



# Universidade de São Paulo Faculdade de Odontologia de Bauru

---

DEPARTAMENTO DE DENTÍSTICA, ENDODONTIA E MATERIAIS ODONTOLÓGICOS

DENNER LEOPOLDINO ESPERANÇA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REMINERALIZADOR DE UM VERNIZ  
FLUORETADO MODIFICADO POR NANOPARTÍCULAS BIOATIVAS**

**EVALUATION OF THE REMINERALIZING POTENTIAL OF A FLUORIDATED  
VARNISH MODIFIED BY BIOACTIVE NANOPARTICLES**

BAURU

2021

DENNER LEOPOLDINO ESPERANÇA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REMINERALIZADOR DE UM VERNIZ  
FLUORETADO MODIFICADO POR NANOPARTÍCULAS BIOATIVAS**

**EVALUATION OF THE REMINERALIZING POTENTIAL OF A FLUORIDATED  
VARNISH MODIFIED BY BIOACTIVE NANOPARTICLES**

Dissertação constituída por artigo apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências no Programa de Ciências Odontológicas Aplicadas, na área de concentração Dentística.

**Orientadora:** Profa. Dra. Juliana Fraga Soares Bombonatti

**Versão corrigida**

BAURU

2021

Esperança, Denner Leopoldino

Evaluation of the remineralizing potential of a  
fluoridated varnish modified by bioactive nanoparticles/  
Denner Leopoldino Esperança – Bauru, 2022.

51p.: il. ; 31 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de  
Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo,  
ano de defesa 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Fraga Soares  
Bombonatti

**Nota:** A versão original desta dissertação/tese encontra-se disponível no Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Bauru – FOB/USP.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Assinatura:

Data:

## ERRATA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

### Universidade de São Paulo Faculdade de Odontologia de Bauru

---

**Assistência Técnica Acadêmica  
Serviço de Pós-Graduação**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada e defendida por  
**DENNER LEOPOLDINO ESPERANÇA**  
e aprovada pela Comissão Julgadora  
em 14 de fevereiro de 2022.

Prof. Dr. **RAFAEL MASSUNARI MAENOSONO**  
UNIFUNEC

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **MARIA DANIELA BASSO DE SOUZA**  
UNIOESTE

Prof. Dr. **PAULO AFONSO SILVEIRA FRANCISCONI**  
FOB-USP

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **JULIANA FRAGA SOARES BOMBONATTI**  
Presidente da Banca  
FOB - USP

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> **Izabel Regina Fischer Rubira de Bullen**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a minha família, meu pai, minha mãe, meu irmão e a Letícia, minha namorada, pelo apoio e suporte para que eu pudesse chegar até este momento.

## AGRADECIMENTOS

Antes de começar os agradecimentos queria contar uma história de maneira resumida. Quando passei no mestrado eu realmente não sabia se viria fazer, teria que mudar totalmente a minha vida e então fui pedir conselho à um amigo, que considero meu mentor, ele me fez a seguinte pergunta: “Qual é o seu propósito fazendo o mestrado e o porquê”. Passei alguns dias pensando e escrevi uma carta que tenho guardada até hoje, nela descrevi quais seriam meus objetivos caso decidisse fazer o mestrado. Eu queria conhecer pessoas de um nível maior que o meu, pessoas que soubessem muito mais que eu e que pudessem contribuir pra minha vida. Na minha visão o título de mestre por si só, teria pouco valor. E foram exatamente as pessoas que conheci nesse período que fizeram valer a pena e é isso que levarei daqui.

Gostaria de agradecer a minha família, **Almir e Simone e Danilo** por todo apoio e suporte até aqui, peço desculpas por tanto tempo longe. Sem o amor e paciência de vocês eu com certeza não estaria aqui. Obrigado por tudo.

Quero agradecer minha namorada **Letícia**, que compartilhou comigo esses anos de mestrado e foi a melhor pessoa para estar ao meu lado, obrigado por não me deixar desistir no meio do caminho, esse momento com certeza é mais seu do que meu, obrigado por ter sido minha base.

Aos meus companheiros de mestrado **Laís, Larissa Álamo, Larissa Ikejiri, Camila, Marta, Vanessa, Constantino, Pedro, Paulo, Daniel e Carol**. Obrigado por toda ajuda, principalmente no início do mestrado, me acolhendo e ensinando tanto. Obrigado por tornar o caminho mais leve.

Minha companheira de laboratório que passou poucas e boas comigo, **Alyssa**, obrigado pelo companheirismo, pela prestatividade e por emprestar seus dedos para a pesquisa. Admiro muito a sua dedicação e capacidade de fazer o que precisa ser feito. Agradeço também a **Fernanda Sandes** pelas longas conversas nesse período de laboratório, pelos podcasts e tudo que me ensinou nesse tempo que passamos juntos.

A quem me deu fundamental suporte durante a pesquisa, gostaria de agradecer **Marilia Velo** por toda paciência e empenho em me ajudar desde o começo. Em quase todas as etapas deste projeto, você foi muito importante pra que eu chegasse até aqui.

Em especial minha parceira **Laís**, com quem convivi e aprendi muito nesse período, extremamente dedicada e focada, obrigado por todos os puxões de orelha, conversas e conselhos. Obrigado por tudo.

Aos melhores amigos que pude fazer aqui em Bauru, **Daniela, Juliana, Naoki e Gustavo**, vocês têm grande parcela deste projeto, mesmo que não seja diretamente relacionado com a pesquisa, as baguncinhas com vocês foram um alívio para as semanas de estresse e desespero. Obrigado por todo carinho comigo nesse tempo. Quero levar vocês pra sempre comigo.

Quero agradecer aos colaboradores do departamento de dentística, **Nelson, Charlene, Audria, Rita, Elízio e Natália**. Obrigado por serem sempre prestativos e ajudarem tanto todos que passam por esse departamento.

Agradecer a todos os professores do departamento, em especial a professora **Linda Wang**, professor **Sérgio Ishikiriama** e professora **Juliana Bombonatti**. Obrigado professora **Linda** por toda a dedicação com as turmas de mestrado, doutorado e sua capacidade de organização e disciplina. Obrigado por colocar a “casa” em ordem. Ao professor **Sérgio**, quero agradecer por compartilhar tanto. No período de clínica que tive oportunidade de ficar contigo foi muito importante pro meu crescimento profissional, aprendi muito com sua empatia e maneira de lidar com as pessoas.

A minha orientadora professora **Juliana**, nem sei como agradecer todo carinho, compreensão e atenção em todo esse período. Obrigado por puxar minha orelha com esse carinho que você tem, pelos conselhos quando eu estava internamente desesperado. Eu saio muito melhor do que entrei graças a esse período que passei com todos vocês, muito obrigado.



## **AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS**

À **Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo (FOB-USP)**, espaço que permitiu meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço por todo conhecimento obtido no período de pós-graduação.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, (processo nº 133419/2020-7) e à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** – (Código de Financiamento 001) pelo financiamento.

*“Quer você acredite que consiga fazer  
uma coisa ou não, você está certo.”*

***Henry Ford***

## RESUMO

Abordagens de mínima intervenção têm sido rotineiramente incorporadas na prática clínica e diferentes agentes buscam um efeito mais consistente e duradouro na remineralização do esmalte dentário. Assim, esse projeto de pesquisa visou desenvolver um verniz fluoretado modificado por nanoestruturas com potencial bioativo de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e pentóxido de nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) e testando o potencial remineralizador desse verniz por dureza superficial em 3 momentos diferentes: esmalte hígido, esmalte desmineralizado e esmalte tratado. Os dentes bovinos foram cortados em blocos ( $6 \times 4 \times 2$  mm) e polidos. Os blocos divididos em três áreas ( $2 \times 4 \times 2$  mm): área não desmineralizada, área desmineralizada e área desmineralizada + tratada. Duas áreas dos espécimes foram previamente submetidas à indução de cárie em solução desmineralizante e, posteriormente, as amostras foram distribuídas aleatoriamente em três grupos de acordo com o tratamento empregado ( $n=10$ ): verniz experimental (VZ); verniz experimental + gelatina de sílica (VZ-Si); verniz experimental + nanopartículas de nióbio (VZ-Nb). Após 24h em umidade relativa o verniz foi removido e a área tratada submetida a uma ciclagem durante 8 dias. Após, foi feita análise da dureza superficial em cada uma dessas etapas e a perda/ganho mineral foi avaliada. Os resultados foram analisados estatisticamente em ANOVA a 2 critérios e teste Tukey ( $p<0,05$ ). A incorporação de nanoestruturas, Nióbio e Sílica, ao verniz fluoretado resultou em diferenças significativas na dureza de superfície entre os grupos. O grupo VZ + Nb apresentou os maiores valores de dureza, seguido por VZ + Si e VZ (Controle).

