico, revestidos com fibra de vidro	em estudos laboratoriais desde 1994, lançados no mercado em 2008

QUADRO 1 - Fases da evolução dos fios ortodônticos.

capacidade de manter controle sobre a posição radicular mesmo durante as fases iniciais do tratamento. Ainda assim, existem situações nas quais os fios de secção transversal circular são a melhor escolha, como nos casos em que se deseja movimentos de primeira e segunda ordens ou uma redução do atrito⁴.

As propriedades elásticas de cada arco indicam a fase do tratamento mais recomendada para o mesmo. Nenhum arco é o melhor para todas as fases. Não existe arco considerado ideal¹⁷.

O alinhamento e o nivelamento dos dentes constituem a fase clínica preliminar mais importante do procedimento ortodôntico com aparelhagem fixa. Autores são unânimes em reconhecer que forças leves e contínuas são desejáveis para produzir movimento dentário eficiente, controlado e fisiológico, com um mínimo de repercussão para os dentes e tecidos de suporte^{15,23}.

O QUE É RESILIÊNCIA?

Na fase inicial de tratamento, a resiliência é uma propriedade mecânica importante a ser considerada pelo ortodontista. A resiliência do fio é

a capacidade que o mesmo possui de armazenar energia quando deformado elasticamente, e de liberá-la quando descarregado²⁵. Representa o trabalho armazenado disponível no fio para mover os dentes durante a desativação.

O QUE É MÓDULO DE ELASTICIDADE?

O módulo de elasticidade (rigidez) é outra propriedade que influencia no sucesso de determinada fase do tratamento. Pode ser definido como a medida da rigidez do material. É determinado pelas forças de ligação entre os átomos. Como essas forças são constantes para cada estrutura metálica, o módulo de elasticidade é uma das propriedades mais constantes dos metais²⁹. Clinicamente, representa a magnitude da força necessária para se fletir ou dobrar o fio. Na tentativa de se aperfeiçoar o ambiente biológico para a movimentação dentária e minimizar o desconforto do paciente, o início do tratamento requer fios de baixa rigidez, para produzir força mais leve e constante durante o tempo de desativação do arco. Entretanto, durante a fase de finalização, fios mais rígidos (com maior módulo de elasticidade) deveriam ser utilizados, a fim de conter os movimentos obtidos em fases anteriores do tratamento²⁷.

O QUE É LIMITE ELÁSTICO?

O limite elástico refere-se à carga de trabalho permitida e é a maior tensão que pode ser aplicada a um fio sem que ocorra deformação permanente. É a tensão além da qual ocorre a deformação plástica e o material não retorna mais à sua forma original. Um alto limite elástico é desejável para impedir que forças mastigatórias aplicadas ao fio induzam a deformação plástica ou fratura dos mesmos²⁸.

QUAL O SIGNIFICADO DE CONFORMABILIDADE, SOLDABILIDADE E ATRITO?

A conformabilidade refere-se à habilidade dos fios em serem dobrados em configurações desejáveis sem fraturar ou deformar permanentemente,

enquanto a soldabilidade se relaciona à capacidade do material de receber solda e fixação de auxiliares. As ligas de aço inoxidável podem receber soldas facilmente¹⁰.

Para se obter menor resistência ao movimento dentário e uma melhor resposta ao comando dado nas dobras dos fios ou na pré-angulação dos braquetes, a fricção ou atrito dos fios sobre os braquetes não deveria existir⁷.

QUAL A IMPORTÂNCIA DA BIOCOMPATIBILIDADE?

Pelo fato dos fios ortodônticos manterem proximidade com a mucosa bucal por períodos longos de tempo, precisam ser resistentes à corrosão, não devem permitir a liberação de íons na cavidade bucal e nem gerar respostas alérgicas. Ou seja, o fio deve apresentar biocompatibilidade com os tecidos bucais²².

O QUE É EFEITO MEMÓRIA DE FORMA?

Nos materiais convencionais, quando se ultrapassa o limite de escoamento, ao se retirar a carga aplicada, o material apresentará uma deformação permanente da rede cristalina, traduzida pela mudança macroestrutural da forma (Fig. 3). Porém, nas ligas com “efeito memória de forma”, ocorre reversão das dimensões iniciais após a deformação plástica e reaquecimento. É como se o material “lembrasse” da sua forma original. Tal efeito é chamado “Efeito Memória de Forma” e a liga que possui essa propriedade é chamada “liga com efeito memória de forma”. Esse fenômeno caracteriza-se pelo acúmulo constante de força no fio até um determinado ponto da deformação. Da mesma forma, quando o fio retorna à sua configuração original ao ser desativado, as forças permanecem constantes durante longo período de tempo, o que é clinicamente requerido para a obtenção de movimento dentário fisiológico²⁸.

