



CESPU
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Avaliação da influência do pH salivar na adesão de attachments com diferentes protocolos adesivos - Estudo *in vitro*

Inês Catarina Lima Duarte da Mota

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Ortodontia

—

Gandra, março de 2023

Inês Catarina Lima Duarte da Mota

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Ortodontia**

**Avaliação da influência do pH salivar na adesão de attachments
com diferentes protocolos adesivos - Estudo in vitro**

Trabalho realizado sob a Orientação de
Professora Doutora Primavera Sousa Santos

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

ACEITAÇÃO DO ORIENTADOR

Eu, Primavera Sousa Santos, com a categoria profissional de Professora Auxiliar Convidada do Instituto Universitário Ciências da Saúde, assumi o papel de orientadora da Dissertação do Mestrado de Ortodontia intitulado “Avaliação da influência do pH salivar na adesão de *attachments* com diferentes protocolos adesivos - Estudo *in vitro*”, da aluna do Mestrado de Ortodontia, Inês Catarina Lima Duarte da Mota, e declaro que sou favorável para que a Dissertação de Mestrado seja presente ao júri para provas de admissão à obtenção do grau de Mestre em Ortodontia.

Gandra, 03 de março 2023

O Orientador

Avaliação da influência do pH salivar na adesão de *attachments* com diferentes protocolos adesivos- Estudo *in vitro*

Inês Mota¹, Primavera Sousa-Santos², Rui Pinto², António Sérgio Silva², José Manuel Mendes²

¹Departamento de Ciências Dentárias, Instituto Universitário Ciências da Saúde (IUCS), Cespu, 4585-116 Gandra, Portugal

²UNIPRO- Unidade de Pesquisa de Patologia Oral e Reabilitação, Instituto Universitário Ciências da Saúde (IUCS), Cespu, 4585-116 Gandra, Portugal

Resumo

Introdução: Com o aumento das exigências estéticas, o recurso aos alinhadores invisíveis para a correção de más-oclusões tem sido cada vez mais frequente. Estes permitem a realização de movimentos dos mais simples aos mais complexos, no entanto necessitam de alguns auxiliares para esses movimentos serem mais eficientes, os *attachments*.

Objetivo: Este estudo tem como objetivo avaliar a influência do pH na capacidade de adesão de um adesivo *multimode primer* (ScotchBond™ Universal, 3M™) e de um *etch-and-rinse primer* (Prime&Bond® NT, Densply Sirona) na adesão de *attachments* e comparar a capacidade de adesão dos diferentes protocolos aplicáveis (*self-etch* e *etch-and-rinse*).

Materiais e métodos: Foram utilizados 90 dentes bovinos: 30 como grupo de controlo (10 dentes com cada protocolo de adesão em meio seco), enquanto os restantes 60 dentes foram divididos e colocados em saliva artificial com pH 4 e pH 7, durante 7 dias a 37°C, numa tentativa de simular o ambiente da cavidade oral. Foram aderidos 20 *attachments* com o protocolo *etch-and-rinse* com o adesivo Universal, 20 *attachments* com o protocolo *etch-and-rinse* com o adesivo Prime&Bond NT e 20 *attachments* com o protocolo *self-etch* com o mesmo adesivo Universal previamente utilizado. Todos os *attachments* foram sujeitos à aplicação de uma força a velocidade constante, numa máquina de teste universal, até à perda de adesão. **Resultados:** Os *attachments* aderidos com os protocolos *etch-and-rinse* apresentaram maior adesão que os *attachments* aderidos com o protocolo *self-etch* (M=100.42, DP=47.49). Para além disso, o meio seco proporciona maior capacidade de adesão (M=209.27, DP=107.57) comparativamente aos meios com pH 4 e 7. **Conclusão:** Os resultados sugerem que os adesivos utilizados com protocolo *etch-and-rinse* apresentam maior capacidade de adesão dos *attachments*, podendo haver alguma influência do pH do meio, no entanto a adesão não está dependente da interação entre eles (protocolo adesivo e pH)

Palavras-chave: alinhadores invisíveis; adesão; pH salivar; attachments

Abstract

Introduction: With the increase in aesthetic demands, the use of clear aligners to correct malocclusions has become more and more common. These allow the execution of movements from the simplest to the most complex. However, they need some auxiliaries for these movements to be more efficient- the attachments.

Objective: This study aims to evaluate the influence of pH on the bonding strength of a multimode adhesive primer (ScotchBond™ Universal, 3M™) and an etch-and-rinse primer (Prime&Bond® NT, Densply Sirona) in the bonding of attachments and to compare the bonding strength of the different applicable protocols (self-etch and etch-and-rinse).

Materials and Methods: 90 bovine teeth were used: 30 as control group (10 teeth with each adhesion protocol), while the remaining 60 teeth were placed in artificial saliva with pH 4 and pH 7, for 7 days at 37°C, in an attempt to simulate the environment of the oral cavity. Ten attachments were bonded with the etch-and-rinse protocol with Universal adhesive, 10 attachments with the etch-and-rinse protocol with Prime&Bond NT adhesive and 10 attachments with the self-etch protocol with the same previously used Universal adhesive. All attachments were subjected to the application of a force at constant speed, in a universal testing machine, until adhesion was lost. **Results:** The attachments bonded with the etch-and-rinse protocols showed greater adhesion than the attachments bonded with the self-etch protocol ($M=100.42$, $SD=47.49$). Beyond that, the dry environment provides greater adhesion capacity ($M=209.27$, $SD= 107.57$) compared to the environment with pH 4 and 7.

Conclusion: The results suggest that the adhesives used with the etch-and-rinse protocol have a greater bonding strength of the attachments, and there may be some influence of the pH of the environment, however the bonding is not dependent on the interaction between them (bonding protocol and pH).