Palavras-chave: Verniz. Nanoestruturas. Bioatividade. Dureza. Nióbio. Sílica

## **ABSTRACT**

### **Evaluation of remineralizing potential of a fluoridated varnish modified by bioactive nanoparticles**

Minimal intervention approaches have been routinely incorporated into clinical practice and different agents seek a more consistent and lasting effect on enamel remineralization. Thus, the research project aimed to develop a fluoride varnish modified by nanostructures with bioactive potential of silica (SiO<sub>2</sub>) and niobium pentoxide (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and testing the remineralizing potential of this varnish by surface hardness at 3 different times, sound enamel, demineralized enamel and treated enamel. The bovine teeth were cut into blocks (6 × 4 × 2 mm) and polished. The blocks divided into three areas (2 × 4 × 2 mm): non-demineralized area, demineralized area and demineralized + treated area. Two areas of the specimens were previously subjected to caries induction in a demineralizing solution and subsequently the samples were randomly distributed into three groups according to the treatment used (n=10): experimental varnish (VZ); experimental varnish + silica gelatin (VZ-Si); experimental varnish + niobium nanoparticles (VZ-Nb). After 24 hours in relative humidity, the varnish was removed and the treated area subjected to pH cycling for 8 days. Afterwards, an analysis of the surface hardness was made in each of these steps and the mineral loss/gain was evaluated. After the final hardness evaluation, the results were analyzed using two-way ANOVA and tukey test. The incorporation of nanostructures, Niobium and Silica, into the fluoride varnish resulted in significant differences in surface hardness between the groups. The VZ + Nb group had the highest hardness values, followed by VZ + Si and VZ (Control).

**Keywords:** Varnish. Nanostructures. Bioactivity. Hardness. Niobium. Silica.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                   |                                                                                             |    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1 -</b> | Esquema representativo do bloco de esmalte bovino .....                                     | 9  |
| <b>Figura 2 -</b> | Imagem de uma amostra, representando as divisões das áreas .....                            | 10 |
| <b>Figura 3 -</b> | Imagem de validação de formação de lesão de mancha branca através de microradiografia ..... | 10 |

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

**Quadro 1** - Composição dos materiais utilizados ..... 12

**Quadro 2** - Descrição das soluções utilizadas na ciclagem de pH ..... 12

**Tabela 3** - Estatística descritiva para diferenças de microdureza. .... 13

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ANOVA**      Análise de variância

**Ca**            Cálcio

**P**             Fósforo

**CaF<sub>2</sub>**        Fluoreto de Cálcio

**F**             Flúor

**SiO<sub>2</sub>**         Óxido de silício

**Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**       Pentóxido de Níbio

## SUMÁRIO

|          |                   |    |
|----------|-------------------|----|
| <b>1</b> | Introdução .....  | 18 |
| <b>2</b> | Artigo .....      | 22 |
| <b>3</b> | Discussão .....   | 38 |
| <b>4</b> | Conclusões .....  | 41 |
| <b>5</b> | Referências ..... | 43 |
| <b>6</b> | Anexos.....       | 48 |



# INTRODUÇÃO

## INTRODUÇÃO

A cárie dentária é uma doença resultante de uma mudança ecológica no biofilme, de uma população equilibrada para uma população acidogênica e cariogênica desenvolvida e mantida pelo consumo de carboidratos alimentares fermentáveis.<sup>1</sup> Quando as bactérias presentes no biofilme dental metabolizam os açúcares fermentáveis ingeridos pelo indivíduo, produzem ácido lático, cujo pH é em torno de 4,5 - 5,0 tornando o meio ácido. À medida que o pH diminui, os fluidos salivares e fluidos presentes no biofilme se tornam subsaturados em relação à hidroxiapatita, levando à desmineralização no esmalte.<sup>2</sup> Aos poucos, o pH vai retornando aos seus valores fisiológicos, tornando novamente supersaturado em relação à hidroxiapatita e, parte do mineral que foi perdido é repostado pelo processo de remineralização. Se ao longo do tempo, os episódios de desmineralização são maiores/mais frequentes que a remineralização, a perda mineral irá progredir levando ao desenvolvimento das lesões de cárie. A primeira evidência clínica é visualizada como uma lesão de mancha branca, caracterizando uma lesão de subsuperfície.<sup>3</sup>

Existem evidências clínicas consistentes de que, antes do processo de cavitação, a lesão subsuperficial de cárie pode ser remineralizada de forma eficaz, desde que a superfície do esmalte que se encontra parcialmente desmineralizada, esteja sem cavitação, evitando assim a necessidade de intervenção restauradora.<sup>4,5,6</sup> Assim, a prevenção, o diagnóstico e o tratamento precoce das lesões de mancha branca ativas através de produtos remineralizadores são cruciais para evitar tratamentos mais invasivos.<sup>3</sup>

O uso constante de produtos fluoretados, especialmente os dentifrícios fluoretados têm sido considerados responsáveis pelo declínio significativo na prevalência de cárie em todo o mundo.<sup>7</sup> No entanto, em fase mais avançada da doença e na presença de lesões de mancha branca ativas de cárie, a utilização de produtos fluoretados em baixa concentração seja através da escovação com dentifrícios ou consumo de água fluoretada não tem sido suficiente para influenciar positivamente no processo de cárie, inibindo a desmineralização e ativando remineralização. Nessas situações, a aplicação profissional de

produtos fluoretados de alta concentração, como géis e vernizes mostram melhores resultados.<sup>8,9</sup>

Considerando ainda as atuais mudanças nos paradigmas da Cariologia, a proposta de abordagens com mínima intervenção tem sido rotineiramente incorporada na prática clínica.<sup>10</sup> Diferentes agentes remineralizadores são constantemente pesquisados buscando um efeito mais consistente e duradouro na remineralização do esmalte. Destaca-se a aplicação dos vidros bioativos, que são compostos por diversos íons, e atuam na remineralização de lesões de cárie em esmalte, como demonstrado por Taha et al. (2017) em uma revisão sistemática de estudos *in vitro*. Nessa revisão, foi demonstrado que os vidros bioativos, independentemente da formulação ou modo de aplicação foram mais eficazes na remineralização do esmalte em comparação com outros agentes tópicos, como fluoreto (F) e Fosfopéptideo caseína - Fosfato de cálcio amorfo (CPP-ACP).<sup>11</sup>

De modo geral, os vidros bioativos são materiais altamente reativos em um ambiente aquoso. Quando em contato com a saliva, os íons de sódio das partículas de vidro reagem prontamente com cátions de hidrogênio da saliva, induzindo a liberação de íons de cálcio (Ca) e fosfato (P). O aumento no pH salivar auxilia na precipitação dos íons extras de Ca e P e o cálcio dissolvido é precipitado sobre o dente na forma de fluoreto de cálcio ("CaF<sub>2</sub>"). À medida que essas reações continuam, essa camada cristaliza em hidroxiapatita, potencializando a remineralização das estruturas dentárias.<sup>11,12</sup> (, uma vez que ele opera como um agente de liberação lenta de F.

Uma grande desvantagem dos materiais bioativos é que apresentam baixa resistência mecânica.<sup>13</sup> Com o advento da nanotecnologia, novos materiais bioativos que também apresentam boas propriedades mecânicas têm sido investigados e empregados na área Biomédica e Odontológica. O pentóxido de nióbio (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) é um óxido metálico que apresenta bioatividade e formação de cristais de hidróxiapatita quando em contato com a saliva humana, além de demonstrar excelentes propriedades mecânicas.<sup>14</sup> No estudo de Velo et al. (2019), foi demonstrado que a incorporação de nanofibras dopadas por Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em cimento resinoso autoadesivo promove melhoras significativas nas propriedades mecânicas do cimento. Em adição, o Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresenta

propriedades óticas semelhantes às da estrutura dentárias, abrangendo sua aplicação em materiais odontológicos.<sup>15,16</sup>

Dessa forma, hipotetizamos que, um verniz fluoretado modificado por partículas de vidro bioativo poderia apresentar maior deposição de íons Ca e P, potencializando o efeito cariostático do material. Ainda, se partículas de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> forem acrescentadas a esse material fluoretado, além do potencial bioativo, esse verniz poderia ser mais resistente diante o desafio cariogênico, diminuindo a frequência de aplicações clínicas.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial remineralizador de um verniz modificado por nanomateriais bioativos (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e SiO<sub>2</sub>), através da análise de dureza de superfície. A hipótese nula testada será: (1) os materiais experimentais não apresentam potencial remineralizador.

