

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ODONTOLOGIA PREVENTIVA E INFANTIL

ARETHA ALINY DOS SANTOS RAMOS

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BRÁQUETES E FIOS
ORTODÔNTICOS UTILIZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE TRATAMENTO**



João Pessoa

2014

Aretha Aliny dos Santos Ramos

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BRÁQUETES E FIOS
ORTODÔNTICOS UTILIZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE TRATAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de concentração em Odontologia Preventiva e Infantil

Orientador: Rogério Lacerda dos Santos

Coorientador: Matheus Melo Python

João Pessoa

2014

Aretha Aliny dos Santos Ramos

**PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BRÁQUETES E FIOS
ORTODÔNTICOS UTILIZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE TRATAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de concentração em Odontologia Preventiva e Infantil

DEFESA - BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rogério Lacerda dos Santos (Orientador - UFCG)

Prof. Dr. Hugo Lemes Carlo (Examinador - UFPB)

Profa. Dra. Fabíola Galbiatti de Carvalho Carlo (Examinador – UFPB)

Prof. Dr. Ricardo Dias de Castro (Examinador – UFPB)

Prof. Dr. Matheus Melo Python (Suplente – UESB)

DEDICATÓRIA

À Marina, que mesmo antes de conhecê-la já conseguiu mudar meu jeito de ser, me mostrou um amor que eu não conhecia e me ensinou a ver o mundo de uma forma completamente diferente. Com ela tudo se tornou mais fácil. Te amo, filha!

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Pela inteligência, sabedoria e força que sempre me proporcionas. Muito Obrigada Senhor, por me iluminar nessa nova caminhada e realizar todos os desejos do meu coração.

Aos meus pais e minha irmã Alice,

Pelo amor, apoio, incentivo e torcida, fundamentais em todas as minhas conquistas. Obrigada porque eu sei que sempre estarão do meu lado. Amo vocês!

Ao meu marido, Thiago Oliveira

Por sempre estar a meu lado, por lutar junto comigo pelos meus sonhos e por compreender e respeitar a minha ausência nesses dois anos de Mestrado. Te amo!

À meu orientador e professor, Rogério Lacerda dos Santos

Pelo apoio, atenção, paciência e conhecimentos compartilhados. A você meus sinceros agradecimentos, minha eterna gratidão e admiração.

Ao professor, Matheus Melo Phiton

Mesmo estando distante, sempre mostrou-se disponível a ajudar e colaborar no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos técnicos e professores do Laboratório de Solidificação Rápida do Centro de Tecnologia da UFPB

Por toda ajuda, disponibilidade e colaboração em todos os testes realizados nesse estudo.

*“Que os vossos esforços
desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas
do homem foram conquistadas
do que parecia impossível”.*

Charles Chaplin

NOTAS PRELIMINARES

A presente Dissertação foi redigida conforme o Manual para Normatização da Defesa do Trabalho Final proposto pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal da Paraíba, adotando o formato alternativo (Anexo A). Apenas um artigo científico compõe este trabalho de Qualificação, o qual foi redigido de acordo com as exigências da revista a ser enviado (*American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics - AJODO*).

RESUMO

OBJETIVO: Este estudo teve como foco atestar a hipótese de que o tempo de tratamento e o pH bucal possuem influência sobre as propriedades físico-químicas de fios e bráquetes ortodônticos. **MÉTODOS:** Cento e vinte bráquetes metálicos foram avaliados, divididos em 4 grupos (n=30 por grupo): grupo C (Controle, como recebido do fabricante) e os grupos T12, T24 e T36 (bráquetes recuperados após 12, 24, e 36 meses de tratamento, respectivamente), fios de aço inoxidável retangulares que permaneceram na cavidade oral por 12 a 24 meses também foram analisados. Estabilidade dimensional, morfologia da superfície e composição dos bráquetes, resistência ao deslizamento do conjunto bráquete/fio e rugosidade superficial dos fios foram analisados por microscopia óptica de medição, microscopia eletrônica de varredura e por energia dispersiva de Raios X, máquina universal de ensaios e microscopia de força atômica, respectivamente. O pH bucal foi avaliado nos diferentes tempos de tratamento a partir de tiras indicadoras de pH pelo método colorimétrico. **RESULTADOS:** O tempo influenciou gradativamente do 12° ao 36° mês para o acúmulo de biofilme e detritos alimentares sobre a superfície dos bráquetes, presença de deformações nas aletas, além do aparecimento de pontos de corrosão. Alturas oclusal e cervical dos bráquetes aumentaram significativamente após o uso clínico de 36 meses comparado as alturas dos bráquetes novos ($p<0.05$). Carbono e Oxigênio demonstraram ser elementos com aumentos expressivos e diretamente proporcional ao tempo, assim como, houve um aumento progressivo do coeficiente de atrito e rugosidade dos fios em função do tempo de uso clínico com maior aumento após 36 meses. O pH bucal demonstrou diferença significativa apenas entre o grupo T36 com seu controle ($p<0.05$). **CONCLUSÕES:** A hipótese foi parcialmente aceita, bráquetes e fios ortodônticos apresentaram alterações físico-químicas significativas devido ao uso clínico. No entanto, o tempo de tratamento e o acúmulo de biofilme/detritos nos slots dos bráquetes demonstraram ser mais influentes sobre o processo de degradação e força de atrito destes dispositivos do que o pH bucal.

Palavras-chave: Bráquetes Ortodônticos, Fios ortodônticos, Propriedades Físicas e Químicas.

ABSTRACT

OBJECTIVE: The focus of this study was to test the hypothesis that treatment time and oral pH had an influence on the physical chemical properties of orthodontic brackets and arch wires. **METHODS:** 120 metal brackets were evaluated. They were divided into 4 groups (n=30): Group C (Control) and Groups T12, T24 and T36 (brackets recovered after 12, 24, and 36 months of treatment, respectively), rectangular stainless steel arch wires that remained in the oral cavity for 12 to 24 months were also analyzed. Dimensional stability, surface morphology and composition of brackets, resistance to sliding of the bracket/wire set and surface roughness of wires were analyzed by optical microscopy by measurement, scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray, universal test machine and atomic force microscopy assays, respectively. Oral pH was evaluated by means of pH indicator strips by the colorimetric method. One-way analysis of variance ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons test were used for statistical analysis ($p < 0.05$). **RESULTS:** There was gradual influence of time from the 12th to 36th month for biofilm and food debris accumulation on bracket surfaces, presence of deformations on winglets and points of corrosion. Occlusal and cervical heights of brackets increased significantly after clinical use for 36 months, compared with new bracket heights ($p < 0.05$). Carbon and Oxygen were shown to be elements that increased expressively and in direct proportion to time, and there was a progressive increase in the coefficient of friction and roughness of wires as a function of time of clinical use after 36 months. Oral pH showed significant difference only between group T36 and its control ($p < 0.05$). **CONCLUSIONS:** The hypothesis was partially accepted, brackets and orthodontic wires suffered significant physical-chemical changes due to clinical use. However, the treatment time and biofilm and debris accumulation in bracket slots were shown to have more influence on the degradation process and frictional force of these devices than oral pH.

Keywords: Orthodontic Brackets, Orthodontic Wires, Physical and Chemical Properties.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 CAPÍTULO 1	13
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	32
4 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXOS	36
Anexo A – Normas para defesa de Dissertação.....	36
Anexo B – Certidão de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.....	37
APÊNDICES.....	38
Apêndice A – Metodologia da pesquisa	38
Apêndice B – Termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	46

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos dispositivos metálicos utilizados durante o tratamento ortodôntico é confeccionada com aço inoxidável do tipo austenítico que, entre outros metais, contém em sua composição cerca de 8% de níquel e 18% de cromo³.

Fios e braquetes de aço inoxidável utilizados clinicamente e submetidos a mecânica ortodôntica sofrem um processo de transformação de fase, de austenítica para martensítica. A transformação martensítica pode ser definida como uma transformação de fase no estado sólido com ausência de difusão, resultante de um movimento coordenado e/ou cooperativo entre os átomos, com mudança da estrutura cristalina, atingindo o seu estado menos rígido². Esta transformação gera mudanças significativas nas propriedades físicas e mecânicas destes dispositivos, o que pode interferir na resposta e no tempo de tratamento⁷.

No entanto, a biodegradação que ocorre nos bráquetes durante o tratamento ortodôntico e a sua consequência sobre o desempenho clínico, não está totalmente esclarecida¹³.

A biodegradação dos aparelhos ortodônticos no ambiente bucal tem preocupado os ortodontistas há algum tempo¹¹. Esta preocupação é centrada em torno de três questões principais: se os produtos de corrosão quando produzidos, são absorvidos pelo organismo, se causam qualquer efeito localizado ou sistêmico, e quais os efeitos da corrosão sobre as propriedades físicas e químicas e consequentemente sobre o desempenho clínico de aparelhos ortodônticos⁶.

A opção clínica de usar acessórios ortodônticos que apresentem menor biodegradação reduz o risco de danos à saúde do paciente, uma vez que estes tendem a liberar menos íons metálicos para o meio intrabucal².