Apenas as ligas de níquel-titânio apresentam essa propriedade, aplicável em Ortodontia. Sabe-se que existe uma relação entre o “efeito memória

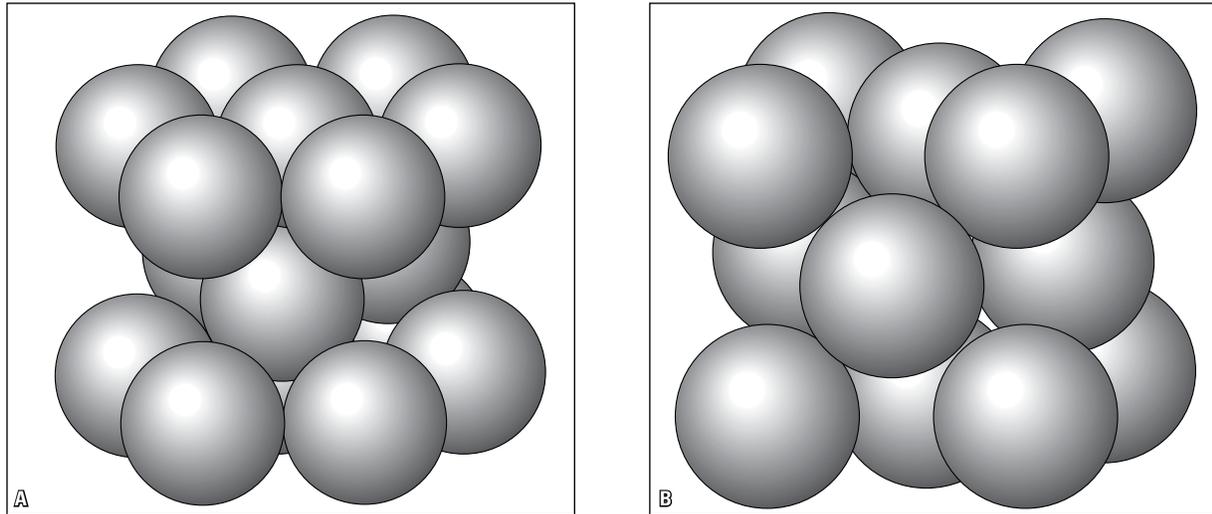


FIGURA 3 - **A)** Representação esquemática da estrutura cristalina hexagonal compacta das ligas de níquel-titânio (fase martensítica). **B)** Representação esquemática da estrutura cristalina cúbica de face centrada das ligas de níquel-titânio (fase austenítica).

de forma” e a chamada “transformação martensítica”, que pode ser definida como a mudança na estrutura cristalina que fios de níquel-titânio exibem ao serem amarrados aos braquetes. Entretanto, há uma tendência dos mesmos retornarem à estrutura cristalina original, o que provoca o retorno à forma original do fio como se jamais tivesse recebido deflexões²⁸. Se a transformação martensítica for causada pela carga aplicada ao fio, o mesmo pode ser chamado de superelástico. Se o retorno à estrutura cristalina for induzido pelo calor da boca, o fio exibe a propriedade de termoativação.

COMO APLICAR, NA PRÁTICA, O CONHECIMENTO SOBRE FIOS ORTODÔNTICOS?

Em que situações se deve optar pelas ligas de aço inoxidável?

Os aços inoxidáveis austeníticos 18-8 dos tipos 302 e 304 são os utilizados em Ortodontia⁹.

Para a fase de alinhamento e nivelamento dentário, mesmo fios de aço de menor secção transversal resultam em altas cargas, o que não é condizente com níveis fisiológicos de forças. Nessa etapa do tratamento ortodôntico, o uso de fios de aço é possível com a incorporação de alças, para

aumentar a faixa de ativação do fio e “camuflar” a baixa resiliência e a alta rigidez do material. A desvantagem do uso de alças é que essas estão sujeitas à perda da forma original, alterando a direção dos vetores de força. Podem, ainda, dificultar a higienização, por reterem alimentos. Se não forem bem posicionadas, podem provocar lesões nos tecidos moles adjacentes (Fig. 4, 5).

Assim, na fase de alinhamento, os fios de aço inoxidável necessitam de incorporação de dobras para aumento da quantidade de fio no espaço interbraquetes, distribuindo as forças e compensando a baixa resiliência, quando comparado a outras ligas. Fios de aço reto não estariam, portanto, indicados para as fases iniciais de tratamento sem confecções de alças⁶.