# **ARTIGO**

# **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL REMINERALIZADOR DE UM VERNIZ FLUORETADO MODIFICADO POR NANOPARTÍCULAS BIOATIVAS**

## *EVALUATION OF REMINERALIZING POTENTIAL OF A FLUORIDATED VARNISH MODIFIED BY BIOACTIVE NANOPARTICLES*

DENNER LEOPOLDINO ESPERANÇA<sup>1</sup>  
ALYSSA TEIXEIRA OBEID<sup>2</sup>  
MARILIA MATTAR AMOÊDO CAMPOS VELO<sup>3</sup>  
LAÍS SANTOS ALBERGARIA<sup>2</sup>  
LUCIO CANÇADO CASTELLANO<sup>4</sup>  
TATIANA LIMA NASCIMENTO<sup>5</sup>  
JULIANA FRAGA SOARES BOMBONATTI<sup>6</sup>

### **RESUMO**

Abordagens de mínima intervenção têm sido rotineiramente incorporadas na prática clínica e diferentes agentes buscam um efeito mais consistente e duradouro na remineralização do esmalte dentário. Assim, esse projeto de pesquisa visou desenvolver um verniz fluoretado modificado por nanoestruturas com potencial bioativo de sílica (SiO<sub>2</sub>) e pentóxido de nióbio (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e testando o potencial remineralizador desse verniz por dureza superficial em 3 momentos diferentes: esmalte hígido, esmalte desmineralizado e esmalte tratado. Os dentes bovinos foram cortados em blocos (6 × 4 × 2 mm) e polidos. Os blocos divididos em três áreas (2 × 4 × 2 mm): área não desmineralizada, área desmineralizada e área desmineralizada + tratada. Duas áreas dos espécimes foram previamente submetidas à indução de cárie em solução desmineralizante

---

1 Mestrando no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

2 Doutoranda no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

3 Professora Doutora no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

4 Professor Doutor na Universidade Federal da Paraíba.

5 Pós doutoranda na Universidade Federal da Paraíba.

6 Professora Doutora no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos, Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

e, posteriormente, as amostras foram distribuídas aleatoriamente em três grupos de acordo com o tratamento empregado (n=10): verniz experimental (VZ); verniz experimental + gelatina de sílica (VZ-Si); verniz experimental + nanopartículas de nióbio (VZ-Nb). Após 24h em umidade relativa o verniz foi removido e a área tratada submetida a uma ciclagem durante 8 dias. Após, foi feita análise da dureza superficial em cada uma dessas etapas e a perda/ganho mineral foi avaliada. Os resultados foram analisados estatisticamente em ANOVA a 2 critérios e teste Tukey ( $p < 0,05$ ). A incorporação de nanoestruturas, Nióbio e Sílica, ao verniz fluoretado resultou em diferenças significativas na dureza de superfície entre os grupos. O grupo VZ + Nb apresentou os maiores valores de dureza, seguido por VZ + Si e VZ (Controle).

**UNITERMOS:** Verniz. Nanoestruturas. Dureza. Nióbio. Sílica

## INTRODUÇÃO

A cárie dentária é uma doença resultante de uma mudança ecológica no biofilme, de uma população equilibrada para uma população acidogênica e cariogênica desenvolvida e mantida pelo consumo de carboidratos alimentares fermentáveis.<sup>1</sup> Quando as bactérias presentes no biofilme dental metabolizam os açúcares fermentáveis ingeridos pelo indivíduo, produzem ácido lático, cujo pH é em torno de 4,5 - 5,0 tornando o meio ácido. À medida que o pH diminui, os fluidos salivares e fluidos presentes no biofilme se tornam subsaturados em relação à hidroxiapatita, levando à desmineralização no esmalte.<sup>2</sup> Aos poucos, o pH vai retornando aos seus valores fisiológicos, tornando novamente supersaturado em relação à hidroxiapatita e, parte do mineral que foi perdido é repostado pelo processo de remineralização. Se ao longo do tempo, os episódios de desmineralização são maiores/mais frequentes que a remineralização, a perda mineral irá progredir levando ao desenvolvimento das lesões de cárie. A primeira evidência clínica é visualizada como uma lesão de mancha branca, caracterizando uma lesão de subsuperfície.<sup>3</sup>

Existem evidências clínicas consistentes de que, antes do processo de cavitação, a lesão subsuperficial de cárie pode ser remineralizada de forma

eficaz, desde que a superfície do esmalte que se encontra parcialmente desmineralizada, esteja sem cavitação, evitando assim a necessidade de intervenção restauradora.<sup>4,5,6</sup> Assim, a prevenção, o diagnóstico e o tratamento precoce das lesões de mancha branca ativas através de produtos remineralizadores são cruciais para evitar tratamentos mais invasivos.<sup>3</sup>

O uso constante de produtos fluoretados, especialmente os dentifrícios fluoretados têm sido considerados responsáveis pelo declínio significativo na prevalência de cárie em todo o mundo.<sup>7</sup> No entanto, em fase mais avançada da doença e na presença de lesões de mancha branca ativas de cárie, a utilização de produtos fluoretados em baixa concentração seja através da escovação com dentifrícios ou consumo de água fluoretada não tem sido suficiente para influenciar positivamente no processo de cárie, inibindo a desmineralização e ativando remineralização. Nessas situações, a aplicação profissional de produtos fluoretados de alta concentração, como géis e vernizes mostram melhores resultados.<sup>8,9</sup>

Considerando ainda as atuais mudanças nos paradigmas da Cariologia, a proposta de abordagens com mínima intervenção tem sido rotineiramente incorporada na prática clínica.<sup>10</sup> Diferentes agentes remineralizadores são constantemente pesquisados buscando um efeito mais consistente e duradouro na remineralização do esmalte. Destaca-se a aplicação dos vidros bioativos ( $\text{SiO}_2$ ) na remineralização de lesões de cárie em esmalte, como demonstrado em uma revisão sistemática de estudos *in vitro*. Nessa revisão, foi demonstrado que os vidros bioativos, independentemente da formulação ou modo de aplicação foram mais eficazes na remineralização do esmalte em comparação com outros agentes tópicos, como fluoreto (F) e Fosfopéptideo caseína - Fosfato de cálcio amorfo (CPP-ACP).<sup>11</sup>

De modo geral, os vidros bioativos são materiais altamente reativos em um ambiente aquoso. Quando em contato com a saliva, os íons de sódio das partículas de vidro reagem prontamente com cátions de hidrogênio da saliva, induzindo a liberação de íons de cálcio (Ca) e fosfato (P). O aumento no pH salivar auxilia na precipitação dos íons extras de Ca e P e o cálcio dissolvido é precipitado sobre o dente na forma de fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ). À medida que essas reações continuam, essa camada cristaliza em hidroxiapatita,



potencializando a remineralização das estruturas dentárias<sup>11,12</sup>, uma vez que ele opera como um agente de liberação lenta de F.

Uma grande desvantagem dos materiais bioativos é que apresentam baixa resistência mecânica.<sup>13</sup> Com o advento da nanotecnologia, novos materiais bioativos que também apresentam boas propriedades mecânicas têm sido investigados e empregados na área Biomédica e Odontológica. O pentóxido de nióbio ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) é um óxido metálico que apresenta bioatividade e formação de cristais de hidróxiapatita quando em contato com a saliva humana, além de demonstrar excelentes propriedades mecânicas.<sup>14</sup> No estudo de Velo et al., foi demonstrado que a incorporação de nanofibras dopadas por  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  em cimento resinoso autoadesivo promove melhoras significativas nas propriedades mecânicas do cimento. Em adição, o  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  apresenta propriedades óticas semelhantes às da estrutura dentárias, abrangendo sua aplicação em materiais odontológicos.<sup>15,16</sup>

Dessa forma, hipotetizamos que, um verniz fluoretado modificado por partículas de vidro bioativo poderia apresentar maior deposição de íons Ca e P, potencializando o efeito cariostático do material. Ainda, se partículas de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  forem acrescentadas a esse material fluoretado, além do potencial bioativo, esse verniz poderia ser mais resistente diante o desafio cariogênico e, conseqüentemente aumentando a longevidade desse material, diminuindo a frequência de aplicações clínicas.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial remineralizador de um verniz modificado por nanomateriais bioativos ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$  e  $\text{SiO}_2$ ), através da análise de dureza de superfície. A hipótese nula testada será: (1) os materiais experimentais não apresentam potencial remineralizador e bioatividade.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo *in vitro* foi conduzido utilizando blocos de esmalte bovino cortados na proporção de  $6 \times 4 \times 2$  mm, divididos em três regiões ( $2 \times 4 \times 2$  mm). A Figura 1 mostra o esquema da divisão e tratamento dos blocos. A região C representa a área controle (esmalte hígido), que foi protegida por verniz ácido resistente, esmalte de unha. As regiões A e B foram submetidas a formação de lesão artificial com solução tampão por imersão em 35 ml durante 16h ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  1,3mM;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,78mM; Ácido acético glacial 0,05M; 0,0315 ppm F, pH 5,0;  $37^\circ\text{C}$ ), simulando uma situação inicial de mancha branca. Para comprovação da formação de lesão inicial, 3 amostras foram submetidas ao teste de microradiografia, como mostra a figura 3. Posteriormente, a região B foi protegida por verniz ácido resistente e a região C foi tratada de acordo com os seguintes grupos: VZ (espécimes tratados apenas pelo verniz experimental sem adição de nanopartículas); VZ-Si (espécimes tratados pelo verniz experimental + gelatina de sílica); VZ- Nb (espécimes tratados pelo verniz

