



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

**ESCOLA DE SAÚDE E BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ENDODONTIA**

ALEXANDRE KOWALCZUCK

**DISSOLUÇÃO ELETROQUÍMICA DE INSTRUMENTOS DE
NÍQUEL-TITÂNIO FRATURADOS EM DENTES HUMANOS
EXTRAÍDOS**

Curitiba

2015

ALEXANDRE KOWALCZUCK

**DISSOLUÇÃO ELETROQUÍMICA DE INSTRUMENTOS DE
NÍQUEL-TITÂNIO FRATURADOS EM DENTES HUMANOS
EXTRAÍDOS**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Odontologia da
Pontifícia Universidade Católica do
Paraná, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Odontologia, Área de Concentração em
Endodontia.**

Orientador: Prof. Dr. Everdan Carneiro.

Curitiba

2015

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

K88d
2015

Kowalczuck, Alexandre
Dissolução eletroquímica de instrumentos de níquel-titânio fraturados em dentes humanos extraídos / Alexandre Kowalczuck ; orientador, Everdan Carneiro. – 2015.
73 f. : il. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015
Inclui bibliografias
Texto em português e inglês

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Canal radicular - Tratamento. 4. Ligas de níquel-titânio. I. Carneiro, Everdan. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDD 20. ed. – 617.6



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Escola Saúde e Biociências
Programa de Pós-Graduação em Odontologia


TERMO DE APROVAÇÃO


ALEXANDRE KOWALCZUCK


DISSOLUÇÃO ELETROQUÍMICA DE INSTRUMENTOS DE NÍQUEL-TITÂNIO FRATURADOS EM DENTES HUMANOS EXTRAÍDOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de **Doutor em Odontologia**, Área de Concentração em **Endodontia**.

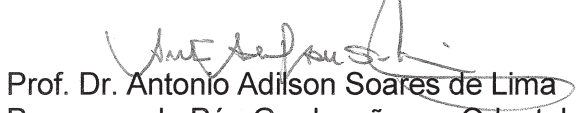
Orientador (a):


Prof. Dr. Everdan Carneiro
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR


Prof.ª Dr.ª Vânia Portela Ditzel Westphalen
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR


Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR


Prof. Dr.IVALDO GOMES DE MORAES
Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas, FOB - USP


Prof. Dr. Antonio Adilson Soares de Lima
Programa de Pós-Graduação em Odontologia, UFPR

Curitiba, 02 de setembro de 2015.

Dedico este trabalho à minha família

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Prof. Dr. Everdan Carneiro, pelo apoio, confiança, respeito e disponibilidade em orientar-me. Agradeço pelo incentivo na realização deste trabalho e por todos os ensinamentos transmitidos durante o doutorado. Foi uma honra trabalhar com você.

Ao Prof. Dr. Sérgio Aparecido Ignácio, por sua enorme paciência e competência na realização da análise estatística.

Ao Prof. Dr. Carlos Augusto Henning Laurindo, por disponibilizar seu tempo e conhecimentos durante os experimentos de corrosão, e na execução das imagens de microscopia eletrônica de varredura.

Ao acadêmico Henrique Kowalczuck, pelo auxílio com as questões de eletricidade e pela construção do protótipo da fonte elétrica portátil, fundamental para o desenvolvimento das etapas iniciais desta pesquisa.

Ao farmacêutico-bioquímico Claudio Katayama, pela elaboração das soluções e esclarecimentos técnicos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas as graças em minha vida. Por estar sempre junto de mim, orientando-me e conduzindo-me.

À minha esposa Thais, por estar sempre ao meu lado, abdicando de tantas coisas para que eu pudesse realizar este sonho. Obrigado pelo amor, compreensão e por acreditar em mim. Amo você!

À minha filhinha Alice, que embora não estando ainda entre nós, já é motivo de tantas alegrias em nossas vidas.

Aos meus pais Celso e Graça, por tantos sacrifícios para me educar. Espelho-me em seus valores e jamais esquecerei o que fizeram por mim. Esta é mais uma prova de que tudo não foi em vão.

Aos meus irmãos Manoela e Henrique, pelo incentivo e por serem motivo de orgulho para mim.

Ao Sr. Antonio Hirata e à Sra. Beatriz Hissae Hirata pela confiança ao longo de todos estes anos. O apoio de vocês foi fundamental. Muito obrigado!

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela forma como fui acolhido durante o doutorado, e pela oportunidade de aprimoramento profissional.

Ao Prof. Dr. Sérgio Roberto Vieira, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUCPR, pela seriedade na condução do programa.

À Prof^a. Dra. Vânia Portela Ditzel Westphalen, ao Prof. Dr. Luiz Fernando Fariniuk, ao Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto, e ao Prof. Dr. Everdan Carneiro pela competência e dedicação para com o ensino da Endodontia. Agradeço pela forma fraternal com que fui recebido e pela confiança e respeito em meu trabalho. Tenho muito apreço e admiração por cada um de vocês.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Nunes Rached, pelas sugestões e conselhos na finalização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo César Soares Júnior, ao Prof. Dr. Ricardo Diego Torres, e ao Prof. Dr. Carlos Augusto Henning Laurindo pelo treinamento, e por disponibilizarem o laboratório e os equipamentos para o experimento.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUCPR pelos ensinamentos transmitidos.

Às colegas professoras Ana Egide Costenaro Cavali, Maria Helena de Sousa e Sandra Joia Mizrahi Jakobson pelo incentivo e compreensão.

Aos colegas do doutorado: Ademir Franco do Rosário Junior, Alessandra Timponi Goes Cruz, Ana Paula Tulio Manfron, Caroline Wichnieski, Liliane Roskamp, Lorena Bortolini Navarro, Marco Antonio Diniz Azevedo, e Maria Yoko Gomi pelos bons momentos, e por toda a ajuda. Vocês foram fundamentais para o meu crescimento profissional.

Às secretárias Neide Reis Borges e Flavia Beuting pela dedicação e presteza.

A todos os funcionários da Clínica Odontológica da PUCPR.

Aos amigos: Prof. Dr. Gilson Blitzkow Sydney, Prof. Dr. Antonio Batista e Prof^a. Dra. Marili Doro Andrade Deonizio, por tudo o que fizeram por mim, pessoal e profissionalmente. Se cheguei até aqui, certamente foi por espelhar-me em vocês. Muito obrigado pelos ensinamentos, pela amizade, oportunidades e pelo respeito.

A todos que contribuíram para a minha formação profissional: meus professores, pacientes, funcionários, amigos e acadêmicos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NiTi	Níquel-Titânio
OCP	Potencial de circuito aberto
NaF	Fluoreto de sódio
g/L	Gramas por litro
NaCl	Cloreto de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
mV/s	Milivolt por segundo
+	Positivo
V	Volt
mL	Mililitro
PTU F1	Instrumento rotatório ProTaper Universal F1
mm	Milímetro
s	Segundo
min	Minuto
%	Por cento
°C	Grau Celsius
±	Sinal de mais ou menos
#	Tamanho, calibre
gcm	Gramas por centímetro
rpm	Rotações por minuto
EUA	Estados Unidos da América
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
X	Ampliações
Na ₂ TiF ₆	Titânio hexafluoreto de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
TiO ₂	Dióxido de titânio
NiO	Óxido de níquel
Ni ₂ O ₃	Trióxido de diníquel
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
mA	Miliampere

SUMÁRIO

ARTIGO EM PORTUGUÊS.....	9
Página título.....	9
Resumo.....	10
Introdução.....	11
Material e Método.....	12
Resultados.....	15
Discussão.....	20
Conclusão.....	24
Referências.....	24
ARTIGO EM INGLÊS.....	26
Title page.....	26
Abstract.....	27
Introdução.....	28
Material and Methods.....	29
Results.....	32
Discussion.....	36
Conclusion.....	40
References.....	40
ANEXO.....	43
Parecer do comitê de ética.....	43
Metodologia complementar.....	45
Análise estatística.....	50
Normas para publicação.....	69

ARTIGO EM PORTUGUÊS

Dissolução eletroquímica de instrumentos de níquel-titânio fraturados em dentes humanos extraídos

Alexandre Kowalczuck^a DDS, MSc

Ulisses Xavier da Silva Neto^a DDS, PhD

Luiz Fernando Fariniuk^a DDS, PhD

Vânia Portela Ditzel Westphalen^a DDS, PhD

Carlos Augusto Henning Laurindo^b PhD

Everdan Carneiro^a DDS, PhD

^aDepartamento de Endodontia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola de Saúde e Biociências, Curitiba (PR), Brasil

^bDepartamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba (PR), Brasil

Endereço para correspondências: Dr. Everdan Carneiro, Departamento de Endodontia, Escola de Saúde e Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Rua Imaculada Conceição, 1155 Prado Velho, 80215-901 Curitiba, Brasil (e-mail: everdan.carneiro@pucpr.br).

Resumo

Objetivo: Avaliar a influência da concentração de cloreto de sódio em soluções fluoretadas no valor médio da corrente elétrica gerada durante o processo de dissolução eletroquímica de instrumentos rotatórios e de fragmentos de instrumentos rotatórios fraturados em dentes humanos. **Material e Método:** Duas soluções foram avaliadas (Solução 1 – solução de NaF 12 g/L + NaCl 1 g/L, pH = 5,0; e Solução 2 – solução de NaF 12 g/L + NaCl 180 g/L, pH = 5,0) por dois experimentos: Teste de polarização de instrumentos ProTaper Universal F1 (PTU F1), e teste de polarização de fragmentos de instrumentos fraturados em incisivos inferiores extraídos. No primeiro teste, os instrumentos foram parcialmente imersos nas soluções, sendo avaliados os valores da corrente elétrica gerada durante 30 minutos. No segundo teste, 45 instrumentos PTU F1 foram fraturados nos canais radiculares de incisivos inferiores e submetidos à polarização potenciodinâmica durante 30 minutos. Foram mensurados os valores da corrente elétrica gerada, e as variações de comprimento dos fragmentos de PTU F1. Os dados foram submetidos à análise estatística (ANOVA, e Wilcoxon e Mann-Whitney, respectivamente). **Resultados:** No primeiro teste, os instrumentos PTU F1 submetidos à solução 2 atingiram valores superiores quanto à corrente elétrica gerada ($p < 0,001$). No segundo teste, a solução 2 gerou maiores valores de corrente elétrica nos 630 s iniciais do experimento ($p < 0,001$), demonstrando maiores variações entre os comprimentos inicial e final dos fragmentos. **Conclusão:** A saturação da solução fluoretada com cloreto de sódio implicou em aumento dos valores de corrente elétrica, e em maiores reduções de comprimento de fragmentos de instrumentos fraturados em canais radiculares humanos submetidos ao processo de dissolução eletroquímica.

Palavras-chave: Endodontia. Tratamento do canal radicular. Preparo de canal radicular. Liga de Níquel-Titânio. Dissolução.

Introdução

A adoção do preparo com instrumentos rotatórios de níquel-titânio (NiTi) é considerada um marco na Endodontia, impactando em incontestável ganho qualitativo na modelagem dos canais radiculares. No entanto, fatores relacionados ao processo de fabricação, ao design do instrumento, ao número de usos, aos processos de esterilização ou ainda à complexidade anatômica podem culminar na elevação dos riscos de fratura dos instrumentos, durante o uso (Parashos & Messer 2006).

A fratura de um instrumento no interior do canal pode afetar o prognóstico do tratamento, especialmente na constatação de infecção prévia e na impossibilidade de limpeza e desinfecção do canal (Souter & Messer 2005). A ampliação mecânica do terço apical do canal radicular com o intuito de descontaminação da dentina e pré-dentina (Baugh & Wallace 2005, Mickel *et al.* 2007) torna-se inviabilizada na presença do instrumento fraturado (Parashos & Messer 2006, Madarati *et al.* 2013). Assim, diversos são os mecanismos empregados com o intuito de remover o fragmento do instrumento fraturado do interior do canal radicular. Com certas variações, basicamente todos os recursos caracterizam-se por promover desgastes da dentina ao redor do instrumento fraturado objetivando a exposição parcial do fragmento. Em seguida, aparatos são aplicados sobre a porção exposta do instrumento permitindo a apreensão do fragmento ou o seu deslocamento para fora do canal. Além de serem procedimentos na maioria das vezes complexos, visto que os instrumentos fraturam durante rotação no interior dos canais, tais desgastes podem fragilizar estruturalmente a raiz envolvida (Souter & Messer 2005). Sem considerar que os métodos disponíveis despendem um tempo significativo do profissional e do paciente e nem sempre garantem a remoção do fragmento (Parashos & Messer 2006, Madarati *et al.* 2013).

A fratura de instrumentos faz parte da problemática atual que a especialidade vivencia. Considerando que cada vez mais a pesquisa em odontologia tem enfoque nas técnicas minimamente invasivas e da preservação dos tecidos dentários, a busca de soluções conservadoras para a remoção do fragmentos de instrumentos fraturados é pertinente. A dissolução eletroquímica é um recurso inovador no qual uma solução fluoretada em contato direto com o

instrumento fraturado recebe uma corrente elétrica que acelera a reação química de corrosão do fragmento (Ormiga *et al.* 2010).

No entanto, as pesquisas envolvendo a dissolução eletroquímica de instrumentos endodônticos encontram-se em estágios iniciais. Modificações da concentração do fluoreto de sódio da solução aplicada foram apresentadas recentemente com expressiva diminuição do tempo de aplicação da corrente elétrica até que a ultrapassagem do fragmento fosse alcançada com instrumentos manuais de pequeno diâmetro (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015). Considerando que os íons cloreto atuam em sinergismo aos íons fluoreto no processo de corrosão das ligas de níquel-titânio (Ahn *et al.* 2006, Li *et al.* 2007), o objetivo deste trabalho foi determinar os valores da corrente elétrica obtidos no processo de dissolução eletroquímica de instrumentos de níquel-titânio com duas soluções fluoretadas com diferentes concentrações de cloreto de sódio. Após o experimento, foi quantificada a dissolução dos fragmentos de instrumentos fraturados em canais radiculares humanos.

Material e Método

O presente estudo consistiu de dois experimentos, o teste de polarização de instrumentos ProTaper Universal F1 (PTU F1) imersos nas soluções, e o teste de polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanaís. Foram avaliadas as variações de corrente elétrica de duas soluções: Solução 1 – solução de NaF 12 g/L + NaCl 1 g/L, pH = 5,0; Solução 2 – solução de NaF 12 g/L + NaCl 180 g/L, pH = 5,0; e Grupo controle - água destilada.

Inicialmente, foi determinado o potencial de circuito aberto (OCP) de cada uma das soluções. Uma célula eletroquímica composta de três eletrodos foi utilizada. Um eletrodo de calomelano saturado foi utilizado como eletrodo de referência, um eletrodo de platina como contra-eletrodo, e um eletrodo plano de NiTi como eletrodo de trabalho. A célula eletroquímica foi acoplada a um potenciostato (IviumStat, Ivium Technologies B. V. Eindhoven, Holanda) e os testes foram realizados a uma velocidade de varredura de 1 mV/s, partindo-se do potencial a circuito aberto até o potencial de +1,0 V. Foram utilizados 300 mL da solução em cada teste, sendo que em cada experimento a solução era completamente renovada. O teste foi repetido três vezes para cada solução.

Os potenciais observados para as soluções 1, 2 e grupo controle foram -295 mV, -368 mV e -431 mV, respectivamente.

Com o intuito de determinar os potenciais, a partir dos quais haveria a dissolução ativa do níquel-titânio para cada uma das soluções, procedeu-se o teste de polarização potenciodinâmica.

Utilizando-se de uma célula eletroquímica com a mesma configuração descrita anteriormente, foram aplicados os potenciais iniciais obtidos no teste para determinação de OCP, até +1,8 V para cada solução. Os potenciais obtidos para as soluções foram +1,5 V para a solução 1, e +0,3 V para a solução 2. O grupo controle não atingiu requisitos compatíveis com a dissolução de ligas de NiTi. De posse dos valores de potenciais de cada solução, o primeiro experimento foi iniciado.

Polarização de instrumentos ProTaper Universal F1 (PTU F1) imersos nas soluções

A mesma célula eletroquímica foi utilizada. Entretanto, o eletrodo plano de NiTi foi substituído por um instrumento PTU F1 utilizada como eletrodo de trabalho. O instrumento PTU F1 teve os 6,0 milímetros (mm) da ponta imersos na solução testada. Partindo do potencial capaz de causar dissolução para cada solução (+1,5 V e +0,3 V para as soluções 1 e 2 respectivamente), o registro da corrente elétrica ocorreu durante 1800 segundos (s) ou 30 minutos (min). Caso a dissolução completa da parte imersa do instrumento ocorresse em tempo inferior ao previsto, o experimento era considerado como finalizado.

Polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanalais

Após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (protocolo 752.237), foram selecionados 120 incisivos inferiores permanentes hígidos. Os espécimes foram radiografados, sendo descartados os dentes que apresentavam tratamento endodôntico prévio, canais calcificados, instrumentos fraturados ou ápices não completamente formados. Foram selecionados somente os dentes com canais únicos e achatados (configuração do canal do tipo I de acordo com a classificação proposta por Vertucci(1984)). Destes, quarenta e cinco dentes foram armazenados em solução de cloramina T 0,5 % a 4°C, durante dois meses. Após a lavagem com soro fisiológico, os dentes foram fixados pela porção radicular em uma mini-morsa de bancada. Com um paquímetro digital (PD 154,

Vonder, com precisão de $\pm 0,02$ mm) padronizou-se a medida de 11,5 mm a partir do ápice radicular (menor distância entre o ápice radicular e o limite esmalte-cemento encontrada entre as amostras) e cada dente teve a coroa anatômica seccionada com um disco diamantado.

Os canais foram esvaziados com instrumentos manuais tipo K #10 e #15 (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil) até o seu comprimento total e irrigados com 5 mL de água destilada, e aspirados com cânula flexível de silicone (Capillary tips 0,48 mm e 0,35 mm, Ultradent Products INC, Salt Lake City, Estados Unidos da América).

Quarenta e cinco instrumentos endodônticos rotatórios Protaper Universal F1 pertencentes ao mesmo lote de fabricação (1402001419) foram selecionados. Cada instrumento PTU F1 foi desgastado em aproximadamente metade de sua seção transversal com um disco diamantado de dupla face a 3 mm de sua ponta. Os instrumentos rotatórios foram levados ao interior do canal radicular com pressão apical constante, e acionados por um motor elétrico (VDW Silver Reciproc™, VDW GmbH, Munique, Alemanha) na seleção ROTARY PTU F1 (torque de 150 gcm, e velocidade de 250 rpm) mantendo a pressão sobre o instrumento com o intuito de induzir a fratura. Em seguida, cada canal foi irrigado com 5 mL de água destilada, e em aspirado com cânula flexível de silicone.

Em um molde de polietileno com nichos em forma de paralelepípedos retangulares (com dimensões de 2,5 cm – altura X 2,8 cm – largura X 4,0 cm - comprimento) foi inserido elastômero de silicone (Casa do Silicone, Equipe Positiva Comércio Ltda, Curitiba, Brasil) e as raízes foram adaptadas até o limite cervical. O conjunto composto pelo silicone e raiz foi acoplado a uma plataforma radiográfica (Sydney *et al.* 1991) em um nicho específico e idêntico ao utilizado previamente. A plataforma radiográfica foi acoplada ao cilindro localizador de um aparelho para radiografias intraorais e foram realizadas tomadas radiográficas com tempo de exposição de 0,40 s. As imagens foram geradas com um sensor digital intraoral para radiografias (Kodak RVG5000, Carestream Health, Inc Rochester, Nova Iorque, EUA) e armazenadas em formato JPEG.

Em um recipiente plástico, as amostras foram acopladas a uma célula eletroquímica de três eletrodos e imersos em 300mL da solução a ser testada. Foi aplicado o potencial de +1,5 V para a Solução 1, e de +0,3 V para a Solução

2 durante 30 minutos. A corrente elétrica gerada foi registrada em cada um dos testes.

Os dentes foram novamente radiografados e os comprimentos dos fragmentos dos instrumentos fraturados foram medidos antes e após o experimento com o auxílio de um software (Adobe Photoshop CS6, Adobe Systems Incorporated, San Jose, Estados Unidos da América) e os resultados foram comparados.

Os dentes foram removidos do silicone e cada segmento de raiz sofreu um desgaste longitudinal em profundidade nas paredes vestibular e lingual com um disco diamantado de dupla-face. Com o auxílio de um mini cinzel e um martelo cirúrgico realizou-se a clivagem das raízes em duas porções. Os fragmentos dos instrumentos foram armazenados em frascos plásticos individuais e posteriormente avaliados com microscopia eletrônica de varredura (MEV)(Vega 3 SEM – Analytical Scanning Electron Microscope, TESCAN, Brno, República Tcheca) em ampliações de 60 X e 500 X.

Foram aplicados os testes estatísticos preliminares para avaliação de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk em relação à análise do comprimento dos fragmentos dos instrumentos. A variação do comprimento dos fragmentos foi avaliada pelos testes de Wilcoxon e Mann-Whitney. O teste de análise de variância (ANOVA) foi utilizado para comparar os valores de corrente elétrica registrados. As variáveis corrente elétrica e tempo foram analisadas pelo teste de variância de Levene. Todos os testes foram aplicados com o auxílio de um *software* específico (SPSS Statistics 23 – IBM, Nova Iorque, Estados Unidos da América) com nível de significância de 5%.

Resultados

Polarização de instrumentos ProTaper Universal F1 (PTU F1) imersos nas soluções

Valores decrescentes para corrente elétrica, em relação ao tempo, foram observados em ambas as soluções. Os instrumentos testados com a solução 2 apresentaram maiores valores de corrente elétrica em relação a solução 1, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$) (Tabela 1).

Os instrumentos submetidos à solução 1 não sofreram dissolução completa dos 6 mm imersos durante os 1800 segundos do experimento. A maior variação dos valores de corrente elétrica ocorreu nos 300 segundos iniciais do experimento (Gráfico 1). Após 510 segundos constatou-se a estabilização dos valores de corrente elétrica para a solução 1. Já os instrumentos submetidos à solução 2 tiveram a porção imersa completamente dissolvida em aproximadamente 540 s (ou 9 min) (Gráfico 2).