Key-words: clear aligners; bonding; salivary pH; attachments

Introdução

Durante os últimos 20 anos, os alinhadores invisíveis tornaram-se um tratamento alternativo aos aparelhos fixos bastante comum, sendo utilizados para a correção de más-oclusões suaves a moderadas⁽¹⁾. Comparando com aparatologias ortodônticas tradicionais, estes apresentam inúmeras vantagens: uma estética mais aceitável, menor desconforto para o paciente, melhor controlo periodontal, menos tempo de cadeira e menos visitas de urgência⁽²⁻⁶⁾.

O termo Terapia com Alinhadores Invisíveis (TAI) engloba um vasto leque de dispositivos com diferentes modos de ação, métodos de construção e aplicação no tratamento de diferentes más-oclusões, desde apinhamentos moderados a casos mais severos⁽⁷⁾. Estes têm em comum a utilização de plástico transparente termoformado que cobre a superfície dos dentes⁽⁸⁾.

Desde a sua introdução, em 1999, pela *Align Technology*, as opções de tratamento com os alinhadores apresentaram uma grande evolução⁽⁹⁾. Atualmente, é possível realizar com sucesso movimentos dentários complexos como o torque de incisivos, rotação e distalização, sendo, no entanto, necessários alguns auxiliares como botões de compósito (*attachments*) aderidos aos dentes⁽¹⁰⁻¹⁵⁾. Estes permitem transferir as forças do alinhador para a coroa e raiz dos dentes, controlando a direção, a quantidade e o ponto de aplicação da força ortodôntica⁽¹⁵⁾.

Os *attachments* são planeados virtualmente e aderidos aos dentes com um *template* destinado a esse fim. Podemos recorrer a um vasto tipo de *attachments*, cada um com uma função específica, como por exemplo aumentar a retenção do alinhador⁽¹⁴⁾ ou suportar os movimentos de rotação ou translação dos dentes⁽¹⁶⁾.

A falha na adesão ou a negligência por parte do paciente podem levar à perda dos *attachments*, podendo prolongar o tempo de tratamento, aumentar o número de visitas e alterar o prognóstico do tratamento⁽¹⁴⁾.

São inúmeros os fatores que influenciam a capacidade de adesão dos *attachments*: fatores relacionados com as variáveis clínicas, com o operador e fatores relacionados com o paciente⁽¹⁷⁾. Os fatores relacionados com o operador abrangem os protocolos de adesão e os materiais utilizados, sendo que a partir do momento em que ocorre uma falha, o *attachment* irá descolar-se num curto período de tempo⁽¹⁷⁾.

Os sistemas de adesivos contemporâneos podem ser classificados com base na estratégia de adesão resultante da interação com o esmalte e dentina em adesivos *etch-and-rinse* e *self-etch*⁽¹⁸⁾. Enquanto que um adesivo *etch-and-rinse* necessita da aplicação do ácido para promover a desmineralização da dentina e do esmalte antes da infiltração do monômero, num adesivo *self-etch* a desmineralização e infiltração ocorrem simultaneamente uma vez que o *primer* ácido e o adesivo se encontram na mesma solução, sendo removido o passo de lavagem do ácido⁽¹⁹⁻²¹⁾.

Outros fatores como comidas e bebidas ácidas, bebidas alcoólicas, chás herbáceos e diferentes solventes químicos também foram testados por alguns investigadores⁽²²⁻²⁵⁾. Oncag *et al*⁽²³⁾ e Ullusoy *et al*⁽²²⁾ concluíram que o pH ácido de algumas bebidas desmineraliza o esmalte, tendo um efeito negativo na adesão, reduzindo-a.

Para além disso, algumas patologias também estão associadas a alterações no pH salivar, como por exemplo a Síndrome de *Sjögren* ou gengivite/periodontite crónica generalizada. Enquanto na Síndrome de *Sjögren* se verifica uma diminuição do pH salivar para 5.4-5.5, nos pacientes com gengivite/periodontite crónica generalizada verifica-se um aumento de pH salivar para 7.43-11.65⁽²⁶⁻³¹⁾. A diminuição do pH devido à formação de placa e atividade bacteriana é a principal causa para a desmineralização do esmalte, começando a sua desmineralização a um pH de 5-5.5⁽³²⁾. No entanto, o efeito do pH salivar na capacidade de adesão dos *attachments* nunca foi estudada.

Com este projeto de investigação, pretendemos avaliar a capacidade de adesão dos *attachments* retangulares horizontais de 4 mm com dois sistemas de adesivos (um Universal com protocolo *etch-and-rinse* e *self-etch* e outro adesivo com protocolo *etch-and-rinse*) em meio salivar com pH 4 e 7.

2. Materiais e Métodos

2.1 Materiais

Todos os materiais foram utilizados de acordo com as indicações do fabricante. Neste estudo, foram utilizados 2 sistemas de adesivos dentários diferentes (*ScotchBond™* Universal, 3M™ e *Prime&Bond®* NT, *Densply Sirona*).

2.2 Métodos

Foi estabelecido um protocolo laboratorial padronizado e aplicado no teste de todas as amostras na Unidade de Pesquisa de Patologia Oral e Reabilitação, no Instituto de Ciências da Saúde (IUCS), CESPU, Gandra, Portugal.

2.2.1 Preparação da amostra

Foram extraídos 90 incisivos inferiores de bovino. Os dentes foram sujeitos a critérios de seleção de forma a poderem ser incluídos neste estudo: superfície vestibular e lingual intacta, ausência de desgaste do esmalte, ausência de cáries, ausência de anomalias de volume, forma e estrutura e ausência de lesões traumáticas.

Imediatamente após a extração, os dentes foram cuidadosamente lavados e armazenados numa solução de água destilada grau 3 a 4°C (ISO 3696).

Antes de iniciar o protocolo de colocação dos *attachments*, a face vestibular dos dentes foi limpa durante 10s com uma mistura de água e pedra pomes (sem óleo) e uma taça de polimento de borracha a baixa rotação. De seguida, a superfície do dente foi limpa com água e seca com ar.