Os fios de aço oferecem excelente resistência à corrosão¹⁶ e apresentam maiores limite elástico e módulo de elasticidade, tornando-se mais vantajosos do que os de outras ligas – principalmente em condições nas quais fios mais rígidos são necessários, como nas fases de fechamento de espaços e de finalização (Fig. 6). Tais indicações se aplicariam tanto à técnica Edgewise quanto à do arco reto (Straight-wire). Os fios de aço apresentam

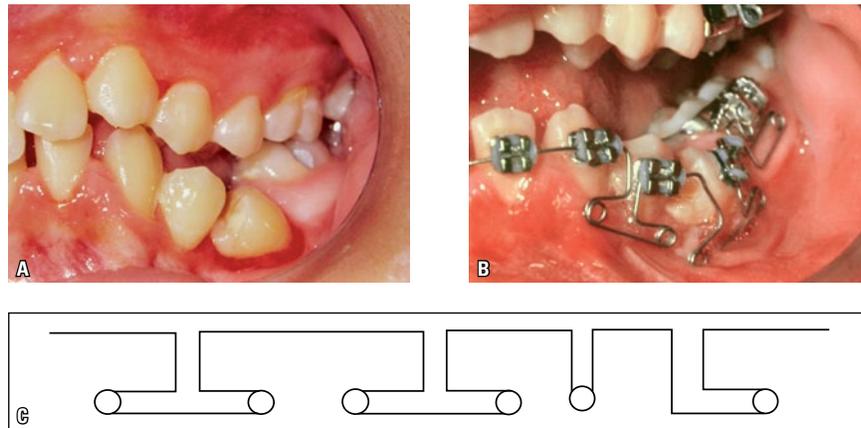


FIGURA 4 - **A)** Impacção do elemento 35 após remoção de cisto dentígero na região e desalinhamento do elemento 34. **B)** Arco de aço *multiloop* 0,014" para alinhamento do segundo pré-molar impactado e desalinhamento do primeiro. **C)** Desenho dos *loops* feitos no arco instalado na má oclusão presente na figura **A**.

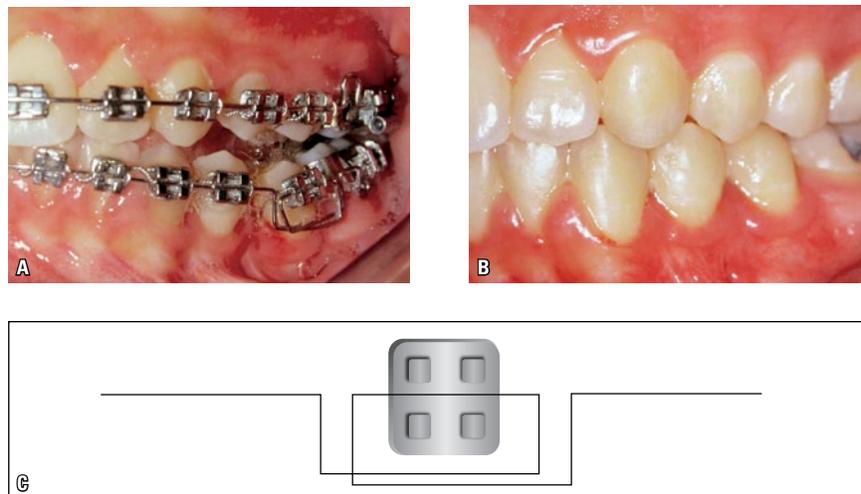


FIGURA 5 - **A)** Continuação do alinhamento e nivelamento do segundo pré-molar (Fig. 4A) com fio de aço 0,016" com *box loop*. **B)** Caso finalizado (observar contorno gengival obtido após a remoção do aparelho ortodôntico). **C)** Desenho do *box loop* utilizado na figura **A**.

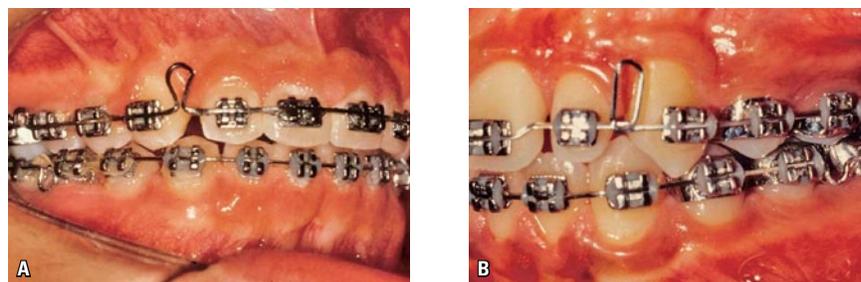


FIGURA 6 - Arco de aço inoxidável 0,019"x 0,025" para retração de incisivos superiores: **A)** em forma de gota (*loop*) e **B)** em forma de gota reversa (*loop reverso*).

excelente soldabilidade e conformabilidade e, de todas as ligas utilizadas em Ortodontia, são os que exibem menor coeficiente de atrito.