O ambiente bucal favorece a biodegradação das ligas metálicas devido às suas condições iônicas, térmicas, microbiológicas e enzimáticas. Assim, algum nível de exposição do paciente aos produtos de corrosão dessas ligas pode ser assumido, se não assegurado⁵. Desta forma, variações de temperatura e pH causadas pela dieta, a decomposição de alimentos e de detritos celulares, a microbiota oral e seus subprodutos são importantes fatores a serem considerados na avaliação do comportamento clínico dos materiais odontológicos. Em

particular, os acessórios ortodônticos que permanecem na cavidade oral por meses a anos¹³.

A maioria das ligas metálicas utilizadas em Odontologia, ao ser submetida ao meio bucal, apresenta um processo lento e contínuo de corrosão, sendo que a resistência a esta corrosão constitui um critério primordial para a utilização das mesmas como materiais de uso ortodôntico⁹.

As ligas de níquel-cromo e titânio, que são ligas utilizadas em aparelhos ortodônticos, contam com a formação de uma película passiva de óxido na superfície para diminuir o risco de corrosão. No entanto, condições ácidas e íons cloreto podem acelerar o processo de corrosão⁶. Assim, uma dieta rica em cloreto de sódio e bebidas contendo ácido carbonatado proporcionam um fornecimento regular de agentes corrosivos. Dieta regular a base de ácido ou cloreto de sódio deve ser utilizada com precaução em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico¹⁵.

A liberação de íons como o níquel, presente nas ligas de aço inoxidável pode levar a ocorrência de hipersensibilidade¹¹. Além disso, outro ponto relevante na avaliação do emprego das ligas de aço inoxidável na Ortodontia é o seu potencial genotóxico, citotóxico e carcinogênico, uma vez que, elementos metálicos como o níquel e o cromo têm apresentado resultados positivos relacionados à toxicidade genética¹⁰.

Estudos têm demonstrado que os bráquetes metálicos apresentam degradação física significativa durante o tratamento ortodôntico, o que leva a um aumento do atrito^{13,14}. No entanto, o impacto destas alterações no desempenho clínico dos acessórios ortodônticos pode significar em um aumento do tempo de tratamento, acúmulo de placa, aumento de cárie e alteração de cor do esmalte^{8,14}.

O atrito existente entre as superfícies de fios e bráquetes tem sido motivo de estudos^{1,12,13}. Isto se deve ao fato de que, o atrito é uma força de resistência ao movimento ortodôntico que deve ser minimizada, a fim de que não seja necessário aumentar a magnitude da força aplicada para obtenção da mesma movimentação dentária¹.

Defeitos de corrosão na superfície do aparelho ortodôntico interferem no atrito, no qual, superfícies ásperas corroídas de bráquetes e fios influenciam o movimento dentário ortodôntico deslizando requerendo um maior tempo de tratamento¹⁵. Por esta razão, a utilização de um metal com boa resistência à

corrosão pode diminuir a força de atrito entre as duas superfícies de metal e ajudar a reduzir o período total de tratamento, através da movimentação mais rápida dos elementos dentários¹².

Tomados em conjunto, estes achados estão alinhados com a noção de que a topografia, morfologia, estabilidade dimensional, rugosidade superficial e o comportamento do atrito entre fios e bráquetes ortodônticos influenciam o seu desempenho clínico⁴, o que faz da biodegradação um item importante para seleção destes acessórios². Assim, o objetivo deste estudo é atestar a hipótese de que diferentes tempos de tratamentos e o pH bucal agem sobre as propriedades físico-químicas de acessórios ortodônticos com diferentes intensidades.

2 CAPÍTULO 1

ARTIGO: American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics- AJODO.

EFFECT OF TIME AND pH ON PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF ORTHODONTIC BRACKETS AND WIRES: “IN SITU” STUDY

RAMOS AAS, PITHON MM, CARLO FGC, CARLO HL, LIMA BASG, PASSOS TA, LACERDA-SANTOS R

Aretha Aliny Ramos dos Santos, MS student in Dentistry, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil

Matheus Melo Pithon, Adjunct Professor, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, State University of Southwest Bahia, Jequié, BA, Brazil

Fabíola Galbiatti Carvalho Carlo, Adjunct Professor Department of Clinical and Social Dentistry, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil

Hugo Lemes Carlo, Adjunct Professor, Department of Restorative Dentistry, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil

Bruno Alessandro Silva Guedes de Lima, PhD Student in Mechanical Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil

Tibério Andrade dos Passos, Adjunct Professor, Department of Materials Engineering, Federal University of Paraíba, João Pessoa, PB, Brazil

*Rogério Lacerda-Santos, Adjunct Professor, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Federal University of Campina Grande, Patos, PB, Brazil

***Corresponding Author:** Rogério Lacerda-Santos, Federal University of Campina Grande - UFCG, Center for Health and Technology Rural - CSTR, Av. dos Universitários, s/n, Rodovia Patos/Teixeira, Km1, Santa Cecília, CEP: 58700-970, Patos, Paraíba, Brazil. e-mail: lacerdaorto@hotmail.com / lacerdaorto@bol.com.br

ABSTRACT

OBJECTIVE: The focus of this study was to test the hypothesis that treatment time and oral pH had an influence on the physical chemical properties of orthodontic brackets and arch wires. **METHODS:** 120 metal brackets were evaluated. They were randomly divided into 4 groups (n=30): Group C (Control) and Groups T12, T24 and T36 (brackets recovered after 12, 24, and 36 months of treatment, respectively), rectangular stainless steel arch wires that remained in the oral cavity for 12 or 24 months were also analyzed. Dimensional stability, surface morphology and composition of brackets, resistance to sliding of the bracket/wire set and surface roughness of wires were analyzed by optical microscopy by measurement, scanning electron microscopy and energy dispersive x-ray, universal test machine and atomic force microscopy assays, respectively. Oral pH was evaluated by means of pH indicator strips by the colorimetric method. One-way analysis of variance ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons test were used for statistical analysis ($p<0.05$). **RESULTS:** There was gradual influence of time from the 12th to 36th month for biofilm and food debris accumulation on bracket surfaces, presence of deformations on winglets and points of corrosion. Occlusal and cervical heights of brackets increased significantly after clinical use for 36 months, compared with new bracket heights ($p<0.05$). Carbon and Oxygen were shown to be elements that increased expressively and in direct proportion to time, and there was a progressive increase in the coefficient of friction and roughness of wires as a function of time of clinical use after 36 months. Oral pH showed significant difference only between group T36 and its control ($p<0.05$). **CONCLUSIONS:** The hypothesis was partially accepted; treatment time and biofilm and debris accumulation in bracket slots were shown to have more influence on the degradation process and frictional force of these devices than oral pH.

Keywords: Brackets, Orthodontic Wires, Physical and Chemical Properties.

INTRODUCTION

Orthodontic brackets and arch wires are manufactured of materials that are resistant to corrosion, however, pH and biofilm accumulation may influence the rate of corrosion of these devices.¹ Moreover, surface roughness² may favor biofilm accumulation³ and the friction coefficient, which together may interfere directly in the performance of orthodontic mechanics.⁴⁻⁵

The oral environment favors the biodegradation of metal alloys⁶⁻⁷ due to its ionic, thermal, microbiological and enzymatic conditions. In addition to this, the variations of temperature and pH caused by diet, decomposition of foods, cell debris, oral microflora and their byproducts, are also important factors to be considered when evaluating the clinical behavior of orthodontic components⁸ that remain in the oral cavity for months or years.^{4,9}

It is considered²⁻⁴ that the oral medium and time can influence the physical-chemical properties of orthodontic brackets and arch wires, which may act on the clinical performance of these materials and mean an increase in treatment time, as well as altering the color of tooth enamel, and lead to caries.^{5,10} The biodegradation of brackets and arch wires considered in conjunction are aligned with the idea that this may influence the time of and clinical response to orthodontic treatment. Therefore, the focus of this *in situ* study was to test the hypothesis that treatment time and oral pH had an influence on the physical chemical properties of orthodontic brackets and arch wires.

MATERIALS AND METHODS

This study was approved by the Ethics Committee on Human Research according to Resolution 196/96 of National Health, CCS / UFPB under number CAAE: 10933512.5.0000.5188.

The sample was composed of 120 nickel-chrome brackets with a slot-size of 0.559 x 0.711 mm (0.022x0.030") (Dental Morelli, Sorocaba, SP, Brazil) for premolars and canines in both arches. The brackets were randomly recovered and selected from 30 patients with a mean age of 24 years, who concluded orthodontic

treatment in time intervals of 12, 24 and 36 months and 15 pairs of stainless steel arch wires with a cross-section of 0.017x0.025", 0.018x0.025" and 0.019x0.025" (Dental Morelli), which had remained in the oral cavity for 12 and 24 months. The inclusion criteria of this study were that, the devices were obtained from a private clinic, using wires and brackets of the same brand and the treatments were performed by a single orthodontist who used the Edgewise technique. The exclusion criteria were, patients who did not undergo pH measurements in all initial and final times of orthodontic treatment, patients who missed the monthly consultation of maintenance, inability to higienization of orthodontic appliance, and debonding of orthodontic brackets during treatment.

The brackets were carefully removed with a "Pistol" type pair of pliers for the purpose of removing brackets, and kept in receptacles with Milli-q deionized water (Millipore, Bedford, MA, USA). After this they were brushed with an electric brush for 10 s and rinsed with deionized water to remove any loosely connected integument. After being removed, the wires were cleaned with gauze and 70% alcohol. Afterwards the wires and brackets were kept in sterilized self-sealing packages, on which the patient's identification, date of placement and removal of the appliance was indicated, until the time of analysis.