A colocação dos *attachments* foi realizada com recurso a um *template Spark™*. A face vestibular do *template* foi recortada de forma a adaptar-se aos incisivos bovinos.

Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos de 30 dentes cada, sendo aplicado um protocolo de adesão diferente em cada grupo (Figura 1).

Grupo 1: Foi aplicado em 30 dentes ácido fosfórico 37% durante 30s, tendo sido depois lavados abundantemente com água durante 30s e secos com ar. De seguida, foi aplicada uma camada de adesivo *Scotchbond* Universal durante 20s, tendo sido depois seca durante 5s e polimerizada durante 10s (segundo as indicações do fabricante) (Figura 1a).

Grupo 2: Foi aplicado em 30 dentes ácido fosfórico 37% durante 30s, tendo sido depois lavados abundantemente com água durante 30s e secos com ar. De seguida, foi aplicada uma camada de adesivo *Prime&Bond NT* durante 20s, tendo sido depois seca durante 5s e polimerizada durante 10s (segundo as indicações do fabricante) (Figura 1b).

Grupo 3: Foi aplicada em 30 dentes uma camada de adesivo *Scotchbond Universal* 20s, secos durante 5s e polimerizados 10s (segundo as indicações do fabricante) (Figura 1c).

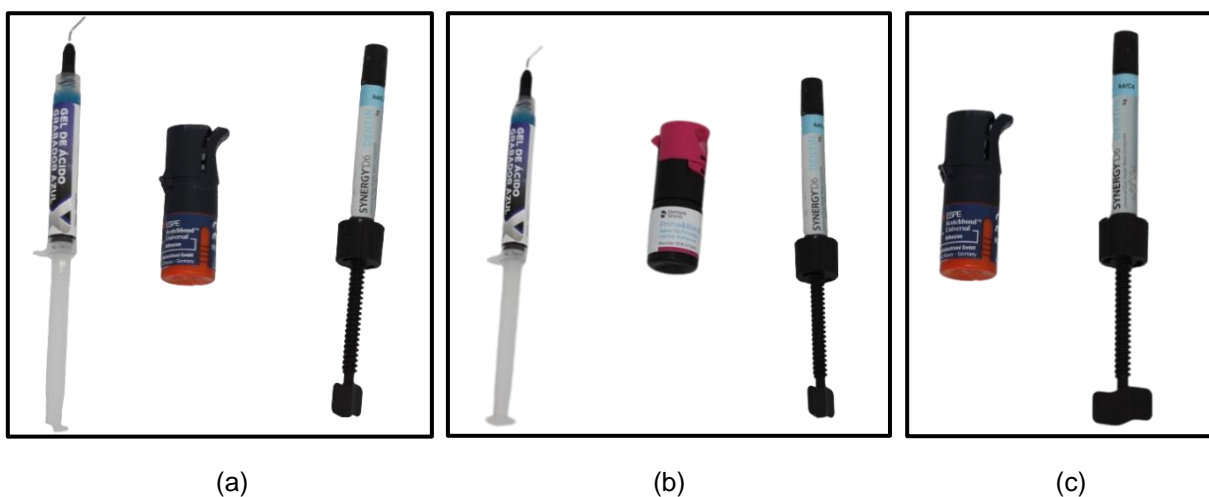


Figura 1. Grupos de adesão. (a) Ácido + *ScotchBond Universal* + *Synergy A4*. (b) Ácido + *Prime&Bond NT* + *Synergy A4*. (c) *ScotchBond Universal* + *Synergy A4*

Após a polimerização do adesivo, o compósito *Synergy A4* foi colocado no *template* e pressionado contra a face vestibular do dente. Os excessos de compósito foram removidos com uma sonda da periferia do *template* e os *attachments* polimerizados durante 10s.

Os excessos de compósito que permaneceram em redor do *attachment* após remoção do *template* foram removidos com uma broca a baixa rotação.

Todos os dentes foram acrilizados com a coroa e respetivo *attachment* exposto, utilizando uma forma cilíndrica (Figura 2).



Figura 2. Dentes bovinos

Os dentes de cada grupo foram distribuídos por diferentes condições de pH de saliva artificial. Foram colocados 10 dentes em meio seco (grupo controlo), 10 dentes em saliva artificial de pH4 e 10 dentes em saliva artificial de pH 7. Os dentes em saliva artificial foram colocados, durante 7 dias, na incubadora IPP110 plus (Memmert®, Schwabach, Germany) a 37°C, para simular o ambiente intraoral⁽³³⁾. A saliva artificial utilizada foi baseada fórmula *Fusayama Meyer* (0.4 g/L NaCl, 0.4 g/L KCl, 0.795 g/L CaCl₂·2H₂O, 0.005 g/L Na₂S·9H₂O, 0.69 g/L NaH₂PO₄·2H₂O e 1 g/L ureia) a 37 ± 2 °C. Foi incorporado Hcl na fórmula base para obter os valores de pH 4 e 7⁽³⁴⁾.

Ao fim dos 7 dias nestas condições, todos os dentes foram testados usando a máquina Instron® (Eletropuls E10000 Linear-Torsion; Norwood, MA, USA) com o objetivo de registar a força necessária ocorrer a perda de adesão do *attachment* (Figura 3).