Tabela 1. Estatística descritiva da corrente elétrica (mA) de acordo com a solução testada em instrumentos parcialmente imersos

	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)		Mínimo	Máximo
				Limite inferior	Limite superior		
Solução 1	0,2166	0,0726	0,0042	0,2084	0,2248	0,1737	0,7483
Solução 2	25,8185	19,3461	1,9849	21,8775	29,7596	0,0444	60,1543

Gráfico 1. Variação dos valores de corrente elétrica (mA) em relação ao tempo (s) para instrumentos imersos na solução de NaF 12 g/L + NaCl 1 g/L - pH 5,0 nos 540 s iniciais (Solução 1)

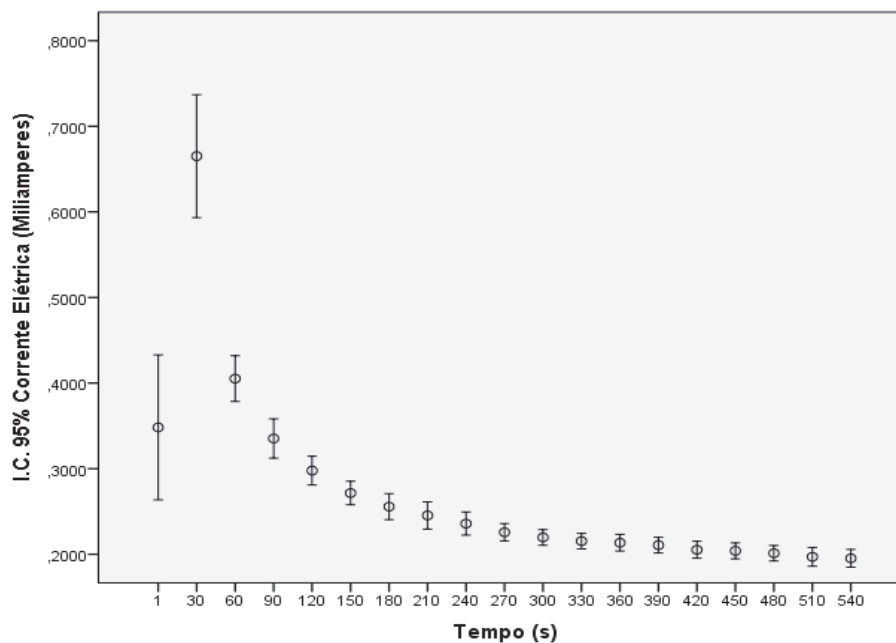
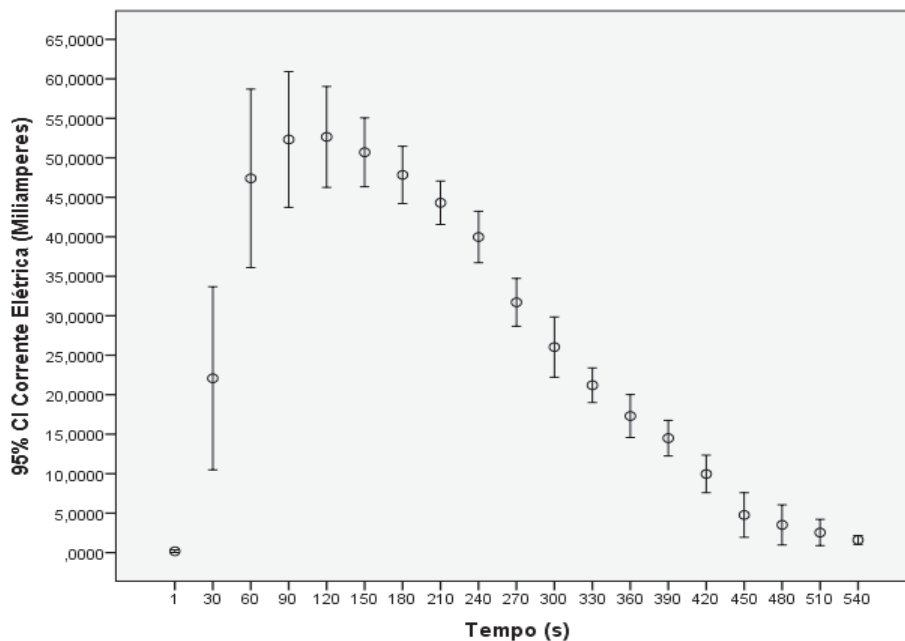


Gráfico 2. Variação dos valores de corrente elétrica (mA) em relação ao tempo (s) para instrumentos imersos na solução de NaF 12 g/L + NaCl 180 g/L - pH 5,0 (Solução 2)



Polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanalais

Os instrumentos testados com a solução 2 apresentaram maiores valores médios de corrente elétrica em relação aos da solução 1, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Durante os 270 segundos iniciais do experimento a solução 2 apresentou valores muito superiores aos observados na solução 1 em cada um dos tempos registrados (Gráfico 3).

A avaliação radiográfica apresentou discreta variação entre os comprimentos iniciais e finais das amostras. Maior variação foi observada na solução 2 (Tabela 3), com diferença estatisticamente significativa ($p = 0,011$). A ocorrência de amostras com redução do comprimento também foi maior para a solução 2, com a constatação de redução em 11 amostras. Já para a solução 1, cinco amostras tiveram o comprimento diminuído.

As imagens em microscopia eletrônica de varredura mostraram a dissolução parcial dos instrumentos submetidos às soluções 1 e 2. Os instrumentos submetidos à solução 1 apresentaram pouca dissolução limitada à região da secção realizada previamente com disco diamantado (Figura 1D). Discreta alteração morfológica pode ser notada (Figura 1A). Os instrumentos

submetidos à solução 2 apresentaram evidente alteração morfológica externa com perda estrutural circunferencial na região de contato com a solução (Figura 1B). Pode-se observar corrosão por pite na superfície destes instrumentos (Figuras 1B e 1E). Os instrumentos do grupo controle não apresentaram qualquer indício de dissolução, sendo evidenciado na região da fratura os limites entre a região de ação do disco diamantado e a região de fratura por torção durante o acionamento por motor elétrico (Figuras 1C e 1F).

Tabela 2. Estatística descritiva dos valores da corrente elétrica (mA) de acordo com a solução testada em fragmentos de instrumentos em canais radiculares

	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)		Mínimo	Máximo
				Limite inferior	Limite superior		
Solução 1	0,0706	0,0518	0,0017	0,0673	0,0740	0,0001	0,1991
Solução 2	0,1032	0,0722	0,0024	0,0985	0,1079	0,0010	0,4527

Gráfico 3. Variação dos valores da corrente elétrica (mA) em relação ao tempo para fragmentos nas soluções 1 e 2

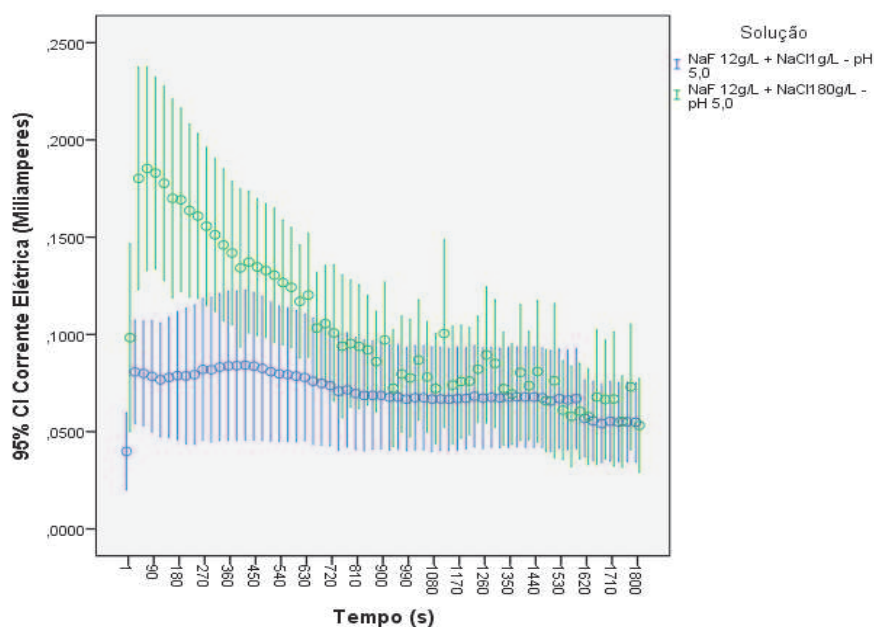


Tabela 3. Estatística descritiva dos valores da variação do comprimento dos fragmentos de acordo com a solução testada

	Solução	N	Média	Desvio padrão	Erro padrão	Intervalo de confiança (95%)		Mínimo	Máximo
						Limite inferior	Limite superior		
Comprimento inicial (mm)	1	15	3,6000	0,3606	0,0931	3,4003	3,7997	3,2	4,7
	2	15	3,4733	0,3035	0,0784	3,3053	3,6414	3,0	4,1
Comprimento final (mm)	1	15	3,5733	0,3634	0,0938	3,3721	3,7746	3,2	4,7
	2	15	3,3867	0,2973	0,0768	3,2220	3,5513	2,9	4,1
Variação do comprimento (%)	1	15	-0,742 (0,0267mm)	1,2748	0,3292	-1,4479	-0,0359	-2,9	0
	2	15	-2,465 (0,0867mm)	2,3211	0,5993	-3,7506	-1,1799	-8,3	0

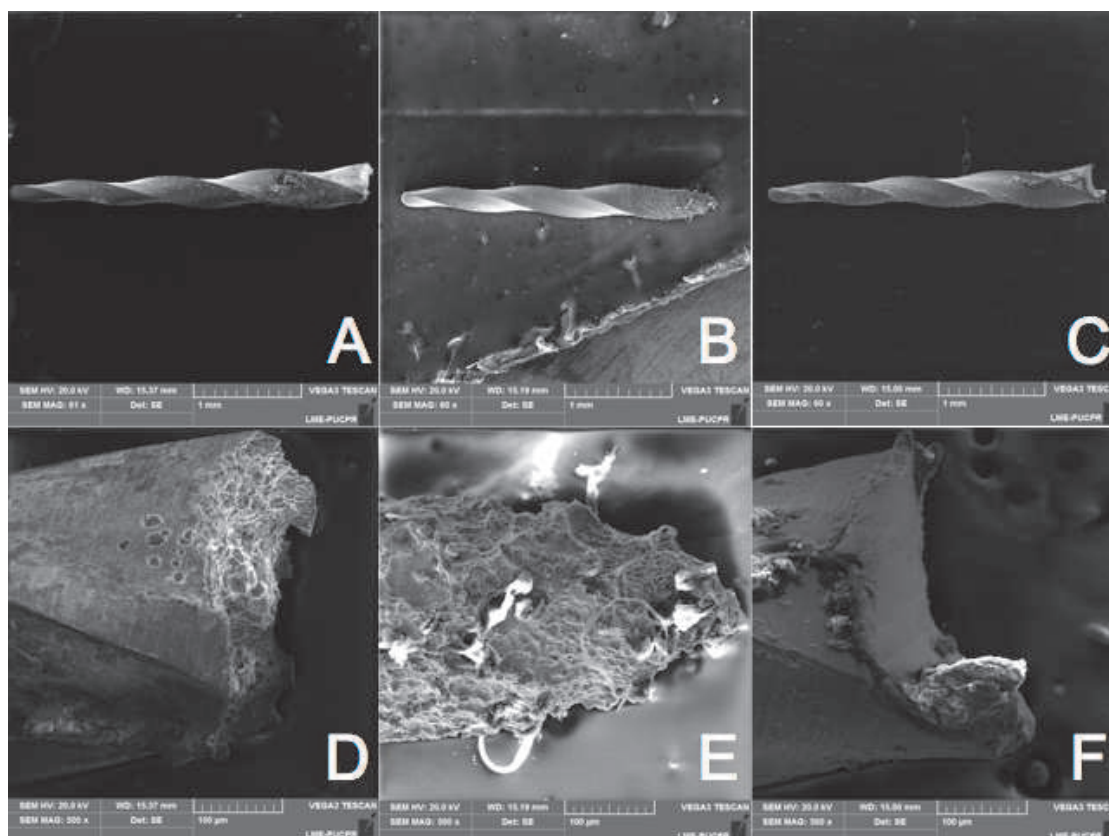


Figura 1. Eletromicrografias de varredura de fragmentos de instrumentos submetidos ao experimento de dissolução eletroquímica. (A) fragmento submetido à solução 1 em 60 X; (B) fragmento submetido à solução 2 em 60 X; (C) fragmento pertencente ao grupo controle em 60 X; (D) fragmento submetido à solução 1 em 500 X; (E) fragmento submetido à solução 2 em 500 X; (F) fragmento pertencente ao grupo controle em 500 X.

Discussão

O desenvolvimento de um dispositivo que não promova desgastes dentinários das paredes do canal para a remoção de fragmentos de instrumentos fraturados vai de encontro ao conceito contemporâneo de odontologia minimamente invasiva. O processo de dissolução eletroquímica de instrumentos de níquel-titânio apresenta resultados promissores até o momento.

Embora as pesquisas iniciais tenham utilizado modelos de canais simulados de resina (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015, Amaral *et al.* 2015), estes não reproduzem com fidelidade as condições anatômicas dos dentes naturais. Mesmo tendo as vantagens de reproduzirem padrões anatômicos idênticos e de garantir visualmente o contato entre o eletrodo de platina e o fragmento do instrumento (Ormiga *et al.* 2015), aspectos anatômicos do sistema de canais radiculares e as características físico-químicas da dentina podem interferir nos resultados do experimento.

O presente experimento é o primeiro estudo de dissolução eletroquímica com dentes humanos, sendo o incisivo inferior selecionado devido a anatomia interna relativamente simplificada (configuração tipo I de Vertucci). As discretas curvaturas foram fator relevante na garantia do contato entre o eletrodo e o fragmento do instrumento. Além de possuírem diâmetro anatômico médio do canal no nível da fratura inferior ao diâmetro do instrumento selecionado PTU F1 (Milanezi de Almeida *et al.* 2013), garantindo o travamento do instrumento na dentina no momento da fratura. Embora o índice de fratura de instrumentos rotatórios seja maior em raízes mesiais de molares inferiores (Cujé *et al.* 2010, Nevares *et al.* 2012), o diâmetro anatômico de incisivos inferiores assemelha-se ao dos canais mesiais dos molares inferiores em seus 2 mm mais apicais (Wu *et al.* 2000), não apresentando o inconveniente da curvatura.

A ultrapassagem do fragmento do instrumento fraturado com instrumentos manuais de pequeno calibre é um recurso utilizado para possibilitar a continuidade do tratamento endodôntico (Parashos & Messer 2006, Tzanetakis *et al.* 2008, Madarati *et al.* 2013). Tal recurso não foi utilizado como indicador de sucesso ao término dos testes de dissolução eletroquímica conforme trabalhos anteriores (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015, Amaral *et al.* 2015). Sabe-se que os incisivos inferiores apresentam grande prevalência de canais achatados

nos 3 mm apicais (Milanezi de Almeida *et al.* 2013). A ausência de embricamento mecânico entre o fragmento do instrumento e as paredes vestibulares e linguais poderia levar a uma falsa comprovação de dissolução do instrumento fraturado, ao utilizar-se de instrumentos manuais de pequenos diâmetros para a ultrapassagem.

A conformação do canal radicular possibilitou comprovar a hipótese apresentada por Ormiga *et al.* (2015). Ao contrário da condição observada nos testes realizados em canais simulados, nos quais a solução entra em contato direto apenas com a secção transversal do fragmento, em incisivos inferiores a solução pode ter atingido maior profundidade. A ausência de contato entre o fragmento e as paredes vestibular e/ou lingual pode ter possibilitado maior área de contato entre o fragmento e a solução testada. Mesmo com uma maior área de contato entre as soluções e o fragmento, não foi observada dissolução completa em nenhum dos casos testados. A pequena disponibilidade do eletrólito no interior do canal radicular ainda parece ser um fator limitador da técnica. Mesmo disponibilizando o eletrólito além dos limites da câmara pulpar, as pequenas dimensões do canal radicular tornam o aperfeiçoamento da metodologia necessário.

Numa tentativa de compensar tais limitações físicas, a modificação da composição química da solução apresentada por Aboud *et al.* (2014) por meio da saturação do cloreto de sódio foi proposta. O aumento da concentração de NaCl favoreceu o processo de dissolução eletroquímica da liga de NiTi, já que a presença de íons cloreto e de íons fluoreto potencializam o processo de corrosão por agirem sinergicamente (Li *et al.* 2007). O titânio sofre corrosão pela presença do ácido fluorídrico, e quanto mais ácida a solução, maior é a conversão dos íons flúor da solução em ácido fluorídrico (Ahn *et al.* 2006, Matono *et al.* 2006). Esse ácido age desorganizando a camada de dióxido de titânio que recobre a liga, e uma nova camada de Na_2TiF_6 menos resistente à corrosão é formada (Huang 2002, Huang *et al.* 2003). Embora a acidificação da solução favoreça o processo de corrosão por tornar o meio rico em íons hidrogênio, e assim, permita a fragilização da liga exposta à solução, uma possível ação nociva à estrutura dentinária limitou o uso de substâncias de pH inferiores a 5,0 (Aboud *et al.* 2014).

Embora o potencial corrosivo do fluoreto seja mais negativo do que o do cloreto, indicando que o fluoreto é mais agressivo para a liga, é evidente que a

resistência à corrosão de ligas de NiTi em solução de cloreto é muito mais sensível à qualidade do material do que aquele em solução de fluoreto (Li *et al.* 2007). A solução concentrada de cloreto de sódio em processos de eletrólise tem como produtos a liberação de cloro ativo, soda cáustica (NaOH) e hidrogênio. A resistência à corrosão da liga de NiTi deve-se ao filme passivo constituído por uma camada de TiO₂ e de óxidos de níquel (NiO e Ni₂O₃). Os óxidos de níquel são menos estáveis e tendem a sofrer dissolução mais facilmente, especialmente frente aos íons cloreto (Sun *et al.* 2002). O cloro em baixas concentrações altera o filme passivo das ligas contendo níquel, porém, com a elevação da concentração há maior suscetibilidade à corrosão por pite (Wang *et al.* 2006). Da mesma forma, a liberação de hidrogênio torna o meio acidificado otimizando o processo.

Dois instrumentos parcialmente imersos na solução 2 sofreram completa dissolução em tempo médio de 9 minutos. Tempo inferior aos 30 minutos observados por Aboud *et al.* (2014) e por Ormiga *et al.* (2015), atestando a melhor performance obtida pela saturação do cloreto de sódio. Nos demais instrumentos imersos na solução 2, foram constatados rompimentos dos instrumentos nos comprimentos equivalentes ao D6. Nestes casos, os testes foram interrompidos. Os fragmentos precipitados nas soluções apresentavam-se extremamente frágeis a mínimas cargas aplicadas.

A dissolução dos fragmentos de instrumentos PTU F1 nos canais radiculares foi comprovada. Embora a interpretação dos gráficos gerados pelo potenciostato comprove a dissolução ativa dos fragmentos, a análise de imagens radiográficas demonstrou que algumas amostras não apresentaram alteração do comprimento dos fragmentos. Somente a análise realizada com o MEV pode determinar visualmente corrosão do material em alguns casos. Os fragmentos submetidos à solução fluoretada saturada de cloreto de sódio apresentaram imagens com corrosão predominantemente circunferencial ao fragmento, e com pouca evidência longitudinal. Logo, a interpretação radiográfica atestando diminuição do comprimento dos fragmentos deve ser feita com cautela. A dissolução circunferencial do fragmento facilita a ultrapassagem do mesmo por instrumentos manuais de pequeno diâmetro, permitindo a retomada do trajeto do canal radicular, e conseqüentemente a continuidade do tratamento endodôntico. A dificuldade em retomar o tratamento endodôntico na presença de instrumentos

fraturados foi apresentada por Tzanetakis *et al.* (2008), ao relatar um índice de 62,5% de insucesso em tentativas de ultrapassagem ou remoção de fragmentos apicais realizadas por estudantes de pós-graduação.

Os testes de polarização em instrumentos rotatórios imersos demonstraram um determinado padrão das curvas de polarização que não pode ser observado nos experimentos realizados nos canais radiculares. A anatomia dos canais radiculares interferiu na transmissão da corrente elétrica. Além disso, houve a saturação da solução do interior do canal, não sendo possível a renovação do eletrólito pois observou-se mudança brusca do valor de corrente quando a posição do eletrodo de trabalho era modificada. O mesmo ocorreu ao levar uma agulha de irrigação à entrada do canal na tentativa de renovar o conteúdo. O fator foi agravado pela posição dos instrumentos fraturados no interior dos canais. Por razões mais próximas da realidade clínica, o nível selecionado para a ocorrência de fratura dos instrumentos foi o apical (Parashos & Messer 2006, Tzanetakis *et al.* 2008). Em se tratando de canais de pequena ou nenhuma curvatura, fraturas em níveis cervical ou médio implicariam de maneira mais simples na remoção dos fragmentos por diversos recursos ou na ultrapassagem dos fragmentos com instrumentos manuais de pequeno calibre.

O valor máximo de corrente elétrica observado de 0,4527 mA ultrapassou o obtido por Ormiga *et al.* (2015) ao testarem fragmentos de 3 mm de instrumentos ProTaper F1 fraturados no interior de canais simulados de resina, de 0,17 mA. O aumento da concentração de cloreto de sódio implicou em elevação dos valores de corrente registrados.

Durante a execução dos testes de polarização intracanal foi possível observar quedas abruptas dos valores de corrente elétrica. Tais ocorrências são sugestivas de perda de contato entre o eletrodo e o fragmento. Por dissolução parcial do fragmento, ou por deslocamento do eletrodo de trabalho. Os filamentos de platina utilizados como eletrodos de trabalho foram mantidos tensionados, de forma que mesmo em pequenas dissoluções do fragmento, o filamento mantivesse o contato físico. Tal constatação reforça a necessidade de desenvolver uma melhor condição de contato entre o fragmento, o eletrodo e a solução (Ormiga *et al.* 2015).

Conclusão

A saturação da solução fluoretada com cloreto de sódio implicou em aumento dos valores de corrente elétrica, e em maiores reduções de comprimento de fragmentos de instrumentos fraturados em canais radiculares humanos submetidos ao processo de dissolução eletroquímica.

Referências

Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031-43.

Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod* 2005;31:450-2.

Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31:333-40.

Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ. The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *J Endod* 2007;33:21-3.

Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PMH. Management of intracanal separated instruments. *J Endod* 2013;39:569-81.

Ormiga F, da Cunha Ponciano Gomes JA, de Araujo MC. Dissolution of nickel-titanium endodontic files via an electrochemical process: a new concept for future retrieval of fractured files in root canals. *J Endod* 2010;36:717-20.

Aboud LR, Ormiga F, Gomes JA. Electrochemical induced dissolution of fragments of nickel-titanium endodontic files and their removal from simulated root canals. *Int Endod J* 2014;47:155-62.

Ormiga F, Aboud LR, Gomes JA. Electrochemical-induced dissolution of nickel-titanium endodontic instruments with different designs. *Int Endod J* 2015;48:342-50.

Ahn HS, Kim MJ, Seol HJ, Lee JH, Kim HI, Kwon YH. Effect of pH and temperature on orthodontic NiTi wires immersed in acidic fluoride solution. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006;79:7-15.

Li X, Wang J, Han EH, Ke W. Influence of fluoride and chloride on corrosion behavior of NiTi orthodontic wires. *Acta Biomater* 2007;3:807-15.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589-99.

Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation *in vitro*. J Endod 1991;17:570-2.

Amaral CC, Ormiga F, Gomes JA. Electrochemical-induced dissolution of stainless steel files. Int Endod J 2015;48:137-44.

Milanezi de Almeida MM, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas Bôas MH, Amoroso Silva PA, Brandão CG, Guimarães BM, Gomes de Moraes I, Húngaro Duarte MA. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. J Endod 2013;39:1529-33.

Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. Int Endod J 2010;43:545-54.