After being recovered, the brackets were divided into 4 groups of 30 brackets Group C (control, without treatment), Group T12 (brackets after treatment time of 12 months), Group T24 (brackets after treatment time of 24 months) and Group T36 (brackets after treatment time of 36 months). The brackets in Groups T12, T24 and T36 were recovered from 10 patients each. Brackets with evident distortions that prevented engagement of the arch wire (0.021x0.025") between the winglets were discarded.

In addition to the brackets recovered, the last stainless steel retraction wire used in each patient, totaling 15 pairs of orthodontic arch wires that were in use in the last 12 and 24 months were submitted to friction and surface roughness tests. For fixation of the wires into the brackets, elastomeric ligatures (TP Orthodontics, La Porte, Indiana, USA), associated with a metal ligature (0.25mm) loosely inserted into the mesial winglet for anti-rotational effect. A total of 15 pairs of new rectangular stainless steel wires (n = 5 pairs per group) of the same thickness and trademark (Dental Morelli, Sorocaba, SP, Brazil), were used in the control group.

Morphology and Dimensional Stability

The surface morphology of the brackets in the control group and those that were recovered was evaluated with respect to: areas of corrosion, signs of wear, deformations and adherent materials. Brackets with evident plastic deformations at the base and/or winglets were discarded as a result of images obtained under an optical microscope (BX60; Olympus Óptica, Tokyo, Japan), at different magnifications (50-200X). After this, 40 brackets (n=10, per group) were used to evaluate dimensional stability and to take measurements of depth, occlusal, and cervical height of the brackets, by means of optical microscopy (BX60; Olympus) (Figure 1). The measurements were taken by a calibrated operator (AA). To evaluate the method error, the measurements of 10 specimens were repeated after an interval of 1 week.

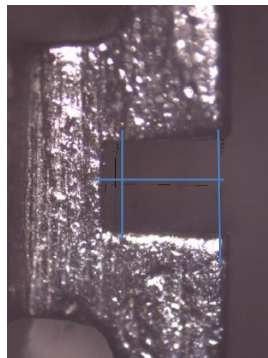


Figure 1: Measures used to evaluate the dimensional stability of brackets

Then, orthodontic brackets were randomly selected for analysis by scanning electron microscopy, SEM (JSM-6360LV; Jeol, Tokyo, Japan). A total of 20 brackets were examined, of which 5 were new brackets (Group C) and the other 15 (n=5) had been used in orthodontic treatment for 12 months (Group T12), for 24 months (Group T24) and 36 months (Group T36). The images obtained by SEM were acquired at various magnifications (20-2000X) using a tension of 20 kV, for qualitative evaluation of the micromorphological characteristics of the surfaces of the bracket slots and bases.

Composition

An EDX (Energy Dispersive X-Ray) spectrometer was used, in order to evaluate the chemical composition of the brackets. EDX was performed in a total of 20 randomly selected brackets, with 5 brackets of each group being evaluated in the cervical and occlusal region of the winglets (front view image), to quantify the chemical composition of the brackets, in the Control Group (Group C) and afterwards at the different time intervals of orthodontic treatment (T12, T24, T36).

Frictional Force

To analyze the frictional force between the brackets and stainless steel arch wires in the Control Group (Group C) and for brackets (n=10, per group) and arch wires post-orthodontic treatment (Groups T12, T24 and T36), a universal test machine (Load cell of 10 KN, Shimadzu, São Paulo, Brazil), was used with a special device designed for this test, obtained by bonding the brackets with a cyanoacrylate adhesive that were standardized 2 to 2, with an inter-bracket distance of 7 mm in each acrylic plate measuring 4x15x50 mm, with standardization of the run. Thus the grooves of the brackets remained parallel to the test of the vertical axis of the machine.

Rectangular segments of stainless steel wires with a length of 11.5 cm (n=5, per group) were used. The middle portion of these were joined to the brackets by means of 3 mm elastomeric ligatures, gray color, (TP Orthodontics, Lodi, CA, USA), immediately before the test, to standardize the joining force, and were associated with a metal ligature for anti-rotational effect. The wires were cleaned with 70% alcohol immediately before and after the tests and together with the brackets were used one time only.

Test specimens were mounted on the device and coupled to the frictional test machine. The wire was displaced along the bracket at a rate of 5 mm/min for 1 min. The levels of force were recorded by a 10 KN load cell. The frictional force was calculated from the mean value of forces recorded in mm between the first and fifth millimeter of displacement, disregarding the initial static friction, measured in Newton (N).

By means of comparison between the different time intervals evaluated, the percentage difference in frictional force between the brackets recovered (T12, T24 and T36) was calculated using the following equation: $\text{Dif.RS (\%)} = (\text{RS recovered} - \text{RS as received}) / [\text{RS as received}] \times 100$, where Dif.RS is the percentage difference in resistance to sliding, and RS is resistance to sliding.⁴

Surface Roughness

For each group, five wire segments without deformation, of 10 mm each were cut and randomly selected from the control and recovered arches, and observed by atomic force microscopy (AFM; SPM-9600, Shimadzu, Kyoto, Japan) operating in contact mode under environmental conditions. The samples were fixed to a metal support using adhesive tape. After this, for each wire segment, 3 surface areas (15 x 15 mm) were randomly selected and analyzed. AFM probes (radius of curvature < 10 nm) mounted in consoles (250 µm), with a constant of 0.1 N/m were used. Tridimensional images (30 x 30 µm) were processed using the software program Gwyddion 3.1 (<http://www.gwyddion.net>) and the mean arithmetic roughness of the absolute values (Ra).

Evaluation of Oral pH

The patients whose oral pH was evaluated were in good general health and did not use medications. The pH was measured at the beginning and end of each orthodontic treatment time: T12, T24 and T36. They were instructed to fast for a minimum of two hours before saliva collection and to perform tooth brushing in this same period. The saliva was collected for 5 min, and was deposited in an appropriate receptacle. Immediately after saliva collection, a pH indicator strip of pH 1-14 (J. Prolab, São José dos Pinhais, Paraná, Brazil) was put into the collection receptacle. Salivary pH determination with the use of pH indicator strips was made by the colorimetric method, which uses a suitable scale for readout. Approximately 10 min, afterwards, the pH at rest was identified by coloring the pH indicator strip (J. Prolab) in accordance with the manufacturer's indication. A single evaluator performed the colorimetric method readout, and was calibrated (Kappa =0.8) by means of repetitions in previous exams before the research. The

pH readouts by the colorimetric method were always performed under the same conditions of ambient lighting.

Statistical Analysis

The data were tabulated in the statistical program SPSS 13.0 (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, IL, USA) for analysis of the results. The statistical method was chosen based on adherence to the model of normal distribution and equality of variance evaluated by the Kolmogorov-Smirnov and Levene Tests, respectively. The one-way analysis of variance ANOVA, followed by the Tukey multiple comparisons tests were used. For all the tests the value of $p < 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS

Dimensional Stability

Analysis by optical microscopy revealed that there was no significant difference between the depths of brackets, irrespective of the time of use ($p = 0.073$), but the cervical and occlusal height of the brackets used for 36 months differed significantly from the mean heights of the new devices, and the cervical height also showed significant difference between 12 and 36 months of clinical use ($p = 0.001$) (Table 1).

Table 1. Evaluation of influence of time on dimensional stability (μm) of brackets.

Dimensions	Time of use of brackets				P value*
	New	12 months	24 months	36 months	
Depth	743.33 ^A	749.42 ^A	749.88 ^A	799.70 ^A	0.073
Occusal Height	629.66 ^A	638.05 ^{A,B}	661.03 ^{A,B}	673.70 ^B	0.011
Cervical Height	559.83 ^A	571.55 ^B	581.73 ^{B,C}	584.36 ^C	0.001

P* = one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons Test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p < 0.05$).

Morphology

Analysis of the new (Figure 1A) and recovered brackets T12, T24 and T36 (Figures 1B, 1C and 1D, respectively), by means of scanning electron microscopy, analyzed in increased 21x, demonstrated that time had a gradual influence on the accumulation of biofilm, debris and food remainders on the surface and slots of brackets, besides of the appearance of pitting corrosion. The presence of grooves and deformations of varying extension could also be observed on the winglet surfaces of brackets used for 36 months, even in those recovered from the same patient.