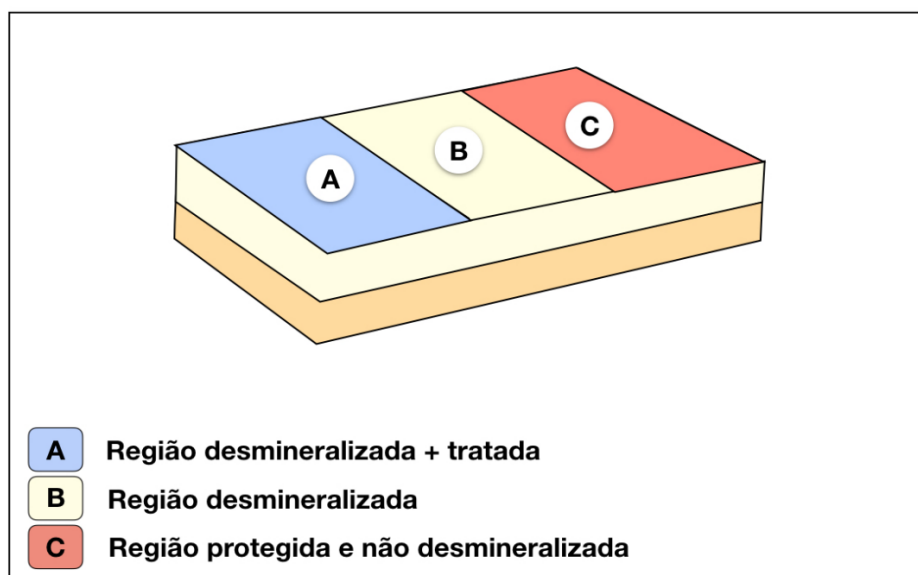


Figura 1. Esquema representativo do bloco de esmalte bovino (A) região desmineralizada + tratada pelos diferentes vernizes; (B) região desmineralizada e, (C) região não desmineralizada (área controle)

experimental + nanopartículas de pentóxido de nióbio). A tabela 1 descreve a composição de cada grupo. A concentração de nanopartículas inseridas foi de 1% para os grupos experimentais, de acordo com estudo prévio pelo grupo de pesquisa.<sup>15</sup>



Figura 2. Disposição das áreas A, B e C e proteção com verniz ácido resistente prévia a cada etapa.

Após o tratamento, as amostras foram mantidas por 24h em umidade relativa. Posteriormente, foi feita a remoção dos vernizes com o auxílio de lâmina de bisturi e as amostras limpas com microbrush embebido em solução de acetona-água. (1: 1).<sup>17</sup> Após a remoção, os blocos foram submetidos a um modelo de ciclagem de pH. Durante 8 dias os blocos foram mantidos 22h e solução remineralizante e 2h em solução desmineralizante em estufa a 37°C. As proporções das soluções des-remineralizantes utilizadas foram 6,25 ml/mm<sup>2</sup> de

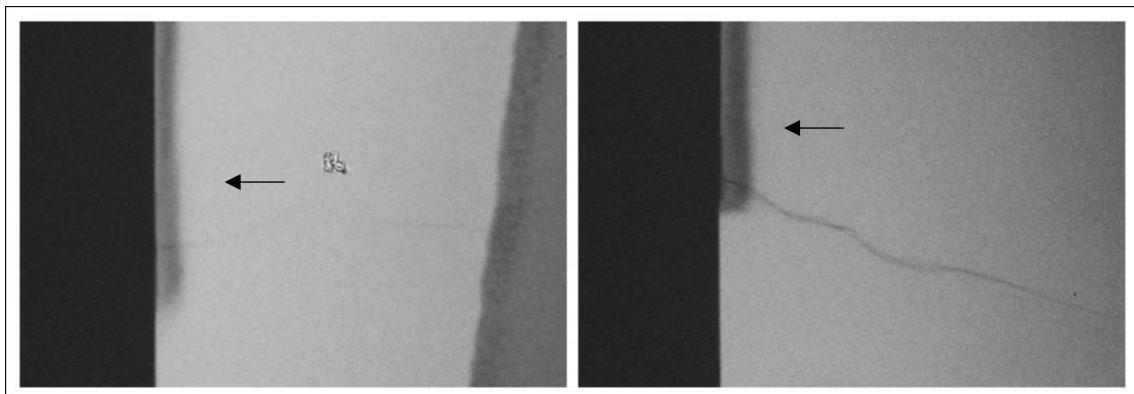


Figura 3. Imagem da lesão de mancha branca em esmalte bovino através da microradiografia. Nota-se a formação da lesão de subsuperfície (seta indicando) ao lado da região controle.

esmalte e 3,12 ml/mm<sup>2</sup> de esmalte, respectivamente. As soluções foram substituídas no quarto dia de ciclagem por soluções novas, e após o término do período de 8 dias totais de ciclagem a dureza superficial do esmalte pós tratamento foi avaliada, a tabela 2 descreve as soluções utilizadas.<sup>18</sup> A

determinação da dureza superficial inicial (MH<sub>inicial</sub>) foi realizada por 3 endentações (diamante Knoop, 50 g, 10 s, HMV- 2000; Buehler LTD, Lake Bluff, IL, USA) prévia a qualquer tratamento. Então a área controle (hígida) foi protegida e as amostras foram submetidos a formação de lesão artificial com solução tampão por imersão em 35 ml durante 16h. Após essa etapa, a dureza foi novamente avaliada na região desmineralizada (MH<sub>desmineralizado</sub>), os dados foram coletados e essa região foi protegida com o verniz ácido resistente para prosseguir ao tratamento e ciclagem de pH (MH<sub>tratado</sub>). Em seguida, foram feitas 3 endentações na superfície tratada de cada amostra, em linha reta com um espaço de aproximadamente 100um entre elas. A diferença dos dados de dureza entre MH<sub>inicial</sub> e MH<sub>desmineralizado</sub> e MH<sub>inicial</sub> e MH<sub>tratado</sub> foram usados para calcular a perda de dureza (%PDS) e ganho de dureza (%RDS) usando as seguintes fórmulas:

$$\%PDS = \frac{MH_{inicial} - MH_{desmineralizado}}{MH_{inicial}} \times 100$$

\*\*Equação para calcular perda de dureza após a indução artificial de lesão de mancha branca.

$$\%RDS = \frac{MH_{desmineralizado} - MH_{tratado}}{MH_{inicial} - MH_{tratado}} \times 100$$

\*\*Equação para calcular ganho de dureza após a indução artificial de lesão de mancha branca.

Sendo assim, esse estudo apresenta um fator de variação (verniz) em 3 níveis. A variável de resposta foi a avaliação da perda e ganho mineral por dureza superficial. Os dados foram calculados e analisados estatisticamente com o Software *Statistica* 10.0. A dureza de superfície foi analisada usando análise de variância a dois critérios de medidas repetidas e teste Tukey.

| Grupo                               | Composição                                                       |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| VZ                                  | 6% NaF + 6% CaF <sub>2</sub>                                     |
| VZ + SiO <sub>2</sub>               | 6% NaF + 6% CaF <sub>2</sub> + 1% SiO <sub>2</sub>               |
| VZ + Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 6% NaF + 6% CaF <sub>2</sub> + 1% Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |

Quadro 1. Materiais utilizados e suas composições.

|                          |                                                                                                  |                       |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Solução desmineralizante | Acetate buffer 0,05 mol / L, pH 5,0 e contendo 1,28 mmol / L Ca, 0,74 mmol / LP e 0,03 mg F / mL | pH 5,0<br>37°C<br>2h  |
| Solução remineralizante  | 1,5 mmol/L Ca, 0,9 mmol/LP, 150 mmol/L KCl, 0,05 mg F/mL em 0,1 mol/L Tris buffer                | pH 7,0<br>37°C<br>22h |

Quadro 2. Descrição das soluções utilizadas na ciclagem de pH.

## RESULTADOS

O ANOVA 2 critérios mostrou que houve diferenças estatísticas entre os vernizes ( $p < 0,05$ ), houve diferença estatística entre os momentos ( $p < 0,05$ ) e houve uma interação significativa entre os dois fatores de estudo (Vernizes x Momento). A incorporação de nanoestruturas, Nióbio e Sílica, ao verniz fluoretado resultou em diferenças significativas na dureza de superfície, portanto a hipótese nula foi rejeitada. Os vernizes NaF + SiO<sub>2</sub> e NaF + Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram capazes de induzir um aumento significativo na porcentagem de recuperação da dureza da superfície (expressa como %SHR) em comparação ao grupo controle NaF. Os resultados da porcentagem de recuperação de dureza estão apresentados na tabela 1.