A vantagem de se utilizar o aço ao início do tratamento, mesmo com alças, reside no fato desse permitir maior controle da forma do arco, evitando expansões e projeções dentárias indesejáveis, além do custo financeiro incomparavelmente mais baixo.

Em que situações se deve optar pelos fios multifilamentados de aço inoxidável?

Uma maneira de se aplicar fios de aço inoxidável na fase inicial de alinhamento e nivelamento dentário, sem a necessidade de confecção de alças, está na utilização de fios multifilamentados de aço. Os mesmos têm propriedades mecânicas que diferem bastante daquelas do aço convencional, composto de um único filamento, mesmo quando são comparados diâmetros próximos¹⁹.

Os fios multifilamentados de aço podem ser trançados, torcidos ou coaxiais. Todos apresentam propriedades semelhantes e excelente potencial para se iniciar o tratamento ortodôntico²⁷.

A recuperação elástica do fio multifilamentado é 25% maior do que a do aço convencional de diâmetro equivalente¹⁹. A rigidez dos segmentos interbraquetes é muito menor do que a dos fios de aço convencional com mesmo diâmetro¹⁶.

Ao se comparar fios de aço inoxidável convencionais com os multifilamentados de semelhante diâmetro, pode-se afirmar que os últimos apresentam a quinta parte do módulo de elasticidade e uma faixa de ativação de cento e cinquenta a duzentas vezes maior quando comparados aos primeiros.

Os fios multifilamentados de aço apresentam algumas propriedades mecânicas semelhantes às dos de níquel-titânio²⁷.

A resiliência dos fios multifilamentados é considerada alta, entretanto, o baixo limite elástico os torna suscetíveis à deformação, plasticamente, por forças externas, tais como as de mastigação^{16,20}.

Quando submetidos à mesma tensão, exibem um grau muito mais alto de deformação permanente do que fios de níquel-titânio²⁴.

Muitas vezes, o profissional, com a finalidade de ganhar tempo de atendimento, deixa de contornar fios multifilamentados de acordo com as distâncias intercaninos e intermolares, bem como com a forma e largura do arco do paciente. Ainda que apresentando menor conformabilidade do que o fio de aço convencional, os multifilamentados aceitam contornos e dobras, tais como ômegas para amarração posterior, evitando-se a projeção dentária. Lançar mão dessa possibilidade otimiza a ação do fio.

QUANDO SE DEVE UTILIZAR AS LIGAS DE BETA-TITÂNIO?

As ligas de beta-titânio possuem maior resiliência do que o fio de aço de mesma secção transversal, e aproximadamente o dobro da rigidez do fio de níquel-titânio. Porém, apresentam menos do que a metade do módulo de elasticidade dos fios de aço inoxidável e propriedade de soldabilidade. Portanto, assim como os fios de aço, aceitam soldas de ganchos e demais acessórios, porém, com maior dificuldade, e apresentam excelente conformabilidade¹¹. Dessa forma, alças podem ser confeccionadas para fechamento de espaços ou movimentações dentárias específicas, com geração de cargas bem inferiores aos semelhantes desenhos de alças confeccionadas em aço (Fig. 7). Geram maior fricção do que os fios de aço, porém menor atrito do que os fios de NiTi. Sua aplicação clínica ideal se daria em situações onde a devolução de carga fosse mais suave do que as produzidas pelas ligas de aço inoxidável, nas quais rigidez e conformabilidade sejam necessárias, tais como em estágios intermediários de tratamento, como os de fechamento de espaços. Além disso, se apresentam como a solução ideal para pacientes que possuem hipersensibilidade ao cromo e ao níquel, presentes na composição das demais ligas metálicas ortodônticas^{5,11}.

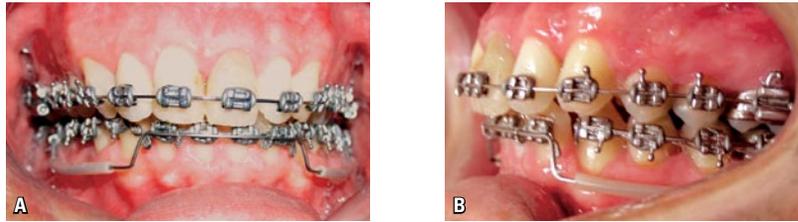


FIGURA 7 - Arco de intrusão para incisivos, tipo Burststone, confeccionado com liga de beta-titânio e apoiado em arco base: **A)** vista frontal e **B)** vista lateral.