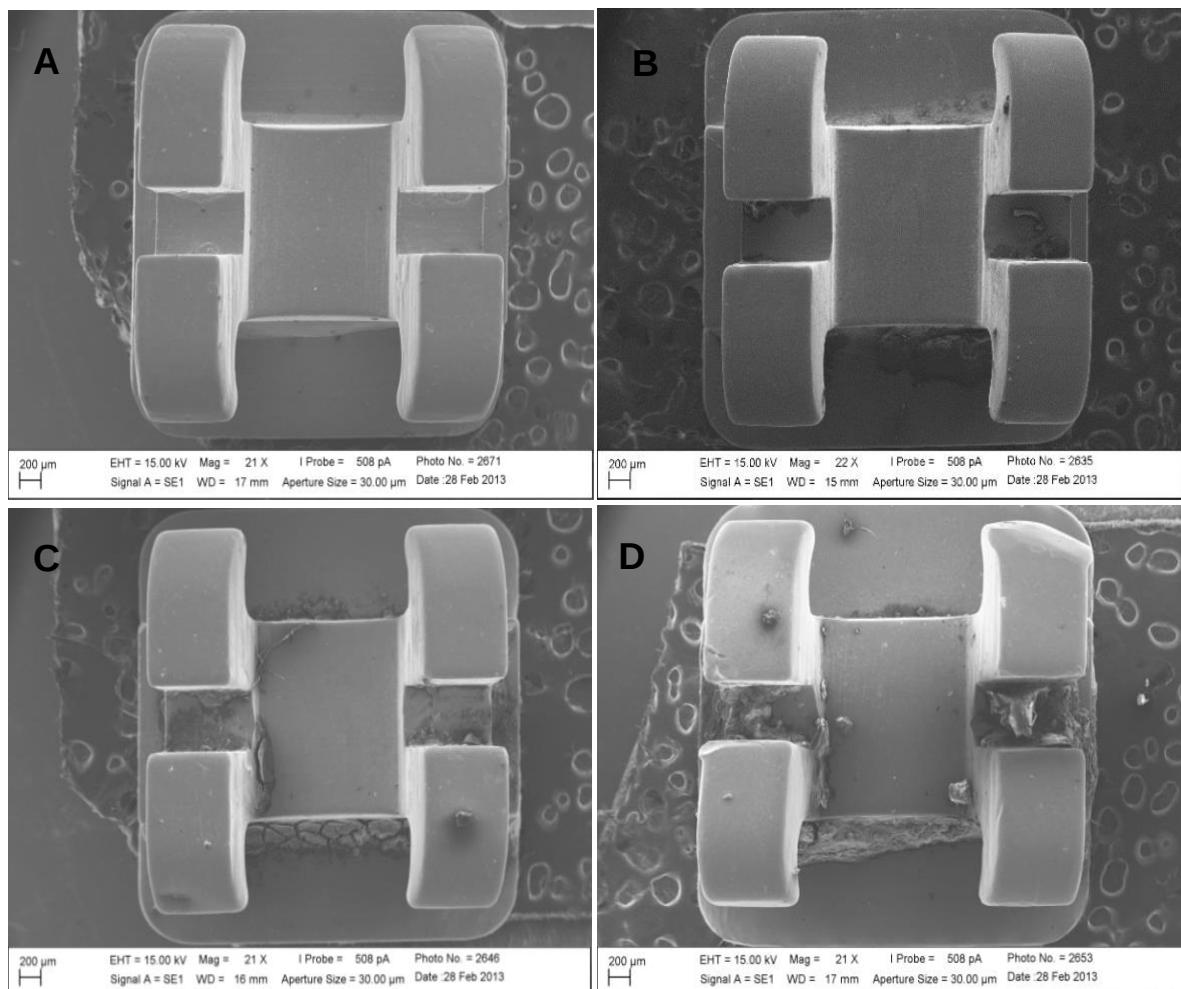


Figure 2. Images by scanning electron microscopy, in 1A: Group C (Control, new bracket); in 1B, 1C and 1D: Groups T12, T24 and T36 (brackets recovered after 12, 24, and 36 months of treatment, respectively).

Composition

The chemical analysis obtained by EDX (Table 2) demonstrated that the increases in the quantity of Oxygen were directly proportional to the increase in time of use of the brackets, in a significant manner for Oxygen between the time of 36 months (84% increase in Oxygen in comparison with a new bracket) and all the other time intervals, and between the time interval of 24 months (increase of 41% in oxygen) with new brackets ($p=0.001$). The contrary was observed with the elements Chrome, Iron and Nickel, in which the presence of these was shown to be indirectly proportional to the time of use of brackets, in a significant manner between the time of 36 months and the new brackets ($p<0.05$). Whereas, the quantities of Fluoride, Sodium, Aluminum, Silicone, Chloride, Potassium, Copper and Molybdenum demonstrated no significant difference over the course of time ($p>0.05$). There was significant difference for the element Phosphorous between the times of 36 months and new brackets ($p=0.041$) and for Sulphur between the times intervals of 24 and 36 months ($p=0.045$).

Table 2. Influence of time of use of brackets on their chemical composition (Atomic %).

Element	Time of use of brackets				P value*
	New	12 months	24 months	36 months	
Carbon	27.140 ^A	34.453 ^A	35.420 ^A	43.323 ^A	0.267
Oxygen	18.137 ^A	22.213 ^{A,B}	25.523 ^B	33.313 ^C	0.001
Fluoride	1.897 ^A	1.060 ^A	1.050 ^A	2.337 ^A	0.057
Sodium	0.337 ^A	0.307 ^A	0.310 ^A	0.353 ^A	0.991
Aluminum	0.427 ^A	0.420 ^A	0.660 ^A	1.547 ^A	0.059
Silica	0.587 ^A	0.410 ^A	0.470 ^A	0.300 ^A	0.074
Phosphorous	0.053 ^A	0.233 ^{A,B}	0.120 ^{A,B}	0.160 ^B	0.041
Sulphur	0.293 ^{A,B}	0.360 ^{A,B}	0.383 ^B	0.133 ^A	0.045
Chloride	0.063 ^A	0.030 ^A	0.030 ^A	0.040 ^A	0.278
Potassium	0.027 ^A	0.040 ^A	0.020 ^A	0.063 ^A	0.071
Chrome	10.867 ^B	8.603 ^B	7.587 ^{A,B}	3.740 ^A	0.009
Ferro	35.530 ^B	27.690 ^{A,B}	24.983 ^{A,B}	12.203 ^A	0.016
Iron	4.197 ^B	3.250 ^{A,B}	2.993 ^{A,B}	1.323 ^A	0.014
Copper	0.300 ^A	0.410 ^A	0.360 ^A	0.140 ^A	0.108
Molybdenum	0.143 ^A	0.093 ^A	0.093 ^A	0.073 ^A	0.158

P*= one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons Test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p<0.05$).

Frictional Force

Irrespective of the time of use of brackets, or the thickness of wires, there was significant difference between the frictional forces of orthodontic wires and brackets (Table 3). The brackets with 12 and 24 months of use presented significant differences between the frictional forces that act on the new and used wires with thickness of 0.017x0.025", 0.018x0.025" e 0.019x0.025" ($p<0.05$).

Table 3. Frictional force (N) between brackets and new and used arch wires.

Brackets	Conditions of Wires		P value*
	New	Used	
Wires with thickness of 0.017x 0.025”			
New	0.375	--	--
12 months	0.462 ^A	0.694 ^B	0.001
24 months	0.564 ^A	0.916 ^B	0.004
36 months	0.629	--	--
Wires with thickness of 0.018 x 0.025”			
New	0.566	--	--
12 months	0.577 ^A	0.811 ^B	0.001
24 months	0.651 ^A	1.002 ^B	0.001
36 months	0.721	--	--
Wires with thickness of 0.019 x 0.025”			
New	0.818	--	--
12 months	0.819 ^A	1.012 ^B	0.003
24 months	0.903 ^A	1.585 ^B	0.001
36 months	0.908	--	--

P*= one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p<0.05$).

It could be observed that the frictional force increased in direct proportion to the time of use of the brackets, and the thickness of wires (Table 4). There was significant difference between the new brackets and those recovered at the time

intervals of 12, 24 and 36 months with the new 0.017x0.025" and 0.018x0.025" ($p=0.001$) wires, except between the new brackets those recovered at time interval of 12 months associated with new 0.018x0.025" wires. When the new 0.019x0.025" wire was used, there was significant difference only between the brackets recovered in the time interval of 36 months and those recovered at 12 months and the new brackets ($p=0.016$). In the association between brackets and wires used, there was significant difference between the brackets recovered at the times intervals of 12 and 24 months, irrespective of the thickness of the wire used ($p<0.05$).

Table 4. Influence of time of use of brackets on the frictional force (N) that these exert in relation to the orthodontic wires.

Brackets	Conditions of wires	
	New	Used
Wires with thickness of 0.017 x 0.025"		
New	0.375 ^A	--
12 months	0.462 ^B	0.694 ^A
24 months	0.564 ^C	0.916 ^B
36 months	0.629 ^D	--
P value*	0.001	0.043
Wires with thickness of 0.018x0.025"		
New	0.566 ^A	--
12 months	0.577 ^A	0.811 ^A
24 months	0.651 ^B	1.002 ^B
36 months	0.721 ^C	--
P value	0.001	0.009
Wires with thickness of 0.019x0.025"		
New	0.818 ^A	--
12 months	0.819 ^A	1.012 ^A
24 months	0.903 ^{A,B}	1.585 ^B
36 months	0.908 ^B	--
P value	0.016	0.001

P*= one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p<.05$).

Surface Roughness

The increase in time of use of wires caused an increase in the levels of surface roughness irrespective of orthodontic wire thickness (Table 5). The

surface roughness of wires after 24 months of use differed statistically from wires with thickness of 0.017x0.025" (Figures 2A and 2B) and 0.019x0.025" (Figures 2E and 2F) for the respective new orthodontic wires ($p=0.001$). The wire thickness of 0.018x0.025" (Figures 2C and 2D) demonstrated no significant difference for roughness in the periods evaluated ($p=0.418$).

Table 5. Influence of time of use on roughness (nm) of orthodontic wires.