Nevares G, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Success rates for removing or bypassing fractured instruments: a prospective clinical study. J Endod 2012;38:442-4.

Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2000;89:739-43.

Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the dental school of Athens: a five-year retrospective clinical study. J Endod 2008;34:675-8.

Matono Y, Nakagawa M, Matsuya S, Ishikawa K, Terada Y. Corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys in various concentrations of Acidulated Phosphate Fluoride (APF) solutions. Dent Mater J 2006;25:104-12.

Huang HH. Effects of fluoride concentration and elastic tensile strain on the corrosion resistance of commercially pure titanium. Biomaterials 2002;23:59-63.

Huang HH, Chiu YH, Lee TH, Wu SC, Yang HW, Su KH, Hsu CC. Ion release from NiTi orthodontic wire in artificial saliva with various acidities. Biomaterials 2003;24:3585-92.

Sun EX, Fine S, Nowak WB. Electrochemical behavior of nitinol alloy in Ringer's solution. J Mater Sci Mater Med 2002;13:959-64.

Wang J, Li N, Han EH, Ke W. Effect of pH, temperature and Cl⁻ concentration on electrochemical behavior of NiTi shape memory alloy in artificial saliva. J Mater Sci Mater Med 2006;17:885-90.

ARTIGO EM INGLÊS

Electrochemical dissolution of fractured nickel-titanium instruments on human extracted teeth

Alexandre Kowalczuck^a DDS, MSc

Ulisses Xavier da Silva Neto^a DDS, PhD

Luiz Fernando Fariniuk^a DDS, PhD

Vânia Portela Ditzel Westphalen^a DDS, PhD

Carlos Augusto Henning Laurindo^b PhD

Everdan Carneiro^a DDS, PhD

^aDepartment of Endodontics, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, School of Health and Biosciences, Curitiba (PR), Brazil

^bDepartment of Mechanical Engineering, Polytechnic School, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba (PR), Brazil

Address request for reprints to Dr. Everdan Carneiro, Department of Endodontics, Escola de Saúde e Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Imaculada Conceição, 1155, Prado Velho, 80215-901 Curitiba, Brazil (e-mail: everdan.carneiro@pucpr.br).

Abstract

Objective: To assess the influence of sodium chloride concentration in fluoridated solutions during the electrochemical dissolution of fractured rotary endodontic instruments on human teeth. **Material and Method:** Two solutions were assessed (Solution 1 – NaF 12 g/L + NaCl 1 g/L, pH = 5.0; and Solution 2 – NaF 12 g/L + NaCl 180 g/L, pH = 5.0) by two experiments: ProTaper Universal F1 (PTU F1) polarization test and polarization test for instrument fragments fractured on inferior incisors. In the first test, the instruments were partially immersed in the solutions, and the electrical current value was evaluated during 30 minutes. In the second test, 45 PTU F1 instruments were fractured within the root canals of inferior incisors and submitted to potentiodynamic polarization for 30 minutes. The electrical current value and the variations in the length of PTU F1 fragments were measured. The data were submitted to statistical analysis (ANOVA, Wilcoxon and Mann-Whitney tests, respectively). **Results:** In the first test, the PTU F1 instruments immersed in solution 2 revealed higher electrical current ($p < 0.001$). In the second test, solution 2 produced a higher current within the initial 630 s of the experiment ($p < 0.001$), showing larger variations between the baseline and final lengths of the fragments. **Conclusion:** The saturation of the fluoridated sodium chloride led to an increase in electrical current and to larger reductions in the length of the fragments of the instruments fractured during human root canal therapy, submitted to electrochemical dissolution.

Keywords: Endodontics. Root canal therapy. Root canal preparation. Nickel-titanium alloy. Dissolution.

Introduction

The preparation with rotary nickel-titanium (NiTi) instruments is considered to be a hallmark in endodontics, resulting in undeniable qualitative gain in root canal shaping. However, factors related to the manufacturing process, to instrument design, to the number of uses, to sterilization processes, and to anatomical complexity may increase the risks of fracture of instruments during their use (Parashos & Messer 2006).

The fracture of an instrument within a root canal may affect prognosis, especially regarding the detection of previous infection and the impossibility of cleaning and disinfection of the canal (Souter & Messer 2005). The mechanical enlargement of the apical third of the root canal for dentin and predentin decontamination (Baugh & Wallace 2005, Mickel *et al.* 2007) is not possible in the presence of a fractured instrument (Parashos & Messer 2006, Madarati *et al.* 2013). Thus, there exist several mechanisms used to remove the fragment of a fractured instrument from within the root canal. With certain variations, all techniques basically consist in scraping off the dentin around the fractured instrument with the aim of partial exposure of the fragment. Subsequently, devices are applied on the exposed portion of the instrument, allowing for fragment retrieval, or its removal from within the canal. In addition to being an often complex procedure, given that instruments fracture while rotated within the canals, excessive removal of root canal dentin may structurally weaken the affected root (Souter & Messer 2005). Also, the available methods are time-consuming both for the dentist and the patient and, therefore, do not always warrant fragment removal (Parashos & Messer 2006, Madarati *et al.* 2013).

Instrument fracture has been a current problem in endodontics. Taking into account that dental research has focused on minimally invasive techniques and on the preservation of dental tissues, the use of conservative approaches for the removal of fractured instruments is justifiable. Electrochemical dissolution is an innovative method in which the fluoridated solution in direct contact with the fractured instrument receives an electrical current that speeds up fragment corrosion (Ormiga *et al.* 2010).

Nevertheless, research studies on electrochemical dissolution of endodontic instruments are still in initial stages. Changes in the sodium fluoride

concentration have been recently suggested, significantly reducing the time of application of electrical current until bypass of the fragment is achieved with small diameter manual instruments (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015). As chloride ions interact synergistically with fluoride ions in the corrosion of nickel-titanium alloys (Ahn *et al.* 2006, Li *et al.* 2007), the aim of this study was to determine the electrical current values obtained from electrochemical dissolution by using two solutions: a fluoridated one with low sodium chloride concentration and another one, also fluoridated but saturated with sodium chloride. After the experiment, the dissolution of fractured instruments within human root canals was assessed.

Material and Method

The present study consisted of two experiments: the ProTaper Universal F1 (PTU F1) instrument polarization test with immersion in test solutions, and the polarization test for intracanal PTU F1 fragments. Two solutions were evaluated: Solution 1 – NaF 12 g/L + NaCl 1 g/L, pH = 5.0; Solution 2 – NaF 12 g/L + NaCl 180 g/L, pH = 5.0; and Control group - distilled water.

The open circuit potential (OCP) of each of the solutions was initially determined. A three-electrode electrochemical cell was used. A saturated calomel electrode was utilized as reference electrode; a platinum electrode was used as counter electrode; and a flat NiTi electrode was used as working electrode. The electrochemical cell was coupled to a potentiostat (IviumStat, Ivium Technologies B. V. Eindhoven, Netherlands), and the tests were carried out at a scan rate of 1mV/s, from the open circuit potential to the + 1.0V potential. 300 mL of solution was used in each test, and the solution was totally replaced in each experiment. The test was repeated three times for each solution.

The potentials obtained for solutions 1, 2 and control group were -295 mV, -368 mV and -431 mV, respectively.

The potentiodynamic polarization test was used in order to determine the potentials that could lead to the active dissolution of nickel-titanium for each of the solutions.

By using an electrochemical cell with the same configuration described earlier, the initial potentials obtained from the test were employed for the

determination of OCP, up to +1.8 V for each solution. The following potentials were obtained: +1.5 V for solution 1 and +0.3 V for solution 2. Distilled water did not meet the requirements for the dissolution of NiTi alloys. After obtaining the potentials of each solution, the experiment was then initiated.

Polarization of ProTaper Universal F1 (PTU F1) instruments immersed in test solutions

The same electrochemical cell was used. However, the flat NiTi electrode was replaced with a PTU F1 file, utilized as working electrode. The PTU F1 instrument had 6.0 millimeters (mm) of its tip immersed in the test solution. Starting with the potential capable of producing dissolution in each solution (+1.5 V and +0.3 V for solutions 1 and 2, respectively), the electrical current was recorded during 1,800 seconds (s) or 30 minutes (min). If total dissolution of the tip of the instrument occurred earlier than expected, the experiment was considered to have ended.

Polarization of intracanal PTU F1 fragments

After approval by the Research Ethics Committee (protocol no. 752.237), 120 permanent inferior incisors were selected. The specimens were radiographed, and those teeth with previous endodontic treatment, with calcified canals, fractured instruments, or incomplete rhizogenesis were excluded from the study. Only those teeth with single and flat canals (configuration of canal of type I, according to the classification proposed by Vertucci (1984)) were selected. Forty-five teeth were stored in 0.5% chloramine T at 4°C for two months. After being washed with saline, the teeth were placed by their root portion on a bench mini-vise. By using a digital pachymeter (PD 154, Vonder, precision of ± 0.02 mm), 11.5 mm was standardized from the root apex (shortest distance between the root apex and the cemento-enamel junction in the samples), and the anatomic crown of each tooth was cut by a diamond disc.

The inferior incisor canals were negotiated with K #10 and #15 manual instruments (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brazil) along their total length and irrigated with 5 mL of distilled water, and aspirated with a flexible silicone cannula (Capillary tips 0.48 mm and 0.35 mm, Ultradent Products INC, Salt Lake City, United States).

Forty-five Protaper Universal F1 rotary endodontic instruments with the same lot number (1402001419) were selected. Each PTU F1 instrument was filed to approximately half its cross-section with a double-faced diamond disc 3 mm away from its tip. The rotary instruments were inserted into the root canal with constant apical pressure and activated by an electric motor (VDW Silver Reciproc™, VDW GmbH, Munich, Germany) using the ROTARY PTU F1 feature (torque of 150 gcm and speed of 250 rpm), keeping the pressure on the instrument to induce fracture. Thereafter, each canal was irrigated with 5 mL of distilled water and aspirated with a flexible silicone cannula.

A silicone elastomer (Casa do Silicone, Equipe Positiva Comércio Ltda, Curitiba, Brazil) was inserted into a polyethylene mold with rectangular cobblestone-like niches (measuring 2.5 cm in height X 2.8 cm in width X 4.0 cm in length), and the roots were adjusted to their cervical limit. The set consisting of silicone and tooth was coupled to a radiographic platform (Sydney *et al.* 1991) in a specific niche identical with the one used previously. The radiographic platform was coupled to the cylinder of a device for intraoral radiographs, and radiographs were then made for 0.40 s. The images were processed with an intraoral digital sensor for radiographs (Kodak RVG5000, Carestream Health, Inc Rochester, New York, USA) and stored in JPEG format.

The samples were adapted to a three-electrode electrochemical cell in a plastic vessel and immersed in 300 mL of test solution. A potential of +1.5 V was applied to Solution 1, and +0.3 V for Solution 2 for 30 minutes. The electrical current was recorded in each test.

The teeth were radiographed again, and the lengths of the fragments of the fractured instruments were measured before and after the experiment with the aid of a software program (Adobe Photoshop CS6, Adobe Systems Incorporated, San Jose, USA), and the results were then compared.

The teeth were removed from the silicone, and each root was longitudinally filed to its full depth in the buccal and lingual walls using a double-faced diamond disc. With a mini chisel and a surgical mallet, the roots were cleft into two parts. The instrument fragments were stored in individual plastic vessels and later examined under scanning electron microscopy (SEM)(Vega 3 SEM –

Analytical Scanning Electron Microscope, TESCAN, Brno, Czech Republic) at 60 X and 500 X magnifications.

The preliminary statistical tests were used to assess Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk normality relative to the analysis of length of instrument fragments. The variation in fragment length was assessed by the Wilcoxon and Mann-Whitney tests. The analysis of variance (ANOVA) was used to compare the recorded electrical current values. Electrical current and time were evaluated by Levene’s test. All the tests were applied with the aid of a specific software program (SPSS Statistics 23 – IBM, New York, USA) at a 5% significance level.

Results

Polarization of ProTaper Universal F1 (PTU F1) instruments immersed in the test solutions

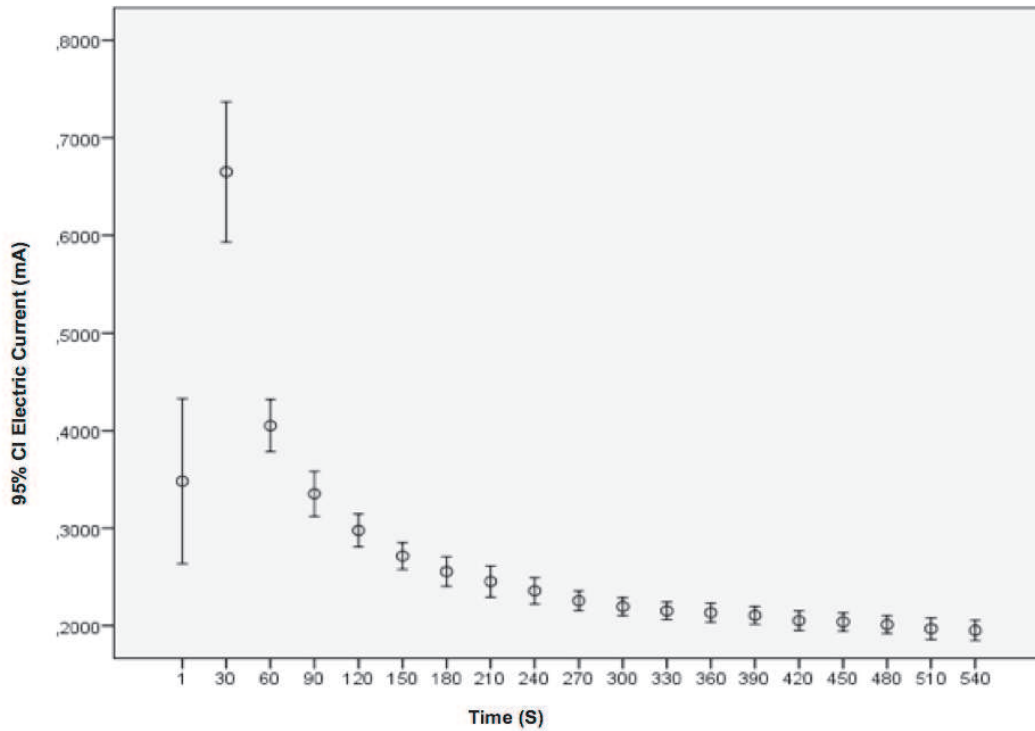
Decreasing electrical current values in relation to time were observed in both test solutions. The instruments tested with solution 2 had higher electrical current values than those tested with solution 1, yielding a statistically significant difference($p<0.001$) (Table 1).

The instruments tested with solution 1 did not undergo total dissolution of the 6mm immersed for 1,800 seconds. The greatest variation of the electric current values occurred in the initial 300 seconds (Graph 1). After 510 seconds the current values for the solution 1 is stabilized. On the other hand, the instruments tested with solution 2 showed total dissolution in approximately 540 s (Graph 2).

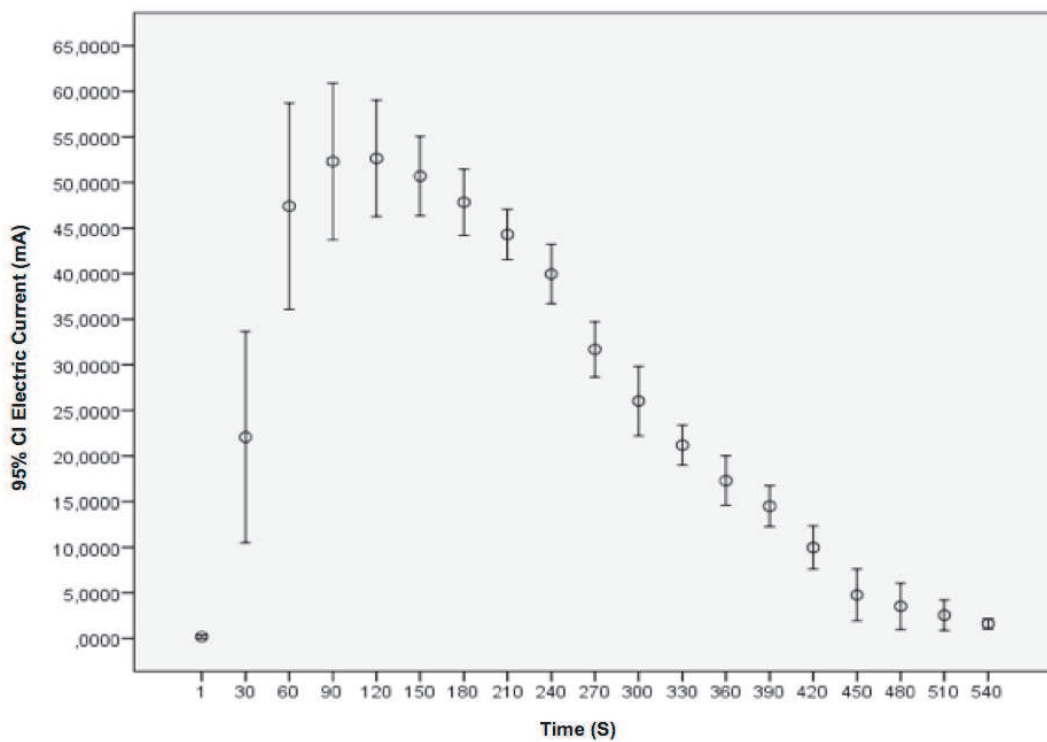
Table 1. Descriptive statistics of electrical current (mA) according to test solution used for partially immersed instruments

	Mean	Standard deviation	Standard error	Confidence interval (95%)		Minimum	Maximum
				Lower bound	Upper bound		
Solution 1	0.2166	0.0726	0.0042	0.2084	0.2248	0.1737	0.7483
Solution 2	25.8185	19.3461	1.9849	21.8775	29.7596	0.0444	60.1543

Graph 1. Variation of electrical current (mA) relative to time (s) for instruments immersed in NaF 12g/L + NaCl 1g/L - pH 5.0 (Solution 1)



Graph 2. Variation of electrical current (mA) relative to time (s) for instruments immersed in NaF 12g/L + NaCl 180g/L - pH 5.0 (Solution 2)



Polarization of intracanal PTU F1 fragments

The instruments tested with solution 2 revealed higher electrical current than those tested with solution 1, yielding a statistically significant difference ($p < 0.001$) (Graph 3).

Radiographically, total dissolution of the fragment was not observed, regardless of the test solution. A larger variation between the baseline and final lengths of the fragments was noted in solution 2 (Table 3), with a statistically significant difference ($p = .011$). Samples with reduced length were more frequent in solution 2, in which a reduction occurred in 11 samples. In solution 1, only five samples showed a shorter length.

The SEM images showed partial dissolution of the instruments submitted to the solutions 1 and 2. The instruments submitted to the solution 1 showed little quantity of dissolution limited to the transversal section (Figure 1D). Slight morphological changes could be noticed (Figure 1A). Instruments tested in solution 2 showed external morphological changes with circumferential structural loss on the region of contact with the solution (Figure 1B). Pitting corrosion could be observed on the surface of these instruments (Figures 1B and 1E). The control group's instruments didn't show any evidence of dissolution. It was possible to delimit the cutting area created by diamond disc and torsional fracture area during the electric motor activation (Figures 1C and 1F).

Table 2. Descriptive statistics of the electrical current (mA) according to the test solution for instrument fragments within root canals

	Mean	Standard deviation	Standard error	Confidence interval (95%)		Minimum	Maximum
				Lower bound	Upper bound		
Solution 1	0.0706	0.0518	0.0017	0.0673	0.0740	0.0001	0.1991
Solution 2	0.1032	0.0722	0.0024	0.0985	0.1079	0.0010	0.4527

Graph 3. Variation of electrical current (mA) relative to time for fragments from solutions 1 and 2

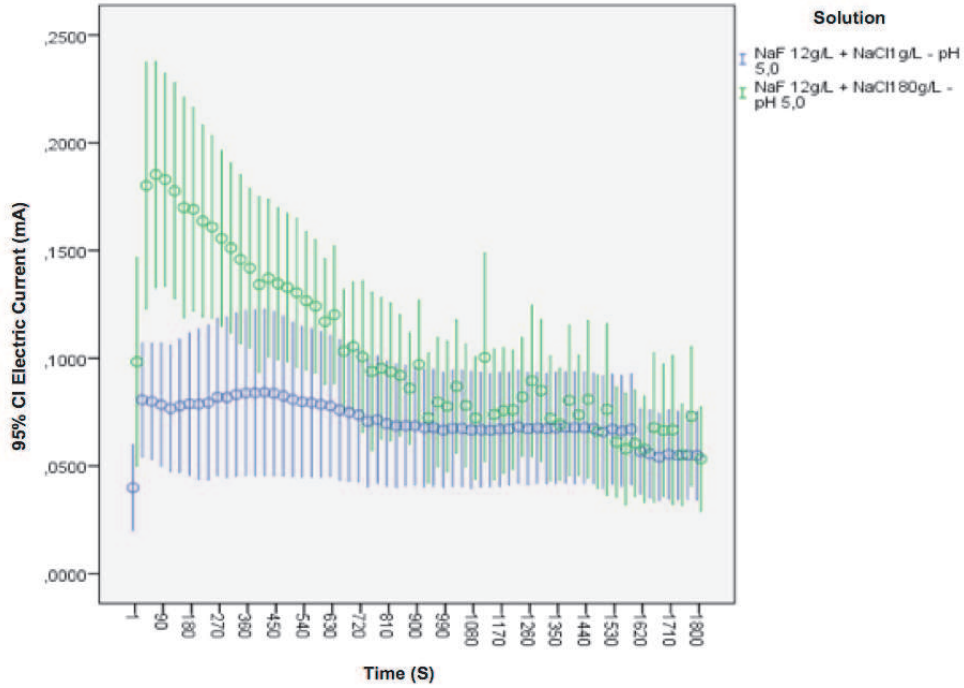


Table 3. Descriptive statistics of the length of fragments according to the test solution

	Solution	N	Mean	Standard deviation	Standard error	Confidence interval (95%)		Minimum	Maximum
						Lower bound	Upper bound		
Baseline length (mm)	1	15	3.6000	0.3606	0.0931	3.4003	3.7997	3.2	4.7
	2	15	3.4733	0.3035	0.0784	3.3053	3.6414	3.0	4.1
Final length (mm)	1	15	3.5733	0.3634	0.0938	3.3721	3.7746	3.2	4.7
	2	15	3.3867	0.2973	0.0768	3.2220	3.5513	2.9	4.1
Variation in length (%)	1	15	-0.742 (0.0267mm)	1.2748	0.3292	-1.4479	-0.0359	-2.9	0
	2	15	-2.465 (0.0867mm)	2.3211	0.5993	-3.7506	-1.1799	-8.3	0

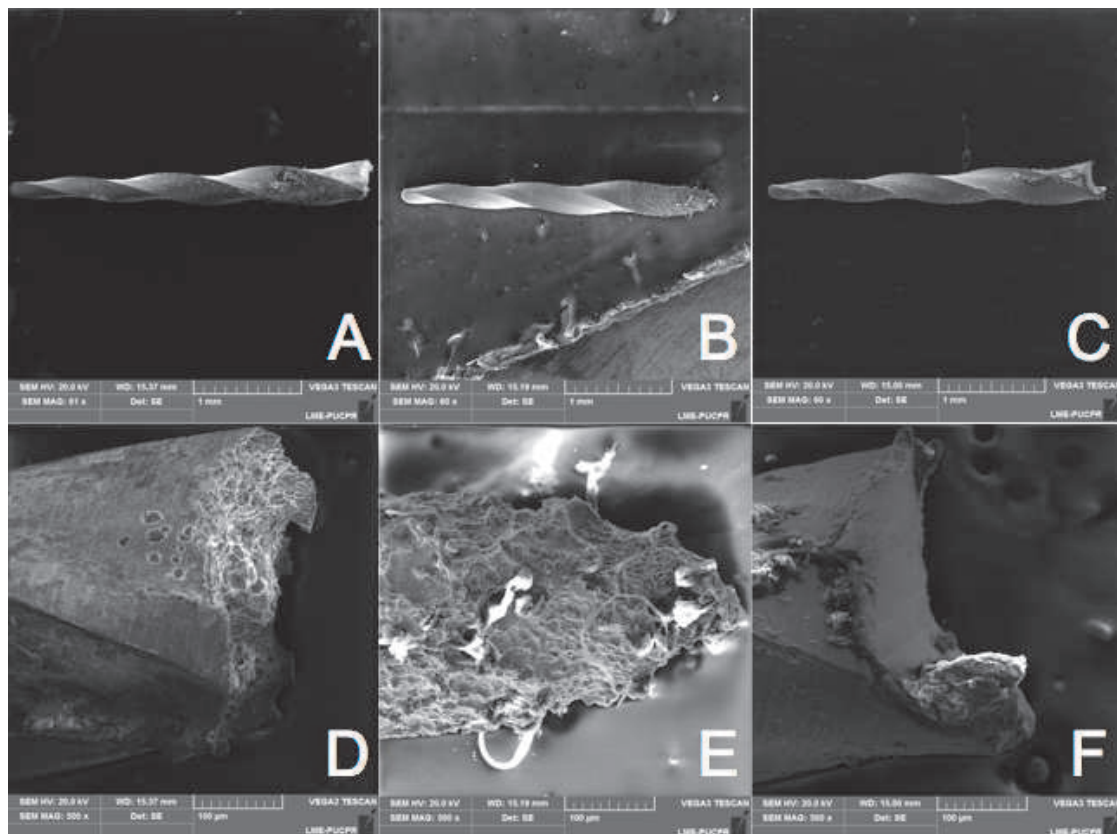


Figure 1. Scanning electromicrographs of instrument fragments submitted to electrochemical dissolution. (A) fragment tested with solution 1 at 60 X; (B) fragment tested with solution 2 at 60 X; (C) control group fragment at 60 X; (D) fragment tested with solution 1 at 500 X; (E) fragment tested with solution 2 at 500 X; (F) control group fragment at 500 X.