O grupo com a incorporação de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a 1% apresentou os maiores valores de dureza, se diferenciando dos demais ( $p < 0,05$ ), consequentemente

recuperando a dureza em valores (%) muito próximos aos da dureza inicial com esmalte hígido. Portanto a hipótese nula foi rejeitada, os materiais experimentais apresentaram um bom potencial remineralizador.

| <b>Grupo</b>    | <b>Momento</b>         | <b>Média</b>               |
|-----------------|------------------------|----------------------------|
| Verniz          | % RDS - Hígido - Trat  | 19,912 ± 6,02 <sup>b</sup> |
| Verniz + Nióbio | % RDS - Hígido - Trat  | 95,039 ± 5,30 <sup>d</sup> |
| Verniz + Sílica | % RDS - Hígido - Trat  | 77,618 ± 9,55 <sup>c</sup> |
| Verniz          | % PDS - Hígido - Desmi | 40,253 ± 2,81 <sup>a</sup> |
| Verniz + Nióbio | % PDS - Hígido - Desmi | 38,185 ± 1,96 <sup>a</sup> |
| Verniz + Sílica | % PDS - Hígido - Desmi | 38,842 ± 2,30 <sup>a</sup> |

Tabela 3. Estatística descritiva para diferenças de microdureza. \*\*Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa na comparação entre os grupos ( $p < 0,05$ ) RDS=recuperação da dureza de superfície. PDS=perda da dureza de superfície

## DISCUSSÃO

O tratamento com F ainda é a terapia padrão para remineralização de lesões de mancha branca que apresenta o mais alto nível de evidência de científica.<sup>32</sup> No entanto, muitos pesquisadores têm buscado desenvolver novas terapias, visto que as estratégias disponíveis com F tem eficácia limitada em alguns indivíduos, principalmente nos quais apresentam alto risco a cárie, os quais a aplicação profissional de produtos com alta concentração de F são necessárias nesses indivíduos. Dessa forma, grande parte das terapias em desenvolvimento buscam aumentar os efeitos das terapias com F existentes, em vez de substituí-las.<sup>19,20</sup>

A incorporação de materiais bioativos alternativos ao F tem sido amplamente avaliada dentro da odontologia, como ocorreu em adesivos, resinas, cimentos resinosos, ionômeros de vidro e vernizes fluoretados.<sup>15,21,22,23</sup>

O presente estudo avaliou o potencial remineralizador de vernizes experimentais com F em sua composição através da incorporação de nanomateriais bioativos com sílica ou pentóxido de nióbio em lesões de mancha branca no esmalte.

Os resultados do presente trabalho demonstraram que não houve diferença significativa entre os grupos para %PDS. Por outro lado, os vernizes modificados por NaF+Sílica e NaF+Nióbio foram capazes em remineralizar a superfície do esmalte em comparação ao grupo controle (Tabela 3), induzindo um aumento significativo na recuperação da dureza. Tais resultados são interessantes, pois indica que a incorporação das nanopartículas bioativas ao verniz fluoretado adiciona uma ação anticárie ao verniz, uma vez que permite troca iônica com as soluções, protegendo a superfície de uma forma mais duradoura.

A associação de materiais com base em Dióxido de silício mostra a capacidade que esse material tem de prevenir eficazmente a desmineralização do esmalte dentário e a cárie dentária por meio da liberação de íons e aumento do pH do ambiente oral.<sup>26,27</sup> A incorporação desse material, aos chamados Biovidros foi originalmente desenvolvido para o tratamento de defeito ósseo, e mostrou que possui promissora bioatividade e boa biocompatibilidade, sendo introduzido na odontologia devido a sua reação no dente ser similar à do osso.<sup>28</sup>

Já o nióbio tem sido estudado tanto na área médica quanto na odontologia. A adição de Nióbio a vidros bioativos se mostrou positiva, aumentando a mineralização óssea em procedimentos de regeneração quando comparados ao grupo sem adição deste óxido metálico.<sup>14</sup> Além de apresentar ganho nas propriedades mecânicas quando incorporado a materiais resinosos<sup>15,20,24</sup> o Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> também apresenta bioatividade e promove o crescimento de hidroxiapatita quando entra em contato com saliva humana, mostrando grande afinidade com cálcio e fósforo.<sup>20,25</sup> No presente trabalho, a adição de nióbio demonstrou um potencial remineralizador altamente efetivo (95,039 ± 5,30, Tabela 3), sendo um material promissor para reverter lesões de cárie de mancha branca em fases iniciais.

Balbinot associou a incorporação destas duas partículas bioativas, Nióbio e Sílica, em adesivos e avaliou as propriedades físicas e biológicas. A capacidade desses materiais em promover a deposição de minerais em sua superfície aumentou quando eles tiveram contato com fluido corporal simulado por 14 dias, mostrando a capacidade de nuclear a deposição de minerais do meio.<sup>21</sup> Após a liberação inicial do íon, as superfícies das partículas atraem cálcio e fosfato, e essa nucleação parece ser facilitada pela estrutura do nióbio.<sup>29</sup> Outros estudos testaram diferentes composições de nióbio quanto à sua bioatividade, mostrando que seu padrão de estrutura é fator chave para a formação de depósitos minerais.<sup>30</sup>

Outra vantagem do nióbio para incorporação em materiais odontológicos, é que apresenta propriedades ópticas semelhantes a estrutura dentária.<sup>16</sup> Sabe-se que para restaurar a translucidez de uma lesão de mancha branca, a remineralização precisa ser uniforme em toda a lesão para produzir um conteúdo mineral médio de cerca de 80 vol% de mineral ou mais.<sup>31</sup> A associação deste óxido ao verniz pode beneficiar as características estéticas de refração causados pela lesão, no entanto, investigações futuras ainda são necessárias para confirmar esta hipótese. De modo geral, no presente estudo a adição de nanopartículas bioativas aumentou a capacidade de remineralização de lesões de mancha branca em esmalte, tendo o  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  os maiores valores de dureza.

## CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo, os vernizes experimentais modificados por nanopartículas,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  foram capazes de aumentar significativamente o potencial remineralizador quando comparados ao verniz NaF sem incorporação de nanoestruturas, sendo mais eficazes na melhoria da remineralização em superfície, sendo o verniz modificado por  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  o grupo que apresentou os melhores resultados.



## ABSTRACT

Minimal intervention approaches have been routinely incorporated into clinical practice and different agents seek a more consistent and lasting effect on enamel remineralization. Thus, the research project aimed to develop a fluoride varnish modified by nanostructures with bioactive potential of silica (SiO<sub>2</sub>) and niobium pentoxide (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and testing the remineralizing potential of this varnish by surface hardness at 3 different times, sound enamel, demineralized enamel and treated enamel. The bovine teeth were cut into blocks (6 × 4 × 2 mm) and polished. The blocks divided into three areas (2 × 4 × 2 mm): non-demineralized area, demineralized area and demineralized + treated area. Two areas of the specimens were previously subjected to caries induction in a demineralizing solution and subsequently the samples were randomly distributed into three groups according to the treatment used (n=10): experimental varnish (VZ); experimental varnish + silica gelatin (VZ-Si); experimental varnish + niobium nanoparticles (VZ-Nb). After 24 hours in relative humidity, the varnish was removed and the treated area subjected to pH cycling for 8 days. Afterwards, an analysis of the surface hardness was made in each of these steps and the mineral loss/gain was evaluated. After the final hardness evaluation, the results were analyzed using two-way ANOVA and tukey test. The incorporation of nanostructures, Niobium and Silica, into the fluoride varnish resulted in significant differences in surface hardness between the groups. The VZ + Nb group had the highest hardness values, followed by VZ + Si and VZ (Control).

Keywords: Varnish. Nanostructures. Bioactivity. Hardness. Niobium. Silica.

## REFERÊNCIAS

1. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, Van Landuyt K, Banerjee A, Campus G, Doméjean A, Fontana M, Leal S, Lo E, Machiulskiene V, Schulte A, Splieth C, Zandona AF, Innes NPT. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. **Adv Dent Res.** 2016; 28(2):58-67.
2. Buzalaf MAR, Pessan JP, Honório HM, Cate JM ten. Mechanisms of Action of Fluoride for. **Monogr Oral Sci.** 2011; 22:97-114.
3. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. **Semin Orthod.** 2008; 14(3):174-182.
4. Kidd EAM, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. **J Dent Res.** 2004; 83(SPEC. ISS. C)
5. Angelini Sfalcin R, da Silva JVP, Oliva Pessoa V, et al. Remineralization of early enamel caries lesions induced by bioactive particles: An in vitro speckle analysis. **Photodiagnosis Photodyn Ther.** 2019; 201-209.
6. Ten Cate JM, Arends J. Remineralization of artificial enamel lesions *in vitro*. **Caries Res.** 1977; 11:277-286.
7. Bratthal D, Hänsel Peterson G, Sundberg H. Reasons for the caries decline what do the experts believe. **Eur J Oral Sci.** 1996; 104:416-422.
8. Seppä L. Fluoride varnishes in caries prevention. **Med Princ Pract.** 2004; 13(6):307-311.
9. Lenzi TL, Montagner AF, Soares FZM, De Oliveira Rocha R. Are topical fluorides effective for treating incipient carious lesions? A systematic review and meta-analysis. **J Am Dent Assoc.** 2016; 147(2):84-91:e1.
10. Fejerskov O. Changing Paradigms in Concepts on Dental Caries: Consequences for Oral Health Care. **Carie res.** 2004; 38:182-19.
11. Taha AA, Patel MP, Hill RG, Fleming PS. The effect of bioactive glasses on enamel remineralization: A systematic review. **J Dent.** 2017; 67:9-17.
12. Hench LL. The story of Bioglass. **J Mater Sci: Mater Med.** 2006; 17: 967-978.