Wire Thickness	Time of use of wires			P value*
	New	12 months	24 months	
0.017x0.025"	5.14 ^A	5.65 ^A	9.94 ^B	0.001
0.018x0.025"	4.41 ^A	4.49 ^A	4.93 ^A	0.418
0.019x0.025"	3.98 ^A	4.02 ^A	8.49 ^B	0.001

P*= one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p<0.05$).

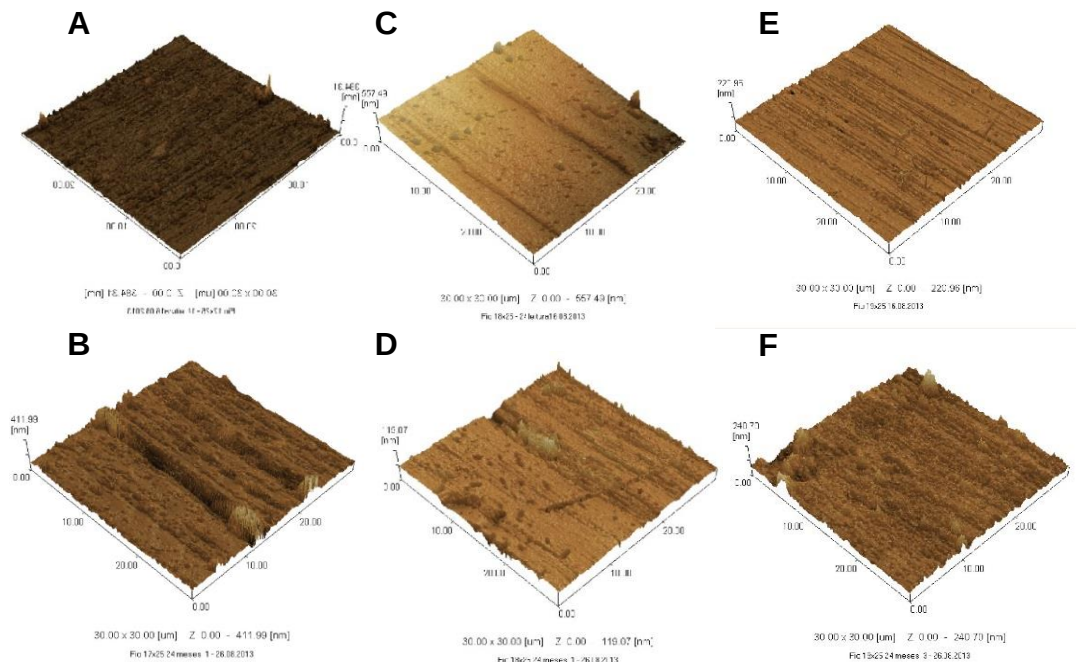


Figure 2. Images in Atomic Force Microscopy, wire 0.017x0.025" new (2A) and with 24 months (2B), wire 0.018x0.025" new (2C) and with 24 months (2D), wire 0.019x0.025" new (2E) and with 24 months (2F).

Evaluation of Oral pH

The level of oral pH of patients diminished with the time of use of the orthodontic appliance. In the group of T12 patients before treatment (6.70 ± 0.48) and after 12 months of treatment (6.60 ± 0.52) the pH showed practically no variation. In Group T24, when considering only the period before treatment (6.70 ± 0.67) and after 24 months of treatment (6.30 ± 0.67) the pH showed a non-significant variation ($p > 0.05$), whereas in Group T36 before treatment (6.70 ± 0.48) and 36 months after treatment (5.90 ± 0.57) statistically significant difference was demonstrated ($p = 0.014$), a reduction below the variation from normality of oral pH (6.20 to 7.40). In the comparison between groups, there was statistical difference between the pH measured in the time of 12 months with the pH at 36 months ($p = 0.014$).

Table 6: Evaluation of the influence of time on oral pH.

Time	pH	
	Mean	SD*
Initial	6.70 ^A	0.48
12 months	6.60 ^A	0.52
24 months	6.30 ^{A,B}	0.67
36 months	5.90 ^B	0.57
P Value [†]	0.014	-----

*SD = Standard deviation. [†]P value: one-way ANOVA, followed by Tukey multiple comparisons Test. Means followed by different letters express statistically significant difference ($p < 0.05$).

DISCUSSION

The effect of aging of orthodontic devices in the oral environment is an important factor to consider with respect to the efficacy of orthodontic mechanics^{1,4,9,10-12}. There is a notable lack of evidence about the intraoral pattern of aging of orthodontic devices associated with phenomena such as surface alterations, structural changes and variation in mechanical properties¹³.

In this study, analysis by optical microscopy revealed no significant difference between the depths of brackets, irrespective of their time of use, but the occlusal and cervical heights of brackets used for 36 months differed significantly from the mean heights of new devices. This finding is related to the intra-slot wear and/or deformation¹⁶ due to the dental sliding mechanics, torque and progressive increase in thickness of the wires used in the brackets, which is in agreement with the findings of other studies¹⁴⁻¹⁵.

The brackets exposed to the oral environment for a longer time of use presented greater signs of pitting corrosion, plastic deformation, gaps, scratches and deposition of debris¹³. The presence of precipitated biofilm found on the recovered brackets is in agreement with the findings of other studies of esthetic¹⁶ and metal brackets⁴ and orthodontic wires^{2,17}. SEM analysis showed areas of dark surface, which indicated the presence of precipitated biofilm associated with other bright surface areas. Dark areas suggest the presence of elements with low atomic numbers, such as oxygen, consistent with the formation of crystalline particles from biofilm and food debris, and bright surface areas that may be related to silica, barium, aluminum, iron and silver^{4,18-19}. There was also an increased amount of carbon element with time, but was not significant as seen in the oxygen element. The presence of silica and barium may be attributed to contamination by adhesives or orthodontic composites²⁰ and inclusions of aluminum are strongly related to corrosion^{4,18}, the silver cannot be attributed to any clinical discovery, although the transfer of this element may occur through friction between metal surfaces⁴.

A progressive increase in the element Oxygen observed in EDX was found due to the deposition of debris on the surface of brackets, which explains the significant drop in the levels of Chrome, Iron and Nickel, the main elements responsible for the composition of these devices. However, there was a variation in the levels of debris between brackets with the same time of use, which emphasizes the influence of individual variation and personal hygiene methods¹³. Although the level of oral pH of patients diminished with the time of use of the orthodontic appliance, it was only after 36 months that there was significant difference. The pH value varied from 6.7 in the beginning to 5.9 at the end of treatment, a reduction below the variation in normality of oral pH in adults (6.2 a 7.4)²⁰.

Variations in pH due to dietary products or the conversion of sugar into acid by dental biofilm, determine the limit of saliva capacity to protect teeth, with pH 5.5. being the critical level²⁰⁻²², which could also influence orthodontic devices such as corrosion^{1,9}. In this study, it could be seen that even after 36 months patients presented a pH above the level considered critical. This suggests that the oral pH was not a determinant factor in the corrosion points of orthodontic brackets and arch wires, but can be a potentiating factor in the long term.

Elements such as Carbon, Oxygen, Aluminum, Iron, Chromium and Nickel have been suffered most changes after clinical use of the brackets²³, Carbon and Oxygen were the main elements detected in the biofilm by EDX analysis of previous studies^{4,23} corroborating with the findings this study.

When considering the frictional force, the comparison before and after clinical use demonstrated that, the frictional force increase was directly proportional to the time of use of brackets and orthodontic wires thickness¹⁶. In spite of the frictional force of orthodontic appliances in the dry state not corresponding to the real friction in the oral environment² studies^{4,23} conducted have adopted this methodology as reference. Moreover, the presence of saliva appears to have no significant influence on the reduction of friction²⁴. The samples were analyzed after removal from the oral environment, which may have caused drying of the residues on the orthodontic wire surfaces. However, this drying may occur also during clinical use, when they remain in the oral cavity for months².

In this study, the increase in frictional force of 0.017x0.025" wires as a function of time, may also be related to some amount of deformation by masticatory forces on this wire, when compared with 0.018x0.025" and 0.019x0.025" wires of greater thickness.

In the association between brackets and wires used, there was significant difference between the brackets recovered after 12 and 14 months, irrespective of the wire thickness used. In addition to wires, the increase in frictional force may also have been generated by the presence of biofilm and dietary debris on the surface, and mainly on the bracket slots^{4,16}. This appears to be an important factor to consider when the force to be applied is calculated²⁵.

The surface roughness of wires is also significantly related to the increase in the levels of frictional force^{23,26}. The increase in the time of use of wires caused an increase in the levels of surface roughness, irrespective of the orthodontic wire

thicknesses. The surface roughness of wires after 24 months of use differed statistically for the wire thicknesses of 0.017x0.025" and 0.019x0.025" of the respective new wires. Although the 0.017x0.025" wire was thinner, it was more predisposed to deformations due to the masticatory forces that could influence the frictional force²³, whereas the 0.019x0.025" presented lower risk of undergoing these deformations, but its thickness allowed little clearance in the bracket/wire relationship, which increases the frictional force. This may explain the fact that the 0.018x0.025" wire presented more favorable results than the 0.017x0.025" wire thickness.

It may be noted clinically, that in most cases the orthodontist does not perform the cleaning of wires and mainly of brackets during the clinical session. However, the accumulation of biofilm and dietary debris can affect directly the frictional force hindering the process of tooth movement, and increasing the treatment time. In addition, it favors the decrease of pH and increases the risk of enamel demineralization. In this context, the periodic cleaning of bracket slots and orthodontic wires surface for the removal of debris adhered, coupled with the time decreased of clinical use of the rectangular wires, and monitoring of the oral hygiene of the patient can minimize the impact of the frictional force during sliding mechanics⁴, and favor the reducing of the treatment time.