Discussion

The development of a device that does not cause excessive removal of dentin for removal of fractured instruments is not consistent with the contemporary concept of minimally invasive dental treatment. The electrochemical dissolution of nickel-titanium instruments has yielded promising results.

Even though preliminary research studies have used simulated resin blocks (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015, Amaral *et al.* 2015), they do not reliably reflect the anatomy of natural teeth. Although they can reproduce identical anatomical patterns and visually warrant the contact between the platinum electrode and the instrument fragment (Ormiga *et al.* 2015), anatomical aspects of the root canal system and the physicochemical characteristics of dentin may interfere with the experiment results.

The present experiment is the first study on electrochemical dissolution to use human teeth, and the inferior incisor was selected due to its relatively simple internal anatomy (Vertucci configuration of type I). The discrete curvatures were a relevant factor in assuring the contact between the electrode and the fragment. In addition, the average anatomical diameter of the canal at the level of the fracture is lower than the diameter of the PTU F1 instrument (Milanezi de Almeida *et al.* 2013), allowing for the lock of the instrument in the dentin at the time of fracture. While the fracture rate of rotary instruments is higher in mesial roots of inferior molars (Cujé *et al.* 2010, Nevares *et al.* 2012), the anatomical diameter of inferior incisors is similar to that of the mesial canals of inferior molars at the most apical 2 mm (Wu *et al.* 2000), eliminating the problem with the curvature.

The bypass of the fragment of the fractured instrument with small diameter manual instruments allows maintaining the endodontic treatment (Parashos & Messer 2006, Tzanetakis *et al.* 2008, Madarati *et al.* 2013). This technique was not used as an indicator of success after the electrochemical dissolution tests, as occurred in previous studies (Aboud *et al.* 2014, Ormiga *et al.* 2015, Amaral *et al.* 2015). It is known that inferior incisors have a high prevalence of flat canals in their apical 3 mm (Milanezi de Almeida *et al.* 2013). The absence of mechanical interlock between the instrument fragment and the buccal and lingual walls could incorrectly indicate dissolution of the fractured instrument when small diameter manual instruments are used for bypassing.

The root canal shaping allowed confirming the hypothesis made by Ormiga *et al.* (2015). Unlike the results observed in tests with simulated canals, in which the solution comes in direct contact only with the cross-section of the fragment, the solution may have reached larger depths in inferior incisors. The lack of contact between the fragment and the buccal and/or lingual walls may have allowed for a larger contact between the fragment and the test solution. Despite a larger contact between the solutions and the fragment, total dissolution was not observed in any of the tested cases. The low availability of electrolytes within the root canal is apparently a limiting factor. Even by using electrolytes beyond the limits of the pulp chamber, the small size of the root canal requires that the technique be improved.

In an attempt to make up for these physical limitations, it was proposed that the chemical composition of the solution introduced by Aboud *et al.* (2014) be

changed through the saturation of sodium chloride. The increase in NaCl concentration favored the electrochemical dissolution of the NiTi alloy, as the presence of chloride ions and fluoride ions strengthen the process of corrosion because of their synergistic action (Li *et al.* 2007). Titanium is corroded by hydrofluoric acid, and the more acidic the solution, the larger the conversion of fluoride ions to hydrofluoric acid (Ahn *et al.* 2006, Matono *et al.* 2006). This acid acts by breaking the layer of titanium dioxide that covers the alloy, and a new layer of Na₂TiF₆ that is less resistant to corrosion then forms (Huang 2002, Huang *et al.* 2003). Although the acidification of the solution favors corrosion, making it richer in hydrogen ions, thereby weakening the alloy exposed to the solution, a possibly harmful effect on the dentin structure limited the use of substances with a pH less than 5.0 (Aboud *et al.* 2014).

Even though the corrosive potential of fluoride is more negative than that of chloride, indicating that fluoride is more aggressive to the alloy, evidently resistance to corrosion of NiTi alloys immersed in chloride solution is more sensitive to the quality of the material than those immersed in fluoride solution (Li *et al.* 2007). The sodium chloride concentrate in electrolytic processes releases active chlorine, sodium hydroxide (NaOH), and hydrogen. The resistance to corrosion of NiTi alloys is possible due to the passive film made up of a layer of TiO₂ and of nickel oxides (NiO and Ni₂O₃). Nickel oxides are less stable and tend to be easily dissolvable, especially in the presence of chloride ions (Sun *et al.* 2002). Chlorine at low concentrations tampers with the passive film of nickel alloys, but as its concentration increases, the susceptibility of these alloys to pitting corrosion also increases (Wang *et al.* 2006). Likewise, the release of hydrogen acidifies the solution, optimizing the process.

Two of the partially immersed instruments in solution 2 were totally dissolved at an average time of 9 minutes. This time was shorter than the 30 minutes observed by Aboud *et al.* (2014) and by Ormiga *et al.* (2015), attesting to the better performance obtained from sodium chloride saturation. In the remaining cases of the same solution, the instruments fractured in the lengths corresponding to D6. In these cases, the tests were interrupted. The precipitate fragments in the bottom of the container with the solutions were extremely friable in the presence of minimum loads.

The dissolution of PTU F1 fragments within root canals was confirmed. Although the interpretation of the graphs produced by the potentiostat corroborates the active dissolution of fragments, the analysis of radiographic images demonstrated that the length of fragments did not change in some samples. Only SEM can visually detect corrosion of the material in some cases. The fragments immersed in the fluoridated solution of saturated sodium chloride yielded images with predominantly circumferential corrosion and longitudinally less evident. Therefore, the radiographic interpretation showing reduction in the length of fragments should be viewed with caution. The circumferential dissolution of the fragment facilitates bypassing through small diameter manual instruments, allowing for reinsertion into the root canal system, consequently maintaining the endodontic treatment. The difficulty in resuming endodontic treatment in the presence of fractured instruments was introduced by Tzanetakis *et al.* (2008). They reported 62.5% of failure in bypassing attempts or in the removal of apical fragments performed by graduate students.

Polarization tests in immersed rotary instruments showed a certain pattern of polarization curves that cannot be observed in experiments conducted in root canals. The anatomy of root canals interfered with the transmission of electrical current. Moreover, there was saturation of the solution within the canal, and therefore, replacement of the electrolyte was not possible as the electrical current abruptly changed its value when the position of the working electrode was altered. The same happened when an irrigation needle was inserted at the entrance of the root canal in an attempt to replace the solution. This was aggravated by the position of fractured instruments within the canals. Instrument fractures at the apical level were selected because they are close to clinical reality (Parashos & Messer 2006, Tzanetakis *et al.* 2008). In the case of canals with no or small curvature, the removal of fragments of fractures at the cervical or medial level would be easier, through the use of different techniques or bypassing the fragments with small diameter manual instruments.

The maximum electrical current (0.4527 mA) exceeded that obtained by Ormiga *et al.* (2015), 0.17 mA, when they tested 3-mm fragments of ProTaper F1 instruments fractured with resin-simulated canals. The increase in sodium chloride concentration led to an elevation of electrical current values.

During the intracanal polarization tests, it was possible to observe sharp decreases in electrical current values. Such decreases suggest loss of contact between the electrode and the fragment, either by partial dissolution of the fragment or by displacement of the working electrode. The platinum filaments used as working electrodes were taut, so, even in the presence of slight dissolution of the fragment, the filament would not lose physical contact. This highlights the need to provide better contact between the fragment, the electrode, and the solution (Ormiga *et al.* 2015).

Conclusion

The saturation of the solution fluoridated with sodium chloride increased the electrical current values and reduced the length of the fragments of instruments fractured within human root canals submitted to electrochemical dissolution.

References

Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031-43.

Souter NJ, Messer HH. Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. *J Endod* 2005;31:450-2.

Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *J Endod* 2005;31:333-40.

Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ. The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *J Endod* 2007;33:21-3.

Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PMH. Management of intracanal separated instruments. *J Endod* 2013;39:569-81.

Ormiga F, da Cunha Ponciano Gomes JA, de Araujo MC. Dissolution of nickel-titanium endodontic files via an electrochemical process: a new concept for future retrieval of fractured files in root canals. *J Endod* 2010;36:717-20.

Aboud LR, Ormiga F, Gomes JA. Electrochemical induced dissolution of fragments of nickel-titanium endodontic files and their removal from simulated root canals. *Int Endod J* 2014;47:155-62.

Ormiga F, Aboud LR, Gomes JA. Electrochemical-induced dissolution of nickel-titanium endodontic instruments with different designs. *Int Endod J* 2015;48:342-50.

Ahn HS, Kim MJ, Seol HJ, Lee JH, Kim HI, Kwon YH. Effect of pH and temperature on orthodontic NiTi wires immersed in acidic fluoride solution. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006;79:7-15.

Li X, Wang J, Han EH, Ke W. Influence of fluoride and chloride on corrosion behavior of NiTi orthodontic wires. *Acta Biomater* 2007;3:807-15.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58:589-99.

Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation *in vitro*. *J Endod* 1991;17:570-2.

Amaral CC, Ormiga F, Gomes JA. Electrochemical-induced dissolution of stainless steel files. *Int Endod J* 2015;48:137-44.

Milanezi de Almeida MM, Bernardineli N, Ordinola-Zapata R, Villas Bôas MH, Amoroso Silva PA, Brandão CG, Guimarães BM, Gomes de Moraes I, Húngaro Duarte MA. Micro-computed tomography analysis of the root canal anatomy and prevalence of oval canals in mandibular incisors. *J Endod* 2013;39:1529-33.

Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J* 2010;43:545-54.

Nevares G, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE. Success rates for removing or bypassing fractured instruments: a prospective clinical study. *J Endod* 2012;38:442-4.

Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89:739-43.

Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG, Maurikou DV, Marzelou MP. Prevalence and management of instrument fracture in the postgraduate endodontic program at the dental school of Athens: a five-year retrospective clinical study. *J Endod* 2008;34:675-8.

Matono Y, Nakagawa M, Matsuya S, Ishikawa K, Terada Y. Corrosion behavior of pure titanium and titanium alloys in various concentrations of Acidulated Phosphate Fluoride (APF) solutions. *Dent Mater J* 2006;25:104-12.

Huang HH. Effects of fluoride concentration and elastic tensile strain on the corrosion resistance of commercially pure titanium. *Biomaterials* 2002;23:59-63.

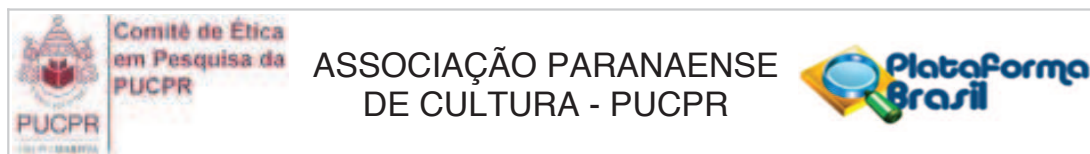
Huang HH, Chiu YH, Lee TH, Wu SC, Yang HW, Su KH, Hsu CC. Ion release from NiTi orthodontic wire in artificial saliva with various acidities. *Biomaterials* 2003;24:3585-92.

Sun EX, Fine S, Nowak WB. Electrochemical behavior of nitinol alloy in Ringer's solution. *J Mater Sci Mater Med* 2002;13:959-64.

Wang J, Li N, Han EH, Ke W. Effect of pH, temperature and Cl^- concentration on electrochemical behavior of NiTi shape memory alloy in artificial saliva. *J Mater Sci Mater Med* 2006;17:885-90.

ANEXO

Parecer de comitê de ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO IN VITRO DA DISSOLUÇÃO ELETROQUÍMICA DE LIMAS DE NÍQUEL-TITÂNIO EM DENTES HUMANOS EXTRAÍDOS

Pesquisador: Everdan Carneiro

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 34429314.2.0000.0020

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica do Parana - PUCPR

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 752.237

Data da Relatoria: 13/08/2014

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto da odontologia que tem como finalidade verificar se a dissolução eletroquímica pode ser utilizada na endodontia em casos de instrumentos fraturados no interior de canais radiculares. Para tanto utilizará 120 dentes do Banco de Dentes da PUCPR.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo deste trabalho é avaliar a empregabilidade da dissolução eletroquímica de ligas de níquel-titânio em dentes humanos extraídos.

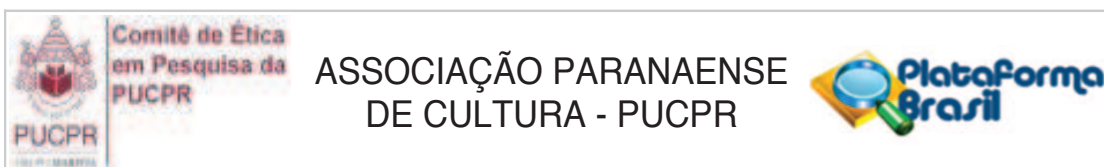
Objetivo Secundário:

Testar a interferência da presença de íons fluoreto e cloreto na composição do eletrólito no tempo necessário para a promoção de dissolução eletroquímica de limas fraturadas em canais radiculares de dentes extraídos. Construir um protótipo portátil para transmissão de corrente elétrica contínua até a lima fraturada evitando a necessidade de laboratórios especializados para os testes em dentes extraídos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Relação Risco X Benefício atende os parâmetros éticos.

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2292 **Fax:** (41)3271-2292 **E-mail:** nep@pucpr.br



Continuação do Parecer: 752.237

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta critérios de inclusão e exclusão claros, metodologia bem definida, cronograma e orçamento. Apresenta também a Carta de autorização do Banco de dentes para a retirada da amostra a ser utilizada na pesquisa,

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresenta TCUD.

É liberado, pela característica da pesquisa de TCLE.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pelo apresentado acima considera-se este Projeto com viabilidade ética de execução.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista as conclusões do colegiado, considera-se este projeto aprovado.

CURITIBA, 15 de Agosto de 2014

Assinado por:
NAIM AKEL FILHO
(Coordenador)

Endereço: Rua Imaculada Conceição 1155
Bairro: Prado Velho **CEP:** 80.215-901
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3271-2292 **Fax:** (41)3271-2292 **E-mail:** nep@pucpr.br

Metodologia complementar

Células eletroquímicas

De acordo com a finalidade de cada teste, as células eletroquímicas foram organizadas variando-se o eletrodo de trabalho.

Para os testes de potencial de circuito aberto e de polarização potenciodinâmica, a célula era composta de três eletrodos: um eletrodo de calomelano saturado foi utilizado como eletrodo de referência, um eletrodo de platina como contra-eletrodo, e um eletrodo plano de NiTi como eletrodo de trabalho (Figura 2).

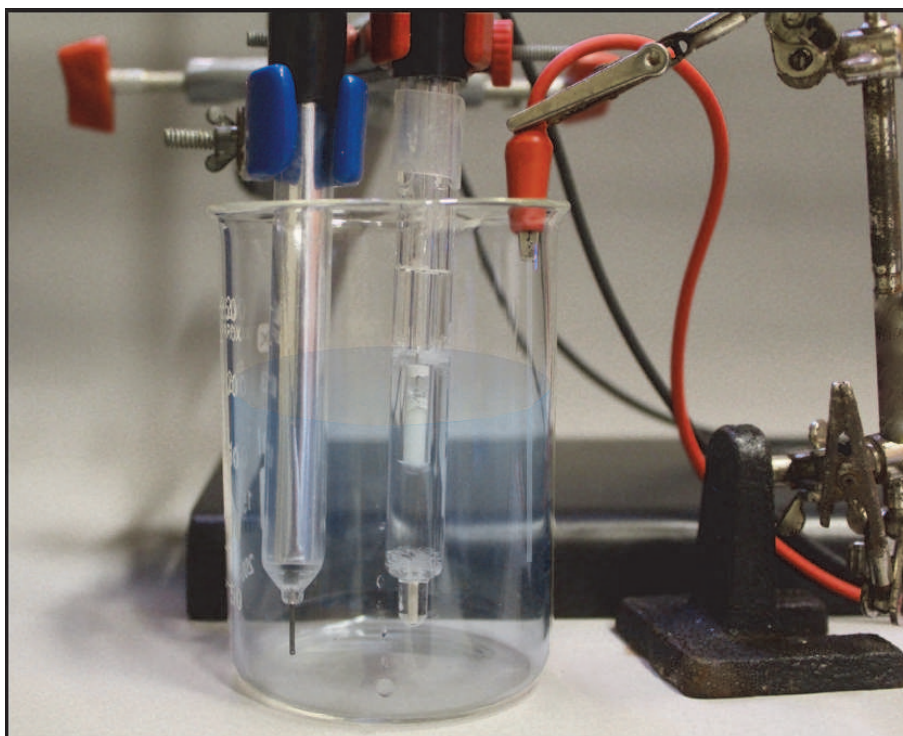


Figura 2. Célula eletroquímica composta de três eletrodos. Contra-eletrodo, eletrodo de referência e eletrodo de trabalho (da esquerda para a direita).

Para o teste de polarização de instrumentos ProTaper Universal F1 (PTU F1) imersos nas soluções, o eletrodo de trabalho foi substituído por um instrumento PTU F1 com 6mm imerso na solução (Figura 3).

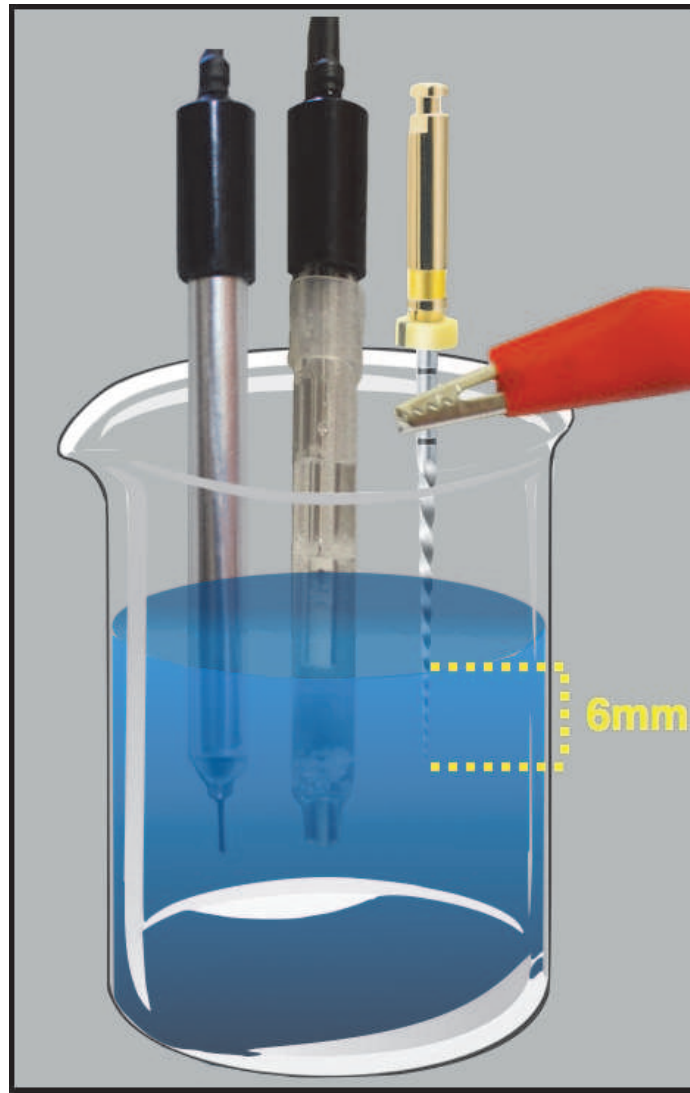


Figura 3. Representação esquemática da célula eletroquímica utilizada no teste de polarização de instrumentos PTU F1 com 6 mm apicais imersos nas soluções.

Finalmente, para o teste de polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanaís, o eletrodo de trabalho foi substituído por um filamento de platina com diâmetro de 0,25 mm. O eletrodo de trabalho era posicionado de maneira a estabelecer contato físico com o fragmento do instrumento fraturado no canal radicular do incisivo inferior (Figura 4).