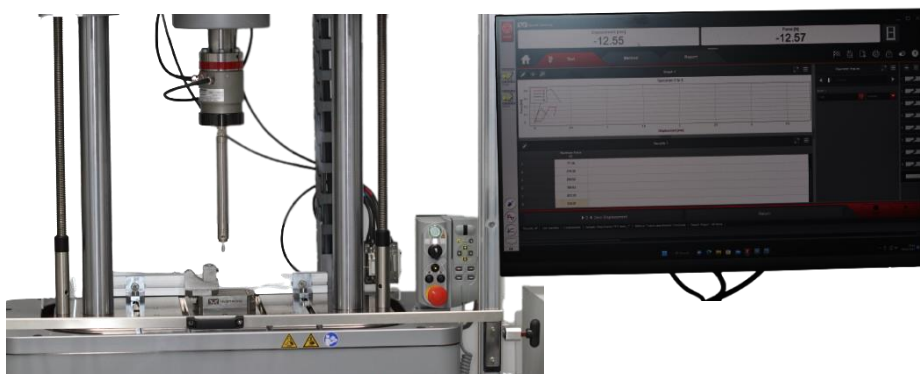


Figura 3. Máquina de teste universal Instron®

2.2.2 Testes de compressão para medir capacidade de adesão dos *attachments*

Os 60 dentes imersos em saliva artificial e os 30 dentes do grupo controlo foram sujeitos a um teste simples de carga a uma velocidade constante de 1mm/min na máquina universal Instron®-Eletropuls E10000LT. Esta é uma máquina de teste de fadiga dinâmica com 10KN de capacidade linear dinâmica, 7KN de capacidade linear estática, 60mm *linear stroke* e 100Nm de capacidade de torque, permitindo testes de torção e axiais estáticos e dinâmicos, de acordo com a norma ISO 7500-1 standard. Tem uma força calibrada até 5 megaNewtons de acordo com a norma ISO 7500-1 e ASTM E4 (Figura 4).

As amostras foram colocadas no compartimento fixo da máquina Instron®. O teste da capacidade de adesão foi realizado de modo compressivo sendo a carga aplicada na face

oclusal do *attachment* por uma haste metálica retangular (3.6mm de diâmetro e 30mm de comprimento) acoplada às células de carga da máquina de teste a uma velocidade de 1mm/min. A haste metálica retangular obteve uma distribuição de carga homogênea nos *attachments*.

A perda de adesão foi detetada por um *crack* audível e confirmado por uma queda abrupta na curva de deflexão da carga. Os resultados dos testes foram registados pelo software *Bluehill® Lite* versão 2.0 (Instron®, Norwood, MA, USA), o que facilitou a definição e execução dos testes e a aquisição de dados. De seguida, todos os valores e dados foram transferidos para o Microsoft Office Excel®, versão 16.0 (Redmond, WA, USA), tendo sido utilizado para realizar a análise estatística dos dados. As cargas necessárias para a perda de adesão foram registadas em Newtons (N).

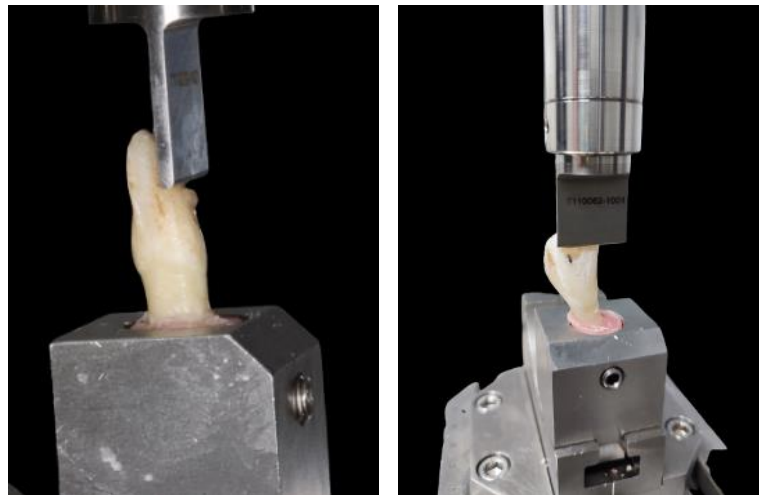


Figura 4. Simulação de força compressiva

2.2.3 Análise Estatística

A análise de dados foi realizada com o programa R 4.2.2 (R Core Team, 2022). A força exercida para ocorrer perda de adesão traduziu a resistência à perda de adesão expressa em Newton. As variáveis categóricas utilizadas na comparação da capacidade de adesão foram o adesivo (*ScotchBond* Universal, Ácido + *ScotchBond* Universal e Ácido + *Prime&Bond NT*) e o pH (seco, pH4 e pH7). A capacidade de adesão foi descrita com médias e desvios padrão após avaliação da normalidade das distribuições de acordo com o adesivo e o pH. O teste *Shapiro-Wilks* foi utilizado para avaliar a normalidade das distribuições, considerando o critério $p > 0.05$. Foi ainda observado e avaliado o histograma de cada distribuição como suporte à decisão. As comparações da capacidade de adesão pelo tipo de adesivo, pH e interação entre adesivo e pH foi feita com uma ANOVA bifatorial, tendo sido

para isso avaliado e confirmado o pressuposto da homogeneidade das variâncias com o teste de *Levéne* ($p > 0.05$). Os testes de múltiplas comparações *Tukey* foram utilizados para complementar esta análise, apresentando-se as diferenças entre os três tipos de adesivo, três tipos de pH e interação entre tipo de adesivo e pH. A significância estatística considerada para rejeição da hipótese nula foi de 5%. O tamanho do efeito foi avaliado com o η^2 parcial (η^2_p) considerando os pontos de corte 0.01 (efeito pequeno), 0.06 (efeito médio) e 0.14 (efeito grande)⁽³⁵⁾ (Cohen, 1988).