Furthermore, the aging of orthodontic devices in the oral environment may also change other characteristics apart from friction, such as esthetics and biocompatibility²⁷. Further studies with the object of evaluating esthetics and biocompatibility of these aged devices may help to fully explain the behavior of these materials.

CONCLUSION

The hypothesis was partially accepted, orthodontic brackets and arch wires underwent significant physical-chemical alterations due to clinical use. However, treatment time and biofilm/debris accumulation in bracket slots were shown to have more influence on the degradation process and frictional force of these devices than oral pH. The periodic cleaning of the slots of brackets and wire surfaces, added to the reduction in time of clinical use of rectangular wires may minimize the impact of these alterations on orthodontic treatment.

REFERENCES

1. Oh KT, Choo SU, Kim KM, Kim KN. A stainless steel bracket for orthodontic application. *Eur J Orthod* 2005;27:237-44.
2. Marques ISV, Araújo AM, Gurgel JA, Normando D. Debris, Roughness and Friction of Stainless Steel Archwires Following Clinical Use. *Angle Orthod* 2010;80:521-7.
3. Wichelhaus A, Geserick M, Hibst R, Sander FG. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. *Dent Mater* 2005;21:938–945.
4. Regis SJ, Soares P, Camargo ES, Filho OG, Tanaka O, Maruo H. Biodegradation of orthodontic metallic brackets and associated implications for friction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:501-9.
5. Silva LJG, Mattos FS, Silva MG, Araújo AM, Werneck EC. Determination of microorganisms found in brackets of Alexander and self-ligating. *Ortodontia SPO* 2010;43:227-234.
6. Oh KT, Kim KN. Ion release and cytotoxicity of stainless steel wires. *Eur J Orthod* 2005;27:533-540.
7. Kutha M, Pavlin D, Slaj M, Varga S, Lapter-Varga M, Slaj M. Type of Archwire and Level of Acidity: Effects on the Release of Metal Ions from Orthodontic Appliances. *Angle Orthod* 2009;79:102-110.
8. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JCP. Evaluation of the friction coefficient of metal and esthetic brackets with stainless steel and beta-titanium wires. *Dental Press J Orthod* 2004;9:70-83.
9. House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy JR, Ireland AJ. Corrosion of orthodontic appliances - should we care?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:584-592.
10. Maia LH, Filho HL, Araújo MV, Ruellas AC, Araújo MT. Incorporation of metal and color alteration of enamel in the presence of orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2012;82:889-93.
11. Eliades T, Eliades G, Watts DC. Intraoral aging of the inner headgear component: A potential biocompatibility concern?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:300-6.
12. Huang TH, Yen CC, Kao CT. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:68-75.
13. Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:403-412.

14. Gioka C, Eliades T. Materials-induced variation in the torque expression of preadjusted appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:323-8.
15. Yokoyama K, Hamada K, Moriyama K, Asaoka K. Degradation and fracture of Ni-Ti superelastic wire in an oral cavity. *Biomaterials* 2001;22:257-262.
16. Phiton MM, Figueiredo DSF, Oliveira DD, Santos RL. Evaluation of physical properties of esthetic brackets after clinical use: Study in situ. *Journal of the World Federation of Orthodontists* 2013;2:127-132.
17. Eliades T, Eliades G, Athanasiou AE, Bradley TG. Surface characterization of retrieved niti orthodontic archwires. *Eur J Orthod* 2000;22:317-326.
18. Gkantidis N, Zinelis S, Karamolegkou M, Eliades T, Topouzelis N. Comparative assessment of clinical performance of esthetic bracket materials. *Angle Orthod* 2012;82:691-7.
19. Eliades T, Gioka C, Zinelis S, Eliades G, Makou M. Plastic brackets: hardness and associated clinical implications. *World J Orthod* 2004;5:62-6.
20. Serratine ACP, Silva MRM. Validation of a Simplified Method for Evaluation of salivary pH in Children. *Pesq Bras Odontoped Clin Integr* 2009; 9:217-221.
21. Loesche W. Dental caries: A treatable infection. *Cultura Médica* 1993. 349p. Rio de Janeiro.
22. Cortelli SC, Chaves MGAM, Faria IS, Landuci LF, Oliveira LD, Scherma AP, Jorge AOC. Evaluation of oral condition and risk of caries in dentistry students. *Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos* 2002;5:35-42.
23. Mendes BAB. Changes in surface chemical composition, roughness and friction in metal brackets at 12 and 24 months of treatment [dissertation]. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2012.
24. Kusy RP, Whitley JQ. Resistance to sliding of orthodontic appliances in the dry and wet states: influence of archwire alloy, interbracket distance, and bracket engagement. *J Biomed Mater Res* 2000;52:797–811.
25. Normando D, Araújo AM, Marques IS, Dias CG, Miguel JA. Archwire cleaning after intraoral ageing the effects on debris, roughness and friction. *Eur J Orthod*. 2013;35:223-9.
26. D'Antó V, Rongo R, Ametrano G, Spagnuolo G, Manzo P, Martina R, Paduano R, Valletta S. Evaluation of surface roughness of orthodontic wires by means of atomic force microscopy. *Angle Orthod* 2012;82:922–928.
27. Bourauel C, Fries T, Drescher D, Plietsch R. Surface roughness of orthodontic wires via atomic force microscopy, laser specular reflectance, and profilometry. *Eur J Orthod* 1998;20:79–92.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A degradação de materiais metálicos utilizados em pacientes ortodônticos tem sido uma preocupação atual. Apesar de existir um grande número de pesquisas *in vitro* sobre bráquetes e fios ortodônticos, estas não simulam condições intraorais satisfatórias. Por outro lado, existe uma carência de estudos sobre a biodegradação destes materiais após uso clínico. Além disso, o estudo da biodegradação a longo prazo torna-se um fator relevante, pois pode ter ação direta sobre a movimentação dentária e tempo de tratamento.

O presente estudo, em seu único artigo (Capítulo 1) teve como objetivo avaliar o pH bucal a longo prazo de pacientes ortodônticos, além da composição, morfologia e estabilidade dimensional de bráquetes, força de atrito do conjunto bráquete/fio e rugosidade superficial de fios ortodônticos. Os resultados demonstraram que bráquetes e fios ortodônticos sofreram alterações físico-químicas significativas devido a influência do meio bucal e o tempo de uso clínico.

Manter uma boa higiene bucal é muito importante durante o tratamento ortodôntico. Sabe-se que durante o tratamento ortodôntico o profissional por muitas vezes não realiza a limpeza dos fios e principalmente dos bráquetes durante a sessão clínica. No entanto, se a saúde bucal é ignorada durante o tratamento, este se torna mais demorado e pode até ser comprometido, pois o acúmulo de biofilme, de resíduos alimentares interfere diretamente no atrito entre bráquete e fio, dificultando o processo de movimentação dentária, além de potencializar a queda de pH e aumentar o risco de desmineralizações do esmalte.

Com os resultados dessa pesquisa viu-se a importância de reduzir o tempo de uso clínico dos fios retangulares, praticar a limpeza da superfície dos fios e principalmente dos slots dos bráquetes ao longo do tratamento ortodôntico, como também o ortodontista deve orientar e monitorar a higienização bucal de cada paciente.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo *in situ*, pôde-se concluir que a hipótese lançada foi parcialmente aceita, bráquetes e fios ortodônticos apresentaram alterações físico-químicas significativas devido ao uso clínico. No entanto, o tempo de tratamento e o acúmulo de biofilme/detrítos nos slots dos bráquetes demonstraram ser mais influentes sobre o processo de degradação e força de atrito destes dispositivos do que o pH bucal.

REFERÊNCIAS*

1. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JCP. Avaliação do coeficiente de atrito de bráquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta-titânio. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial* 2004;9:70-83.
2. Dolci GS, Menezes LM, Souza RM, Dedavid BA. Biodegradação de braquetes ortodônticos: avaliação da liberação iônica in vitro. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial* 2008;13:77-84.
3. Eliades T, Athanasiou AE. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. *Angle Orthod* 2002;2:222-237.
4. Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;27:403-412.
5. Ferreira JTL. Avaliação da resistência à corrosão de materiais metálicos utilizados em aparelhos ortodônticos fixos [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2005.
6. House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy JR, Ireland A J. Corrosion of orthodontic appliances – should we care?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:584-592.
7. Izquierdo PP, Biasi RS, Elias CN, Nojima LI. Martensitic transformation of austenitic stainless steel orthodontic wires during intraoral exposure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:714.
8. Maia LH, Filho HL, Araújo MV, Ruellas AC, Araújo MT. Incorporation of metal and color alteration of enamel in the presence of orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2012;82:889-93.
9. Menezes LM, Lima SEM, Rizatto SMD, Thiesen G, Rego MVNN, Cumerlato ML, Zardo P. Avaliação da superfície de bráquetes de titânio após a aplicação de fluoreto de sódio. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial* 2006;11:93-103.
10. Menezes LM, Freitas MPM, Gonçalves TS. Biocompatibilidade dos materiais em Ortodontia: mito ou realidade?. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial* 2009;14:144-157.