13. Jones JR, Ehrenfried LM, Hench LL. Optimising bioactive glass scaffolds for bone tissue engineering. **Biomaterials**. 2006; 294-273.
14. Balbinot G de S, Collares FM, Visioli F, Soares PBF, Takimi AS, . Niobium addition to sol-gel derived bioactive glass powders and scaffolds: In vitro characterization and effect on pre-osteoblastic cell behavior. **Dent Mater**. 2018; 34(10):1449-1458.
15. Velo MMAC, Nascimento TRL, K. Scotti CK, Bombonatti JFS, Furuse AY, Silva VD, Simões DA, Medeiros ES, Blaker JJ, Silikas N, Mondelli RFL. Improved mechanical performance of self-adhesive resin cement filled with hybrid nanofibers-embedded with niobium pentoxide. **Dent Mater**. 2019; 35(11):e272-e285.
16. Shan Y, Zheng Z, Liu J, et al. Niobium pentoxide: A promising surface-enhanced Raman scattering active semiconductor substrate. **npj Comput Mater**. 2017; 3(1):1-6.
17. de Souza BM, Fernandes Neto C, Salomão PMA, de Vasconcelos LRSM, de Andrade FB, Magalhães AC. Analysis of the antimicrobial and anticaries effects of TiF<sub>4</sub> varnish under microcosm biofilm formed on enamel. **J Appl Oral Sci**. 2018; 26:1-8.
18. Queiroz, C. S., Hara, A. T., Paes Leme, A. F., & Cury, J. A. pH-Cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel De- and remineralization. **Brazilian Dental Journal**. 2008; 19(1), 21–27.
19. González-Cabezas, C., & Fernández, C. E. . Recent Advances in Remineralization Therapies for Caries Lesions. **Advances in Dental Research**. 2018; 29(1), 55–59.
20. Haugejorden, O., & Magne Birkeland, J. Ecological time-trend analysis of caries experience at 12 years of age and caries incidence from age 12 to 18 years: Norway 1985-2004. **Acta Odontologica Scandinavica**. 2006; 64(6), 368–375.
21. Balbinot, G. S., Leitune, V. C. B., Ogliari, F. A., & Collares, F. M. Niobium silicate particles promote in vitro mineral deposition on dental adhesive resins. **Journal of Dentistry**. 2020; 101(August), 103449.
22. Garcia, I. M., Castelo, V., Leitune, B., Souza, G. De, Maria, S., Samuel, W., Collares, F. M., Garcia, I. M., Castelo, V., Leitune, B., Balbinot, G. D. S., Maria, S., & Samuel, W. Influence of niobium pentoxide addition on the properties of glass ionomer cements. **Acta Odontologica Scandinavica**. 2017; (2), 138-143.

23. Magalhães AC, Comar LP, Rios D, Delbem ACB, Buzalaf MAR. Effect of a 4% titanium tetrafluoride (TiF<sub>4</sub>) varnish on demineralisation and remineralisation of bovine enamel in vitro. **J Dent**. 2008; 36(2):158-162.
24. Collares, F. M., Portella, F. F., Casara, G., Semeunka, S. M., Castro, L. De, Almeida, B., Santos, R., Castelo, V., Leitune, B., Maria, S., & Samuel, W. *Mineral deposition at dental adhesive resin containing niobium pentoxide*. **Applied Adhesion Science**. 2014;2:22 1–6.
25. Karlinsey RL, Hara AT, Yi K, Duhn CW. Bioactivity of novel self-assembled crystalline Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> microstructures in simulated and human salivas. **Biomed Mater**. 2006;1(1):16-23.
26. Guo, X., Li, X., Liao, C., He, K., Zhong, Y., & He, T. Therapeutic effect of a novel bioactive glass-ceramics on early caries lesions: a single-center, randomized controlled clinical trial. **Clinical Oral Investigations**. 2021.
27. Kawasaki, K., & Kambara, M. Effects of ion-releasing tooth-coating material on demineralization of bovine tooth enamel. **International Journal of Dentistry**. 2014.
28. Fernandes, H. R., Gaddam, A., Rebelo, A., Brazete, D., Stan, G. E., & Ferreira, J. M. F. Bioactive glasses and glass-ceramics for healthcare applications in bone regeneration and tissue engineering. **Materials**, 2018; 11(12), 1–54.
29. Obata, A., Takahashi, Y., Miyajima, T., Ueda, K., Narushima, T., & Kasuga, T. (2012). Effects of niobium ions released from calcium phosphate invert glasses containing Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on osteoblast-like cell functions. **ACS Applied Materials and Interfaces**. 2012; 4(10), 5684–5690.
30. Bonadio, T. G. M., Fiorentin, E. R., Candido, A. G., Miyahara, R. Y., Freitas, V. F., Kiyochi, H. J., Hernandez, L., Rosso, J. M., Burato, J. A., Santos, I. A., Baesso, M. L., & Weinand, W. R. (2020). Enhanced mechanical properties and osseointegration features of CaNb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>–PNb<sub>9</sub>O<sub>25</sub>–Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> triphasic nanostructured bioceramics derived by optimised sinterization of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and natural hydroxyapatite-β-tricalcium phosphate. **Ceramics International**. 2020; 46(8), 12837–12845.
31. Shen, P., McKeever, A., Walker, G. D., Yuan, Y., Reynolds, C., Fernando, J. R., Chen, Y. Y., MacRae, C. M., Schneider, P., & Reynolds, E. C. (2020). Remineralization and fluoride uptake of white spot lesions under dental varnishes. **Australian Dental Journal**. 2020; 65(4), 278–285.

# **DISCUSSÃO**

## DISCUSSÃO

O tratamento com F ainda é a terapia padrão para remineralização de lesões de mancha branca que apresenta o mais alto nível de evidência científica. Uma das vantagens da utilização dos vernizes fluoretados é o tempo de contato prolongado entre o flúor e a superfície do esmalte, favorecendo o processo de remineralização e reservatórios de  $\text{CaF}_2$ .<sup>32</sup>

No entanto muitos pesquisadores tem buscado desenvolver novas terapias, visto que as atualmente disponíveis com F tem eficácia limitada em alguns indivíduos, principalmente nos quais apresentam alto risco a cárie, nesses estão indicadas a aplicação profissional de produtos com alta concentração de F. Grande parte das terapias em desenvolvimento buscam aumentar os efeitos das terapias com F existentes, em vez de substituí-las.<sup>19,20</sup>

A incorporação de materiais bioativos alternativos ao F tem sido amplamente avaliada dentro da odontologia, incorporados em adesivos, resinas, cimentos resinosos, ionômeros de vidro e vernizes fluoretados.<sup>15,21,22,23</sup>

Esse estudo avaliou o potencial remineralizador de vernizes experimentais com F em sua composição através da incorporação de nanomateriais bioativos em lesões de mancha branca no esmalte. 2 grupos experimentais foram conduzidos, um grupo com Verniz + Pentóxido de Níbio a 1% e verniz + gelatina de Sílica a 1% e um grupo controle apenas com o verniz. A análise de dureza foi feita em 3 momentos diferentes, esmalte hígido, esmalte desmineralizado e esmalte tratado.

A aplicação de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  tem sido estudada tanto na área médica quanto na odontologia. A adição de Níbio a vidros bioativos se mostrou positiva, aumentando a mineralização óssea em procedimentos de regeneração quando comparados ao grupo sem adição deste óxido metálico.<sup>14</sup>

Além de apresentar ganho nas propriedades mecânicas quando incorporado a materiais resinosos<sup>15,20,24</sup> o  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  também apresenta bioatividade e promove o crescimento de hidroxiapatita quando entra em contato com saliva humana, mostrando grande afinidade com cálcio e fósforo.<sup>20,25</sup>

A associação de materiais com base em Dióxido de silício mostra a capacidade que esse material tem de prevenir eficazmente a desmineralização do esmalte dentário e a cárie dentária por meio da liberação de íons e aumento do pH do ambiente oral.<sup>26,27</sup> A incorporação desse material, aos chamados Biovidros foi originalmente desenvolvido para o tratamento de defeito ósseo, e mostrou que possui promissora bioatividade e boa biocompatibilidade. E foi introduzido na odontologia devido a sua reação no dente ser similar à do osso.<sup>28</sup>

Balbinot associou a incorporação destas duas partículas bioativas, Nióbio e Sílica, em adesivos e avaliou as propriedades físicas e biológicas. A capacidade desses materiais em promover a deposição de minerais em sua superfície aumentou quando eles tiveram contato com fluido corporal simulado por 14 dias, mostrando a capacidade de nuclear a deposição de minerais do meio.<sup>21</sup> Após a liberação inicial do íon, as superfícies das partículas atraem cálcio e fosfato, e essa nucleação parece ser facilitada pela estrutura do nióbio.<sup>29</sup> Outros estudos testaram diferentes composições de nióbio quanto à sua bioatividade, mostrando que seu padrão de estrutura é fator chave para a formação de depósitos minerais.<sup>30</sup>

O nióbio apresenta propriedades ópticas semelhantes a estrutura dentária.<sup>16</sup> Sabe-se que para restaurar a translucidez de uma lesão de mancha branca, a remineralização precisa ser uniforme em toda a lesão para produzir um conteúdo mineral médio de cerca de 80 vol% de mineral ou mais.<sup>31</sup> A associação deste óxido ao verniz pode beneficiar as características estéticas de refração causados pela lesão, devido as grandes limitações deste estudo são necessárias mais investigações para que possamos confirmar esta hipótese. No presente estudo a adição de nanopartículas bioativas aumentou a capacidade de remineralização de lesões de mancha branca em esmalte, tendo o  $Nb_2O_5$  os maiores valores de dureza.