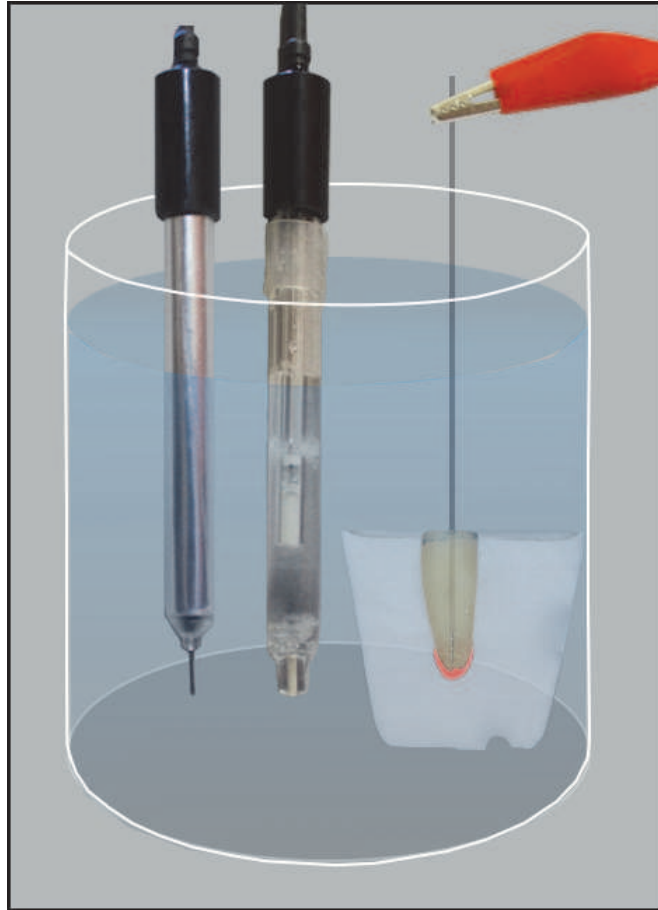


Figura 4. Representação esquemática da célula eletroquímica utilizada no teste de polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanais.

Preparo das amostras para o teste de polarização dos fragmentos de instrumentos PTU F1 intracanais

Após a seleção dos dentes, secção das coroas e esvaziamento dos canais, a preparação dos instrumentos endodônticos rotatórios Protaper Universal F1 foi realizada da seguinte forma. Instrumentos PTU F1 do mesmo lote de fabricação (1402001419) foram selecionados. Cada instrumento PTU F1 foi marcado com uma caneta marcadora permanente de ponta fina a 3mm de sua ponta com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 5A). Neste ponto foi realizado um desgaste com um disco diamantado de dupla face de aproximadamente metade da secção transversal dos instrumentos (Figura 5B e 5C). Os instrumentos foram acoplados a um motor elétrico e acionados no interior dos canais radiculares até a fratura.

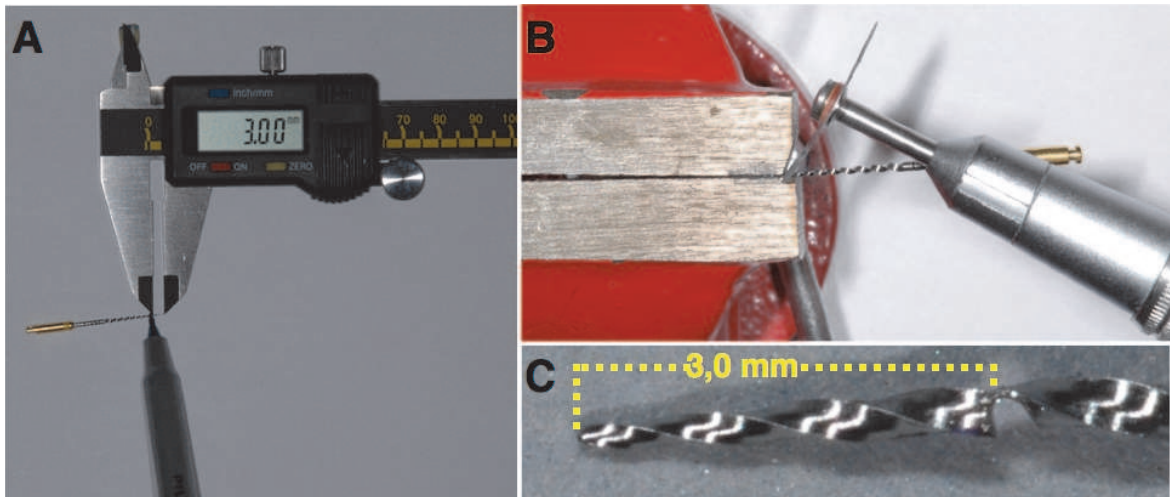


Figura 5. (A) Demarcação dos instrumentos com caneta marcadora permanente. (B e C) Desgaste parcial dos instrumentos realizado com disco diamantado.

Em um molde de polietileno com nichos em forma de paralelepípedos retangulares (com dimensões de 2,5 cm – altura X 2,8 cm – largura X 4,0 cm - comprimento) foi inserido elastômero de silicone (Casa do Silicone, Equipe Positiva Comércio Ltda, Curitiba, Brasil) e as raízes foram adaptadas até o limite cervical (Figura 6).

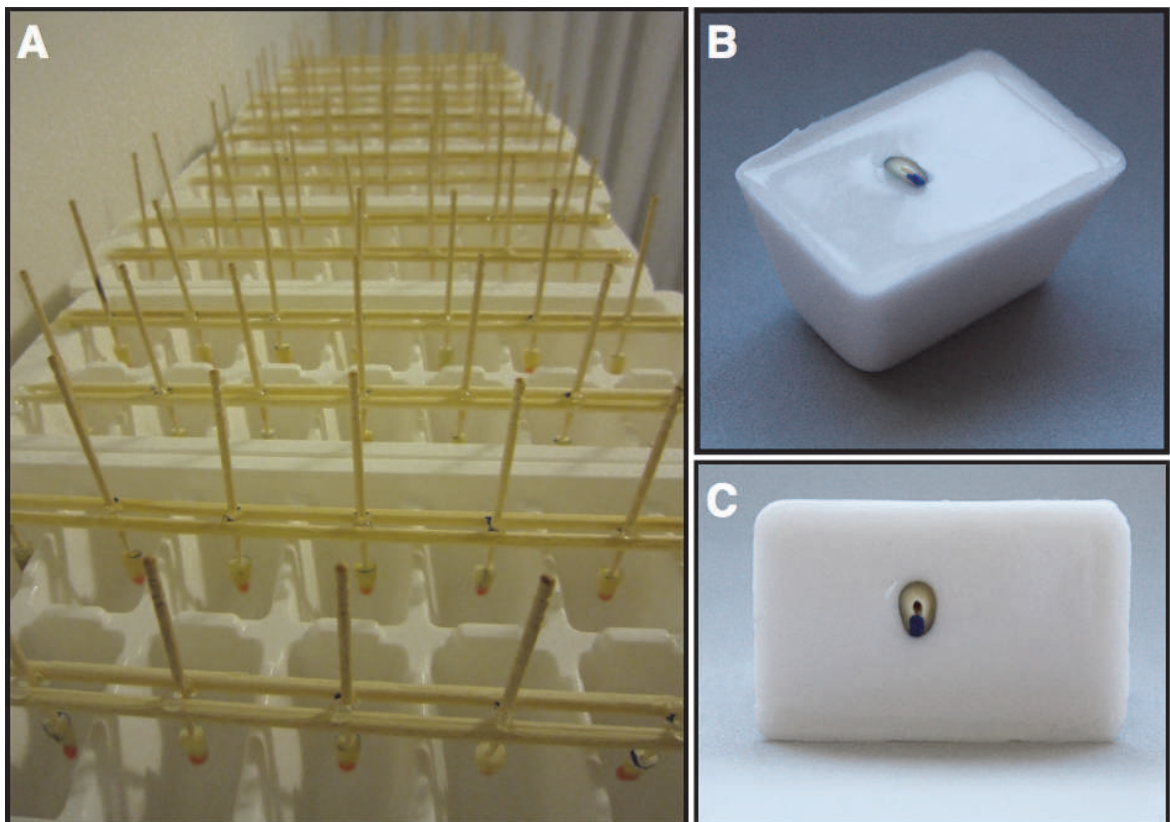


Figura 6. (A) Adaptação das raízes aos moldes de polietileno. (B e C) Blocos de silicone contendo as raízes dos incisivos inferiores com os instrumentos fraturados.

Padronização das imagens radiográficas

Uma plataforma radiográfica foi construída para as tomadas radiográficas pré e pós-experimento. Um nicho idêntico ao utilizado para a construção dos blocos de silicone foi adaptado à plataforma, com o objetivo de que os blocos de silicone fossem posicionados de forma idêntica antes e após o experimento. Um molde de silicone foi adaptado para a fixação de um sensor digital intraoral para radiografias (Kodak RVG5000, Carestream Health , Inc Rochester, Nova Iorque, EUA).

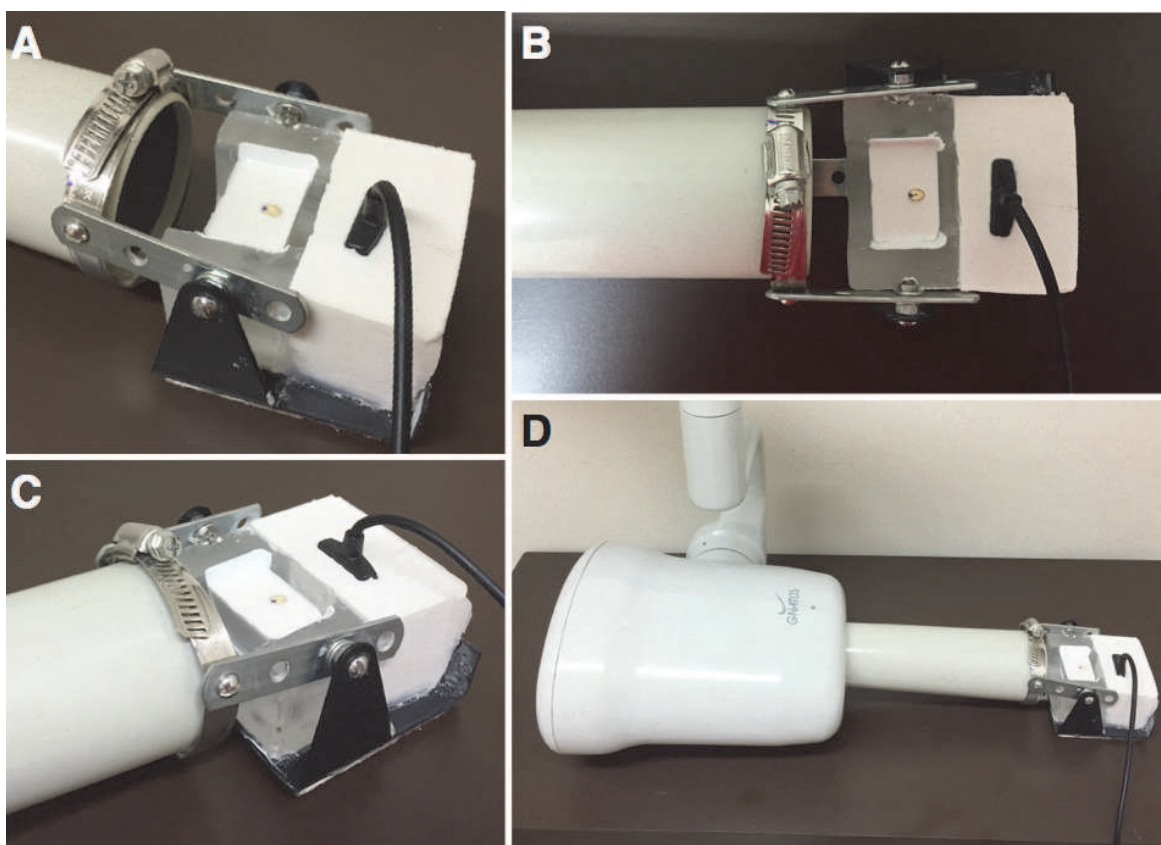


Figura 7. (A-D) Plataforma radiográfica acoplada ao aparelho de radiografias intraorais. Bloco de silicone posicionado em nicho próprio. Sensor radiográfico estabilizado em nicho específico.

Análise estatística

1 - Comparação de corrente elétrica em instrumentos parcialmente imersos variando-se a solução

Descritivos

Solução 1

Corrente Elétrica (Miliamperes)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	10	,264334	,1333779	,0421778	,168922	,359747	,0444	,4323
30	10	11,370360	12,8881566	4,0755930	2,150728	20,589992	,5891	33,7676
60	10	23,901172	25,4995036	8,0636511	5,659926	42,142418	,3752	57,4012
90	10	26,326998	27,7833950	8,7858809	6,451955	46,202042	,3072	60,1543
120	10	26,472186	27,8029781	8,7920736	6,583134	46,361238	,2755	57,5249
150	10	25,484679	26,6804940	8,4371130	6,398603	44,570754	,2542	53,5499
180	10	24,044476	25,1514957	7,9536013	6,052180	42,036772	,2352	50,9205
210	10	22,274577	23,2674840	7,3578245	5,630021	38,919132	,2243	47,9045
240	10	20,101313	21,0131621	6,6449453	5,069403	35,133224	,2170	42,6766
270	10	15,963466	16,6685821	5,2710685	4,039480	27,887451	,2126	34,4791
300	10	13,126912	13,7590798	4,3510031	3,284260	22,969565	,2079	28,2768
330	10	10,708805	11,1239051	3,5176876	2,751242	18,666367	,2037	23,0644
360	10	8,757485	9,1242274	2,8853340	2,230406	15,284564	,2009	20,3732
390	10	7,356305	7,6281875	2,4122447	1,899428	12,813181	,1994	16,8312
420	10	5,084580	5,2993257	1,6757939	1,293670	8,875489	,1930	12,6861
450	10	2,484102	2,8425812	,8989031	,450642	4,517562	,1925	7,7212
480	10	1,856920	2,2168857	,7010408	,271055	3,442784	,1910	6,3291
510	10	1,370350	1,5260705	,4825859	,278665	2,462035	,1885	4,4566
540	10	,901096	,8034616	,2540769	,326334	1,475858	,1876	2,3191
570	5	,193405	,0085439	,0038209	,182796	,204014	,1838	,2050
600	5	,192938	,0087604	,0039178	,182061	,203815	,1830	,2047
630	5	,193187	,0084220	,0037664	,182730	,203644	,1844	,2042
660	5	,193841	,0089521	,0040035	,182725	,204956	,1838	,2048
690	5	,193436	,0094420	,0042226	,181712	,205160	,1826	,2055
720	5	,192315	,0097772	,0043725	,180175	,204455	,1813	,2055
750	5	,191818	,0105171	,0047034	,178759	,204876	,1804	,2058
780	5	,191662	,0106526	,0047640	,178435	,204889	,1818	,2064
810	5	,191444	,0106105	,0047452	,178269	,204619	,1801	,2069
840	5	,191818	,0110264	,0049311	,178127	,205509	,1793	,2072
870	5	,192098	,0108998	,0048745	,178564	,205632	,1804	,2072
900	5	,192160	,0108370	,0048465	,178704	,205616	,1807	,2075
930	5	,191320	,0118992	,0053215	,176545	,206094	,1781	,2075
960	5	,191817	,0118161	,0052843	,177146	,206489	,1787	,2078
990	5	,192191	,0119105	,0053266	,177402	,206980	,1787	,2081
1020	5	,192129	,0119142	,0053282	,177335	,206922	,1779	,2075
1050	5	,191786	,0118313	,0052911	,177096	,206477	,1776	,2067
1080	5	,192160	,0118633	,0053054	,177429	,206890	,1785	,2073
1110	5	,191786	,0118076	,0052805	,177125	,206448	,1781	,2073
1140	5	,191288	,0119214	,0053314	,176486	,206091	,1787	,2078

1170	5	,190324	,0129023	,0057701	,174303	,206344	,1776	,2084
1200	5	,190790	,0124124	,0055510	,175378	,206202	,1774	,2078
1230	5	,191008	,0119702	,0053532	,176145	,205871	,1781	,2073
1260	5	,190604	,0126992	,0056793	,174835	,206372	,1756	,2078
1290	5	,191631	,0125761	,0056242	,176015	,207246	,1779	,2083
1320	5	,192160	,0132745	,0059365	,175677	,208642	,1779	,2086
1350	5	,192098	,0137658	,0061563	,175005	,209190	,1776	,2097
1380	5	,190946	,0141189	,0063142	,173415	,208477	,1768	,2092
1410	5	,190292	,0140064	,0062638	,172901	,207684	,1762	,2089
1440	5	,191288	,0132606	,0059303	,174823	,207753	,1771	,2089
1470	5	,192129	,0128472	,0057455	,176177	,208081	,1782	,2095
1500	5	,192409	,0129933	,0058108	,176276	,208542	,1784	,2101
1530	5	,192533	,0135598	,0060641	,175696	,209370	,1777	,2106
1560	5	,192191	,0140437	,0062806	,174753	,209629	,1765	,2104
1590	5	,191755	,0139433	,0062356	,174442	,209068	,1763	,2101
1620	5	,191039	,0143449	,0064152	,173228	,208851	,1737	,2086
1650	5	,191537	,0133861	,0059864	,174916	,208158	,1745	,2078
1680	5	,193311	,0124247	,0055565	,177884	,208739	,1776	,2090
1710	5	,193093	,0138696	,0062027	,175872	,210315	,1737	,2093
1740	5	,192938	,0138103	,0061761	,175790	,210086	,1737	,2093
1770	5	,192813	,0137150	,0061335	,175784	,209843	,1754	,2106
1800	5	,192969	,0146290	,0065423	,174805	,211133	,1754	,2120
Total	400	6,297059	14,3936070	,7196804	4,882219	7,711898	,0444	60,1543

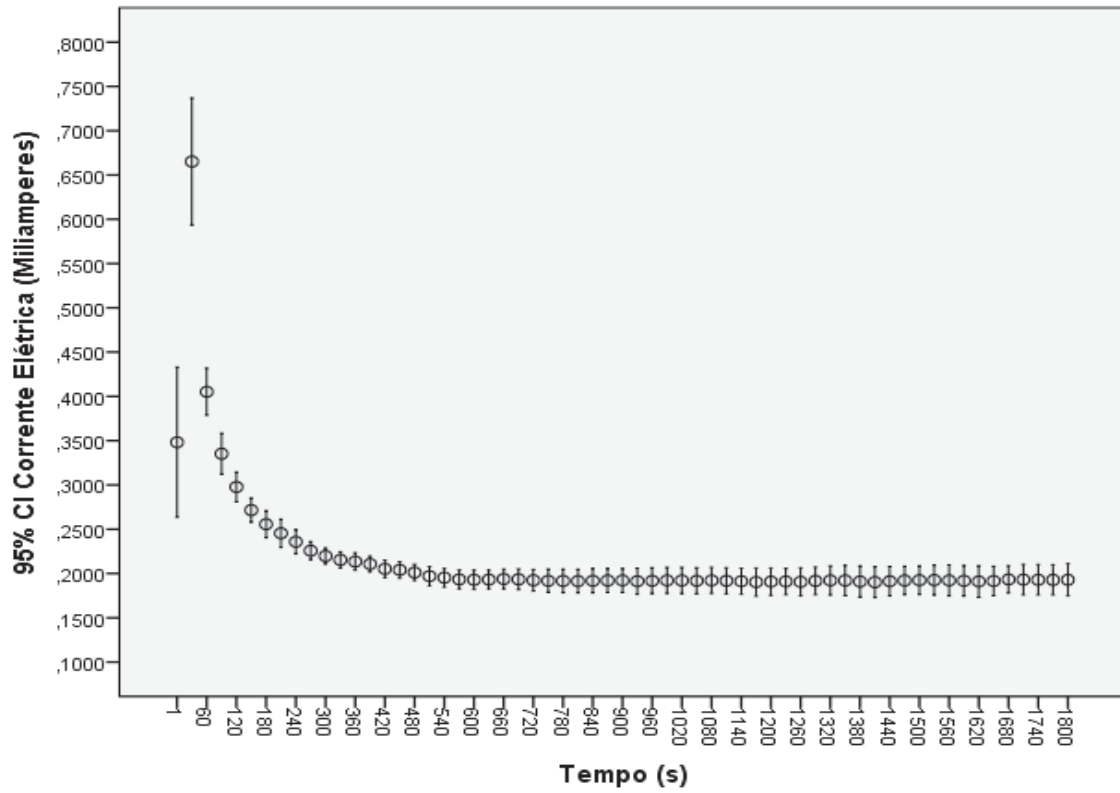
Solução 2

Corrente Elétrica (Miliamperes)

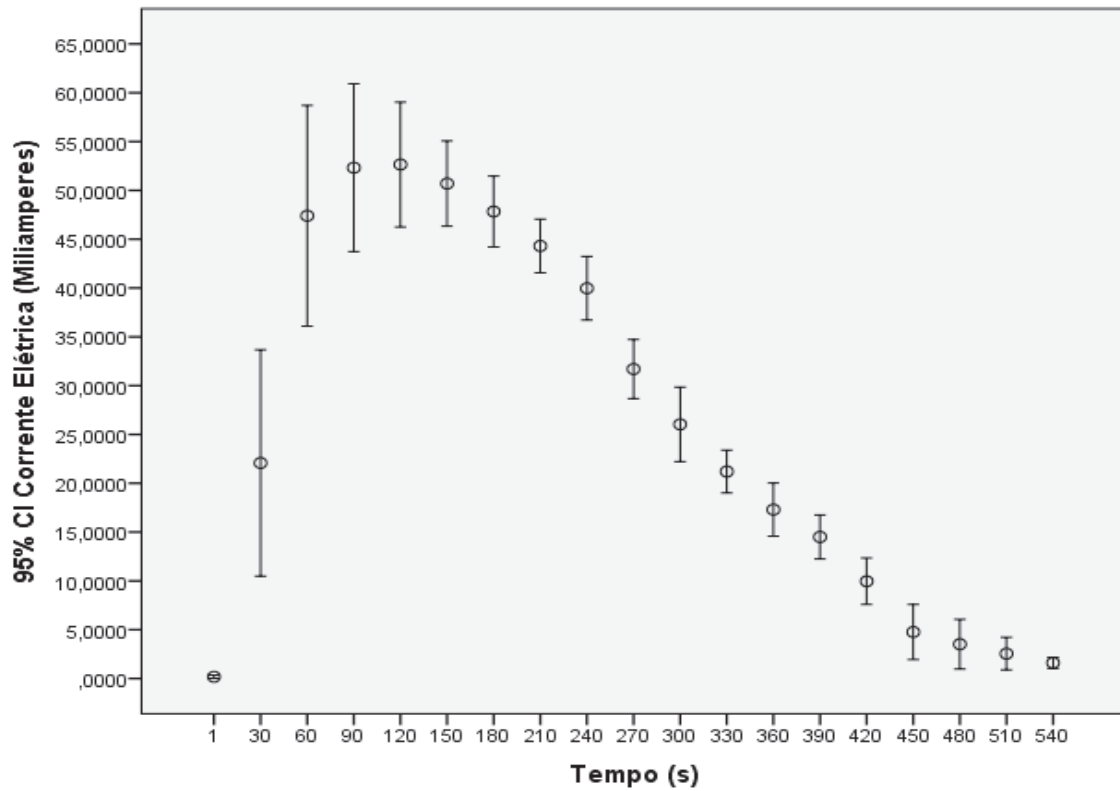
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	,348215	,0682249	,0305111	,263503	,432927	,2727	,4323
2	5	,665120	,0577806	,0258403	,593375	,736864	,5891	,7483
3	5	,405203	,0214920	,0096115	,378517	,431889	,3752	,4295
4	5	,335237	,0185805	,0083095	,312166	,358308	,3072	,3556
5	5	,297732	,0135316	,0060515	,280930	,314534	,2755	,3094
6	5	,271557	,0110796	,0049549	,257800	,285314	,2542	,2803
7	5	,255652	,0121635	,0054397	,240549	,270755	,2352	,2643
8	5	,245413	,0128526	,0057479	,229454	,261372	,2243	,2566
9	5	,235827	,0109404	,0048927	,222242	,249411	,2170	,2440
10	5	,225711	,0081797	,0036581	,215555	,235868	,2126	,2344
11	5	,219705	,0073854	,0033028	,210534	,228875	,2079	,2283
12	5	,215409	,0073381	,0032817	,206298	,224521	,2037	,2238
13	5	,213511	,0078594	,0035148	,203752	,223270	,2009	,2212
14	5	,210710	,0073482	,0032862	,201586	,219834	,1994	,2198
15	5	,205263	,0079985	,0035771	,195331	,215195	,1930	,2148
16	5	,204018	,0075587	,0033803	,194632	,213403	,1925	,2134
17	5	,201186	,0073347	,0032802	,192079	,210293	,1910	,2112
18	5	,197046	,0087930	,0039323	,186128	,207964	,1885	,2092
19	5	,195272	,0083838	,0037494	,184862	,205682	,1876	,2062
20	5	,193405	,0085439	,0038209	,182796	,204014	,1838	,2050
21	5	,192938	,0087604	,0039178	,182061	,203815	,1830	,2047
22	5	,193187	,0084220	,0037664	,182730	,203644	,1844	,2042
23	5	,193841	,0089521	,0040035	,182725	,204956	,1838	,2048
24	5	,193436	,0094420	,0042226	,181712	,205160	,1826	,2055
25	5	,192315	,0097772	,0043725	,180175	,204455	,1813	,2055
26	5	,191818	,0105171	,0047034	,178759	,204876	,1804	,2058