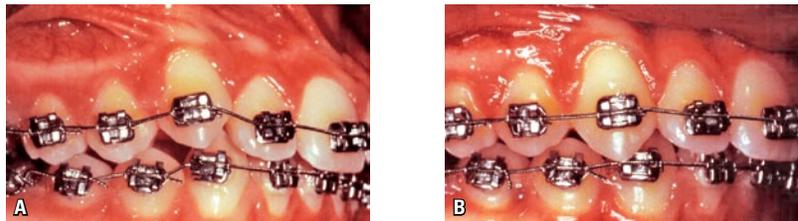


FIGURA 8 - Fio superelástico de NiTi utilizado no alinhamento do arco dentário por apresentar boa resiliência e menor rigidez do que as demais ligas, com transmissão de forças leves e contínuas.

QUANDO SE DEVE UTILIZAR LIGAS DE NÍQUEL-TITÂNIO?

Para a fase de alinhamento e nivelamento dentário, as ligas de níquel-titânio (NiTi) apresentam propriedades extremamente interessantes. As propriedades únicas inerentes a essas ligas são o alto limite elástico, o baixo módulo de elasticidade (baixa rigidez) e a alta resiliência. Podem sustentar uma deflexão muito ampla e retornar à sua forma original com a produção de forças moderadas e uniformes. Tanto os fios NiTi superelásticos quanto os termoativáveis e os com adição de cobre apresentam maior resiliência e menor rigidez que as demais ligas. Isso significa que, para a transmissão de forças leves e contínuas, mesmo diante de grandes flexões, são os mais indicados¹⁵ (Fig. 8).

Os fios NiTi permitem ganho de tempo de atendimento ao paciente, por evitar a confecção de alças ou dobras auxiliares de nivelamento e alinhamento, e podem permanecer ativos na cavidade bucal por um longo período de tempo. Possuem baixa conformabilidade e não aceitam dobras, sob pena de fratura. Dessa forma, recursos adicionais devem ser utilizados para que *stops* possam ser

adquiridos na região posterior, evitando-se a projeção dentária. Por não aceitarem reconformação, tais fios são vendidos em formato pré-contornado. Por isso, o profissional deve estar atento à largura original dos arcos dentários do paciente, procurando adquirir diferentes formas de arcos, que mais se adaptem ao caso. Como dobras de primeira, segunda e terceira ordens não são permitidas pela liga, devem ser utilizados prioritariamente para a técnica de Arco Reto.

As ligas de NiTi não recebem soldas e apresentam maior coeficiente de atrito com braquetes, quando comparadas às de aço. Estudos *in vitro* demonstraram que as ligas superelásticas de níquel-titânio possuem excelentes propriedades elásticas e geram força constante quando submetidas a carregamento, mesmo diante do aumento da deflexão. Isso tornou o fio extremamente popular para o uso em nivelamento e alinhamento dentário²³.

Além das propriedades de recuperação elástica e resiliência dos fios superelásticos, os fios de níquel-titânio termodinâmicos possuem a característica adicional de serem termicamente ativáveis. Os fios de NiTi termoativados exibem efeito

memória de forma induzido termicamente, apresentando maleabilidade em temperaturas mais baixas e retornando à configuração inicial, com aumento da rigidez, quando aquecidos a temperaturas próximas à bucal²⁶.

Já os fios de CuNiTi, por serem manufaturados em três temperaturas de transição (27°C, 35°C e 40°C), poderiam ser utilizados em diferentes propósitos de tratamento²⁶, como descrito no quadro 2.

Com a introdução no mercado das ligas de CuNiTi, protocolos de tratamento ortodôntico associados a braquetes autoligáveis surgiram, precinzando tratamentos biologicamente mais compatíveis pela liberação de força mais fisiológica, bem como tempo de tratamento menos extenso.

O sistema Damon[®] é o mais conhecido. O mesmo preconiza, diferentemente das mecânicas convencionais, que é possível mover os dentes com acompanhamento do osso. Seria, nesses casos, a dinâmica biológica que permite a adaptação fisiológica do osso alveolar por meio do tratamento ortodôntico. Tal fato, entretanto, é extremamente controverso na literatura.

OS FIOS ORTODÔNTICOS ESTÉTICOS FUNCIONAM?