# CONCLUSÕES



## CONCLUSÕES

Baseado nos resultados deste estudo, os vernizes experimentais modificados por nanopartículas bioativas,  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  foram capazes de aumentar significativamente a dureza superficial do esmalte bovino quando comparados ao verniz NaF sem incorporação de qualquer nanoestrutura bioativa, sendo mais eficazes na melhoria da remineralização em superfície, sendo o verniz modificado por  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  a 1% o grupo que apresentou os melhores resultados.

# REFERÊNCIAS

## REFERÊNCIAS

1. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, Van Landuyt K, Banerjee A, Campus G, Doméjean A, Fontana M, Leal S, Lo E, Machiulskiene V, Schulte A, Splieth C, Zandona AF, Innes NPT. Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. **Adv Dent Res.** 2016; 28(2):58-67.
2. Buzalaf MAR, Pessan JP, Honório HM, Cate JM ten. Mechanisms of Action of Fluoride for. **Monogr Oral Sci.** 2011; 22:97-114.
3. Bishara SE, Ostby AW. White Spot Lesions: Formation, Prevention, and Treatment. **Semin Orthod.** 2008; 14(3):174-182.
4. Kidd EAM, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. **J Dent Res.** 2004; 83(SPEC. ISS. C)
5. Angelini Sfalcin R, da Silva JVP, Oliva Pessoa V, et al. Remineralization of early enamel caries lesions induced by bioactive particles: An in vitro speckle analysis. **Photodiagnosis Photodyn Ther.** 2019; 201-209.
6. Ten Cate JM, Arends J. Remineralization of artificial enamel lesions *in vitro*. **Caries Res.** 1977; 11:277-286.
7. Bratthal D, Hänsel Peterson G, Sundberg H. Reasons for the caries declinewhat do the experts believe. **Eur J Oral Sci.** 1996; 104:416-422.
8. Seppä L. Fluoride varnishes in caries prevention. **Med Princ Pract.** 2004; 13(6):307-311.
9. Lenzi TL, Montagner AF, Soares FZM, De Oliveira Rocha R. Are topical fluorides effective for treating incipient carious lesions? A systematic review and meta-analysis. **J Am Dent Assoc.** 2016; 147(2):84-91:e1.
10. Fejerskov O. Changing Paradigms in Concepts on Dental Caries: Consequences for Oral Health Care. **Carie res.** 2004; 38:182-19.
11. Taha AA, Patel MP, Hill RG, Fleming PS. The effect of bioactive glasses on enamel remineralization: A systematic review. **J Dent.** 2017; 67:9-17.
12. Hench LL. The story of Bioglass. **J Mater Sci: Mater Med.** 2006; 17: 967-978.

13. Jones JR, Ehrenfried LM, Hench LL. Optimising bioactive glass scaffolds for bone tissue engineering. **Biomaterials**. 2006; 294-273.
14. Balbinot G de S, Collares FM, Visioli F, Soares PBF, Takimi AS, . Niobium addition to sol-gel derived bioactive glass powders and scaffolds: In vitro characterization and effect on pre-osteoblastic cell behavior. **Dent Mater**. 2018; 34(10):1449-1458.
15. Velo MMAC, Nascimento TRL, K. Scotti CK, Bombonatti JFS, Furuse AY, Silva VD, Simões DA, Medeiros ES, Blaker JJ, Silikas N, Mondelli RFL. Improved mechanical performance of self-adhesive resin cement filled with hybrid nanofibers-embedded with niobium pentoxide. **Dent Mater**. 2019; 35(11):e272-e285.
16. Shan Y, Zheng Z, Liu J, et al. Niobium pentoxide: A promising surface-enhanced Raman scattering active semiconductor substrate. **npj Comput Mater**. 2017; 3(1):1-6.
17. de Souza BM, Fernandes Neto C, Salomão PMA, de Vasconcelos LRSM, de Andrade FB, Magalhães AC. Analysis of the antimicrobial and anticaries effects of TiF4 varnish under microcosm biofilm formed on enamel. **J Appl Oral Sci**. 2018; 26:1-8.
18. Queiroz, C. S., Hara, A. T., Paes Leme, A. F., & Cury, J. A. pH-Cycling models to evaluate the effect of low fluoride dentifrice on enamel De- and remineralization. **Brazilian Dental Journal**. 2008; 19(1), 21–27.
19. González-Cabezas, C., & Fernández, C. E. . Recent Advances in Remineralization Therapies for Caries Lesions. **Advances in Dental Research**. 2018; 29(1), 55–59.
20. Haugejorden, O., & Magne Birkeland, J. Ecological time-trend analysis of caries experience at 12 years of age and caries incidence from age 12 to 18 years: Norway 1985-2004. **Acta Odontologica Scandinavica**. 2006; 64(6), 368–375.
21. Balbinot, G. S., Leitune, V. C. B., Ogliari, F. A., & Collares, F. M. Niobium silicate particles promote in vitro mineral deposition on dental adhesive resins. **Journal of Dentistry**. 2020; 101(August), 103449.
22. Garcia, I. M., Castelo, V., Leitune, B., Souza, G. De, Maria, S., Samuel, W., Collares, F. M., Garcia, I. M., Castelo, V., Leitune, B., Balbinot, G. D. S., Maria, S., & Samuel, W. *Influence of niobium pentoxide addition on the*

*properties of glass ionomer cements. Acta Odontologica Scandinavica.* 2017; (2), 138-143.

23. Magalhães AC, Comar LP, Rios D, Delbem ACB, Buzalaf MAR. Effect of a 4% titanium tetrafluoride (TiF<sub>4</sub>) varnish on demineralisation and remineralisation of bovine enamel in vitro. **J Dent.** 2008; 36(2):158-162.
24. Collares, F. M., Portella, F. F., Casara, G., Semeunka, S. M., Castro, L. De, Almeida, B., Santos, R., Castelo, V., Leitune, B., Maria, S., & Samuel, W. Mineral deposition at dental adhesive resin containing niobium pentoxide. **Applied Adhesion Science.** 2014; 2:22 1–6.
25. Karlinsey RL, Hara AT, Yi K, Duhn CW. Bioactivity of novel self-assembled crystalline Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> microstructures in simulated and human salivas. **Biomed Mater.** 2006;1(1):16-23.
26. Guo, X., Li, X., Liao, C., He, K., Zhong, Y., & He, T. Therapeutic effect of a novel bioactive glass-ceramics on early caries lesions: a single-center, randomized controlled clinical trial. **Clinical Oral Investigations.** 2021.
27. Kawasaki, K., & Kambara, M. Effects of ion-releasing tooth-coating material on demineralization of bovine tooth enamel. **International Journal of Dentistry.** 2014.
28. Fernandes, H. R., Gaddam, A., Rebelo, A., Brazete, D., Stan, G. E., & Ferreira, J. M. F. Bioactive glasses and glass-ceramics for healthcare applications in bone regeneration and tissue engineering. **Materials,** 2018; 11(12), 1–54.
29. Obata, A., Takahashi, Y., Miyajima, T., Ueda, K., Narushima, T., & Kasuga, T. (2012). Effects of niobium ions released from calcium phosphate invert glasses containing Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> on osteoblast-like cell functions. **ACS Applied Materials and Interfaces.** 2012; 4(10), 5684–5690.
30. Bonadio, T. G. M., Fiorentin, E. R., Candido, A. G., Miyahara, R. Y., Freitas, V. F., Kiyochi, H. J., Hernandez, L., Rosso, J. M., Burato, J. A., Santos, I. A., Baesso, M. L., & Weinand, W. R. (2020). Enhanced mechanical properties and osseointegration features of CaNb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>–PNb<sub>9</sub>O<sub>25</sub>–Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> triphasic nanostructured bioceramics derived by optimised sinterization of Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and natural hydroxyapatite-β-tricalcium phosphate. **Ceramics International.** 2020; 46(8), 12837–12845.
31. Shen, P., McKeever, A., Walker, G. D., Yuan, Y., Reynolds, C., Fernando, J. R., Chen, Y. Y., MacRae, C. M., Schneider, P., & Reynolds, E. C. (2020).

Remineralization and fluoride uptake of white spot lesions under dental varnishes. ***Australian Dental Journal***. 2020; 65(4), 278–285.