27	5	,191662	,0106526	,0047640	,178435	,204889	,1818	,2064
28	5	,191444	,0106105	,0047452	,178269	,204619	,1801	,2069
29	5	,191818	,0110264	,0049311	,178127	,205509	,1793	,2072
30	5	,192098	,0108998	,0048745	,178564	,205632	,1804	,2072
31	5	,192160	,0108370	,0048465	,178704	,205616	,1807	,2075
32	5	,191320	,0118992	,0053215	,176545	,206094	,1781	,2075
33	5	,191817	,0118161	,0052843	,177146	,206489	,1787	,2078
34	5	,192191	,0119105	,0053266	,177402	,206980	,1787	,2081
35	5	,192129	,0119142	,0053282	,177335	,206922	,1779	,2075
36	5	,191786	,0118313	,0052911	,177096	,206477	,1776	,2067
37	5	,192160	,0118633	,0053054	,177429	,206890	,1785	,2073
38	5	,191786	,0118076	,0052805	,177125	,206448	,1781	,2073
39	5	,191288	,0119214	,0053314	,176486	,206091	,1787	,2078
40	5	,190324	,0129023	,0057701	,174303	,206344	,1776	,2084
41	5	,190790	,0124124	,0055510	,175378	,206202	,1774	,2078
42	5	,191008	,0119702	,0053532	,176145	,205871	,1781	,2073
43	5	,190604	,0126992	,0056793	,174835	,206372	,1756	,2078
44	5	,191631	,0125761	,0056242	,176015	,207246	,1779	,2083
45	5	,192160	,0132745	,0059365	,175677	,208642	,1779	,2086
46	5	,192098	,0137658	,0061563	,175005	,209190	,1776	,2097
47	5	,190946	,0141189	,0063142	,173415	,208477	,1768	,2092
48	5	,190292	,0140064	,0062638	,172901	,207684	,1762	,2089
49	5	,191288	,0132606	,0059303	,174823	,207753	,1771	,2089
50	5	,192129	,0128472	,0057455	,176177	,208081	,1782	,2095
51	5	,192409	,0129933	,0058108	,176276	,208542	,1784	,2101
52	5	,192533	,0135598	,0060641	,175696	,209370	,1777	,2106
53	5	,192191	,0140437	,0062806	,174753	,209629	,1765	,2104
54	5	,191755	,0139433	,0062356	,174442	,209068	,1763	,2101
55	5	,191039	,0143449	,0064152	,173228	,208851	,1737	,2086
56	5	,191537	,0133861	,0059864	,174916	,208158	,1745	,2078
57	5	,193311	,0124247	,0055565	,177884	,208739	,1776	,2090
58	5	,193093	,0138696	,0062027	,175872	,210315	,1737	,2093
59	5	,192938	,0138103	,0061761	,175790	,210086	,1737	,2093
60	5	,192813	,0137150	,0061335	,175784	,209843	,1754	,2106
61	5	,192969	,0146290	,0065423	,174805	,211133	,1754	,2120
62	5	,180454	,1333501	,0596360	,014878	,346030	,0444	,3464
63	5	22,075600	9,3395153	4,1767582	10,479060	33,672140	10,6702	33,7676
64	5	47,397140	9,1024036	4,0707186	36,095013	58,699267	38,0056	57,4012
65	5	52,318760	6,9198126	3,0946343	43,726678	60,910842	43,9140	60,1543
66	5	52,646640	5,1485244	2,3024901	46,253903	59,039377	45,8628	57,5249
67	5	50,697800	3,5221940	1,5751731	46,324418	55,071182	46,1412	53,5499
68	5	47,833300	2,9282100	1,3095353	44,197447	51,469153	43,9913	50,9205
69	5	44,303740	2,2102718	,9884636	41,559325	47,048155	42,2899	47,9045
70	5	39,966800	2,6268193	1,1747493	36,705173	43,228427	36,5981	42,6766
71	5	31,701220	2,4395329	1,0909923	28,672140	34,730300	28,4934	34,4791
72	5	26,034120	3,0761241	1,3756845	22,214607	29,853633	20,6980	28,2768
73	5	21,202200	1,7718430	,7923923	19,002166	23,402234	18,3470	23,0644
74	5	17,301460	2,1947927	,9815411	14,576265	20,026655	14,2019	20,3732
75	5	14,501900	1,8102269	,8095581	12,254206	16,749594	11,8973	16,8312
76	5	9,963896	1,9149491	,8563913	7,586173	12,341619	7,3964	12,6861
77	5	4,764186	2,2767493	1,0181932	1,937228	7,591144	2,2825	7,7212
78	5	3,512654	2,0503945	,9169643	,966753	6,058555	1,8722	6,3291
79	5	2,543654	1,3410158	,5997205	,878563	4,208745	1,3601	4,4566
80	5	1,606920	,4549176	,2034453	1,042065	2,171775	1,0945	2,3191
Total	400	6,297059	14,3936070	,7196804	4,882219	7,711898	,0444	60,1543

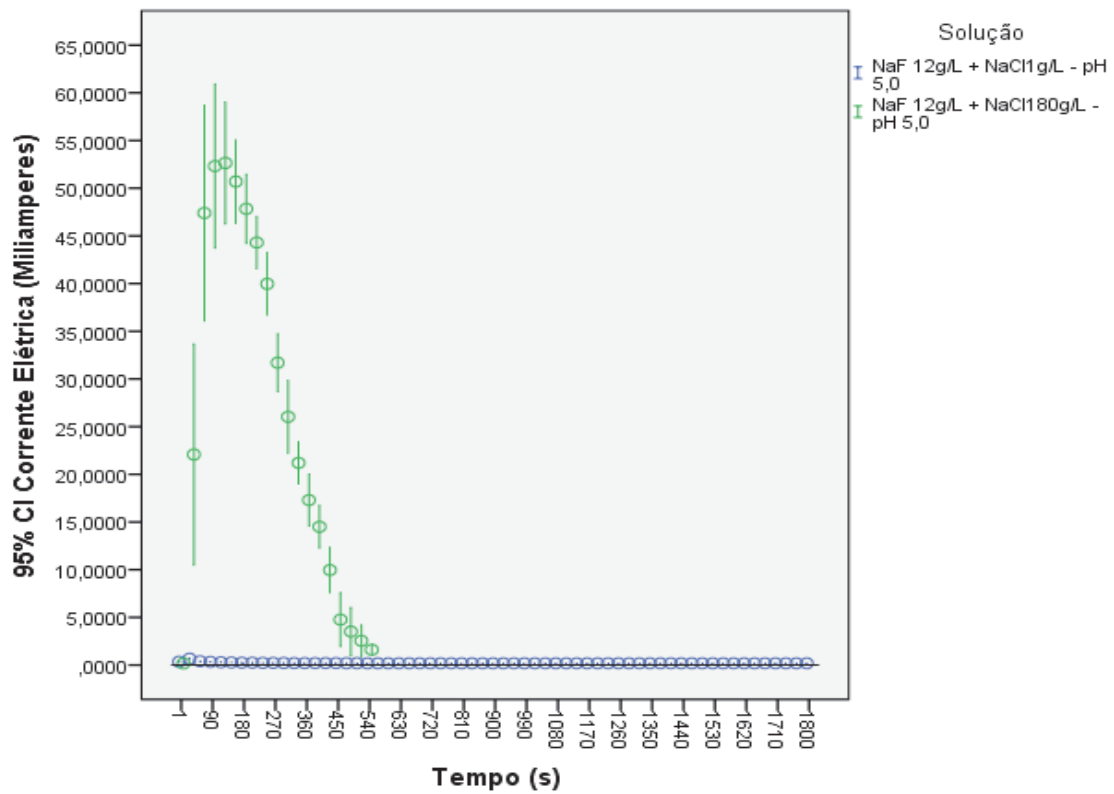
Solução 1



Solução 2



Soluções 1 e 2



2 - Comparação de corrente elétrica em aplicação intracanal variando-se a solução

Corrente elétrica

Descritivos

	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
				Lower Bound	Upper Bound		
Solução 1	,070622	,0518129	,0017129	,067260	,073983	,0001	,1991
Solução 2	,103222	,0721724	,0023859	,098539	,107904	,0010	,4527
Total	,086922	,0648876	,0015168	,083947	,089897	,0001	,4527

Teste de Levene

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
65,969	1	1828	,000

Teste ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,486	1	,486	123,196	,000
Within Groups	7,215	1828	,004		
Total	7,701	1829			

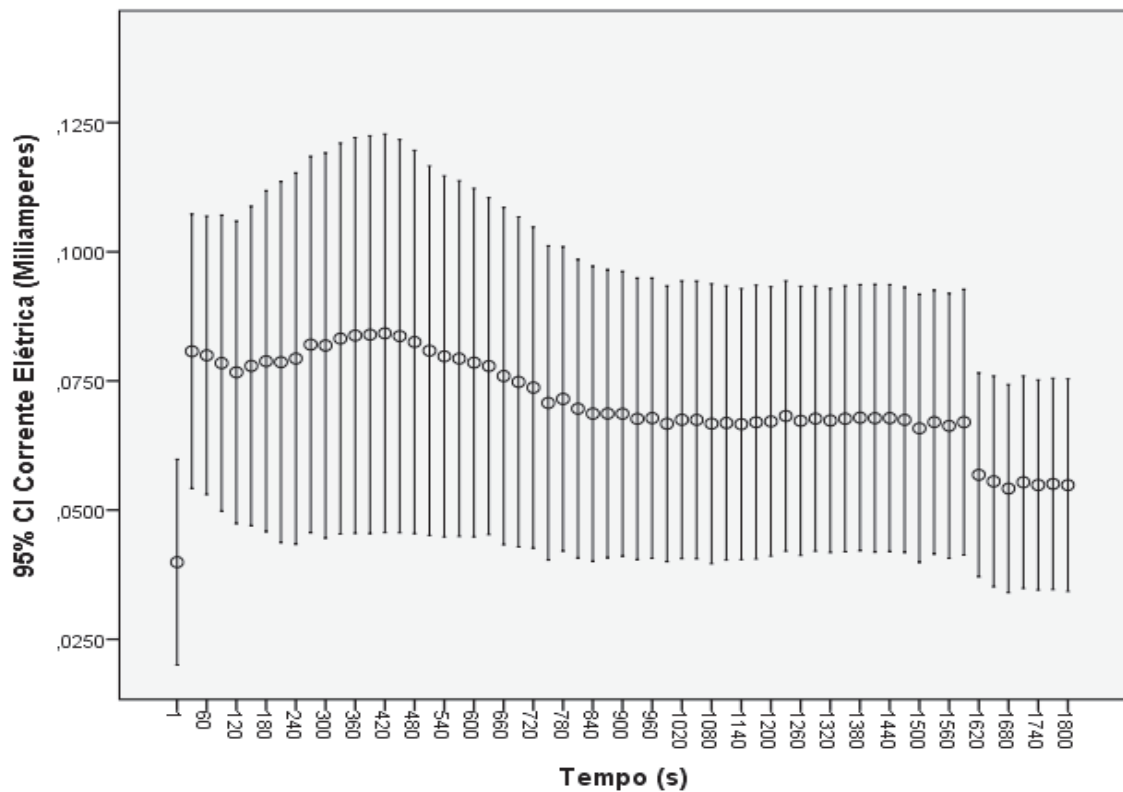
Corrente elétrica X tempo

Descritivos

Solução 1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	30	,069127	,0721464	,0131721	,042187	,096066	,0001	,2638
30	30	,130467	,0939975	,0171615	,095368	,165566	,0001	,4527
60	30	,132622	,0914276	,0166923	,098482	,166761	,0001	,4453
90	30	,130711	,0893393	,0163111	,097351	,164071	,0001	,4367
120	30	,127184	,0890579	,0162597	,093929	,160439	,0010	,4353
150	30	,123934	,0884021	,0161399	,090924	,156944	,0010	,4230
180	30	,124000	,0856945	,0156456	,092001	,155999	,0010	,4053
210	30	,121152	,0831975	,0151897	,090085	,152218	,0010	,3813
240	30	,120101	,0812134	,0148275	,089776	,150427	,0010	,3561
270	30	,118856	,0781710	,0142720	,089667	,148046	,0009	,3373
300	30	,116522	,0767296	,0140088	,087871	,145173	,0009	,3223
330	30	,114584	,0754641	,0137778	,086405	,142763	,0009	,3088
360	30	,112842	,0730808	,0133427	,085554	,140131	,0009	,2847
390	30	,109073	,0748235	,0136608	,081133	,137012	,0008	,2795
420	30	,110730	,0719251	,0131317	,083873	,137588	,0009	,2689
450	30	,109168	,0701091	,0128001	,082989	,135347	,0010	,2540
480	30	,107708	,0685617	,0125176	,082107	,133310	,0009	,2495
510	30	,105643	,0672972	,0122867	,080514	,130772	,0009	,2490
540	30	,103221	,0641308	,0117086	,079274	,127168	,0010	,2388
570	30	,101753	,0623826	,0113895	,078459	,125047	,0010	,2310
600	30	,097769	,0592515	,0108178	,075644	,119894	,0008	,2100
630	30	,099042	,0611883	,0111714	,076194	,121890	,0001	,2468
660	30	,089597	,0563174	,0102821	,068568	,110627	,0010	,1981
690	30	,090171	,0571500	,0104341	,068831	,111511	,0010	,1963
720	30	,087232	,0604977	,0110453	,064642	,109823	,0010	,2362
750	30	,082337	,0610752	,0111508	,059531	,105143	,0010	,2296
780	30	,083402	,0566783	,0103480	,062238	,104566	,0010	,2073
810	30	,081690	,0554054	,0101156	,061001	,102378	,0010	,2085
840	30	,080358	,0518954	,0094748	,060980	,099736	,0001	,2027
870	30	,077347	,0486236	,0088774	,059191	,095503	,0001	,1910
900	30	,082904	,0529555	,0096683	,063130	,102678	,0010	,1904
930	30	,070029	,0509798	,0093076	,050993	,089066	,0010	,2208
960	30	,073713	,0510306	,0093169	,054658	,092768	,0010	,2126
990	30	,072172	,0510070	,0093126	,053125	,091218	,0010	,2104
1020	30	,077195	,0524052	,0095678	,057627	,096764	,0009	,2059
1050	30	,072779	,0495231	,0090416	,054287	,091271	,0009	,2024
1080	30	,069479	,0493149	,0090036	,051065	,087894	,0009	,1975

1110	30	,083666	,0713876	,0130335	,057009	,110322	,0010	,3650
1140	30	,070286	,0504854	,0092173	,051435	,089138	,0010	,1946
1170	30	,071373	,0496056	,0090567	,052850	,089896	,0009	,1945
1200	30	,071583	,0478444	,0087351	,053717	,089448	,0008	,1940
1230	30	,075164	,0481093	,0087835	,057200	,093129	,0008	,1921
1260	30	,078386	,0560391	,0102313	,057461	,099311	,0001	,2501
1290	30	,076383	,0530483	,0096853	,056575	,096192	,0001	,2191
1320	30	,069739	,0485275	,0088599	,051619	,087860	,0001	,1878
1350	30	,068522	,0458777	,0083761	,051391	,085653	,0010	,1856
1380	30	,074168	,0548299	,0100105	,053694	,094642	,0010	,2288
1410	30	,070733	,0478705	,0087399	,052858	,088608	,0010	,1836
1440	30	,074376	,0565083	,0103170	,053276	,095477	,0010	,2510
1470	30	,066720	,0461687	,0084292	,049480	,083959	,0008	,1817
1500	30	,071025	,0598196	,0109215	,048688	,093362	,0008	,2718
1530	30	,064051	,0454705	,0083017	,047072	,081030	,0009	,1815
1560	30	,062092	,0459888	,0083964	,044919	,079264	,0008	,1810
1590	30	,063765	,0448718	,0081924	,047010	,080521	,0009	,1810
1620	30	,057310	,0397450	,0072564	,042469	,072151	,0008	,1620
1650	30	,061694	,0509638	,0093047	,042664	,080725	,0008	,2292
1680	30	,060364	,0464313	,0084772	,043026	,077702	,0008	,1940
1710	30	,061071	,0507802	,0092711	,042109	,080032	,0008	,2309
1740	30	,055045	,0391244	,0071431	,040436	,069654	,0009	,1521
1770	30	,064052	,0489062	,0089290	,045790	,082314	,0009	,2241
1800	30	,054047	,0399013	,0072849	,039147	,068946	,0009	,1510
Total	1830	,086922	,0648876	,0015168	,083947	,089897	,0001	,4527



Teste de Levene

F	df1	df2	Sig.
2,415	60	1769	,000

ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,928 ^a	60	,015	4,039	,000
Intercept	13,826	1	13,826	3611,227	0,000
Tempo	,928	60	,015	4,039	,000
Error	6,773	1769	,004		
Total	21,527	1830			
Corrected Total	7,701	1829			

a. R Squared = ,120 (Adjusted R Squared = ,091)

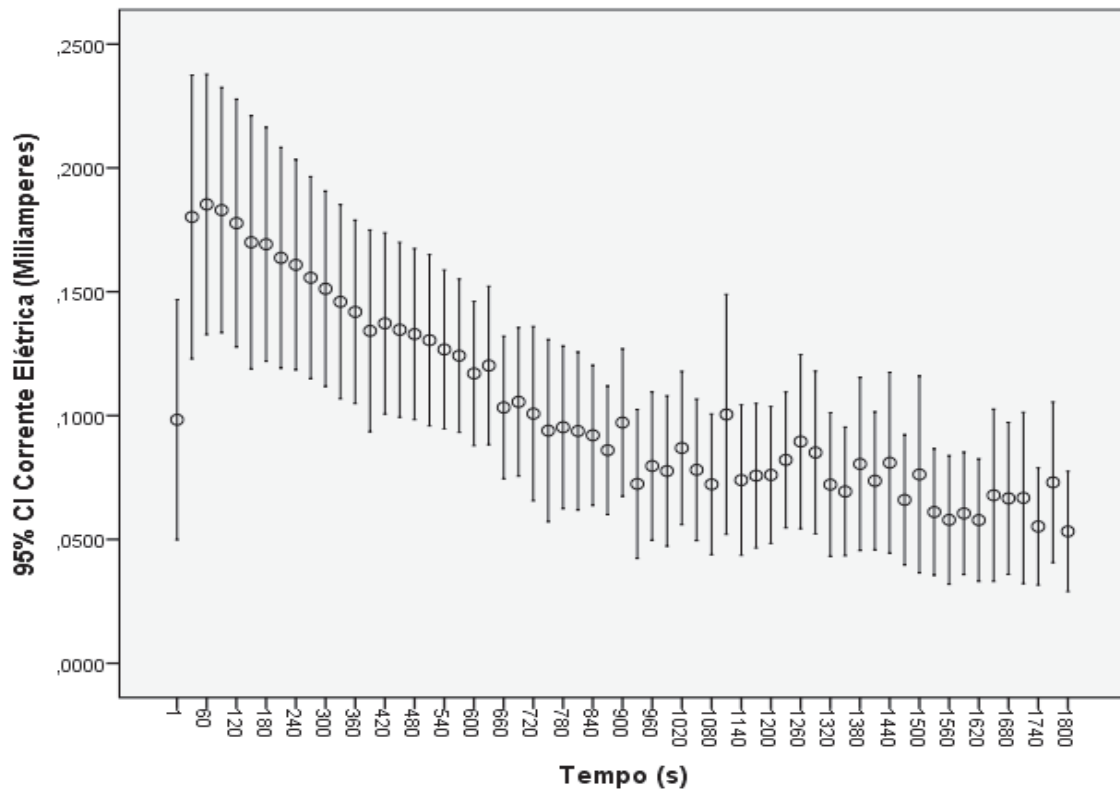
Descritivos

Solução 2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	15	,039911	,0359422	,0092802	,020007	,059815	,0001	,1075
2	15	,080741	,0479232	,0123737	,054202	,107280	,0001	,1561
3	15	,079964	,0486722	,0125671	,053011	,106918	,0001	,1504
4	15	,078448	,0517237	,0133550	,049805	,107092	,0001	,1545
5	15	,076676	,0528955	,0136575	,047383	,105969	,0010	,1644
6	15	,077906	,0558329	,0144160	,046986	,108825	,0010	,1755
7	15	,078817	,0595965	,0153877	,045814	,111820	,0010	,1878
8	15	,078630	,0631047	,0162936	,043684	,113576	,0010	,1934
9	15	,079334	,0649370	,0167667	,043373	,115295	,0010	,1960
10	15	,082041	,0658020	,0169900	,045601	,118480	,0009	,1972
11	15	,081852	,0673485	,0173893	,044555	,119148	,0009	,1979
12	15	,083201	,0683077	,0176370	,045374	,121029	,0009	,1985
13	15	,083795	,0691538	,0178554	,045499	,122092	,0009	,1988
14	15	,083944	,0694792	,0179395	,045468	,122421	,0008	,1987
15	15	,084220	,0696176	,0179752	,045667	,122773	,0009	,1991
16	15	,083685	,0687293	,0177458	,045624	,121746	,0010	,1990
17	15	,082537	,0669956	,0172982	,045436	,119638	,0009	,1988
18	15	,080858	,0645430	,0166649	,045115	,116600	,0009	,1985
19	15	,079747	,0630698	,0162845	,044820	,114674	,0010	,1968
20	15	,079328	,0621907	,0160576	,044888	,113768	,0010	,1959
21	15	,078553	,0608859	,0157207	,044835	,112270	,0008	,1948
22	15	,077874	,0588799	,0152027	,045267	,110480	,0001	,1940
23	15	,075946	,0589422	,0152188	,043304	,108587	,0010	,1932
24	15	,074812	,0576474	,0148845	,042888	,106736	,0010	,1932
25	15	,073711	,0561083	,0144871	,042639	,104782	,0010	,1927
26	15	,070737	,0548915	,0141729	,040339	,101135	,0010	,1920
27	15	,071518	,0531957	,0137351	,042059	,100977	,0010	,1918
28	15	,069626	,0521719	,0134707	,040734	,098518	,0010	,1910
29	15	,068663	,0515933	,0133213	,040092	,097234	,0001	,1912
30	15	,068677	,0503809	,0130083	,040777	,096577	,0001	,1910
31	15	,068648	,0497960	,0128573	,041072	,096224	,0010	,1904
32	15	,067657	,0492267	,0127103	,040397	,094918	,0010	,1894
33	15	,067799	,0489690	,0126437	,040681	,094917	,0010	,1882
34	15	,066712	,0481833	,0124409	,040029	,093396	,0010	,1872
35	15	,067487	,0485735	,0125416	,040588	,094387	,0009	,1864
36	15	,067462	,0485383	,0125325	,040583	,094342	,0009	,1861
37	15	,066721	,0489069	,0126277	,039637	,093805	,0009	,1856
38	15	,066860	,0479342	,0123766	,040315	,093405	,0010	,1852
39	15	,066633	,0473265	,0122196	,040425	,092842	,0010	,1848
40	15	,067014	,0478589	,0123571	,040510	,093517	,0009	,1847
41	15	,067153	,0470270	,0121423	,041110	,093196	,0008	,1842