3. Resultados

Na Tabela 1 e Figura 5 são apresentados os resultados para a comparação da capacidade de adesão por adesivo e pH salivar. Foram observadas diferenças estatisticamente significativas na comparação da capacidade de adesão pelo tipo de adesivo, $F_{(2,81)} = 28.24$, $p < 0.001$, com tamanho de efeito grande, $\eta^2_p = 0.41$. A Figura 6 mostra que foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) entre o adesivo *ScotchBond Universal* e os adesivos *Ácido + ScotchBond Universal* e *Ácido + Prime&Bond NT*. Os adesivos *Ácido + ScotchBond Universal* ($M = 201.49$, $DP = 81.28$) e *Ácido + Prime&Bond NT* ($M = 242.48$, $DP = 91.41$) apresentaram capacidades de adesão significativamente mais elevadas que o adesivo de *ScotchBond Universal* ($M = 100.42$, $DP = 47.49$). Foram encontrados resultados próximos da significância estatística na comparação dos tipos de pH, $F_{(2,81)} = 3.07$, $p = 0.052$, $\eta^2_p = 0.07$. Os resultados mostram que o meio seco ($M = 209.27$, $DP = 107.57$) apresenta capacidade de adesão mais elevada, comparativamente ao pH4 e pH7. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na interação entre o tipo de adesivo e o pH, $F_{(4,81)} = 0.19$, $p = 0.941$, $\eta^2_p = 0.01$. Estes resultados sugerem que a capacidade de adesão nos meios seco, pH4 e pH7 é próxima entre si, em cada tipo de adesivo. Desse modo, os resultados sugerem também que as diferenças na capacidade de adesão dependem do tipo de adesivo e do pH (com resultados próximos da significância estatística), mas não da interação entre ambas as variáveis.

Tabela 1. ANOVA Bifatorial para a comparação da capacidade de adesão por adesivo e pH salivar

Adesivo	M	DP	ANOVA
ScotchBond Universal (total)	100.42	47.49	
Seco	119.83	51.98	
pH4 - 37°	91.31	26.66	
pH7 - 37°	90.12	56.80	
Ácido + ScotchBond Universal (total)	201.49	81.28	
Seco	234.74	89.85	Adesivo: $F_{(2,81)}=28.24$, $p<0.001$, $\eta^2_p=0.41$
pH4 - 37°	178.15	87.69	
pH7 - 37°	191.58	59.85	
Ácido + Prime&Bond NT (total)	242.48	91.41	pH: $F_{(2,81)}=3.07$, $p=0.052$, $\eta^2_p=0.07$
Seco	273.23	111.16	Adesivo x pH: $F_{(4,81)}=0.19$, $p=0.941$, $\eta^2_p=0.01$
pH4 - 37°	237.04	80.22	
pH7 - 37°	217.18	79.63	
pH (total)			
Seco	209.27	107.57	
pH4 - 37°	168.83	91.16	
pH7 - 37°	166.29	84.82	

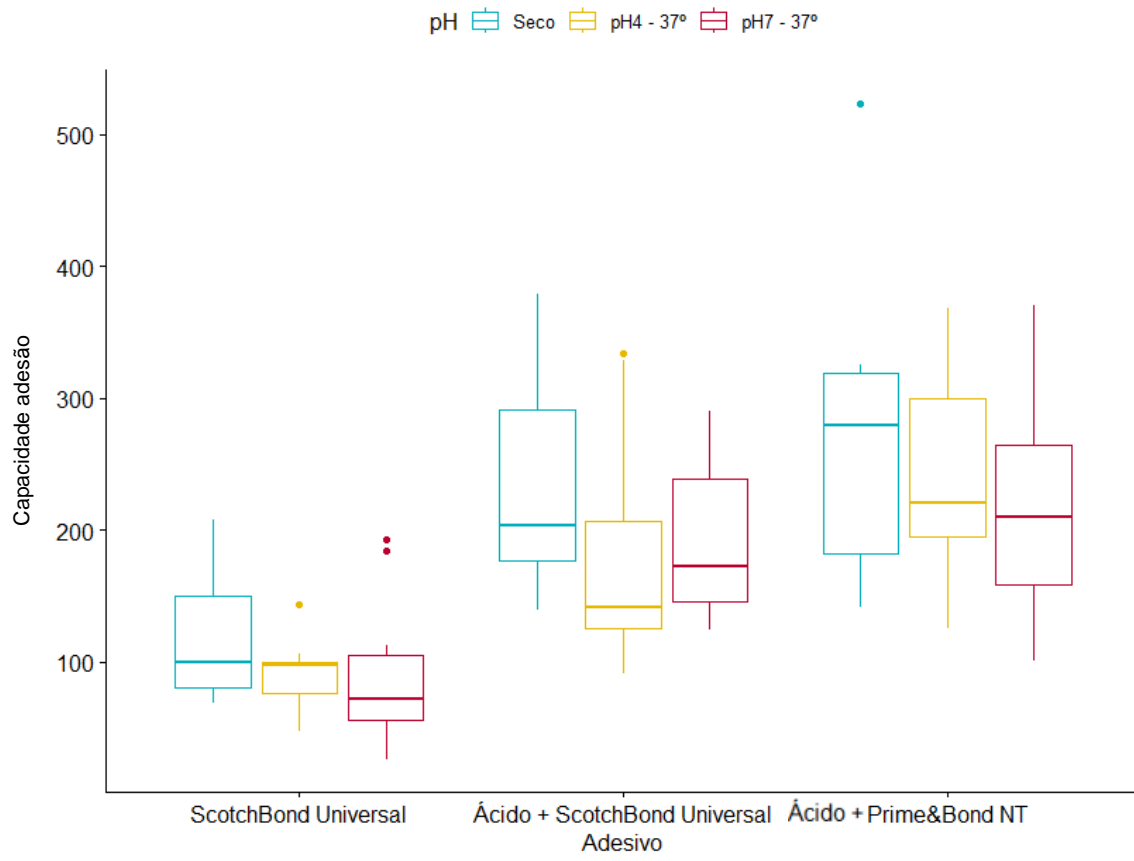


Figura 5. Diagramas de caixa e linha para a distribuição da capacidade de adesão por adesivo e pH salivar