32. Magalhães AC, Rios D, Wang L, Buzalaf MAR, et al. *Cariologia – Da base à clínica*. 1º ed. Barueri: Editora Manole; 2021.

# **ANEXO**

## **ANEXO**

### **Normas para publicação na Revista Odontológica de Araçatuba.**

1 - INFORMAÇÕES GERAIS A Revista Odontológica de Araçatuba é uma publicação independente e visa publicar e divulgar trabalhos de pesquisa, artigos de divulgação e atualização. Não serão aceitos trabalhos já publicados. Os mesmos deverão ser inéditos, não sendo permitida sua apresentação simultânea em outro periódico. Somente serão emitidos documentos comprobatórios a partir da definição do volume e número da publicação. A Revista Odontológica de Araçatuba reserva todos os direitos autorais dos trabalhos publicados, inclusive tradução, permitindo, entretanto, a sua posterior reprodução como transcrição e com devida citação de fonte.

2 - APROVAÇÃO DO TRABALHO Todos os artigos propostos à publicação serão previamente submetidos à apreciação de no mínimo dois membros da Comissão Editorial ou outros consultores especializados no assunto. Quando aceitos, estarão sujeitos às correções ou modificações que não alterem o estilo do (s) autor (es). Eventuais modificações na forma, no estilo ou na interpretação só ocorrerão após prévia consulta. Quando recusados, os artigos serão devolvidos com justificativas da Comissão Editorial. Os comentários dos consultores especializados serão enviados pela Comissão Editorial aos autores.

3 - APRESENTAÇÃO DOS ORIGINAIS Os originais deverão ser redigidos em ortografia oficial e conter no máximo 15 páginas, incluindo as ilustrações (gráficos, tabelas, fotografias, etc). Os artigos deverão ser enviados via e-mail para [revodontoaracatuba@hotmail.com](mailto:revodontoaracatuba@hotmail.com), digitados em Word for Windows, fonte Arial, tamanho 12, espaçamento normal entre caracteres e 1,5 entre linhas. O material fornecido deverá conter também declaração de responsabilidade e carta de encaminhamento, apontando o nome e endereço para correspondência e estabelecendo a exclusividade da publicação na Revista, caso o artigo venha ser publicado. O modelo da declaração de responsabilidade encontra-se disponível no site da revista. [www.apcdaracatuba.com.br/revista/apcd.htm5](http://www.apcdaracatuba.com.br/revista/apcd.htm5)

- SEQUÊNCIA DE APRESENTAÇÃO

a) Título do artigo deve ser curto, claro e conciso, para facilitar sua classificação. Deve estar centralizado. Quando necessário, pode ser usado subtítulo; b)



O (s) nome (s) do (s) autor (s) deve (m) aparecer no início do trabalho, alinhado à direita. Em nota de rodapé na primeira página deve estar citado a titulação e instituição ou faculdade a que pertence cada autor, bem como o endereço e e-mail do autor principal. Agradecimentos podem ser feitos no final do artigo; c) Resumo do trabalho utilizando, no máximo, 250 a 350 palavras, devendo conter o objetivo do trabalho, os dados fundamentais da metodologia empregada e os principais resultados e conclusões. Deve ser grafado com caractér 10 e espaço entre linha simples; d) Unitermos, principais termos ou (palavras chave) que servirão para a classificação bibliográfica (máximo de 5). Utilizar as listas de cabeçalhos de assunto (DeCs, Index to Dental ou Index Medicus); ISSN 1677-6704 e) Abstract precedido da referência bibliográfica do artigo, com o título do trabalho traduzido para o Inglês, deverá seguir o mesmo padrão da versão em português; f) Uniterms, idem alínea d, versão inglesa; g) O artigo científico deverá conter as seguintes subdivisões: introdução, material e método, resultado, discussão, conclusão e referências; 6 - REFERÊNCIAS O artigo deverá conter apenas as referências efetivamente utilizadas no texto, numeradas conforme ordem de referência no texto e sobrescrito. Outras citações de autores já enumerados deverão indicar exclusivamente o numeral de referência, evitando citar o nome do autor. Trabalhos não publicados ou apresentados em eventos odontológicos não devem ser empregados. As referências deverão ser acessíveis ao leitor. Quando a citação for de artigo já aceito para publicação, mas não publicado, fazer a indicação (no prelo) e se possível a revista e o ano. As referências deverão obedecer Uniform Requirements for Manuscripts to Biomedical Journals – Vancouver, seguindo o padrão abaixo: - Livro com 1 autor: Picosse M, Anatomia dentaria. 4 ed. São Paulo: Sarvier; 1990. - Livro com 2 autores: Ramfjord Sp, Ash Mm. Periodontologia e periodontia: teoria e pratica moderna. 2.ed. São Paulo: Ed. Santos; 1991. - Livro com mais de 6 autores: Baratieri LN, Araújo Junior EM, Monteiro Júnior S, Vieira LCC, Ritter AV, et al. Dentística: procedimentos preventivos e restauradores. 2.ed. São Paulo: Ed. Santos; 1996. - Capítulo de livro: Cury JA. Uso do flúor. In: Baratieri LN, Araújo Júnior EM, Monteiro Júnior S, Vieira LCC, Ritter AV, et al. Dentística: procedimentos preventivos e restauradores. 2 ed. São Paulo: Ed. Santos; 1996. p. 43-67 - Artigo de periódico: Muench A, Jansen WC. Recuperação elástica de elastômeros em função da idade e da ordem de deformação. Rev Odontol Univ São Paulo 1997; 11(1): 49-53. - Citação de citação (referência de trabalho do qual não foi

possível obter o original) Bradley BA. Corneal supply in the United Kingdom. Trans Ophthalmol Soc 1991; 105: 397-400. Apud Armitage WJ. Supply of corneal tissue in the United Kingdom. Br J Ophthalmol 1991; 74(4): 650-3.

7 - CITAÇÕES NO TEXTO As citações no texto poderá ser feita de duas maneiras: 1 – Somente numérica: Exemplo: ...50% dos casos de carie dentária<sup>3,4</sup>, ou 2 – Alfanumérica: ISSN 1677-6704 Exemplo quando um autor: Para Assif<sup>1</sup> (1999), Exemplo com dois autores: (Beumer e Lewis<sup>4</sup>, 1991) Exemplo com mais de dois autores: Waskewickz et al.<sup>14</sup> (1994)

8 - ILUSTRAÇÕES Tabelas e Gráficos Numerar consecutivamente em algarismos arábicos, colocar enunciado na tabela na parte superior, seguir as normas de apresentação tabular - IBGE. Tabelas e gráficos devem ser apresentados em preto e branco e em folhas separadas (um em cada folha). Figuras As imagens digitais deverão ser encaminhadas em arquivo separado (formato TIF ou JPEG) e ter resolução mínima de 300 DPI cada uma. Os arquivos das figuras devem estar nomeados de acordo com o texto. As legendas das figuras devem constar em arquivo anexo.

9 - UNIDADES E SÍMBOLOS Devem restringir-se apenas aqueles usados convencionalmente ou sancionados pelo uso. Unidades não usuais devem ser claramente definidas no texto. Fórmulas e equações escritas em linha, por exemplo  $a/b$ , A formatação de referência deve estar em conformidade com o estilo Vancouver.

10 - NOMES COMERCIAIS DE DROGAS CITADAS Devem aparecer entre parênteses utilizando-se no texto o seu nome genérico. A utilização dos nomes comerciais (marca registrada) não é recomendável; quando necessário, o nome do produto deverá vir após o nome genérico, em caixa alta e baixa, seguido pelo símbolo que caracteriza marca registrada, em sobrescrito.

11 - CONSIDERAÇÕES GERAIS Evitar o uso de iniciais, nome e número de registro hospitalar de pacientes. O paciente não poderá ser identificado em fotografias, a menos que dê seu consentimento expresso e por escrito. As tabelas ou ilustrações publicadas em outras revistas ou livros devem conter as respectivas referências e o consentimento, por escrito, do Autor ou dos Editores. Estudos realizados no homem devem estar de acordo com os padrões éticos, com o devido. Consentimento dos pacientes. A revista reserva o direito de não publicar trabalhos que não obedeçam a essa e outras normas leais e éticas explicitadas nas diretrizes internacionais para pesquisas em seres humanos, que incluem a aprovação do trabalho proposto pela Comissão de Ética do estabelecimento onde o mesmo foi realizado e o consentimento do paciente, dado livremente, depois de devidamente

informados. 12 - OBSERVAÇÕES Os dados e conceitos emitidos nos trabalhos, bem como a exatidão das referências bibliográficas, são de inteira responsabilidade dos autores. Os trabalhos que não se adequarem nessas normas serão devolvidos aos autores, ou solicitadas adaptações, indicadas em carta pessoal. Ao aprovar o artigo quanto às normas, será submetido à análise por dois revisores que não possuam conflito de interesse, o artigo não será identificado quanto às suas filiações e os autores não terão acesso aos revisores.

Fonte: Revista APCD - Araçatuba