Fios metálicos com cobertura de *teflon*

A cobertura de *teflon* propicia ao fio uma coloração semelhante à de dentes e é aplicada por um processo atômico, formando uma camada sobre o fio de espessura média de 20-25µm. Essa camada passa, então, por um processo de aquecimento em uma câmara, adquirindo uma superfície com excelentes propriedades de deslizamento e adequada aderência de substrato¹⁴. Os materiais de cobertura de fios devem ter como requisitos a facilidade de aplicação em camadas finas, a resistência e o baixo coeficiente de fricção, além da necessidade de serem biocompatíveis e possuírem aspecto estético agradável, compatível com a translucidez dos braquetes estéticos e com a coloração dos dentes¹⁷. As empresas de materiais ortodônticos ainda

CuNiTi	INDICAÇÕES
a 27°C	<p>Quando se deseja níveis de carga mais altos, constantes e rapidamente liberados aos dentes durante a desativação.</p> <p>Pelo fato de serem ativados a temperaturas inferiores à corpórea, exibem manifestação inicial do efeito memória de forma logo após a amarração, alinhando e nivelando dentes severamente malposicionados de forma rápida.</p> <p>Recomenda-se o resfriamento prévio dos mesmos (em <i>freezer</i> ou com a utilização do “Endo-Ice”) por no mínimo uma hora antes de sua inserção aos braquetes, para se evitar que a ativação ocorra enquanto estiverem sendo amarrados.</p>
a 35°C	<p>Quando forças moderadas e constantes são desejadas para alinhar, nivelar e girar elementos dentários malposicionados. Tais fios poderiam ser deformados a temperaturas inferiores a 20° C, e retornariam à configuração inicial após o aquecimento intrabucal.</p> <p>Pelo fato de serem ativados à temperatura corpórea, não iniciam a transformação reversa de fases de forma tão rápida quanto os manufaturados a 27°C.</p> <p>Como forças moderadas são geradas, configurações retangulares poderiam ser utilizadas em estágios iniciais do tratamento. Recomenda-se o resfriamento prévio à inserção dos mesmos, sendo a eficácia de tais arcos observada em, aproximadamente, um mês após sua amarração.</p>
a 40°C	<p>Quando forças suaves e intermitentes são necessárias, os fios termoativados de CuNiTi a 40°C deveriam ser os de escolha. Recomenda-se sua utilização como primeiros arcos em pacientes hipersensíveis à dor e que apresentem dentes severamente malposicionados, nos quais a inserção de arcos mais rígidos estaria contraindicada pela dificuldade de amarração ou por gerar forças biologicamente inadequadas. Como são ativados a 40°C, os pacientes devem ser instruídos a consumir rinses bucais quentes várias vezes ao dia, para promover tal ativação.</p>

QUADRO 2 - Aplicações clínicas dos fios de CuNiTi fabricados com diferentes temperaturas de ativação.

investem na busca da cobertura ideal para os fios metálicos ortodônticos, a fim de torná-los estéticos e, ao mesmo tempo, eficientes mecanicamente. Os diferentes tipos de cobertura alteram algumas propriedades dos fios, tais como atrito e fricção. Observa-se ainda que a cobertura de *teflon* impede completamente o processo de corrosão do fio

interno. No entanto, como os defeitos na superfície dessa cobertura podem ocorrer durante o uso clínico, a corrosão desse fio interno pode acontecer após certo tempo de uso intrabucal.

Fios metálicos recobertos por resina epoxídica

O processo de revestimento é feito¹⁷ por meio de deposição por incrustação na base do fio por resina epoxídica de aproximadamente 0,002". Com esse procedimento, uma forte adesão entre a cobertura e o fio interno é obtida, evitando que o fio deslize por dentro da camada de cobertura.

Propriedades mecânicas de fios estéticos recobertos foram avaliadas, comparando-se fios de NiTi metálicos com os de cobertura estética de mesmo diâmetro. Verificou-se que, quando comparados: os fios estéticos apresentaram ruptura com cargas menores que os não-recobertos; os três grupos de fios estéticos testados apresentaram as maiores extensões de patamares, mostrando superioridade em relação aos não-recobertos; o limite de trabalho para os fios não-recobertos das marcas GAC, Masel e TP, e os estéticos da GAC e Masel, acumulou maiores quantidades semelhantes de energia durante a ativação; os fios não-recobertos da TP acumularam quantidade de energia durante a ativação superior à resiliência, apresentando variações entre os grupos em função das diferentes cargas de desativação; os fios estéticos apresentam patamares de ativação significativamente mais extensos que os fios não-recobertos, demonstrando, em relação à análise dessa característica, superioridade de suas propriedades; a extensão dos patamares de desativação que os fios estéticos apresentaram é menor que nos fios não-recobertos, demonstrando superioridade de suas propriedades²¹.

Fios ortodônticos compostos por uma matriz à base de nylon e fibras de silicone para reforço

A única opção apresentada data do ano 2000, conhecida comercialmente como Optiflex® (Or-

mco Corp.), o qual era pouco indicado para uso clínico, por apresentar propriedades mecânicas inferiores às dos fios metálicos.