42	15	,068226	,0472356	,0121962	,042068	,094385	,0008	,1836
43	15	,067263	,0470333	,0121439	,041217	,093309	,0001	,1834
44	15	,067695	,0463346	,0119635	,042036	,093354	,0001	,1806
45	15	,067334	,0461166	,0119073	,041796	,092873	,0001	,1809
46	15	,067691	,0464852	,0120024	,041948	,093433	,0010	,1810
47	15	,067878	,0465131	,0120096	,042120	,093636	,0010	,1807
48	15	,067794	,0468081	,0120858	,041873	,093716	,0010	,1820
49	15	,067799	,0466233	,0120381	,041980	,093619	,0010	,1815
50	15	,067465	,0464155	,0119844	,041761	,093169	,0008	,1817
51	15	,065820	,0468815	,0121047	,039858	,091782	,0008	,1818
52	15	,067029	,0461636	,0119194	,041464	,092593	,0009	,1815
53	15	,066304	,0462994	,0119545	,040664	,091944	,0008	,1810
54	15	,067018	,0464397	,0119907	,041300	,092735	,0009	,1810
55	15	,056834	,0356610	,0092076	,037086	,076583	,0008	,1142
56	15	,055558	,0368295	,0095093	,035162	,075953	,0008	,1130
57	15	,054169	,0363484	,0093851	,034040	,074298	,0008	,1102
58	15	,055392	,0371266	,0095860	,034832	,075952	,0008	,1123
59	15	,054855	,0367118	,0094789	,034525	,075185	,0009	,1108
60	15	,055067	,0369013	,0095279	,034632	,075503	,0009	,1116
61	15	,054830	,0371161	,0095833	,034276	,075384	,0009	,1137
62	15	,098342	,0875282	,0225997	,049870	,146813	,0221	,2638
63	15	,180193	,1034747	,0267170	,122890	,237495	,0699	,4527
64	15	,185279	,0948916	,0245009	,132730	,237828	,0772	,4453
65	15	,182974	,0894698	,0231010	,133427	,232520	,0806	,4367
66	15	,177692	,0903586	,0233305	,127653	,227731	,0688	,4353
67	15	,169962	,0923631	,0238481	,118813	,221111	,0608	,4230
68	15	,169182	,0853540	,0220383	,121915	,216450	,0601	,4053
69	15	,163673	,0805072	,0207869	,119090	,208257	,0545	,3813
70	15	,160869	,0767083	,0198060	,118389	,203348	,0527	,3561
71	15	,155672	,0736448	,0190150	,114889	,196455	,0561	,3373
72	15	,151192	,0713006	,0184097	,111707	,190677	,0537	,3223
73	15	,145966	,0708524	,0182940	,106730	,185203	,0518	,3088
74	15	,141889	,0668793	,0172682	,104853	,178926	,0538	,2847
75	15	,134201	,0735975	,0190028	,093444	,174958	,0230	,2795
76	15	,137241	,0660557	,0170555	,100660	,173821	,0611	,2689
77	15	,134650	,0637689	,0164651	,099336	,169964	,0597	,2540
78	15	,132879	,0623786	,0161061	,098335	,167424	,0559	,2495
79	15	,130429	,0624429	,0161227	,095849	,165008	,0549	,2490
80	15	,126695	,0579717	,0149682	,094592	,158799	,0571	,2388
81	15	,124178	,0558204	,0144128	,093265	,155090	,0502	,2310
82	15	,116985	,0526676	,0135987	,087819	,146151	,0508	,2100
83	15	,120211	,0576922	,0148961	,088262	,152159	,0524	,2468
84	15	,103249	,0519259	,0134072	,074494	,132005	,0042	,1981
85	15	,105530	,0541925	,0139924	,075519	,135540	,0038	,1963
86	15	,100754	,0635723	,0164143	,065549	,135959	,0038	,2362
87	15	,093937	,0665236	,0171763	,057097	,130776	,0037	,2296
88	15	,095287	,0593454	,0153229	,062422	,128151	,0037	,2073
89	15	,093754	,0576631	,0148885	,061821	,125686	,0037	,2085
90	15	,092053	,0512217	,0132254	,063688	,120419	,0037	,2027
91	15	,086017	,0468839	,0121054	,060053	,111980	,0036	,1718
92	15	,097160	,0537934	,0138894	,067370	,126950	,0036	,1852
93	15	,072401	,0542973	,0140195	,042332	,102470	,0037	,2208
94	15	,079628	,0540494	,0139555	,049696	,109559	,0040	,2126
95	15	,077631	,0548066	,0141510	,047280	,107982	,0046	,2104
96	15	,086903	,0559237	,0144394	,055933	,117872	,0052	,2059
97	15	,078096	,0516112	,0133260	,049514	,106677	,0069	,2024
98	15	,072237	,0512780	,0132399	,043841	,100634	,0117	,1975
99	15	,100471	,0874843	,0225883	,052024	,148918	,0128	,3650
100	15	,073939	,0548746	,0141686	,043551	,104328	,0112	,1946
101	15	,075733	,0525927	,0135794	,046608	,104858	,0119	,1945
102	15	,076013	,0498807	,0128791	,048390	,103636	,0136	,1940
103	15	,082102	,0495983	,0128062	,054636	,109569	,0123	,1921

104	15	,089509	,0634651	,0163866	,054363	,124655	,0192	,2501
105	15	,085071	,0593347	,0153202	,052213	,117930	,0128	,2191
106	15	,072144	,0523346	,0135127	,043162	,101126	,0013	,1878
107	15	,069353	,0468776	,0121038	,043393	,095313	,0012	,1856
108	15	,080458	,0630803	,0162873	,045525	,115391	,0011	,2288
109	15	,073671	,0503721	,0130060	,045776	,101566	,0010	,1836
110	15	,080953	,0659397	,0170256	,044437	,117470	,0100	,2510
111	15	,065974	,0475369	,0122740	,039649	,092299	,0011	,1804
112	15	,076230	,0718083	,0185408	,036464	,115996	,0010	,2718
113	15	,061073	,0461815	,0119240	,035498	,086647	,0094	,1761
114	15	,057879	,0468971	,0121088	,031908	,083850	,0086	,1737
115	15	,060513	,0446258	,0115223	,035800	,085226	,0090	,1633
116	15	,057785	,0447211	,0115469	,033019	,082551	,0087	,1620
117	15	,067831	,0627936	,0162132	,033057	,102605	,0081	,2292
118	15	,066560	,0553378	,0142882	,035914	,097205	,0076	,1940
119	15	,066750	,0624015	,0161120	,032193	,101306	,0075	,2309
120	15	,055235	,0426959	,0110240	,031591	,078879	,0078	,1521
121	15	,073037	,0584791	,0150992	,040652	,105421	,0078	,2241
122	15	,053263	,0438067	,0113109	,029004	,077523	,0075	,1510
Total	1830	,086922	,0648876	,0015168	,083947	,089897	,0001	,4527



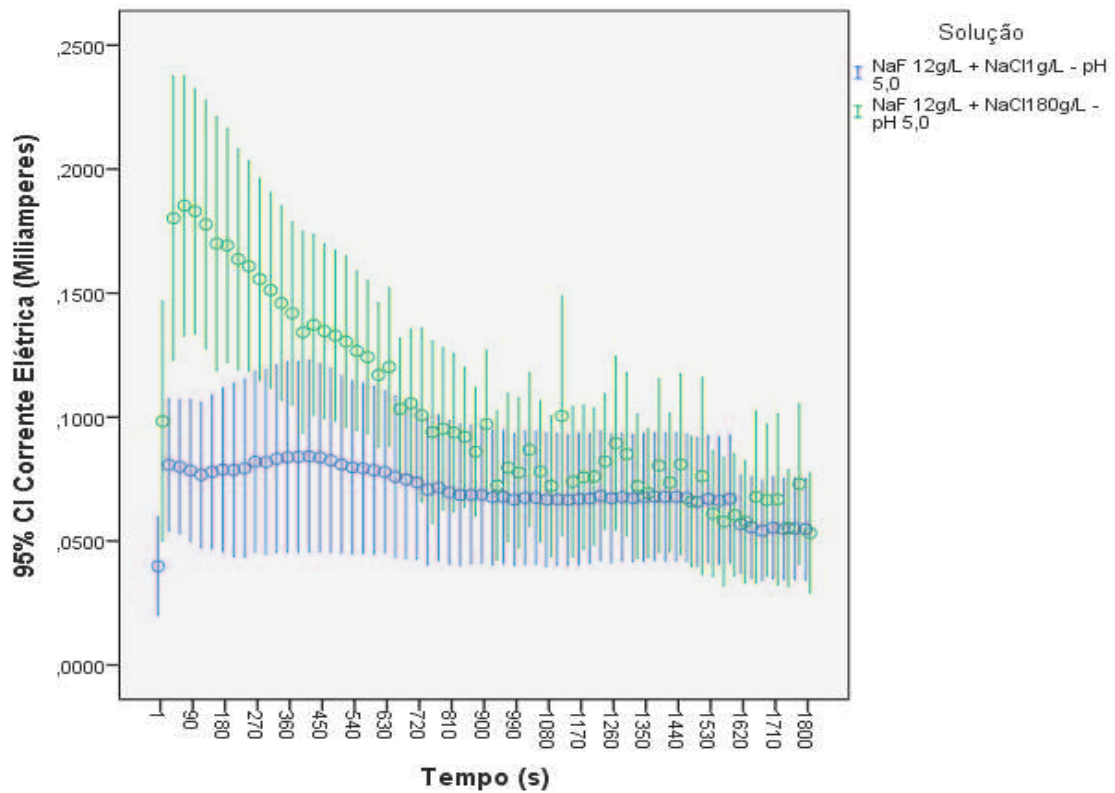
Teste de Levene

F	df1	df2	Sig.
1,160	121	1708	,119

ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,860 ^a	121	,015	4,495	,000
Intercept	13,826	1	13,826	4043,256	0,000
Solução x Tempo	1,860	121	,015	4,495	,000
Error	5,841	1708	,003		
Total	21,527	1830			
Corrected Total	7,701	1829			

a. R Squared = ,242 (Adjusted R Squared = ,188)



3 – Variação do comprimento dos fragmentos de instrumentos pré e pós-experimento

Descritivos

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
Comprimento inicial (mm)	Solução 1	15	3,600	,3606	,0931	3,400	3,800	3,2	4,7
	Solução 2	15	3,473	,3035	,0784	3,305	3,641	3,0	4,1
	Total	30	3,537	,3337	,0609	3,412	3,661	3,0	4,7
Comprimento final (mm)	Solução 1	15	3,573	,3634	,0938	3,372	3,775	3,2	4,7
	Solução 2	15	3,387	,2973	,0768	3,222	3,551	2,9	4,1
	Total	30	3,480	,3398	,0620	3,353	3,607	2,9	4,7
Variação do comprimento (%)	Solução 1	15	-,742	1,2748	,3292	-1,448	-,036	-2,9	0,0
	Solução 2	15	-2,465	2,3211	,5993	-3,751	-1,180	-8,3	0,0
	Total	30	-1,604	2,0380	,3721	-2,365	-,843	-8,3	0,0

Solução		Statistic	Std. Error	
Comprimento inicial (mm)	Solução 1	Mean	3,600	,0931
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3,400
		Upper Bound	3,800	
		5% Trimmed Mean	3,561	
		Median	3,600	
		Variance	,130	
		Std. Deviation	,3606	
		Minimum	3,2	
		Maximum	4,7	
		Range	1,5	
	Interquartile Range	,3		
	Skewness	2,068	,580	
	Kurtosis	6,181	1,121	
	Solução 2	Mean	3,473	,0784
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	3,305
		Upper Bound	3,641	
		5% Trimmed Mean	3,465	
		Median	3,500	
		Variance	,092	
		Std. Deviation	,3035	
Minimum		3,0		
Maximum		4,1		
Range		1,1		
Interquartile Range	,5			

		Skewness		,276	,580
		Kurtosis		-,387	1,121
Comprimento final (mm)	Solução 1	Mean		3,573	,0938
		95% ConfidenceInterval for Mean	LowerBound	3,372	
			UpperBound	3,775	
		5% TrimmedMean		3,531	
		Median		3,500	
		Variance		,132	
		Std. Deviation		,3634	
		Minimum		3,2	
		Maximum		4,7	
		Range		1,5	
		Interquartile Range		,4	
		Skewness		2,225	,580
		Kurtosis		6,721	1,121
		Solução 2	Mean		3,387
	95% ConfidenceInterval for Mean		LowerBound	3,222	
			UpperBound	3,551	
	5% TrimmedMean			3,374	
	Median			3,400	
	Variance			,088	
	Std. Deviation			,2973	
	Minimum			2,9	
	Maximum			4,1	
	Range			1,2	
	Interquartile Range			,4	
Skewness			,733	,580	
Kurtosis			1,103	1,121	
Variação do comprimento (%)	Solução 1		Mean		-,742
		95% ConfidenceInterval for Mean	LowerBound	-1,448	
			UpperBound	-,036	
		5% TrimmedMean		-,661	
		Median		0,000	
		Variance		1,625	
		Std. Deviation		1,2748	
		Minimum		-2,9	
		Maximum		0,0	
		Range		2,9	
		Interquartile Range		2,6	
		Skewness		-1,184	,580
		Kurtosis		-,697	1,121
		Solução 2	Mean		-2,465
	95% ConfidenceInterval for Mean		LowerBound	-3,751	
			UpperBound	-1,180	
	5% TrimmedMean			-2,276	
	Median			-2,703	
	Variance			5,387	
	Std. Deviation			2,3211	
	Minimum			-8,3	

	Maximum	0,0	
	Range	8,3	
	Interquartile Range	3,1	
	Skewness	-1,014	,580
	Kurtosis	1,706	1,121

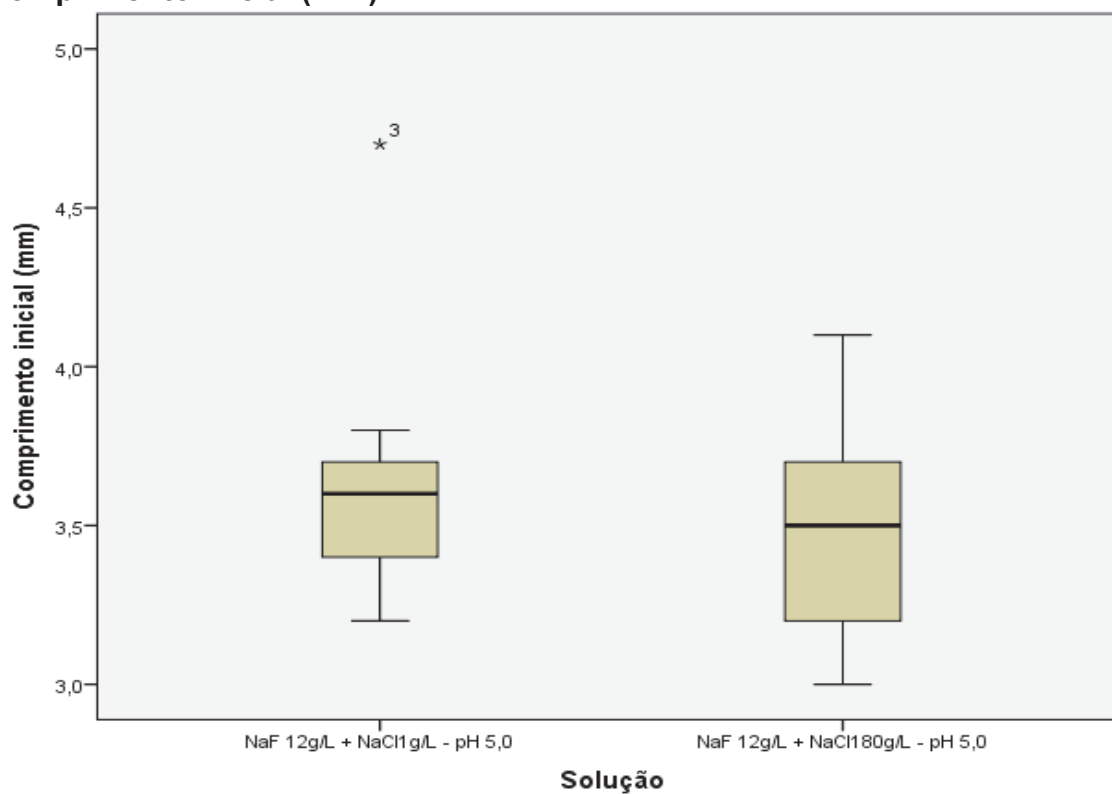
Testes de Normalidade

Solução		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Comprimento inicial (mm)	Solução 1	,223	15	,043	,799	15	,004
	Solução 2	,149	15	,200*	,957	15	,638
Comprimento final (mm)	Solução 1	,230	15	,031	,772	15	,002
	Solução 2	,135	15	,200*	,956	15	,623
Variação do comprimento (%)	Solução 1	,453	15	,000	,576	15	,000
	Solução 2	,221	15	,047	,835	15	,011

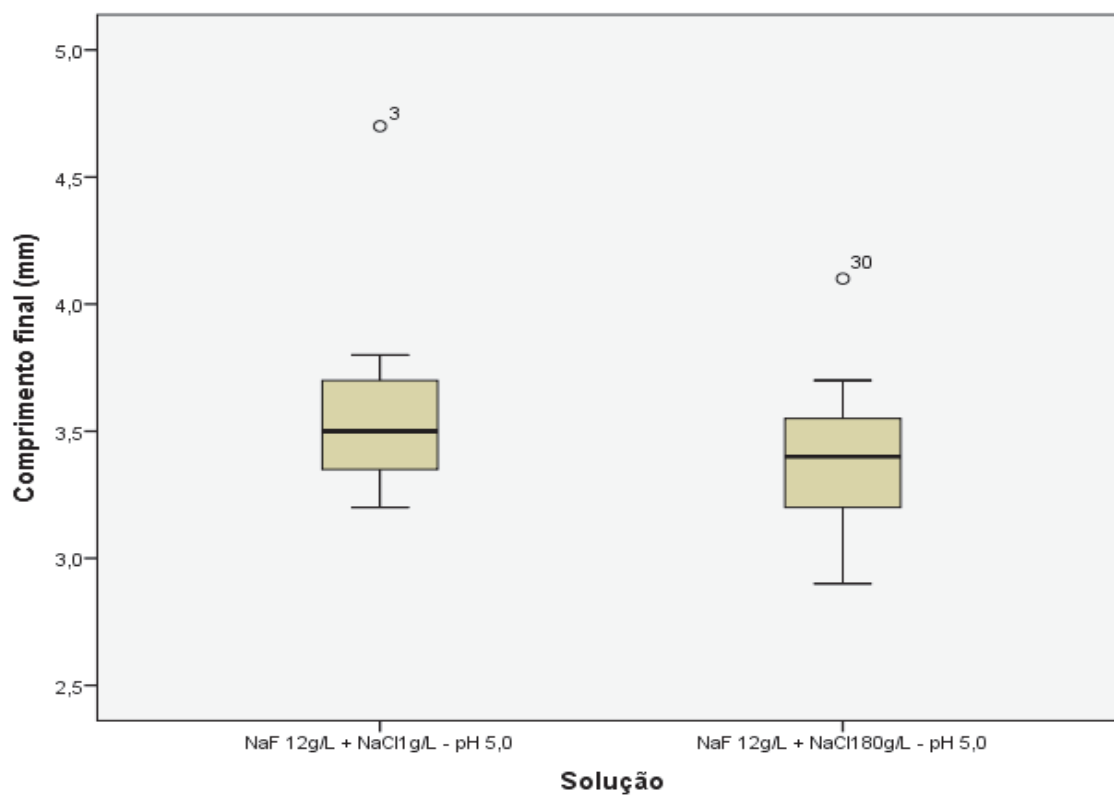
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