* De acordo com as normas do PPGO/UFPB, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

11. Menezes LM, Souza RM, Dolci GS, Dedavid BA. Analysis of biodegradation of orthodontic brackets using scanning electron microscopy. *Rev Dental Press Ortod Ortod Facial* 2010;15:48-51.
12. Oh KT, Choo SU, Kim KM, Kim KN. A stainless steel bracket for orthodontic application. *European Journal of Orthodontics*. 2005;27:237-244.
13. Regis SJ, Soares P, Camargo ES, Guariza OF, Tanaka O, Maruo H. Biodegradation of orthodontic metallic brackets and associated implications for friction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:501-509.
14. Silva LJG, Mattos FS, Silva MG, Araújo AM, Werneck EC. Determinação dos microrganismos encontrados nos bráquetes de Alexander e autoligáveis. *Ortodontia SPO* 2010;43:227-234.
15. Kao C, Huang T. Variations in surface characteristics and corrosion behavior of metal brackets and wires in different electrolyte solutions. *European Journal of Orthodontics* 2010;32:555-560.

ANEXOS

ANEXO A – Normas para a Defesa da Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPB

Formato alternativo.

- Capa
 - Folha de rosto (primeira folha interna)
 - Ficha catalográfica (verso da folha de rosto)
 - Folha de aprovação
 - Dedicatória (Opcional)
 - Agradecimentos (Opcional)
 - Epígrafe (Opcional)
 - Resumo (com no máximo quinhentas palavras)
 - Abstract (com no máximo quinhentas palavras)
 - Lista de Abreviaturas e Siglas (Opcional)
 - Sumário
1. Introdução (trata-se, como no formato tradicional, da parte inicial do texto, da formulação clara e simples do tema investigado, constando a delimitação do assunto tratado, sua justificativa e objetivos da pesquisa)
 2. Capítulos (devem ser inseridas as cópias de artigos de autoria ou co-autoria do candidato, já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem. Cada capítulo deve conter sua indicação, seguido do número (em arábico) correspondente. Ex.: Capítulo1, Capítulo 2 e assim sucessivamente)
 3. Discussão ou Considerações Gerais (de caráter opcional, esta parte poderá conter argumentos para estabelecer relações entre os artigos apresentados nos capítulos)
 4. Conclusão
 - Referências
 - Anexo (Opcional)
 - Apêndices (Opcional)

ANEXO B - Certidão de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

CERTIDÃO

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa, do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou por unanimidade na 4ª Reunião realizada no dia 23/04/2013, o projeto de pesquisa intitulado: “EFEITO DO TEMPO NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE BRÁQUETES E FIOS ORTODÔNTICOS” da Pesquisadora Aretha Aliny dos Santos Ramos. Prot. nº 0485/12. CAAE: 10933512.5.0000.5188.

Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à apresentação do resumo do estudo proposto à apreciação do Comitê.


Drª Eliane Marques D. Sousa
Coordenadora CEP/CCS/UFPB
Mat. SIAPE: 0332618

APÊNDICES

APÊNDICE A - Metodologia da Pesquisa

Tipo de Pesquisa:

Esta pesquisa é caracterizada como uma pesquisa clínica - laboratorial, de corte longitudinal, prospectiva com abordagem qualitativa e quantitativa. Para isso, o método que proporciona a base lógica à investigação científica foi o hipotético – indutivo.

Tipo de Estudo:

Trata-se de um estudo *in situ*, no qual o pesquisador analisou o efeito da exposição clínica e do pH na cavidade oral e do tempo sobre fios e bráquetes metálicos ortodônticos, com relação a sua composição, morfologia da superfície, estabilidade dimensional, comportamento de atrito e rugosidade superficial.

Local:

- Laboratório de Solidificação Rápida (LSR) do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

Universo:

O universo da pesquisa consistiu por bráquetes e fios de pacientes que finalizarão o tratamento ortodôntico em 12, 24 e 36 meses, advindos de uma clínica privada. A remoção de bráquetes não foi motivada pela pesquisa, mas sim por critérios terapêuticos de finalização de tratamento. O tratamento foi conduzido por um único ortodontista e os pacientes foram submetidos durante todo o tratamento à técnica Edgewise.

Amostra:

A amostra foi composta por 120 bráquetes de níquel-cromo com um tamanho de slot de 0,559 x 0,711 mm (0,022" x 0,030") (Dental Morelli, Sorocaba, São Paulo, Brasil), para pré-molares e caninos de ambas as arcadas, recuperados de pacientes que finalizaram tratamento ortodôntico em 12, 24 e 36 meses e por fios de aço inoxidável de secção 0.017" x 0.025", 0.018" x 0.025" e 0.019" x 0.025" (Dental Morelli), que permaneceram na cavidade oral por 12 e 24 meses. Estes dispositivos foram advindos de uma clínica privada e os tratamentos foram realizados por um único ortodontista que utilizou a técnica de Edgewise.

Os bráquetes foram recuperados e selecionados de forma aleatória a partir de 30 pacientes com idade média de 24 anos. Depois de recuperados, os bráquetes foram divididos em 4 grupos: Grupo C (controle, sem tratamento), Grupo T12 (bráquetes com 12 meses de tratamento), Grupo T24 (bráquetes com 24 meses de tratamento) e Grupo T36 (bráquetes com 36 meses de tratamento). Os bráquetes dos grupos T12, T24 e T36 foram recuperados a partir de 10 pacientes cada. Bráquetes que apresentaram distorções evidentes que impediram o engajamento do fio (0.021" x 0.025") entre as aletas foram descartados.

Além dos bráquetes recuperados, o último fio de retração de aço inoxidável utilizado no paciente ("0.017x 0.025", 0.018" x 0.025", 0.019" x 0.025"), totalizando 15 pares de arcos ortodônticos que estavam em uso nos últimos 12 e 24 meses, foram submetidos aos testes de atrito e de rugosidade superficial. Para fixação dos fios no interior dos bráquetes foram utilizadas ligaduras elastoméricas (TP Orthodontics, La Porte, Indiana, EUA) associada a ligadura metálica frouxamente (0.25mm) inserida na aleta mesial para efeito anti-rotação.

Procedimentos da Pesquisa

Os bráquetes foram cuidadosamente removidos pelo ortodontista com um alicate de remoção de bráquetes tipo Pistola e mantidos em recipientes com água deionizada milli-q (Millipore, Bedford, MA, USA). Eles foram escovados com uma escova elétrica por 10 segundos e enxaguados com água destilada deionizada para remover qualquer tegumento frouxamente ligado. Os fios depois de removidos foram limpos com gaze e álcool a 70%. Em seguida, fios e bráquetes

foram mantidos em embalagens esterilizadas auto-seladas até a análise, contendo: identificação do paciente, data de colocação e remoção do aparelho. Os bráquetes controle (sem tratamento) foram submetidos aos mesmos procedimentos que os espécimes recuperados pós tratamento ortodôntico. Antes da execução dos testes em todas as amostras, foi realizado um estudo piloto com 10% da amostra. Fios e bráquetes metálicos utilizados no teste piloto foram desprezados.

Morfologia e Estabilidade Dimensional

Foram avaliados a morfologia da superfície dos bráquetes do grupo controle e dos recuperados quanto: as áreas de corrosão, sinais de desgaste, deformações e materiais aderentes. Bráquetes com deformações plásticas na base e/ou aletas evidentes foram descartados a partir das imagens obtidas em microscopia óptica (BX60; Olympus Óptica, Tóquio, Japão), com diferentes ampliações (50-200 vezes). Em seguida, para avaliar a estabilidade dimensional, 40 bráquetes (n=10, por grupo) foram utilizados e as medidas de profundidade, altura oclusal e cervical dos bráquetes (Figura 1) foram realizadas em microscopia óptica (BX60; Olympus). As medições foram feitas por um operador calibrado (AA). Para avaliar o erro do método, as medições de 10 espécimes (Kappa=0.80) foram repetidos após um intervalo de 1 semana.

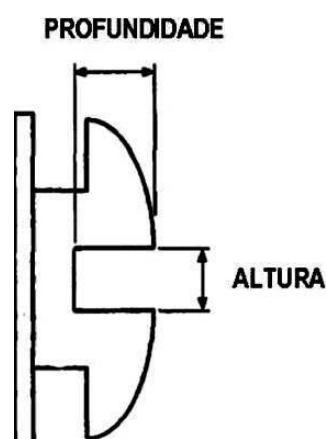


Figura 1. Medidas avaliadas em microscopia óptica.

Os bráquetes ortodônticos foram aleatoriamente selecionados para análise em microscopia eletrônica de varredura, MEV (JSM-6360LV; Jeol, Tóquio, Japão). Foram examinados 20 bráquetes, sendo 5 bráquetes novos (Grupo C) e os outros 15 (n=5) foram usados no tratamento ortodôntico por 12 meses (Grupo T12), por 24 meses (Grupo T24) e 36 meses (Grupo T36). As imagens obtidas do MEV foram adquiridas em várias ampliações (20-2000 vezes) usando uma tensão de 20 kV, para avaliação qualitativa das características micromorfológicas das superfícies dos slots e base dos braquetes quanto a quantidade do detrito acumulado e coloração do mesmo, por campo fotomicrografado em função dos tempos avaliados.