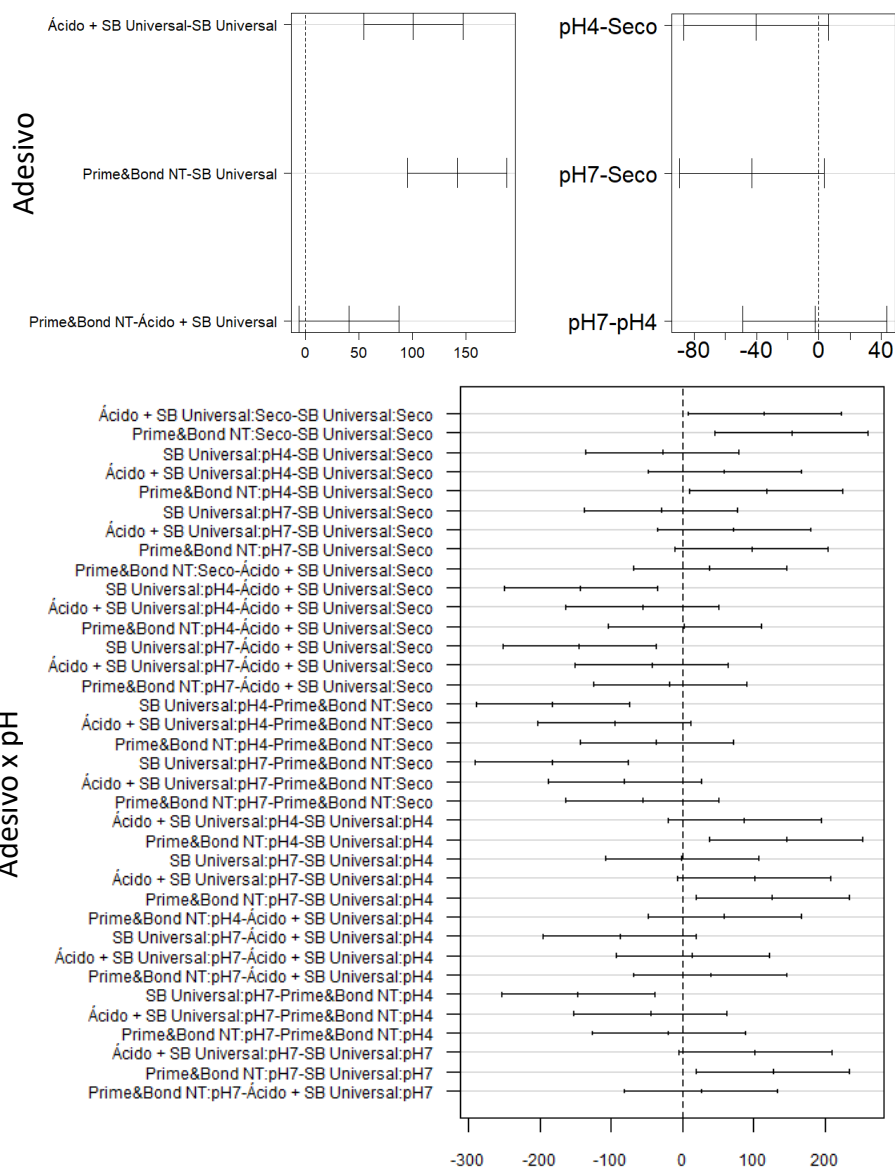


Figura 6. Testes de múltiplas comparações Tukey considerando um intervalo de confiança a 95%

4. Discussão

Os *attachments* utilizados nos tratamentos com alinhadores invisíveis aumentam a retenção das moldeiras, permitindo um maior controlo dos movimentos dentários. A perda de *attachments* durante o tratamento ortodôntico pode comprometer os resultados e aumentar a necessidade de refinamentos⁽³⁶⁾. Existem diversas causas que levam à perda dos *attachments*, no entanto não existem estudos que analisem diversos protocolos de adesão dos *attachments*.

Neste estudo, avaliámos três protocolos de adesão diferentes: dois protocolos *etch-and-rinse* com dois adesivos diferentes e um protocolo *self-etch* com um adesivo universal também utilizado anteriormente no protocolo *etch-and-rinse*. Em cada protocolo de adesão foram colocados 10 dentes em saliva artificial pH 4, 10 dentes em saliva artificial pH7 e 10 dentes no grupo controlo em meio seco. Os dentes colocados em saliva artificial estiveram 7 dias a 37°C.

A adesão de *attachments* com recurso a ácido fosfórico 37% é uma técnica comum no campo da Ortodontia. O ácido fosfórico permite obter uma superfície de esmalte rugosa através da dissolução dos componentes do cálcio e formação de *tags* de resina de esmalte. Apesar de ser um procedimento amplamente aceite, existe a necessidade de utilizar uma técnica que minimize a perda da integridade do esmalte, mantendo a mesma força de adesão⁽³⁷⁾.

No nosso estudo, podemos observar que os adesivos utilizados com o protocolo *etch-and-rinse* (ácido + *ScotchBond* Universal e ácido + *Prime&Bond NT*) apresentam uma capacidade de adesão estatisticamente significativa maior que o adesivo *ScotchBond* utilizado com o protocolo *self-etch*. Alguns estudos de Dentisteria, sugeriram que adesivos *self-etch* são menos eficientes que adesivos combinados com aplicação prévia de ácido fosfórico quando usados para aderir esmalte são⁽³⁸⁻⁴⁰⁾. Estes resultados obtidos em estudos prévios são suportados pelos resultados deste estudo.

Existe evidência que a força de adesão entre o compósito e o esmalte é obtida através da interligação mecânica do adesivo polimerizado com as rugosidades resultantes do efeito do ácido no esmalte^(41, 42), podendo ser a causa das diferenças estatisticamente significativas entre os adesivos utilizados com preparação prévia com ácido e o adesivo com protocolo *self-etch*.

Relativamente ao pH salivar, existe evidência da sua influência na adesão de acessórios ortodônticos, nomeadamente nos *brackets*^(43, 44), no entanto, não existem estudos que façam essa avaliação relativamente aos *attachments*.