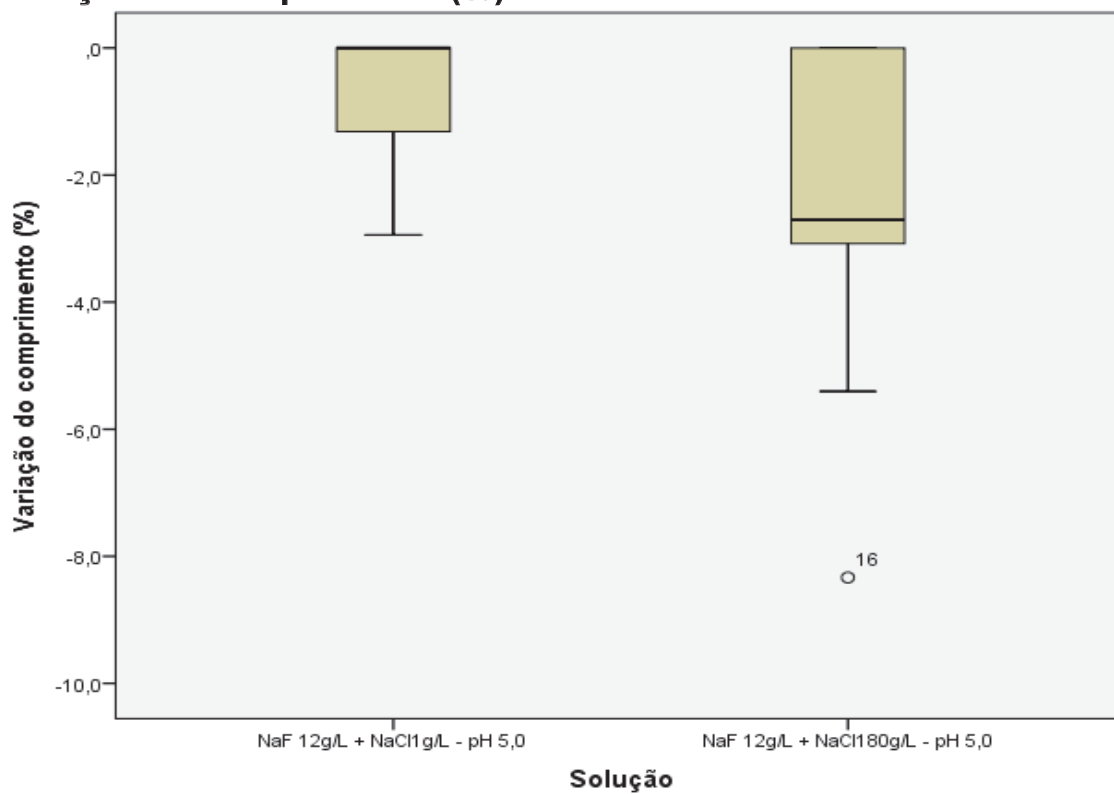
Comprimento inicial (mm)



Comprimento final (mm)



Varição do comprimento (%)



Teste de Mann-Whitney – Comparação entre momentos

Ranks

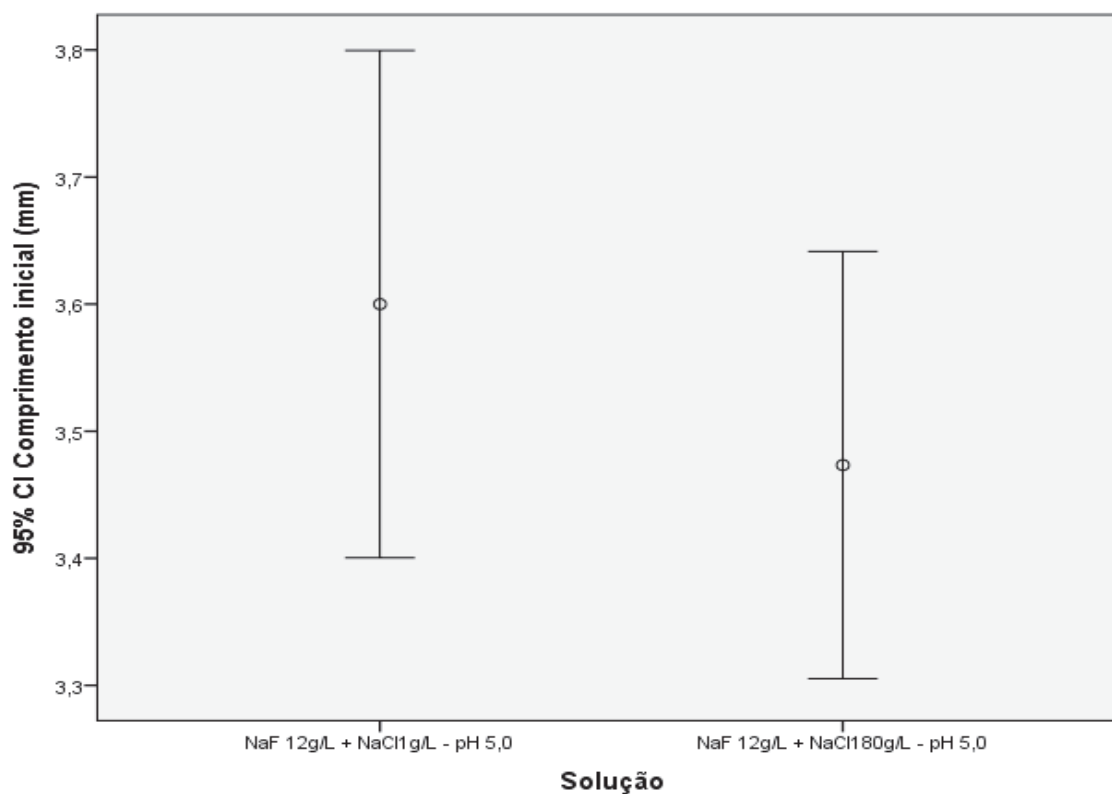
Solução		N	MeanRank	Sum ofRanks
Comprimento inicial (mm)	Solução 1	15	16,87	253,00
	Solução 2	15	14,13	212,00
	Total	30		
Comprimento final (mm)	Solução 1	15	18,10	271,50
	Solução 2	15	12,90	193,50
	Total	30		
Variação do comprimento (%)	Solução 1	15	19,07	286,00
	Solução 2	15	11,93	179,00
	Total	30		

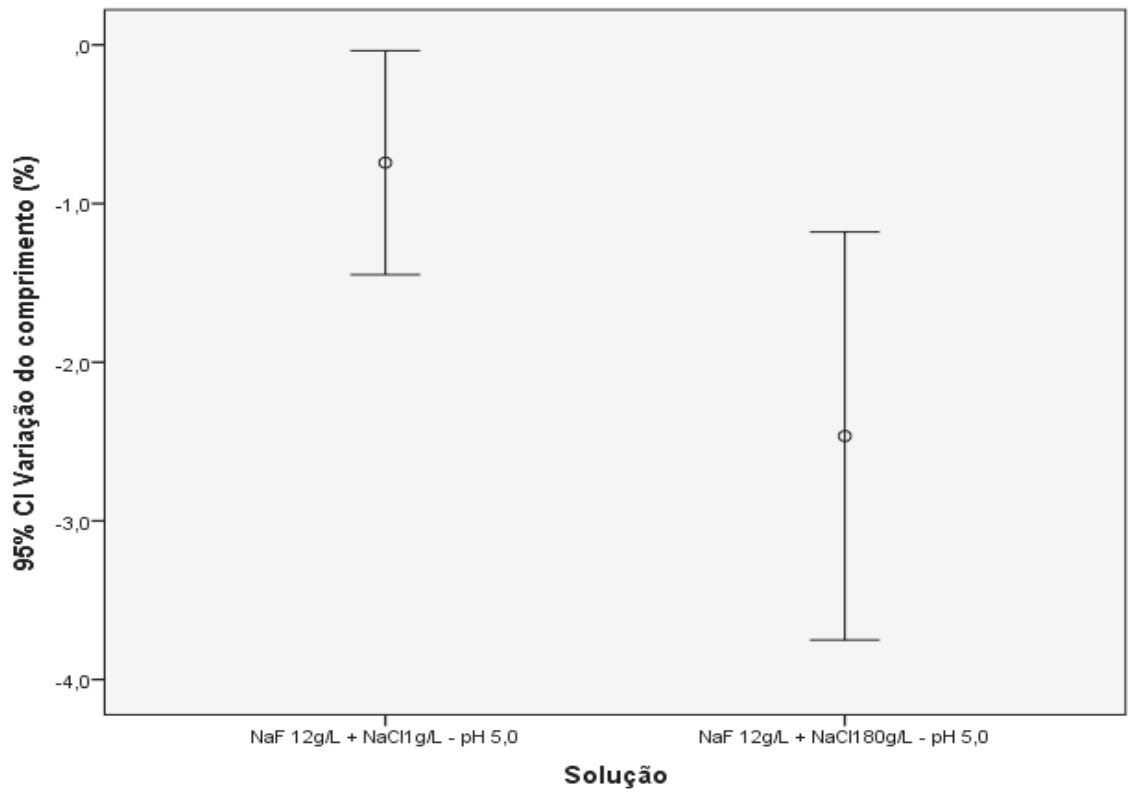
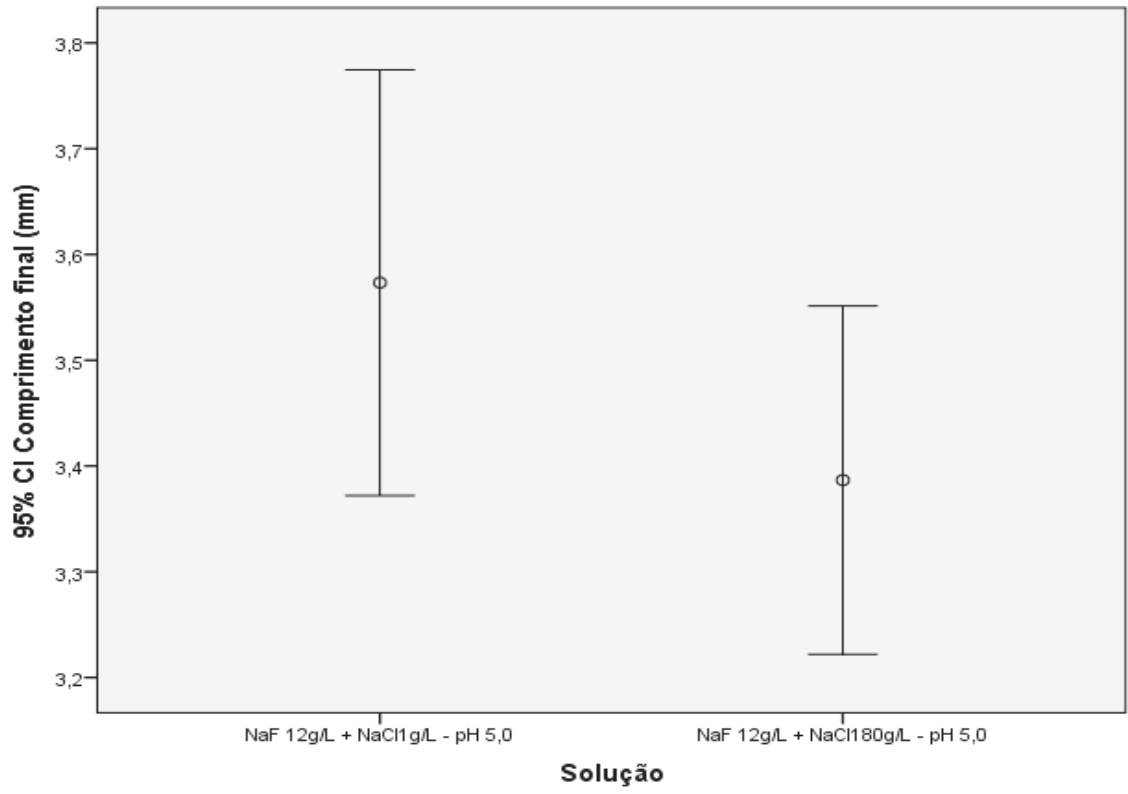
Test Statistics^a

	Comprimento inicial (mm)	Comprimento final (mm)	Variação do comprimento (%)
Mann-Whitney U	92,000	73,500	59,000
Wilcoxon W	212,000	193,500	179,000
Z	-,858	-1,632	-2,410
Asymp. Sig. (2-tailed)	,391	,103	,016
ExactSig. [2*(1-tailed Sig.)]	,412 ^b	,106 ^b	,026 ^b

a. Grouping Variable: Solução

b. Not corrected for ties.





Teste de Wilcoxon – Solução 1

Ranks

		N	MeanRank	Sum ofRanks
Comprimento final (mm) - Comprimento inicial (mm)	Negative Ranks	4 ^a	2,50	10,00
	Positive Ranks	0 ^b	0,00	0,00
	Ties	11 ^c		
	Total	15		

a. Comprimento final (mm) < Comprimento inicial (mm)

b. Comprimento final (mm) > Comprimento inicial (mm)

c. Comprimento final (mm) = Comprimento inicial (mm)

Test Statistics^a

		Comprimento final (mm) - Comprimento inicial (mm)
Z		-2,000 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)		,046

a. WilcoxonSignedRanks Test

b. Basedon positive ranks.

Teste de Wilcoxon – Solução 2

Ranks

		N	MeanRank	Sum ofRanks
Comprimento final (mm) - Comprimento inicial (mm)	Negative Ranks	10 ^a	5,50	55,00
	Positive Ranks	0 ^b	0,00	0,00
	Ties	5 ^c		
	Total	15		

a. Comprimento final (mm) < Comprimento inicial (mm)

b. Comprimento final (mm) > Comprimento inicial (mm)

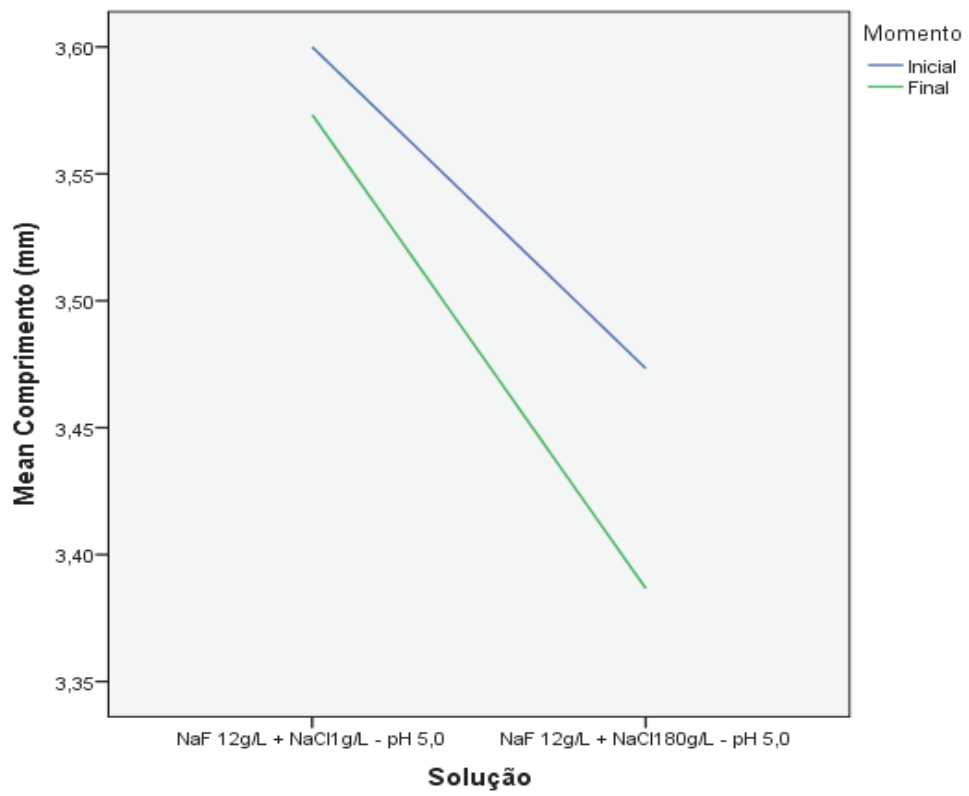
c. Comprimento final (mm) = Comprimento inicial (mm)

Test Statistics^a

		Comprimento final (mm) - Comprimento inicial (mm)
Z		-2,970 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)		,003

a. WilcoxonSignedRanks Test

b. Basedon positive ranks.





Guidelines for Publishing Papers in the JOE

Writing an effective article is a challenging assignment. The following guidelines are provided to assist authors in submitting manuscripts.

The JOE publishes original and review articles related to the scientific and applied aspects of endodontics. Moreover, the JOE has a diverse readership that includes full-time clinicians, full-time academicians, residents, students and scientists. Effective communication with this diverse readership requires careful attention to writing style.

General Points on Composition

Organization of Original Research Manuscripts

Manuscripts Category Classifications and Requirements

Available Resources

1. General Points on Composition

1. Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (e.g., spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar or syntax. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the JOE:
2. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section "c" below), or sentences with little to no transition within a paragraph.
3. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors' names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, "In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals" can be edited to: "Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983)." In this example, the paragraph's subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.
4. Sentences are stronger when written in the active voice, *i.e.*, the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as "was," "were," "could," etc. For example: "Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation," can be edited to: "Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation." Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.
5. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)
6. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, "Formerly, endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method," can be edited to "Formerly, endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation." The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.

7. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the statement, "Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used," can be edited to "Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study."
8. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph's theme.
9. Authors should be aware that the JOE uses iThenticate, plagiarism detection software, to assure originality and integrity of material published in the *Journal*. The use of copied sentences, even when present within quotation marks, is highly discouraged. Instead, the information of the original research should be expressed by new manuscript author's own words, and a proper citation given at the end of the sentence. Plagiarism will not be tolerated and manuscripts will be rejected, or papers withdrawn after publication based on unethical actions by the authors. In addition, authors may be sanctioned for future publication.

2. Organization of Original Research Manuscripts

Please Note: All abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., **Introduction**, **Methods**, **Results**, **Conclusions**, etc., and should not exceed more than 250 words in length.

1. **Title Page:** The title should describe the major emphasis of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use "sodium hypochlorite" rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at www.icmje.org). The manuscript title, name and address (including email) of one author designated as the corresponding author. This author will be responsible for editing proofs and ordering reprints when applicable. The contribution of each author should also be highlighted in the cover letter.
2. **Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (e.g., PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.
3. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address and the limitations of previous studies in the area. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be clearly described. Authors should realize that this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the JOE. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to succinctly summarize the gap in knowledge that the study addresses. It is important to note that many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals. Therefore, authors should refrain from performing extensive review of the literature, and discussing the results of the study in this section.
4. **Materials and Methods:** The objective of the materials and methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The four components to this section are the detailed description of the materials used and their components, the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the essential aspects used in the present study. Thus, the reader should still be able to understand the method used in the experimental approach and concentration of the main reagents (e.g., antibodies, drugs, etc.) even when citing a previously published method. The inclusion of a "methods figure" will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a commercial product, the manuscript must state that they either followed manufacturer's protocol or specify any changes made to the protocol. If the study used an *in vitro* model to simulate a clinical outcome, the authors must describe experiments made to validate the model, or previous literature that proved the clinical relevance of the model. Studies on humans must conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB/equivalent committee(s) approved the protocol and that informed consent was obtained after the risks and benefits of participation were described to the subjects or patients recruited. Studies involving animals must state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis as a basis for sample size computation, drop-outs from clinical trials, the effects of important confounding variables, and bivariate versus multivariate analysis.
5. **Results:** Only experimental results are appropriate in this section (i.e., neither methods, discussion, nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study, as defined by the aim(s). Do not include all available data without justification; any repetitive findings will be rejected from publication. All Figures, Charts and Tables should be described in their

order of numbering with a brief description of the major findings. Author may consider the use of supplemental figures, tables or video clips that will be published online. Supplemental material is often used to provide additional information or control experiments that support the results section (e.g., microarray data).

6. **Figures:** There are two general types of figures. The first type of figures includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photo-, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm tall. If instead, you construct a two columns-width figure (i.e., about 175 mm wide X 125 mm high when published in the JOE), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing to emphasize the most important feature of each photomicrograph, but it greatly increases the total number of illustrations that you can present in your paper. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (e.g., "A," "B," etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Jeger et al (J Endod 2012;38:884-888); Olivieri et al., (J Endod 2012;38:1007-1011); Tsai et al (J Endod 2012;38:965-970). Please note that color figures may be published at no cost to the authors and authors are encouraged to use color to enhance the value of the illustration. Please note that a multipanel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for maximum number of allowable figures).

The second type of figures are graphs (i.e., line drawings including bar graphs) that plot a dependent measure (on the Y axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen-treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

7. **Tables:** Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not be necessary:

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100
1	5	100
3	5	100

Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group). Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

8. **Discussion:** This section should be used to interpret and explain the results. Both the strengths and weaknesses of the observations should be discussed. How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical readership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the discussion. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions?
9. **Acknowledgments:** All authors must affirm that they have no financial affiliation (e.g., employment, direct payment, stock holdings, retainers, consultantships, patent licensing arrangements or honoraria), or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past three years. Any other potential conflict of interest should be disclosed. Any author for whom this statement is not true must append a

paragraph to the manuscript that fully discloses any financial or other interest that poses a conflict. Likewise the sources and correct attributions of all other grants, contracts or donations that funded the study must be disclosed

10. **References:** The reference style follows Index Medicus and can be easily learned from reading past issues of the JOE. The JOE uses the Vancouver reference style, which can be found in most citation management software products. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits in the number of references for review articles.

3. Manuscripts Category Classifications and Requirements

Manuscripts submitted to the JOE must fall into one of the following categories. The abstracts for all these categories would have a maximum word count of 250 words:

1. **CONSORT Randomized Clinical Trial-Manuscripts** in this category must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials-CONSORT- minimum guidelines for the publication of randomized clinical trials. These guidelines can be found at www.consort-statement.org. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
2. **Review Article-Manuscripts** in this category are either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by extensive review of the literature will should be categorized as "Case Report/Clinical Technique". These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
3. **Clinical Research** (e.g., prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies, excluding the use of human teeth for technique studies). These manuscripts have a limit of 3,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
4. **Basic Research Biology** (animal or culture studies on biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation or pathology). Manuscripts that have a primary focus on biology should be submitted in this category while manuscripts that have a primary focus on materials should be submitted in the Basic Research Technology category. For example, a study on cytotoxicity of a material should be submitted in the Basic Research Technology category, even if it was performed in animals with histological analyses. These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or 4 tables*.
5. **Basic Research Technology** (Manuscripts submitted in this category focus primarily on research related to techniques and materials used, or with potential clinical use, in endodontics). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 3 figures and tables*.
6. **Case Report/Clinical Technique** (e.g., report of an unusual clinical case or the use of cutting-edge technology in a clinical case). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or tables*.

* Figures, if submitted as multipanel figures must not exceed 1 page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require approval of the JOE Editor or associate editors. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories above, or would like to request preapproval for submission of additional figures please contact the Editor by email at jendodontics@uthscsa.edu.

Importantly, adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript while maintaining its focus and significance. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor may reject manuscripts that exceed these limitations.

Available Resources:

- Strunk W, White EB. *The Elements of Style*. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X.
- Day R. *How to Write and Publish a Scientific Paper*. Oryx Press, 5th ed, 1998. ISBN 1-57356-164-9.
- Woods G. *English Grammar for Dummies*. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar).
- Alley M. *The Craft of Scientific Writing*. Springer, 3rd edition 1998 SBN 0-387-94766-3.
- Alley M. *The Craft of Editing*. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1.



CURRENT ISSUE:
July 2015 | Vol. 41, No. 7

JOE FEATURED ARTICLES:

- Correlation Between Volume and Apical Periodontitis and Endotoxin Levels
- Effect of Platelet-Rich Fibrin (PRF) on Healing of Apicomarginal Defects
- Survey of Intentionally Replanted Teeth and Implant-Supported Single Crowns

SPECIAL FEATURES:

- Presentations from the IADR Pulp Biology and Regeneration Group Meeting: Special Online Supplement
- JOE app for iPad and iPhone
- Podcasts
- Topic Collections
- Endodontic Study Guide
- Online CE for JOE

[Learn More About the JOE](#)