Fios ortodônticos feitos de material compósito polimérico reforçado com fibra de vidro

Os compósitos poliméricos são rotineiramente utilizados como materiais restauradores dentários, principalmente devido à biocompatibilidade e por suas qualidades estéticas. Essa combinação da estética e das propriedades mecânicas favoráveis estimulou a fabricação de arcos ortodônticos a partir de um polímero unidirecional reforçado com fibra. Esse arco possui a vantagem da aparência da cor do dente e propriedades de rigidez similares às de arcos metálicos. A recuperação elástica do fio de compósito deve ser suficiente para promover um movimento adequado do elemento dentário, ou seja, o fio precisa retornar à sua forma original após ser amarrado aos dentes.

Pesquisas com protótipos de arcos de compósitos sugerem que esses arcos poderiam funcionar bem durante as fases iniciais e intermediárias do tratamento ortodôntico. Resultados de pesquisas mostram que os arcos de compósito possuem um módulo de elasticidade estável. Desde 1997, estudiosos já preveem que, com a introdução de materiais compósitos estéticos, os fios metálicos provavelmente serão substituídos na maioria das aplicações ortodônticas, da mesma forma que as ligas metálicas têm sido substituídas por compósitos na indústria aeroespacial¹⁷.

Em 2003, Huang et al.¹³ compararam o fio compósito com o fio metálico de Ni-Ti (Reflex®, TP Orthodontics Inc.). Os resultados mostraram que a performance mecânica do protótipo foi comparável à do fio metálico.

Entretanto, algumas contraindicações relacionadas à utilização de fios estéticos podem ser citadas, tais como: fraturas transversas, fraturas de tensão com desprendimento de fibras, fraturas rentes à superfície de união polímero-fibra, fraturas de compressão proveniente de dobras localizadas nas

fibras e fraturas rentes à superfície intralaminar²¹.

A utilização de arcos cujas dimensões podem permanecer constantes enquanto suas propriedades mecânicas são alteradas, a fim de atingir aquelas desejadas em determinada fase do tratamento, em teoria, poderia levar a uma menor quantidade de trocas de arco. Porém, para desempenhar esse papel de forma satisfatória, é preciso saber se o arco em questão apresenta a durabilidade necessária para permanecer na cavidade bucal por um período igual ou maior do que a média de permanência dos arcos utilizados até então.

CONCLUSÕES

Conhecer cientificamente os fios ortodônticos é tarefa árdua e longa. O tema, entretanto, se torna fascinante na medida em que possibilita ao profissional escolher o melhor protocolo de tratamento para o paciente, realizando tratamentos mais eficazes, mais rápidos, de menor custo e com menor possibilidade de causar danos aos dentes e tecidos de suporte. O mais importante advento do conhecimento de fios, entretanto, reside no fato de permitir ao ortodontista optar por materiais com segurança na escolha, sem se deixar influenciar apenas por recursos de propagandas.

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Telma Martins de Araujo, professora titular da disciplina de Ortodontia da UFBA, pela honra que nos concedeu com o convite para escrever sobre o tema. Agradecemos a oportunidade.

Aos editores da Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial, especialmente o professor Dr. Jorge Faber, pelo excelente trabalho de qualidade realizado na revista.

Enviado em: abril de 2009
Revisado e aceito: setembro de 2009

Orthodontic wires: Knowledge to optimize clinical application

Abstract

The huge variety of orthodontic wires brands available in market might generate confusion as regard to the best choice for clinical application. Therefore mechanical properties knowledge about wires would help the professional to apply the best orthodontic technique depending on the treatment phase. The wires manufacturing evolution and the new orthodontic techniques proposed guided the market into the search for better quality alloys, in order to make them biologically more effective to teeth and support tissues. This paper aims to summarize some main characteristics of orthodontic wires related to their history, mechanical properties and clinical application as regard to individual phase of treatment.

Keywords: Orthodontic wires. Mechanical properties. Shape memory effect. Orthodontics.