No nosso estudo, os *attachments* do grupo controlo (meio seco) apresentam maior capacidade de adesão (perto da significância estatística) do que os do meio com pH 4 e pH 7, independentemente do protocolo adesivo utilizado. No entanto, para cada adesivo, as diferenças na capacidade de adesão não são estatisticamente significativas para cada meio testado. Estes resultados que relacionam adesivo com pH corroboram os resultados do estudo de Toodehzaeim *et al*⁽⁴⁴⁾ realizado em *brackets*. No entanto, Toodehzaeim *et al* reportam que pH mais baixos que aqueles utilizados no nosso estudo apresentam valores de adesão dos *brackets* ao esmalte estatisticamente significativos mais baixos⁽⁴³⁾. Estes resultados podem dever-se ao facto de meios ácidos provocarem a desmineralização do esmalte. Os adesivos amolecidos comprometem a interface com o esmalte. Os ácidos e bebidas acídicas podem danificar o bisfenol A glicidil metacrilato na estrutura do compósito, afetando a adesão^(24, 45). Quando a matriz da resina amolece, os componentes podem ficar desalojados, diminuindo a capacidade de adesão⁽⁴⁵⁾. Por isso, a higiene oral (presença de placa bacteriana), a nutrição (bebidas ácidas) e patologias que provoquem diminuição do pH salivar (diabetes *mellitus*, Síndrome de *Sjögren*) são fatores relevantes na capacidade de adesão dos auxiliares ortodônticos.

Relativamente ao pH mais alcalino, são poucos os estudos encontrados na literatura⁽⁴³⁾, no entanto Contreras *et al*/reportam que a adesão dos *brackets* em saliva artificial alcalina não apresenta diferenças estatisticamente significativas na capacidade de adesão relativamente ao pH neutro. No nosso estudo, porém, não foi avaliado um meio com pH superior a 7.

No entanto, a manutenção do pH na cavidade oral é de extrema importância, uma vez que um pH estável permite uma diminuição da desmineralização do esmalte. Algumas patologias como o Síndrome de *Sjögren*, a diabetes *mellitus* ou a periodontite têm um efeito significativo no pH salivar. O mesmo acontece com o consumo excessivo de bebidas gaseificadas e pacientes com higiene oral fraca. Todos estes fatores vão ter impacto na capacidade de adesão dos auxiliares ortodônticos e, conseqüentemente, na eficácia do tratamento.

Contudo, devemos ter atenção que os meios *in vitro* não reproduzem na totalidade as condições dos meios *in vivo*, podendo haver outros fatores que afetem a capacidade de adesão.

Neste estudo foram utilizados dentes de bovino como substitutos dos dentes humanos devido às semelhanças morfológicas entre o esmalte bovino e humano. Existem descrições das semelhanças nas propriedades dos dentes humanos e bovinos^(46, 47). No entanto, há algumas diferenças entre dentes bovinos e humanos, não sendo por vezes possível extrapolar os resultados em dentes bovinos para dentes humanos. Por isso, os testes efetuados em dentes bovinos devem ser usados como testes de triagem, sendo necessário efetuar testes em dentes humanos para poderem ter uma maior utilidade clínica.

Para além disso, a máquina de testes universal usada nos testes *in vitro* só consegue reproduzir forças puras de descolamento e não consegue reproduzir todas as condições presentes na cavidade oral durante o tratamento ortodôntico, como por exemplo maus hábitos, tipos de comida e bebida ingeridos durante o tratamento, pH salivar, forças mastigatórias, higiene oral. Para além disso, a taxa de carga para a perda de adesão *in vivo* não é constante nem estandardizada, ao contrário da força constante exercida pela máquina de teste. Não podemos por isso retirar informação completa sobre a combinação dos inúmeros fatores presentes na cavidade oral durante o tratamento ortodôntico e a força exercida pela máquina de testes. No entanto, esta pode ser útil como guia para o ortodontista no momento de selecionar o melhor protocolo de adesão para os *attachments*.

5. Conclusão

- Os protocolos de adesão *etch-and-rinse* apresentam uma maior capacidade de adesão do *attachment* comparativamente ao protocolo *self-etch*, independentemente do pH do meio. Assim, os protocolos de adesão que utilizam o ácido fosfórico previamente ao adesivo são boas opções para o uso clínico, apesar de exigirem mais passos na sua execução e serem mais danosos para o esmalte.

- Quando colocados em meios diferentes, seco, pH4 e pH7, os *attachments* do grupo controlo (meio seco) têm maior capacidade de adesão com resultados muito próximos de apresentarem significado estatístico em relação aos meios com pH4 e pH7, independentemente do adesivo utilizado. Assim, as condições do meio poderão ter alguma influência na capacidade de adesão dos *attachments*.

- Quando avaliada a interação do protocolo adesivo com o meio utilizado, verificou-se que a capacidade de adesão dos *attachments* não foi afetada, ou seja, quando aplicados os protocolos *etch-and-rinse* as variações do meio não diminuíram a capacidade de adesão dos *attachments*, tendo o mesmo sido verificado no protocolo *self-etch*.

No entanto, estudos *in vivo* são necessários para comprovar os nossos resultados e avaliar mais variáveis relacionadas com a cavidade oral.

6. Bibliografia

1. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*. 2017;20(3):127-33.
2. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *The Angle orthodontist*. 2015;85(5):881-9.
3. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *The Angle orthodontist*. 2014;84(3):391-6.
4. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2009;135(3):276 e1-12; discussion -7.
5. Fujiyama K, Honjo T, Suzuki M, Matsuoka S, Deguchi T. Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy. *Progress in orthodontics*. 2014;15:64.
6. Schaefer I, Braumann B. Halitosis, oral health and quality of life during treatment with Invisalign((R)) and the effect of a low-dose chlorhexidine solution. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*. 2010;71(6):430-41.
7. Wheeler T. Orthodontic clear aligner treatment. *Seminars in Orthodontics*. 2016;23.
8. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian dental journal*. 2017;62 Suppl 1:58-62.
9. Kuncio DA. Invisalign: current guidelines for effective treatment. *The New York state dental journal*. 2014;80(2):11-4.
10. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Progress in orthodontics*. 2016;17:12.
11. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar

distalization. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics. 2014;145(6):728-36.

12. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. BMC oral health. 2014;14:68.

13. Weir T. Invisalign treatment of lower incisor extraction cases. Australian orthodontic journal. 2016;32(1):82-7.

14. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rozsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. The Angle orthodontist. 2015;85(6):934-40.

15. Gomez JP, Pena FM, Martinez V, Giraldo DC, Cardona CI. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. The Angle orthodontist. 2015;85(3):454-60.

16. Garino F, Castroflorio T, Daher S, Ravera S, Rossini G, Cugliari G, et al. Effectiveness of Composite Attachments in Controlling Upper-Molar Movement with Aligners. Journal of clinical orthodontics : JCO. 2016;50(6):341-7.

17. Yaosen C, Mohamed AM, Jinbo W, Ziwei Z, Al-Balaa M, Yan Y. Risk Factors of Composite Attachment Loss in Orthodontic Patients during Orthodontic Clear Aligner Therapy: A Prospective Study. BioMed research international. 2021;2021:6620377.

18. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Operative dentistry. 2003;28(3):215-35.

19. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosoda H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. Operative dentistry. 1994;19(2):59-64.

20. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. Australian dental journal. 2011;56 Suppl 1:31-44.

21. Burrow MF, Kitasako Y, Thomas CD, Tagami J. Comparison of enamel and dentin microshear bond strengths of a two-step self-etching priming system with five all-in-one systems. Operative dentistry. 2008;33(4):456-60.

22. Ulusoy C, Mujdeci A, Gokay O. The effect of herbal teas on the shear bond strength of orthodontic brackets. *European journal of orthodontics*. 2009;31(4):385-9.
23. Oncag G, Tuncer AV, Tosun YS. Acidic soft drinks effects on the shear bond strength of orthodontic brackets and a scanning electron microscopy evaluation of the enamel. *The Angle orthodontist*. 2005;75(2):247-53.
24. Hobson RS, McCabe JF, Hogg SD. The effect of food simulants on enamel-composite bond strength. *Journal of orthodontics*. 2000;27(1):55-9.
25. Larmour CJ, McCabe Jf Fau - Gordon PH, Gordon PH. An ex vivo investigation into the effects of chemical solvents on the debond behaviour of ceramic orthodontic brackets. (0301-228X (Print)).
26. Pedersen AM, Bardow A Fau - Nauntofte B, Nauntofte B. Salivary changes and dental caries as potential oral markers of autoimmune salivary gland dysfunction in primary Sjogren's syndrome. (1472-6890 (Print)).
27. Gupta VV, Chitkara N, Gupta HV, Singh A, Gambhir RS, Kaur H. Comparison of Salivary Calcium Level and pH in patients with Aggressive Periodontitis and Healthy Individuals: A Clinico -Biochemical Study. *oral health and dental management*. 2016;2016:0-.
28. Mathews SA, Kurien Bt Fau - Scofield RH, Scofield RH. Oral manifestations of Sjögren's syndrome. (0022-0345 (Print)).
29. Patel RM, Varma S, Suragimath G, Zope S. Estimation and Comparison of Salivary Calcium, Phosphorous, Alkaline Phosphatase and pH Levels in Periodontal Health and Disease: A Cross-sectional Biochemical Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. 2016;10(7):ZC58-61.
30. Rusthen SA-O, Kristoffersen AK, Young A, Galtung HK, Petrovski B, Palm Ø, et al. Dysbiotic salivary microbiota in dry mouth and primary Sjögren's syndrome patients. (1932-6203 (Electronic)).
31. Gurav AN. Management of diabolical diabetes mellitus and periodontitis nexus: Are we doing enough? (1948-9358 (Print)).
32. Chang HS, Walsh LJ, Freer TJ. Enamel demineralization during orthodontic treatment. *Aetiology and prevention. Australian dental journal*. 1997;42(5):322-7.
33. Muley BY, Shaikh SR, Tagore MM, Khalikar AN. Effect of Dietary Simulating Solvents on the Mechanical Properties of Provisional Restorative Materials-An In Vitro Study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2014;14(Suppl 1):98-105.

34. Kürklü Arpaçay D, Yanikoğlu N, Bayindir F, Besir B. Flexural Strength of Temporary Restorative Materials Stored in Different Solutions. *Open Journal of Stomatology*. 2014;4:291-8.
35. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates; 1988. xxi, 567 p. p.
36. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2018;154(1):47-54.
37. Yamada R, Hayakawa T, Kasai K. Effect of using self-etching primer for bonding orthodontic brackets. *The Angle orthodontist*. 2002;72(6):558-64.
38. Kanemura N, Sano H, Tagami J. Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent*. 1999;27(7):523-30.
39. Glasspoole EA, Erickson RL, Davidson CL. Effect of enamel pretreatments on bond strength of compomer. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2001;17(5):402-8.
40. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*. 2001;17(5):430-44.
41. Retief DH. The mechanical bond. *International dental journal*. 1978;28(1):18-27.
42. Retief DH. Clinical applications of enamel adhesives. *Operative dentistry*. 1992;Suppl 5:44-9.
43. Carpio Contreras A, pez A, Arriola G, n L. Effect of Different Levels of Salivary pH on the Shear Bond Strength of Two Orthodontic Adhesive Systems for Bracket Placement: An In-vitro Study. *Journal of Orofacial Sciences*. 2020;12(1):47-51.
44. Toodehzaeim MH, Khanpayeh E. Effect of Saliva pH on Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets. *Journal of dentistry*. 2015;12(4):257-62.
45. McKinney JE, Wu W. Chemical softening and wear of dental composites. *Journal of dental research*. 1985;64(11):1326-31.
46. Nakamichi I Fau - Iwaku M, Iwaku M Fau - Fusayama T, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. (0022-0345 (Print)).

47. Spitzer D Fau - Bosch JT, Bosch JT. The absorption and scattering of light in bovine and human dental enamel. (0008-0594 (Print)).