Composição

Um EDX (Energia Dispersiva de Raios-X) foi usado, no intuito de avaliar a composição química dos bráquetes. EDX foi realizada em um total de 20 bráquetes selecionados aleatoriamente, sendo 5 bráquetes de cada grupo que foram avaliados na região cervical e oclusal das aletas (imagem frontal), para quantificar a composição química dos bráquetes, no grupo controle (Grupo C) e após os diferentes tempos de tratamento ortodôntico (T12, T24 e T36).

Força de Atrito

Para a análise da força de atrito entre bráquetes e fios de aço inoxidável no grupo controle (Grupo C) e para bráquetes e fios pós-tratamento ortodôntico (Grupos T12, T24 e T36) (n=10, por grupo), foi utilizado uma máquina universal de ensaios (DL-500; EMIC, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), com um dispositivo especial concebido para este teste, obtido pela união dos bráquetes com um adesivo cianoacrilato a uma placa de acrílico 4 x 15 x 50 mm com padronização do percurso. Assim, as ranhuras dos bráquetes permaneceram paralelas ao teste do eixo vertical da máquina.



Figura 2. Bráquete na placa de acrílico com fios de aço inoxidável de 11,5 cm.

Segmentos dos fios de aço inoxidável retangular com um comprimento de 11,5 cm foram usados (Figura 2). Eles foram ligados na sua porção média com os bráquetes por meio de ligaduras elastoméricas de 3,0 mm, cor cinza (TP Orthodontics, Lodi, CA, USA) imediatamente antes do ensaio para padronizar a força de ligação, sendo associada à ligadura metálica para efeito de anti-rotação. Os fios foram limpos imediatamente antes dos testes com álcool 70% e juntamente com bráquetes foram utilizados uma única vez.

Espécimes de teste foram montados no dispositivo e acoplados na máquina para o ensaio de atrito. O fio foi deslocado ao longo do bráquete a uma taxa de 5 mm/min durante 1 min (Figura 3). Os níveis de força foram registrados por uma célula de carga de 10 kgf. A força de atrito foi calculada pela média das forças registrados em mm entre o primeiro e o quinto milímetro de deslocamento, desconsiderando o atrito estático inicial.

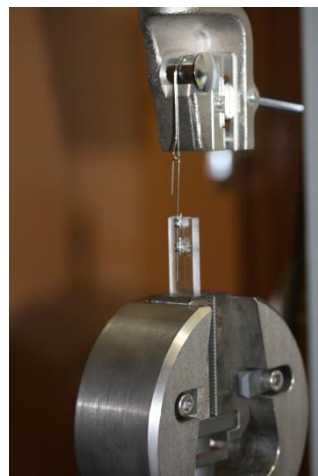


Figura 3. Mecânica de resistência ao deslizamento

Por meio de comparação entre os diferentes tempos avaliados, a diferença percentual na força de atrito entre bráquetes recuperados (T12, T24 e T36) foi calculado com a seguinte equação: $\text{Dif.RD (\%)} = (\text{RD recuperados} - \text{RD como recebidos}) / [\text{RD como recebidos}] \times 100$, onde Dif.RD é a diferença percentual na resistência ao deslizamento, e RD é resistência ao deslizamento.

Rugosidade Superficial

Para cada grupo, cinco segmentos de fio sem deformação de 10 mm cada foram cortadas e selecionadas aleatoriamente a partir dos arcos controle e recuperados e observados em microscopia de força atômica (AFM; SPM-9600, Shimadzu, Kyoto, Japan) operando no modo de contato em condições ambientais. As amostras foram fixadas a um suporte de metal usando uma fita adesiva, em seguida, para cada segmento de fio, 3 áreas (15 x 15 mm) de superfície foram selecionados aleatoriamente e analisados. Sondas AFM (raio de curvatura < 10 nm) montado em consolas (250 µm), com uma constante de 0,1 N/m foram usadas. Imagens tridimensionais (400 x 400) foram processadas utilizando o software Gwyddion 3.1 (<http://www.gwyddion.net>) e a rugosidade média aritmética dos valores absolutos (Ra) foi registrada.

Avaliação do pH Bucal

Os pacientes que foram avaliados o pH bucal, possuíam boa saúde geral e não utilizavam medicamentos, os mesmo foram orientados a manter jejum de no mínimo duas horas antes da coleta assim como realizar a escovação neste mesmo período. A saliva estimulada por filme de parafina foi coletada durante 5 min. sendo depositada em um copo apropriado. Imediatamente após a coleta da saliva, foi colocada uma tira indicadora de pH universal, de pH 1-14 (J. Prolab, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) no interior do dispositivo coletor. A determinação do pH salivar com o emprego de fitas indicadoras de pH é feita pelo método colorimétrico (Figura 4), que utiliza uma escala própria para leitura. Aproximadamente 10 min. depois, o pH de repouso foi identificado pela coloração da fita indicadora de pH (J. Prolab), conforme indicação do fabricante. Um único avaliador fez a leitura do método colorimétrico, sendo calibrado (Kapa= 0.8)

através de repetições em exames prévios à pesquisa. As leituras de pH pelo método colorimétrico foram realizadas sempre nas mesmas condições de luminosidade ambiente.



Figura 4. Fitas indicadoras de pH (J. Prolab).

Concordância intra e interexaminador

As análises foram realizadas por dois pesquisadores, os quais se submeteram a um processo prévio de calibração intra e interexaminador. A calibração resguardou a reprodutibilidade e fidedignidade dos dados obtidos, diminuindo a possibilidade de vieses. Mediante os percentuais de concordância e discordância foi efetuado o cálculo do coeficiente de Kappa (k), o qual consiste de um teste não paramétrico utilizado para avaliar o nível de concordância entre avaliações realizadas no mesmo indivíduo. O mesmo foi realizado pelo orientador do estudo.

Análise dos Dados

Os dados foram tabulados no programa estatístico SPSS 13.0 (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, IL, USA) para análise dos resultados. O método estatístico foi escolhido com base na aderência ao modelo de distribuição normal e igualdade de variância avaliada pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov e Teste de Levene, respectivamente. Foi utilizada a análise de variância one-way

ANOVA, seguido pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. Para todos os testes, foi considerado o valor de $p < 0,05$ como estatisticamente significativo.

Considerações Éticas

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba. A fim de que o estudo fosse conduzido dentro dos padrões éticos que regem a pesquisa em seres humanos, todos os esclarecimentos sobre a importância da pesquisa foram oferecidos aos sujeitos, mediante o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B), segundo a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

Título: Efeito do tempo nas propriedades físico-químicas de bráquetes e fios ortodônticos.

Pesquisador responsável: Aretha Aliny dos Santos Ramos.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado (a) Senhor (a)

Sou cirurgião-dentista e pesquisadora e estou realizando um estudo com o objetivo de verificar o efeito do tempo e do pH nas propriedades físico-químicas de bráquetes e fios ortodônticos. Os resultados desta pesquisa são importantes para o planejamento do tratamento ortodôntico, trazendo ao ortodontista informações relacionadas ao uso de acessórios ortodônticos que apresentem menor biodegradação física e química reduzindo assim o risco de danos à saúde do paciente e oferecendo melhor desempenho clínico dos aparelhos durante o tratamento. Neste trabalho, bráquetes e fios serão removidos de pacientes que estarão no momento da pesquisa, no final do tratamento ortodôntico e consequentemente irão remover esses dispositivos, que ao invés do descarte irão ser analisados neste estudo. Informamos que esta pesquisa não oferece riscos, nem qualquer meio de discriminação dos participantes do estudo e que, a sua participação é voluntária e que não será prejudicado de forma nenhuma caso não queira participar do estudo, sendo também garantido ao participante desistir da pesquisa, em qualquer tempo sem que essa decisão o prejudique. Todas as informações obtidas em relação a esse estudo permanecerão em sigilo, assegurando proteção de sua imagem e respeitando valores morais, culturais, religiosos, sociais e éticos. Os resultados dessa pesquisa poderão ser apresentados em congressos ou publicações científicas, porém sua identidade não será divulgada nestas apresentações, nem serão utilizadas quaisquer imagens ou informações que permitam sua identificação.

Esperamos contar com o seu apoio, desde já agradecemos a sua colaboração.

AUTORIZAÇÃO

Após ter sido informado sobre a finalidade da pesquisa “Efeito do tempo nas propriedades físico-químicas de bráquetes e fios ortodônticos”, autorizo a utilização dos bráquetes por mim utilizados durante o tratamento ortodôntico.

João Pessoa, ____ de _____ de 2013

Voluntário da pesquisa

Contato com o pesquisador responsável: Aretha Aliny dos Santos Ramos

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências da Saúde - Campus I.
Programa de Pós-graduação em Odontologia
João Pessoa, PB - Brasil
Cidade Universitária - CEP: 58051-900
Telefone: (083) 32167409/ 32167797
E-mail: arethaodonto@gmail.com

Endereço (Comitê de ética em pesquisa com seres humanos do CCS):
Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências da Saúde - Campus I
João Pessoa, PB - Brasil
Cidade Universitária - CEP: 58051-900
Telefone: (083) 32167791
E-mail: eticaccs@ccs.ufpb.br

Aretha Aliny dos Santos Ramos
(Pesquisador Responsável)

AUTORIZAÇÃO DO VOLUNTÁRIO DA PESQUISA

João Pessoa, ____ de _____ de 2013

Voluntário da pesquisa