REFERÊNCIAS

1. A clinical trial of alignment of teeth using a 0.019 inch thermal nitinol wire with a transition temperature range between 31 degrees C. and 45 degrees C. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 78, no. 5, p. 528-537, 1980.
2. ANUSAVICE, K. J. Ligas trabalhadas e trefiladas. In: BRANTLEY, W. A. **Materiais dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 602-603.
3. BISHARA, S. et al. Comparisons of the thermodynamic properties of three nickel-titanium orthodontic archwires. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 65, no. 2, p. 117-122, 1995.
4. BURSTONE, C. J. Variable-modulus orthodontics. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 80, no. 1, p. 1-16, 1981.
5. BURSTONE, C. J.; GOLDBERG, J. Beta-titanium: A new orthodontic alloy. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 77, no. 2, p. 121-132, 1980.
6. BURSTONE, C. J.; QIN, B.; MORTON, J. Y. Chinese NiTi wire: A new orthodontic alloy. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 87, no. 6, p. 445-452, 1985.
7. BUZZONI, R. **Fricção superficial dos bráquetes self-ligated**. 2006. Dissertação (Especialização em Ortodontia)-Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
8. CHEN, R.; ZHI, Y. F.; ARVYSTAS, M. Advanced Chinese NiTi alloy wire and clinical observations. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 62, no. 1, p. 59-66, 1992.
9. COUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES. New American Dental Association Specification No. 32 for orthodontic wires not containing precious metals. Council on Dental Materials and Devices. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 95, no. 6, p. 1169-1171, Dec. 1977.
10. FERNANDES, D. J. et al. Soldagem em Ortodontia - parte I: soldagem à prata e a ouro - uma abordagem clínico-metalúrgica. **Rev. Clín. Ortonon. Dental Press**, Maringá, v. 6, n. 4, p. 42-49, ago./set. 2007.
11. GOLDBERG, J.; BURSTONE, C. J. An evaluation of beta titanium alloys for use in orthodontic appliances. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v. 58, no. 2, p. 593-600, 1979.
12. HERSHEY, H. G. The orthodontic appliance: Esthetic considerations. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 117, no. 4, p. 29E-34E, 1988.
13. HUANG, Z. M. et al. Fabrication of a new composite orthodontic archwire and validation by a bridging micromechanics model. **Biomaterials**, Guilford, v. 24, no. 17, p. 2941-2953, 2003.
14. HUSMANN, P. et al. The frictional behavior of coated guiding archwires. **J. Orofac. Orthop.**, München, v. 63, no. 3, p. 199-211, 2002.
15. KAPILA, S. et al. Effects of clinical recycling on mechanical properties of nickel-titanium alloy wires. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 100, no. 5, p. 428-435, 1991.
16. KAPILA, S.; SACHDEVA, R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 96, no. 2, p. 100-109, 1989.
17. KUSY, R. P. A review of contemporary archwires: Their properties and characteristics. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 67, no. 3, p. 197-207, June 1997.
18. KUSY, R. P. Orthodontic biomaterials: From the past to the present. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 72, no. 6, p. 501-512, 2002.
19. KUSY, R. P.; DILLEY, G. J. Elastic property ratios of a triple-stranded stainless steel arch wire. **Am. J. Orthod.**, St. Louis, v. 86, no. 3, p. 177-188, 1984.
20. KUSY, R. P.; STEVENS, L. E. Triple-stranded stainless steel wires - evaluation of mechanical properties and comparison with titanium alloy alternatives. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 57, no. 1, p. 18-32, 1987.
21. MARTINS, C. C. R. **Propriedades mecânicas de fios estéticos obtidas em ensaios de tração**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia)-Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
22. MENEZES, L. M.; QUINTÃO, C. A.; BOLOGNESE, A. M. Urinary excretion levels of nickel in orthodontic patients. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 131, no. 5, p. 635-638, 2007.
23. MIURA, F.; MOGI, M.; OKAMOTO, Y. New application of superelastic NiTi rectangular wire. **J. Clin. Orthod.**, Boulder, v. 24, no. 9, p. 544-548, 1990.
24. MOHLIN, B. et al. Examination of Chinese Ni-Ti wire by a combined clinical and laboratory approach. **Eur. J. Orthod.**, Oxford, v. 13, no. 5, p. 386-391, 1991.
25. O'BRIEN, W. J.; RYGE, G. **An outline of dental materials and their selection**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1973.
26. PARVIZI, F.; ROCK, W. P. The load/deflection characteristics of thermally activated orthodontic archwires. **Eur. J. Orthod.**, Oxford, v. 25, no. 4, p. 417-421, 2003.
27. QUINTÃO, C. et al. Force-deflection properties of initial orthodontic archwires. **World J. Orthod.**, Carol Stream, v. 10, no. 1, p. 29-31, 2009.
28. VAN HUMBEECK, J.; CHANDRASEKARAN, M.; DELAEY, L. Shape memory alloys: Materials in action. **Endeavour**, Oxford, v. 15, no. 4, p. 148-1454, 1991.
29. VAN VLACK, L. H. **Princípios da ciência dos materiais**. São Paulo: E. Blücher, 1970.
30. VILLELA, O. V. **O desenvolvimento da Ortodontia no Brasil**. Rio de Janeiro: Pedro Primeiro, 1995.

Endereço para correspondência

Cátia Cardoso Abdo Quintão
 Avenida Rio Branco, 2.595 sala 1.204, Centro
 CEP: 36.010-011 – Juiz de Fora / MG
 E-mail: cquintao@acessa.com